



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

AGUA Y ARQUITECTURA  
INGENIERIA HIDRAULICA VIRREINAL

**M en Arq. TARSICIO PASTRANA SALCEDO**

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura  
México DF 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**AGUA Y ARQUITECTURA  
INGENIERIA HIDRAULICA VIRREINAL**

**Tesis que para obtener el grado de Doctor en Arquitectura presenta  
TARSICIO PASTRANA SALCEDO**

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

México DF 2008

Director de Tesis

**Ma en Arq. José Manuel Mijares y Mijares**

Sinodales

Dr. Luis Arnal Simón

Dr. Mario de Jesús Carmona y Pardo

Dr. Leonardo Icaza Lomeli

Dr. José López Quintero

A:

**Cynthia** De La Paz Apodaca

**Tarsicio** Pastrana Novoa

**Adela** Salcedo Ruiz

**Adela** Pastrana Salcedo

**Daniel** Pastrana Salcedo

## **AGRADECIMIENTOS**

Escribir agradecimientos siempre será difícil, se corre el riesgo de dejar de lado a alguien, esto es porque en un trabajo de este tipo participan de manera indirecta muchas personas, las que con su guía pueden orientar de diferente manera un texto que va extraviado y los que apoyan en casa, los amigos los familiares que también su participación es fundamental.

Empiezo con mi familia de origen, que vieron el nacimiento de esto y que lo apoyaron desde el principio como todos mis proyectos, gracias a mi padre que a pesar de no comprender como puedo pasar tanto tiempo enfrente de mi computadora siempre estuvo ahí, junto con mi madre que incluso se interesaba en las aburridas platicas que le hacía sobre mi tesis, mis hermanos, que al estar más cercanos generacionalmente me entendieron y me ayudaron.

A Cynthia compañera de mi vida, que inicio conmigo este proceso en su casa y que lo concluye en la nuestra, antes y ahora estuvo apoyándome aun a costa del tiempo que por derecho le pertenece y que cedió para que yo terminara este trabajo.

Al director de mi tesis el Maestro José Manuel Mijares y Mijares con el cual he aprendido tantas y tantas cosas en igual número de platicas, escucharlo siempre ha sido un deleite y las tardes en su casa comentando los temas por los cuales compartimos el gusto, el sabor, el análisis; nunca había encontrado un lugar que conjuntara de manera magistral la buena mesa y la buena platica, no me debería de extrañar porque en ambas cosas el maestro Mijares es experto.

El Dr. Leonardo Icaza siempre tuvo la guía acertada, sus comentarios siempre atinados llevaron mi tesis hacia los terrenos que él conoce y domina como si fueran su casa desde años atrás, la ingeniería hidráulica, los puntos exactos y los sitios que debía acotar fueron indicados por él, no pude tener mejor cotutor.

Completando el excelente equipo de cotutores el Dr. Carmona que proporciono el ancla, lo práctico, cuando empezaba a viajar en otros senderos el me recordaba el sitio en el que tenía que estar, su sentido práctico fue muy útil para no perderme en tantas líneas y destinos que fueron surgiendo.

También tengo que agradecer a mis dos lectores, el Dr. José López Quintero y el Dr. Luis Arnal, que aceptaron ser dos voces más y cuyas opiniones fueron muy útiles al final del trabajo, creo, sin caer en elogios excesivos que fueron acertadas y complementaron de manera muy atinada este trabajo.

Saulo Fauquier, amigo de tantos años sin tu orientación y tus cálculos no hubiera podido completar esa parte técnica tan importante en este trabajo, Mariana Romero Devereux los libros que me prestaste fueron material invaluable al momento de completar la sección de minería, también un agradecimiento para Isabel Lozada que me proporciono el plano de la hacienda de Beneficio.

Probablemente y quizás esto sea muy trillado, estoy olvidando a alguien, de antemano una disculpa, no es mi intención pasar por alto a nadie.

**Tarsicio Pastrana Salcedo**

<b>INDICE</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO 1: Situación y evolución de la ingeniería Española durante el siglo XVI</b>	<b>23</b>
1. Relaciones entre ingeniería, ciencia y tecnología.	24
2. Situación de la ingeniería hidráulica antes del siglo De Oro español	31
3. La ingeniería Hidráulica como instrumento del imperio Español.	34
4. Los ingenieros: transición entre el calificativo y la definición	40
5. Instituciones para la formación de ingenieros.	48
6. Los tratadistas y la visión institucionalizada de la ingeniería.	52
7. Las obras de los ingenieros.	57
8. Percepción de los ingenieros y técnicos sobre América en el periodo 1500-1600	60
<b>CAPITULO 2: La ingeniería en Nueva España: de la intención militar a la productiva</b>	
1. Gestación y desarrollo de la ingeniería hidráulica en América.	65
2. Primeras aplicaciones de ingeniería hidráulica en América, con fines militares.	67
3. La ingeniería Hidráulica en el tránsito de la guerra a la paz	73
4. Composición de los primeros pobladores novohispanos	77
5. Los ingenieros de extracto religioso en periodos de paz	81
6. Aspectos Técnico administrativos	90
<b>CAPITULO 3 Los ingenios del hombre o las maquinas que hacen cosas</b>	
1. La máquina de hacer azúcar	111
2. La máquina de batanar	136
3. La maquina del hierro	155
4. La máquina de los minerales	170
5. Las maquinas que hacen harina	198
6. La maquina del aceite de oliva	216
7. La máquina de hacer papel	229
8. La máquina de la pólvora	245
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>256</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>GLOSARIO</b>	
<b>ANEXO 1: Tabla de Ingenieros</b>	
<b>ANEXO 2: Criterios de cálculo, relación entre la maquina y el espacio arquitectónico</b>	



## INTRODUCCION

Las maquinas hidráulicas en el ámbito de la tecnología y su historia muestran esa fascinación que encontramos al ver los dibujos antiguos sobre maquinas, arquitectura, artefactos, es decir tecnología plasmada y planeada, como en los códices de Leonardo da Vinci , que muchas veces a la primera mirada son bellos y llamativos pero encontramos mas al analizar su funcionamiento, es decir, existe una belleza en el diseño, en el dibujo, en el mismo plano, tan diferente a nuestras representaciones actuales carentes de sensibilidad pero incrementadas en datos técnicos y concretos.

La técnica y la ingeniería estaban muy ligadas al arte, es por eso que sus representaciones siguen buscando lo estético y lo bello, de la misma forma las obras concretas buscan ser eficientes, todas las mejoras son para obtener incrementos productivos, el espacio arquitectónico es una parte más de la maquinaria, este tiene que ser un accesorio mas, permitir el funcionamiento optimo el espacio arquitectónico envuelve a la maquina y le permite vivir, por eso es la parte más prescindible y si este espacio pierde su actor principal pierde su identificador. Los recursos técnicos se aplican en las maquinas no en la arquitectura, que, insisto responde a las necesidades productivas, es decir arquitectura funcionalista.

La ingeniería hidráulica, motivo de este trabajo fue durante el virreinato el motor de desarrollo regional por excelencia, el estudio de sus factores es el estudio de las aplicaciones tecnológicas hidráulicas.

Si consideramos a la materia prima por excelencia como el agua sabemos que el primer paso sería obtenerla, de la elección de la fuente de origen continúan otros pasos más según el Doctor Leonardo Icaza 6 (captación, elevación, almacenamiento, conducción, distribución, y usos derivados) de este camino del agua en el cual es tomada de la naturaleza llevada a los sitios necesarios, utilizada en varios usos y regresada a la naturaleza, en muchos casos contaminada y en otros como el que atañe a este trabajo cuando se utiliza en la fuerza motriz regresada intacta, de ese camino y sus actores es de lo que trata este trabajo.

El primer capítulo habla del momento que vivía la ingeniería y es precisamente en el siglo XVI que el camino de los especialistas se va dividiendo, el análisis de esta ingeniería y sus especialistas en España y en América antes de la época de contacto es el análisis de los factores que determinan la ingeniería hidráulica virreinal, con sus dos componentes principales, la ingeniería Española del siglo XVI heredera de tantas otras y la prehispánica que se funden en la que estudiamos.

En este primer capítulo el método siguió el camino del análisis se analizaron las grandes obras de las que nos quedan testimonios, de los tratados de arquitectura e ingeniería de la época, que nos proporcionan las visión practica, plasmada en documentos, de los ingenieros y sus obras, de las cuestiones políticas que determinan el uso de la ingeniería para apuntalar la expansión española, de las obras fundamentalmente de riego y control del agua en la que las culturas prehispánicas se hicieron expertas

En el segundo capítulo hablo de la llegada de la ingeniería al territorio que ahora es México y los motivos que se tenían para aplicarla, procedimiento similar al que históricamente se ha empleado para las aplicaciones de ingeniería en el mundo, cuando dos civilizaciones chocan el triunfo se mide en el grado de su desarrollo tecnológico y de sus aplicaciones de ingeniería, posteriormente se transforma el territorio bajo los conceptos tecnológicos del vencedor, en





México adicional a esto hubo otras más, como la evangelización por las aplicaciones de ingeniería que permitieron incrementar las condiciones de vida y proporcionar argumentos sólidos para esta evangelización.

La técnica fue similar, análisis de las obras de ingeniería y de los principales ingenieros, se hizo énfasis en el trabajo de los frailes ingenieros verdaderos actuantes y transformadores del entorno.

El capítulo 3 que es la parte medular del trabajo, siguió el procedimiento que ya se había ensayado en mi tesis de maestría, en primer lugar se comprobó la existencia de los establecimientos durante el virreinato para elegir los que se analizarían. Posteriormente a esta elección el análisis de modelos análogos de los cuales afortunadamente existen algunos ejemplos ya que la maquinaria se utilizaba todavía en el siglo XX en muchas regiones de España; se encontraron de cada ejemplo museos y sitios en el mundo que habían hecho reconstrucciones y restauraciones de maquinarias, con todos los datos se realizaron las reconstrucciones virtuales.

Para analizar los cambios sucedidos entre estos modelos y los del virreinato se localizaron cuando fue posible crónicas de las mismas maquinas en el siglo XVI para de esta comparación determinar si los datos del siglo XX funcionaban para el siglos anteriores, esto exclusivamente para la reconstrucción virtual de las maquinas, en este camino se usaron tratados, crónicas, grabados, en todos los casos se especifica en el transcurso del trabajo. En estos análisis encontré que los cambios habían sido sobre todo hasta el siglo XIX con la incorporación del metal y que las maquinas permanecieron casi sin cambios durante cientos de años, una vez más se comprueba que un buen diseño puede permanecer en el tiempo.

En esta elección de maquinarias se opto por las que fueron más abundantes y que representaron una constante a lo largo del territorio o en su caso las que representaron una actividad de tipo preindustrial en muchos casos inmersa ya dentro de la revolución industrial del siglo XVIII en el mundo, se puede considerar que el siglo XVI fue nuestra propia revolución industrial con el agua como fuerza motriz.

Elegí el orden alfabético para enumerarlas, empecé con el azúcar, industria que rápidamente creció a tal velocidad que provoco los candados puestos por la corona para impedir que se convirtiera en una producción fuera de su control, en este caso particular si hubo evolución en las maquinas casi con cada siglo del virreinato.

Los batanes son la maquina que acompaña a la industria textil, el establecimiento del batan es pequeño y es el batan una de las maquinas más sencillas, se analizo todo el proceso productivo textil y se inserto el batan, muy abundante lógicamente establecido en las regiones textiles del virreinato.

Las ferrerías estuvieron muy limitadas por las prohibiciones de la corona a la producción de hierro, encontramos 2 la de Chicomuselo en Chiapas y la muy tardía de Michoacán establecida por Andrés Manuel Del Rio, lo más importante de las ferrerías y esta es la razón por la que se establece es el ingenio de agua para insuflar aire, este si utilizado en el beneficio del mineral.

En cuanto a las minas fue el otro rubro al igual que el del azúcar que desarrollo la economía, a diferencia del azúcar este si fue apoyado por la corona y esto se reflejo en su desarrollo, las maquinas hidráulicas fueron molinos para el mineral, aunque también se puede englobar y de esta manera lo hice, dentro de la minería las maquinas para desaguar las minas.



Los molinos para no ser redundantes con mi tesis de maestría se tratan de manera somera, aunque si se aumentan los géneros de molino que no se trataron en mi otra tesis los de regolfo y los de mareas, ambos variaciones del de rodezno.

La industria del aceite de oliva empezó muy pujante, existieron varios olivares y varias almazaras, esta industria también fue limitada por la corona en el siglo XVIII por lo que fue desapareciendo hasta quedar algunos cuantos, el tan nombrado olivar de los padres que sobrevive de manera toponímica en la actualidad perteneciente al clero secular es uno de los pocos que observa Humboldt en su visita a principios del siglo XIX.

El papel tuvo de la misma manera una historia muy temprana que se trunca por disposiciones de la corona, el célebre molino de papel de Culhuacan establecido por los agustinos para hacer el papel necesario para los catecismo y otros textos tan importantes en la evangelización se interrumpe y regresa hasta el siglo XVIII con la fábrica de Loreto de larga tradición que sobrepaso los límites temporales de este trabajo funcionado hasta la segunda mitad del siglo XX.

Finalmente la pólvora, con el molino de Santa Fe que está ampliamente documentado, existen planos ubicación y se sabe, se hicieron a semejanza de los de Villafeliche en España mismo modelo que la corona exporto a otras zonas de América, como en Perú.

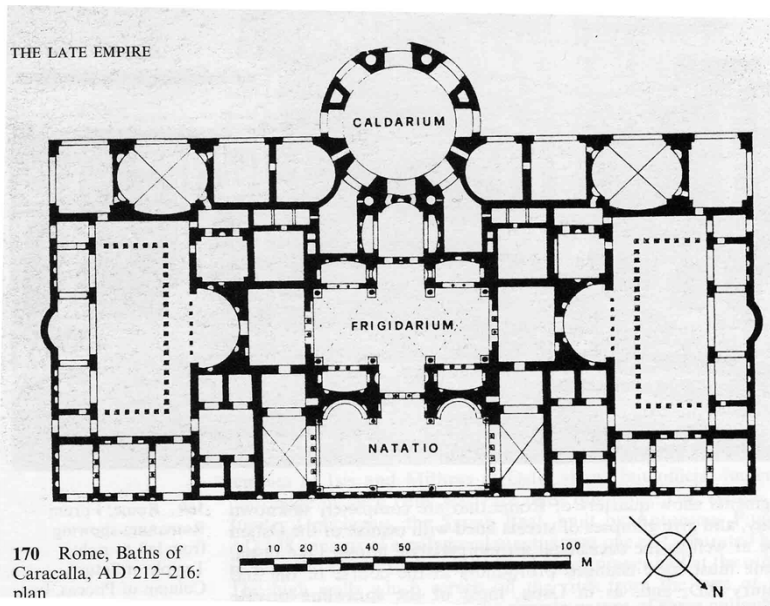
Es importante aclarar que este trabajo tiene como fin fundamental el análisis de funcionamiento de la maquina y su inserción en el proceso productivo, por consiguiente el espacio arquitectónico resultante de estos dos factores, cuando se han encontrado ejemplos claros de la arquitectura se colocan para que se aprecie el espacio arquitectónico envolvente de la maquina, en caso de no encontrarse se utilizan espacios ideales, aclarando que lo importante es la maquina, su relación con el espacio arquitectónico y su relación dentro del proceso productivo antes de entrar de lleno al desarrollo del trabajo conviene hacer una retrospectiva del agua y sus aplicaciones tecnológicas principales.

El agua determina los primero asentamientos humanos, el hombre necesitaba de ella para subsistir, lo que condiciona el desarrollo de las primeras poblaciones sedentarias, si el hombre se vuelve sedentario por la agricultura, la agricultura necesita del agua para desarrollarse, primero era obtenida de la naturaleza sin necesidad de hacer ninguna obra humana alterna, posteriormente al crecer las necesidades se obtienen por medio de aplicaciones de ingeniería hidráulica muy primitivas, aun así, el hombre tenía que estar cerca de las fuentes naturales del agua , y esta condición determina los asentamientos humanos primitivos, no solo el agua para consumo, ahora también para riego. Esa necesidad de obtener y controlar el agua y no depender de los ciclos naturales es la que provoca en el hombre la necesidad de control sobre el recurso.

El desarrollo de la tecnología empieza con la necesidad del hombre por dominar el agua, F.J.Forbes en su libro sobre la historia de la técnica menciona que el riego y como controlar el agua para este fin provoca en el hombre un desarrollo que es el principio de la ciencia y la tecnología. Yo creo que es más complejo, la necesidad del hombre por dominar el agua no solo se circunscribe a este elemento, se necesita de controlar muchos factores en torno a él para poder sobrevivir, estos controles y el proceso que el hombre sigue para obtener técnicas para llevar a cabo ese control son el principio de la ciencia y la tecnología.



Particularmente en este proceso de control del agua, el hombre comienza su proceso con la observación detallada del comportamiento del agua de forma natural, podemos imaginar que su primer impulso para llevar el agua hasta el sitio necesario fuera trazar con una rama o una piedra un canal para llevar agua hasta su parcela y después ir excavando para controlar las



Las termas de caracalla se convirtieron en el complejo de baños más grande de la antigua roma, con una capacidad de almacenaje de agua de 80 000m<sup>3</sup>, se construyó un acueducto para el suministro del agua derivándolo del aqua Marcia, este suministro de agua se dividía en varios caminos entre los que estaban las cisternas ya mencionadas y los diferentes hornos que calentaban el agua según se destinara a una sala o a otra, el recinto tenía 400 metros de ábside a ábside, el sistema hidráulico necesario para suministrar las diferentes áreas con agua de diferentes temperaturas demuestra un gran conocimiento de la hidráulica. **Imagen: Frank Sear, Roman Architecture. London: Routledge, 1998**

pendientes y obtener el agua en el sitio que deseaba, desde ese punto hasta el momento de las grandes obras hidráulicas que necesitaron del dominio y conocimiento del comportamiento del agua existe un camino de desarrollo y evolución del conocimiento aplicado, por mencionar un ejemplo diremos que el manejo hidráulico que necesitaba una obra como las termas de Caracalla era lo suficientemente complejo para demostrar que el hombre ya conocía el agua lo bastante como para poder dominarla y hacerla circular por donde él quisiera.

Las obras hidráulicas generan una inversión de tiempo y de ingenio que se veía recompensada por el dominio sobre ella, el hombre necesita de las obras hidráulicas para asegurar su control sobre este recurso natural tan preciado. Un termómetro del grado de avance tecnológico que desarrollaron las culturas antiguas se relaciona con la complejidad de sus obras hidráulicas. Retomemos algunos de los aspectos de este camino evolutivo que nos permitirán comprender el proceso de origen de la ciencia y la tecnología a través del desarrollo de las técnicas hidráulicas.

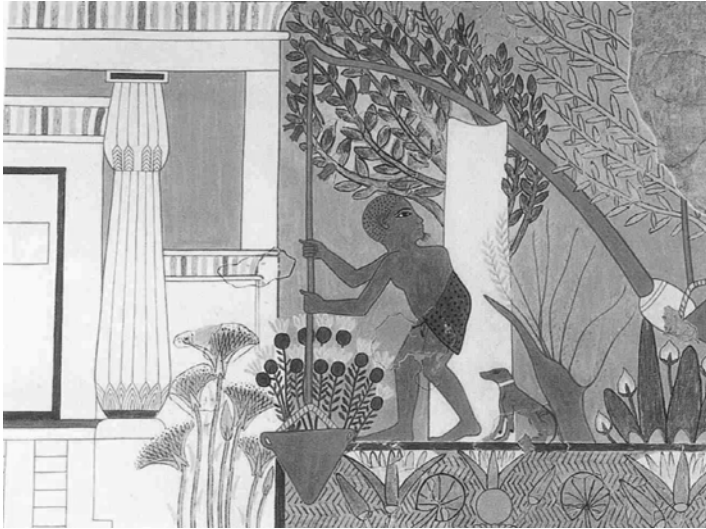
Para obtener el agua lo primero que hizo el hombre fue tomarla directamente de las fuentes naturales de los ríos, los lagos, las lagunas, los estanques, la lluvia, esto limitaba al hombre a obtenerla en los momentos y en los lugares en que la naturaleza se la proporcionaba, situación que debía de cambiar para tenerla cuando él y donde él quisiera el primer paso fue la búsqueda de técnicas de manejo y control generadas de la observación de la naturaleza y aprendiendo del comportamiento del agua de forma natural.

La primera fuente de técnicas para originar la tecnología hidráulica fue la propia naturaleza, de ahí surgen métodos para obtener agua, desde la recolección de agua de lluvia, pasando por los pozos excavados y los canales y depósitos, la idea era llevar el agua a donde se le necesitara para evitar que el hombre tuviera que invertir fuerza excesiva en hacer este trabajo,



que además requería de gran cantidad de esfuerzo y como consecuencia se tendría poco volumen de agua desplazado.

Aunque se buscara reducir al máximo el uso de la fuerza humana se deben mencionar que hubo sistemas que si la utilizaron de manera tan efectiva que en la actualidad algunos de ellos perviven como el uso de algunas bombas o sifones que son accionados por el hombre que se utilizan para elevar el agua de un río o canal a un plano más alto en donde se necesita, es el caso del shaduff egipcio que eleva el agua y es accionado por medio de la fuerza humana.<sup>1</sup>



El shaduf es un sistema que se sigue utilizando en algunas regiones, consiste en un recipiente colocado en un extremo de una cuerda cuyo otro extremo se coloca en un dispositivo con contrapeso, el operario envía el recipiente vacío al canal y lo eleva ayudándose del contrapeso en el otro extremo de la palanca, depositando el agua en un canal a mayor altura que el original esto se realiza varias veces en una jornada, con este sistema se lograba irrigar terrenos ubicados por encima de la cota del agua.  
**Imagen: shaduf según la tumba de Ipu en Deir-el-Medina, Tebas Oeste**

De todos los problemas que representa la tecnología hidráulica el movimiento y almacenaje del agua es el principal a resolver y por consiguiente son las primeras resultantes de la aplicación de la ingeniería hidráulica primitiva, el movimiento de las aguas no solo depende del deseo de los seres humanos, el agua responde a muchas leyes físicas que se fueron aprendiendo y conociendo, a esto se debe unir que el comportamiento del agua depende de la fuerza de la naturaleza, la cual no siempre es predecible, las crecidas y las inundaciones, los tifones huracanes tormentas y demás fenómenos naturales provocaban pérdidas humanas y de infraestructura. Un ejemplo típico de esta dualidad del agua útil pero en abundancia destructiva, lo encontramos en Egipto en el Nilo las crecidas del río eran el regalo de los dioses el encargado de esto era Hep<sup>2</sup>, con el tiempo los pobladores llegarían a conocer tanto las crecidas que sabían prevenirlas, el exceso de este control lo podemos apreciar en la actualidad en una presa tan impactante como la presa de Azuan fue la obra que genero el control y el domino definitivo sobre el Nilo<sup>3</sup>. Las crecidas dejaron de existir, pero ahora el agua llega a más lugares y los beneficios que esto conlleva son aprovechados por las personas.

<sup>1</sup> El Shaduff está construido a base de una rama con contrapeso en un extremo y en el otro un recipiente que cuelga de una cuerda con este se podía elevar el agua a una cota más alta y con una cadena de estos se llegaban a alturas mayores.

<sup>2</sup> Hep era el dios encargado de regular las crecidas del Nilo, las cuales eran de vital importancia para la vida de los egipcios, era representado de color azul o verde, con barba, vientre prominente, pechos de mujer y una flor de loto sobre la cabeza, muy a menudo con dos jarras que representaban los dos Nilos, también cuerpo humano con dos cabezas de oca, estas dos cabezas también haciendo alusión a los dos ríos.

<sup>3</sup> La Presa Alta tiene 3600 m de largo y 980 m de ancho en la base, por 40 m de ancho en la cúspide y 111 m de alto, con un volumen de material de 43 millones de m<sup>3</sup>. En condiciones de máxima capacidad puede dar salida a 11.000 m<sup>3</sup> de agua por segundo.



El sistema del Nilo era tan complejo que se aprendió la manera de controlarlo por medio de diques que se colocaban en la zonas de las crecidas, estos eran administrados por el imperio para determinar las zonas que serian beneficiadas con ello, también es digno de mención los canales que fueron creados para llevar las crecidas hacia zonas áridas como el canal que irriga el Fayum,<sup>4</sup> y de esta manera incrementar los beneficios sobre estos territorios, el desarrollo de las ciencias tenía mucho que ver con este tipo de obra tan compleja.



En El Cairo, en una isla a lo largo del curso del Nilo, encontramos el Nilómetro de Rodas, un edificio subterráneo que tenía como objetivo medir el nivel del río para determinar el importe de los impuestos. Aquí es donde radica la importancia de esta construcción, según el nivel alcanzado de las aguas, se podía saber si ese año habría escasez o no y por lo tanto el impuesto a cobrar sería diferente. Las marcas estaban muy definidas, se sabía que si quedaba por debajo del mínimo, el agua no alcanzaría a regar los campos más alejados con lo que la producción sería menor, por el contrario si la marca pasaba el máximo permitido, se anegaban y su inundación repercutía en posible hambruna **imagen: El nilómetro de la isla de elefantina (El Cairo, Egipto).**[www.artehistoria.jcyl.es/historia/obras/9131.htm](http://www.artehistoria.jcyl.es/historia/obras/9131.htm)

Las obras antiguas siguen maravillando al mundo, aunque su difusión no es tan amplia y nos referimos a una constante que continua en el presente, las grande obras hidráulicas de la actualidad son mencionadas por su carácter monumental pero muy pocas veces los aspectos técnicos y de funcionamiento que acompañan a estas obras son lo que llama la atención de ellas.

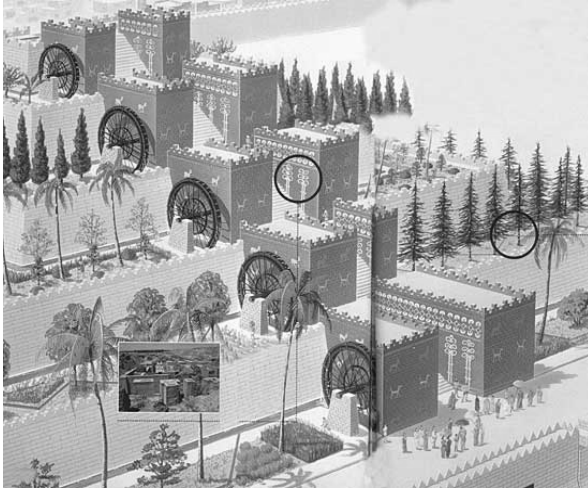
De las grandes obras hidráulicas de la antigüedad podemos mencionar los jardines colgantes de babilonia cuyo sistema hidráulico para el riego elevando el agua era tan sorprendente que es descrito en crónicas antiguas<sup>5</sup> esta es una de las razones por las que se consideraba a los jardines como una de las maravillas de la antigüedad, estas descripciones y crónicas abarcan a los jardines en si y menciona poco del sistema hidráulico que debió de representar un domino de la hidráulica muy depurado.

Otra obra digna de mención enmarcada en el agua como medio de transporte es el puerto de Ostia, en el que se construyeron canales para evitar que los navegantes del Tiber penetraran al puerto si este no era su deseo y al mismo tiempo canales que partían del puerto ya a resguardo hacia el Tiber sin salir al mar. Otro puerto de la antigüedad el de Cesarea Augusta del cual podemos observar al día de hoy restos importantes represento una inversión de tiempo conocimiento y dominio del agua muy profundos.

<sup>4</sup> El Fayum recibió particular atención de varios soberanos de la dinastía XII que fueron los promotores de amplios trabajos de canalización y mejora de la región que se convirtió en un centro agrícola de primera importancia en Egipto desde el Imperio Medio. El lago de El Fayum, gracias a estos trabajos de canalización era una cuenca de reserva, reguladora de las crecidas del Nilo.

<sup>5</sup> El bibliotecario Calímaco De Cirene (305 – 240 a. C.) de la ciudad egipcia de Alejandría, escribió alguna vez una obra titulada “Una colección de maravillas terrestres a través del mundo” donde habla de ellos, las Siete Maravillas del Mundo tal cual las conocemos en la actualidad son definidas por el poeta griego Antipater, natural de Sidón, unos cien años después de la muerte de Calímaco.

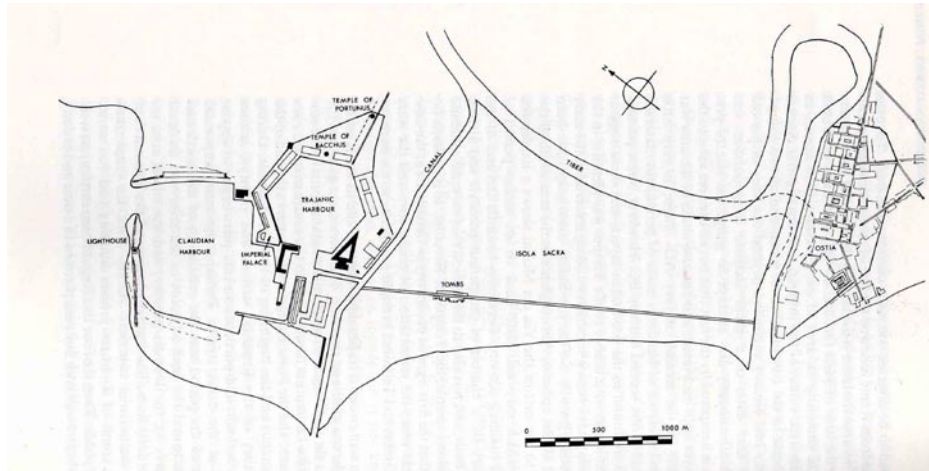




Los jardines colgantes estaban contruidos sobre terrazas en las que crecía vegetación que no era nativa del lugar, se cree que los construye Nabucodonosor II para su esposa que al ser de las montañas extrañaba la vegetación y el paisaje de su tierra natal. El sistema hidráulico para regarlos no es descrito en ninguna crónica pero se cree que elevaba el agua desde el río a través de tornillos de Arquímedes. El agua era elevada hasta un depósito ubicado en la parte más alta desde la cual por gravedad se crearon arroyos que mantenían húmedas las terrazas donde crecía la vegetación.

**Imagen y datos:** [www.studyspanish.ru](http://www.studyspanish.ru)

Ambos puertos requirieron de construir obras sobre el mar, realizar canales con las pendientes adecuadas y obras de control de acceso y manejo del agua así como de las embarcaciones, también consideremos la logística de funcionamiento de ambas obras, el puerto de Ostia era el puerto marítimo de Roma, con controles administrativos, bodegas etc., de igual forma a nivel regional el puerto de Cesárea era mayor y más complejo en su construcción que el de Ostia, en ambos casos se mencionan los puertos en crónicas y se pueden estudiar las ruinas de ambos, fue el método para obtener los datos que nos permiten conocerlos mas a profundidad.



El puerto de Ostia fue construido en diferentes etapas, empezando por una fortificación que protegía la desembocadura del Tiber en el mar, con el tiempo se necesitó menos defensa y más comercio y fue cuando se hicieron obras hidráulicas tendientes a mejorar la navegación, se construyó un puerto en forma de hexágono en torno al cual estaba ubicadas bodegas y talleres, lo más impresionante fueron los canales de navegación lo que permitía una comunicación entre el mar y el puerto o entre el río y el puerto de manera independiente, también había canales para navegar desde el Tiber hacia el mar sin pasar por el puerto **Imagen: Frank Sear, Roman Architecture. London: Routledge, 1998**

Dentro del territorio ibérico podemos mencionar una confluencia de técnicas hidráulicas que provocó que este tipo de técnicos aunque no fueran nativos de España desarrollaran todas sus técnicas, la tradición ibérica en lo que respecta a las obras hidráulicas se fue enriqueciendo con el paso del tiempo, desde los romanos pasando por los árabes hasta los mismos ingenieros del siglo de oro español que inventaron y crearon ingenios hidráulicos capaces de asombrar al mundo



La mayoría de las culturas que confluyen en lo que ahora es España manejaban la Tecnología hidráulica en un menor o mayor grado siendo los árabes y los romanos los que más contribuyeron en el campo ya mencionado, algunos consideran el acueducto de Segovia como una obra cumbre de la hidráulica romana no solo en España si no en todo el imperio, el mayor asombro recae en el labrado de las piezas para permitir su embone sin necesidad de ningún tipo de argamasa.<sup>6</sup>

El suministro de agua para Augusta Emerita también requirió de obras hidráulicas como la presa romana que fueron planificadas y diseñadas dentro de un conjunto más complejo para cubrir las necesidades requeridas.<sup>7</sup> Los sistemas mineros españoles como el de las Medulas son un ejemplo fehaciente la configuración geográfica de una región fue modificada por completo por medio de obras hidráulicas para permitir la explotación minera, el paisaje y las cuencas hidrológicas sufren transformaciones sin mencionar que este sistema permitía la explotación de las minas, la excavación de túneles y el lavado de los minerales.<sup>8</sup>



El sistema de presas de Augusta Emerita (actual Mérida) incluía presas para almacenar agua canales, acueductos, una de las presas de este sistema es la presa de Proserpina algunas de sus medidas son impresionantes, la altura desde la base hasta el coronamiento es de 21.60m, la longitud total es de 427.89 en una línea con tres secciones, el embalse es de 70ha de superficie y su capacidad de almacenaje es de 650m<sup>3</sup> nótese el tamaño por el vehículo ubicado en la base de la cortina. ***Datos e imagen de [www.traianus.com](http://www.traianus.com) la presa romana de Proserpina***

Los mejores ingenieros de la antigüedad fueron los romanos, tomaron las ideas de los países que conquistaban y las aplicaban, en esta situación muchos los acotan como simples copistas de técnicas, el verdadero logro de los romanos fue la aplicación disciplinada y con ingenio de la tecnología aprendida mejorándola en la mayoría de los casos pero sobre todo dotándola de un sentido práctico que facilitaba la aplicación. Las aplicaciones tecnológicas romanas en el campo de la ingeniería hidráulica están principalmente enfocadas como ya se menciona a los acueductos, sistemas de drenaje, ingenios hidráulicos, sistemas de abastecimientos de agua para las termas entre otros.

La ingeniería y la tecnología hidráulica romana aunada a otras ramas le permitieron a las ciudades gozar de muchas comodidades que ahora serian imprescindibles, en cualquier

<sup>6</sup> Del embalse construido en el río para derivar el canal principal se obtiene un caudal de 50 litros por minuto suministro constante, tiene varias secciones y cajas de agua para derivación y decantación, alrededor de 11 km subterráneos el total del recorrido es de 15 km con una sección de doble arcada con casi 28 metros sobre la calzada, un ducto original de 60 x 60 cm y un recorrido elevado de 958m, aunado a esto la particularidad del ensamble de piedras para su construcción. Datos obtenidos en [www.traianus.com](http://www.traianus.com)

<sup>7</sup> Para suministrar agua a Augusta Emérita el sistema diseñado por los Romanos comprendía algunas presas que todavía están en uso, una de ellas la del embalse de Cornalvo tenía como fin inundar un pantano para generar una acumulación de agua que saneara la zona.

<sup>8</sup> El paisaje de las medulas fue modificado por varios siglos de explotación minera y las obras hidráulicas que para este fin se construyeron en él, el agua y su manejo fue de vital importancia en los sistemas de explotación, las corrientes de agua fueron utilizadas para la excavación de túneles y lavado de materiales.



sistema urbano las ciudades tenían sistemas de drenaje y suministro de agua, calefacción, calles pavimentadas, mercados de carne y pescado, baños públicos y otros servicios

La aplicación de la ingeniería en las artes militares y en los problemas de navegación, adecuación de puertos y bahías implicó, como en los otros casos, el uso de máquinas, materiales y procesos, que hablan del grado de desarrollo de la ingeniería romana, de la cual quedó huella en muchos tratados escritos en aquel tiempo y entre los cuales destacan los trabajos de Vitruvio y el de Frontinus "De Aquae Urbis Romae" con descripciones de funcionamiento de los acueductos y los sistemas de administración de los mismos<sup>9</sup>

La época visigoda abarcó un periodo corto en relación con las dominaciones romana y árabe; los visigodos llegan a lo que ahora es España en el siglo V DC y son desplazados por la invasión árabe a principios del siglo VIII DC.

Esta etapa en lo que respecta a la tecnología hidráulica siguió utilizando las obras romanas que todavía estaban en uso, su principal aportación tiene que ver con la legislación uno de los ejemplos más notables se encuentra en el código visigótico código utilizado en el siglo VII DC en el que podemos observar todo un sistema de administración de los recursos hidráulicos y sus aplicaciones, existen artículos para legislar en relación con los molinos, con las zonas de riego entre muchos otros.

La administración del agua tenía en esa época en España, al registrar una ley, la manera de usar el agua y como debe de administrarse podemos detectar entre líneas la necesidad de legislación al respecto que dieron origen a estas leyes, es decir, antes del código debieron de existir muchos conflictos, y la legislación al respecto no solo en este pueblo, habla de un grado de desarrollo mayor.

En términos de legislación y manejo del agua los árabes fueron los que alcanzaron mayor maestría. Para los Visigodos el agua era un bien común que necesitaba de reglas claras para el aprovechamiento de la misma, las obras hidráulicas romanas muchas en uso durante este periodo les resolvían sus necesidades por lo que no desarrollan aportaciones propias en el campo de las obras hidráulicas, reutilizan y adaptan, con la misma visión pragmática que prevalecía en la época romana pero con menos recursos y con técnicas no tan desarrolladas. Los árabes cambiarían esta visión de manera radical. Al momento de la llegada de los árabes España es el crisol donde se reúnen las técnicas de oriente perfeccionadas en la dominación árabe y las técnicas hispanas herederas de las romanas.

Los árabes llegan a la península en el siglo VIII la invaden y comienzan a disputarse los territorios con los cristianos durante los próximos 8 siglos, en este periodo el florecimiento de la ciencia hispanomusulmana es prodigo, de hecho los territorios árabes mantienen la supremacía científica en Europa durante la edad media.

Refiriéndonos, en particular, a la ciencia española, es precisamente en años de la Reconquista cuando esta ciencia alcanzó la supremacía sobre la del resto del mundo civilizado, En el siglo X después de consolidados los territorios árabes, la Córdoba de los Omeyyas fue el centro

---

9 SEXTVS IVLIVS FRONTINVS (c. 40 - 103 DC.) fue el "Curator Aquarum" (cargo operativo relacionado con el manejo del agua de la ciudad) al final del siglo I DC bajo los emperadores Nerva y Trajano, este cargo se relacionaba con el mantenimiento y funcionamiento de las obras hidráulicas que llevaban agua a la ciudad de roma, En su libro "De Aquae Urbis Romae" deja testimonio de cada acueducto romano, sus fuentes, como funcionaban y su caudal entre otros datos, este libro lo escribo a partir de sus notas de trabajo.





científico tecnológico de toda Europa En los siglos XI y XII las escuelas que operaban en las diferentes ciudades hispanas bajo dominio árabe sobrepasan en filosofía, ciencia y madurez incluso a las de la corte de Bagdad. Hacia el final de la dominación Toledo es el centro cultural más importante de Occidente y a su Escuela de Traductores acuden sabios de toda Europa para aprender artes árabes al final del periodo granada recoge la estafeta.

Los árabes de la edad media son los continuadores de las tradiciones griegas y alejandrinas, para el siglo XIII son los maestros de la mayoría de los científicos europeos los árabes estudiaban las ciencias divididas en disciplinas o artes. Para ellos las artes liberales son Dialéctica, Aritmética, Geometría, Música, Física, Astronomía, y Filosofía

Para entender el lugar de la ingeniería hidráulica dentro de este entramado cultural tendremos que mencionar que esta pertenecía a otras ramas de la ciencia el concepto de Física y, en general, el de cada una de estas ciencias no responde al que tenemos hoy día. La clasificación de las ciencias según Avicena<sup>10</sup> pueden ser útil para entender como clasificaban las ciencias y en que sección estaría incluida la ingeniería hidráulica.

La ciencia llamada Física incluía, pues, la Medicina, la interpretación de los sueños, la Alquimia, etc.; la fabricación de instrumentos musicales era una rama de las Matemáticas y matemáticos eran los constructores de obras técnicas, y los calculistas, que hacían las particiones de herencias.

En este contexto los ingenieros hidráulicos no existían como tales, los técnicos eran más globales y se relacionaban con las ciencias en general, la especialización vendrá después en la época de la reconquista. Para los árabes la hidráulica era una rama de las matemáticas. Esta es una constante que se venía poniendo en práctica desde el mundo antiguo, los especialistas de la hidráulica eran científicos que aplicaban sus conocimientos no solo en la hidráulica.

Algunas de las ramas de la Física moderna eran ciencias aplicadas para los árabes, si analizamos como lo hemos hecho de donde provenían los conocimientos que originaron la tecnología hidráulica que se aplico en el virreinato de la Nueva España observaremos que cada contribución que se fue consiguiendo tenía que ver con la historia de la composición de la ciencia para los pueblos que participan en ella por ejemplo los árabes aprendieron la hidráulica y la mecánica de la escuela de Alejandría que para la época de la dominación en la península ibérica ya tenían control de esta ciudad ya habían asimilado su entorno cultural proveniente de la tradición griega los matemáticos árabes perfeccionaron sus conocimientos técnicos no sólo eran excelentes matemáticos y científicos, esto les proporcionaba como consecuencia ser unos muy buenos ingenieros en el campo de la ingeniería hidráulica eran excelentes constructores de jardines, obras de irrigación, relojes de agua, etc. Sus obras técnicas daban a las ciudades musulmanas un carácter que no tenían ninguna de las ciudades europeas de las mismas épocas.

A diferencia de los pueblos que antes dominaron la península, los árabes tenían una concepción diferente de lo que era el agua, al tener su origen en los pueblos nómadas de la península arábiga, donde el agua por característica es escasa, la consideraban un bien común

---

<sup>10</sup> Avicena, o en árabe, *Abu Ali al-Husain ibn Abdallah ibn Sina*. La obra fundamental de su existencia la desempeñó en la *Medicina*, aunque fue un investigador y estudioso nato, lo que le permitió profundizar en cada una de las áreas del conocimiento humano alcanzado hasta la época, incluyendo la *Astronomía*. Fue consejero de temas científicos hasta la caída del reino Samaní en 999.



y un regalo de dios, ellos como pueblo sabían lo importante que era el agua para el desarrollo de la civilización, además de tener una carga religiosa importante.

Para los árabes los jardines eran espacios que simulaban el paraíso en la tierra, para tener un jardín en buenas condiciones se requería del agua, vemos una triple vertiente en el significado del agua para los pueblos árabes, en primer lugar un regalo de dios, en segundo un bien común y en tercero un bien valioso y escaso.

Esta triple valoración los lleva a desarrollar adelantos significativos en el campo de la ingeniería hidráulica los árabes contribuyeron en muchos aspectos, desde la elaboración de ingenios hidráulicos hasta las legislaciones sobre el riego que predominaron la península durante la dominación, si bien este es un aspecto legislativo alejado de las cuestiones técnicas analizadas en este trabajo se debe de mencionar para entender que lo técnico estuvo acompañado de los elementos de organización y sociales que les permitían un mayor aprovechamiento.

Adicional a esto existían impuestos y concesiones sobre el agua cuyos beneficios eran 'para todo el pueblo, lo más importante es esta organización administrativa y jurídica tan avanzada y compleja que no permitía el acaparamiento de un bien que era considerado comunal.<sup>11</sup>

Otro aspecto importante que fomento el desarrollo de las técnicas hidráulicas en el mundo musulmán fue la concepción religiosa, representada fundamentalmente en los jardines y patios espacios inherentes a la arquitectura musulmana, con una carga simbólica y sensitiva importante.

El jardín árabe ha sido fuertemente estudiado por dos características principalmente, el avanzado dominio de las técnicas hidráulicas necesarias para crearlo y mantenerlo y la concepción religiosa y arquitectónica que tenía para los árabes como ya se ha mencionado el jardín árabe era una representación del paraíso en la tierra

*Los musulmanes se creían capaces dados sus grandes conocimientos de agricultura y de jardinería de crear un paraíso en la tierra de acuerdo con las palabras divinas del coran su idea de paraíso era una tierra fértil de vastas cosechas un jardín lleno de plantas frondosas, frutos dulces y flores olorosas un recinto repleto de aroma y color, de agua y de sombra, todo lo que representa una garantía para la felicidad y la armonía<sup>12</sup>*

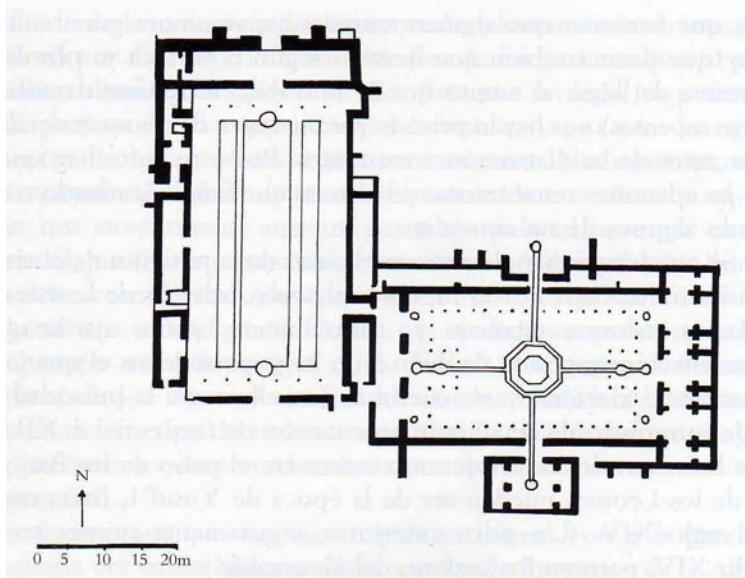
Podemos enfatizar que las necesidades de riego en diferentes escalas tanto para uso recreativo como en la agricultura provocaron que el dominio árabe en España dejara una huella impactante en el campo de la tecnología hidráulica, los árabes controlaban el agua mejor que cualquier otro pueblo europeo de su tiempo.

---

<sup>11</sup> **MARTOS Quezada Juan**, *LEGISLACION DEL AGUA EN LA ESPAÑA MUSULMANA en Ingeniería Hispano Musulmana XII Curso de Verano de Ingeniería Civil Toledo 8 al 15 de Julio de 2002*, colección ciencias humanidades e ingeniería, Colegio de ingenieros de caminos canales y puertos, España 2003

<sup>12</sup> **Aguiló Miguel**, *LA ALHAMBRA COMO LUGAR en INGENIERIA HISPANO MUSULMANA en Ingeniería Hispano Musulmana XII Curso de Verano de Ingeniería Civil Toledo 8 al 15 de Julio de 2002*, Colección ciencias humanidades e ingeniería, Colegio de ingenieros de caminos canales y puertos, España 2003





En ambos patios observamos los sistemas hidráulicos que los componen, en el de la derecha (El patio de los leones) se observa la fuente al centro con sus cuatro canales que parten hacia cada extremo del mismo funcionales y decorativos al mismo tiempo, en el de la izquierda (el de los arrayanes) se ve el gran estanque dividido en tres por los andadores, nótese que el estanque del patio de los arrayanes ocupa más del 80% del patio, los sistemas hidráulicos están interconectados entre si y dependen de los sistemas de canales y acequias que llevan el agua a granada, en la página anterior pudimos ver un mapa de estos sistemas **imagen: Aguiló Miguel, La Alhambra como lugar, en Ingeniería Hispano Musulmana**

En el periodo de transición entre la reconquista y la expulsión definitiva, la mezcla de estilos se fue completando, los árabes convivían e incluso llegaron a trabajar para los reyes cristianos, es la época en que las escuelas de traductores se convierten en los perpetuadores de la información registrada por los árabes, ellos traducen a diferentes idiomas entre ellos el castellanos toda la obra de los científicos árabes. Para después ser distribuidos por las diferentes bibliotecas del reino.

Cuando se toma Granada y se domina toda la península los hispanos se encuentran con un territorio bien organizado pero sobre todo con un cúmulo de conocimientos en diferentes áreas que les permiten inmersos en el mundo del renacimiento al cual tenían acceso por los dominios españoles en la península itálica desarrollar un uso propio que posteriormente es llevado a América, la ingeniería hidráulica más que otras está relacionada con la producción de bienes, para alimento, para consumo, para procesarlos en establecimientos preindustriales.

Situación que no pasan por alto los reyes españoles del siglo de oro que le dan un énfasis Científico a su imperio, el desarrollo de la tecnología hidráulica se enmarca en las necesidades de mejora derivadas del espíritu nacionalista que cubría la España del siglo XVI, el imperio español en su origen se ve beneficiado por toda la investigación y desarrollo tecnológico que se realizo durante la época de la dominación árabe, los árabes se fueron de la península pero dejaron sus costumbres que incluía su desarrollo tecnológico y científico, lo más importante era que este desarrollo era aplicado, no fue secreto ni permaneció oculto como había sucedido en otras regiones de Europa durante la edad media.

En este siglo de oro es cuando se encuentran las dos culturas que nos dan origen como pueblo, en Hispano América el manejo del agua dependía de las necesidades de cada pueblo, así tenemos un pueblo como el mexica que llego a dominar varios aspectos de la ingeniería hidráulica principalmente por su desarrollo lacustre, en este momento de la historia y en el apogeo de su poder los Mexicas tenían acueductos de doble cañería para facilitar la limpieza, chinampas, canales de riego compuertas, diques puertos entre otras obras que denotan un conocimiento de su entorno y una necesidades de controlarlo.

De nuevo observamos que la tecnología hidráulica tiene fines muy específicos, los pueblos prehispánicos dominan su entorno característica humana desde tiempos atrás y lo modifican



para poder vivir en el, como ya se dijo el ejemplo más consumado de esto es el conjunto de obras hidráulicas que le permitió a una ciudad como Tenochtitlán habitar en la mitad de un lago<sup>13</sup>

En diversas partes de Mesoamérica existen sistemas de riego a base de depósitos y canales que permiten el manejo del agua, esto se complementa con sistemas de recolección de agua de lluvia para consumo humano y sistemas de drenajes. Esta tecnología hidráulica prehispánica existía a la llegada de los españoles algunas de estas descripciones están plasmadas en las crónicas de la conquista y de años después.

Las obras de ingeniería hidráulica prehispánica son reconocidas por los españoles como portentosas, la referencia que ellos tienen y que por la misma causa está ampliamente documentada es el imperio mexica que al ser su entorno eminentemente lacustre no es de extrañar que hayan alcanzado un grado avanzado de conocimientos al respecto. Si bien son las obras más referenciadas por haber sido las más vistas, la ingeniería hidráulica tenía en América un desarrollo de varios años. Antes de lo visto y asimilado por los españoles tenemos una tradición de ingeniería prehispánica de la que ya hemos hablado de manera superficial a lo largo del capítulo presente y de la que seguiremos con más detalle hablando en las páginas siguientes.

El primer aspecto de aplicación que también es el primero en el que se desarrollaron las técnicas prehispánicas tuvo que ver con el riego, el riego es importante no solo para las culturas americanas si no en todo el mundo para no depender únicamente del clima y poder aumentar al número de cosechas al año, el periodo de producción dependería del propio desarrollo de la planta y no de la temporada de lluvias o de secas.

Al igual que en muchas culturas del mundo la necesidad de regar los cultivos genera las primeras aplicaciones tecnológicas, es decir genera las primeras ingenierías y por consiguiente los individuos que se encargan de su desarrollo y su aplicación serán también los primeros ingenieros.

El consumo como primera etapa de desarrollo ya está resuelto, debido a que los pobladores no son tan abundantes para que requieran de aditamentos extras para tomar el agua de la misma naturaleza, el consumo se resuelve directamente de las fuentes naturales, siempre abundantes, el problema a resolver y del cual surge esta primera ingeniería hidráulica es como llevar ese recurso tan abundante presente en los cuerpos de agua existentes al sitio donde se le necesita, normalmente el agua no está en el sitio necesario para regar los plantíos o su ubicación solo abarca una pequeña parte de la requerida.

Desarrollar sistemas de riego complejos como los existentes en América nos habla del grado de evolución de una civilización, no solo requiere de los conocimientos necesarios para estas canalizaciones, en gran medida se requiere un sistema de organización que pueda resolver problemas de litigio en relación con el agua, que regule las cantidades que elabore un sistema de reparto adecuado, que prevea los momentos de escasez que tenga los conocimientos

---

<sup>13</sup> El sistema hidráulico de Tenochtitlán incluía calzadas y diques que mantenían el lago dividido en varias zonas, el más sorprendente de ellos el albaradón de Nezahualcoyotl dividía la laguna en dos lo que permitió la separación de las aguas saladas de las dulces, las compuertas en estos diques permitían un control de los niveles, muy útil en caso de que se corriera peligro de inundación, los puentes entre secciones eran móviles esto también permitía el control de los accesos a la ciudad. Ya se menciona el acueducto de Chapultepec que llevaba agua potable al interior de la ciudad



necesarios para crear las obras de apoyo que permitirán controlar el recurso, como podemos ver los sistemas de riego son una etapa avanzada en la evolución de la organización técnica y social de las civilizaciones. De los aspectos técnicos el manejo del agua es de suma importancia y las técnicas de manejo y control que se irán perfeccionando con la construcción de dispositivos para este fin surgen de la observación del comportamiento del agua en movimiento en la naturaleza.

De la observación surge la aplicación de las primeras reglas de la hidráulica, de manera incipiente se trazan canales y se cambia el ancho del canal para disminuir o aumentar la velocidad, todo a semejanza de los ríos, también en una siguiente etapa se trata de hacer más duradera la obra y para esto el principal enemigo es la velocidad del agua que al paso del tiempo va erosionando los canales y cambiando su composición inicial, la solución es colocar materiales en los que el agua no pueda actuar de manera tan fácil.

Con esta descripción tenemos los primeros canales para sistemas de riego en la América Prehispánica, algunos solo trazados y cavados en el terreno otros con encalados hechos de piedra y otros más con lajas de piedra para facilitar el recorrido del agua, todos ellos iniciando su viaje en fuentes naturales de agua, en manantiales, ríos lagos y lagunas, desde los cuales el agua es llevada al campo de cultivo. Este viaje es el que determina la naturaleza de los canales, sus dimensiones, sus materiales su composición etc.

En una etapa más de la construcción y aplicación de sistemas de riego tenemos las presas, las cuales tienen su origen en la necesidad de acumular el agua para poder utilizar mayor volumen de ella, cuando el agua del recurso natural no es suficiente se busca la manera de almacenarla para poder tomar de ella la que se necesite, es cómo nacen las presas, la manera más fácil de hacerlas es obstruyendo el cauce natural de un río; esta obstrucción podía realizarse en un punto donde las características del terreno permitiera un embalse de agua, estas dos características se repiten a través del tiempo en muchas culturas, los canales y toda su ingeniería y las presas como fuente artificial de agua para alimentar esos canales.

De hecho este mismo proceso se repite hoy en día con mayores herramientas tecnológicas, se busca el sitio se estudia el tamaño del embalse y la cantidad de agua que se puede almacenar, se obstruye el cauce natural y se espera que la acumulación de agua llene de manera natural el embalse.

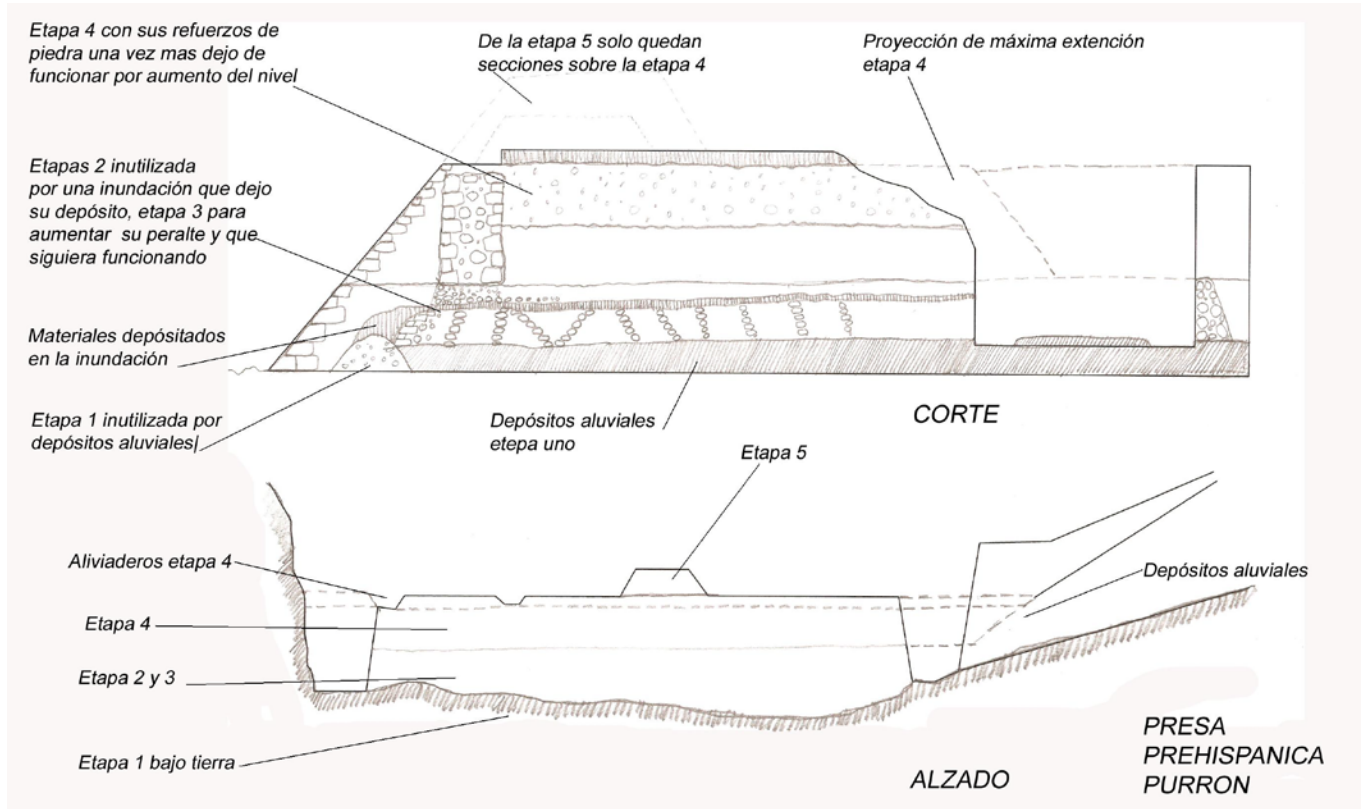
Para Teresa Rojas Rabiela las presas se dividen en Presas almacenadoras, derivadoras y mixtas<sup>14</sup>, las primeras se construyen para almacenar agua y su construcción es mas permanente, las segundas son temporales o se tienen que renovar periódicamente estas canalizan el flujo de un río hacia la dirección deseada y las terceras se construyen juntas, la primera para derivar y la segunda para almacenar con las características mencionadas, esta división nos habla de la diversificación de una construcción en este caso la presa, que se construye para tener control sobre los cursos de agua que al final se traduce en la disponibilidad del recurso normalmente para riego construir diversos tipos de presas y que además estos tipos se puedan complementar cubriendo necesidades específicas nos habla del grado de complejidad que había alcanzado la ingeniería hidráulica en América Prehispánica.

En México se tienen noticias de sistemas de riego muy antiguos, en Teopantecuanitlán en Guerrero, cercano al punto donde los ríos Mezcala y Amacuzan se unen se encontró una presa

<sup>14</sup> **Rojas Rabiela Teresa**, *LAS OBRAS HIDRÁULICAS MESOAMERICANAS EN LA TRANSICIÓN NOVOHISPANA en XIII Economy History congreso Sesión 17 trasferencia de técnicas, modos de producción y usos del agua en Europa y América Latina desde la antigüedad hasta el siglo XX*, Buenos Aires Argentina, Julio 2002, pág. 8



de 3 metros de altura construida por acumulación de materiales y un sistema de canales con lajas de piedra construidos entre el 1200 y el 1000 antes de cristo<sup>15</sup> siendo uno de los primeros casos estudiados del binomio presa- sistema de riego tan común hasta nuestros días.



La presa de Purrrón, corte esquemático, el agua para el riego era uno de los bienes más preciados, de la necesidad de su control surgen varios aspectos de la ingeniería hidráulica, en el caso de la presa, la construcción se desarrollo a través de muchos años, la presa por sedimentación iba quedando obsoleta, con el tiempo cada ampliación contribuyo a llegar a la obra que vemos hoy en día. **Imagen Tarsicio Pastrana**

En el mismo orden encontramos presas más tardías y con mayor grado de dificultad, como la ya mencionada de Purrrón en Tehuacán de la cual ampliaremos algunos datos , es la presa prehispánica más grande que se a descubierto, sus etapas de construcción comenzaron en una etapa muy temprana entre el 750 y el 600 AC comenzó como una presa de acumulación de tierra que tuvo etapas constructivas durante más de 900 años, en el 1200 DC la presa alcanzaba los 19 metros de alto 100 de ancho y 400<sup>16</sup> de longitud, en ella se han estudiado diferentes técnicas constructivas que empezaron con la simple acumulación de tierra en la parte inferior del cauce del arroyo Lencho Diego.

La realización de la presa de Purrrón en la época en que fue realizada y con los recursos que se contaba la ubican como uno de los mejores ejemplos de aplicación de ingeniería hidráulica prehispánica en su etapa de mayor tamaño la presa podía almacenar un cuerpo de agua de 56

<sup>15</sup> **Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús ( Directores), OBRAS HIDRAULICAS EN AMERICA COLONIAL (Catalogo de la exposición del mismo nombre),** Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, CEHOPU, Madrid 1993, pág.202

<sup>16</sup> **Kashyapa A. S. Yapa, INGENIERÍA PREHISPÁNICA AMERICANA Y SUS LECCIONES PARA HOY (Ponencia al 49o Congreso Internacional de Americanistas, Quito, Ecuador, Julio 1997) pág. 3**



hectáreas utilizadas principalmente para riego aunque no se han encontrado las estructuras correspondientes<sup>17</sup>

Otra presa digna de mención es la presa de Montealbán en Xoxocotlán cuya principal característica es su construcción en V para contrarrestar los empujes tan elevados del agua sobre la cortina, este tipo de solución nos indica un ejercicio prolongado en la construcción de presas, con la capacidad de observar que el empuje se contrarresta mejor si la estructura más estable se coloca en oposición del esfuerzo principal, además de que parte de este esfuerzo es absorbido por los apoyos de esta estructura en sus extremos, dándole mayor estabilidad a toda la cortina.

Sus dimensiones son menores a la de Purrón 80 de longitud por 10 de alto pero a diferencia de esta la de Xoxocotlan denota mayores conocimientos técnicos, aparte de la solución estructural tienen innovaciones en el sistema constructivo empleado, por ejemplo la constitución de sus materiales, el núcleo es de piedra con aglutinante de cal arena, la parte superior aproximadamente un metro antes de llegar a la parte superior se elaboró en piedra caliza labradas para encajar perfectamente y lograr juntas pequeñas más resistentes a la erosión.

En caso de desborde; la presa podía almacenar hasta 18000m<sup>3</sup> de agua que por medio de canales regaba cultivos que se emplazaban en diferentes terrazas, es probable que esta presa no fuera la única del sistema, se encontraron vestigios de otra que fue erosionada por el agua<sup>18</sup>

Por otra parte se deben de mencionar los sistemas de derivación como las compuertas, que se realizaban con obstrucciones temporales de los flujos para encausar el agua hacia el lugar deseado, mismo principio de las presas derivadoras estas se realizaban con tierra, piedras o madera<sup>19</sup> de esta forma el agua seguía los caminos y canales deseados.

En relación con los sistemas de riego tuvieron tal pervivencia que la mayoría de los nombres de los canales hasta hoy en día son nombres prehispánicos, de la misma forma las zonas de regadío y los nombres de estas también son derivaciones de la época prehispánica, estas técnicas de cajas de agua aumento y disminución de velocidad, manejo de niveles y compuertas ya eran conocidas y están presentes en muchas de las regiones descritas en el cuadro anterior.

Podemos considerar como la etapa más avanzadas de las técnicas de riego a la implementación de regiones chinamperas de las cuencas lacustres, es importante entender que las chinampas solucionan una necesidad de riego en zonas muy específicas, cuando se proyecta un sistema de riego se construyen las obras necesarias para llevar el agua al sitio requerido, aprovechando los niveles del terreno y permitiendo que el agua recorra las distancias requeridas, en el caso de una cuenca lacustre la cota más baja la ocupa el agua, el agua que está por encima de las regiones que se destinan a la siembra son las aguas de los escurrimientos de las sierras que cierran la cuenca, al requerirse de mayores volúmenes de agua para riego los escurrimientos no son suficientes y estos están como cualquier recurso natural en zonas específicas, al construir las chinampas se utiliza el agua que se encuentra en los lagos y se tiene un terreno húmedo todo el año con lo que se obtienen mayor número de cosechas.

---

<sup>17</sup> *ibíd.* pág. 4

<sup>18</sup> *ibíd.* pág. 4

<sup>19</sup> **Rojas Rabiela Teresa**, Julio 2002, *op.cit.* pág. 9



Consideramos que es el sistema más avanzado porque en lugar de llevar el agua al terreno de cultivo se ubica el terreno de cultivo en la mitad del cuerpo de agua, evitando la construcción de los sistemas hidráulicos y lo que esto representaba, recordemos también que el bagaje de soluciones en lo que respecta al riego se va incrementando y se decide la utilización de diversos sistemas dependiendo de la situación que prevalece, en el caso de las cuencas el recurso más abundante está en la parte más baja del terreno; en otros sitios del mundo se recurre a maquinas hidráulicas para elevar el agua a diferentes cotas, en el caso de las culturas prehispánicas se crean las chinampas para ocupar esa agua que no puede ser elevada.



Las obras hidráulicas que mantenían el equilibrio en la zona lacustre de la cuenca de México eran diversas, la principal era el dique o albarradón que unía los pueblos de Atzacualco en el norte con Iztapalapa hacia el sur, lo que permitía detener las aguas del lago de Texcoco y separar estas que eran saladas de las aguas dulces de los lagos de México Xochimilco y Chalco, las calzadas que servían como diques y que tenían diferentes funciones, entre ellas comunicarse y dividir el lago en zonas definidas y controlables, el acueducto que llevaba agua desde Chapultepec hasta el centro de la ciudad, los puentes que podían ser removidos y de esta forma se controlaban las comunicaciones entre la isla y tierra firme **imagen: Tarsicio Pastrana**

Las chinampas se construían por medio de una empalizada en la que una sección del algo era delimitada, al ser de poca profundidad se excava en el suelo del lago y se coloca la tierra en el centro de la empalizada, procurando ir rellenando, esta tierra acumulada es excelente para el cultivo, las chinampas reorganizan espacialmente permitiendo los canales entre ellas en estas secciones de tierra se cultivaba y se habitaba constituyéndose en estructuras de organización social y espacial.

Para completar la chinampa se plantaban en su periferia árboles que al crecer por medio de sus raíces consolidaban la isla artificial, de esta manera la ciudad de México Tenochtitlán desbordó sus límites naturales originales y se fue extendiendo, esta práctica se repitió en toda la zona lacustre, los pueblos de las riveras tuvieron también zonas chinamperas vestigios de ellas las podemos observar en los pueblos al sur de la cuenca en la zona de Xochimilco.





Pero no solo las chinampas son lo más significativo de la cuenca en términos de ingeniería hidráulica, entendemos que el punto más avanzado de aplicación de la ingeniería hidráulica prehispánica lo encontramos en la cuenca de México, los sistemas complementarios al sistema chinampero que cubre las necesidades de riego requerían de diversos elementos que además coinciden con las necesidades que ya hemos descrito con respecto a la tecnología hidráulica.

La cuenca de México se componía de 5 lagos principales de diferentes tamaños y alturas<sup>20</sup>, el tamaño de los mismos y las características de ellos carentes de desagüe natural, les proporcionaban diferentes características, al agua, que por estar sujeta a procesos de evaporación que concentraban las aguas además de ser producto de escurrimientos procedentes de las diferentes sierras que circundan la cuenca se volvía salada en los lagos más grandes, en épocas de lluvias los lagos aumentaban su nivel y se derramaban uno sobre otros hasta confluír en la parte baja del lago de Texcoco que paradójicamente era el que contenía a la ciudad de Tenochtitlán, esto producía inundaciones que eran difíciles de controlar.

El agua del lago no era potable, servía para riego y para las necesidades de limpieza y otras, pero no para tomar, todo este entorno propicio la creación del sistema chinampero ya descrito pero además se creó un sistema de diques, calzadas diques y un acueducto para controlar la zona y cubrir las necesidades de agua de la región.

Las calzadas unían la isla con tierra firme, como ya se menciona estas eran de diversos materiales, con contenciones de piedra, madera o simplemente arcilla como la de Nonoalco<sup>21</sup> sus anchos iban desde los 12 metros como en Nonoalco hasta los 22 que era el ancho de la de Tacuba<sup>22</sup> pero también permitía conservar y controlar los niveles entre las diferentes secciones de lago generadas a partir de estas divisiones entre calzadas, el gran dique de Nezahualcoyotl que dividía de norte a sur el lago de Texcoco controlaba el desnivel entre un lado y el otro absorbiendo diferencias que de otra forma hubieran anegado la ciudad, este gran dique que empezaba en las inmediaciones de Atzacolco en el norte de la ciudad y acababa por Iztapalapa en el sur.

Tuvo otra virtud adicional dividió las aguas saladas del lago de Texcoco de las menos saladas del lago de México creado a partir de la división por el dique, sus dimensiones aproximadas son 16 kilómetros de largo por 7 metros de ancho y los niveles de agua eran diferentes de uno y otro lado, mas divisiones y mas calzadas dividieron los lagos y evitaron que la concentración de agua originara agua saladas.

Las calzadas y albardones fueron un sistema de protección de la ciudad diseñado para protegerla de las inundaciones, pero también permitirán la comunicación de la isla con tierra firme, las calzadas de norte a sur estaban construidas en piedra y funcionaban como diques adicionales, creando un sistema de diques norte sur que empezaba con el albardón de Nezahualcoyotl y continuaba con la calzada al Tepeyac y la calzada a Iztapalapa, que se construyeron de manera mas robusta que las otras.<sup>23</sup>

---

<sup>20</sup> **Rojas Rabiela Teresa** *LAS CUENCAS LACUSTRES DEL ALTIPLANO CENTRAL en Arqueología Mexicana*, volumen XII núm. 68, México julio agosto 2004.págs 20-27

<sup>21</sup> **Carballal Staedtler Margarita y Flores Hernández María**, *ELEMENTOS HIDRAULICOS EN EL LAGO DE MEXICO-TEXCOCO EN EL POSCLASICO en Arqueología Mexicana*, volumen XII núm. 68, México julio agosto 2004 Págs. 28-33

<sup>22</sup> *Ibíd.* págs. 28-33

<sup>23</sup> *Ibíd.* págs. 28-33



También se conoce del dique de Ahuizotl que unía ambas calzadas y que conformaba otra barrera más norte sur este dique fue construido a consecuencia de una gran inundación que sufrió la ciudad en 1499 con esto se pretendía controlar el agua y el deslave de la tierra hacia la laguna.

Esta explotación que en las etapas primitiva no debió de causar mayor problema se acrecentó cuando diferentes señoríos controlaban las riveras de las lagunas, es cuando se puede encontrar que la ingeniería hidráulica que permite la construcción de estas calzadas de diferentes tipos tiene una función delimitadora de amplias zonas de la laguna, es decir, las calzadas de tierra delimitaban zonas de explotación, zonas de agua que dependían de un señorío o de otro, este sistema de construcción que se deriva hacia las calzadas de piedra y las de tierra tenía como funciones principales la división de las zonas de agua de la laguna para otorgar el control de esa región de la laguna a un poblado específico, el control de los diferentes niveles de agua en cada uno de los lagos y posteriormente en cada división de agua y la comunicación<sup>24</sup>

El Acueducto que llevaba el agua de los manantiales de Chapultepec al interior de la ciudad se resolvió de una forma muy ingeniosa, valiéndose del sistema ya mencionado, se crearon islas artificiales rectangulares, sobre las que se construyó en piedra y en calada un canal doble, esto con la finalidad de utilizar uno mientras se limpiaba el otro, para salvar los espacios sobre el agua de la laguna se construyeron caños de madera que unían las diferentes secciones del acueducto, adicional a esto se construyó un camino de mantenimiento que unía las diferentes islas por medio de tablones de madera que funcionaban como puentes, cuando Cortés y los diferentes cronistas observaron la obra quedaron maravillados y la describieron de la siguiente forma

*“por la una calzada que a esta gran ciudad entra vienen dos caños de argamasa, tan anchos como dos pasos cada uno, y tan altos como un estado, y por uno de ellos viene un golpe de agua dulce muy buena, del gordor de un cuerpo de hombre, que va a dar al cuerpo de la ciudad de que se sirven y beben todos. El otro que va vacío, es para cuando quieren limpiar el otro caño, porque echan por allí el agua en tanto que se limpia; y porque el agua ha de pasar por los puentes a causa de las quebradas por do atraviesa el agua salada, echan la dulce por unas canales tan gruesas como un buey, que son de la lengua de las dichas puentes, y así se sirve toda la ciudad.”<sup>25</sup>*

En lo que respecta a las dimensiones descritas podemos calcular cada paso en 70cm aproximadamente, Cortés comenta que cada caño es de dos pasos, en total el conjunto tendría unos 3 metros de ancho y cada uno de los canales sería aproximadamente de 70 cm., haciendo la comparación con el cuerpo de un hombre, para hablar de la altura se menciona el estado que corresponde a dos varas lo que da 1.67 de alto<sup>26</sup> el flujo de agua se puede calcular en función de ese “gordor de un cuerpo de hombre” en 70x30 aprox. El flujo de agua en proporción con el área, era de 2500 lit. por minuto.

El conjunto debió de ser interesante, las islas con la construcción en piedra al centro, los puentes tanto de madera como los troncos y los árboles en la orilla para contener con las raíces

<sup>24</sup> *Ibíd.* págs. 28-33

<sup>25</sup> Cortés Hernán, *SEGUNDA CARTA DE RELACION en Cartas de Relación colección Sepan Cuantos No 7*, Editorial Porrúa, México 2005, pág. 81

<sup>26</sup> Braza, brazada o estado: Unidad de Longitud que equivale a 2 varas, o sea 1.67metros. Semo Enrique (coordinador), *SIETE ENSAYOS SOBRE LA HACIENDA MEXICANA 1780-1880 en Colección Científica No 55 SEP-INAH*, México 1977, pág. 255



las isletas, en una primera etapa el acueducto fue un canal de tierra apisonada que se construyó sobre el conjunto de islas, este canal tenía en sus muretes refuerzos de madera, los pasos sobre el agua se resolvieron de la misma forma, con caños de madera para el agua y tabloncillos para el paso de personas, los materiales perecederos del primer acueducto lo hacían muy perenne como de hecho sucedió en la inundación 1449 que destruyó las islas y el canal<sup>27</sup>, el acueducto que se construye es el que Cortés observa y describe en su carta de relación.

Si estos sistemas descritos nos hablan del gran avance que las técnicas hidráulicas tenían en los pueblos prehispánicos, tenemos que hablar de otro más que tiene que ver con el uso del agua para recreación y que era de suma importancia en las culturas prehispánicas, la construcción de jardines, estos fueron lugares en los que las técnicas hidráulicas eran utilizadas para proporcionar el agua necesaria para riego y para el esparcimiento. De estos jardines se tienen ampliamente documentados por haber sido observados por los europeos o en algunos casos porque quedan vestigios arqueológicos de ellos, existieron jardines en Iztapalapa, Oaxtepec, Chapultepec y Texcoco.

Como nota adicional mencionaremos que el significado de los jardines para las culturas prehispánicas estaba relacionado con la construcción de paraísos terrenales, en su visión del universo la versión del paraíso que ellos entendían era en abundancia de agua, con lo que se comprende la construcción con los fines descritos. Después de observar los jardines que existían en varias zonas de la ciudad, los europeos que normalmente no tenían acceso a los jardines de este tipo se sorprenden por la variedad de flores y plantas que ellos contenían, en lo que respecta a nuestro trabajo tenemos que hablar de los sistemas hidráulicos asociados a ellos.

De todos los jardines que hemos mencionado el más avanzado en todos los aspectos fue el de Texcoco, en el cerro de Texcotzingo se encuentran construcciones en torno al cerro, con habitaciones terrazas y canales, pozas excavadas en la roca y un complejo sistema de canales que traía el agua de unos manantiales ubicadas a varios kilómetros de ese lugar, también es importante mencionar que de los jardines descritos este era el único que no contaba con el agua en el lugar de construcción del jardín, tanto Chapultepec como Oaxtepec contaban con manantiales, y en el caso de Iztapalapa era un jardín ubicado junto a la laguna.

Para llevar el agua hasta el sitio necesario se construyó un canal que tuvo que salvar una diferencia de nivel entre dos cerros, para lo cual se construyó un muro alto a manera de acueducto recordemos que las culturas prehispánicas no conocían el arco, para aumentar la estabilidad estructural del muro a ambos lados construyeron escarpios en la cima del muro estaba ubicado el canal con la pendiente adecuada para llevar el agua hasta los jardines, el agua llenaba las pozas y los estanques y regaba el sitio además de ser canalizada para formar cascadas y riachuelos.

En el caso de Chapultepec lugar de recreo de los emperadores aztecas se construyó una alberca para almacenar el agua que después sería llevada por medio de los acueductos descritos con anterioridad hacia la ciudad, se pueden observar en la base del cerro y en la zona donde empieza la escalera de Carlota el sitio donde estaban los manantiales y las diferentes albercas que se hicieron para almacenar el agua y canalizarla; en el mismo cerro y a semejanza del jardín texcocano estaban las habitaciones de recreo y los lugares de esparcimiento además de contar con petroglifos y relieves elaborados en la misma roca madre

---

<sup>27</sup> Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores), *op.cit*, pág. 206



Oaxtepec tenía al igual que Texcoco pozas y canales pero lo más importante es la transformación de los sitios en vergeles con plantas y animales traídos de diferentes partes del imperio que para subsistir requerían del agua canalizada almacenada y llevada a los sitios requeridos, hoy en día todavía se encurtan los manantiales en el sitio y son utilizados para alimentar de agua las albercas del balneario que se encuentra en ese lugar.

El jardín de Iztapalapa era diferente que los antes mencionados, en primer lugar los tres anteriores eran de uso privado de los emperadores y gobernantes, al parecer por las crónicas el jardín de Iztapalapa era complemento de la ciudad y se podía llegar a él desde varios puntos por lo que lo convierte en parte de la ciudad y abierta al público, Cortés menciona lo siguiente:

*“Tiene muchos cuartos altos y bajos, jardines muy frescos de muchos árboles y rosas olorosas; así mismo albercas de agua dulce muy bien labradas con sus escaleras hasta lo hondo. Tiene una muy grande huerta junto a la casa, y sobre ella un mirador de muy hermosos corredores y salas, y dentro de la huerta una muy grande alberca de agua dulce, muy cuadrada, y la paredes de ella de gentil cantería, y alrededor de ella un andén de muy buen suelo ladrillado, tan ancho que pueden ir por él 4 paseándose; y tiene de cuadra 400 pasos, que son en torno mil y seiscientos; de la otra parte del andén hacia la pared de la huerta va todo labrado de cañas con unas vergas, y detrás de ellas todo de arboledas y hierbas olorosas, y dentro de la alberca hay mucho pescado y muchas aves, así como lavancos y zarzetas y otros generos de aves de agua, tantas que muchas veces casi cubren el agua”.*<sup>28</sup>

Si realizamos un ejercicio similar al del acueducto nos daremos cuenta que el andén tenía aproximadamente 4 metros y la alberca 280m por lado, esta alberca con vista hacia la laguna y por uno de sus muros acceso a la huerta. El sistema hidráulico requerido para mantener funcionando este sistema no es descrito, de ambas crónicas podemos obtener diferentes datos, el primero es el enorme volumen de agua que se requería para alimentar la alberca, si consideráramos una profundidad de un metro estaríamos hablando más de 70000 metros cúbicos de agua, sin contar las necesidades de los palacios circundantes y el riego necesario en los jardines, también es mencionado que en este lugar el agua era salada. Los jardines descritos requieren de un manejo hidráulico importante, no solo para obtener el agua para riego, también es importante su canalización almacenaje y control de la misma,

Podemos para concluir englobar en 3 los sistemas de aplicación de la ingeniería hidráulica prehispánica, el riego y sus componentes, canales, presas depósitos etc., los sistemas de control de las aguas como los que encontramos en la cuenca de México y los jardines que requirieron de un elevado conocimiento de la hidráulica y la manera en que el agua se comporta.

Estos conocimientos como veremos más adelante complementaron el trabajo hidráulico de los españoles que en algunos de los casos no tenían el manejo de técnicas necesarias sobre todo tomando en cuenta factores como los propios del territorio desconocido para ellos. Este proceso de Mestizaje culmina con el nacimiento de una tecnología propia que se desarrolla en América con sus dos componentes, como veremos en lo sucesivo los actores y las características también fueron transformándose por ejemplo en América en etapas de consolidación territorial los actores principales fueron los frailes, situación que no era tan común en Europa.

<sup>28</sup> Cortés Hernán, *Op.cit* pág. 62



## CAPITULO I: SITUACION Y EVOLUCION DE LA INGENIERIA ESPAÑOLA DURANTE EL SIGLO XVI

El agua es un elemento de suma importancia para la vida, sin agua ningún ser vivo podría seguir en ese estado es parte importante del funcionamiento de la tierra y de los ciclos naturales, el agua y el sol configuran el clima y las regiones del planeta. Adicional a este papel tan importante, el hombre en su carácter de ser evolucionado le a conferido diferentes usos a través de la historia, el agua para el hombre no es solo el elemento vital del cual depende su subsistencia, el agua es también limpieza recreación y fuerza motriz. Ante tantos usos y la necesidad de controlar un recurso tan importante surge la tecnología hidráulica.

Por lo tanto la tecnología hidráulica tiene su origen en la actividad humana y su deseo de controlar las fuerzas de la naturaleza para su beneficio en este caso específico la fuerza del agua. Este proceso de control y uso tiene su nacimiento en las etapas tempranas de la evolución del hombre hacia sociedades y culturas más complejas Desde el principio de su desarrollo el hombre necesito del agua para diversos usos y es tratando de cubrir estas necesidades que nace la tecnología hidráulica, el deseo de control del medio ambiente propicia a través de una serie de procesos que el hombre haga ciencia, se convierte en creador de tecnología.. Para entender los procesos que llevan al hombre a desarrollarla se tiene que analizar el desarrollo de la tecnología dentro del proceso evolutivo humano entrelazándose con otras ramas de conocimiento relacionadas y con sus propias historias evolutivas.

En el presente capítulo se tiene por objetivo el recorrido por esta evolución, iniciando con los procesos de necesidad que provocan el nacimiento de la tecnología hidráulica, todos estos siempre inmersos en el desarrollo global de la ciencia y la tecnología, entendiendo como el hombre hace ciencia y como la traduce en tecnología podremos entender de mejor manera que la tecnología hidráulica resuelve necesidades específicas del hombre. Detrás de los adelantos tecnológicos y científicos se encuentra la necesidad de conocer y aplicar este conocimiento en beneficio del hombre.

Para desarrollar el tema comenzaremos con los usos del agua, las relaciones de ciencia y tecnología a través del tiempo los actores, los fabricantes, los procesos, el camino que nos lleva de esa tecnología primitiva naciente a la tecnología hidráulica virreinal, que es tema de este trabajo.

En el momento del nacimiento de esta tecnología virreinal en el siglo XVI, se tienen historias de evolución humana y tecnológica diferentes en ambos lados del océano atlántico que chocan abruptamente pero que se unen para crear una nueva, estos dos complementos tan importantes serán analizados porque el virreinato como etapa es producto de este choque cultural que abarca diferentes campos entre ellos el tecnológico.

También se hablara del ingeniero con su connotación temporal, este personaje es el principal autor y actor de esta tecnología, considerando que ingeniero no solo es, como su visión actual nos lo dice el que estudio alguna ingeniería en particular el ingeniero es aquel que aplica la tecnología en diversas obras de su autoría y que generalmente tienen una función practica se hablara de ellos de cómo nacieron y de cómo trabajaban y se formaban, ellos con sus estudios y su practica hicieron posible la conformación de los métodos y las técnicas recogidas a través de años de evolución de las sociedades humanas para llegar al siglo XVI en la cúspide de un conocimiento acumulado y desarrollado por varios pueblos que ocuparon España, esta tradición tecnológica es parte de la nuestra y es uno de los dos componentes de la tecnología hidráulica virreinal.



## 1. Relaciones entre ingeniería, ciencia y tecnología.

A través de la historia el hombre a tenido la necesidad de entender los fenómenos que lo rodean, del conocimiento de su entorno ha obtenido en primera instancia los elementos para adaptarse a ese medio en principio hostil y agresivo para entenderlo y conocerlo ya que posteriormente esos aspectos cognoscitivos le permiten adaptar el medio ambiente a sus necesidades; es una realidad que el hombre es el animal que durante la prehistoria mas fácilmente se adaptaba al medio que lo rodeaba, esto le permito evolucionar y desarrollarse, en un inicio esta actividad tiene como principal función la supervivencia, esa capacidad de análisis es en realidad la mejor y mas perfecta arma natural de adaptación y de búsqueda de subsistencia.

El ser humano tiene dos características que le permiten interactuar y transformar: una inteligencia superior y una capacidad de observación que podemos mencionar como analítica, es decir se observa y se piensa para llegar al entendimiento. Estas dos cualidades puestas al servicio de un análisis del entorno le permitió al hombre conocer los fenómenos de la naturaleza y tratar de utilizarlos para su beneficio, cuando el hombre observa el fuego trata de dominarlo, aun sin entender los orígenes del mismo lo controla y después aprende a producirlo, por la observación del fenómeno durante años y pasando el conocimiento derivado de esa observación de una generación a otra obtienen un beneficio: la domesticación del fuego.

La explicación exacta del fenómeno llevo muchos años después, el hombre le atribuyo a un dios el origen y la causa, este comportamiento fue una actividad común, cuando el hombre no encontraba mas explicaciones a algún fenómeno terminaba atribuyéndoselo al estado de animo de un ser superior, al que cualquier elemento aleatorio generado por el hombre podía provocar el derramamiento sobre la humanidad de sus dichas o sus iras, de estas atribuciones surgen las primeras religiones que son componentes de la estructura evolutiva de una sociedad.

Este dominio de las fuerzas naturales le permite al hombre mejorar su vida y transformar el entorno, cambiando la condición inicial de ser un individuo muy adaptable para sobrevivir, a transformar el entorno y adaptar este a sus propias necesidades, de esta forma los cambios naturales que podían poner en peligro su existencia son mas controlables por el, al convertirse en un ser modificador y transformar el entorno a su conveniencia asegura su permanencia en la tierra. Esta situación marco la evolución del hombre en los siglos subsecuentes, el hombre se transforma de adaptable a modificador. En la mayoría de los casos estas adaptaciones del entorno son acompañadas del proceso ya descrito, Necesidad primero, observación y análisis después y posteriormente ensayo y error hasta obtener la solución adecuada.

De esta observación y análisis de los fenómenos y de sus sistematización nace el método científico, con el cual el hombre comienza de manera primitiva a generar ciencia, la parte mas importante de este proceso para las primeras civilizaciones en las etapas de su gestación fue hacer útil estos descubrimientos estos debían de transformarse en ideas, procedimientos, métodos etc. que le permitieran vivir mejor, este conjunto de procedimientos generan técnicas, que alimentadas por nuevas observaciones nos proporcionan el mejoramiento de estas en una cadena siempre perfectible alimentada por los descubrimientos del hombre. Esta característica se convierte en la principal herramienta del hombre para sobrevivir.



Las técnicas son lo primero, estas surgen de la observación y de la practica, son conocimiento aplicado, la ciencia y la tecnología vienen posterior a ambas, la ciencia es la explicación de los fenómenos la tecnología es conocimiento científico aplicado.<sup>29</sup>

Para comprender mejor este conjunto de palabras debemos recurrir a sus orígenes, en casi todos los casos el origen de una palabra nos habla del porque de su nacimiento y uso a través del tiempo en el caso específico de la palabra técnica proviene del latín. *technicus*, y este del griego. *Τεχνικε* de *τεχνη*, arte) significando *pericia o habilidad para usar procedimientos y recursos, habilidad para ejecutar cualquier cosa, o para conseguir algo*, es importante revisar el significado de otra palabra utilizada en esta etimología.

La palabra arte proviene del latín *ars, artis*, y este del griego *τεχνη* Virtud, disposición y habilidad para hacer algo, ambas definiciones (Arte y Técnica) reafirman la nuestra; las técnicas son el uso sistemático y perfeccionado de métodos y procedimientos para realizar una tarea determinada, la técnica es una aplicación de conocimientos.

En cuanto a la ciencia la palabra proviene del latín *scientia* que significa *Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurado y de los que se deducen principios y leyes generales*, es decir la ciencia se genera de la observación y el análisis actividades realizadas por el hombre de manera nata.

La tecnología viene del griego *τεχνολογία*, de *τεχνολόγος*, de *τέχνη*, arte, y *λόγος*, tratado, cuyo significado es *conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico*, de esto entendemos que la tecnología es la aplicación de la ciencia, para aplicarse necesitara de las técnicas correspondientes.

Existe una relación entre los procesos tecnológicos y los científicos, por lo que ya hemos visto la técnica es el conjunto de conocimientos y métodos que utiliza un grupo humano para desarrollar una actividad, la ciencia es la explicación de los fenómenos naturales y la tecnología es la aplicación de la ciencia en los procesos comunes y naturales, es posible que un proceso comience con una técnica, pase por el análisis científico se convierta en tecnología pero nuevamente llegue a ser una técnica enriquecida después de este camino la cual se pueda complementar repitiendo el mismo esquema.

Es claro que la tecnología es la aplicación de la ciencia, por lo mismo la tecnología hidráulica tiene que ver con las aplicaciones científico-tecnológicas, relacionadas con el manejo del agua. La palabra Hidráulica según el diccionario de la real academia de la lengua española proviene del latín Hidráulicas que a su vez viene del griego *draulik (δραυλικ)* derivado de *draul (δραυλ)* órgano musical movido por agua

Esta tecnología hidráulica no fue solo un factor evolutivo en su propio ramo en la mayoría de los casos fue vital para el desarrollo de los pueblos, las necesidades de controlar los recursos hidráulicos tan vitales fue un punto de partida para que desarrollaran su incipiente tecnología y posteriormente su ciencia.

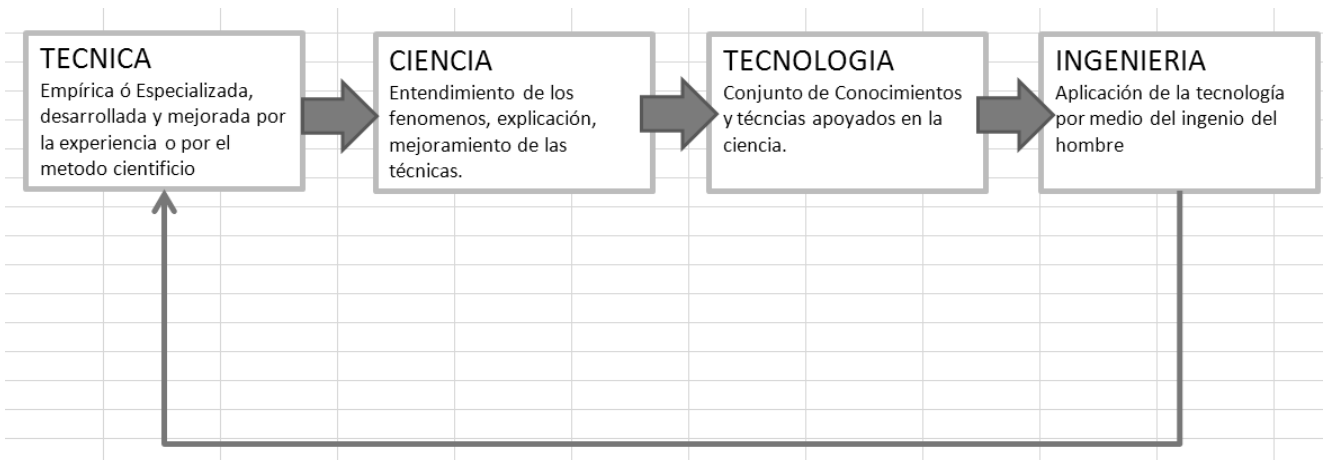
---

<sup>29</sup> En la introducción del libro "la tecnología siglos XVI al XX" encontramos: *Desde el punto de vista histórico las técnicas son previas a la ciencia ya que sistematiza el conocimiento aplicado al generalizar la explicación de los fenómenos la tecnología es posterior a ambas pues es conocimiento aplicado al generalizar la explicación de los fenómenos*. Para el mismo autor las técnicas son muy importantes porque las técnicas cambian gracias a la ciencia. Esto reafirma la idea planteada en el texto. **Corona Treviño Leonel**, *HISTORIA DE LA TECNOLOGIA EN MEXICO*, Colección Enrique Semo (coordinador) *Historia Económica de México*. Océano-UNAM, México. 2004



La necesidad de controlar los recursos hidráulicos que proporcionan satisfactores para cubrir necesidades básicas como el riego y el autoconsumo desarrollaron un grupo de técnicas que se tenían que basar en conocimientos científicos básicos es decir un desarrollo científico en sus primeras etapas este desarrollo científico primitivo y su aplicación en la resolución de necesidades básicas de grupo provocó la evolución de las primeras civilizaciones. Es un hecho que los grupos humanos sometidos a situaciones extremas crean necesidades de control y transformación de los recursos en su medio ya que de este control depende su sobrevivencia como grupo y como individuos, estas necesidades estimulaban la observación y el desarrollo. Y posteriormente la aplicación de los conocimientos adquirido.

Concluyendo: los tres procesos descritos se siguen uno a otro logrando desarrollo cíclicos que van enriqueciéndose; la ciencia y su aplicación, la tecnología complementan el desarrollo de los pueblos y nos hablan de su grado de evolución, es importante hacer énfasis en que ninguno de estos procesos sería necesario si el hombre no tuviera una necesidad cuyo descubrimiento al transformarse en una aplicación práctica le permitiera solucionarla, esta es la consecuencia natural de la ciencia y la tecnología la aplicación en la vida diaria, en las actividades que el hombre desarrolla todos los días. Aumentar la producción, mejorar la vida, vivir más y con mejor calidad de vida, esos son algunos de los efectos prácticos de la ciencia.



El nacimiento de la tecnología hidráulica acompaña los primeros años de evolución del hombre, es muy probable que el primer impulso de controlar una fuerza de la naturaleza fuera el fuego, pero posteriormente llegó la necesidad de manejar el agua. En este contexto la tecnología hidráulica tiene como principal fin el manejo del agua para los diversos usos que el hombre le confiere, uno de ellos práctico totalmente es el consumo humano, el hombre no puede vivir sin consumir agua, el agua se asocia a la vida, y el agua le suministra al hombre el medio para seguir vivo, si pudiéramos ordenar los vínculos que el hombre fue sosteniendo con el agua a raíz de lo cual nace la necesidad de controlar el recurso el primer uso es el consumo

El segundo uso tiene que ver con transportarse por el agua, aun antes de que el hombre fuera sedentario y utilizara el agua para riego, debió de transportarse montado en troncos o con ayuda de algún otro objeto flotante, los ríos eran un medio de transporte rápido y mantenían a la tribu cerca del vital líquido, cuando el hombre se convierte en sedentario la navegación le permitió ampliar la esfera de influencia de sus incipientes culturas y formar poblados dependientes de otros a manera de colonias todo esto en las riveras de los ríos que curiosamente también facilitaron el desarrollo de las culturas más importantes de la antigüedad.





El tercero llega cuando existe la agricultura controlada por el hombre y este se ve en la necesidad de ubicarse cerca de las fuentes de agua utilizándola para riego, en este caso parte del suministro de alimentos depende de esta actividad, estos dos aspectos (el autoconsumo descrito en la primera necesidad y el tercero utilizándola para riego) del uso del agua son los que desarrollan de manera primigenia la tecnología hidráulica, los primeros intentos del hombre por controlar el agua y almacenarla son también los primeros pasos en las aplicaciones tecnológicas del agua.

Un cuarto uso actualmente muy importante pero en la antigüedad subordinado a los ya descritos es el agua para limpieza y recreación, de manera primitiva esta necesidad se limitaba únicamente a la limpieza. La limpieza física y en muchas religiones la limpieza espiritual se consumaba en los ríos, el baño reconfortaba y tenía connotaciones espirituales, es lógico que en aquella época primero se garantizaba el sustento y después ya que se había cubierto esta primera necesidad se utilizaría el agua para la limpieza, cuando estas necesidades estuvieron garantizadas el agua se comenzó a utilizar para fines recreativos y de esparcimiento.

El Quinto uso y este es el que nos compete en el marco de este trabajo es el agua como fuerza motriz, que por medio de mecanismos complementarios permite ahorrarle trabajo al hombre, el hombre descubre el potencial increíble que tenía el agua para mover máquinas que le ahorraran trabajo, al parecer las primeras máquinas que el hombre inventa para este fin son los molinos, que también estaban ligados con el consumo de alimentos. Una vez más observamos la relación que existen entre la observación de un fenómeno la aplicación de este en la vida diaria.

#### USOS DEL AGUA LIGADOS A LA INGENIERIA HIDRAULICA

<b>1</b>	<b>CONSUMO</b>	El Consumo fue el primer uso del agua, al tomarse de las fuentes naturales no representó ningún tipo de desarrollo para el hombre
<b>2</b>	<b>TRANSPORTE</b>	Transportarse de una región a otra a través de los cursos de agua fue el segundo uso, en este caso la ingeniería se aplica en el desarrollo de embarcaciones que comenzaron como objetos flotantes
<b>3</b>	<b>RIEGO</b>	Con el sedentarismo se comienzan a desarrollar las tecnologías aplicadas al riego, se requiere llevar al agua a los campos de cultivo, medirlos, cuantificarlos, se desarrollan las matemáticas, la trigonometría y la geometría.
<b>4</b>	<b>LIMPIEZA Y RECREACION</b>	La necesidad de mantenerse limpio es posterior al aseguramiento alimenticio, el agua para recreación se desarrolla en etapas más estables de la civilización cuando se garantiza que otros usos básicos están cubiertos.
<b>5</b>	<b>FUERZA MOTRIZ</b>	Desarrollo de la ingeniería hidráulica, tecnologías aplicadas, en el desarrollo de máquinas, en canalización, almacenaje y distribución, es el punto más avanzado de la ingeniería hidráulica la aplicación motriz.

Estos pasos de necesidades y dominios sobre el agua se siguen conservando con algunos cambios en la actualidad, para todos los seres humanos, el primer uso del agua es el consumo humano, pero conforme la agricultura fue convirtiéndose en una de las principales fuentes de



alimentación de los pueblos, el tercer uso (el riego) paso a ser el segundo más importantes desplazando al tercer lugar la transportación, incluso al día de hoy podemos mencionar que en países como México la navegación ha sido desplazada hasta el cuarto sitio, en un orden más moderno de usos la navegación se ubica en el último lugar de las necesidades, conservando el resto de los usos su orden ya descrito, en primer lugar el consumo, en segundo el riego, en tercero la limpieza y el esparcimiento, en cuarto la fuerza hidráulica y al final la navegación, esto fomentado en parte por los nuevos medios de transporte mas rápidos y cómodos.

Tan importante fue para el desarrollo humano la necesidad de controlar los recursos hidráulicos que este control origino un desarrollo sin precedentes en la humanidad, de las crecidas del Nilo y la necesidad de su control surgen las necesidades de medición derivado de la cual se podrían cobrar impuestos, la agrimensura surge de los terrenos y las dimensiones en relación con el terreno irrigado, la necesidad de predecir esta situación crea el nilómetro, construcción escalonada y graduada en la cual se podía determinar si la crecida del Nilo seria buena o mala, siendo las malas las que no alcanzaban la cota necesaria o las que la excedían, en ambos casos, la falta de agua indicaba que no todas las tierras serian irrigadas y por lo tanto no pagarían impuestos, el exceso de agua ocasionaría inundaciones en los pueblos y devastación. *cuando el ascenso alcanzaba doce codos, hay hambre; en trece hay escasez; catorce trae alegría; quince seguridad y dieciséis abundancia gozo o placer.* Plinio el Viejo.

Por el contrario la crecida en Mesopotamia era intempestiva, el limo que llevaba esta crecida provocaba la obstaculización de los sistemas hidráulicos lo que motivo la creación de un grupo de trabajadores que constantemente daban mantenimiento a la zona para garantizar la operación, otro factor importante es almacenar agua para las temporadas que no la había, lo que desarrolla aparte del sistema de diques y compuertas otro de almacenamiento para disponer de agua el resto del año.<sup>30</sup>

Ambos sistemas tan diferentes entre si fueron adaptaciones tecnológicas del hombre, debido a las diferencias tipológicas y de comportamiento de ambos ríos, lo importante de esta comparación es la obtención de resultados exitosos por medio de técnicas diferentes, esta capacidad de observar el entorno y de sistematizar el análisis de él, fortalece el desarrollo tecnológico y científico, el hombre observa su entorno para resolver sus necesidades, necesidades que están determinadas por ese entorno que desea transformar.

Este proceso descrito genera evolución, las culturas manejan el agua y crean obras cada vez mas elaboradas, adaptando los principios naturales a sus técnicas y métodos, en el momento en que este control tan efímero es rebasado, por ejemplo cuando una crecida del Nilo es mayor de lo que puede el sistema soportar, el hombre entra a un terreno en el cual sus análisis no le muestran una solución, lo mismo sucede en el caso contrario, con una sequía, sus sistemas, técnicas y métodos no funcionan sin agua y el agua es el elemento que escasea.

La observación y el método científico aplicado a través de cientos años permiten la aplicación de principios hidráulicos a la construcción de obras de control y manejo del agua. Estas obras se complementan con conocimientos y técnicas que se vuelven más complejas y no solo abarcan el campo de la hidráulica.

Este desarrollo es el que nos lleva a la rama de la tecnología hidráulica que mas nos interesa en el ámbito del presente trabajo el agua como fuerza motriz, creo que es una de las ultimas

---

<sup>30</sup> Forbes R. J., *HISTORIA DE LA TECNICA*, Fondo de Cultura Económica, México 1958. Pag.56



etapas de desarrollo primitivo de la ingeniería hidráulica, ya que la aplicación de la hidráulica se diversifica, el agua como fuerza motriz necesita de aplicaciones de mecánica física y máquinas simples para que al moverse por la fuerza del agua se obtenga un movimiento que aplicado desarrolla un trabajo, si bien las ruedas hidráulicas por ejemplo son muy antiguas, este paso debió de ser el último en darse dentro de las aplicaciones primitivas de la tecnología hidráulica.

Consideremos que cuando el agua ya se aplica para el movimiento de maquinaria se debe de considerar una evolución de los conocimientos hidráulicos más avanzada, la ingeniería hidráulica aquí se vuelve más compleja por el diseño de accesorios que le ayudaban al hombre a realizar trabajos optimizando procesos productivos en este camino en el cual el hombre aprovecha el agua para accionar máquinas que le permiten ahorrarse trabajo físico y aumentar la productividad esta implícito el proceso de observación análisis y experimentación, la tecnología hidráulica se robustece con todo el diseño y fabricación de ruedas hidráulicas y engranajes tendientes a la realización de estos trabajos.

Los conocimientos y técnicas que componen la tecnología hidráulica permiten la realización de grandes obras que fueron aumentando en complejidad con el paso del tiempo y se relacionaban con el grado de desarrollo que alcanzaban las civilizaciones que las realizaban. Ya hemos visto que la necesidad de controlar los recursos desarrolla la ciencia, la tecnología y por consiguiente la ingeniería.

Es interesante que los encargados de crear las obras hidráulicas estuvieran más relacionados con las ramas científicas que con las técnicas, los conocimientos de matemáticas básicas necesarios para el trazado y diseño hidráulico de todos estos elementos los acercaban más a la ciencia que a los oficios aunque como ya lo hemos mencionado se generaban técnicas y tecnologías derivadas de la aplicación de estos principios científicos.

Si recordamos que el agua cubre diversos aspectos de la vida del hombre entre ellos el de facilitarle ciertos trabajos empezamos a entender el origen de la ingeniería hidráulica, las grandes obras y su conocimiento están inmersas en el campo de la ingeniería hidráulica primitiva que va evolucionando a la par del hombre para llegar a obras cada vez más complejas pero no alejadas del motivo principal de su construcción.

Los acueductos, presas, canales acequias y demás canalizaciones hidráulicas tenían como fin llevar agua al lugar donde se le necesitara. Dentro de este contexto se ubican también los ingenios hidráulicos. El desarrollo de la ciencia y la tecnología con fines utilitarios fue uno de los detonadores de la evolución humana, se crearon obras que facilitaban la vida del hombre, y en torno a esta se desarrollan otras ramas científicas y técnicas, ya vimos que la religión, la ciencia la técnica y la legislación crecen y se transforman entre otras cosas por la necesidad de controlar crear y legislar aspectos relacionados con el agua, este proceso se repite con otras ramas y no deja de suceder cíclicamente en la historia de la humanidad.

El hombre utiliza diferentes métodos y técnicas para controlar el agua y obtener sus beneficios, a este conjunto de técnicas le hemos denominado tecnología hidráulica, la cual responde a los principios físicos del comportamiento del agua, estos fueron aprendidos por observación y experimentación, las tecnologías incorporan diversos conocimientos aplicados, depende de las características y necesidades de cada pueblo el tipo de uso y la orientación que le han dado y le siguen dando a la tecnología hidráulica, en lo que respecta a las técnicas en mayor o menor medida todos los pueblos las han utilizado, independientemente del uso y el significado la manera de utilizar el agua y la necesidad de tener control pleno sobre un bien tan necesario y básico es la razón principal del nacimiento y desarrollo de la tecnología hidráulica.



La tecnología se ha enriquecido desde sus orígenes hasta nuestros días este proceso genera cambios y hace perfectibles las técnicas, hablando específicamente de la hidráulica es momento de incorporar otros elementos que no son exclusivos de ella, al contrario atañen a todas las tecnologías, como ya analizamos la tecnología busca en su esencia la aplicación de los principios científicos, es donde se generan una serie de métodos derivados del conocimiento de la ciencia, a la utilización de estos métodos para aplicar la tecnología se le llama ingeniería, derivada en esencia del ingenio requerido por cualquier ser humano para aplicar de manera practica los conocimientos científico tecnológicos.

Como resumen la tecnología se especializa creando técnicas y métodos derivados de los principios científicos, la ingeniería se ayuda de la tecnología pero es la actividad que aplica tecnologías y las mejora por medio de la practica, hablar de ingeniería es hablar de la especialización de algún proceso, pero específicamente de la aplicación de ese proceso. **La ingeniería hidráulica es el conjunto de conocimientos técnicas y métodos que ayudan a crear y mejorar la tecnología hidráulica** finalmente el técnico que se encargaba de aplicar la tecnología hidráulica se transforma en el ingeniero hidráulico, de ser un termino calificativo coloquial a pasado en nuestros días a ser el denominador de una especialidad y una profesión, pero de esto hablare mas adelante.

Nuevamente recurriremos al origen de la palabra para explicar mejor el concepto: ingeniería según el diccionario de la real academia de la lengua española es “*Estudio y aplicación por especialistas de las diversas ramas de la tecnología, Actividad profesional del ingeniero*” estas definiciones reafirman el carácter de aplicación de la ingeniería.

Teniendo en cuenta que ingeniería deriva de ingeniero se busco esta palabra en el mismo diccionario “*proviene de ingenio, maquina o artificio, persona que profesa la ingeniera o alguna de sus ramas, Hombre que discurre con ingenio las trazas y modos de conseguir o ejecutar algo*” la raíz de la palabra tiene que ver con ingenio, también con inventiva, una vez mas esta implícito el carácter de aplicación.

Con respecto a Ingenio el diccionario señala: “*del latín ingenium Facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad, Industria, maña y artificio de alguien para conseguir lo que desea. Individuo dotado de esta facultad, Máquina o artificio mecánico*”; en el diccionario de latín de la universidad de Notre dame se dice sobre ingenium “*ingenium -i n. [natural, cualidad natural constitución, carácter], esp. [Poder mental, habilidad, genio]; meton., [un hombre con genio o claridad de invención]*”, Todas las definiciones relacionan la palabra ingeniería con una aplicación pero también con la inventiva y la imaginación, es decir estas dos características puestas al servicio de una aplicación tecnológica.

Para apuntalar el concepto colocaremos: “*ingeniero deriva de Ingenio (lat. Ingenium) lo que lleva a genio (lat. Genios) que proviene de Gignere Engendrar, dar a luz, crear, producir causar*”<sup>31</sup> Una vez mas la definición esta relacionada con nuestro concepto: **Ingeniería es la aplicación de tecnologías por medio del ingenio y la inventiva con una carga científica y de dominio de métodos y técnicas**

<sup>31</sup> **SILVA Suárez Manuel**, *SOBRE TECNICA E INGENIERIA: EN TORNO A UN EXCURSUS LEXICOGRAFICO en Técnica e Ingeniería en España Tomo 1 El renacimiento*, Real academia de ingeniería, Prensas universitarias de Zaragoza, institución Fernando el católico España 2004, pág.25



Antes de continuar, es conveniente explicar que el termino de ingeniero se utiliza en el transcurso de este trabajo con su connotación histórica, ingeniero es el que aplica tecnologías, y no como se utiliza actualmente para definir a un profesional de alguna rama en particular, para nosotros ingeniero será el hombre que independientemente del origen de sus conocimientos los aplica en obras que tienen fines prácticos, en particular el ingeniero hidráulico es para nosotros el que diseña , construye y dirige obras hidráulicas incluidos los ingenios hidráulicos, eje troncal de este trabajo.

Después de esta aclaración continuamos con el orden del trabajo. El nacimiento de la tecnología hidráulica virreinal que cuyo nombre nos dice esta circunscrita al virreinato de la nueva España tiene dos componentes fundamentales, el hispano y el mesoamericano, en ambos casos la tecnología hidráulica se aplicaba y utilizaba, recordemos el carácter pragmático fundamental de esta tecnología por lo que debemos considerar que es un elemento actuante en cada pueblo que la utiliza, ambos componentes chocan abruptamente en el siglo XVI de manera inmediata empiezan a mezclarse, esta mezcla y sus resultantes son el objeto de estudio. De estos dos componentes el elemento rector es el hispano, donde el hispano presentaba carencias se complementa con el mesoamericano.

El momento histórico es importante, el siglo XV y el XVI en Europa y el marco del imperio español nos permiten por la descripción y análisis de sus elementos formar un bosquejo general de los que actuaron en la formación de la hidráulica virreinal, los cambios que estaba viviendo la hidráulica y sus especialistas se trasladan hacia América, donde suceden otras mezclas de este panorama general entenderemos a los dos componentes fundamentales de la tecnología virreinal.

## 2. Situación de la Ingeniería Hidráulica antes del siglo de Oro Español

La Tecnología hidráulica en Europa en el siglo XV se basaba en una serie de aplicaciones principalmente en el campo del riego que se utilizaban de manera sistemática por todo el territorio, en este campo recordemos que los árabes eran los que mas depuradas tenían las técnicas de riego y utilizaban la ingeniería hidráulica de manera mas organizada. En el siglo XV estas técnicas están en boga y son vanguardia en Europa.

El invento mas primitivo en relación con la ingeniería hidráulica es la rueda hidráulica, la cual aplicada a muchos ingenios puede producir movimientos repetitivos que aplicadas a otras maquinas particulares puede producir casi cualquier objeto de la época. Debemos entender a la rueda hidráulica como uno de los elementos de ingeniería hidráulica más versátiles y permanentes de la tecnología hidráulica, también el diseño y construcción de ingenios era uno de los temas que mas recursos tecnológicos requería y mas inventiva del ingeniero demandaba.

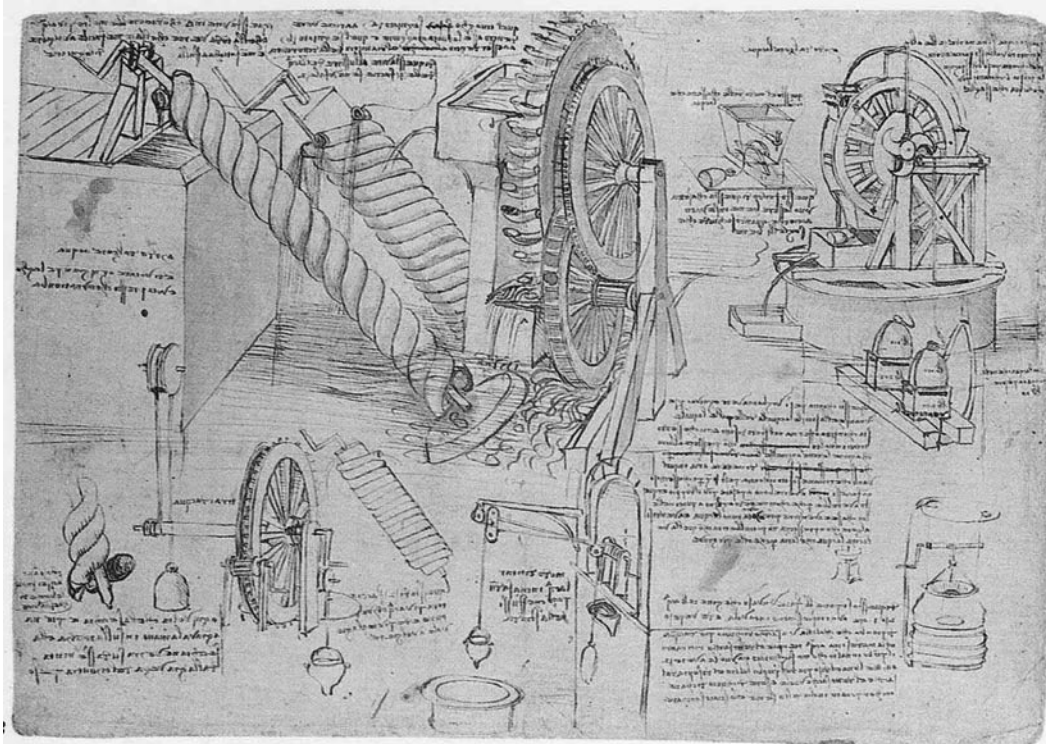
Con las ruedas hidráulicas se accionaban los molinos harineros, los cuales proporcionaban una materia para producir uno de los alimentos básicos de la época, el pan, también se producía pólvora, material fundamental para la guerra, las ferrerías eran accionadas por un par de ruedas, una para los fuelles y otra para el martillo y yunque, el papel, las telas y la producción de azúcar se ayudaban de diversos ingenios hidráulicos, los patios de beneficio para la obtención de metales como la plata requerían de los ingenios hidráulicos.

La importancia de los molinos tenía que ver directamente con el producto de su actividad, la harina para la producción de pan, en el caso de las ferrerías, la producción se encaminaba a materia prima para las herramientas tan necesarias en la época. Esta parte de la tecnología hidráulica incorporaba otras ramas como la mecánica con estos conocimientos se creaban



maquinas movidas por agua que ayudaban en los procesos preindustriales de la época una vez mas al hablar de aplicación hablamos de ingeniería.

En esta aplicación el uso del agua que mas nos interesa es el de su propia fuerza, el agua combinada con otras fuerzas nos permite mover objetos, cortar objetos pero lo mas importante derivado del movimiento accionar maquinas que le permiten al hombre ahorrarse trabajo.



Leonardo Da Vinci representa la definición de Ingeniero por excelencia, haciendo a un lado su trabajo como artista, encontramos el uso de su inventiva para proyectar maquinas con un fin determinado, en el caso de la ingeniería hidráulica encontramos maquinas que nos permiten elevar el agua a través de tornillos de Arquímedes, aceñas y algunos otros dispositivos, Leonardo no solo proyectaba, también mejoraba maquinaria existente para optimizar su rendimiento y hacerla mas funcional, en la imagen se pueden observar varias maquinas , para elevación de agua o para movimiento de las mismas, también reafirmamos la idea de que los ingenieros eran universales, no especializados.

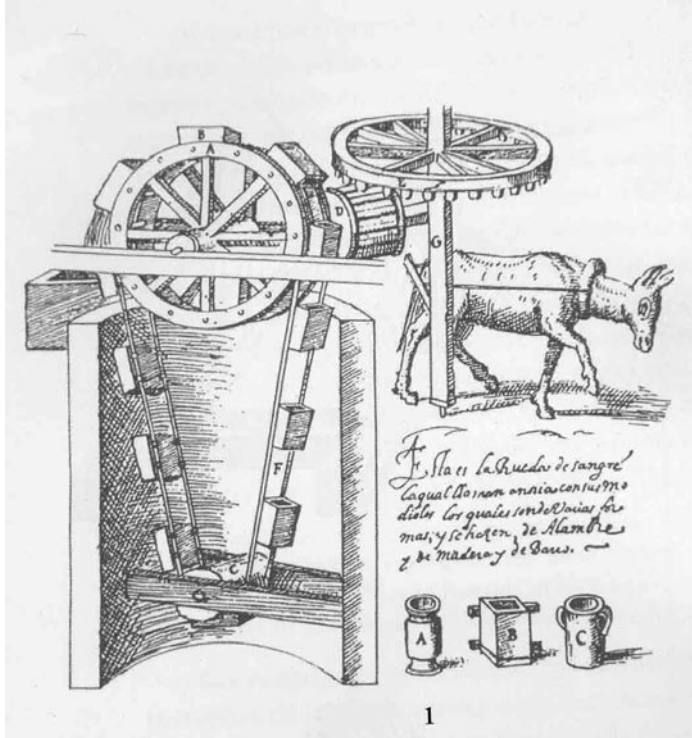
**Imagen: tornillo de Arquímedes y bombas de agua en el Códice atlántico Leonardo Da Vinci**

Esta liberación del trabajo físico permite que el hombre tenga mas tiempo para desarrollar mejores maquinas y mejores sistemas de control, todos los sistemas hidráulicos se interrelacionan, las obras de conducción y almacenaje son necesarias para llevar el agua hasta las maquinas, en el camino se puede utilizar el agua para consumo humano y para riego. Los sistemas hidráulicos nacen desde el momento en que el hombre mueve y controla el agua para mas de una necesidad, el mismo canal puede llevar agua para riego, para mover un molino y para una fuente de consumo en una ciudad, esta relación es atemporal y comenzó en el mismo momento de necesitar el agua para mas de una cosa al mismo tiempo.

Esto nos pone en la antesala de los establecimientos industriales en esa época accionados por la fuerza hidráulica la cual prevaleció en muchas zonas hasta la llegada del vapor (que técnicamente sigue utilizando el agua como fuerza motriz).



Cuando la ingeniería entra en el proceso histórico del renacimiento, una de las inquietudes de los técnicos era el mejorar la producción a través del mejoramiento de la maquinaria hidráulica, los esfuerzos se vierten en este rubro, consiguiéndose mejoras en el ajuste y precisión de los artefactos, es importante mencionar que los principios hidráulicos que dan origen a la ingeniería hidráulica permanecieron inmutables a través del tiempo y las mejoras se aplicaban en la fabricación de maquinaria.



Noria de sangre de las denominadas de rosario, la imagen muestra de manera esquemática el funcionamiento de una de estas norias, que por medio de una extensión o banda sobre la que se colocan los recipientes y la maquinaria haciéndola girar elevan el agua en este caso de un pozo, este sistema fue de lo mas común y fue desarrollado por los árabes, en el particular caso de la ilustración observamos un eje que es girado por el burro el cual en la parte superior tiene un engranaje que mueve una linterna que a su vez hace girar la rueda que extrae el agua una vez que los recipientes llegan a la parte superior se vacían por gravedad en el canal que llevara el agua hasta los lugares requeridos. SXVI

**Imagen: los 21 libros de los ingenios y la maquinas**

El grado de complejidad de la maquinaria se deriva de las necesidades a cubrir, cuando el agua es la fuerza que mueve muchos de los establecimientos preindustriales de esa época el agua adquiere el valor de recurso para la producción, antiguamente esta era apreciada por sus diversos usos que ya han sido analizados pero en el caso de los ingenios hidráulicos, su valor adicional es productivo, con menos personal se puede producir mas y mejor, aquí entran los ingenieros hidráulicos que son los encargados de desarrollar la maquinas para mejorar estos procesos relacionados con el agua.

La Tecnología hidráulica se transforma de estos usos de carácter elemental y regional a actividades con intenciones mas industriales y de tipo productivo, la mejora de las maquinas hidráulicas derivaría en mayores niveles de producción que podían trascender el ámbito regional en el que actuaban, la real fabrica de monedas de Sevilla produciría moneda para el imperio español, este es uno de los ejemplos donde podemos observar la importancia del volumen de producción como incentivo para mejorar las maquinas.

Las técnicas de conducción y canalización ya estaban bastante desarrolladas y no sufrieron en la época descrita cambios significativos, estas estaban influidas y enriquecidas por las técnicas árabes de manejo y control del agua, el gran avance se da en los ingenios hidráulicos, los cuales se especializan y se desarrollan en el siglo XVI siendo el rubro que mas avance tuvo en la época descrita, otro factor que no debemos olvidar y del cual se hablara mas adelante es la legislación con respecto a temas del agua, la cual se vuelve compleja y altamente especializada



por ser el agua un bien de interés general, estas legislaciones abarcan no solo el agua, también los otros actores están relacionados, por ejemplo las maquinas que se han descrito, en esta época proliferan los ingenios hidráulicos y al mismo tiempo es imperiosa la necesidad de mejorarlos para aumentar la producción

El método para mejorarlas sigue siendo el método científico, la idea la observación, el análisis y la experimentación, ejecutándola par lograr los resultados, no olvidemos que este mismo método es el que el hombre viene aplicando desde el inicio de la tecnología hidráulica, pero ahora se sistematiza mas siempre con las motivaciones de mejorar el la producción, mejorar la maquina. La aplicación de los procesos científicos en estas mejoras es el inicio de la ingeniería.

El momento histórico referido es muy importante en el desarrollo de la tecnología hidráulica, influido por el auge de España como potencia mundial y las corrientes ideológicas del renacimiento, lo que nos lleva a considerar que el siglo XVI representan una revolución tecnológica, si no en las técnicas si en la manera de aplicarlas, es por eso que consideramos este periodo histórico como el de evolución de las aplicaciones tecnológicas, a partir de estos momentos la ingeniería se transforma hasta llegar altamente especializada en nuestros días.

El marco de análisis de la tecnología hidráulica será el de la ingeniería hidráulica, y este a su vez estará inmerso en el proceso que catapulto a la ingeniería en general como un instrumento político y practico que genera satisfactores. *“La España de Felipe segundo utilizó la ciencia al servicio de sus intereses políticos y esto potencio la formación de profesionales capaces de avanzar en su progreso”*<sup>32</sup>

Estos son los factores que permiten analizar los cambios experimentados por la tecnología hidráulica, en lo social, en lo político y en los grados de especialización alcanzados en sus procesos de aplicación, el análisis de la ingeniería en general en el siglo XVI es el análisis de los cambios de operación de la tecnología hidráulica.

### 3. La ingeniería Hidráulica como instrumento del imperio Español.

El llamado siglo de oro español llevo a España de ser una nación luchando contra los árabes por la recuperación de sus territorios al imperio más importantes y poderoso del siglo XVI, este tipo de estatus conlleva una serie de situaciones que acompañan al desarrollo provocado por tener esta situación en Europa y el mundo.

Posterior a una guerra en la que se triunfa existe un sentimiento generalizado de reconstrucción, diseñar un nuevo país, un nuevo modo de vivir, o en su defecto hacer imperar el propio sentimiento de unidad que es principal motivador de una guerra como la que había vivido la gente de la península ibérica durante siglos, la corriente ideológica en la que sucede este fenómeno es el renacimiento, en el cual el hombre enaltece las ciencias y las artes para conseguir logros que identifiquen a la nación que los produce, no es la única razón de existir el dominio por el dominio en si , la conquista militar se justifica al demostrar que la nación que ejerce su poder militar culturalmente es mas avanzada que la otra.

España logra su unificación con los reyes católicos, Carlos I, logra consolidar ese poder además de que es la época en que los proyectos de colonización se pueden llevar acabo en el nuevo

---

<sup>32</sup> **Cámara Muñoz Alicia**, *LA PROFESION DE INGENIERO en Técnica e Ingeniería en España Tomo 1 El renacimiento*, Real academia de ingeniería, Prensas universitarias de Zaragoza, Institución Fernando el católico España 2004, pág. 161





mundo. Los apoyos a la ciencia y por consiguiente a las aplicaciones tecnológicas son amplios en este periodo, incluso Felipe Segundo aumenta estos apoyos y tiene a su servicio en la corte a varios técnicos en diferentes áreas, algunos de ellos venían trabajando en la corte desde el momento en que su padre era el emperador.

En la introducción del libro ingenios y leyendas del siglo de oro García Tapia y Carrillo Castillo mencionan *“Utilizando una comparación acorde con el gusto renacentista en boga en la época, la España imperial aspiró a encarnar en el liderazgo de este proceso el papel de la Roma de Plinio”* mas adelante agregan *“no deberían hacernos olvidar que la expansión territorial, militar y administrativa que llevó a cabo durante el siglo XVI la mas rápida y descomunal presenciadas por la historia hasta entonces, no podría haber tenido lugar sin el respaldo de un paralelo desarrollo científico y tecnológico”*<sup>33</sup>

Desde Roma el modelo imperial que se intento tomar una y otra vez por los países aspirantes a imperios universales tenían claro que la ciencia, la tecnología y sus aplicaciones entre las que se encontraban las ingenierías eran el sustento que legaliza cualquier acción, la expansión romana no hubiera sido posible sin las sorprendentes y efectivas obras de ingeniería que acompañaron a la expansión territorial, los caminos, los puertos, los fuertes, las mismas legiones eran obra maestras de la tecnología practica.



El imperio español de finales del siglo XVI abarcaba tierras en Asia, África, Europa y en la mayoría de los territorios Americanos, el control de estos territorios estuvo basado en los técnicos encomendados por la corona para realizar obras de comunicación cartografía navegación etc., Como ejemplo recordemos las relaciones geográficas de Felipe Segundo de todos los rincones del imperio llegaron las relaciones que permitirían a la corona saber con que contaba y establecer líneas productivas y de comunicación Se decía que *“En el imperio de Felipe Segundo No se pone el Sol” imagen Tarsicio Pastrana*

<sup>33</sup> **García Tapia Nicolás y Carrillo Castillo Jesús, TECNOLOGIA E IMPERIO INGENIOS Y LEYENDAS DEL SIGLO DE ORO**, Colección Novatores Editorial Nivola libros y ediciones, España 2002



Otro factor que provoco el desarrollo tecnológico en el siglo XVI fueron las corrientes filosófica y de cambio generadas por el renacimiento, el ambiente en el que se desarrolla la ingeniería en España es el ambiente del renacimiento, ampliamente mencionado, España es la potencia europea que mas aprovecho esta nueva manera de pensar, no solo como una nueva forma de hacer las cosas, también, por medio de diferentes ideologías y diferentes conceptos la transforma en un estilo de gobierno y control político como ejemplo pragmático de la aplicación de las ideas del renacimiento

Un ejemplo visible de esto lo podemos observar en las nuevas ciudades, las ciudades europeas en Hispanoamérica son ciudades trazadas según los tratados renacentistas que a su vez tomaban la estafeta dejada por los grandes tratadistas de la antigüedad.

*“Felipe Segundo tras la sucesión de Portugal llevo a Lisboa como un emperador romano en triunfo, acompañado de militares e ingenieros, con miembros de sus consejos de estado y de guerra, también el ingeniero Juan Bautista Antonelli fue recibido triunfalmente con el aplauso de los vecinos de los pueblos por los que paso durante su navegación por el Tajo”<sup>34</sup>*

Debemos recordar que antes de Felipe II el Tajo no era navegable, Felipe II encarga estas obras de ingeniería para consolidar su poder por medio de las vías de comunicación, el movimiento de mercancías principalmente pero también de tropas se agiliza lo que proporciona control territorial, ya lo habían hecho los romanos con las calzadas. De esta forma observamos la ingeniería al servicio de los reyes que la utilizaban como un elemento más de control político.

La ingeniería española fue de las mas activas de Europa en este periodo, fomentada por la circulación de ideas y técnicas entre las posesiones españolas en Italia y en los países bajos los primeros ingenieros al servicio de la corte provenían de ambas regiones, el desarrollo de estos especialistas en esas regiones es comprensible, en Italia existía un ambiente de euforia, un importante desarrollo de las artes y la ciencia, como ya se ha mencionado Europa vivía la plenitud del renacimiento.

La circulación de personas entre las posesiones españolas era también intercambio de ideas, bajo estas condiciones no es de extrañarse que el imperio que mas aprovecho este medio haya sido España.

Las corrientes filosóficas que se generaron en la época le dieron un cariz “científico” a la corte de Carlos V pero principalmente a la de su hijo Felipe II, el cual tuvo la inquietud de dejar registro de la etapa que vivió y de la manera en que se hacían las cosas, el rodear la corte de especialistas en ciencia y tecnología proporcionaban servicios basados en sus propias aplicaciones que le daban poder adicional pero enmarcando la justificación en las actividades científicas desarrolladas en muchos casos por encargo y desarrolladas por los ingenieros. *“el poder siempre ha controlado la ciencia porque de su control nace el poder y se perpetua. La monarquía española pretendió controlar todo lo referente a los territorios bajo su dominio”<sup>35</sup>*

Está claro que la ingeniería fue un instrumento político importante durante el siglo XVI esa es la razón por la cual en esta época es cuando se consolida y se transforma de manera incipiente comenzando una especialización que tiene su culminación en el modo en que conocemos la ingeniería el día de hoy, debemos recordar que la ingeniería nace en el marco de la milicia, los ingenieros diseñaban maquinas de guerra y fortalezas, la visión tan limitada de este campo de

<sup>34</sup> Cámara Muñoz Alicia *op.cit.*, pág. 162

<sup>35</sup> Cámara Muñoz Alicia *op.cit.*, pág. 141



acción es cambiada durante el siglo XVI incorporando a los especialistas a diferentes ramas de aplicación.



El siglo De Oro Español estuvo gobernado por Dos monarcas principalmente Carlos I de España y su hijo Felipe II, el primero un militar que se paso su reinado luchando por mantener y consolidar los dominios de España, el segundo fundamentalmente un político organizador que cumplió con su papel de organizar y mantener cohesionado el gran territorio **Medalla 1550 del emperador Carlos V y su hijo Felipe II obra de hans Kels fuente: portal fuerterebolelo [www.fuenterrebollo.com](http://www.fuenterrebollo.com)**

En al marco de la ingeniería como un instrumento político encontramos que las obras fueron planeadas para mejorar la vida de muchas ciudades, con el objetivo de incrementar el nivel de vida de estas en este aspecto se necesitaba mejorar en primer lugar las condiciones higiénicas de los sitios; durante este periodo los ingenieros reales trabajaron en los sistemas de alcantarillado de varias ciudades y en los sistema de suministro de agua, ambas cuestiones relacionadas con las aplicaciones tecnológicas de la hidráulica y al mismo tiempo con las condiciones higiénicas, las epidemias mataban a tanta gente que se veía mermada la capacidad de producción de los pueblos, situación que se busca revertir con estas medidas.

Recordemos que hablamos de la Tecnología hidráulica por tratarse del tema a estudiar, en términos generales la ingeniería española se complementaba de varios temas, entre ellos la arquitectura militar, la realización de puentes y caminos, la fabricación desarrollo e invención en la industria armamentista, los ingenios hidráulicos tan necesarios en los sistemas de producción, la minería, los ingenios hidráulicos algunos de los cuales no utilizan el agua como elemento motriz pero que si la ocupan dentro del proceso de producción, que son la simiente de los establecimientos preindustriales, como las almazaras, los molinos de sangre, la industria del vino, los obrajes, la producción de papel, los molinos etc.

Esta diferenciación de actividades entre los ingenieros que en algún momento se dedicaban a la fortificación y su campo de acción era el ámbito militar y los que en algún momento se dirigían a los trabajos que no tenían que ver con lo militar fue marcando una división que en el futuro daría como origen la ingeniería civil, aunque en el inicio el mismo especialista trabajara en ambos campos, el ingeniero de paz por diferenciarlo del ingeniero militar se transformará con el paso de los años en el ingeniero civil, de esta incipiente separación observamos los procesos que no tenían que ver con la actividad militar



Algunos de estos procesos se relacionaban con el agua, los obrajes necesitaban de los batanes, la minería necesitaba de un complejo sistema de canalización y almacenaje y en algunos casos los molinos de mineral en los patios de beneficio se accionaban por medio del agua, en esta industria las bombas de achique, las norias y los sistema de almacenaje estaban íntimamente ligados con la ingeniería hidráulica, también el modo de ventilar algunos tipos específicos de horno dependían del agua.



Imagen de la construcción del escorial, del lado derecho se pueden observar las áreas de construcción donde están los artesanos y los técnicos, pegadas a la fechada que da al lado derecho observamos una serie de grúas de las que se accionan por una rueda que en su interior tendrá a algunas personas que la hacen girar y permiten la elevación de materiales, el diseño y construcción de este tipo de maquinas también era competencia de los ingenieros. **imagen: Construcción del Escorial Grabado de Rodrigo de Holanda realizado en 1576**

La ingeniería española tiene una de sus principales aportaciones en la minería, tan necesaria en la época para la explotación de los recursos obtenidos de las nuevas tierras, el método de patio o de beneficio, fue inventado en los países bajos, la ingeniería y la gran aplicación y desarrollo del mismo se lo debemos a España y particularmente a la región que actualmente es México, es importante resaltar que en aquella época se llegó a considerar al método de patio como un invento novohispano, debido a que Nueva España fue el gran ejecutor, perfeccionador y desarrollador del método descrito, lo que nos permite hacer énfasis en el método científico, Nueva España lo perfecciona por experimentación propia al utilizarse en el territorio pudieron analizar las carencias y los puntos de oportunidad de mejora, método utilizado en todas las mejoras científico tecnológicas.<sup>36</sup>

El procedimiento de amalgamación de metales en los patios requería del azogue como materia prima cuyo monopolio mantuvo la corona lo que le confería un poder adicional en el control de la producción, aquí podemos observar una vez mas la interrelación entre ciencia tecnología y control político, adicional a estos métodos derivados de la ingeniería española encontramos el

<sup>36</sup> **Herrera Canales Inés**, AZOGUE Y PLATA UNA UNION FRUCTIFERA en *Una visión de la minería Artes de México* No86, México 2007, pág.57



uso de maquinarias hidráulicas en todo el proceso de la minería, los molinos utilizados para la molienda del mineral generalmente eran de sangre, pero todos los canales, conductos, depósitos, acueductos norias bombas y demás elementos necesarios en la actividad minera estaban emanados de las técnicas de manejo del agua desarrolladas a través del tiempo y de las que ya hemos hablado.

Otra rama importante de la ingeniería española que se desarrollo ampliamente fue la construcción de caminos y puentes, estas dos actividades estuvieron ligadas porque el puente es la prolongación el camino sobre el agua, una vez mas los puentes y los caminos tenían una tradición enriquecida en la época romana, en cuya red de vías, los romanos basaron gran parte de su control sobre los territorios dominados, trasladarse rápido de un sitio a otro era la clave de ese control además de las oportunidades de comunicación y lo que esto significaba en lo comercial.

Los árabes enriquecen estos procedimientos y construyen puentes de manera importante en las regiones que dominaron, para la reconquista de España la corona incrementa los caminos y de igual manera los puentes hacia las zonas que iba recuperando, esto con el fin de mejorar las comunicaciones en el territorio, la motivación principal es el control militar, el movimiento de tropas por todo el territorio de manera rápida permite el control territorial.

La ingeniería de inicio se desarrolla en el ámbito de lo militar y esta fue la principal etiqueta que ostentaron los ingenieros de esa época, la construcción y diseño de fuertes, el armamento, las tácticas de guerra los aparatos de asedio fueron campo fértil de la época debido a que la guerra era una actividad recurrente. Los siglos XV y XVI consolidan la ingeniería militar como la madre de las demás ingenierías, los futuros primeros ingenieros inician su formación o participan de manera importante en el campo militar, se comprende el momento histórico, de expansión y consolidación de territorios que incentiva el nacimiento de esta ingeniería.

La importancia de la ingeniería española y de su auge descrito con algunos ejemplos en los últimos párrafos tienen que ver directamente con el desarrollo y auge de la tecnología hidráulica, en el marco político de la época, se ocupa la ingeniería como elemento de mejora territorial y control político, dentro de este auge y en los campos descritos, tanto el militar como el civil pero fundamentalmente en este segundo se ocupa y desarrolla una tecnología hidráulica particular de España.

Una de las particularidades de esta es su carácter practico y la búsqueda de aplicaciones, esta situación es interesante porque se repite a lo largo de la historia en el manejo tecnológico que diferentes países hegemónicos en su momento le dan a la ciencia y la tecnología, uno de los países que mas invierte en la actualidad en este rubro es Estados Unidos, y una de las fuentes mas importantes de inversión en ciencia y tecnología en ese país es la milicia, que busca desarrollar aplicaciones funcionales en sus campos y que después son traspasadas a la vida civil, este fenómeno es patente en la época descrita, del ámbito militar la ingeniería de la época comienza a traspasar campos hasta llegar al ámbito civil y de suma importancia hacia el campo productivo de los ingenios hidráulicos.

En el ultimo párrafo hemos descrito un proceso de migración de tecnología, primero desarrollado y aplicado en el campo militar, segundo cuando los ingenieros comienzan a trabajar fuera de este campo y adquieren una especialidad en lo civil, aplicando técnicas desarrolladas en el primer campo, el tercer elemento migratorio sería el ámbito popular, los especialistas no abarcan todos los territorios, principalmente en una zona como México, pero sus modelos desarrollados y aplicados en los centros urbanos mas importantes son copiados



por personas que si llevaran estas enseñanzas a sitios alejados, de esta manera se cubren las necesidades de todo el territorio y las tecnologías viajan en manos de personas que llegan a ser técnicos por aprendizaje sin haber estado en un centro de estudios o haber iniciado su formación en la milicia.

Este ultimo tipo de especialistas, son los que llevan las técnicas a todos lados, particularmente en Nueva España los especialistas actúan para mejorar los territorios y dotarlos de comodidades básicas sin necesidad de ser personajes con un origen académico particular. Esto es posible por el gran desarrollo que tiene la ciencia y la tecnología sobre todo en sus técnicas de aplicación en el siglo XVI, cuyo ámbito de influencia es todo el territorio español de la época incluida La Nueva España.

Este desarrollo que vivió la ingeniería en el siglo de Oro fue el puntal tecnológico que le permitió a España el desarrollo de su imperio, posteriormente su decadencia como imperio mundial esta relacionada intrínsecamente con el poco desarrollo tecnológico que comenzó a tener, su estancamiento tecnológico les impidió competir con el resto del mundo que aprovechando los conocimientos acumulados que iban desarrollando incrementaron su acervo y lo usaron para mejorar.

Los actores principales de este desarrollo tecnológico comenzaron a ser llamados ingenieros, sus orígenes eran diversos, provenían de muchos mundos, del arte, de la ciencia de la milicia, tenían en común conocimientos en matemáticas y en geometría y actuaban para resolver necesidades, al resolverlas lograban mantener el imperio cohesionado o incluso aumentarlo, en esa época el mundo tecnológico estaba en las manos de estos personajes que lograban trascender la historia por la espectacularidad de sus soluciones.

#### 4. Los ingenieros, transición entre el calificativo y la definición.

***El ingeniero es la evolución de un técnico o artesano especializado que realiza aplicaciones tecnológicas es esencialmente un ejecutor que aplica muchas veces de manera sistemática y otras improvisando todo su bagaje científico- tecnológico.*** Para llegar al ingeniero tenemos que comenzar por hablar de los artesanos o más genéricamente los técnicos como los estaremos llamando, estos hombres que construían, diseñaban y planeaban desde una vasija hasta una pirámide.

Los técnicos son descendientes directos del Homo Faber<sup>37</sup> y el Homo Faber no es un eslabón de la cadena evolutiva, es en si el hombre que fabrica y construye; al igual que el ingeniero el Homo Faber es más un calificativo que una definición. Desde sus orígenes el hombre comienza a fabricar objetos, esto le confiere una de sus características que lo comienzan a diferenciar de los animales; al dominar técnicas diversas que fueron desarrollando a través del tiempo se convierten en técnicos, hombres dominantes de técnicas, en un inicio mas genéricos que particulares dominando varios procesos al mismo tiempo, dentro de su proceso evolutivo se van especializando al dedicarse únicamente al dominio de una técnica.

Este dominio les permite transformarla, la perfeccionan y mejoran, esta división en técnicos especializados genera diversos campos de actuación, cuando los técnicos dedican todo su

---

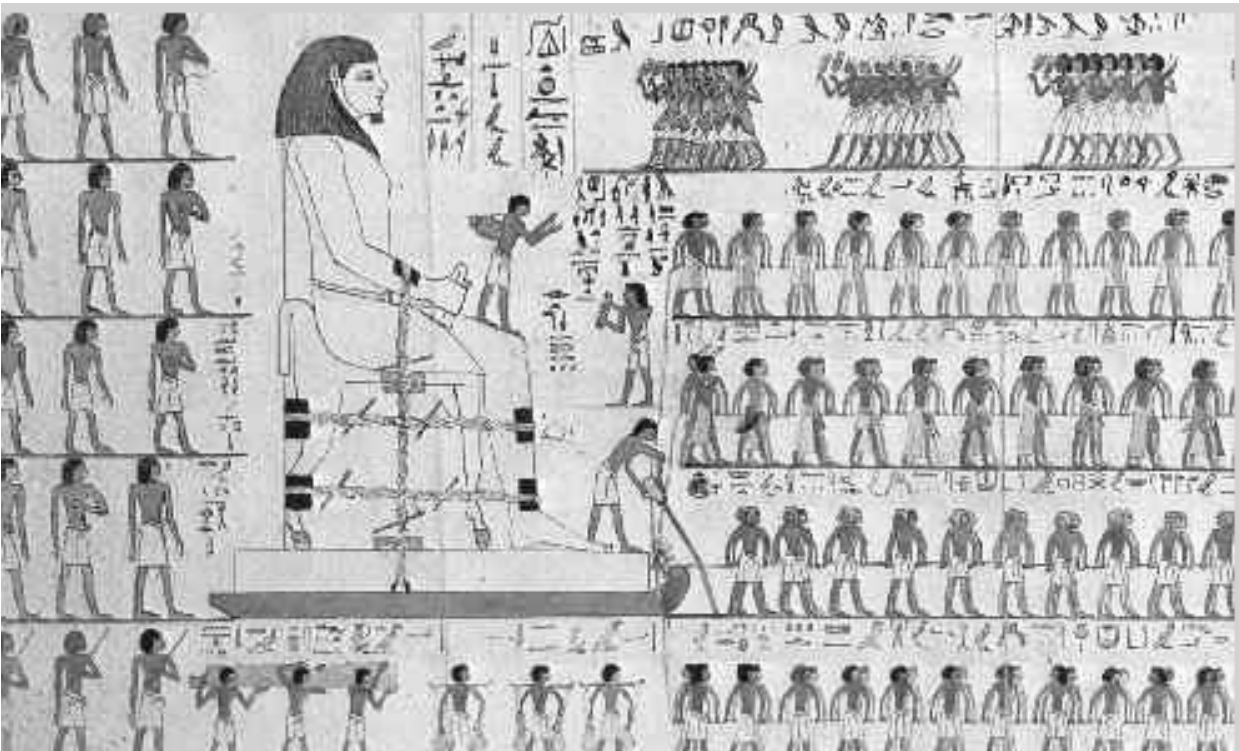
<sup>37</sup> El homo Faber es el hombre constructor, el que logra su evolución a partir del uso de sus manos para construir objetos cada vez más complejos.



tiempo a la elaboración de una actividad tenemos el nacimiento de los grupos de trabajo que mucho tiempo después se convertirán en gremios, actuantes de acuerdo a una identidad grupal.

El técnico domina los conocimientos necesarios para desarrollar su actividad, conocimientos normalmente heredados por el sistema de maestro-aprendiz, que en un inicio era intrafamiliar y después acepto gente de fuera, la cual tenía que pasar por un proceso de aprendizaje; el método y la técnica se van heredando a través de generaciones y generaciones, lo que facilita la acumulación del conocimiento y la conservación de las mejoras acumuladas a través del tiempo, estos técnicos realizan su trabajo de manera empírica sin trabajar en el desarrollo de nuevas técnicas o procedimientos, cuando estos cambios suceden son producto de la experiencia y del conocimiento.

El estado artesanal y primitivo de la elaboración de cualquier trabajo se transforma a raíz del incremento en la complejidad de las obras a realizar, estas comenzaron a transformarse de acuerdo al número de personas en las poblaciones, a las necesidades grupales y al incremento de las obras civiles o las obras con fines políticos, que demostraban la capacidad del estado para realizarlas, los técnicos también evolucionan dentro de estas necesidades cambiantes.



Pintura mural egipcia que muestra el traslado de una escultura de piedra de gran tamaño, desde la cantera al sitio donde se colocaría se observa todo el personal que lo tiene que acarrear y las personas que dirigen los movimientos, ubicada en la parte superior de la escultura, **imagen: pintura en la tumba del príncipe Dyehutihotep, fuente [www.piramides.org](http://www.piramides.org)**

El crecimiento de las obras y de los trabajos crea una elite de trabajadores que tienen que especializarse, estas grandes obras tienen que ver con estados fuertes en los cuales los técnicos tienen que estar al servicio del estado, por ejemplo en la construcción de las obras hidráulicas de Egipto el beneficio era común, el estado construía con sus recursos y su capacidad de organización, y debido a esto tenía que tener control del desarrollo de los trabajos por medio de los técnicos que dirigían y supervisaban.



Estos técnicos tan especializados no solo planeaban y ejecutaban la obra también participaban del diseño de soluciones específicas para resolver problemáticas derivadas de la misma obra, trabajo desarrollado “sobre la marcha” que les representaba aplicación de los conocimientos científicos y técnicos que pudieran tener, una vez mas observamos que un valor importante de estos técnicos es la aplicación de sus conocimientos en la praxis.

Las obras monumentales de las culturas antiguas, fomentan la división del trabajo, la especialización y un sistema de jerarquización que prevalecerá a través del tiempo. Todos estos elementos proporcionan un campo de cultivo ideal para lograr que un técnico evolucione derivado de su experiencia en el trabajo que practica, por lo que se vuelve mas eficaz en la aplicación de la tecnología.

Esta división que se dibuja entre el técnico que realiza una tarea de manera mecánica y el que comprende lo que realiza, genera a su vez otra división, uno tendrá que especializarse en conjuntar el trabajo de varias personas, el otro solo realizará su propio trabajo como alguien mas se lo pida, además de que se generará otro grupo dedicados al desarrollo científico estos grupos alejados de la practica desean conocer los fenómenos que los rodean sin importarles los campos de actuación de sus descubrimientos, pero es importante decir que sus descubrimientos se irán incorporando a los procesos tecnológicos que después serán aplicados.

Estos conocimientos generales debían de ser dominados por los que dirigían las grandes obras ese era parte de su trabajo el dominio y aplicación. Esto nos genera tres tipos de trabajador, el que investiga y desarrolla sin aplicar, el que aplica y dirige y el tercero que solo realiza una tarea de manera mecánica, cada uno antecesores del científico, el ingeniero y el obrero.

El constructor de las pirámides Imhotep tuvo que tener conocimientos en movimientos de materiales, construcción, resistencia de materiales, geometría etc. una obra de ese tipo requería de diversos conocimientos en diferentes áreas. Sin embargo, los canteros que labraban los bloques solo se limitarán a hacer su trabajo de manera mecánica una y otra vez de acuerdo a como se los indiquen. La visión global del trabajo la tenía el constructor en jefe.

El técnico especializado surgirá de diferentes mundos su formación es diversa y no es uniforme, los campos de actuación son también diversos, algunos de los técnicos mas activos, que ya comenzaban a llamarse ingenieros aun desde la edad media eran los ingenieros militares.

Los antecedentes de los ingenieros se dan en el mundo militar, las obras de defensa han sido siempre atendidas a través del tiempo por ser la actividad de la guerra fundamental en el desarrollo de los pueblos, si nos remontamos a los ingenieros romanos podemos analizar que constituían un sistema de organización muy avanzado para su tiempo y todo este al servicio de la guerra, de hecho Vitruvio acompaña a Julio Cesar en diferentes campañas en su guerra en las Galias como arquitecto militar<sup>38</sup>, sus principales contribuciones en este aspecto tenían que ver con las obra de defensa la construcción de castros, puentes y demás obras necesarias para el avance de los ejércitos y la consolidación de territorios Parte de estos conocimientos desarrollados en el ejercicio con las legiones pueden ser rescatados en su libro de arquitectura.<sup>39</sup>

<sup>38</sup> En la introducción de su traducción del Vitrubio, José Ortiz y Sáenz realizada en 1787 se mencionan algunos datos biográficos de la vida de Vitrubio.

<sup>39</sup> Los 10 libros de arquitectura de Vitruvio hablan de diversas áreas, lo que nos enseña la formación que tenía un arquitecto como Vitruvio, independientemente de que la guerra fuera la actividad romana por excelencia el libro tiene





Los conocimientos científico- técnicos que tenía cualquiera de estos trabajadores les permitían laborar en diversas obras, el arquitecto era un artista integral, aunque como veremos mas adelante las mismas palabras nos hablan del origen de la función.

Durante la edad media los técnicos heredaban sus conocimientos de maestro a aprendiz, el conjunto de técnicas y métodos en los que se basaba todo el poder se vuelve restrictivo solo para los que demostraban ser aptos, este sistema de iniciados elegidos confiere una unidad y un poder grupal muy importante, a través de ellos se conservo el conocimientos y se fue heredando, sabedores de que su poder radicaba en el secretismo se establecieron fuertes gremios y cofradías algunos de ellos sobrevivientes en el tiempo, como los masones que comenzaron como trabajadores de la construcción en la edad media.

El termino ingeniero se comienza a usar de manera importante en el siglo XVI antes de eso el calificativo era militar, mucho antes de que la ciencia se institucionalizara en el siglo XVI el conocimientos solo estaba al alcance de ciertos sectores muy protegidos, sobre todo los militares ya que de ello dependía el curso que podía tomar una batalla. Los ingenieros de obras civiles eran mas públicos aun así sus conocimientos quedaban en secreto la gente en común tenía acceso a la manera en que aplicaban sus técnicas y por consiguiente después disfrutaban los privilegios de la obra, esto no quiere decir que entendieran estos conocimientos, la ingeniería siempre se aprecio como el uso del ingenio, la aplicación de conocimientos que no eran del uso común.

Para llegar al siglo XVI donde el ingeniero nace como una profesión debemos atravesar el periodo de la edad media y llegar a los siglos que anteceden al renacimiento, en esta época encontramos individuos que van de corte en corte ofreciendo sus servicios para los grandes señores que podían pagar sus honorarios, es aquí donde el titulo honorífico de ingeniero comienza a tomar fuerza fuera del campo militar, recordemos que la palabra ingeniero era un calificativo que no se otorgaba a cualquier técnico, se tenía que demostrar por el correcto y efectivo uso del " ingenio" que se era merecedor del título.

Los campos de acción eran muchos, la construcción y diseño de fortalezas, el diseño de maquinas para la guerra y para la paz, los ingenios hidráulicos, los puentes, caminos, puertos, acueductos, atarjeas, presas sistemas de riego etc., .Dentro del desarrollo de las ciudades y estados de esa época la guerra no fue la única actividad en la que los ingenieros podían trabajar, Una vez consolidado un territorio, las mejoras de infraestructura no podían esperar, al mejorar sustancialmente los territorios ocupados, la infraestructura se incrementaba, esto era importante para dar un mensaje de justificación de parte del bando vencedor, el ejercito triunfante facilitaba las comunicaciones, la producción el comercio etc., ingenieros realizaban las obras tendientes a ello es cuando nace un concepto que será de vital importancia en las siguientes paginas la ingeniería al servicio del estado.<sup>40</sup>

Tomando en cuenta que los autores de la ingeniería son los ingenieros tendremos que asociarlos con la planeación y construcción de todas las obras descritas y esto es otra de las diferencias con otro tipo de técnico, el ingeniero planea dirige y construye; dentro del diseño

---

diferentes menciones a situaciones como el urbanismo, las maquinas de construcción, la ingeniería hidráulica, el como debe de ser un arquitecto entre otros aspectos, lo mas llamativo es la época del texto el siglo I DC.

<sup>40</sup>Los que perfeccionan de manera profunda estas técnicas son los romanos, primero se valen de la ingeniería para avanzar en un territorio, al que le construían caminos para desplazar las tropas con mayor facilidad, después construyen fuertes perfectamente organizados y con todos los servicios, una vez defendido y protegido el terreno mejoran las comunicaciones y la infraestructura de las ciudades, incorporan servicios que mejoran la calidad de vida de sus habitantes, al final colonizan con los soldados retirados, de esta manera garantizan la lealtad de los habitantes. Podemos considerar que para los romanos la ingeniería también era un instrumento político.



algo que empezó a popularizar el término "ingeniero" y que los hizo ser merecedores de admiración, era el diseño y construcción de máquinas, para lograr esto se requería de conocimientos en dinámica, física, mecánica y otras ramas, su correcta aplicación proporcionaba el funcionamiento de la máquina.

En el caso de la tecnología hidráulica las máquinas nos proporcionan un beneficio, a través de la fuerza del agua, reafirmando el carácter calificativo de la palabra ingeniero en esa época podemos observar que a las máquinas se les denominaba "ingenios" porque eran el producto del ingenio de su creador.

Como en todas las épocas y todas las profesiones, existían mejores especialistas que otros, mucho intentarían dedicarse a la ingeniería pero no todos tenían trabajo de manera masiva y mucho menos tenían acceso a las grandes obras; si recordamos que el valor de aquellos ingenieros era práctico, el técnico era mejor cuando conseguía mejorar los procesos existentes y obtener resultados si sus máquinas de guerra eran mejores que las del enemigo obtenía ventajas y esto repercutía en sus ganancias y en la demanda que su trabajo generaría, si sus ingenios hidráulicos eran más productivos que los de un competidor se repetía la condición descrita, más que otros los ingenieros eran esclavos de su efectividad.

Hemos sido reiterativos en el tema porque el origen del uso de la palabra tiene que ver con un calificativo y no con la denominación de una profesión como lo es actualmente, el ingeniero era un calificativo que se le imponía a la persona con cierta actividad de la cual hemos estado hablando y es aquí donde es más importante la efectividad, el técnico más efectivo podría recibir el calificativo de ingeniero.

La importancia de los ingenieros en esta época es la conjunción de trabajo con ciencia, la sustentación que hacían de sus procesos en la ciencia, esto requiere de imaginación, de hecho el renacimiento fomenta el desarrollo de las cualidades humanas, siendo el ingenio una de ellas, los ingenieros trabajan ideando soluciones por medio de su ingenio.

Al ser el ingenio la principal característica de los ingenieros, cualquier persona que contara con el podía enfilarse sus pasos hacia aprender la ingeniería, los orígenes formativos de los ingenieros eran diversos como se verá más adelante en este texto.

Leonardo da Vinci trabajó para el duque Sforza en Milán lo que más atraía a este personaje de Leonardo era su capacidad inventiva ampliamente comentada, Leonardo trabajó para inventar armas y métodos de defensa para el Ducado, en esa época tan asolado por los franceses. Su trabajo puede observarse brillantemente ilustrado en los Codex de su autoría, aunque el ejemplo de Leonardo es atípico nos permite observar la formación de un técnico que se gana con creces el denominativo de ingeniero, lo más sorprendente de Leonardo es que comienza su formación en el taller de pintura de Verrochio en la Toscana, podemos calificarlo como el representante más típico del ingeniero antiguo, nadie puede dudar de su imaginación y capacidad inventiva, la genialidad con la que transformaba sus conocimientos científicos, la manera de aplicar el método, en inventos que después valiéndose de sus grandes dotes de representación dejó plasmados en todos los códices en los que podemos observar sus inventos.

Carente de una formación científico-académica Leonardo logra diseñar y construir, pero también pinta y dibuja no limitando su campo de acción únicamente al arte, ¿es Leonardo artista, ingeniero o técnico? Si nos quedamos con el uso estricto de las palabras las tres son casi lo mismo y esto es también lo que define la época y los campos de actuación.





Leonardo Da Vinci es el ejemplo de ingeniero mas completo que hubo, de la misma forma que abordo diferentes artes, en el caso de la ingeniería se desarrollo en las dos ramas principales la ingeniería civil y la militar, además de abarcar otros tipos de diseños , también abordo temas médicos, es considerado como un hombre con un talento y capacidad por encima de los demás. A los 14 años entro al taller de Verocchio como aprendiz donde desarrollo su talento artístico, trabajo en Milán y en Francia principalmente como ingeniero y artista, sus obras artísticas siguen causando expectación, por lo innovador de las técnicas de ejecución, en lo que concierne a la ingeniería, sus maquinas para la guerra, sus instrumentos musicales, sus submarinos, maquinas para volar, maquinas hidráulicas y demás propuestas siguen causando admiración por adelantadas a su tiempo  
**imagen: Leonardo Da Vinci Autorretrato Primera década del siglo XVI**

¿Cuál es la diferencia entre un técnico y un artista? Es posible que para entender estas diferencias se tenga que recurrir una vez más al origen de las palabras, para los siglos XV y XVI los ingenieros están involucrados con casi cualquier proceso tecnológico de la época y aplican conocimientos científicos en su trabajo en este momento surgen una serie de situaciones que serán importantes de resolver, la primera de ella tiene que ver con la diferenciación entre los “hombres de ciencia”, el ingeniero tiene un carácter pragmático, a diferencia de un científico puro que solo quiere el conocimiento para saber más, dentro de una valoración filosófica del conocimiento, al ingeniero le importa la aplicación de este en elementos útiles para obtener resultados, para entender esta diferenciación es importante remontarse a como se fue creando esta división el método será una vez mas el origen de las palabras que denominan cada campo y cada especialista.

A través de todas las épocas se diferencian los hombres que producen arte de los que producen objetos útiles, esta división no es muy clara al inicio de la civilización debido a que los objetos de uso común se decoraban y podríamos considerar que son objetos útiles a los que se incorpora algo de arte.

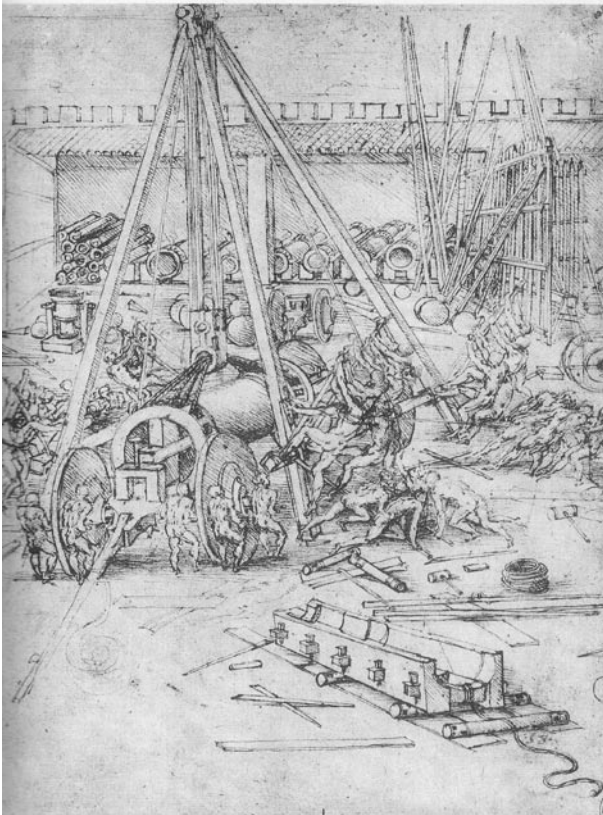
Esta división actual que antes no era tan clara se puede observar en los orígenes de las palabras, *“Técnica deriva del griego (techne) concepto que en latín pasa a recogerse bajo ars, donde procede el vocablo “arte” que el diccionario de autoridades de la real academia española (edición revisada en 1770) recoge en forma bastante actual como conjunto de preceptos y reglas para hacer bien alguna cosa añadiendo que las artes se dividen el liberales y mecánicas, también es arte en general todo lo que se hace por industria y habilidad del hombre”*<sup>41</sup> si observamos con atención arte y técnica tienen el mismo origen, partiendo de esto, técnico y artista son palabras sinónimas por lo menos en su origen y sus connotaciones iniciales, el artista es un técnico que domina su oficio.

Los técnicos (artesanos) a diferencia de los artistas, su trabajo se basa en hechos y en objetivos muy específicos, los artistas de esa época trabajaban con elementos mas subjetivos, el técnico tenía que lograr la función optima de su trabajo redituando este aspecto en las

<sup>41</sup> Manuel Silva Suárez, *op.cit.* pág. 24



mejoras tangibles de un elementos, el artista podía tener un análisis menos duro, al final un pintor o escultor podía tener trabajo en diferentes lugares el contratante lo empleaba si le gustaba su estilo, el técnico tenía que lograr resultados óptimos y productivos de lo contrario no tenía trabajo, en el caso de los dedicados a la producción de tecnología hidráulica esta características era mayor, debido a que el resultado se reflejaba inmediatamente en aspectos de producción y de funcionamiento.



En el caso de Leonardo Da Vinci observamos la conjunción de su talento y arte para el diseño de sus maquinas, de las cuales muchas no se construyeron pero su genio quedo plasmado en sus diseños, verdaderas innovaciones adelantadas a su tiempo, en la que el sentido practico y la búsqueda de objetivos hacían que su maquinaria tomara en cuenta factores no desarrollados encaminados a la eficiencia, factores de trabajo de los ingenieros, optimizar las propuestas para lograr la máxima eficacia en diseño ejecución y funcionamiento **imagen Maquinaria Militar diseñada por Leonardo Da Vinci**

Para determinar las áreas de trabajo recordemos que el artista era el que dominaba alguna técnica para realizar un trabajo específico, derivado de esto las artes eran las técnicas, existían dos grandes ramas de las artes en la antigüedad, las artes libres y las artes mecánicas (que podrían ser llamadas técnicas libres y técnicas mecánicas), siendo las primeras desarrolladas por “artistas” con la necesidad de conocer por el simple hecho de obtener el conocimiento, las segundas se realizaban por la necesidad de producir un bien o un objeto, la ciencia en general alimentaba a las dos, una con fines filosóficos y la otra con fines prácticos.

El carácter elitista de las artes libres, las segrega de las personas que tienen que practicar una actividad para vivir, los artesanos practicaban las artes mecánicas, como medio para subsistir, la motivación era la necesidad, tenían que realizar el trabajo con las manos, estos aspectos las hacían indignas, por el contrario las artes liberales eran practicadas por el placer de conocer, tener acceso al conocimiento del mundo y no implicaba una necesidad, lo hacían hombre libres que gozaban de buena posición económica que podían destinar su tiempo a estas actividades, diferenciamos las dos artes, como una dedicada al placer de conocer y otra a las necesidades prácticas y de producción, las artes mecánicas eran realizadas por necesidad.



En este punto lo mas importante es hacer énfasis en el lugar que ocupaba la ingeniería hidráulica la cual entraba en las artes mecánicas, que estaban relacionadas con lo practico, pero los principios que la hacían posible se desarrollaban dentro de las artes liberales.

Esta doble actuación es la que define al ingeniero, no solo se circunscribe a la clasificación antigua en una de las dos artes, se vale de las dos para hacer su trabajo esto es lo que lo diferencia de cualquier profesión antigua, siendo la palabra que los calificaba (ingeniero) la que después los va a denominar.

Los ingenieros tienen su origen en los técnicos y los artesanos que trabajan en el campo de las artes mecánicas, surgen de la realización y aplicación de los conocimientos para bien común y para incrementar los beneficios obtenidos en un trabajo o proceso, la importancia de la ingeniería de esa época es la necesidad que tiene de conjuntar las dos artes, las mecánicas y las liberales, esta necesidad se relaciona con una mejora que tiene que basarse en los conocimientos científicos, de hecho esta necesidad es la que hace que los técnicos se transformen en ingenieros.

Al resolver estas necesidades de mejora uniendo ambas ramas, se crean los caminos de la ingeniería, pero además se confiere el carácter práctico a las aplicaciones científicas, es decir se crean condiciones idóneas para aplicar los adelantos tecnológicos, la ingeniería resuelve dos preguntas fundamentales ¿Que hacer? y ¿como hacerlo?, estas características son las que hacen al ingeniero actor de toda una época: la época de la ingeniería como motor de desarrollo y como elemento político de consolidación y control.

Ya tenemos definido al ingeniero como el técnico especialista que aplica los principios científicos y tecnológicos, ahora es importante establecer los diversos orígenes y tipos de estos técnicos debido a esta diversidad de procedencias tenemos que definir el elemento en común que les confería sus características, es decir donde se forman estos técnicos y a pesar de esa diversidad compositiva cuales son los elementos comunes que los agrupan como ingenieros, como elementos aglutinantes encontramos los conocimientos comunes que les permiten resolver la problemática a la que serán sometidos, los ingenieros podían tener diferentes formaciones pero sus propuestas resolutivas serán similares, a consecuencia de estos conocimientos comunes que se aplicaban, con esto se inicia una sistematización de la aplicación tecnológica que tiene su base en estos especialistas nacidos en diferentes campos, y de cuya especialización extrema surgirán las diferentes ramas de la ingeniería ya como elementos particulares de especialización.

Por ejemplo había ingenieros que habían empezado como artistas, arquitectos, arquitectos militares, relojeros etc. el gremio nació por la aplicación de la ciencia y los conocimientos científicos en la obtención de resultados de mejora, hacemos énfasis una vez mas, mejoras en procesos, métodos, maquinas arquitectura etc., es decir la aplicación del ingenio con una carga científica en la resolución de una necesidad.

Con tan diversos orígenes lo que queda por saber es: cuales son estas instituciones que creaban a los ingenieros del siglo XVI tomando en cuenta como institución no solo al edificio o a la academia establecida, también a los sistemas de organización humanas de los cuales procedían los técnicos, por ejemplo los sistemas gremiales, esta época también se define por el deseo dentro del marco del auge científico de establecer instituciones que formen a los técnicos y especialistas que España necesitaba para el control de sus territorios.



## 5. Instituciones para la formación de ingenieros.

Existen dos orígenes fundamentales de los ingenieros de esa época, el primero las instituciones fundadas para tal fin, aclarando que no fueron creadas con la intención de generar ingenieros, pero si para formar especialistas y técnicos que desempeñarían labores de ingeniería, el otro, derivado del aprendizaje y la especialización por contacto con personas que desempeñaban las tareas descritas, primero analizaremos las instituciones que operaban en esa época y posteriormente veremos como se inicia una especialización de la actividad y por lo tanto de los técnicos que generaría diversos especialistas, los cuales se forman por la practica en el medio, son especialistas porque dentro de su ejercicio se dirigen hacia un solo campo y de esta forma se van especializando en el.

Uno de los primeros intentos serios de formar escuelas para la enseñanza técnica fue la casa de contratación de Sevilla, fue creada por los Reyes Católicos en 1503 en esta institución se crearon por ordenes del rey desde principios del siglo XVI cátedras para enseñar la cosmografía que estaba relacionada con la necesidad de tener buenos navegantes para los viajes hacia los territorios descubiertos.

La necesidad de especialistas en navegación provoca estas cátedras que después de un tiempo se complementan con la cartografía y conocimientos para la fabricación de instrumentos de navegación, la misma casa de contratación otorgaba con una serie de requisitos las licencias de piloto, por lo cual obligaba a la toma de los cursos en el mismo lugar.

Si analizamos las actividades mas importantes de la época encontraremos a la actividad militar como una de las mas preponderantes tanto para avanzar en territorios, como para consolidarlos y una vez realizadas estas actividades defenderlos; de tan vital importancia era el dominio de esto que se mantuvo una inversión de recursos en su desarrollo, por lo que no es de extrañar que la mayoría de las escuelas de esa época estuvieran relacionadas con la artillería y la navegación, las dos actividades que marcaran los primeros años del siglo XVI estas se fueron diversificando en relación con el movimiento de los frentes de batalla, al alejarse la guerra y consolidarse las rutas de navegación entre Europa y América, los técnicos desarrollan obras de paz, con trabajos encaminados a la mejora de la infraestructura civil.

A pesar de los orígenes diversos de los técnicos se sabia que dos materias eran fundamentales para poder desempeñarse como ingeniero, la primera de ellas era la geometría, la segunda las matemáticas, cualquiera de los técnicos que trabajaran en alguna de las tres áreas generales (ingeniería militar, cosmografía o ingeniería civil, dentro de la cual estaba la hidráulica) requería de estas dos materias como punto de inicio.

En el caso de la tecnología hidráulica la geometría y las matemáticas también marcaban una necesidad imperante, para el trazo y el análisis del comportamiento del agua así como el desarrollo de las maquinas y la construcción de las obras.

Con el fin de disminuir la diferencia hacia técnicos extranjeros principalmente provenientes de Italia y los países bajos se fomenta la institución de cátedras de matemáticas y escuelas en el territorio Español, bajo esta premisa, se traduce al español el libro de Euclides por parte de Rodrigo Zamorano en Sevilla en 1576, para que fungiera como libro de texto básico en estas instituciones, por otra parte algunas de las cátedras establecidas en las universidades existentes cambian su orientación hacia la cosmografía y la ingeniería, tal es el caso de la universidad de Salamanca y la de Alcalá.



Dentro de este marco uno de los grandes proyectos de Felipe II impulsado por Juan de Herrera es la creación de una institución que permitiera la formación de técnicos tan necesarios en esa época cuyo eje formativo fueran las matemáticas. La institución creada en 1582 fue la real academia de matemáticas, de la cual el primer rector fue Juan de Herrera que también escribió sus estatutos. Preparar técnicos especializados en matemáticas es el primer impulso para crear un técnico universal, el que domina las matemáticas puede trabajar como ingeniero en muchos campos.

La seriedad con la que se tomó el tema de la enseñanza de las matemáticas, que eran consideradas como vitales para la formación de técnicos se ve consolidada al fundarse la academia, al mismo tiempo observamos que los personajes que leyeron las cátedras fueron de primer orden y con buenos salarios, Felipe II con estas acciones incrementa las tendencias a la formación de técnicos propios, para el servicio del estado.

La mayoría de los ingenieros iniciales provenían de la formación militar, también de países extranjeros aunque bajo el dominio español nacidos en otras regiones<sup>42</sup>, la nueva academia trataba de subsanar la carencia de técnicos nacidos en la península que permitiera contar con una formación inicial establecida en las matemáticas. A estas cátedras no solo iba gente que se quisiera dedicar a la ingeniería, al ser públicas, propicio que muchas personas de diferentes actividades tomaran las cátedras, incluyendo escritores y artistas que querían incorporar estos conocimientos a los suyos.<sup>43</sup>

La especialización de los ingenieros es un proceso común y previsible, si consideramos la importancia y el apoyo que se les brinda como actores del control militar y político, además de participar en la consolidación del imperio por medio de las obras de infraestructura y tendencias a la mejora del control militar encontramos que el campo de actuación era tan amplio que se

#### PRINCIPALES INSTITUCIONES PARA LA FORMACION DE INGENIEROS EN LOS SIGLOS XVI Y XVII

NOMBRE	FUNDACION	FUNDADOR	ORIENTACION
Casa de contratación de Sevilla	1503	Reyes Católicos	Formación de cosmógrafos y navegantes primera cátedra 1552
Real Academia de Matemáticas	1582	Juan de Herrera y Tiburcio Spannocchi	Formación de ingenieros militares
Academia Real y Militar del ejército de los países bajos	1675	Duque de Villahermosa	Formación de ingenieros militares
Escuela de Artillería de Sevilla	1591		Formación de artilleros
Universidad de Alcalá			Fomentar la orientación de especialistas hacia la cosmografía y la ingeniería
Universidad de Salamanca			Fomentar la orientación de especialistas hacia la cosmografía y la ingeniería
Escuela de fortificación de Milán	1604	Cristóbal de Lechuga y García	formación de ingenieros militares

En el siglo XVI los ingenieros participaban de todo el proyecto Español de consolidación del imperio, recordemos que al inicio de este siglo el término ingeniero no se usaba de manera

<sup>42</sup> Los Principales ingenieros eran italianos y de los países bajos.

<sup>43</sup> **Esteban Piñeiro Mariano**, *INSTITUCIONES PARA LA FORMACION DE LOS TECNICOS en Técnica e Ingeniería en España Tomo 1 El renacimiento*, Real academia de ingeniería, Prensas universitarias de Zaragoza, institución Fernando el católico España 2004, pág.176



común, los especialistas que trabajaban en esa época se desempeñaban fundamentalmente en 3 ramas que las podemos considerar como iniciadoras de la ingeniería en su proceso de definición, las tres ramas que se describen a continuación marcaron el inicio de la especialización de la ingeniería, al principio la generan y no solo en el siglo XVI desde la época de los romanos las tres actividades estaban definidas creando especialistas en cada una de ellas, posterior al proceso de generación de la ingeniería a través de estas ramas siguen su evolución y la comienzan a especializar.

Las mismas ramas nos definen los primeros renglones de actuación de los ingenieros, la primera de ellas en la cual se acuña el termino y la que tuvo mayor importancia durante gran parte de la edad media y el renacimiento fue la militar, recordemos que el momento histórico que se analiza es la etapa en la cual se consolidan las ramas de actuación del ingeniero, en este periodo España participó en varias guerras, primero internas y después en territorios bajo su influencia pero alejados de la península.

La fortificación de los territorios era importante para mantener el control de ellos, los arquitectos militares empiezan a aplicar sus conocimientos del arte de edificar pero estos tenían que estar siempre acompañados de un militar, los trabajos de reconocimiento se realizaban por dos individuos, uno que sabia de la fabrica (el arquitecto) y el otro que sabia de la defensa (el militar) con el paso del tiempo este se unifico en uno, el arquitecto o ingeniero militar<sup>44</sup>.

La defensa de los territorios conquistados y las maquinas para ataque y defensa son el primer gran campo en el que los nuevos ingenieros se aplican.

El segundo tiene que ver con la rama de la cosmografía, en esa época la principal aplicación de los cosmógrafos era el registro grafico de los territorios, situación fundamental debido a que los territorios eran nuevos y en segundo termino a que estos territorios nuevos se tenían que controlar, un medio para realizar esto era la cartografía derivada de los cosmógrafos no consolidaba el poder pero proporcionaba un conocimiento del territorio necesario para las acciones tendientes a esa consolidación y control de los nuevos territorios.

La tercera eran las obras civiles, puentes, caminos, puertos, industria, este paso era el que venia posterior a los otros mencionados indicaba que el control era total y que ahora por medio de la mejora de la infraestructura se podían obtener beneficios de los nuevos territorios.

Esta mejora de la infraestructura obtenida después del control militar permitía que la riqueza de un territorio se pusiera en movimiento además de facilitar este movimiento físicamente, los caminos y puentes principalmente aceleraban las comunicaciones que como ya se menciona podría garantizar el control militar de la zona con el movimiento de tropas pero incentivaba el movimiento de mercancías y con esto incrementaba el comercio entre zonas mas alejadas.

Las mejoras a las ciudades en las que entrarían las obras de ingeniería hidráulica que aplican las tecnologías hidráulicas, estaban incluidas en esta tercera rama, cabe mencionar a los puertos, la construcción de puertos que requería una serie de técnicas especializadas por ser construcciones en parte sobre el mar contribuían a los aspectos mencionados, facilidad de comunicación desarrollo regional y control militar. Otro factor también incluido dentro de las aplicaciones civiles tiene que ver con los ingenios hidráulicos, estos como detonadores de

---

<sup>44</sup> Cámara Muñoz Alicia *op.cit.*, pág. 141





desarrollo regional y productores de satisfactores, relacionados directamente con la riqueza natural de los territorios.

La transformación de esa riqueza por medio de las maquinas hidráulicas era de suma importancia en este periodo, por lo que en tiempos de paz, el ingeniero trabajaba en el desarrollo de infraestructura civil y preindustrial.

Las tres ramas iniciales estaban relacionadas directamente con el proceso que se vivió en la época, primero de recuperación de territorios en la península ibérica después el registro de los territorios y finalmente la incorporación de nueva infraestructura, tomando en cuenta que dentro de la cosmografía se encontraba también la medición física de los territorios. Esta situación se exacerbó con la incorporación de los nuevos virreinos en América donde las aplicaciones fueron todavía mayores.

Los ingenieros de la corte eran nombrados por el rey, y estos se dedicaban a realizar obras para los fines que le interesaran al imperio. De la misma forma que se incentivaba el desarrollo de la infraestructura en un sector se atenuaba en otros donde el control del territorio o el riesgo de invasión determinaban que no era conveniente facilitar ese movimiento de tropas al enemigo, estas decisiones se basaban en las estrategias militares que se planteaban en la corte y afectaban directamente a los territorios.

Como hemos visto, la ingeniería del siglo XVI se fue especializando en tres ramas aunque al inicio esta especialización no estaba tan clara; esta división natural que se fue concretizando surge de igual número de actividades primordiales que los especialistas desempeñaban, principalmente por encargo, estas tres ramas tenían que ver con el control y mantenimiento de un imperio, Obras militares, cosmografía y obras civiles, lógicamente estas tres ramas tan importantes provocaron una incipiente especialización por tema que con el paso del tiempo daría origen entre otras a la carrera de ingeniero civil. Las necesidades del reino provocan esta división y especialización de la ingeniería.



Juan de Herrera nació en Cantabria en 1530 y murió en Madrid en 1597, considerado uno de los arquitectos españoles más importantes del Renacimiento, su principal obra es el monasterio del Escorial, en donde el estilo sobrio y clásico por el impuesto se denominó herreriano en su honor, al estar cerca de los reyes españoles durante el siglo XVI es fuerte promotor junto con el monarca Felipe Segundo de la instauración de la escuela de matemáticas, en donde se formaron de manera académica los ingenieros de esas épocas. Tuvo algunas participaciones como militar en algunas campañas principalmente en Flandes y en Italia, cuando Carlos V se retira en Yuste Herrera lo acompaña hasta la muerte del rey para después incorporarse al servicio de Felipe Segundo. Como ingeniero Hidráulico están los sistemas de suministro y desalajo de aguas en el Escorial, los cuales representaban un alto grado de complejidad debido al emplazamiento del sitio y a la naturaleza del terreno. **Imagen: Tecnología e Imperio, ingenios y leyendas del siglo de oro**



Existía la necesidad de separar a los ingeniero militares de los civiles, por la razón fundamental de la necesidad de experiencia para el diseño de las fortificaciones, un arquitecto militar era mejor en relación con las batallas en las que había estado, esto le proporcionaba conocimientos sobre el arte de la guerra que podría aplicar en el diseño de defensas y fortificaciones.

Los ingenieros de obra pública trabajarían principalmente en el diseño y construcción de obras para el mejoramiento de las ciudades y las comunicaciones entre regiones, la experiencia era importante pero no requerían de experiencia en campaña porque su especialidad no los llevaría a construir fortalezas, en los primeros tiempos de los ingenieros la especialidad se derivó de la experiencia. Los ingenieros que diseñaban ingenios que es el caso que nos compete en el ámbito de este trabajo se encontraban en la rama de la ingeniería civil, las necesidades que les dieron origen como especialización tenían más que ver con aspectos de mejorar las ciudades por medio de las mejoras de sus modos de producción.

Las academias y el ejercicio sistemático supervisado y contratado por la corona son la raíz de que la ingeniería se institucionalizara en un proceso que comenzó desde el momento en que los árabes fueron expulsados de la península, incentivado por la gran necesidad de obras civiles, llegando a su cúspide durante el reinado de Felipe II, la manera en que podemos entender la visión del estado hacia la ingeniería es el análisis de los tratados escritos durante el periodo mencionado.

Los tratados son registro gráfico del conocimiento aplicado, en ellos podemos apreciar la visión que se tenía de los especialistas, aclarando que no todos los que efectuaban las obras tenían acceso a los documentos, en general la mayoría de ellos principalmente los que trabajaron en América tenían un conocimiento asimilado y acrecentado en el ejercicio, pero es difícil considerar que tenían los tratados como libros de cabecera.

## 6. Los tratadistas y la visión institucionalizada de la ingeniería.

Los tratados son un trabajo temático que plasma en papel de manera escrita y gráfica una serie de conocimientos, en el caso de la arquitectura suelen ser normativos y tienen un carácter práctico al tener como finalidad que el que sigue sus indicaciones pueda desarrollar los trabajos que en el se “tratan” pueden ser de manera más concisa un libro de instrucciones para realizar un determinado trabajo o una obra de consulta para los que desempeñan una actividad específica, siendo redundante actividad que origina el tratado .

Independientemente de las motivaciones que lo generan los impresos pueden ser considerados una manifestación lógica de un conocimiento acumulado generalmente a través de muchos años, esta práctica se ha permeado en el estrato técnico-académico que es el nivel donde se genera, entre otras cosas tienen como objetivo reglamentar y normar una actividad; a través de la historia han existido épocas en las que el conocimiento se escribe y se registra con el objetivo de dejar testimonio.

Es común que en épocas de oro entendiendo como tales las etapas en las que la humanidad presenta avances significativos en varias ramas entre ellas la tecnológica, proliferen este tipo de registros de los conocimientos desarrollados en las etapas que influyen y motivan la creación del tratado.<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Ponen al alcance de todos las realizaciones de unos pocos y permiten la acumulación y la transmisión de los conocimientos técnicos así como de los modelos artísticos, **Martínez Leas Luisa**, *op.cit.* pág. 59



El siglo XVI fue prolífico en este tipo de trabajos, Europa vivía la concretización del renacimiento, el movimiento social y cultural tenía ya un siglo de ejercicio por esta razón se motivo el deseo de plasmar en libros estas nuevas técnicas, se escribieron varios de ellos, ninguno específicamente sobre tecnología hidráulica exceptuando el caso del tratado de los 21 libros de los ingenios y las maquinas dedicado por completo a este tema, los demás tratan la tecnología hidráulica como parte de la arquitectura, la construcción, la ingeniería militar.

En los tratados encontramos reflejada la práctica de la arquitectura, la ingeniería y la hidráulica. Los tratados del siglo XVI también son inspirados por los tratados de la antigüedad el más celebre de estos *los X libros de arquitectura* de Vitruvio que a su vez inspiraría a Alberti para crear su *De re edificatoria*, ambos referente importante de los ingenieros y arquitectos de esa época, para analizar esta visión institucionalizada de la ingeniería hidráulica elegimos otros tratados más, en primer lugar el de Fray Laurencio de San Nicolás, cuyo interés se centra en el ejercicio de la profesión y nos muestra a un técnico cuya formación de origen es la religiosa, no fue el único de estas características, por mencionar a otro encontramos al carmelita Fray Ambrosio Mariano Azaro, que participo en obras de fortificación, Hidráulica y arquitectura.

Del mundo de la ingeniería militar se eligió el tratado de Cristóbal de Rojas académico que inicia su formación en la arquitectura y la especializa al trabajar con Spannocchi dentro del mundo militar.

Comenzaremos con el tratado más antiguo El de los 10 libros de arquitectura de Marco Vitrubio. La composición de su tratado nos expresa la formación del arquitecto y lo que tenía que saber, el ejercicio de la profesión incluía campos que se han ido independizando y que con el paso del tiempo han proporcionado sus propios especialistas con formación independiente, el tratado de Vitruvio abarca todas las actividades constructoras de aquellos años que prevalecieron y de alguna manera inspiraron el ejercicio de la profesión en el renacimiento, sobre la hidráulica encontramos, primero al agua como elemento de vital importancia para el funcionamiento de cualquier ciudad, así como para supervivencia del hombre, y después como parte de la fuerza motriz para el movimiento de maquinas, con capítulos especiales para el análisis de las maquinas que permiten elevar el agua y conducirla. En su libro octavo le dedica todos los capítulos al agua en el Proemio se lee:

*IV Siendo, pues, sentencia de Fisicos, de Filosofos, y de Sacerdotes, que todas las cosas se componen del agua, juzgué que habiendo dado en los siete Libros antecedentes las reglas para los edificios convenia dar en este las de hallar el agua, sus calidades buenas y malas según las de los paises, el modo de conducida, y finalmente el de conocer su bondad: siendo como es tan necesaria para la vida, usos y recreos.<sup>46</sup>*

La composición de los capítulos es la siguiente: Capitulo 1: Del modo de hallar el agua, Capitulo 2: Del agua llovediza, Capitulo 3: De las propiedades de algunas fuentes, Capitulo 4: De las propiedades de algunas otras fuentes, Capitulo 5: De las pruebas del agua, Capitulo 6: De las nivelaciones de las aguas, Capitulo 7: De la conducción de las aguas; además en el libro 10 dedicado a las maquinas el capítulo nueve: de los artificios para sacar agua, el diez: de otro tímpano y las haceñas, el once: de la cloquea de sacar agua, el XII: de la máquina de Ctesibio para elevar agua y finalmente el trece: de los órganos de agua.

<sup>46</sup> Ortiz y Sáenz José, *LOS DIEZ LIBROS DE ARQUITECTURA DE M. VITRUVIO POLION TRADUCIDOS DEL LATIN Y COMENTADOS*, Imprenta Real, Madrid 1787, pág. 204



De todos estos capítulos se reafirma la importancia de la tecnología hidráulica para la actividad humana, en especial para sociedades con actividades preindustriales, el agua según Vitruvio se podía utilizar para mover los molinos, además por ser de primera necesidad para la subsistencia de cualquier núcleo urbano dedica algunas secciones en explicar la manera de obtenerla, canalizarla, y almacenarla. Refiriéndonos a la definición de arquitecto que Vitruvio coloca al principio del tratado y haciendo unos extractos de esta definición encontramos las referencias que marca con respecto a la tecnología hidráulica:

*Necesita el Arquitecto de la Medicina, para conocer las variedades de cielo, que los Griegos llaman climata, las qualidades del ayre de las regiones, quáles sean saludables o pestilentes, y el uso de las aguas: porque sin estas precauciones no puede haber habitaciones sanas.<sup>8</sup> Tendrá cambien noticia del Derecho, por lo que toca al ámbito de los. estilicidios en las paredes comunes de las casas, á los albañales y á las luces. Deben asimismo los Archtectos saber la salida de las aguas y demas desechos á ellas pertenecientes; previendo todo antes de empezar las obras, para no dexar litigios entre los interesados después de concluidas; y para que en su locacion quede accion cierta al dueño y al Arquitecto: porque estando clara la escritura, y documento, podrán ambos librarse de mutuos engaños<sup>47</sup>*

Como situación curiosa el conocimiento de la hidráulica para el arquitecto sirve entre otras cosas para evitar pleitos que debieron de ser muy comunes principalmente por los desagües de las casas que pasaban por propiedades ajenas en el extracto vitruvio menciona el uso de la hidráulica por varias razones, la primera esta relacionada con la música para poder construir maquinas que sean movidas por el agua esto en relación con el órgano de agua que menciona en su tratado, pero también porque el conocimiento de la mecánica aplicada a los instrumentos musicales proporcionaba un ejercicio tecnológico que puede ser utilizado en otros campos, es decir si se puede construir un instrumento musical, o una maquina de guerra como las mencionadas en la misma parte se poseen los elementos suficientes para construir maquinas hidráulicas, finalmente el conocimiento de la hidráulica ayuda para dos cosas fundamentales, en el proyecto de desagüe de un edificio para que este no afecte propiedades vecinas y en el caso de que esto suceda, para corregir la situación que genera la problemática, y así evitar los problemas, la tecnología hidráulica utilizada en el campo del Derecho.

Otro tratado emblemático es el de Alberti De Re Edificatoria es el tratadista mas referenciado en el renacimiento, a diferencia de otros este estuvo al alcance de mas personas, y en lo que respecta a América fue un tratado en el cual gran parte de los ingenieros hidráulicos se basaron, es posible que no como un libro de consulta, pero si como parte del repertorio que traían en la memoria y que si tomaron en cuenta en sus etapas de estudio en diferentes instituciones.

Alberti dedica varias secciones de su tratado a la ingeniería hidráulica, en el libro décimo y ultimo encontramos varias referencias al agua en general, siguiendo el orden lógico, por ejemplo empieza con la búsqueda de la fuente y después con la elección de las mas correctas, describe porque unas son buenas y otras no, también habla una vez elegida el agua correcta que reglas se deben de seguir para canalizarla, por ejemplo

*“Finalmente hallada y aprovada el agua se ha de proveer el guiarla y que se de a los usos acomodadamente, la razon de guiar el agua es en dos maneras porque o se deriva por zanja de*

<sup>47</sup> *Ibid.* Pág. 3



*agua o se recoge por arcaducez, en ambos no se movera el agua si el lugar al que se lleva no esta mas bajo*<sup>48</sup>

En este párrafo se menciona de manera básica el principio fundamental de la circulación de agua, el nivel, para poder canalizarla de manera adecuada, se necesita que el destino este por debajo del origen de lo contrario el agua no llegara, el ingeniero hidráulico utiliza la fuerza de gravedad para canalizar el agua, por lo que ninguna fuente puede alimentar un sitio mas alto al de su origen

*“Halladas las aguas no querran que temerariamente se den al uso de los hombres, si no que pues en las ciudades no solamente se desea la bundancia de agua para beber, si no para lavar y para que sirva a los huertos, a los gorreros, a los labadores de paño, y a los albañares, y tambien principalmente para que halla abundancia en los casos de incendio”*.<sup>49</sup>

En este otro Alberti explica algo de lo que ya hemos hablado los diferentes usos del agua, en particular habla de la industria que ya utiliza grandes cantidades de agua, lo interesante es la diferenciación del tipo de agua, especificando que algunas aguas son para consumo humano y que otras son mejores para los usos de riego e industriales, recordemos que varios tratadistas hablan de encontrar agua pero además de que esta sea apta para el consumo humano lo que determina esta característica para algunos como veremos mas adelante es la cantidad de minerales y elementos tomados de la tierra que pueda tener esta agua lo que las define como agua gorda y agua delgada.

Otro aspecto interesante con respecto a la ingeniería hidráulica es a nivel domestico, Alberti describe en el libro primero lo que respecta a las aguas de desuso que las trata al igual que los humos con cuidados especiales para que no provoquen daño al edificio ni a la salud: la diferenciación del agua, por su uso y por su procedencia se puede leer en el siguiente párrafo.

*“Pero los arroyos de las aguas corrientes, mandan guiar las de manera que se expelan las cosas superfluas, y no pongan algun vicio al edificio, comiendo o humedeciendo, porque de estos si algunos empecen menudamente. Pero con la largueza del tiempo y continuacion de hazer daño dañan en mucho grado, y he advertido en este guiar de aguas que observaron los arquitectos ejercitados, que guiaron las lluvias de los canales por sus caños estendidos, de fuerte que a los que entrasen no se las esparciesen encima, ni las recibiesen de tal manera que en los patios que las recogian para el servicio de los hombre dentro de las cisternas, o las forzaban a salir por ciertos lugares de los quales se lavasen las suciedades particulares, y no se ofendiesen las naricez ni los ojos de los hombres, principalmente me parece aver procurado de apartar y quitar toda el agua llovediza lejos del edificio lo uno por las demas cosas y lo otro porque no se humedeciére el suelo del edificio”*.<sup>50</sup>

En este también se describe el tratamiento diferencial que se le da a cada agua para que no se afecte a la salud con las aguas de desecho, las contribuciones hidráulicas del tratado de Alberti se encausan en las cuestiones funcionales, también tomando en cuenta la salud, recordemos que la Edad Media estuvo azotada por diferentes enfermedades que tuvieron su origen entre otras cosas en las aguas contaminadas, esa memoria histórica se ve reflejada en las intenciones del arquitecto por darle un manejo diferencial a las aguas para que *no ofendan las narices ni los ojos del hombre*.

<sup>48</sup> Leon Battista Alberto, *LOS DIEZ LIBROS DE ARQUITECTURA TRADUCIDOS DE LATIN A ROMANCE*, Casa de Alonso Gómez Impresor, Madrid 1582, pág. 315

<sup>49</sup> *Ibid.* pág. 314

<sup>50</sup> *Ibid.* págs. 9 y 10



Uno de los tratados mas interesantes es el de Cristóbal de Rojas *Teoría y practica de fortificación* este nos ejemplifica a la perfección la preparación que tenían los ingenieros militares, ya hemos expuesto que su actividad en el campo de la ingeniería utilizo en gran medida la tecnología hidráulica, en el caso de Rojas su preparación le permitió escribir un tratado para usarse en campaña y encaminado a la construcción de fortificaciones, lo que le confiere un carácter practico muy importante.

Dentro de este tratado tres aspectos se relacionan al ejercicio de la ingeniería hidráulica, en primer lugar desde donde se obtendrá el agua, en segundo como será transportada y por ultimo el destino de ella. De este tratado obtenemos la visión del ingeniero militar, que era el hombre del ejercito preparado para diseñar y dirigir la construcción de fortificaciones y obras de consolidación, ataque y defensa con todo lo que esto conlleva, como el mismo Rojas menciona el agua es muy importante para las fortalezas, y en este caso podemos mencionar lo que el tratado dice sobre el agua en relación con las fortificaciones:

*“Después que el ingeniero sepa todas las partes y requisitos dichos, sera muy necesario, que tambien sepa encaminar las aguas al castillo, o fortaleza, que huviere hecho, encaminandola por alguna cañería de barro , o por alguna atarxea de ladrillo y cal, y para esto es muy necesario saber la fabrica, y distribución de un nivel, para pesar, y nivelar el camino, o distancia, que huviere desde el nacimiento del agua, hasta el punto, y fuente que se hara en el tal castillo”<sup>51</sup>.*

Del nivel hablaremos mas adelante en el capitulo correspondiente, de la cita se puede extraer los aspectos fundamentales en el movimiento del agua, la correcta nivelación que requiere de instrumentos auxiliares y técnicas muy especificas, la construcción adecuada de los conductos, y los materiales que se deben de incorporar que garantizan que el medio conductor no será destruido por la fuerza del agua.

Fray laurencio de San Nicolás escribió *Arte y Uso de Arquitectura* hasta el capitulo LXVI comienza a tratar los temas sobre el agua, empezando por el modo de hallarla y sus propiedades, después habla de los niveles y las técnicas de nivelación, posteriormente sobre el modo de construir los canales y las conducciones y su ciencia básica. Sobre las características del agua incluye métodos muy peculiares para la elección de la mejor fuente, de estos métodos obtenemos la explicación del término pesar el agua:

*“De suerte, que las aguas toman el sabor quede las minas recibe Para conocer de todas las aguas qual sea la mejor, toma un pañuelo, y mojale aviendole pesado primero, y despues ponle a enjugar: y estando bien seco tornale a pesar, y si su peso no excede al primero señal es que el agua es buena, mas si excede no lo es, porque tiene el agua mucho de terrestidad, y sera dañosa a la salud. Otros pesan el agua, y la que menos pesada tienen por mas saludable”<sup>52</sup>*

En varios textos que trataremos más adelante se utiliza el término *pesar el agua* que como podemos ver es literal, cuando se pesa el agua se puede obtener por comparación si el agua contiene sustancias diluidas y como acabamos de ver, entre más pesada el agua más dañina a la salud.

Aunque hemos visto un panorama general de los tratados y su concepto sobre la ingeniería hidráulica debemos recordar que no todos los tratados estuvieron publicados, los trabajos mas importantes, aun sin publicar tuvieron copias que se encontraban en los principales centros de

<sup>51</sup> *Ibíd.* Pág. 83

<sup>52</sup> *Ibíd.* Pág.125-126



estudio de, lo que los ponía al alcance de los estudiosos, hombres provenientes de diferentes formaciones académicas, principalmente hombres religiosos que después pasarían a América como evangelizadores y que aplicarían la tecnología hidráulica en sus actividades.

Para finales del siglo XVI muy pocos tratados habían sido publicados, *Las medidas del Romano*, *Los tercero y quinto libros de arquitectura* de Serlio, *Los diez libros de arquitectura* de Alberti, *Los 10 libros de arquitectura* de Vitruvio, el Vignola *los 5 ordenes de arquitectura*, *los 4 libros de arquitectura* de Palladio y el de Arfe y Viñafañe<sup>53</sup>, de los libros que se difunden en América y España tenemos algunos que nos permiten ver el enfoque académico de la ingeniería hidráulica en el virreinato.

Hemos mencionado a Alberti como uno de los tratados mas utilizados al ser uno de los que se publicaron es muy probable que algunos ejemplares hallan sido traídos a América y fueran utilizados por los ingenieros hidráulicos y los arquitectos, otro tratado muy utilizado y del cual ya hablamos es el de Fray Laurencio de San Nicolás que también se difundió en Nueva España<sup>54</sup>

Hasta este momento sabemos el perfil de los actores, la procedencia de los ingenieros fueran académicos o no, también hemos hablado de los tratados como elementos de análisis de técnicas y de ideologías en lo referente a las actividades desarrolladas por los ingenieros, veamos ahora el papel del ingeniero como instrumento político y de penetración cultural a partir de las obras construidas. Las grandes obras siempre han sido sinónimo de poder, demuestran la capacidad del estado, son utiles y al mismo tiempo tienen un impacto mediatico entre la población en general, esta actividad se repite en Nueva España, en la etapa de consolidación del virreinato, algunos de ellos son recordados por las obras que lograron hacer, tanto en Europa como en América.

## 7. Las Obras de los ingenieros.

La experiencia que definía especialidades iba dirigiendo a los ingenieros hacia campos de actuación particulares que incrementaba los métodos de aplicación en el campo en el cual ese especializaban, como ya se ha visto Una de las obras de ingeniería más compleja del siglo XVI fue la navegación del Tajo, antiguamente España no contaba con ríos navegables que permitieran una movilización de insumos a través de las vías acuáticas tierra adentro, por esta razón Felipe II encarga en 1580 a Juan Bautista Antonelli el proyecto<sup>55</sup>, originalmente la idea era la mejora de los caminos entre Toledo y Lisboa, al ver la complejidad de la tarea el mayor de los Antonelli propone el nuevo proyecto.

Una obra de esas características tenía varias vertientes, la primera de ellas era mejorar las comunicaciones en el interior de la península ibérica, principalmente hacia el territorio de Portugal recién incorporado al reino, el segundo era el movimiento de mercancías entre las regiones beneficiadas, el tercero era el movimiento de tropas por barco para embarcarlos tierra adentro y no solo en las costas.

<sup>53</sup> **Martínez Leas Luisa**, *op.cit.* pág. 61

<sup>54</sup> *Ibid.* pag 62

<sup>55</sup> En la segunda mitad del siglo XVI bajo un proyecto generalizado de Felipe Segundo para mejorar las comunicaciones, con el fin primordial del control militar, Juan Bautista Antonelli inicia la transformación de los ríos para hacerlos navegables con el tajo, pero posteriormente incorpora el Duero, Pisuegra y Arlanza, incluso se menciona que otro de los objetivos de las mejoras en el Tajo fue la de abrir los ríos a la pesca a consecuencia de que los Portugueses impedían el paso de los peces. **Alicia Cámara Muñoz**, *óp.cit.* pág.144



De este trabajo surgen varias mejoras incluidas las que se han mencionado pero se incrementa la pesca en los ríos descritos mejorando la alimentación de los pueblos en las riveras a partir de ahí se trabaja en otros ríos, Juan Bautista Lavaria trabaja en la navegación del Duero en 1600, el propio Antonelli antes de morir en 1588 trabajaba en el reconocimiento del río.

Otro tipo de proyecto hidráulico que se desarrollo fue la construcción de canales y acequias con diferentes fines, el principal de ellos era el riego y el suministro de agua, una de las obras emblemáticas de la segunda mitad del siglo XVI fue el Escorial, para el suministro de agua trabajaron varios de los mejores ingenieros hidráulicos, en primer lugar se realizaron presas y diques para el almacenaje de agua, el sistema principal se localizaba en la Granjilla de la Fresnada, donde cuatro estanques y varios canales suministraría agua al sistema, los canales presas y acequias de la zona se construyeron pensando en el suministro de agua a toda la región en las diferentes obras trabajaron Juan de Herrera, Juan Bautista de Toledo, Pietre Janson el Holandés experto diquero al servicio del rey.

Los suministros de agua a las poblaciones que incluían la construcción de canales acueductos elevados, cisternas de almacenamiento, fuentes en muchos casos monumentales como la fuente grande de la villa de Ocaña, el ingeniero hidráulico Francisco Sánchez realizo todo el sistema de suministro en 1578 al cual pertenece la fuente mencionada. Otros sistemas de suministro son el de Teruel en 1537 realizado por el Francés Pierre Vedel, el de Valladolid por Yuza y Mahoma en 1496, el Sistema de riego y acequia de Colmenar en la región de Aranjuez por Juan Francisco Sitton.

Pedro Esquivel trabaja en la acequia real de Aragón en el sistema de riego y de suministro de agua, ingenieros de la talla de Spannochchi realizaron proyectos hidráulicos como el sistema de defensa ante las inundaciones de la ciudad de Sevilla, Leonardo Turriano realiza muelles, en el puerto de la Palma en 1584, trabaja en los canales de riego en Guadalete en 1624, Juan Gómez de Mora en 1610 realiza el sistema de suministro del palacio de Aranjuez. Juan Pedro Livadote realiza parte del sistema de suministro y de desalojo de aguas en Madrid, diseña y construye un canal en la zona de Aranjuez para unir este sistema con el Tajo.

En cuanto a los ingenieros que inventan y fabrican hablaremos de tres casos, Juanelo Turriano Pedro Juan de Lastanosa y Jerónimo De Ayans.



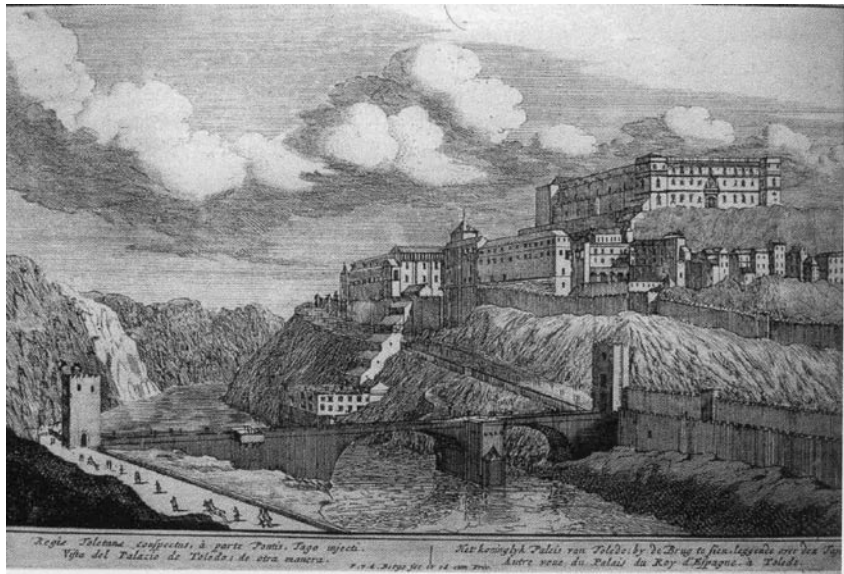
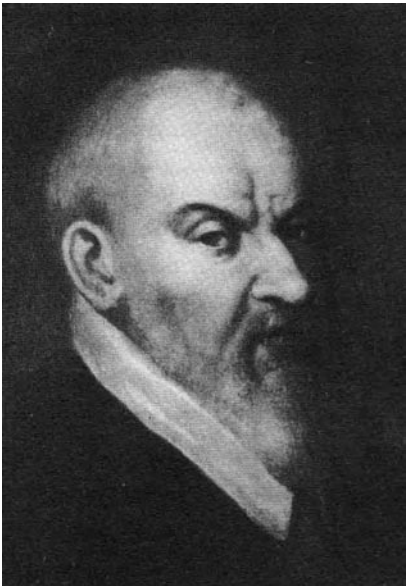
La navegación del Tajo fue uno de los proyectos mas ambiciosos de la corona española, la posibilidad de una vía fluvial navegable que atravesara por el centro la península ibérica uniendo algunas de las ciudades principales y llegando al océano atlántico hacia mas sólido el control militar y el movimiento de mercancías y gente por los territorio mencionados, ejemplo de la ingeniería apoyando los proyectos tendientes a consolidar el imperio. **Imagen Tarsicio Pastrana**





Juanelo Turriano, relojero del emperador Carlos V y a la muerte de este ingeniero de Felipe II, fue tan conocido por sus maquinas que todo artefacto extraño se denominara de manera popular ingenio de Juanelo o maquina de Juanelo, según Nicolás García Tapia este es el origen de la confusión en la autoría de los 21 libros de los ingenios y las maquinas atribuido a Juanelo Turriano cuando en realidad su nombre aparece como una descripción del tipo de maquinas que en el se tratan.

Juanelo diseña y construye el ingenio para elevar agua al alcázar de Toledo, con el cual subía agua desde el río hasta 100 metros arriba de su nivel. Este resultado tan eficaz que se le pidió que construyera otro igual el primero suministraba agua al palacio y el otro lo haría con la ciudad. La gente comenzó a identificar a Juanelo con cualquier tipo de maquina portentosa, de hecho una leyenda habla de un autómatas de madera que hacia todos los días el recorrido entre la casa de Juanelo y el palacio real para solicitar comida, hoy en día una calle de esta zona todavía es llamada el hombre de palo. Al parecer en la Granjilla de la Fresnada diseño una maquina que distribuye el agua entre los diferentes sistemas de riego que lo componen.



Sobre su funcionamiento hay aún controversias, pero lo cierto es que conseguía llevar el agua del río Tajo hasta el Alcázar, situado a casi 100 metros por encima del cauce del río. Basado en el uso de la propia energía hidráulica del río Tajo, constaba de gran cantidad de "cucharas" o "brazos de madera", engranados de modo ingenioso, que se iban pasando el agua los unos a los otros, en altura creciente, de tal manera que podía elevar gran cantidad de agua salvando el desnivel. Al parecer se mantuvo en funcionamiento, con un rendimiento cada vez menor a medida que envejecía y se estropeaba, hasta el año 1639; se ha calculado que en su mejor momento podía ascender en torno a 16-17 metros cúbicos al día (16-17 mil litros). **Imagen TECNOLOGIA E IMPERIO INGENIOS Y LEYENDAS DEL SIGLO DE ORO**

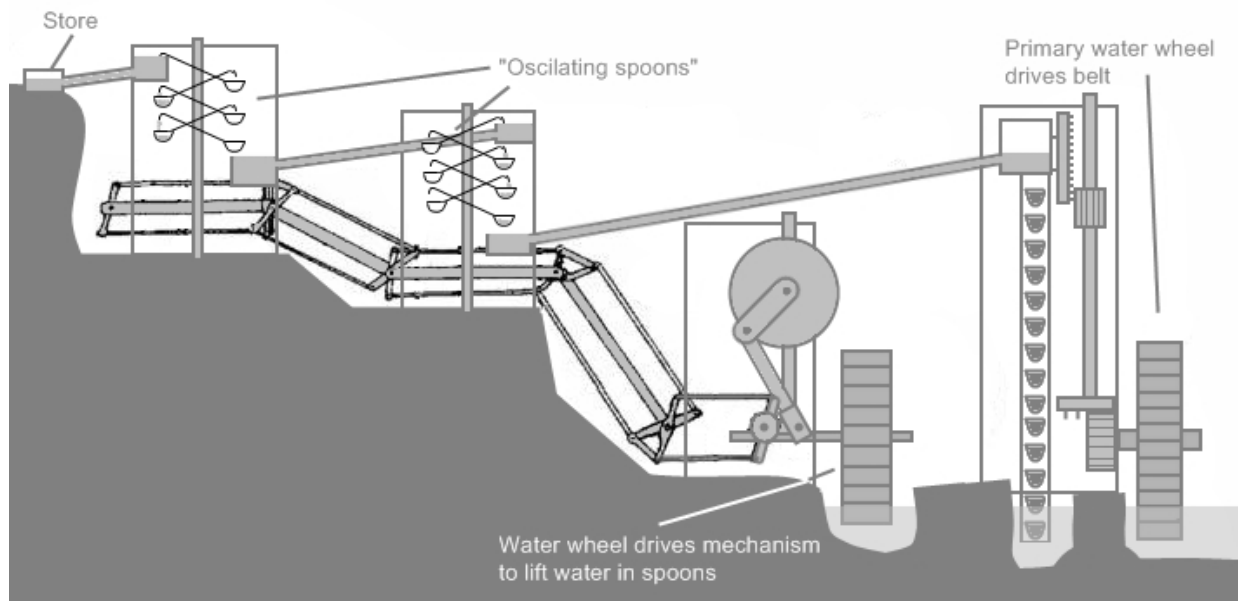
Otro ingeniero de mucho renombre fue Pedro Juan de Lastanosa, autor del tratado "los 21 libros de los ingenios y las maquinas de Juanelo Turriano" escrito por orden de Felipe Segundo en el que se explica el funcionamiento de diversa maquinas hidráulicas, entre ellas molinos de diferentes tipos, pulidores, norias etc., lo interesante de este tratado es la explicación del funcionamiento y las indicaciones para su construcción, convirtiéndolo en un tratado de tipo utilitario, recoge la tradición de construcción de ingenios que se desarrollo en España y que estaba en uso en la segunda mitad del siglo XVI.<sup>56</sup>

<sup>56</sup> Un ingeniero que escribía un tratado se encontraba en un nivel mas avanzado que el resto, el cúmulo de conocimientos derivados de su propia formación y su experiencia le permitía plasmar en un tratado la manera en que se tenían que hacer las cosas, en esta época los tratados fueron muy importantes ya que expresan una inquietud



Jerónimo De Ayans fue un inventor que en 1606 invento una máquina de vapor que desaguaba las minas, en el mismo año De Ayans tenía 48 privilegios de invención, similar a las patentes actuales, muchas de sus maquinas innovaciones en varios campos, en España se le ha llegado a comparar con Leonardo Da Vinci por lo adelantado de sus propuestas.

En América, Fray Andrés de San Miguel formado en el ámbito religioso, incluso fue autor de uno de los pocos tratados Novo hispanos que existieron, el cual es referente de la ingeniería hidráulica desarrollada en Nueva España, también tenemos al cosmógrafo Enrico Martínez, que estuvo a cargo de las obras de drenaje de la cuenca, de su estancia al frente de las obras escribió libros como *el repertorio de los tiempos e historia natural de esta Nueva España*, aun la gente que no estaba relacionada con el medio técnico académico los identificaba y los reconocía por sus obras.



El artificio de Juanelo para elevar agua desde el tajo que se encontraba a casi 100 m por debajo del nivel del alcázar se basaba en ruedas hidráulicas para mover mecanismos de cucharas basculantes que elevaban el agua de una estación a otra, la primera estación como vemos se conformaba con una noria que depositaba el agua en un canal, a partir de ahí otra rueda por medio de bandas hacia bascular las cucharas que elevaban el agua, estas estaciones se repetían a lo largo de la pendiente hasta llegar a la parte superior, en la imagen de la página anterior vemos las casetas que cubrían estas estaciones. El diseño de este mecanismo coloca a Juanelo Turriano como uno de los mejores ingenieros del siglo de Oro español **imagen: Eduardo sierra en [http://circuloavalon.blogspot.com/2007\\_12\\_01\\_archive.html](http://circuloavalon.blogspot.com/2007_12_01_archive.html)**

## 8. Percepción de los ingenieros y técnicos sobre América en el periodo 1500-1600

Los ingenieros hidráulicos como rama de la ingeniería trabajaban en las obras que tenían que ver con el agua, pero lo más importante es que se relacionaban con dos actividades fundamentales para la vida de una ciudad, la primera el abastecimiento de agua para diversos usos y la segunda el saneamiento de la ciudad por medio de la extracción de las aguas negras de la misma, que a su vez esto se relacionaba con cuestiones sanitarias y permitía que una ciudad tuviera menos riesgo de tener epidemias que mermara a su población.

generalizada de registrar la manera en que se trabaja y de cierto modo buscar la unificación de los criterios. Los principales tratados fueron encargados por el rey.



Si a estos manejos vitales del agua aumentamos la mejora de los procesos industriales nos daremos cuenta que el ingeniero hidráulico es un ingeniero de paz, al contrario de los ingenieros militares que son ingenieros de guerra, con el cambio de los tiempos los segundos comenzaron a prevalecer sobre los primeros. Los ingenieros de tiempos de paz tendrán labores más permanentes derivado del control de los territorios, cuando se descubre América y se pacifica de manera rápida los ingenieros son los que construirán el nuevo continente, los ingenieros militares tendrán trabajo pero en menor escala.

Es importante que dentro del marco del uso de la ingeniería como instrumento político encontramos al ingeniero también como un hombre colonizador, que llega a las nuevas poblaciones a dotarlas de las comodidades europeas que permitirán que la nueva población acepte el modo de vida impuesto, el ingeniero era un instrumento de evangelización.

Por el momento es importante que observemos que el papel del ingeniero que desarrolla obras de impacto mediático que consolidan el poderío del estado mediante la mejora de la infraestructura se transforma en América en el hombre que ayuda a la población por medio de sus conocimientos, y que provoca en los naturales el reconocimiento al monarca que envía al hombre que les proporciona ayuda.

La tecnología Hidráulica aplicada en América no fue la misma que la aplicada en España, el proceso de mestizaje que se vivió en varias ramas no dejó exenta a la ingeniería, así como en España se tenía una manera de aplicar la tecnología hidráulica derivada de las necesidades del momento en América el desarrollo había sido bajo otras condicionantes, del choque de ambas corrientes se deriva la tecnología hidráulica virreinal, que aplica como eje rector las técnicas Europeas, al ejercicio de las cuales se va mezclando y complementando con la hidráulica prehispánica, en algunos casos con mejores manejos de técnicas para muchos de los ejemplos no ensayados en Europa, para entender mejor esta mezcla describiré brevemente el panorama de dicha ingeniería en América antes de la llegada de los españoles.

La estructura de la ingeniería en América antes de la llegada de los españoles se limita a la construcción de obras civiles, dentro de las cuales la tecnología hidráulica es la más importante. El concepto de cuidado y manejo del agua era muy diferente en el sentido del uso y la utilización, mientras en Europa durante la edad media en muchas ciudades no se tenía resuelto el modo de sacar y llevar agua a las ciudades, en América era una de las obras fundamentales en lo que respecta a la tecnología hidráulica.

Otro de los aspectos manejados de manera importante fue el riego, y en el caso de las zonas lacustre como la cuenca de México, el manejo de los niveles de agua y las chinampas.

Adicional a estos aspectos que se han comentado podemos encontrar una estructura de trabajo comunal importante que permite la construcción de estas obras de bien común. Esta estructura se maneja dentro del sistema de trueque que prevalecía en las culturas prehispánicas y que parcialmente fue conservada dentro de la sociedad virreinal<sup>57</sup>

La sustitución de trabajo y la organización del mismo fueron parcialmente aceptadas por los indígenas, los españoles por medio de algunas instituciones tempranas establecidas por la corona recibieron trabajo que antes era comunitario, esto fue importante por el auge renovador

<sup>57</sup> Chanfon Olmos Carlos (coordinador), *LA SOCIEDAD NOVOHISPANA en Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Mexicanos volumen II el periodo virreinal Tomo I el encuentro de dos universos culturales*, UNAM Fondo de Cultura Económica, México 1997, págs. 93-95



y constructivo que acompañaron a los primeros años del siglo XVI, estos ingredientes: organización del trabajo, trabajo comunitario, entornos lacustres, sociedades agrícolas que dependían en gran medida del agua, técnicos especializados y gremios particulares son los ingredientes que nos proporcionan una ingeniería rica y compleja que a lo largo de su desarrollo concreta obras hidráulicas de gran importancia en estas observamos los mismos elementos motivacionales de los que ya hemos hablado, capacidad del estado para diseñar y construir obras del bien común y fortaleza del mismo para organizar a miles de personas además de dotarlas de recursos para la realización de estas obras.

Un territorio nuevo donde todo esta por hacerse era la gran oportunidad para poner en practica las corrientes filosóficas en moda, existía por supuesto mas libertad de acciona que en Europa ya que en América todo estaba por hacerse, las ciudades se tenían que hacer nuevas, los servicios, caminos puentes puertos y demás obras eran realizadas desde el principio, presentando una gran oportunidad para los ingenieros europeos que vinieron a América.

Otro factor que marca el tipo de soluciones que se fueron dando en América en lo que respecta a la ingeniería son las características propias del territorio y el clima, según Ignacio González Tascón todo se les hacia mas grande, dominador y extremo, el clima era mas extremo, los ríos, las montañas los valles todo era mas grande y mas indómito, esta razón también determina gran parte de las soluciones adoptadas.<sup>58</sup>

Esta corriente ideológica y el momento histórico determina la magnitud de las primeras obras hidráulicas híbridas o mestizas, este auge constructor y renovador implicaba la construcción desde cero, aunque en algunos casos se toma parte de la infraestructura existente para mejorarla o adaptarla, todos los europeos venidos a América en esos primeros años tenían la idea de construir lograr un estatus que no habían tenido en sus lugares de origen; en cuanto a los frailes venían por funciones muy específicas dentro de las cuales se encontraban el mejoramiento del territorio para de esta forma poder evangelizar de manera mas fácil, en otro grupo se encontraban los especialistas cuya actividad principal en España era el desarrollo de la tecnología, que venían a ponerla en practica para soluciones muy específicas, entre ellas el desagüe de la cuenca. Las metodologías y los procesos eran renacentistas, ensayados a través del tiempo pero revigorizados por la etapa histórica vivida y dentro de la cual estaban formados los hombres que construían el nuevo territorio.

En el caso de las nuevas ciudades, los trazos son renacentistas, pero a estas ciudades en planta de damero se les tenia que dotar de servicios, algunas de las obras mas impresionantes del periodo virreinal tienen que ver con la hidráulica, tal es el caso del acueducto del padre tembleque realizado para llevar agua a las regiones de Otumba y Tepeapulco, del cual hablaremos mas a profundidad en el capitulo correspondientes.

Estas obras hidráulicas construidas en los años del siglo XVI estaban encaminadas a la dotación de infraestructura para los nuevos núcleos de población, presas, sistemas de distribución, fuentes, sistemas de riego y por supuesto apoyo a los nuevos sistemas productivos desarrollados dentro de los territorios para incentivar la producción y de esta manera fortalecer las regiones, ingenios hidráulicos diversos, batanes, molinos, trapiches, haciendas de beneficio

---

<sup>58</sup> **González Tascon Ignacio**, *INGENIERIA ESPAÑOLA EN ULTRAMAR SIGLOS XVI-XIX VOLUMEN 1*, Centro de Estudios de Obras Públicas y Urbanismo-Centro de Estudios y Experimentación de Obras Publicas-Ministerio de Obras Públicas y Transporte-Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Tabapress, España 1992, pág. 23



etc. Toda esta arquitectura y sus componentes mecánicos son los primeros espacios en los que se debe de aplicar la ingeniería.

La actividad preindustrial generada en bastas regiones no solo tenia que ver con la producción de excedentes para el comercio, en la mayoría de los casos se fortalecía la producción regional y la construcción de ingenios se contaba dentro de los establecimientos básicos y de dotación de infraestructura, por ejemplo los ingenios relacionados con la producción de alimentos como los molinos harineros eran ubicados para dotar a las regiones de harina para el consumo local, otros ingenios hidráulicos tenían alcances industriales mas fuertes y algunos de ellos eran monopolio del estado, la fabricación de pólvora cuya fabrica principal estuvo en Chapultepec era controlada de manera importante por la Corona aunque pudiera concesionarla.

En otro ejemplo encontramos la extracción de minerales que eran enviados en su mayoría a Europa y en los cuales se construyeron ingenios hidráulicos para el apoyo en la molienda y fundido de material; las regiones textiles con los obrajes y los batanes son actividades pre industriales que distribuían sus productos fuera de los ámbitos locales, las zonas obrajeras se complementaban con las mineras que requerían de la producción de las primeras para su funcionamiento, estos sistemas comerciales y productivos eran apoyados por la incorporación de ingeniería hidráulica que ayudaba en la producción por medio de los ingenios hidráulicos.

En la Cuenca de México se fueron ubicando las zonas de trabajo que formaban sistemas preindustriales, por ejemplo se utilizan los ríos que bajan de la zona de santa fe para construir diferentes ingenios, los molinos harineros, los obrajes con sus batanes, uno de los cuales estaba en Mixcoac, la fábrica de papel ubicada en el convento de Culhuacan que utilizaba sistemas hidráulicos para mover sus ingenios y de manera mas tardía los ingenios azucareros en la zona de Morelos que establecen una nueva manera de producir el azúcar a partir de un molino de mazas verticales originado en el brasil, cuya producción alcanzo niveles de exportación

La minería fue un importante generador de ingeniería hidráulica empezando por el método de amalgamación o de patio el cual significo una revolución en el Sistema de obtención de la plata, hidráulicamente este sistema requería de gran cantidad de agua para su funcionamiento, por lo que los canales presas y el establecimiento de ingenios acompaño a las zonas mineras, en varios aspectos, la molienda de los minerales se hacia por medio de molinos que en el caso de existir el recurso eran hidráulicos de percusión, el agua para lavado de minerales y preparado de las mezclas se llevaba por medio de canales y se requería de grandes depósitos, la fundición se acompañaba por medio de hornos que requerían del agua para su funcionamiento, aunque estos elementos se adaptaban de acuerdo a la región estamos hablando de manera general de los elementos que dentro de la minería utilizaban el agua, sin dejar de mencionar los ingenios hidráulicos para achique del agua en las minas y otros complementarios.

Las alimentaciones de agua hacia las ciudades eran planeadas con cuidado, debido a que el agua era un elemento esperado por el consumo, el riego y también su fuerza motriz, ya hemos hablado al principio de este capitulo de los usos del agua en orden de importancia, en América el agua y su manejo fue una de las causas que fomento el desarrollo de la tecnología virreinal, los que aplicaban estas tecnologías diferentes mundos sin temor a equivocarnos en América, los principales ingenieros venían del mundo religioso.

Es por esta razón que encontramos en los conventos que todavía se conservan verdaderos ejemplos de sistemas hidráulicos tendientes a manejar el agua para consumo y riego de



manera magistral al mismo tiempo esta agua era llevada a establecimientos de tipo preindustrial Merece mención especial los extraordinarios sistemas de captación de agua en los conventos, que se adaptaron en la arquitectura para tener agua de lluvia, se canalizaba desde las azoteas y se guiaba por filtros para el llenado de los aljibes.

Las regiones molineras se establecieron en primer lugar en zonas cercanas a las ciudades pero en las que el recurso hidráulico estuviera presente, en esto tuvo que ver las ordenes religiosas, por ejemplo los molinos as importantes de Santa Fe pertenecían a Jesuitas, o en el caso de Puebla, los primeros molinos harineros estaban administrados por los Franciscanos del convento de las 5 llagas que ubican el convento junto al rio y construyen los molinos para subsistencia.

Contemos las obras de riego, de manejo de agua para las ciudades y de establecimientos preindustriales como los principales centros de aplicación de las tecnologías hidráulicas, tenemos que agregar a esta lista el drenaje de la cuenca de México y la construcción de diques para el control de las inundaciones en la misma ciudad, ambos ejemplos agregados al gran universo que hemos descrito, las aplicaciones tecnológicas que en su conjunto conforman la ingeniería hidráulica tuvieron un campo de acción muy amplio en el territorio novo hispano, las condiciones estaban dadas para el desarrollo de las mismas.

Estas pequeñas descripciones de los campos de actuación y desarrollo que serán ampliadas en el capitulo correspondiente nos permiten observar el panorama en el que se desarrolla la hidráulica virreinal, el ensayo de la tecnología hidráulica mestiza fue basto, en la época en que se tuvo que construir todo lo mencionado se desarrolla y se practica elementos fundamentales para apuntalar las nuevas técnicas, se tienen que tomar en cuenta que las motivaciones para hacerlo eran muy diversas, la principal de ellas tenia que ver con la consolidación territorial, en la que participan los ingenieros hidráulicos independientemente de su origen para lograr que el bienestar derivado del desarrollo de la infraestructura y la industria facilitara la consolidación territorial.

En el siguiente capitulo se explicara el desarrollo y la formación de estas técnicas que son fundamentales para entender las motivaciones que generaron la construcción de los espacios y sus componentes mecánicos todo esto teniendo como escenario América, los primero ingenieros ya en América, las técnicas utilizadas, los procesos de construcción las técnicas de proyección, las de construcción etc.



## **CAPITULO II: LA INGENIERIA EN NUEVA ESPAÑA: DE LA INTENCION MILITAR A LA PRODUCTIVA.**

### **1. Gestación y desarrollo de la ingeniería hidráulica en América.**

Es necesario entender a la tecnología hidráulica virreinal como una técnica compuesta que tomo sus elementos complementarios de las dos que la originan, la tecnología hidráulica americana previa a la llegada de los españoles y la tecnología europea cuyo punto mas depurado en su desarrollo histórico posterior a la época clásica se estaba viviendo en Europa en el marco del renacimiento, como ya se ha visto uno de los sitios europeos donde mas desarrollo tuvo esta tecnología fue en España durante el siglo XVI que acumula y difunde una tradición hidráulica proveniente de la época Romana y complementada por la época árabe.<sup>59</sup>

Es la tecnología hidráulica hispana en el siglo XVI una de las mas complejas y completas, que toma sus elementos de composición de varias culturas hidráulicas de Europa y Asia que dominaban perfectamente sus entornos, las aplicaciones hidráulicas tienen principios comunes, que parten de las propias leyes físicas de manejo y comportamiento del agua, adicional a esto en cada región y dependiendo de las características hidráulicas de las zonas los conocimientos se diversifican y se especializan dependiendo de las necesidades particulares.

Ya hemos comentado que los árabes eran excelentes ingenieros hidráulicos por ser el agua un elemento escaso en sus lugares de origen, también la ingeniería hidráulica romana aplicaba y se adaptaba como ninguna otra a las necesidades que presentaba, para los romanos no existía la adaptación de sus técnicas al medio, era todo lo contrario, ellos creían en la modificación del medio para adaptarlo a sus necesidades.

Finalmente otro aspecto de vital importancia es el desarrollo de la hidráulica para aplicaciones preindustriales, la España del siglo XVI representa el estado mas moderno de Europa, en plena expansión requería de aplicaciones tecnológicas y de ingeniería que fomentara la producción el intercambio y el comercio, estas técnicas también eran un excelente complemento de la tecnología ya milenaria que componía la hidráulica española, como ejemplo uno de los tratados más importante de la Europa renacentista en lo concerniente a tecnología hidráulica es el de los 21 libros de los ingenios y las maquinas, escrito en España.

Por otra parte las necesidades y el escenario de aplicación americanos eran un tanto diferentes, como eje principal de aplicación estaban las necesidades de riego y los suministros de agua, que en algunos casos se vuelven particularmente difíciles como en la cuenca mexicana en la que además se aumenta al factor de control de la misma cuenca, en estos campos de control hidráulico, las culturas prehispánicas aventajaban a las europeas, aun pensando en el caso de los países bajos cuyos logros hidráulicos dependían básicamente de la defensa del país ubicado por debajo del nivel del mar.

No pretendían deshacerse de los lagos, su subsistencia estaba basada en la convivencia con ellos, todos sus sistemas partían de la defensa a las inundaciones y de las necesidades de riego, con lo que se crean los sistemas de diques, las calzadas, los ductos de agua para suministrarla al interior de la ciudad, las chinampas para ganar terreno al agua y sobre todo se busca la diversificación de los elementos físicos en mas de una función, las calzadas eran

---

<sup>59</sup>Los pueblos que confluyen en la región que ahora es España dejaron parte de su tradición de ingeniería, cuyos principales componentes son la tecnología hidráulica romana y la árabe, esta gran mezcla aderezada con el desarrollo humano del renacimiento es la que confluye en América para provocar un nuevo mestizaje con las técnicas existentes.



además de elementos de control, sistemas de comunicación, las chinampas permitieron hacer crecer la ciudad y aumentar el número de cosechas al año.

Las culturas prehispánicas y las europeas se complementan al momento de la conquista y principalmente en la época de transformación del territorio, podemos decir que la tecnología hidráulica virreinal es totalmente complementaria, de las virtudes de una con las carencias de la otra, para hablar de esta gestación y desarrollo tenemos que iniciar con los primeros contactos entre ambas ingenierías esto sucede durante la conquista del territorio donde llegan los primeros ingenieros, en esta etapa entendemos al ingeniero no como el individuo que estudia la profesión, mas bien el ingeniero de esa época y principalmente los que venían con Cortes son personas que aplican conocimientos heredados y acumulados de generación en generación, sin importar el origen de sus conocimientos principales, es decir, si son académicos o empíricos.

Hasta ahora hemos hablado del panorama de la técnica y la ingeniería hidráulica en ambos mundos antes de la conquista, cuya particularidad era la de estar adaptados de manera brillante a sus respectivos contextos históricos y culturales, que se obtiene de años de aplicación con técnicas que se practicaron por medio del ensayo y el error, entendiendo el costo que tenían los errores en el caso de que la ingeniería fallara, un caso de esto lo encontramos en la época de Ahuizotl se intenta traer agua de churubusco a la ciudad de México, se construye el canal y sin un análisis previos se abre a la circulación de agua, cuyo caudal resulto tan elevado que inunda la ciudad provocando daños y descontento<sup>60</sup>.

También hemos mencionado que los imperios y principalmente los que se encuentran en expansión se apoyan en las aplicaciones de tecnología para hacer validos sus proceso de crecimiento las dos tecnologías que gestan la nueva provienen de imperios con similitudes y diferencias, los puntos de comparación de ambos podemos englobarlos como sigue, tanto el mexica como el hispano eran imperios jóvenes en desarrollo, el mexica con un poco mas de duración, el hispano estaba en un periodo de ensayo y aplicación de la tecnología dentro del ambiente de unificación y reconquista todo esto en el marco humanista en el que se justificaba su idea de expansión.

Recordemos que el hispano es el imperio que mejor capitaliza las ideas derivadas del renacimiento, su expansión era reciente y sus territorios nuevos eran casi vírgenes, a diferencia del mexica que ya dominaba grandes extensiones y que tenia que mantener un sistema de control sobre esos territorios, en ambos casos sus periodos de expansión y las necesidades de aplicación generan excelentes ingenieros, esta adaptación a su entorno los hacia dominadores de todas esas técnicas que tenían a su servicio.

De estos puntos podemos darnos cuenta que ambos sistemas tecnológicos servían perfectamente a sus usuarios para los fines que ellos requerían, dentro de sus respectivos ámbitos la tecnología hidráulica hispánica y la mexica controlaban los aspectos que necesitaban controlar, esto era notorio como ya se vio con el conocimiento prehispánico de lo habitantes de la cuenca lacustre, tecnología desconocida por los hispanos ya que no requerían del uso de esas soluciones por lo tanto no tuvieron oportunidad de desarrollarlas, al llegar a la cuenca y adaptarse a las necesidades que generaron el desarrollo de esas técnicas tuvieron que incorporarlas para resolver las mismas problemáticas.

---

<sup>60</sup> **Pineda Mendoza Raquel**, *ORIGEN VIDA Y MUERTE DEL ACUEDUCTO DE SANTA FE*, Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Investigaciones Históricas, México 2000, pág. 25





Lo mismo sucedió en el sentido opuesto, los habitantes de la cuenca vivían de los lagos, no necesitaron mas hasta que los nuevos habitantes de la tierra demandaron aplicaciones que tuvieron que ser incorporadas.

Este proceso de adaptabilidad mutuo debió de ser mucho mas difícil de lo que se ha descrito en el ultimo párrafo, primero recordando que la ingeniería es una aplicación tecnológica y que esto la reduce a un aspecto puramente pragmático tenemos que ver que los que genera estas aplicaciones son las necesidades creadas divididas en 3, las que tenían las culturas prehispánicas, las propias de los españoles y finalmente las generadas en el proceso de la conquista.



Uno de los primeros trabajos mestizos en tiempos de paz fue el trazo de la ciudad de México por parte de Alonso García Bravo y dos ayudantes indígenas de Texcoco asignados a él por sus conocimientos, este modelo que se origina desde la misma construcción de los bergantines de Cortes se repetiría a lo largo del siglo XVI en todas las obras hidráulicas la complementación de los conocimientos de los hispanos con los conocimientos prehispánicos, ejes fundamentales de la ingeniería hidráulica virreinal *imagen: Monumento a Alonso García Bravo en la Plaza del mismo nombre en la ciudad de México <http://www.flickr.com/photos/etow>*

La Técnica y la ingeniería hidráulica virreinal son descendientes de la hispánica y la prehispánica, con sus propias soluciones, sus modos de trabajo y sus sistemas de gestión, no podemos negar que cada una aportó a la nueva gran parte de su ser y que esto es lo que la volvió tan prodiga en aplicaciones que si bien venían de sus predecesoras eran diferentes con sus tintes y matices propios.

El complemento se basó en las carencias de una y otra que de la misma manera fueron mutuamente subsanadas, como en un rompecabezas las piezas se adaptaban para lograr las aplicaciones necesarias, estos aspectos cubrieron diversos rubros, desde la planeación, organización del trabajo, legislación, construcción, operación, materiales técnicos, etc.

En el presente capítulo se hablará de todos estos aspectos operativos y técnicos que se fueron amalgamando para conseguir esta ingeniería propia esa tecnología aplicada en esta tierra.

## **2. Primeras aplicaciones de ingeniería hidráulica en América, con fines militares.**

El nacimiento de la ingeniería hidráulica virreinal derivada de las necesidades de aplicación tecnológica empezó en el mismo momento de la conquista, traída de la mano del ejército conquistador.



La ingeniería acompaña a los ejércitos y los ayuda en su paso sobre los territorios a conquistar, el avance técnico de una cultura se observa en sus ingenieros que adquieren una importancia tal que sus errores pueden costar batallas y guerras.

El grado de complejidad tecnológico se refleja en la cantidad de conocimientos que los ingenieros tienen para aplicar, a menor cúmulo tecnológico menores soluciones y viceversa, bajo estas aseveraciones podemos mencionar que el ámbito militar era el semillero de innovaciones técnicas que después eran transportadas a la vida común<sup>61</sup>, la ingeniería hidráulica no fue la excepción, aunque sus principales aplicaciones son para tiempo de paz, en el caso de la conquista de México y su entorno lacustre los ingenieros hidráulicos fueron de gran utilidad.

Los primeros ingenieros llegan con Hernán Cortés, hombres sin esa actividad como modo de subsistir pero con los conocimientos necesarios para desarrollar obras de ingeniería temporales y después permanentes, el ejército conquistador era un ejército de hombres cuya primera actividad no era la de ser soldados, la mayoría del cuerpo del ejército desempeñaba otra actividad antes se embarcan en busca de hacer fortuna y mejorar su estilo de vida, es evidente que de tener en su tierra de origen prosperidad y estabilidad no hubieran tenido la necesidad de participar en una empresa tan incierta.

Entre ellos había técnicos de los que Cortés hecho mano en los momentos precisos, en el ejército Español y al igual que ha sucedido en otros ejércitos a través de la historia se aplican los conocimientos necesarios para lograr sus objetivos, en esto también va implícito algo que motivara la aplicación de los aspectos tecnológicos como una justificación de la dominación, se debe de sacar de su modo de vida idolátrico a todos estos pueblos, esto incluye rediseñar los modos de vida y traer las ventajas utilitarias que pueden generar las aplicaciones tecnológicas, sobre todo en la hidráulica en donde el agua es aspecto vital pero también como ya vimos en el capítulo pasado cubre necesidades diversa el Ingeniero Franciscano el Padre Tembleque constructor del acueducto de Zempoala decía *"a evangelizar por el agua, ya que solo un pueblo saludable puede comprender y amar a Dios"*<sup>62</sup>.

La mejora de la vida por medio de la tecnología y la religión verdadera será un justificante muy fuerte a la conquista y ocupación. Las bulas Alejandrinas donan los territorios descubiertos y por descubrir a los reyes de Castilla y León el dominio sobre *"cada una de las tierras e islas ya citadas, así las desconocidas como las hasta ahora descubiertas por vuestros enviados y las que se descubran en adelante, que bajo el dominio de otros señores cristianos no estén constituidas en el tiempo presente"*<sup>63</sup>

El Papa también asignó por este breve a Castilla y León el monopolio del comercio con las nuevas tierras, prohibiendo a todos los cristianos navegar a ellas sin licencia de los Reyes Católicos, bajo pena de excomunión. En contrapartida, les impuso a los reyes la obligación de enviar misioneros para convertir a las poblaciones descubiertas a la fe católica.

---

<sup>61</sup> La milicia desarrolla tecnologías que después de un tiempo son utilizadas en objetos de uso común. Esta situación se presenta todavía en nuestros días, principalmente en países con tradición militar como en estados unidos donde los presupuestos asignados suelen ser mas altos que en otros países.

<sup>62</sup> **González Lobo Carlos**, *LA OBRA DE FRAY FRANCISCO DE TEMBLEQUE EN LA REGION DE ZEMPOALA-OZUMBA, El acueducto y los arcos de Tepeyahualco en Bitácora arquitectura No 12*, Facultad de Arquitectura UNAM México 2004, págs. 45-53

<sup>63</sup> **Castañeda Delgado, Paulino**, *LA TEOCRACIA PONTIFICAL EN LAS CONTROVERSAS SOBRE EL NUEVO MUNDO Serie C. Estudios Históricos Núm. 59*, UNAM Instituto de Investigaciones Jurídicas, México 1996, págs. 322-356



Paulino Castañeda menciona en su documento que las donaciones están condicionadas a dos aspectos fundamentales, el primero es que los nuevos dominios no estén bajo dominio de ningún príncipe cristiano y que se envíen misioneros para llevar la religión verdadera a ellos, bajo estas dos premisas se justifica el avance de los reyes de Castilla y León.<sup>64</sup>

Al igual que otros casos analizados un ejercito de conquista deja su huella con sus primeras obras de ingeniería, que son presagio de lo que vendrá en tiempos de paz, las diferencias son dos la premura y el objetivo, mientras que las primeras obras sirven para el control y el avance así como la consolidación del ejercito, las otras subsanados los aspectos ya descritos se dedican a adaptar el entorno a las nuevas necesidades, en el caso de México es este el periodo de mezcla inicial, nace de manera incipiente la tecnología mestiza que de igual modo se aplicara para transformar el entorno para nuevos y antiguos pobladores.

Estos primeros años que suceden entre las aplicaciones militares y los primeros trabajos de construcción y consolidación dan origen a la tecnología hidráulica virreinal, conjunto de aplicaciones que tienen un sustento de técnicas tanto hispanas como prehispánicas y que a lo largo de todo el virreinato no deja de evolucionar y transformarse.

En este periodo de gestación las primeras obras de ingeniería en general y en particular de la ingeniería hidráulica se llevaron acabo bajo premisas de orden militar, por ejemplo la construcción de los bergantines, la destrucción de los diques y acueductos y su posterior rehabilitación y la construcción y demolición de puentes en la cuenca esto sin contar con las diversas obras de fortificación que se realizaron lo largo del territorio sobre todo en zonas específicas, Kubler menciona la construcción de una fortaleza temporal en Veracruz encargada por el mismo Hernán Cortes a uno de sus soldados que además de ser parte del ejercito conquistador fungía como ingeniero.<sup>65</sup>



La construcción de los doce bergantines es uno de los primeros ejemplos de ingeniería conjunta, en primer lugar, se necesita que los soldados que eran carpinteros y carpinteros de rivera se dediquen a la construcción en una zona asegurada militarmente para llevar a cabo la obra sin problema, en esta zona también se tienen aliados indígenas que ayudan en varias tareas, cuando las piezas están listas se llevan desramados hasta la laguna en la región de texcoco donde se arman para poder controlar el sitio de la ciudad desde el agua. Similar a lo que hacían los romanos lo soldados se transforman en obreros para lograr las obras tendientes a realizar una campaña militar. Los bergantines fueron vitales en la toma de Tenochtitlan, en ellos se movía rápidamente la gente y controlaban los suministros. **Imagen Códice Florentino lib. XII, f55r**

<sup>64</sup> *Ibíd.* págs. 322-356

<sup>65</sup> Kubler George, *ARQUITECTURA MEXICANA DEL SIGLO XVI*, Fondo de Cultura Económica, México 1983, Pág. 116



Como ya hemos visto la ingeniería en su primer contacto con los indígenas es una ingeniería militar, dentro de esta situación existen referenciadas algunas obras que se realizaron dentro del mismo proceso de la conquista. Una de las mas importantes y que determino el rumbo que tomaría la guerra fue la construcción de los 13 bergantines, en las cartas de relación Cortes los menciona varias veces como el elemento que le permitiría controlar la laguna y de esta manera poner sitio a la ciudad,

*“En tanto yo quedo haciendo doce bergantines para entrar en la laguna y estése labrando ya la tablazón y piezas de ellos, porque así se han de llevar por tierra, porque en llegando, luego se liguen y se acaben en breve tiempo y así mismo se hace clavazón para ellos y están aparejada pez y estopa, y velas y remos, y las otras cosas para ello necesarias”<sup>66</sup>*

Para realizarlos cuenta con el apoyo de los Tlaxcaltecas y aunque no es mencionado a quien o a quienes se les encarga la dirección del trabajo, al respecto Cortes hace referencia:

*“Cuando a esta ciudad llegue hallé que los maestros y carpinteros de los bergantines se daban mucha prisa en hacer la ligazón y tablazón y que tenían hecha razonable obra”<sup>67</sup>*

Es muy interesante encontrar en esta fabricación de los bergantines el binomio que se repetiría a lo largo del virreinato, los indígenas aprendiendo la técnica enseñada por los españoles o mejor dicho la mano de obra hecha por indígenas dirigidos por españoles las piezas son realizadas en Tlaxcala y enviadas a México por una caravana de indígenas este traslado provoco la admiración de los conquistadores, el objetivo era llevar las piezas a Texcoco para ser armados y botados en ese lugar:

*“Y otro día que llegó, partieron de allí con la tablazón y ligazón de ellos, la cual traían con mucho concierto mas de ocho mil hombres, que era cosa maravillosa de ver, y así me parece que es de oír llevar 13 fustas diez y ocho leguas por tierra”<sup>68</sup>*

Es este uno de los primeros trabajos mestizos que marcarían en lo sucesivo la tónica del trabajo en los primeros años; El indígena bajo la dirección hispana realiza un trabajo que de esta forma empezara a aprender los diferentes oficios, bajo técnicas españolas, para posteriormente ejercerlo por cuenta propia *Españoles e indígenas lograron organizarse de tal forma que obtuvieron un trabajo complementario y eficiente*<sup>69</sup> dentro de esta tónica se debe de hacer énfasis en las obras realizadas para la conquista tanto destructivas como constructivas, durante al sitio de la ciudad Cortés manda destruir el acueducto que venia de Chapultepec para dejar sin agua a los defensores.

Adicional a la destrucción del acueducto se van segando los canales y se destruyen los diques con el propósito de hacer insostenible la posición de la ciudad, provocando además del hambre y la sed condiciones de salubridad extremosas para debilitar a los Mexicas, se destruyen los diques para permitir el libre paso de las embarcaciones entre zonas de la laguna, recordemos que estas calzadas diques delimitaban áreas específicas de la laguna, en conjunto con los bergantines construidos, esta serie de obras en las que se requiere la aplicación de conocimientos técnicos son utilizadas como un arma de asedio mas.

<sup>66</sup> Cortes Hernán, *op.cit.* pág. 119

<sup>67</sup> *Ibíd.* pág.132

<sup>68</sup> *Ibíd.* pág.147

<sup>69</sup> Ortiz Macedo Luis, *LA HISTORIA DEL ARQUITECTO MEXICANO SIGLOS XVI-X*, Grupo editorial Proyección de México, México 2004, pág. 28





Los ingenieros eran vitales en el desarrollo de una campaña militar, en la imagen observamos una representación del sitio de Tenochtitlan, parte de la batalla es naval utilizando los bergantines de los cuales ya hemos hablado se observa enfrentamiento de tropas en agua, los españoles en los bergantines los indígenas en sus canoas, los españoles con armas de fuego los indios con lanzas, otra parte importante de la imagen es la batalla que se lleva a cabo en una de las calzadas que ha sido interrumpida al destruirse el puente que la une con la isla, la cual es defendida por los indígenas. La destrucción de puentes fue la acción indígena para dificultar el avance de los españoles, el cegado de los canales fue la respuesta hispana para facilitar el movimiento de las tropas. **Imagen códice florentino lib. XII, f, 56r.**

Cuando la ciudad es tomada por los españoles, las primeras obras de ingeniería ya fuera del enfrentamiento militar tiene que ver con regresarla a su estado previo al asedio en el cual la habitabilidad estaba garantizada, pero avanzando mas allá, incorporando tecnología hispana en las soluciones, este proceso destructivo que después tiene que revertirse genera una situación de aplicación tecnológica que se repite en la mayoría de los procesos de asedio, la ciudad es destruida para poder dominarla, una vez controlada se debe de garantizar su habitabilidad debido a que el ejercito triunfante tendrá que habitarla.



Hernán Cortés encomienda los primeros trabajos de ingeniería mestiza en lo que sería Nueva España, algunas fortificaciones provisionales, como la mencionada por Kubler en Veracruz, la construcción de los bergantines, la destrucción de calzadas, diques y acueductos. Posteriormente ordena la reconstrucción de la ciudad, nombrando a Alonso García Bravo para el trazado, encomienda la reconstrucción de acueductos y calzadas. La construcción misma de la ciudad represento una obra de proporciones inmensas, el habilita en el marquesado los primeros ingenios hidráulicos, se puede considerar a Cortés el primer promotor de la ingeniería virreinal. **Imagen pintura de Cortés joven fuente [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)**

Después de la rendición de los aztecas, varios eran los trabajos urgentes en primer lugar había que restablecer el suministro de agua por lo que se manda a reconstruir el acueducto en las zonas en que su flujo fue interrumpido, los diques y albarradones se reconstruyen parcialmente en parte porque los españoles no habían comprendido adecuadamente su función, para los bergantines se construyen las atarazanas construcción sobre agua que a manera de bodega

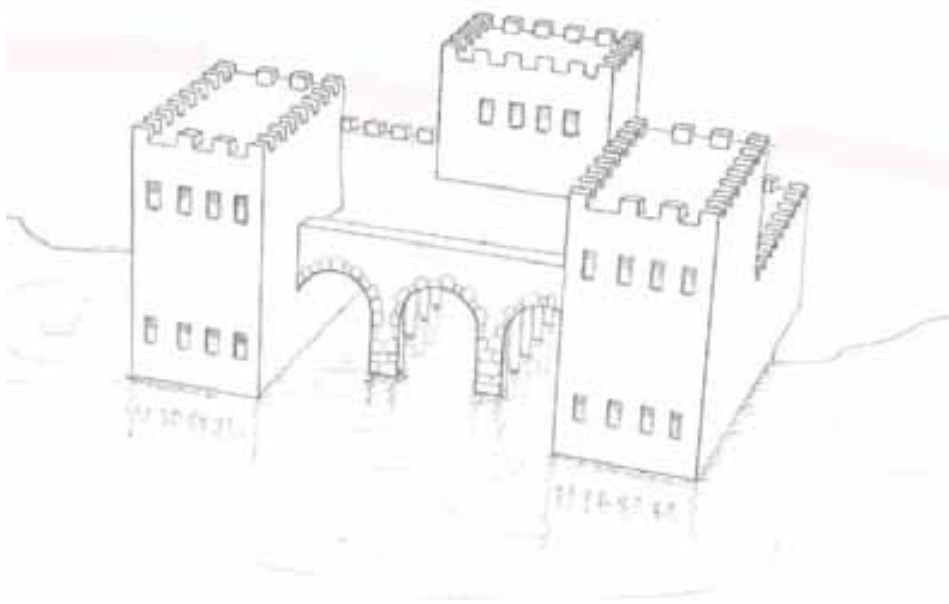


guarda las embarcaciones, el edificio debió de ser notable y una de las primeras construcciones levantadas en la nueva ciudad, al respecto el propio Cortés menciona.

*“Puse luego por obra, como esta ciudad se ganó, de hacer en ella una fuerza en el agua, a una parte de esta ciudad en que pudiese tener los bergantines seguros, y desde ella ofender a toda la ciudad si en algo se pudiese, y estuviese en mi mano la salida y entrada cada vez que yo quisiese e hizose. Esta hecha tal, que aunque yo he visto algunas casas de atarazanas y fuerzas, no la he visto que la iguale; y muchos que han visto otras mas afirman lo que yo; y la manera que tiene esta casa es que a la parte de la laguna tiene dos torres muy fuertes con sus troneras en las partes necesarias; y la una de estas torres salen fuera del lienzo hacia la una parte con troneras; que barre todo el un lienzo, y la otra a la otra parte de la misma manera, y desde estas dos torres va un cuerpo de casa de tres naves, donde están los bergantines, y tienen la puerta para salir y entrar entre estas dos torres hacia el agua”<sup>70</sup>*

Otro aspecto importante de la descripción que nos permite hacer una reconstrucción del edificio es la apariencia de la construcción que le confería cierto carácter defensivo, esta característica estará presente en las primeras construcciones de la ciudad con el valor agregado de requerir conocimientos de construcción en agua para garantizar su funcionamiento y permanencia, insistimos en el carácter mestizo de todos estos trabajos, dirigidos por españoles bajo las necesidades y premisas por ellos establecidas y apoyados en los conocimientos desarrollados por los indígenas los cuales fueron puestos al servicio de los nuevos habitantes.

El análisis de la obra que gira en torno a la tecnología hidráulica debe de acompañarse del contexto que la genera. El marco en el que se desarrollan este tipo de trabajos siempre será utilitario, el manejo del agua como ya se ha visto tiene que ver con caminos muy específicos que resuelven necesidades humanas, el contexto de los trabajos es lo que determina las características particulares, por lo mismo las obras de tipo efímero que se generan para resolver las necesidades generadas en la conquista se irán mejorando para transformarlas en obras mas permanentes, por lo mismo el especialista que las realiza sea cual sea su origen se transforma, de ser en un inicio un soldado cambiara a ser un oficial que se dedica a ejercer su oficio como única actividad por supuesto en tiempo de paz.



Las atarazanas eran a manera de astilleros los sitios donde se construían y reparaban naves, al mismo tiempo existían bodegas para los bastimentos, en México además de cumplir con estas características las atarazanas tenían que ser una fortaleza, para resguardar los bergantines que tan valiosos habían sido en el sitio de la ciudad, Cortés sabía que el que tuviera control sobre los lagos tendría control sobre la ciudad, la construcción de las atarazanas requirió de conocimientos en la construcción en agua, la cual se realizaba por medio de diques para plantar la cimentación en el lecho, los bergantines podían entrar y salir sin problema.

**Imagen: Tarsicio Pastrana en base a las cartas de relación y a la reconstrucción en el Kubler pág. 216**

<sup>70</sup> Cortes Hernán, *op.cit.* pág. 249



### 3. La ingeniería Hidráulica en el tránsito de la guerra a la paz

Esta claro que el proceso de conquista dio paso a uno de adaptación de las zonas conquistadas, los hombres que vinieron como soldados también tuvieron que cambiar su estatus y adquirir sus oficios de origen o los de sus padres para integrarse a esa sociedad virreinal de la cual eran los fundadores, de esta forma los hombres de Cortés, incluido el en esta clasificación funcionan como los primeros ingenieros en tierras novo hispanas, la aplicación tecnológica en aras del control militar cambia por la planeación y los proyectos para hacer productivas y habitables las nuevas tierras.

De los primeros hombres en desarrollar trabajos específicos en ingeniería y tecnología tenemos pocos nombres, como ya se menciona no tenemos el dato exacto de quien dirigió la construcción de los bergantines, pero si se menciona que Cortes mismo dirige la construcción de las atarazanas también en las cartas de relación explica del envío de técnicos para la construcción de navíos en la costa y poder explorar el litoral en el llamado mar del Sur actualmente océano pacifico

*“Como dios nuestro señor encaminaba bien esta negociación , e iba cumpliendo el deseo que tengo de servir vuestra majestad en esto de la mar del sur por ser cosa de tanta importancia, he proveído con mucha diligencia que en la una de tres partes por do yo he descubierto la mar se hagan dos carabelas medianas y dos bergantines; las carabelas para descubrir y los bergantines para seguir la costa; y para ello he enviado con una persona de recaudo bien 40 españoles en que van maestros y carpinteros de ribera y aserradores y herreros y hombres de la mar y he proveído a la villa por clavazón y velas y otros aparejos necesarios para los dichos navíos”<sup>71</sup>*

Cortés menciona algunas cosas interesantes que nos permiten imaginarnos la composición de los primeros españoles adecuándose a las nuevas tierras, en primer lugar reúne 40 hombres cuya característica principal es que pueden participar en la construcción de barcos, en el mismo texto encontramos una especialidad dentro de la carpintería los carpinteros de rivera, pero no solo eso en el grupo van herreros aserradores y hombres de mar, que tienen como función la construcción de los navíos, estos hombres eran soldados que cambian un instrumento por otros, estos mismos hombres empezaran a ejercer su oficio para convertirse en los primeros oficiales, técnicos, ingenieros etc. en habitar esta tierra, son los forjadores de los sistemas gremiales que después prevalecerán y que serán semillero de técnicos y oficiales, esto se extiende a la ingeniería, con la salvedad de que los conocimientos necesarios para el desarrollo de esta son mas complejos.

El cambio de actividades tiene que ver con los cambios que se suceden en el control de los territorios, estos también determinaran las etapas de aplicación de la tecnología hidráulica, habíamos mencionado como primera etapa el control militar, las aplicaciones de ingeniería y en algunos casos de ingeniería hidráulica tienen como objetivo el control el dominio del territorio el enfrentamiento, la consolidación de posiciones entre otras, todas estas actividades de carácter efímero por encontrarse subordinadas a intereses relacionados con la guerra.

El carácter efímero se lo confiere el hecho de que los bandos en pugna tienen la intención de ganar, la duración de las obras es momentánea para cubrir los momentos bajo las necesidades especificadas, esto no la exime de que algunas en etapas subsecuentes tengan que ser transformadas para que su duración sea mayor, de esta primera etapa se ha estado hablando y es la que determina los primeros ejemplos de aplicación.

---

<sup>71</sup> *Ibíd.* pág. 214



Como segunda etapa tenemos un proceso de transición, las primeras acciones a tomar al momento de ganar una guerra son la limpieza de las zonas en las que esta se desarrollo, en el caso particular de Tenochtitlan la ciudad fue destruida y radicalmente transformada en sus sistemas de funcionamiento, los primeros trabajos se encaminan a resolver esta situación.

Esta etapa de transición es resolutive con aspectos inmediatos como los suministros de agua, en el caso de México suspendido durante el sitio, los actores siguen siendo los ingenieros que acompañan al ejercito pero ahora las obras serán mas permanentes y con otros fines, se debe de garantizar la habitabilidad del espacio conquistado; la transición que mencionamos abarca todos los aspectos debido a que la sociedad existente empieza un proceso de asimilación de las nuevas formas en esta etapa los frailes todavía no desempeñaban el papel tan importante que años después tendrían como ingenieros hidráulicos, también asegurado el territorio es momento para la llegada de hombres de paz, los hombres de guerra se transforman en ciudadanos o se van a nuevas aventuras de conquista, es cuando los especialistas comienzan a venir de España.

Etapa	Nombre	Técnicos	Obras
1	Etapa control militar	Soldados y técnicos que venían en el primer grupo de conquista.	Consolidación y dominio militar, obras para la guerra, fortificaciones provisionales, bergantines, destrucción del acueducto, cegado de canales.
2	Etapa de transición	Soldados y Técnicos primeros especialistas, ingenieros de las ordenes religiosas.	Reconstrucción de acueductos, saneamiento, nuevas ciudades.
3	Etapa de consolidación	Ingenieros especialistas, ingenieros religiosos, técnicos especializados.	Mantenimiento de obras existentes, diseño y construcción de ingenios, suministro de agua, saneamiento.

Esta etapa subsecuente a la conquista militar se repite en el interior del territorio, primero la conquista militar que requiere de los ingenieros militares, después la etapa de consolidación del dominio en la que los trabajos son realizados por los militares de manera inicial y posteriormente especialistas de diversos ámbitos, en las grandes ciudades los laicos y aparejado con el proceso de evangelización los religiosos todo esta por construirse porque no existe nada o en el mejor de los casos existe muy poco.

La actividad constructiva es abundante en todos los sentidos, y la ingeniería hidráulica no es la excepción, se hacen obras de distribución, de almacenamiento, establecimientos preindustriales cañerías y sistemas de riego.

En la tercera etapa la de consolidación los trabajos son principalmente de mantenimiento, de aumento de la infraestructura, de mejoras productivas, los protagonistas seguirán siendo los especialistas ya mencionados, religiosos y laicos pero con una transformación, en el numero de sus participantes conforme las poblaciones se secularizan y los religiosos cambian su estado inicial evangelizador o entregan las poblaciones ellos disminuirán y los laicos aumentaran, es la época donde los primeros centros productores comienzan a convertirse en verdaderos centros





preindustriales, recordemos que el motor de la industria del virreinato es el agua el aumento de las zonas preindustriales va a permitir la consolidación económica y social del territorio principalmente en algunas regiones y zonas con características para ello.

En resumen estas tres etapas la militar, la de transición y la de consolidación tienen diferentes actores y escenarios que se van transformando para poder subsistir, situación que no es nueva en procesos similares a lo largo de la historia, los conquistadores mismos al igual que lo hacían los veteranos Romanos en torno a las ciudades construidas en territorios nuevos se integran a las poblaciones y se convierten en los fundadores de la primera sociedad colonial estos grupos de especialistas estudiados o no que establecen los primeros cimientos de la ingeniería virreinal conforman los poblados y en el caso de los ingenieros hidráulicos transforman para bien los territorios.

Hasta ahora hemos mencionado el trabajo de manera general del cual la ingeniería hidráulica es parte importante, para ser más específicos todo trabajo de aplicación tecnológica tiene su origen en una necesidad básica que puede ser de diversas índoles, el punto de partida para cualquier obra tiene que ver con resolver esa necesidad, hemos mencionado que los primeros años de trabajo en la ciudad fueron muy importantes para la tecnología hidráulica, debido a la carencia de todo que existía, estas necesidades múltiples eran resueltas por los personajes que funcionaban como ingenieros, si estas necesidades establecieron las directrices de aplicación es conveniente que veamos las principales de ellas, siempre en el contexto de las etapas que se mencionaron con anterioridad.

Las necesidades que se debían de subsanar con las aplicaciones de tecnología hidráulica no solo eran prácticas, se requería una transformación del territorio para adaptarlo a la forma de vida del europeo aunque estas se realizaron siempre de manera complementaria, los trabajos se encaminaron a construir ciudades europeas con las comodidades mínimas necesarias, adicional a esto la corriente imperante establecía cierto tipo de ciudad que era la considerada como más sana y moderna; en América, el urbanismo tuvo un desarrollo consecuente con la gran cantidad de ciudades fundadas o refundadas, en este aspecto y excluyendo el agua con usos industriales encontramos que el agua es vital para la subsistencia, las necesidades de transformación del territorio y la implementación de servicio para las ciudades y las zonas habitadas así como para las haciendas y otros establecimientos forzosamente incluían el suministro de agua

El siglo XVI representó un auge constructor que abarcaba todos los niveles, entre ellos el establecimiento de ciudades nuevas, ciudades nuevas que necesitaban de suministro de agua, el mismo principio se extiende a las ciudades reconstruidas que en este proceso de transformación tuvieron que ser abordadas por los ingenieros hidráulicos para mejorar o implementar el suministro de agua, canales acueductos, fuentes públicas, cañerías etc., y en el caso de los conventos y establecimientos religiosos complejos sistemas de captación de agua de lluvia, que por medio de ductos filtros y aljibes se almacenaba para consumo de las comunidades, de manera complementaria estaban los sistemas de agua rodada de los cuales se hablara con detalle más adelante, la importancia del agua para el desarrollo adecuado de una población es conocido, y podemos considerar dentro de las necesidades iniciales de transformación el suministro de agua, recordemos que al igual que muchas otras necesidades las poblaciones prehispánicas resolvían de alguna manera su suministro, en el caso de la conversión de poblado indígena prehispánico a ciudades hispanas los sistemas fueron adaptados, mejorados y como ya se dijo en el caso de ciudades nuevas implementados.



Los ingenieros hidráulicos tenían como primera necesidad el suministro del agua, la segunda necesidad era que hacer con esa agua una parte era el suministro a poblaciones y edificios la otra el agua con fines productivos, que básicamente abarca dos áreas el riego y el agua como motor de la industria. La tecnología para el riego se cubría con los conocimientos previos que existían y la infraestructura existente, básicamente requería de la fuente, el almacenaje la conducción y de manera muy importante la obturación del agua para llevarla a la zona que se deseara, los conocimientos prehispánicos eran tan importantes en este sentido que permearon las técnicas de regadío europeas y hasta la fecha los nombres de los canales de riego conservan los nombres prehispánicos.<sup>72</sup>

La infraestructura existente en riego denotaba un control y un dominio muy avanzado de las técnicas, la base alimenticia de los pueblos prehispánicos estaba sustentada en la agricultura por consiguiente el control y uso del agua garantizaba las cosechas, el sistema de chinampas del cual ya hemos hablado permitió aumentar el número de cosechas al año y por lo tanto la producción. Los canales y acueductos prehispánicos estaban vigentes y funcionaban a lo largo de todo el territorio ocupado en muchos de estos casos las mejoras fueron realizadas en conjunción con los habitantes que dominaban el terreno,

En el caso del agua como motor de la industria se tenía que llevar al sitio requerido para accionar las máquinas, esto se realizaba bajo las técnicas conocidas de canalización y conducción, por ejemplo en Tepetzotlán a la llegada de los jesuitas la población hace un donativo de un molino que se había construido sobre los canales prehispánicos existentes antes de la llegada de los españoles con esa mención en las crónicas se puede apreciar una modificación de canales de riego existentes para hacer funcionar un molino este trabajo había sido realizado por los Franciscanos, lo interesante es el complejo diseño hidráulico que realizaron los jesuitas<sup>73</sup>

las labores necesarias una vez decidido el lugar podrían incluir la construcción de embalses y la canalización de agua por las diferentes cotas del terreno según las necesidades lo importante era tener el agua al alcance de la mano y poder hacer un manejo adecuado de ella, esto es lo que ya existía cuando llegan los europeos, lugares de almacenamiento y canalización, aunque las necesidades de agua de algunos de los ingenios por ejemplo los azucareros estaban muy por encima de cualquier obra prehispánica, los primeros ingenios fueron principalmente azucareros, molinos harineros y batanes.

Hacemos énfasis en el carácter mestizo de las primeras técnicas hidráulicas, técnicas apoyadas en los conocimientos innovadores de los europeos pero conjuntadas con el conocimiento regional el movimiento de las aguas para consumo o para fines productivos alcanzo niveles mucho mas avanzados en las cuencas lacustre de México y estos conocimientos se incrementaron durante años de luchar contra inundaciones y contra el entorno para poder aprovecharlo en beneficio del hombre esta lucha genero el alto nivel cognoscitivo del manejo del agua y el control de la cuenca, esta lucha heredada a los nuevos pobladores les permitió desarrollar sus conocimientos hidráulico y ponerlos en práctica.

---

<sup>72</sup> Los nombres prehispánicos de los canales se conservaron y siguen vigentes hasta nuestros días lo que nos habla de que estas técnicas de regadío se mantuvieron desde época prehispánica y durante el virreinato, las técnicas españolas complementaron los sistemas de riego en la conducción canalización almacenaje y control, algunos de los nombres son Apantle madre, apantle, achololera, tenapantle, milapantle etc.

<sup>73</sup> **Pastrana Salcedo Tarsicio**, *MOLINOS HIDRAULICOS HARINEROS MOLINOS DE XUCHIMANGAS tesis de maestría*, UNAM, México 2004, págs. 85 y 86



#### 4. Composición de los primeros pobladores novohispanos

En el periodo subsecuente al control militar se establece la composición poblacional, este periodo marca la transformación de la sociedad en todos sus aspectos esto es importante porque dentro de ella y fluctuando entre las dos primeras etapas que hemos mencionado se encuentran los primeros especialistas y trabajadores que desarrollan dentro de su aplicación la tecnología hidráulica.

La primera composición social se estratifica desde la misma guerra de conquista, la jerarquización del ejército español será la cimiento de la primera sociedad virreinal, dentro de ella los técnicos y especialistas.

En la cima de la pirámide se encuentran los capitanes de Cortés y va reduciéndose en rango y jerarquía hasta el grueso de los soldados, de esta forma y por acciones en las guerras de conquista se reparten las encomiendas y las mercedes de tierra y aguas, aspectos importantes porque esta dotación de tierras y las encomiendas que acompañaban a estas establecen las primeras necesidades que se cubrirán con la aplicación de la tecnología hidráulica otro aspecto importante esta en crear las condiciones de estabilidad que permiten el cambio hacia las etapas de transición y consolidación.

Como ya hemos mencionado se requiere de una necesidad de consolidar el territorio es conveniente analizar quienes eran los primeros poseedores de las tierras que tendrían que ser transformadas por medio de las obras hidráulicas entre otras, Recordemos que los conquistadores eran hombres que se embarcan en busca de riqueza que generalmente empieza por la obtención de tierras las mejoras en infraestructura estas tierras son parte importante de dicho proyecto y por consiguiente crean necesidades en las que las aplicaciones hidráulicas tienen un campo fértil.

El primer grupo de composición lo forman los capitanes de Cortés que se llevan las mejores tierras y encomiendas acompañadas de mercedes de agua permisos para construir molinos y otras protoindustrias, son las tierras mas productivas, la mas grande de ellas la que le correspondería a Cortes, el marquesado del valle, si pensamos en la mercedes y encomiendas que acompañan esta concesiones encontramos los inicios de los sistemas de haciendas que fueron la base de la producción en el virreinato de las mercedes de agua y sus características se hablara mas adelante.<sup>74</sup>

El segundo grupo está formado por los que recibieron encomiendas que generaban menores ingresos y que al no ser suficientes para su manutención se apoyan en el desempeño de una actividad complementaria también otorgada en muchos casos por sus servicios en el ejército, en este grupo de 78 conquistadores están los primeros médicos, arquitectos y oficiales que realizan su labor en un territorio donde en ese momento se necesitaba todo, el libre ejercicio de sus profesiones que hicieron al principio les permitió vivir cómodamente, también tenían una clientela cautiva que necesitaba de estos servicios, se debe de hacer énfasis en que estos profesionistas tenían conocimiento aun antes de embarcarse de la profesión que terminaron desempeñando en estas tierras dentro de esta categoría encontramos ingenieros militares que se transforman en civiles para el ejercicio de su profesión en las zonas ya controladas.<sup>75</sup>

---

<sup>74</sup> **Moreno Toscano Alejandra**, *EL SIGLO DE LA CONQUISTA LA PRIMERA SOCIEDAD COLONIAL en Historia General de México tomo 2*, SEP- El Colegio de México, México 1981 México, págs. 53 y 54

<sup>75</sup> *Ibíd.* pág. 54



Grupo	Integrantes	Descripción
<b>A</b>	CAPITANES DE CORTÉS	El primer grupo de composición lo forman los capitanes de Cortés, que se llevan las mejores tierras y encomiendas acompañadas de mercedes de agua, permisos para construir molinos y otras protoindustrias, son las tierras más productivas principales promotores del diseño y construcción de obras hidráulicas.
<b>B</b>	SOLDADOS DE MENOR RANGO	Recibieron encomiendas que generaban menores ingresos y que al no ser suficientes para su manutención se apoyan en el desempeño de una actividad complementaria, en este grupo de 78 conquistadores están los primeros médicos, arquitectos y oficiales de la Nueva España, entre estos estarán los primeros ingenieros hidráulicos que trabajarán en el territorio.
<b>C</b>	SOLDADOS DE TROPA	95 conquistadores que reciben encomiendas más pequeñas insuficientes para mantenerse, tienen que desarrollar el oficio de sus padres o aprendidos durante la conquista, estos componen los primeros oficiales de la Nueva España por ejemplo, herreros, sastres, curtidores, carpinteros, carpinteros de lo prieto que son los que construyen las máquinas para los ingenios hidráulicos.
<b>D</b>	AUXILIARES DEL EJERCITO	El último grupo adquiere encomiendas tan pequeñas que no pueden vivir de ellas, gran parte de ellos y de algunos del tercer bloque conforman grupos que se van a otras zonas a guerras de conquista, como al Perú o a Guatemala buscando mejores posiciones.

En el siguiente grupo se ubican 95 conquistadores que reciben encomiendas más pequeñas y al igual que los anteriores desarrollan oficios que tenían en España o que eran los oficios de sus padres, estos componen los primeros oficiales de Nueva España por ejemplo carpinteros, herreros, sastres, muchos de ellos determinantes en la ejecución de trabajos de aplicaciones en la primera etapa de la conquista para el control militar, entre este grupo encontramos carpinteros de diversos tipos entre ellos los denominados de lo prieto tan necesarios para las aplicaciones de tecnología hidráulica.<sup>76</sup>

El último grupo adquiere encomiendas tan pequeñas que no pueden vivir de ellas, gran parte de ellos y de algunos de los descritos en el tercer grupo conjugan ejércitos que van a la conquista de Guatemala y Perú buscando quedar en mejor posición y por méritos en campaña lograr encomiendas mejores en nuevos territorios, reiniciando el proceso que los llevo a dejar su tierra natal para buscar fortuna, este grupo que no logra sus objetivos, continúa en el ámbito militar y se ira a otras tierras.<sup>77</sup>

Si analizamos nuevamente las etapas mencionadas encontraremos el marco perfecto de desarrollo de diferentes tecnologías entre ellas la hidráulica, cuando esta población inicial adquiere sus roles y esas nuevas actividades conllevan el ejercicio de profesiones que permitirán el funcionamiento adecuado de una sociedad la etapa de transición entra de lleno, si recordamos el último grupo compositivo de la sociedad virreinal inicial, encontraremos en su mayoría individuos que al no encontrar su lugar buscaran iniciar un nuevo proceso en otro sitio.

El nuevo proceso personal es coincidente con los procesos generales de la sociedad fundadora. Para la etapa de transición se busca restablecer y mejorar la habitabilidad de las tierras arrasadas durante la guerra de conquista en este periodo en el que se necesita reconstruir todo y construir lo que hace falta, la corona empieza a mandar los especialistas para necesidades muy específicas que no pueden ser subsanadas con los conocimientos que tienen los ingenieros militares, tan fuerte es la necesidad de hombres técnicos que los religiosos al ser

<sup>76</sup> *Ibíd.* pág. 54

<sup>77</sup> *Ibíd.* pág. 55



individuos preparados en varias áreas del conocimiento trabajan en muchos territorios como ingenieros hidráulicos y urbanistas, arquitectos y demás profesiones tan necesarias

La primera audiencia se establece con el deseo explícito del rey de ordenar el ejercicio del poder en los virreinos, antes de este periodo y aun después del establecimiento de los primeros gobernantes llegados desde España los conquistadores realizaron estas tareas, para hablar de los primeros trabajos realizados en el campo hidráulico debemos tomar en cuenta que no siempre quedo registro de los autores, conocemos la obra que ha quedado anónima pero que en muchos casos es funcional hasta la fecha casi 500 años después, estos hombres que trabajaron en esos primeros años, son los primeros ingenieros hidráulicos en Nueva España de algunos de ellos existen noticias, sobre todo con los involucrados en obras de importancia mayor o los que trabajaron en lugares y zonas mas cercanas a las grandes ciudades.



La composición de los primeros pobladores hispanos es de vital importancia por varias causas, la primera es que entre ellos están los primeros hombres que hacen ingeniería hidráulica en América Continental. Participan activamente de dos maneras, una como obreros o artesanos que retoman sus oficios después de que termina la guerra de conquista la otra los que obtienen tierras y encomiendas y que comienzan a transformar el territorio para hacerlos mas productivo, en estos proyectos se encuentran presas acueductos redes de riego, ingenios, depósitos etc. **imagen: Murales de Diego Rivera en palacio nacional**

Las primeras obras hidráulicas de las que se tienen referencia se dieron poco después de la caída de Tenochtitlan, dentro de la etapa de transición encontramos a Martín Sepúlveda nombrado por Cortés maestro de obras de la primitiva catedral y de las casas reales, fue el autor de las primeras obras de abastecimiento de agua para la ciudad, era tan importante su labor en esos años que se le prohibió abandonar la ciudad como lo hacían otros para participar en nuevas conquistas<sup>78</sup> su mano de obra era indígena como la de la gran mayoría de los especialistas trabajando en la reconstrucción de la ciudad y en la construcción de infraestructura, los años en los que se le encomendaron los trabajos nos indican que era del grupo inicial de conquistadores o en su defecto en los grupos que llegaron después pero de manera temprana incluso cuando la ciudad de México todavía no estaba controlada.

Como ya habíamos mencionado la primera obra hidráulica que se le encomienda es la reconstrucción del acueducto dañado durante el sitio, en el carácter de las obras encargadas

<sup>78</sup> Kubler George, *op.cit.* pág. 116



de manera temprana observamos las prioridades de los españoles, parte de ellas nos atañen directamente, el abastecimiento de agua de la ciudad, también debemos de recordar que los españoles habitaron Coyoacan durante el proceso inicial de reconstrucción de la ciudad, por lo que su suministro de agua estaba garantizado la ciudad de México había quedado inhabitable después del periodo de sitio y una de las primeras tareas fue regresar esa habitabilidad.

Para 1530 año que puede ser considerado dentro de la etapa de transición se realiza un concurso para la elaboración del acueducto de Churubusco en el que participaron algunos de los primeros ingenieros de los que se tiene referencia, entre los que estaban el mismo Martín Sepúlveda y Rodrigo Montesillas constructor del acueducto de Churubusco y maestro de indígenas en las técnicas necesarias para poder apoyar en las diferentes labores este segundo hombre Montesillas tiene actividad en México desde 1524 pocos años después de la conquista, junto con Sepúlveda son los constructores con mas actividad en aquella primera década.<sup>79</sup>

Sobre ese acueducto se mencionan varios estudios para su realización, se encomiendan trabajos de nivelación para ver la factibilidad de su construcción de hecho se abandono la tarea de construirlo por considerarlo una empresa muy complicada principalmente por la distancia de la ciudad hacia el pueblo de Churubusco, se opta tiempo después por construir este acueducto alterno desde Santa Fe<sup>80</sup>.

En la segunda etapa de aplicación la de transición encontramos algunas obras que son de vital importancia para el futuro de la ciudad y que como hemos mencionado siguen poniendo a prueba los nuevos estilos de trabajo mestizo, podemos considerar las obras mas importantes el trazado de la ciudad, el suministro de agua y las Atarazanas, aunque estas son el punto de partida para la reconstrucción de la ciudad en la que participaron miles de personas y que represento la oportunidad de aplicación tecnológica mas importante, es el gran ensayo en el que las técnicas de trabajo se complementan como ya mencionamos por medio de los repartimientos se congregan multitudes de trabajadores que son dirigidos por los especialistas Españoles con nuevas técnicas de organización y control que perdurarían durante todo el virreinato.

Hablaremos del autor de la traza por ser un hombre que fue soldado en la conquista que trabajo desde el momento en que los españoles pusieron pie en lo que sería Nueva España, y porque ejemplifica de manera muy acertada a este soldado que va cambiando sus funciones hacia las del ejercicio profesional, por otra parte tuvo participación en proyectos hidráulicos.

Alonso García Bravo, como otros de los primeros ingenieros hidráulicos<sup>81</sup> fue apoyado por indígenas de Texcoco, considerado el centro académico de la triple alianza, que aportaron los conocimientos necesarios para complementar las carencias que tenía García Bravo principalmente en el conocimiento del entorno lacustre.

En el trazado de la ciudad no se podía ignorar el agua, se pensó que la nueva ciudad tendría como su antecesora que convivir de lleno con el entorno, se hicieron trabajos concernientes a la conservación de acequias construcción de puentes reparación de calzadas, pero de manera importante y como ya se ha mencionado para el suministro de agua, actividad esbozada en el trazo pero ejecutada por una persona diferentes a García Bravo del que ya hablamos

---

<sup>79</sup> *Ibíd.* Pág. 118

<sup>80</sup> **Pineda Mendoza Raquel**, *op.cit.* pág.89

<sup>81</sup> Denominamos ingeniero hidráulico a todo individuo que aplica las tecnologías hidráulicas, aunque sus labores no solo abarquen este campo



Para este trazado se conservo la retícula establecida y el sistema de diques calzadas que partían de la isla, aunque otros fueron destruidos y reconstruidos mucho tiempo después. De Alonso García Bravo se puede mencionar que participo en la elaboración de una fortificación en Veracruz y posteriormente al trazado de la ciudad fue a la región de Oaxaca y trazo esta ciudad<sup>82</sup>, la formación de Alonso García Bravo denota conocimiento de los principales tratadistas del renacimiento, incluso los trazados de las ciudades tienen mucho de las recomendaciones que encontramos en Vitruvio para este fin.

En Kubler hallamos los años en los que desempeño el papel de constructor principal de la ciudad, es probable que podamos colocar a Alonso García Bravo en ese grupo de conquistadores que complementaron sus ingresos insuficientes de encomiendas con el ejercicio profesional.

### 5. Los ingenieros de extracto religioso en periodos de paz

El cambio de etapa entre la primera militar y la segunda de transición se sigue de lleno en medio del auge constructor para entrar a la tercera etapa que se encarga de la consolidación en tiempos de paz y control de la tierra, es la etapa en que la composición de los especialistas es mas diversa se enriquece con personajes llegados de la península ibérica que llegan a trabajar.

De esta forma se adquiere como principal propósito la mejora del territorio y su habitabilidad permanente con lo cual los proyectos productivos se insertan en todo el territorio, una época de tanta construcción y adecuación requiere especialistas numerosos que trabajan en diferentes lugares y poblaciones, generándose dos tipos de ingenieros, los que trabajan en la ciudad y los que trabajaban en poblaciones de menor importancia, muchas veces en proyectos locales para pueblos pequeños y para haciendas y sitios alejados de los centros urbanos principales.

Estos ingenieros y arquitectos que trabajaron en los proyectos hidráulicos ya sea de suministro o de canalización y almacenaje para la productividad son especialistas de tiempos de paz, dedicados totalmente a las mejoras del territorio para apoyar su labor y como se dijo con anterioridad hacer mas legitima su andar por las nuevas tierras.

Si consideramos a los conquistadores como los primeros ingenieros hidráulicos en la historia de Nueva España, tendremos que considerar a los frailes como los hombres que vinieron a complementar esas tareas que iniciaron los conquistadores, recordemos que los conquistadores trabajaron bajo la premisa del dominio militar y después el de garantizar la seguridad y habitabilidad de las tierras nuevas.

Ambas etapas las hemos denominado como la primera y la segunda de implementación de la ingeniería en tierras novo hispanas, los frailes entran desde los inicios de la segunda, pero de manera mas activa podemos decir que son los protagonistas de la tercera etapa la de consolidación, aunque como ya hemos visto su trabajo se desarrollaba en zonas que se encontraban en proceso de evangelización; los frailes vienen con la idea de mejorar la tierra para los nuevos habitantes y para los que ya estaban<sup>83</sup>, con esto ilegítimizaban y reafirmaban la idea de que el modo de vida por ellos enseñado era mejor.

---

<sup>82</sup> Kubler George, *op.cit.* pág.

<sup>83</sup> Escalante Gonzalbo Pablo y Rubial García Antonio, *LA EDUCACION Y EL CAMBIO TECNOLOGICO en historia de la vida cotidiana en México tomo 1*, Fondo de Cultura Económica El Colegio de México, México 2006, pág. 396





Pintura que muestra una escena que debió ser común en la época, los frailes dirigiendo una construcción revisando los planos obre una mesa de madera en obra en compañía de indígenas y españoles la preaparición con la que contaban los hombres de las ordenes religiosas les permitía fungir como ingenieros hidráulicos y planear obras que mejoraban sustancialmente las poblaciones que evangelizaban **imagen**  
<http://www.boletinguadalupano.org.mx/boletin/articulos/agustino.htm>

Las órdenes religiosas que vienen a Nueva España tienen como objetivo fundamental la evangelización, recordemos que la gran justificante de la conquista era enseñar a todos los habitantes de esta tierra que el dios verdadero era el dios cristiano, bajo la bandera de la evangelización se sustentó todo el plan de conquista y más aun le dio justificación divina.

Dentro de este contexto las órdenes religiosas vienen a realizar estos trabajos y dentro de este marco y con esta justificación los frailes hacen una tarea más importante, realizando una labor de evangelización y colonización de las tierras y todo lo que conlleva esto, el criterio siempre fue enseñar a los pobladores a vivir en policía término utilizado para indicar la correcta forma de vivir en pueblos y ciudades y conviviendo en paz respetando las reglas y las normas establecidas, y este concepto incluía las mejoras del entorno y la productividad de las tierras ambas actividades apoyadas por la ingeniería y particularmente por la ingeniería hidráulica.

Esta mejora de las tierras apoyaba toda una ideología de mejora de la población el auge constructor dentro del cual encontramos las aplicaciones hidráulicas eran un modo de dominio y de control demostrando que la tierra se mejoraba dentro de un concepto de modernidad traído de Europa que mejora la vida del individuo esta imagen de cambio fortalece la evangelización, la modernidad ayuda a alejar a los pueblos paganos de sus actividades alejadas de dios *Arquitectura que era tan solo un medio para obtener resultados inmediatos espirituales*<sup>84</sup>

Rafael Comez menciona la labor de evangelización apoyada en actividades de construcción y mejora así como en proyectos productivos como un modelo ya ensayado en Europa por los cistercienses estas actividades tienen una doble utilidad, evangelizar y mejorar el territorio para hacerlo productivo<sup>85</sup>

<sup>84</sup> **Comez Rafael, ARQUITECTURA Y FEUDALISMO EN MEXICO LOS COMIENZOS DEL ARTE NOVOHISPANO EN EL SIGLO XVI**, UNAM Instituto de Investigaciones Estéticas, México 1987, pág.65

<sup>85</sup> *Ahora bien, curiosamente las actividades que desarrollan las ordenes mendicantes en la Nueva España se asemejan más a la que realizaron los cistercienses en Europa durante el siglo XII que a la que desarrollaban los franciscanos y dominicos en la Europa del siglo XVI, La actividad de evangelizar y no solo enseñar a los indios nueva artes sino también introducir nuevos cultivos europeos así como la ganadería antes inexistente en una palabra la colonización del territorio se parece mucho más a la labor iniciada por los cistercienses en el siglo XII cuando convertían en verjeles los paramos europeos que a la propia de predicación de los mendicantes. ibíd. pág. 64*





Como primeros aspectos de la transformación de la tierra bajo el dominio español y realizada en su mayoría por los frailes estaban los suministros de agua,

*“Lo primero, se ordeno el pueblo, porque vivian sin traza en los edificios, viviendo cada uno de por si, en riscos los mas y buhíos. Formose el pueblo con sus calles y plazas ; y luego se hizo una obra de grande importancia, que fue traer agua para todo el pueblo, de dos leguas de alli, por su acequie y antes de entrar en el pueblo , se hizo una buena cañeria que tomo altura para las pilas y fuentes, que se hicieron en la plaza, hospital y convento, que fuera de ser tan necesaria el agua, adornaban grandemente, y alegraban la vista con suscorrientes, y cercasa de naranjos”<sup>86</sup>*

En primera instancia los frailes llegaban a los centros de población que ya existían y después de analizar el territorio y el poblado escogían el establecimiento de una casa de la orden, como acabamos de ver en el fragmento de las crónicas de Michoacán se buscaba el suministro de agua y después se ordenaba la población aunque este es un caso en Michoacán nos habla de un proceso que seguramente se siguió en todos los pueblos nuevos o reconstruidos que se hicieron en Nueva España.

La elección de los sitios dependía mucho de la organización previa que tenía el territorio, era más fácil elegir las poblaciones según la importancia y la organización de la región para no provocar cambios sustanciales en la manera en que los naturales tenían organizado el territorio, aunque es importante mencionar que hubo cambios de población derivados de la guerra de conquista y las epidemias los frailes llegaron a establecer sus estructuras de organización en las poblaciones que ya existían, de esta manera entre más pobladores, más importante el centro de difusión de la doctrina cristiana.

Este aspecto es importante porque en el caso de los poblados preexistentes las fuentes de agua no debían de ser muy lejanas, esta situación cambió con las congregaciones que fomentaron el crecimiento de poblaciones a las cuales se les tenía que dotar de suministros extras de agua, en esta labor también participaban los frailes.

Esta evangelización se acompañó de trabajos que apoyarían la mejora de la población la ingeniería como aplicación tecnológica fue una de las principales herramientas de las que estos hombres se valieron para estos trabajos, debemos de resaltar el carácter de la formación de los religiosos, los cuales con sus cátedras particulares que recibieron en su educación tenían los conocimientos para desarrollarlas, es así como nos encontramos arquitectos, ingenieros hidráulicos, urbanistas y demás profesiones modernas en la figura de los frailes.

Estos conocimientos eran vitales para sus labores, si el fraile evangelizador tenía que cumplir con tareas complementarias que abarcaban labores de construcción podemos reverenciarlos a un conocimiento de los tratadistas principales, es común encontrar las referencias a Serlio o Alberti en las descripciones de las portadas y demás elementos de las primeras etapas, de la misma forma recordemos que uno de los conocimientos básicos para realizar desde la concepción una obra hidráulica es la geometría, la formación clásica que acompaña a los frailes evangelizadores es su principal arma a la hora de construir y diseñar.<sup>87</sup>

---

<sup>86</sup> **Gómez de Orozco Federico** (selección Introducción y notas), *CRONICAS DE MICHUACA*, UNAM, México 1991, pág. 60 se refiere al pueblo de Tiripitio

<sup>87</sup> *Aquellos monjes que eran nominados para dirigir una fundación debieron adquirir preparación en la organización de los equipos y en los principios de la construcción pues solo en contadas ocasiones tuvieron asesoría de alarifes o maestros mayores* **Ortiz Macedo Luis** op.cit. pág. 29



Uno de los tratadistas novo hispanos mas reconocidos del cual se tiene referencias a su obra dentro de la orden del carmen es Andrés de san miguel, el cual dedica una parte substancial de su tratado a la ingeniería hidráulica conocimientos que tuvo la oportunidad de aplicar en las diversas fundaciones que dirigió, por ejemplo en el convento de San Ángel se puede apreciar todavía el extraordinario sistema de captación de aguas pluviales.

Sin alejarse mucho de esta concepción de hombres sabios pero sobre todo hombres que sabían aplicar esos conocimientos en situaciones practicas y de beneficio común<sup>88</sup> encontramos en Kubler la mención de varios frailes que trabajaron en diversa obras de carácter hidráulico en diversos lugares; como estos debió de haber muchos mas que no conocemos sus casos, por ser su obra totalmente anónima y no encontrar registro de sus logros hidráulicos. La participación de los frailes es lógica a consecuencia de ser los primeros europeos en entrar con proyectos de colonización constantes en diversas áreas, zonas en las que su influencia supero en un inicio a la de los hombres laicos, derivado también del trato que recibían los indígenas por parte de unos y otros.

Uno de los primeros problemas con los que se enfrentaron los frailes fue el suministro de agua a las poblaciones, el agua es de vital importancia para el desarrollo de cualquier población, además el establecimiento religioso necesitaría del agua para su propio funcionamiento, si recordamos lo usos del agua establecidos en el primer capitulo de este trabajo encontraremos que el establecimiento de las poblaciones tenia que hacerse en cercanía del recurso mencionado.

La mayoría de las poblaciones existentes tenían resuelto de alguna manera el uso del agua para el consumo y para el riego, lo que los frailes hicieron fue aprovechar por medio de infraestructura hidráulica el agua para mas de un uso, además de lograr llevar el agua a regiones que no estaban consideradas dentro del sistema de poblados y ciudades prehispánicas, por ejemplo en la creación de ciudades para españoles que se hacían sin tomar como referencia un poblado prehispánico previo como es el caso de la ciudad.

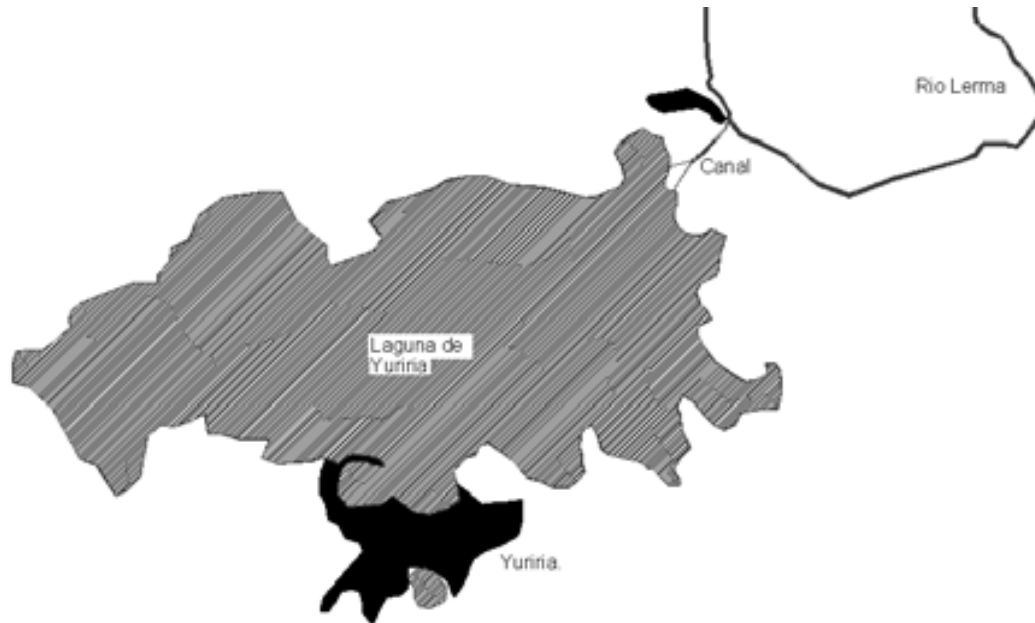
La tecnología hidráulica realizada por los frailes es diversa y completa, encontramos canalizaciones de agua para suministro, obras de captación de agua de lluvia, molinos de diversos tipos, sistemas de riego y mejoras territoriales, entre las que podemos encontrar la laguna de Yuriria realizada por. Fray Diego de Chávez ingeniero de la orden Agustina que pretende solucionar el problema del terreno pantanoso cercano al poblado de Yuriria de una manera diferente a la que comúnmente se abordaba.

En la generalidad, un terreno pantanoso es foco de mosquitos y por lo tanto de enfermedades, este tipo de terreno tiene su origen en una carencia de drenes naturales en alguna zona con escurrimiento o con lluvias abundantes, sin ser lo suficientemente abundante para crear un lago el flujo del agua solo crea una zona de aguas estancadas sin movimiento, por estas causas por ser terrenos bastantes insalubres los Españoles tenían una particular aversión a estas zonas, los terrenos pantanosos tradicionalmente son situaciones a resolver por los ingenieros hidráulicos, recordemos que una de las primeras obras hidráulicas realizadas por el pueblo romano fue la cloaca máxima, con lo que pudieron desaguar las zonas pantanosas en las márgenes del Tiber y descender de la cima de las colinas para ampliar la ciudad y utilizar de mejor manera el río.

---

<sup>88</sup> Descripción que los acerca mucho a la de ingeniero que hemos analizado en el capitulo anterior de este trabajo.





Quando Fray Diego de Chávez llega a la región de Yuriria se encuentra una población arrasada por los múltiples brotes de Paludismo y Malaria, que se debían a la zona pantanosa al norte de la población, del estudio de la región decidió inundar la zona pantanosa para convertirla en una laguna, para lo cual construye un muro de contención sobre el cercano Rio Lerma y un canal de 4 kilómetros, para tomar agua desde el río, con esto logra transformar la región con una laguna en la cual los pobladores empiezan a pescar y a vivir de los productos que extraían de ella. La ingeniería hidráulica realizada por los frailes mejoraba sustancialmente las zonas en las que ellos trabajaban. En la parte superior se observa en un dibujo actual, la laguna con la población y al sur de la población una laguna mas pequeña, del lado derecho el Rio Lerma y el canal artificial. El dibujo de abajo del siglo XVI muestra el rio con el canal en la parte superior, la población representada por el convento que ocupa el centro del dibujo y al sur del convento la laguna representada por un círculo. **Imágenes mapa Tarsicio Pastrana, dibujo AGI México 24 en Obras Hidráulicas en América Colonial**

La solución mas común es la creación de drenes y canales para que circule el agua este fue el caso de la cloaca máxima al construir un gran dren las aguas que se estancaban descendían hacia el Tiber dejando los terrenos libres de la acumulación de agua, la otra solución es inundar bien la zona para crear un cuerpo de agua, esta segunda es mas compleja que la primera porque requiere de controlar muy bien las cotas del terreno para conocer la zona que se



inundara además de provocar de alguna manera el movimiento del agua, para no generar zonas de agua estancada que llevaría al punto de inicio, esta segunda opción fue por la que opto Chávez para lograrlo crea un canal desde el río Lerma a lo largo de 4 kilómetros para inundar la zona y crear una laguna de 70km<sup>2</sup> donde se reproducen peces y aves que incrementan la dieta de los habitantes de Yuriria una obra de ingeniería hidráulica creada por un fraile ingeniero transforma una región para beneficio de sus habitantes.<sup>89</sup>

En el mismo orden de obras monumentales creadas por los frailes podemos hablar de Fray Francisco Tembleque constructor del acueducto de Zempoala, logro de la ingeniería del XVI en Nueva España creada para llevar agua a las poblaciones de Otumba y Zempoala, la construcción del acueducto no fue tarea fácil se tenían que salvar algunas barrancas en una de la cuales la barranca de Tepeyahualco se creó una arquería de grandes dimensiones el mayor de estos arcos tiene 38.79 metros de alto y 17 de ancho , el sistema de cimbra implementado es por demás ingenioso, construyendo muros de adobe que a cada cierta altura son injertados por hileras de paja y carrizos, cuando el arco es terminado para quitar la cimbra se prende fuego a esta hileras que al quemarse hacen perder la estabilidad de las secciones por encima de ellas y estas se derrumban, el sistema hidráulico de la zona se vio mejorado y complementado con diversas obras como fuentes y canales para que el agua cubriera las necesidades de la región.



El acueducto del Fraile tembleque es otro ejemplo de obra hidráulica que transforma toda una región, este proyecto llevaría agua a las poblaciones de Otumba y Zempoala, la parte más espectacular de la obra es el cruce sobre la barranca de Tepeyahualco en la que los arcos que soportan el caño elevado alcanzan los 39 metros de alto, el grado de conocimiento topográfico que se requiere para realizar una nivelación que permita que el agua corra por gravedad en una obra de este tipo es elevado pero no es lo único espectacular de la obra, la cimbra para la construcción de los arcos fue a base de muros de adobe en los que se alternaron hiladas de troncos para que al prenderles fuego a estos el muro se derrumbara, todavía son visibles algunos de los arcos con cimbra y en muchos de ellos se puede observar el arranque de los muros. **Acueducto del padre tembleque en la barranca de Tepeyahualco fotografía Tarsicio Pastrana**

Los proyectos hidráulicos se circunscriben a dos campos importantes, los que cubren las necesidades básicas y los que mejoran las características productivas de una región, en estos dos campos encontramos diferentes observaciones, los que cubren necesidades básicas de los que ya hemos hablado tienen que ver con el uso del agua para consumo, limpieza y desazolve, en la primera categoría podemos englobar todos los acueductos, los canales, los desagües, las

<sup>89</sup> **Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores)**, *op.cit* pág. 286. En estas páginas se menciona incluso la comparación que se hacía de la obra de Chávez con las de Alejandro magno o Jerjes por parte de los cronistas del siglo SVIII en Michoacán hoy en día la laguna sigue proporcionando el mismo servicio.



fuentes, las cajas de agua, etc., en general toda obra de conducción, captación, almacenaje y desalojo de aguas.

En el segundo grupo encontramos las obras que se enfocan a la ingeniería hidráulica para la industria y la ingeniería hidráulica para el mejoramiento de las zonas, en este caso encontramos presas, desagües, ingenios, estas segunda categoría no es de primera necesidad y una región puede subsistir de manera básica sin ellas, pero son importantes para la consolidación de una región ya que atañen directamente a las mejoras productivas de esa región y provocan una estabilidad importante para el desarrollo.



En los murales de Diego Rivera en palacio nacional en un fragmento de ellos se observan las obras hidráulicas construidas para hacer mas productivas las regiones que fueron otorgadas a los conquistadores como mercedes de tierra, del lado derecho la rueda hidráulica motor de los establecimientos preindustriales de la época, en la parte izquierda de la rueda los ingenios para moler caña y los molinos de trigo, del lado izquierdo del mural, el mejoramiento del terreno para agricultura y ganadería, por medio del riego. **Imagen: murales de Diego Rivera en Palacio Nacional**

Algunas de las menciones encontradas nos refieren a proyectos realizados tanto por civiles como por religiosos encaminados a mejorar la productividad de las zonas, por ejemplo si hablamos de los primeros ingenios azucareros de México construidos en la región de Morelos bajo el marquesado de Hernán Cortes podemos observar el proyecto para mejorar toda una región, el clima era el apto para la producción de la caña por encontrarse esta zona en el clima ideal y contar con abundancia de recursos hidráulicos.

Tenemos un proceso claro y analizado hasta el momento, en primer lugar los ingenieros hidráulicos trabajan para dotar del agua a las poblaciones, en caso de que esta dotación ya exista se mejora o en caso de haber sido dañada durante el periodo de la conquista se repara, en segundo termino se trabaja en utilizar esa agua no solo para el consumo básico, también para mejorar la zona, recordemos que la mejora de la calidad de vida tiene repercusiones ideológicas que le dan legitimidad al arribo y reorganización del territorio por parte de los españoles, por ejemplo cuando se decide fundar la ciudad de Puebla como una ciudad para españoles, se trabaja en su trazo y en la manera de llevar el agua hasta ella, dentro de estas actividades en particular mencionaremos una crónica sobre la construcción del convento franciscano en la ciudad, en el cual los frailes diseñan un sistema hidráulico que les permitía subsistir por las rentas que esta zona preindustrial les generaba

*“La no muy fluida corriente en tiempo de secas hizo que los frailes diseñaran un ingenioso sistema de embalses y represas que introducían el agua a su huerta por una parte y del lado opuesto del río para lograr una presión capaz de mover las aspas de los molinos de trigo que*



---

*desde el principio se establecieron los cuales generaron cierta riqueza que se evidencia en el tamaño y calidad conventuales*<sup>90</sup>

Son varios los factores de interés, el primero es la elección del emplazamiento del convento Franciscano junto al río san Francisco que tomo su nombre Hispano del convento contiguo, al mismo tiempo el caudal no era el suficiente en tiempos de secas por lo que se requiere de un sistema de presas y canales para poder llevar el agua al interior del convento, agua para subsistir cubriendo las necesidades básicas del sitio, en este punto podemos mencionar que se siguió el proceso que estamos analizando, primero la tecnología hidráulica en torno a la resolución de una necesidad básica, posteriormente y aprovechando que las presas generaban la presión suficiente, en la rivera opuesta hacia donde estaba la ciudad, se comienzan a construir molinos, es decir una obra hidráulica que resuelve el suministro pero al mismo tiempo implementan una zona productiva con molinos que les cubriría otro tipo de subsistencia derivada de los ingresos obtenidos por ella.

De las mejoras realizadas en el río se desprende una incipiente zona industrial que con el paso del tiempo da origen al establecimiento de batanes y obrajes en la zona, el agua por si sola no puede ser utilizada se debe de trabajar en ella para ocuparla en los sitios y con la fuerza necesaria, este establecimiento de molinos y batanes consolido a Puebla como una zona textilera que todavía conserva parte del auge que tuvo, cuyo mayor desarrollo fue a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX.

Hemos comentado la importancia de la complementación del trabajo español y el prehispánico, en el sitio donde uno tenia una carencia era cubierto por el otro, esto proporciona una técnica hidráulica propia, una ingeniería hidráulica virreinal que se trabaja y se aplica a lo largo de todo el virreinato complementándose para tener el éxito necesario.

Uno de los ejemplos mas claros de lo que el trabajo mestizo significo lo podemos encontrar en las obras realizadas para mejorar las condiciones de habitabilidad en la cuenca de México, los españoles recurren a la asesoría indígena para reconstruir los albarradones, destruidos durante el sitio a la ciudad, pero aun mas la mano indígena es la que prevalece en todo este tipo de obras, mas adelante en el desagüe de México encontramos el escenario ideal de aplicación de la ingeniería hidráulica ya mestiza, en el diseño y construcción de las obras se emplea mano de obra indígena y los que comandan la obra se suceden entre los especialistas traídos de Europa como Enrico Martínez y los frailes existentes que aplican sus conocimientos.

El trabajo mestizo permite crear técnicas que se aprenden y se heredan, en muy conocido el caso de la enseñanza de oficios en Tiripitio desde este lugar se diseminan por el territorio los especialistas de diversos oficios que comienzan a ejercer pos su cuenta los trabajos, recordemos el auge constructor y de transformación que se vivió en el siglo XVI para el cual se necesitaba mano de obra y técnicos capacitados que trabajaran a lo largo de los territorio conquistaros para poder realizar los trabajos necesarios, si tomamos en cuenta que en un inicio las técnicas que ambos pueblos tenían debían de mezclarse podemos considerar esos procesos de aprendizaje y adiestramiento de la mano de obra como el procedimiento por el cual sucedió esta amalgamación.

*DE LAS FABRICAS QUE SE HICIERON EN TIRIPETIO EN EL PRINCIPIO DE LA PREDICA EVANGELICA*

---

<sup>90</sup> Merlo Juárez Eduardo y Quintana Fernández José Antonio, *LAS IGLESIAS DE LA PUEBLA DE LOS ANGELES*, UPAEP, México 2004, pág. 299



*Que el año de 1537 cuando ya estaban los mas catequizados y se trataba del edificio espiritual de la administración de los santos sacramentos y doctrina cristiana, como queda dicho, luego el mismo año se trato de las fabricas así del pueblo, como de la iglesia, y se hecho para todo el nivel y medida, echando cordeles y abriendozanjas; poara lo cual vinieron maestros de Mexico y así mimso otros religiosos ministros, como se dijo los cuales quedaron encargados de las dos fabricas , la espiritual y la material mientras los ministros andaban en tierra caliente aquellos dos años.Y los indios, como eran tantos y todos de muy buena voluntad, fomentandos del encomendero, a quien se le debió mucho, hicieron en breve obras insignes como referiremos.<sup>91</sup>*



Según los cronistas agustinos cuya recopilación de crónicas se encuentran en el texto de la crónica de Michoacán fue Tiripitio la cuna de los artesanos de toda la región, lo mas interesante es la enseñanza de los oficios por parte de especialistas venidos de Europa para ello que después serviría para diseminar estos conocimientos en todo el obispado por medio de los técnicos preparados en este pueblo. **Fotografía de Tiripitio Michoacán por Tarsicio Pastrana**

No vamos a ahondar en la sorpresa que causo en los hispanos la rápida asimilación de las nuevas técnicas por parte de los indígenas, esto es bien sabido y comentado, lo que si debemos de enfatizar es que en varios sitios donde se trabajó y se aplicó la tecnología se tuvo que ensañar a los indígenas para que fueran la mano de obra que apoyo, otro sitio documentado donde se enseñaban oficios fue en Santiago Tlatelolco, de estos técnicos indígenas que aprendieron los oficios se hace una nueva referencia en las mismas crónicas de Michoacán que ejemplifica lo que ya hemos mencionado, el conocimientos se asimila y se transmite después por los que fueron aprendices.

*“En lo que mas se aventajaron fue en la cantería y asamblea, porque como para estas dos cosas, que eran necesarias PARA LA IGLESIA Y CONVENTO SE ESCOGIERON BUENOS oficiales españoles de que ya habia abundancia enla tierra, enseñaronles bien. Y salieron tan eminenetes que ellos por si hacian muchas obras. Al fin fue Tiripetio la escuela de todos los oficios para los demás pueblos de Michoacán,...”<sup>92</sup>*

En los primeros años del virreinato hemos hablado de los frailes como los principales protagonistas de la ingeniería hidráulica, aunque ellos siguieron teniendo una participación importante dentro de este rubro, conforme pasaron los años y la situación del territorio era mas

<sup>91</sup> **Gómez de Orozco Federico**, *op.cit* pág. 59

<sup>92</sup> *Ibíd.* Pág. 61



estable los especialistas laicos llegados de Europa y los formados en la tierra fueron alcanzando mayores oportunidades de trabajo, hemos mencionado el desagüe de México como el gran escenario donde los principales ingenieros trabajaron, en el devenir de las obras podemos observar como esta tenencia fue transformándose con el tiempo, en un inicio se trabajó en conjunto y el asesoramiento de las ordenes religiosas fue constante, situación que se fue revirtiendo hasta quedar en manos de los laicos que son los que la culminan.

Es lógico pensar en el hombre religioso como un colonizador que tiene que trabajar en los territorios porque al inicio de su labor no existían otros especialistas que viajaran por el territorio, en su mayoría los especialistas que llegan a la Nueva España encomendados por el Rey venían con las mejores prebendas para trabajar en obras específicas, estos especialistas extranjeros con buenos sueldos no se iban a meter en zonas inestables donde las carencias eran abundantes, ellos trabajan en las ciudades y en zonas ya consolidadas y creo que esta es la razón por la que se transforma lentamente la composición de los ingenieros hidráulicos, las ciudades y los poblados ya consolidados dejan de ser dominio principal de los frailes, y estos siguen avanzando hacia zonas que requieren de sus servicios dejando la ciudad a los civiles. Otro aspecto de importancia que analizaremos en los siguientes párrafos son los aspectos técnico administrativos que surgen en torno a la planeación y ejecución de las obras, esto es reflejo de una necesidad de legislación y estandarización de todos los procesos relacionados con una tarea tan importante.

## 6. Aspectos Técnico administrativos

Las mercedes.

El primer paso para hacer uso del agua era localizarla y canalizarla hacia los sitios que se fuera a utilizar, como se ha visto esto era parte de la proyección de cualquier obra hidráulica, encontrar la fuente de origen y llevarla al sitio en la que se utilizaría.

Para hacer esto se requería de legalizar el uso del agua, en el caso del agua que se encontraba de manera natural en las regiones, se regía por leyes Españolas que se fueron complementando a través del tiempo, por ejemplo el Fuero Juzgo del 693, el Fuero Viejo de Castilla del 992 o el Fuero real de España del 1265 entre otros<sup>93</sup>.

La propiedad del agua que no estuviera en posesión de pueblos indígenas, era propiedad de la corona, para hacer uso de cualquiera de estas se tenía que seguir un trámite ante la autoridad local que sería la encargada de otorgar esta licencia.

El trámite pasaba por varios pasos, Icaza menciona 5 pasos *solicitud o petición de una merced de agua, verificación por funcionarios y vecinos, repartición, autorización y toma de posesión*<sup>94</sup> Los datos necesarios eran la fuente y el lugar, es decir el nombre del río y el sitio, la medida del agua y el uso que se le daría a la merced.

Entre estas autoridades estaban las órdenes religiosas en las cuales la corona española delegó la autoridad de muchas regiones<sup>95</sup>, sobre todo las zonas que estaban siendo evangelizadas, es

<sup>93</sup> Sandre Osorio Israel, *DOCUMENTOS SOBRE POSESION DE AGUAS DE LOS PUEBLOS INDIGENAS DEL ESTADO DE MEXICO SIGLOS XVI AL XVIII*, CIESAS-Archivo Histórico del Agua- Comisión Nacional del Agua- el colegio Mexiquense, México 2005, págs. 15 y 16

<sup>94</sup> Lomelí Icaza Leonardo, *DE AGUA Y ARQUITECTURA NOVOHISPANA en Bitácora arquitectura 16*, Facultad de Arquitectura UNAM, México 2007, págs. 52-61.

<sup>95</sup> Sandre Osorio Israel, *op.cit.* pág. 19





importante mencionar que esta situación no fue duradera, como sabemos la autoridad religiosa duraba el tiempo que tardara la población y la región en ser consolidada, después de este tiempo se entregaba el poder a las autoridades civiles y en el caso de lo concerniente a la religión al clero secular

Dada la importancia del agua para el riego de cultivos, suministro de agua para poblaciones, conventos y haciendas y el funcionamiento de ingenios y establecimientos productivos, las mercedes eran de vital importancia.

*MERCED DE UN SITIO DE MOLINO A LOS YNDIOS DE TEQUIZQUIAQUE Yo etcétera por quanto los y ndios del pueblo de tequisquiaque que me han hecho relación que por los términos del dicho pueblo para un rio en el qual por aver aparejo quiren hazer un molino de moler pan a do dizen tralasco y me fue pedido que pues deello no benia daño y prejuicio a persona alguna antes por evitar a los naturales del dicho pueblo y de toda la comarca les diese licencia para lo poderazer y merced del sitio del dicho molino y por mi visto atento lo susodicho por la presente doi licencia a los indios del dicho pueblo... fecho en México a XX días del mes de Mayo de mil y quinientos y cincuenta y un año Don Luis por mandato de su señoría Antonio de Turcios<sup>96</sup>*

#### Ordenanzas de gremios 1568

Las Ordenanzas de gremios surgían de la necesidad de ejercer control sobre las actividades, es importante definir la diferencia entre los actores de la ingeniería hidráulica en los centros urbanos y los que se encontraban trabajando en zonas de evangelización y poblados más alejados, también es probable que esta diferencia la encontremos con respecto al tiempo en que se desarrollo la actividad, es decir es muy probable que en los primeros años posteriores a la conquista los frailes explicaran a artesanos locales como se debían de hacer las maquinarias de los ingenios y estos después ejercieran por su cuenta en diversos lugares los conocimientos aprendidos, ya se menciona anteriormente como en Tiripitio se establece una escuela de artesanos que después serian utilizados en la zona para la construcción de diversos conventos y obras en general.

Las Ordenanzas nos permiten analizar lo que un especialista de este tipo de obras debía de saber, por ejemplo los constructores de ingenios eran los carpinteros de lo prieto, a diferencia de los carpinteros de lo blanco que se encargaban de obras más delicadas, los carpinteros de lo prieto tenían que tener conocimientos mas específicos para realizar las maquinas y dejarlas funcionando.

Para ampliar esta idea colocaremos las ordenanzas para carpinteros de lo prieto cuya fecha de expedición era 30 de Agosto de 1568.

*ORDENANZAS DE CARPINTEROS ENTALLADORES ENSAMBLADORES Y VIOLEROS  
Que ningún carpintero de lo blanco y de lo prieto, entallador, ensamblador y violero pueda poner tienda del oficio sea vezino de esta ciudad o de fuera sin ser examinado por el alcalde o alarife el oficio con dos acompañados<sup>97</sup>*

Más adelante y hablando específicamente de las ordenanzas para carpintero de lo prieto dice lo siguiente:

*Que el carpintero de lo prieto se ha de examinar, y saber hacer un muelle y ruedas de aseñas, y tahonas, una viga de molino de azeite con su usillo, un usillo para lagar de vino, un rodezno*

<sup>96</sup> *Ibíd.* pág. 40

<sup>97</sup> **Del Barrio Lorenzot Francisco**, *ORDENANZAS DE GREMIOS DE LA NUEVA ESPAÑA*, Secretaria de Gobernación- Dirección de talleres gráficos, México 1920, pág. 81



*abierto, y cerrado, una carreta, una noria , una bomba y qualesquiera ingenios de minas, y si no supiere todo se examine de lo que supiere, y solo de eso resiba obras, y el examen se haga con un oficial de lo prieto y vedores<sup>98</sup>*

Es interesante que varios de los ingenios que se analizaran en el capítulo 3 de este trabajo se mencionan en la ordenanza para carpinteros de lo prieto, los rodezno cerrados y abiertos movían varias maquinas la principal de ella los molinos, en el caso del rodezno cerrado se refiere a los que se contenían en un cilindro por ejemplo los que hacían funcionar los molinos de regolfo, las prensas de viga y usillo para producir aceite de oliva, las aseñas, ruedas verticales que podían mover molinos de papel, batanes entre otros, los ingenios de minas que principalmente eran los molinos de minerales y los fuelles de barquines; además de norias para elevar el agua.

También se mencionan las carretas y los lagares para la producción de vino, en la cual también se requería de una prensa, la maquinaria de los ingenios era el corazón de ellos y la persona que hacia este trabajo era el carpintero de lo prieto.

Posterior a la merced y a tener en cuenta a los técnicos que podían realizar el trabajo se tenía que proyectar la trayectoria del agua y los sitios en donde se tenían que hacer obras, para que estas llegaran al sitio elegido, entre estas obras estaba la misma maquinaria de la que hemos estado hablando.

#### Proyección

La proyección de las obras hidráulicas seguía un camino no muy distinto del actual, en primer se establece la necesidad, en todos los casos parte del consumo, la primera necesidad a cubrir era el suministro de agua para el consumo humano, y en torno a esta gran necesidad se establece la proyección, el proyecto como tal consiste en proporcionar los elementos para suministrar de agua a una población o núcleo específico que así lo requiriera, una de las primeras observaciones al respecto lo hemos mencionado en el criterio establecido en las técnicas y metodologías que traían los ingenieros de Europa, muchos de ellos entrenados en el ámbito militar, de esta manera se establece que el suministro de agua es la prioridad en cualquier población, si entendemos esto como la necesidad primaria encontraremos que la proyección de los elementos constructivos que permitirán llevar el agua dependerá de muchos factores que son parte de esa metodología de diseño y que analizaremos en conjunto.

La necesidad primaria es el consumo, aun con esta vital necesidad cubierta las obras de conducción y canalización no difieren dependiendo del uso, esto es porque la manera de llevar el agua hasta el sitio necesario no es en realidad importante, las diferencias comienzan en la zona donde estos usos se diversifican, de esta forma se entiende que una misma canalización sirve para suministrar el agua a diferentes usuarios finales encontrando una serie de necesidades conjuntas en los núcleos de población que nos harán diferenciar el manejo del agua según su uso, esto será siempre en cercanía del uso final sea cual sea este.

Necesidades conjuntas del suministro de agua, es importante que se entienda que este suministro de agua puede derivar en varias resoluciones de necesidades, entre ellas las que ya hemos mencionado ampliamente, consumo, limpieza, riego, movimiento de ingenios etc.

Haciendo énfasis, una sola canalización nos permitirá llevar el agua al sitio deseado, una vez en ese sitio el proyecto se deriva hacia resolver necesidades específicas, la canalización general

<sup>98</sup> *Ibíd.* pág. 85



puede ser la misma, pero una vez llegando al núcleo urbano no será lo mismo proyectar un suministro público de agua que uno privado, o una instalación de almacenaje para riego o para un ingenio.

#### Dimensiones utilizadas en la época

Hemos mencionado la importancia de contar con sistemas estandarizados de medidas, elimina el proceso de conversión que en cualquier caso es un procedimiento que quita tiempo y se presta a interpretaciones que derivan en discordancias; en gran medida el sistema estandarizado nos habla al igual que otros factores ya comentados del grado de evolución de una civilización, la civilización que establece la necesidad de contar con un sistema común de pesos y medidas nos habla de un grado de organización y desarrollo más complejo esto es porque va implícito el factor de orden y control estandarizar las medidas permite controlar, ordenar y regular.

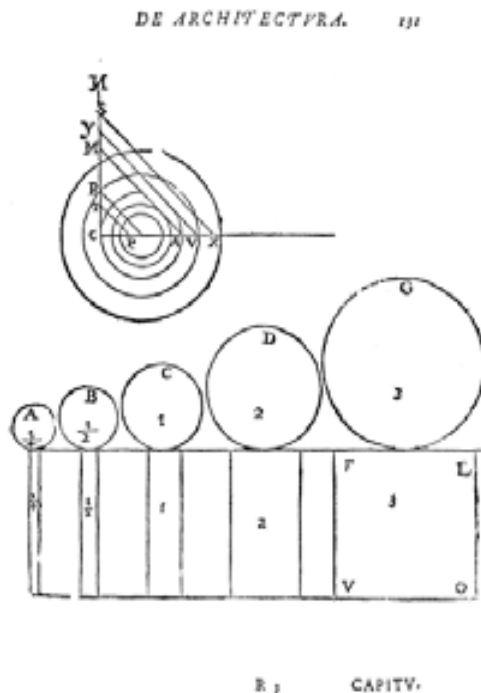
Estableciendo que una sociedad con medidas estándar facilita todos sus procesos en los que se relaciona y se utiliza dicho sistema, en el mismo territorio se puede administrar, relacionar, estandarizar y registrar que en este caso es muy importante porque al registrar relaciones entre medidas y consecuencias de estas relaciones obtenemos los primeros procesos científicos, que enriquecen la tecnología y cuya aplicación nos proporciona la ingeniería, en nuestro caso particular la ingeniería hidráulica, estas aplicaciones y su relación social con los medios de control del estado o simplemente la comparación por medio de dimensiones es claro ejemplo del desarrollo cultural de una civilización.

El poder central establece que sistema de medidas será utilizado en ciertas regiones, y bajo este se organiza el control del estado sobre las áreas, los pesos, los volúmenes etc. Muy útil en el caso de dotación de agua, relaciones productivas, cobro de impuestos, transacciones comerciales etc.

Si nos enfocamos al caso particular del agua encontramos que al ser un bien de primera necesidad la cantidad de agua a la que alguien tenía acceso siempre fue motivo de discrepancias y problemas, que tenían que ser resueltos por los encargados de administrar justicia es decir un tercero independiente de los involucrados en el problema que analizaba la situación y dictaminaba basándose en reglas preestablecidas; al ser el agua un bien tan preciado pero al mismo tiempo tan poco controlable la solución más óptima para convertirla en un elemento bajo control estricto fueron las dimensiones hidráulicas, estas permitían saber cuánta agua pasaba por un sitio determinado, más aun, al controlar el tamaño del paso se lograba tener certeza de cuánta agua pasaba por ese lugar.

Es decir el primer elemento de medición del agua fue la abertura del paso, a mayor abertura mayor cantidad de agua, posteriormente se haría más compleja la medición al aumentar factores como la velocidad de la cual hablaremos más adelante, pero es importante establecer que al principio solo había dos elementos para medir el agua el recipiente donde se guardaba y transportaba que ya en sí otorgaba una relación de volumen y el tamaño del paso también denominado datos.





Método Gráfico que parece en el tratado arte y uso de arquitectura de fray laurencio de san Nicolás para subdividir gráficamente un círculo o para aumentarlo en múltiplos para dotar desde una medida estándar de cañería a otras que sean múltiplos y divisiones de la misma, por medio de un compás y una regla se podían obtener las áreas necesarias, en la parte baja se establecen rectángulos y cuadrados que tiene la misma área del círculo que tiene en la parte superior, que a su vez son obtenidos de un solo círculo, este problema no resuelto de manera precisa gráficamente fue vital para la dotación de agua, transformando los círculos en cuadrados. **Imagen Arte y Uso de la Arquitectura de Fray Laurencio de San Nicolás.**

Los sistemas de distribución de agua, ya fueran rurales o urbanos se componían de la misma manera, en general una alimentación general troncal y subdivisiones de la misma que llevaban el agua a diferentes sitios, la construcción de este troncal y sus divisiones tenía que obedecer a las reglas físicas de la hidráulica, si no se cuidaban detalles tan importantes como la reducción de troncales o el nivel de pendiente el sistema podía ser tan inútil que el agua no correría por los sitios de elección.

Para tomar el agua de estos puntos de los cuales se obtendría, por ejemplo el canal o acueducto principal o en su caso los canales o los mismos ríos, se construían elementos físicos que contaran con las dimensiones necesarias, los suministros estarían de esta forma regulados por la abertura, es curioso que a pesar de contar con los conocimientos necesarios para poder calcular la velocidad del agua que también es un factor que puede influir en el volumen de agua suministrado esta no se tomaba mucho en cuenta, considerando únicamente el tiempo y el tamaño de la abertura para estos fines.

Una de las referencias antiguas mas famosas a los diversos tamaños de las aberturas de agua las encontramos con Frontinius el Acuae Curatore de Nerva de la cual ya hemos hablado en el capítulo pasado en ella especifica los diferentes tamaños de los cáliz que eran las medidas oficiales del gobierno romano para dotar de agua las diferentes instancias, a su vez estas eran fabricadas por el gobierno para evitar una falsificación.<sup>99</sup>Lo cual nos habla de un factor que durante mucho tiempo prevaleció, el agua al ser un elemento de alto valor, se prestaba a las operaciones fraudulentas para poder obtenerla por encima de las leyes vigentes, de la misma forma se puede establecer que los castigos a esta práctica siempre fueron severos.

<sup>99</sup> Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores), *op.cit* pág. 214

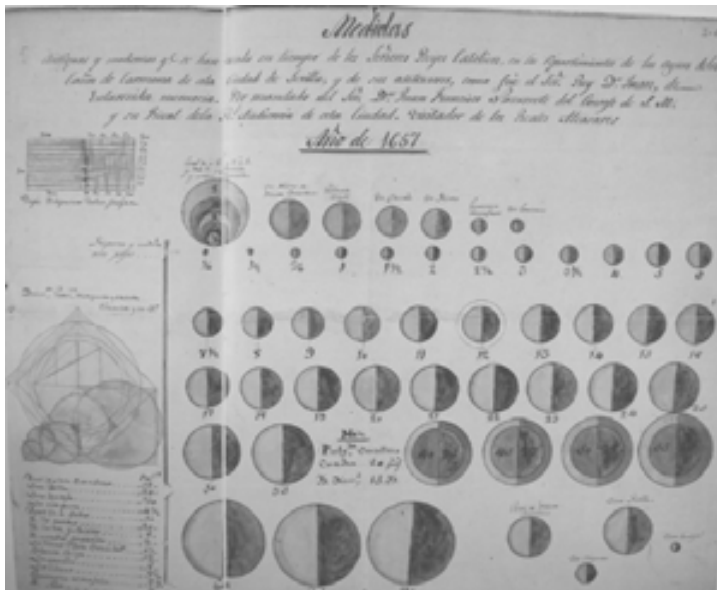




La imagen muestra una caja de distribución llamada en latín *Castellum divisorium* en las cuales acaban los acueductos y de ahí se dividían y distribuían las diferentes cañerías podemos observar en el fondo la entrada del acueducto y en la parte frontal los diferentes tubos de distribución el depósito circular del centro tenía como función disminuir la velocidad del agua y sedimentar cualquier particular que viniera en suspensión, el cargo de *Acuae Curatore* era uno de los que mas conocimientos demandaba

**La fotografía muestra el castellum divisorium localizado en Nîmes, Francia. THE ROMAN WORLD LA IMAGEN <http://www.ancientworlds.net/aw/Places/Property/909464n>**

Las medidas hidráulicas utilizadas en el Virreinato fueron impuestas por los españoles con los primeros trabajos realizados, estos a su vez las desarrollaron a través de su historia; en un documento denominado las datas de Sevilla encontramos el nombre de la medida y su equivalencia en pajas que al parecer era la unidad básica de dimensión, es interesante observar que los nombres comunes están relacionados con monedas de uso común en esa época, aspecto que nos habla de una necesidad resuelta brillantemente de hablarle a las personas en relación con objetos conocidos, era poco probable que de manera popular se hicieran relaciones en pajas que a pesar de ser una medida de agua muy tradicional suele representar subjetividad a la hora de traducirla a un paso de agua.<sup>100</sup>



El documento de las datas de Sevilla es eminentemente práctico, además de traer una muestra de todos los diámetros de tubería en las medidas más utilizadas en la época, tiene su equivalencia entre ellas, un método gráfico de cuadratura del círculo situación necesaria para transformar las datas a ductos o canales, es interesante también la relación entre los diámetros y objetos comunes de la época como semillas monedas o frutos, esto con el fin de manejar objetos que fueron conocidos por las personas para no suscitar problemas. **Imagen: Obras Hidráulicas en América Colonial pág.215**

Era más común mencionar que el tamaño de su data era similar al de las monedas de circulación que eran conocidas otro dato interesante es la representación grafica de los diámetros de estas dimensiones, y la manera de trazarlas, el año de este documento es 1657, aunque en esta fecha la ingeniería hidráulica en Nueva España ya estaba desarrollada y consolidada las medidas utilizadas en México eran diferentes de estas hablaremos mas

<sup>100</sup> **Palerm Viqueira Jacinta y Chávez Araiza Carlos, MEDIDAS ANTIGUAS DE AGUA en Revista Relaciones Estudios de Historia y Sociedad Vol. XXIII, 92, Colegio de Michoacán, México 2002, pág. 227-251.**



adelante, como dato adicional mencionaremos que es probable que las datas de Sevilla sean diámetros pequeños por estar referenciadas al uso urbano la leyenda superior de este documento dice:

*“Medidas antiguas y modernas que se han usado en los tiempos de los señores reyes católicos en los repartimientos de las aguas de los caños de Carmona de esta ciudad de Sevilla, y de sus antecesores como fue el señor rey Don Juan, de esclarecida memoria. Por mandato del señor Don Juan Francisco Navarrete del consejo de S.M y su fiscal de la Real Audiencia de esta ciudad Visitador de las Reales Alcazares Año de 1657”<sup>101</sup>*

En el caso de México las medidas mas utilizadas estaban relacionadas con las españolas, por ejemplo la paja es una unidad fundamental, aunque las medidas se relacionaban mas con frutos y con elementos de uso común como por ejemplo el surco que tenia que ver con el surco dejado por el arado en la siembra, hacemos énfasis en el origen coloquial de las medidas, que después se conservaron durante siglos, el tamaño de la abertura por la que pasaría el agua y por lo tanto la cantidad de agua se relaciona con objetos de uso común, conocidos por los habitantes del campo retomando solo de manera temporal las datas de Sevilla al ser un documento urbano requiere la transformación a monedas mas de uso popular en las ciudades.

Las medidas hidráulicas más comunes en Nueva España son las siguientes: Buey, Surco, Naranja, Real o limón, Dedo, La paja, el grano y la Merced. Como ya mencionamos la relación con la cantidad de agua que circulaba por minuto no era conocida, al respecto Iris E. Santacruz y Luís Giménez-Cacho García en su trabajo sobre Pesas y Medidas colocan las relaciones en velocidad de cada una de las medidas, aunque en este trabajo no hay mención al dedo, la merced y el grano colocaremos las correspondencias que encontramos en este y otros trabajos:

**TABLA DE MEDIDAS HIDRAULICAS Y SUS EQUIVALENCIAS**

Datas	Área cm2	Sección cm	Diámetro cm	Ltr./min	Equivalencia 1	Equivalencia 2
Buey	8291	91 x 91	102.87	9331.2	48x48 dedos	48 surcos
Surco	171.61	13.1 x 13.1	14.88	194.4	8x6 dedos	3 naranjas
Naranja	58.06	7.62x7.62	8.58	68.4	8x2 dedos	3 limones
Real o Limón	6.45	2.54 x 2.54	3.048	8.1	2x1 dedos	18 pajas
Dedo	3.61*	1.9 x 1.9*	1.8	4.05*	1x1 dedos*	9 pajas*
Merced	1.96*	1.4* x 1.4*	1.56*	2.25*		5 pajas*
Grano tipo 1	.792**	.89 x .89**	1**	.9**		2 pajas*
Paja	0.41	.64 x .64	0.72	0.45		SE
Grano Tipo 2	.28***	.53 x .53***	0.6***	.34***		SE

\*valores obtenidos por equivalencias con los otros presentados en la tabla

\*\* valores obtenidos en las datas de Sevilla para un grano de garbanzo seco, cabe la mención al mismo documento donde se menciona el grano de garbanzo mojado que arroja una medida mayor.

\*\*\* El grano dos se obtuvo de igual manera de las datas de Sevilla, esta marcado como “una lanteja” y equivale a ¾ de paja  
La tabla se elaboro con datos de diferentes fuentes<sup>102</sup>

<sup>101</sup> Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores), *op.cit.* pág.215

<sup>102</sup> Semo Enrique (coordinador), *op.cit.*



Se pueden observar diversos caudales, los cuales estarían dirigidos de igual manera a diversos usos, por ejemplo el caudal de un buey de agua es igual a mas de 9000 litros por minuto, tal requerimiento solo era necesario en el caso de los ingenios azucareros o los suministros de agua para un poblado o para el riego; es importante recordar que el agua era suministrada de manera que diferentes tomas no se vieran afectadas, en el caso de otorgar una concesión se especificaba en sitio exacto y en algunos lugares el tiempo en que la compuerta estaría abierta, si una concesión sobre un canal o zanja equivalente a un buey de agua permanecía abierta todo el tiempo lo mas probable es que el agua corriera en su mayoría por esta dejando sin liquido el resto del canal lo que provocaría que el resto de los usuarios no pudieran hacerse del liquido.

Otra consideración importante tienen que ver con los sistemas de almacenamiento, la concesión estaría abierta mientras se llenaba el deposito con el que se contara, en el resto del tiempo el agua tendría que correr para que otros usuarios a su vez pudieran hacer lo mismo este tipo de especificaciones estaban contenidas en los documentos mediante los cuales se otorgaban las mercedes de agua.

Es el caso de la merced de agua concedida al noviciado de Tepetzotlan y a la hacienda de Xalpa, en el documento se puede leer las características, 32 surcos que serán tomados del río el oro después de que este haya servido al molino de tablas, es decir el herido se hará corriente abajo del molino mencionado esto para que no se vea afectado el caudal que servia al molino.<sup>103</sup>

Existe un documento que nos habla de los suministros, este referenciado al suministro de agua para una ciudad española Palma de Mallorca en el siglo XVI en el que se representa de manera grafica la manera en que se obtiene el agua, el canal principal y a los lados de este canal los diámetros de las tomas de cada usuario para que se destina el agua así como el tiempo y la hora del día en que podían hacer uso de estas, en el mapa se observan las diferentes dimensiones de las tomas dependiendo del uso y de la cantidad de agua necesaria para cada lugar.<sup>104</sup> Para traspasar estas medidas al campo y poder iniciar las construcciones de conducción almacenaje y uso del agua se requería de técnicas de trazado que tenían que complementarse con otras tantas necesarias para construir las obras físicas que permitirían controlar el agua.

#### Técnicas de trazado y nivelación

La agrimensura es la medida del campo, y esto a través del tiempo ha sido de vital importancia para el desarrollo de los pueblos, en primer lugar la necesidad de cuantificar la superficie de la tierra tuvo sus orígenes en dos causas fundamentales, la tierra produce alimento, y esto la convierte en un bien susceptible de ser propiedad de alguien por su valor potencial productivo, en segundo lugar para que esta superficie de tierra sea mas productiva y esta pueda controlarse mas, necesita ser regada, en este caso la superficie adquiere una serie de controles, el agua que hace mas productiva la tierra es un bien valioso principalmente en los sitios donde no existe en abundancia, incluso en los lugares donde abunda se requiere de ciertos trabajos para poder controlar el recurso. Este cambio de estatus de la tierra va de la mano de la necesidad ya comentada de cuantificación, y la mejor manera de cuantificarla es

---

**Ortiz Macedo Luis**, *op.cit.*

**Palerm Viqueira Jacinta y Chávez Araiza Carlos** *op.cit*

<sup>103</sup> **Neri Vargas Gaudencio**, *TEPOTZOTLAN MONOGRAFIA MUNICIPAL*, instituto Mexiquense de cultura, México 1999, pág. 85

<sup>104</sup> **Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores)**, *op.cit* págs. 28-33

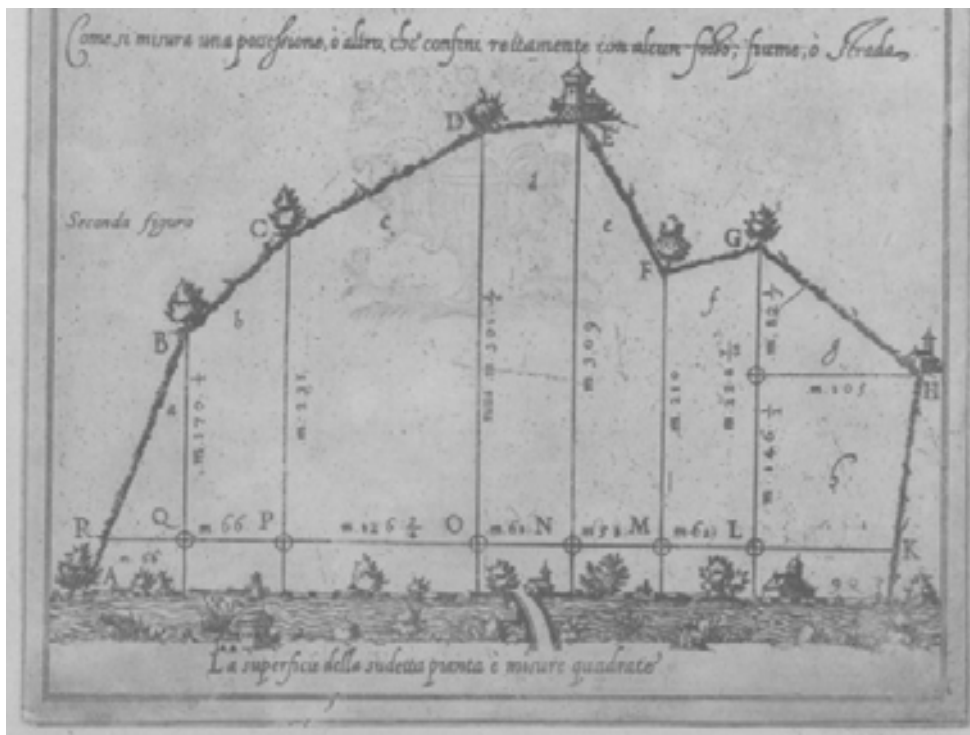


adquirir un sistema de medición una unidad elegida regularmente alguna parte del cuerpo y ver cuantas veces esa unidad cabe en el pedazo de tierra, este es el nacimiento de la planimetría.

La planimetría es la medida en dos dimensiones, largo y ancho esto es fundamental para conferir valor a la tierra, para el cobro de impuestos y para relacionar al área con la producción. Cuando el trabajo del agua se encamina al control del agua para todas las necesidades básicas del hombre se tiene que lidiar con un aspecto importante el agua tiene sus propias leyes de comportamiento afectadas principalmente por la ley de la gravedad. Estas leyes y su entendimiento son vitales para la canalización del agua, es aquí donde no solo se necesita conocer las dos dimensiones de los terrenos, también se requiere de incorporar las alturas de los terrenos con respecto a un punto definido esto permitirá canalizar de manera adecuada el agua, a la medición de estas cotas se le denomina altimetría.

Tanto la planimetría como la altimetría en conjunto forman la topografía, que tienen que ver con las dimensiones de la tierra en 3 dimensiones largo ancho y alto. Ya hemos hablado de que esta necesidad de cuantificación de la tierra genero el desarrollo de la trigonometría, cuya principal aplicación es la agrimensura, la trigonometría es la base de las técnicas de medición en planimetría y en altimetría, y es importante mencionar que todas estas dieron origen al estudio de los triángulos y al de los ángulos, de esta manera geometría significa medida de la tierra porque su origen era precisamente ese.

En hecho de las mediciones tanto en dos dimensiones como en tres son importantes para el desarrollo de la ingeniería hidráulica debido a que la conducción de agua y los trabajos que se tienen que hacer requieren de ambas, el encontramos que las relaciones entre alturas en los terrenos y las dimensiones de los terrenos así como la relación entre medidas de longitud y de altitud permiten acercarnos al diseño elementos que permiten la canalización, conducción y aprovechamiento del agua.



Antes como ahora el método mas efectivo para medir un terreno es convertirlo a cuadrados y triángulos, en este esquema se observa que tal acción se realiza tomando en cuenta como vértices elementos existentes en el terreno, árboles, río, casas, en la parte baja se observa la leyenda que dice "la superficie de la planta es medida y cuadrada"  
**imagen: tratado de geometría practica de Giovanni Pomodoro SXVI**





Las matemáticas, la geometría y la trigonometría permitieron obtener las áreas, los trazos, las alturas, todo esto podía ser realizado en escala menor en un papel o en un sustento grafico, incluso en la arena, lo que se necesitaba para obtener estos valores era los valores reales obtenidos por medida directa una vez obtenidos, se trabajaba a menor escala para obtener los datos requeridos, el método es actualmente el mismo, aunque los instrumentos actuales incorporan los avances tecnológicos la trigonometría sigue rigiendo los métodos de obtención de valores que a su vez se obtienen directamente del terreno.

Como ya se menciona el valor de estas técnicas traspasa la necesidad de medición y se requieren las técnicas para el trazado y la nivelación, ambas actividades de vital importancia sobre todo porque anteceden a la construcción y preceden al diseño, el primer paso después de la proyección de cualquier obra es el trazado de los elementos físicos que la compondrán, es el primer paso para abandonar la escala de diseño y pasar a la escala real a la que permitirá la construcción y la edificación. Hablaremos ahora de las técnicas utilizadas para medir y trazar, reafirmando la idea de la geometría, las matemáticas y la trigonometría como elementos fundamentales de estas.

#### Instrumentos Topográficos.

Las necesidades que originan la topografía fundamentalmente la obtención de datos en el terreno que sirven para proyectar las obras de ingeniería no han cambiado a través del tiempo, los métodos de medición y de calculo están basado como ya vimos en la geometría, de ahí el significado de la palabra *medida de la tierra* y se apoyan en triangulaciones y sus respectivas reglas, la geometría y la trigonometría *medidas de los triángulos* son las herramientas principales en que se basa la agrimensura para conseguir los datos requeridos, áreas, distancias, cotas, alturas etc.

En la altimetría la principal necesidad es poder transportar una cota de referencia a diferentes puntos del terreno principalmente en el caso de la hidráulica en los puntos por donde el agua seguirá su camino, lo importante y también ya lo hemos visto en otra partes de este trabajo es obtener las distintas cotas entre el nacimiento del agua o la fuente y el punto final donde se utilizara, esto es importante porque con estos datos se va configurando un proyecto hidráulico de conducción, por ejemplo, el acueducto que es el nombre que se la da a toda la canalización requiere de diferentes obras que garanticen que el agua llegará hasta su destino.

Tenemos de esta forma unas necesidades específicas de la topografía que siguen siendo las mismas al paso de los siglos, de la misma manera los instrumentos en los que el hombre se ha apoyado tienen las mismas motivaciones y son producto de tratar de medir estos ángulos, estas distancias y estas alturas, los instrumentos de medición ayudan a tener estas dimensiones en un papel o en un medio grafico donde por medio de trigonometría y geometría se obtienen los datos requeridos para diversos fines.

De lo anterior concluimos que las necesidades básicas de la planimetría se resuelven por medio de la medición de distancias y ángulos, la altimetría medida de alturas referenciadas a un banco de nivel, por lo que trataremos los instrumentos de medición de acuerdo a las necesidades que resuelven:

#### Medición de distancias en horizontal.

La planimetría es tan antigua como las primeras civilizaciones, los instrumentos de medición seguían siendo similares hasta finales del siglo XX y en los nombres de ellos y de los hombres que miden descubrimos parte de esta historia. Comenzaremos por la más básica de las necesidades obtención de longitudes: la medición de distancias se hace por medio de cintas



con graduaciones específicas, esta situación se resolvía en la antigüedad por medio de cuerdas y cadenas en las cuales los eslabones indicaban módulos de dimensionamiento.

Recordemos que la medición tiene que ver con la relación de una unidad de medida en una distancia, es decir cuantas veces cabe la unidad de medida en esa distancia, de la misma manera se modulaban las cadenas para obtener esas medidas de manera fácil, en la actualidad uno de los cargos de la topografía se denomina cadenero para aquellos hombres que cargan balizas estadales y que miden de vértice en vértice podemos suponer que su nombre proviene de los que antaño cargaban las cadenas y las extendían entre los vértices para obtener la medida.

En el caso de las cuerdas, se sometían a tratamientos especiales para evitar alteraciones a consecuencia de la dilatación por cambios de temperatura, en las técnicas topográficas actuales existen formulas para hacer la corrección de temperatura en las cintas y según el material de la cinta se considera mayor o menor corrección, esto cada vez esta mas en desuso porque las medidas actuales se obtienen por medio de rayo láser que emite una estación total, ahora la balizas y los estadales tienen receptores la estación total mide la distancia a esos receptores y los ángulos entre ellas.

Pero retomando los tratamientos a los que se sometían las cuerdas para hacerlas mas resistentes a las deformaciones encontramos que se les colocaba en tensión y después se agregaban sustancias para que la cuerda trabajara dentro de un aglutinante, que además la hacia resistente a los agentes que provocan las deformaciones, como los cambios de temperatura y la humedad.

Otro instrumento utilizado desde la época romana es la decempeda, que significa diez pies, este instrumento de madera también llamado pertica era un instrumento de mayor exactitud que las cuerdas su desventaja era lo corto de su dimensión lo que repercute en mayor tiempo en la toma de medidas, aproximadamente 3 metros, esta tenía que colocarse varias veces en la distancia para obtener el dato, en el tratado de *Geometría Practica* de Pomodoro difundido en el siglo XVI se muestra la técnica de medición e distancias horizontales por medio de esta pertica, acostándola y levantándola por medio del giro para transportar en una línea la medida, esta decempeda o pertica permitía utilizarla para otros procedimientos topográficos como se vera mas adelante.

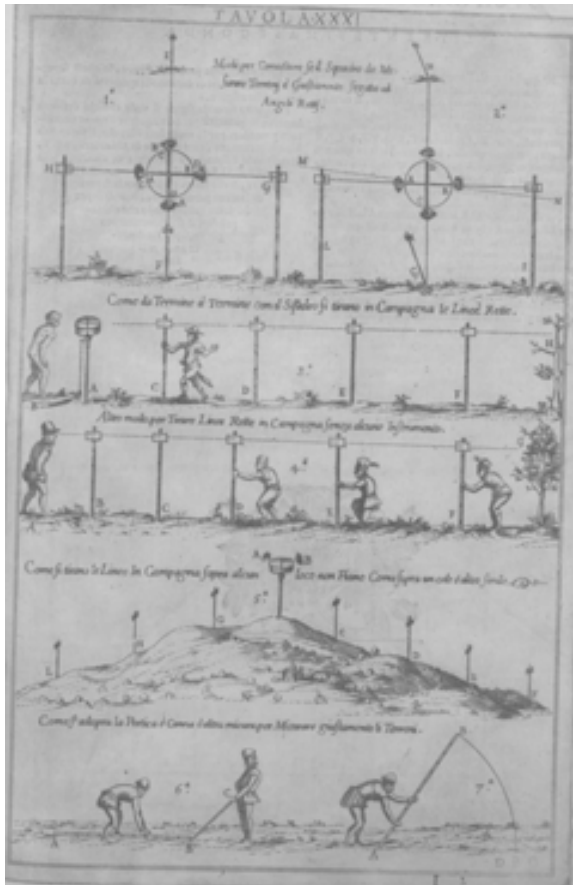
Las maderas con la que fabricaban las perticas tenían que ser sometidas a procesos adicionales para reducir la deformación y hacerlas mas resistentes a los cambios climáticos también se buscaba que fueran resistentes al uso rudo que seguramente se les daría en campo estos tratamientos eran similares a los de las cuerdas agregando sustancias e impregnándolas perfectamente. Actualmente los estadales son la evolución de la decempeda aunque difícilmente se utiliza este instrumento para medir distancias en horizontal.

El primer paso antes de obtener la dimensión de una línea era trazarla aunque fuera de manera virtual, una línea se delimita por dos puntos el de inicio y el del final, que a su vez pueden ser vértices del terreno, para lograr esto se utilizaban las balizas, que eran alineadas mínimo de tres en tres, el observador se ubicaba en un extremo y por medio de la vista y algún instrumento como los que veremos posteriormente se alineaban las tres, después de iba avanzando moviendo la ultima de las balizas hacia delante y repitiendo la operación, de esta forma se obtenía una línea sin variaciones, dentro de este proceso se iban obteniendo las dimensiones de la línea.



En conclusión, las dimensiones planimétricas se obtenían de manera muy similar a la actual, por medio de definición de vértices y midiendo por diferentes métodos la distancia que existe entre estos puntos, los instrumentos utilizados eran cuerdas y cadenas.

En este punto y antes de pasar a las mediciones angulares cabe una mención al gnomon, instrumento por el cual se determinaba el norte en diferentes regiones, principalmente utilizado en épocas mas antiguas cuando se carecía de las brújulas que lo hacían de manera directa, el gnomon era una vara o cualquier elemento que pudiera pararse en el terreno y se conociera su altura.



Lamina donde se observa como se deben de medir los terrenos utilizando dos instrumentos topográficos, el primero es la escuadra del agrimensor que se coloca en la parte alta de un bordón con el cual y observando a través de varios en línea se trazan líneas rectas, a noventa grados o a 45 dependiendo de las necesidades, tirando visuales y señalando puntos en sucesiones de bordones con escuadras en su punta, en la parte inferior observamos medición de longitudes por medio de una pértiga que es colocada en horizontal y girada, después se multiplica la longitud de la pértiga por el numero de veces que cabe la distancia seleccionada, de esta forma se median las distancias con la pértiga, aunque cabe aclarar que siempre fue mas exacto el uso de cintas y cuerdas ya que en cada giro se podían acumular errores cosa que no sucedería con la cuerda que su error sería menor. **Imagen: tratado de geometría práctica de Giovanni Scala**

El primer paso en el uso del gnomon era trazar un círculo en la tierra y colocarlo en el centro, se debía de registrar el momento en que la punta de la sombra del gnomon entraba y salía del círculo lo que sucedía en el transcurso del día, primero por la mañana y después por la tarde, con lo cual se obtenía una línea que cortaba la circunferencia en dos puntos y que era paralela al movimiento del sol, marcando la línea oriente poniente, después se trazaba otra línea que partiendo del centro del círculo, lugar donde se encuentra el gnomon atraviesa la línea anterior de manera perpendicular a ella obteniendo la línea norte sur, con este mismo instrumento y midiendo las sombras a diferentes horas del día generalmente a medio día se obtenía la ubicación del lugar de medición con bastante precisión, el método de calculo era por semejanza de triángulos y utilizando el sol, la distancia de la sombra y la altura del gnomon se obtenía un triángulo que era semejante al que trazaban de manera imaginaria los rayos del sol, el cual es diferente para cada región de la tierra, las medias de otros sitios que eran conocidas servían de referencia para obtener las deseadas.

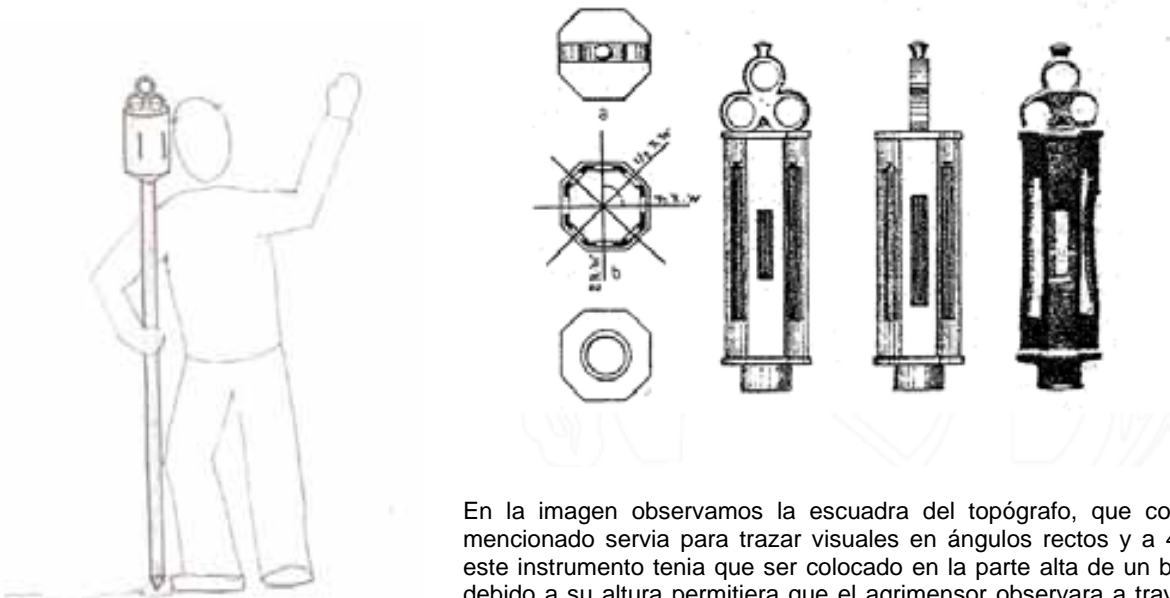


### Medición de ángulos

Para medir un ángulo se deben de elegir los vértices y obtener los grados que existen entre las líneas imaginarias que delimitan el terreno y que funcionan como los brazos del ángulo, esto como ya vimos con el fin de triangular la superficie y obtener por medio de las relaciones entre ángulos y distancias las áreas.

Para medir los ángulos se necesita que el instrumento tenga una graduación angular horizontal y la posibilidad de girar en el mismo plano, con algunos puntos de referencia para marcar por medio de los vértices los puntos de inicio y final de los ángulos.

Los aparatos que permitían esta medición fueron variados empezando por los más sencillos y llegando hasta los más complejos, el primero de ellos que describiremos es la llamada escuadra del topógrafo, este instrumento es de los más sencillos y está formado por un cilindro o cuerpo prismático que tiene hendiduras muy finas en diferentes zonas, por ejemplo a cada 90 y 45 grados este instrumento estaba hecho para ubicarse en la parte alta de un bordón con lo que se podía regular la altura para que estuviera en el ojo del topógrafo, por medio de la vista podía ubicar vértices y medir las aberturas entre ellas, observando a través de las hendiduras, de la misma forma por medio de las visuales servía para alinear balizas y pértigas con lo que se lograba el trazo de una línea.



En la imagen observamos la escuadra del topógrafo, que como se ha mencionado servía para trazar visuales en ángulos rectos y a 45 grados, este instrumento tenía que ser colocado en la parte alta de un bordón que debido a su altura permitiera que el agrimensor observara a través de sus ranuras. **Imagen: Escuadra romana de agrimensor del museo de coblence**<http://traianus.rediris.es/topo01/>, dibujo Tarsicio pastrana.

Este es el aparato más sencillo y sus dimensiones son pequeñas en comparación con otros<sup>105</sup> era común como se puede ver en algunos tratados que se utilizaran varias escuadras de agrimensor para que se pudiera determinar con exactitud la rectitud de una línea observando los puntos a través de sus mirillas, la precisión de construcción también era importante, debido a que a menor abertura de la hendidura mayor precisión, si la abertura de las hendiduras era

<sup>105</sup> En una excavación arqueológica en l'órme eneiman en somme cerca de amiens fue encontrada una escuadra romana de 185mm de altura por 765mm de diámetro, con divisiones a cada 90 y 45 grados fechada aproximadamente en el tercer siglo después de cristo, estudiando este instrumento se dedujo que a lo largo del tiempo es uno de los que menos ha cambiado, siendo muy similar a los utilizados en pleno siglo XX.



mas gruesa el campo de visión era mayor y permitía mayor grado de error en las medidas y en los alineamientos.

Otras mediciones angulares se realizaban con un cuadro de madera graduado, denominado cuadrante geométrico, en el que se tiraban las visuales y se hacían marcas con lo que se obtenían triángulos semejantes que eran iguales que los de tamaño natural pero de una escala mucho menor, a los que después de les aplicaban reglas de tres para obtener las áreas en la realidad, el tamaño de este instrumento también lo hacía muy manejable y podía ser utilizado de igual forma para ángulos verticales o horizontales.

Otro instrumento utilizado para la medición de ángulos horizontales es la Groma, esta utiliza los mismos principios de la escuadra del topógrafo que ya hemos mencionado, pero es menos precisa, es utilizada principalmente para trazado de líneas perpendiculares y esta formada por una cruz cuyos 4 brazos estarán a 90 grados uno del otro, de cada punta de esta cruz y del centro penden 5 plomadas que sirven para ubicar los puntos de referencia, uno para el punto central de medición y los otros cuatro para marcar la dirección de las líneas que se trazaran en ángulo recto con respecto al punto central.

La cruz se monta sobre un elemento vertical que la mantiene horizontal, aunque también hay versiones que tienen al centro el bordón, o en otros casos el trípode, tiene cuerdas que salen de los extremos de los brazos y pueden sujetarse al elemento de apoyo, esto creemos que era una manera de estacionar el aparato.

Una vez lograda la posición deseada se amarraban estos hilos a sus respectivas alcayatas con lo que se fija la estación, en algunos grabados se observa un dispositivo para hacer girar el tornillo al que están sujetas las cuerdas, de esta forma era posible aflojar y apretar la cuerda con el mismo fin descrito, una vez ubicado el instrumento sobre el vértice se observa a través de él y de manera visual se hacen las alineaciones ubicando los vértices necesarios en dirección de los hilos de las plomadas, por esta causa este instrumento es el menos preciso de los que veremos, el viento podía mover los hilos, que dependiendo de la distancia podía provocar variaciones fuertes, un movimiento de milímetros en el hilo en una tirada de 50 metros podía provocar variaciones hasta de 50 cm. en la ubicación de un vértice.

Por lo cual creo que era mas común utilizarlo para el trazado de terrenos o obras que se basaban en trazos perpendiculares entre si.

La razón de su uso tiene que ver con aspectos de trazo rituales, para los romanos la fundación de una ciudad empezaba con una ceremonia que requería del trazado de un polígono de 4 lados con 4 ángulos rectos, los castros romanos y la repartición de terrenos se basaban en delimitaciones cuadrangulares, es probable que fuera utilizado para trazados sistemáticos que se basan en la perpendicularidad de las líneas aunque este instrumento no las garantizaba, este instrumento tiene un periodo muy intenso de uso, comenzando en épocas anteriores al imperio romano, de su utilización existen varias referencias, pasando por el siglo XVI donde la encontramos en grabados que ilustran las técnicas topográficas como el de los 21 libros de los ingenios y las maquinas.

Otro instrumento que ubicamos en este sitio por su uso mixto, (nivel, medición de ángulos verticales y horizontales, es la dioptra, elegimos dividir la explicación de los instrumentos topográficos por las problemáticas que resuelven por esa razón y antes de comenzar con los niveles hablaremos de la dioptra que sirve tanto para nivelar como para medir ángulos.





La groma era un instrumento que fundamentalmente se utilizaba en el trazo de líneas perpendiculares, como es el caso del trazado de calles, o en la fundación de ciudades donde se trazaba una calle en perpendicular con la otra a partir de un sitio en el que las dos se interceptan.

Como se puede ver en la ilustración la parte central se coloca por medio de la punta en un sitio adjunto a la mojonera en la que se tendrá que ubicar la escuadra, las cuatro plomadas permiten alinear y nivelar los cuatro brazos, a partir de aquí por medio de visuales se ubican las cuatro líneas. **Imagen Tarsicio Pastrana**

La dioptra es un teodolito antiguo<sup>106</sup>, tiene la capacidad de medir ángulos horizontales, verticales y servir como nivel rudimentario, aunque como sucedía en la actualidad antes de la llegada de las estaciones totales para nivelaciones es mas recomendable debido a su grado de precisión utilizar un instrumento diseñado ex profeso para tal fin, en la antigüedad los instrumentos especializados para nivelar eran otros.

El hecho de que la dioptra este dotada de los dos tipos de medición en ángulos (verticales y horizontales) la hace un instrumento mas completo que los que hemos visto con una similitud en funcionamiento con los teodolitos actuales, tomando en cuenta que existieron en la antigüedad y en la época de estudio obras de ingeniería que demandaban de la precisión del levantamiento topográfico consideramos que esta precisión solo se podía lograr con aparatos mas exactos como es el caso de la dioptra exceptuando su faceta como nivel de lo cual hablaremos mas adelante y haciendo énfasis en que para nivelar no era la dioptra la mejor opción como lo menciona Vitruvio.

*“Se puede nivelar con dioptras, con niveles de agua o con un corobate, pero se hace mayor precisión por medio del corobate porque las dioptras y los niveles fallan”<sup>107</sup>*

La dioptra según descripciones antiguas la mas celebre de ellas la de Heron de Alejandría era un instrumento de medición dotado de una regla que podía ser circular o cuadrangular llamada limbo colocada de manera horizontal, otra de las mismas características mas no completa ubicada en vertical, una plomada para poder colocar en estación el instrumento y un dispositivo nivelador debajo del limbo horizontal para poder nivelarla, adicional a esto un elemento móvil que podía girar sobre el limbo o inclinarse sobre el limbo vertical para lograr las mediciones requeridas.

<sup>106</sup> Gallo Moreno Isaac, TOPOGRAFIA ROMANA en Elementos de Ingeniería Romana Libro de ponencias Congreso Europeo “las Obras Publicas Romanas”, España 2004 pág. 32

<sup>107</sup> Ortiz y Sáenz José, óp.cit.



*“La dioptra dispone de un remate en forma de capitel dórico... un disco horizontal graduado...un semicírculo vertical... una regla móvil con visores”<sup>108</sup>*

Una condición importante en este tipo de mediciones que repercute directamente en la precisión es garantizar la horizontalidad del aparato cuando se toma una medición, de lo contrario puede haber variación en esta y acumular un error de grados que nos alterara el producto final, la reconstrucción realizada en esa investigación a sido comprobada en campo por lo que la tomaremos como acertada para ilustrar la maquina.

El procedimiento de medición debió de ser similar al utilizado actualmente, se ubica en el punto necesario el instrumento, se nivela por medio de las plomadas, se hace girar el limbo para ubicar la graduación cero en el vértice correspondiente que también será el vértice de la línea imaginaria cuyo origen esta debajo del aparato, se alinea de manera precisa utilizando las mirillas y otros elementos con los que esta dotada la dioptra, se hace girar la parte del instrumento que tiene la mirilla para alinearla con el vértice que marca el otro brazo del ángulo, se observa el marcador en la zona del limbo y se registra la medición.

Otro aspecto de vital importancia para lograr la precisión de la medición son las fracciones de los ángulos, medidas en minutos y segundos, actualmente esta medición de precisión se hace por medio un calibrador incorporado en los limbos graduados del teodolito del cual se puede obtener con precisión los minutos y segundos del ángulo, en la antigüedad se hacían graduaciones de los ángulos para obtener con claridad los medios ángulos y las demás fracciones se hacían por calculo visual<sup>109</sup>.

La medición de ángulos verticales muy útiles para obtener las alturas de elementos que de otra forma seria imposible medir se hacia de manera similar aunque en este caso las mirillas tenían que ubicar el punto de origen de la altura que se deseaba medir y el punto final, por relación de triangulo y funciones trigonométricas se podía obtener la altura del elemento que era uno de los lados del triangulo imaginario.

Otro instrumento para medidas de ángulos principalmente verticales es la linterna o Lychtia formado por dos barrotes de madera una mas corta que podía girar sobre la mas larga que le servia de apoyo, la corta tenia graduación con lo que se podía inclinar y medir, este dispositivo permitirá la medición de alturas y distancias por el método de semejanza de triángulos, el brazo corto se alineaba con los lados del triangulo mayor construido de manera virtual por el agrimensor y controlando las líneas de manera visual el triangulo obtenido entre los brazos del instrumento era semejante al triangulo cuyo alguno de sus lados representaba la distancia que se deseaba conocer aplicando el método correspondiente en proporción se obtenía la dimensión requerida.

Su transporte era también más cómodo que algunos de los otros instrumentos, como se puede ver en algunas láminas del tratado ya mencionado de Pomodoro su altura no excedía a la de un hombre y el brazo móvil se podía colocar alineado con el brazo mayor

<sup>108</sup> Así describe Herón de Alejandría la Dioptra referencia obtenida en: **Gallo Moreno Isaac**, *ARS MENSORIA LA DIOPTRA en Nuevos Elementos de ingeniería romana*, Junta de Castilla y León Colegio de Ingenieros T.de O.P., España 2006

<sup>109</sup> **Gallo Moreno Isaac**, España 2004, *op.cit.* pág. 34



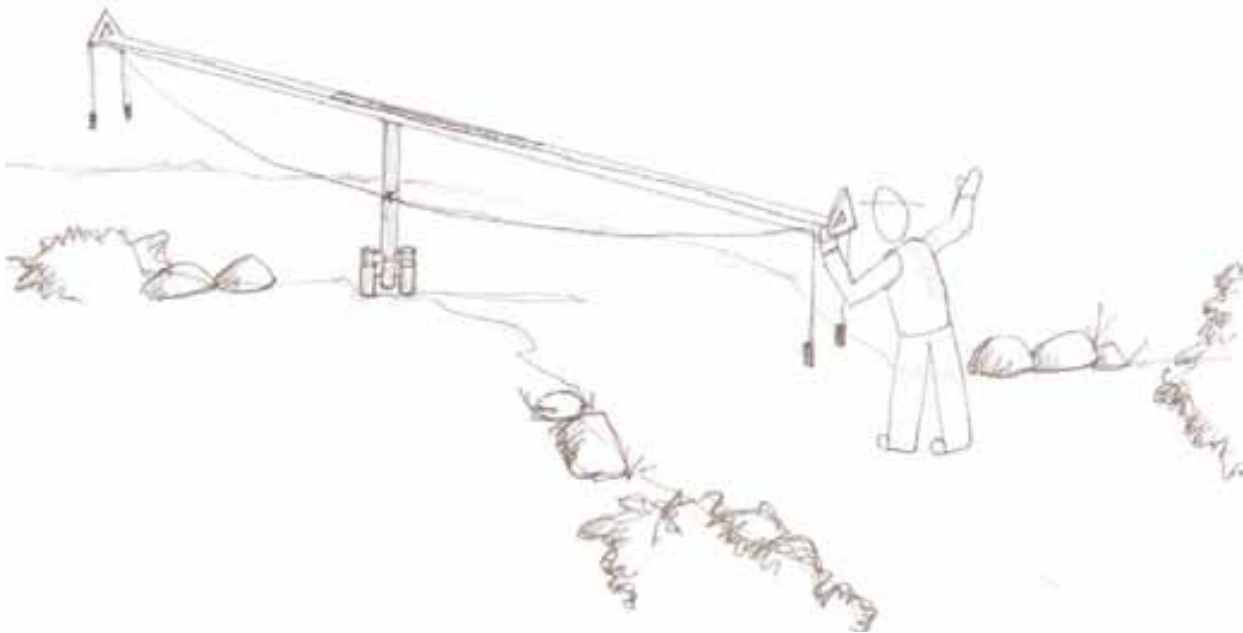
### Medidas verticales y nivelaciones

La siguiente necesidad topográfica que trataremos que además es de vital importancia para la ingeniería hidráulica es medir alturas y tenerlas referenciadas a un banco de nivel, que en el caso de la hidráulica era la altura del agua en la fuente. Esta parte de la topografía es la altimetría, el instrumento que se necesita para obtener estas cotas necesita tener una horizontalidad controlable para a distancia transportar esa línea de un punto a otro, en los puntos elegidos se ubica una referencia que puede ser una pértica o una baliza donde exista alguna referencia graduación o marcas que será observable a distancia, y que en relación a esa se irán transportando los niveles desde un banco de nivel elegido.

En este aparato existen dos prioridades básicas, garantizar la horizontalidad en todo momento, ya que cualquier inclinación del aparato se traduce en un giro no horizontal y esto afectara la medida que se desea transportar, la otra tienen que ver con la capacidad de giro sin romper esa horizontalidad. La primera de ella se logra con dispositivos niveladores y generalmente con un nivel de agua que se ubica en alguna parte del aparato, la segunda con un fácil giro del instrumento sobre la superficie que se esté nivelando.

El corobate es el instrumento antiguo que mejor resuelve esta necesidad, recomendado por el mismo vitruvio para nivelaciones que requieren de precisión como las hidráulicas, recordemos que la pendiente en distancias muy grandes se puede manejar en porcentajes al millar, para logra ese grado de precisión se requiere de igual forma de un aparato preciso.

El corobate esta representado de diversas maneras a lo largo de la historia y tiene que ver con las traducciones que se han hecho del latín a diferentes idiomas de la obra de vitruvio, en estas se ha interpretado de muchas formas pero es obvio que los traductores en muchos casos no conocían los aparatos que se utilizaban ni las técnicas, basado en eso existen mejores reconstrucciones que han sido probadas en campo. El corobate es descrito por vitruvio de la siguiente manera:



Corobate de tripie, que incorpora la posibilidad de girar de manera fácil más similar a un nivel actual, el inconveniente es la dimensión del aparato, casi 6 metros de largo lo que dificultaba su transporte y manejo, las plomadas y los hilos permitían su nivelación. **Imagen Tarsicio Pastrana**





*Trataré ahora de los métodos de conduciré el agua a las viviendas y a las ciudadelas, en primer lugar se ha de hacer el nivelado, se puede nivelar con dioptras, con niveles de agua o con un corobate, pero se hace mayor precisión por medio del corobate porque las dioptras y los niveles fallan. El corobate es una regla recta de aproximadamente veinte pies de largo. En los extremos poseen unos brazos transversales que se corresponden con exactitud poseen la misma medida y están fijados en los extremos de la regla, formando un ángulo recto; entre la regla y estos brazos van unos travesaños sujetos por medio de espigas que tienen unas líneas trazadas en vertical, con toda exactitud; además lleva unos hilos de plomo suspendidos en cada una de las partes de la regla; cuando la regla está en su correcta posición si los hilos de plomo rozan de manera idéntica a las líneas trazadas, es señal de que el corobate esta perfectamente nivelado.*<sup>110</sup>

El Corobate es un instrumento que esta formado por un elemento de madera de aproximadamente 6 metros de largo sobre el que se hace un canal al centro que servirá como nivel de agua, a ambos extremos se colocan las mirillas y las referencias, también de manera complementaria otro elemento de nivelación son las plomadas en los extremos que se ubican con referencia a algún elemento para poder revisar la nivelación.

Este dispositivo se ubica sobre un tripie o algún elemento horizontal que permita su giro sin problema, en el centro del aparato en el sitio donde se hace contacto entre la pieza de madera horizontal y el apoyo se encuentra un instrumento de giro, el giro es muy importante porque permite transportar una referencia de nivel de un punto a otro, al igual que en algunos grabados de la groma en el tratado de los 21 libros de los ingenios y las maquinas, observamos el mismo dispositivo para fijar la posición del aparato, las cuerdas que salen de los extremos y llegan a un tornillo que puede girar para apretar o alojar la cuerda y de esta manera fijar la posición; en estación para completar la nivelación el siguiente elemento de apoyo son las perticas y las balizas elementos verticales en los cuales se va registrando el nivel que se va transportando.

El punto débil de cualquier instrumento de este tipo es su nivelación, en este caso existían algunos instrumentos incorporados que permitían lograrla sin muchas complicaciones, ya hemos hablado de las plomadas las cuales se ubicaban en los extremos de la barra principal y tenían un elemento vertical prolongación de la mirillas donde se graduaban unas líneas para poder colocar las plomadas y relacionarlas con la vertical del aparato, esto en ambos lados, el nivel de agua que se ubicaba al centro permitía una nivelación horizontal rápida, las plomadas lo hacían con la posición vertical, una vez nivelado el aparato se podía hacer la medición y hacerlo girar sin problemas.

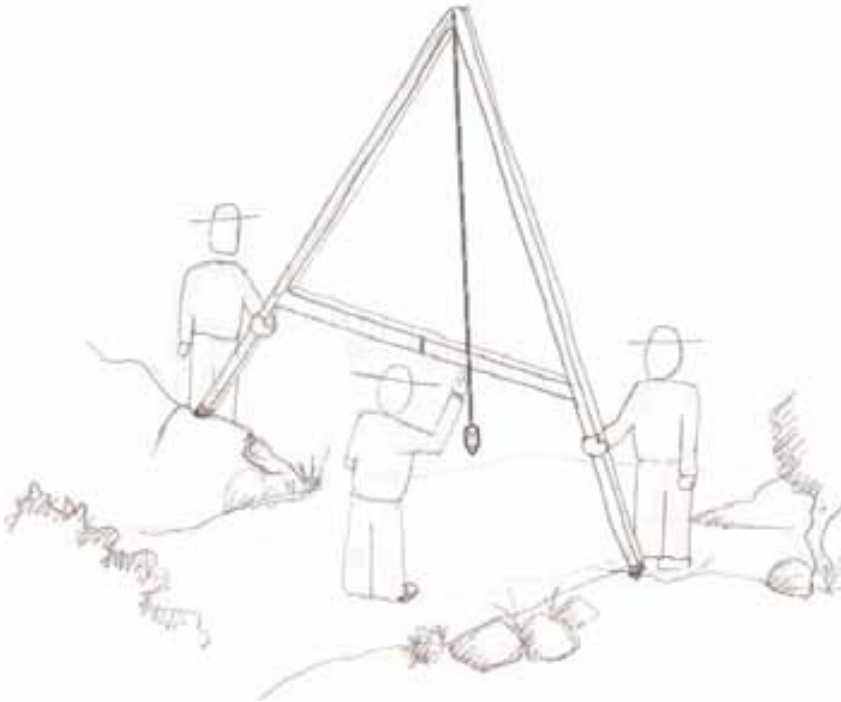
Las limitaciones del aparato tenían que ver con la vista del topógrafo, con este modelo se ha comprobado que es posible realizar líneas de medición de hasta 70 metros, desde una sola estación, lo que es suficiente para poder realizar una nivelación con la precisión optima para obras como los acueductos, de cualquier manera en la actualidad las nivelaciones se hacen en distancias cortas para evitar que la curvatura de la tierra afecte las lecturas.

Otro nivel que tuvo mucha popularidad por su fácil manejo y fabricación fue el nivel de tranco, este estaba formado por 3 piezas de madera ensambladas en triángulo, 2 de ellas como soportes con una longitud de 4.2m la tercera un travesaño que uniría las otras dos por la mitad formando una letra A, en las recomendaciones para su fabricación que encontramos en los 21 libros de los ingenios y las maquinas se menciona que la madera debe de estar seca y curarse esto con el fin de evitar las deformaciones, en el vértice superior donde se unen los dos largueros principales se ubica una plomada y en la pieza de madera que atraviesa el conjunto

<sup>110</sup> Ortiz y Sáenz José, *óp.cit.*



se coloca una graduación que como podemos ver mas adelante se podía calibrar de manera fácil.



El nivel de tranco se fundamentaba en un triangulo de madera al centro del vértice superior colgaba una plomada y en el larguero central se marcaba una graduación que se trazaba según la imagen de la izquierda, de esta manera se podía marcar la diferencia de nivel entre una estación y otra, posteriormente se marcaban las medidas positivas y negativas se hacia la suma de estas medidas con sus valores positivos y negativos con lo cual se obtenía el desnivel total entre dos puntos.

**Imagen Tarsicio Pastrana.**

Las puntas de las patas están terminadas en metal para poder controlar las deformaciones y ser mas preciso en la ubicación de los soportes, la graduación en el travesañ permite según se ubique la plomada indicar el desnivel entre ambos pies<sup>111</sup> a diferencia del corobate este nivel no permitía nivelaciones de grandes distancias en una sola estación, el desplazamiento del mismo para ir detectando el desnivel entre ambas patas no podía ser mayor a 6 metros debido a que la altura del aparato no era mayor a 4 metros, un instrumento mas grande seria prácticamente inútil a consecuencia de los esfuerzos para transportarlo y colocarlo.

El procedimiento seguramente fue por acumulación de niveles para detectar al final si la cota de llegada estaba por debajo de la de salida, si el nivel de tranco se desplazaba en secciones de 6 metros los registros de diferencias de nivel en cada medida tendrían que acumularse al final para obtener el desnivel general, en este sentido el corobate también era mas practico, ya que permitía la nivelación de varios puntos desde una sola estación.

El nivel de tranco es mencionado en dos tratados que ya hemos visto, el primero de ellos el de Cristóbal Rojas y el otro el de Fray Andrés de San Miguel, su uso fue muy popular en nueva España por la facilidad de construcción y uso<sup>112</sup> un método de calibración expuesto en los 21 libros de los ingenios y las maquinas es el siguiente, elevando a alturas conocidas una de las patas para ir marcando el desnivel en el travesañ, posteriormente se hacia lo mismo en el otro sentido, lo que nos proporcionaría lecturas de cotas negativas y positivas con respecto al origen

<sup>111</sup> **Ortiz Macedo Luis**, *LAS MEDICIONES TERRESTRES DURANTE LA EPOCA VIRREINAL en cuadernos de arquitectura virreinal* 17, UNAM , México 1985, págs. 26-34

<sup>112</sup> *ibíd.*



Para nivelar de manera mas rápida, encontramos también una técnica que se utilizaba en el corobate y que puede aplicarse en el nivel de tranco es la siguiente: por cada lectura en un punto se hace con un alfiler una marca en el lado de la graduación correspondiente positivo o negativo, al final del recorrido se observa la cantidad de marcas y se cuantifican, si son mas del lado positivo indica que el agua no podrá bajar por encontrarse la cota total por encima de la de origen por el contrario si el numero mayor de marcas se logra en el negativo indicara que la cota final es adecuada para llevar agua hacia ella.

El trabajo de nivelación realizado de esta manera debió de ser una tarea mas demandante que el simple trazo o mediciones horizontales, recordemos que el tamaño de los aparatos requería que su transporte de estación a estación se hiciera con mas de una persona, los hombres que tenían que funcionar como estadaleros y baliceros tenían que ser varios también y seguramente como en la actualidad las brigadas de dedicaban a hacer mas de un trabajo a la vez, las referencias de ubicación de los equipos se tenían que hacer con respecto a puntos señalados con lo que los trabajos podían ser conjuntos, es decir altimétricos y planimetríticos.

Planeación de obras hidráulicas.

Dentro del proceso de proyección, el primer paso era la elección de la fuente de origen, de ahí se elegía por medio de recorridos en campo los caminos más aptos, para lo cual se hacia el trabajo de trazo y nivelación con los instrumentos topográficos que acabamos de ver.

Era muy importante elegir la mejor ruta para aprovechar lo mejor posible las pendientes naturales del terreno, por lo que del punto de origen al final se analizaban las mejores rutas, de este proceso se obtenía un recorrido sobre el que se tenía que proyectar una serie de obras complementarias.

Retomando la división planteada por el Dr. Leonardo Icaza, Captación, elevación, almacenamiento, conducción, distribución y usos derivados<sup>113</sup>, en cada una de estas tenían que proyectarse obras complementarias, dependiendo del recorrido se tenían que construir presas, canales a cielo abierto, subterráneos, ductos elevados sostenidos por arcos, cajas de agua, compuertas derivadoras, depósitos, tanques entre otras obras.

Las descripciones de estas obras no está dentro del alcance de este trabajo, existen diversos trabajos que hablan a detalle de cada una de estas que tienen la finalidad de llevar el agua a los sitios donde se necesita únicamente como referencia se realiza el siguiente cuadro basándonos en el trabajo del Dr. Icaza

La parte de estos recorridos que si se ampliara es la de los ingenios, es decir el agua utilizada como fuerza motriz y como parte de procesos productivos en establecimientos que utilizan las maquinas hidráulicas, en la etapa final de este recorrido podía estar un campo de cultivo, una fuente pública, un tanque de almacenamiento en el interior de un convento o un ingenio, incluso podemos decir que a lo largo de todo este camino de agua se pueden encontrar todos ellos.

El interés de generar proyectos productivos para las diferentes regiones, provoca el diseño de los ingenios, algunos como parte de la generación de insumos básicos para la población, otros con alcances mayores como ya se ha visto con producciones que los colocan dentro de un estatus de establecimiento preindustrial; estas producciones son las que ponen en alerta a la corona y comienza un programa de bloqueo para únicamente tener a la Nueva España como un

---

<sup>113</sup> **Lomelí Icaza Leonardo**, *DE AGUA Y ARQUITECTURA NOVOHISPANA en Bitácora arquitectura 16*, Facultad de Arquitectura UNAM, México 2007, págs. 52-61.



productor de metales, el resto se confina al autoconsumo, aun así, industrias como la del azúcar alcanzan niveles importantes de desarrollo tecnológico.

<b>CAPTACION</b>	Partidores o cajas de agua Galerías filtrantes Pozos Aljibes Cisternas Chultunes Sistemas de captación en edificios	
<b>ELEVACION</b>	Rueda Hidráulica Noria Hidráulica Noria de sangre	
<b>ALMACENAMIENTO</b>	Azudas Jagüeyes	
<b>CONDUCCION</b>	Acueductos Canales	
<b>DISTRIBUCION</b>	Partidores Cajas Pilas Fuentes de Agua	
<b>USOS DERIVADOS</b>	LIMPIEZA	Baños Lavaderos
	FUERZA MOTRIZ	Molino Azucarero Batanes Ferrerías Molinos harineros Molinos de mineral Molino de aceite Molino de Papel Molino de Pólvora
	PROTECCION	Cloacas Drenajes Calzadas Diques Puentes

Fuente del Cuadro <sup>114</sup>

El ingenio se proyecta como un establecimiento en el cual se transforma la materia prima en un producto de consumo, dentro del proceso productivo existe una maquina hidráulica que participa activamente en la obtención del producto final. Se debe dividir en dos la planeación de una obra de este tipo, en primer lugar el agua llega al sitio requerido, como ya hemos visto en el camino de recorrido puede haber diversos usos, por lo que este recorrido no siempre es exclusivo para el ingenio, el segundo factor es el diseño interior del ingenio, en el cual existe el diseño de la maquinaria que tiene que funcionar con agua y el otro aspecto es la planeación de los espacios arquitectónicos que se diseñan en función de los procesos de producción, este es el aspecto más interesante de la arquitectura que gira en torno a la maquina, toda la arquitectura se subordina a la maquina hidráulica y al proceso de producción, estos aspectos se analizaran por cada máquina en el capítulo siguiente.

<sup>114</sup> *Ibíd.* págs. 52-61.



---

**CAPITULO III: LOS INGENIOS DEL HOMBRE O LAS MAQUINAS QUE HACEN COSAS****1. La máquina de hacer azúcar.****a. Introducción.**

El azúcar fue junto con la minería las actividades más lucrativas de la época virreinal. A diferencia de otros procesos en los que el trabajo fue artesanal y de alguna manera adaptado a las características del trabajo existente, en ambos casos las transformaciones de los modos de producción y las técnicas los catapultaron hacia los establecimientos que más innovaciones de tipo preindustrial incorporaron, principalmente la producción de azúcar requirió de la mayor capacidad económica y productiva que se podía tener, en ambos casos, los principios de mejoramiento de la producción crearon innovaciones que los colocaban en el ámbito de las actividades industriales, las ganancias tendrían que ver con que tan exitoso era la implementación de mejoras productivas, que en la mayoría de los casos se aplicaban en máquinas.

Debido a que la fuerza motriz por excelencia en la época era la hidráulica, esta como en otros procesos analizados en este trabajo fue aplicada de manera sistemática a la producción de azúcar, si bien existían dos tipos de establecimientos, el artesanal y el industrial en el segundo las aplicaciones hidráulicas eran vitales, desde el proceso del riego hasta la elaboración del producto, como ya mencionamos la diferencia de uno y otro repercutió en la productividad.

No se concebía un ingenio exitoso sin la fuerza motriz del agua, de esta forma la complejidad se hizo más notoria, las máquinas que se movían con agua en los ingenios eran el corazón del mismo, y el agua era el segundo insumo más importante después de la misma caña, no solo como fuerza motriz, también como participante de la elaboración y muy importante por la cantidad tan elevada de agua que el cultivo necesita para desarrollarse adecuadamente. Es decir, el agua no solo se utilizaba como fuerza motriz, dentro del proceso de obtención del azúcar, y desde el riego de los campos era de vital importancia por lo que la infraestructura hidráulica no se circunscribía únicamente al movimiento de las ruedas hidráulicas.

En el caso de los ingenios azucareros, la cantidad de agua era mucho mayor que en otros, por lo que su ubicación siempre se vio determinada por esta situación a diferencia de otros establecimientos como en el caso de las haciendas de beneficio que en los sitios donde escaseaba el agua se sustituían las máquinas por molinos de sangre, la dependencia de la caña de azúcar de los climas calurosos y de la abundancia de agua marcaba a también una dependencia al recurso como ningún otro ingenio. De tal importancia era el uso del agua y también la máquina que se movía con ella para el proceso de producción del azúcar que esta máquina daba nombre a todo el establecimiento, de esta forma se les conocía como ingenio azucarero o simplemente ingenio que en realidad y como ya lo hemos visto era el nombre de la máquina solamente.

Para desarrollar el tema de los ingenios hidráulicos utilizados en la elaboración del azúcar es importante dar un panorama de lo complejo del establecimiento para que se pueda analizar en su conjunto la utilización de la tecnología hidráulica en la construcción y operación de un ingenio azucarero.

Como ya se maneja en otras partes de este trabajo se planteará un panorama general de la historia del azúcar en Nueva España, la operación de los establecimientos el proceso de fabricación del azúcar para después hacer énfasis en la tecnología hidráulica aplicada a la



producción del azúcar que es la parte que mas compete a este trabajo y por lo cual será la que más se desarrolle.

### b. Historia del azúcar.

El origen de la caña de azúcar se sitúa después de muchas investigaciones en el archipiélago de melanesia, en Oceanía<sup>115</sup>, desde donde viaja hacia tierra firme y fue avanzando desde la costa occidental hasta la india en donde se popularizo su consumo, primero como un fruto dulce que se mascaba para extraerle el jugo, también fue utilizada como una planta de ornato.

De este sitio toma un doble camino, primero se arraiga en la India donde se comienza su cultivo a gran escala, por otra parte viaja al Norte hacia china. La caña de azúcar se menciona en antiguos textos mitológicos de esta región entre los años 100 y 800 a. C. posterior a estos entre 200 a. C. y 200 d. C. aparece en textos administrativos, Aunque el texto más antiguo donde se hace referencia a la caña es el Código de Manú, escrito alrededor del año 1000 AC, habla de la caña dulce y en su ley 341 del libro 8, dice: "*El Duidja que viaja y cuyas provisiones son muy mezquinas, si coge dos o tres cañas de azúcar o dos pequeñas raíces en el campo del vecino, no debe pagar tributo alguno*". Y en el versículo 143, del libro 11, se dice: "*Por haber muerto toda clase de insectos que nacen en el arroz y en otros granos y en los líquidos como el jugo de la caña de azúcar*"<sup>116</sup>

La obtención del azúcar a partir de la caña se desarrolló de diferentes maneras en las regiones donde se cultivaba de esta manera se puede apreciar en cerámica china parte del proceso de molienda, en el 510 AC el rey Darío lleva el cultivo y la producción de azúcar a Persia, el primer contacto que tiene occidente con el azúcar y con la caña es por medio de la expedición de Alejandro magno en el tercer siglo AC, en ambos casos existe referencia, los soldados de Darío mencionaban la caña que produce Miel y los Griegos la denominaban sal de la india, se habla de la planta que produce una miel tan dulce como la de las abejas, aunque la planta era conocida no era trabajada en Europa.

En Egipto se producía un azúcar de baja calidad aunque se desarrollan sistemas para su clarificación, es importante mencionar que la obtención de las mieles sigue un proceso similar al que el hombre utilizaba en otras plantas para obtener sus concentrados, es decir, la misma técnica se utiliza en diferentes plantas y se perfecciona y particulariza con el tiempo.

Los Romanos y los griegos la conocen no obstante sigue siendo un producto muy caro considerado principalmente medicinal, son los Árabes que invaden la región de Persia en el 600 DC los que tienen contacto con los plantíos de azúcar y con el modo de producirla, por lo que el camino de ingreso del azúcar a Europa sigue dos rutas, la primera de la mano de los Árabes que la llevan a todo el Norte de África y la costa mediterránea de España en todos estos territorios árabes incluidas las islas del mediterráneo el clima es idóneo para el cultivo de la caña su explotación y producción acompañaba la complicada cocina árabe tan necesitada de especias pero sobre todo de sabores dulces. También los árabes perfeccionan los métodos de obtención, recordemos que son hábiles ingenieros y aplican sus técnicas a la producción.

La otra ruta es a través de la ruta de las especias, que se fortalece durante la edad media en la que el azúcar es conocida como la especia dulce era llevada en las mismas caravanas que

<sup>115</sup> **Crespo Horacio (director)**, *HISTORIA DEL AZUCAR EN MEXICO TOMO 1*, Fondo de Cultura Económica, México 1988, págs.21 y 22.

<sup>116</sup> **G. Bühler translation**, *SACRED BOOKS OF THE EAST (THE LAWS OF MANU) vol. 25*, Oxford, 1886. En <http://www.sacred-texts.com/hin/manu.htm>



llevaban el resto de los productos a Europa. Esta ruta lleva comercialmente el azúcar mas no los métodos de producción, las regiones de Europa donde se podía cultivar la caña estaban en su mayoría bajo dominio árabe, con el tiempo se exportan excedentes de las regiones árabes hacia el resto de Europa.

El modo predilecto de endulzar en Europa era a través de la miel de abeja, por lo que el azúcar siguió por mucho tiempo siendo un producto caro y raro. Durante toda la edad media el azúcar era un artículo de lujo mas considerado como medicinal, su alto precio le confería un valor alto dentro del mercado de las especias, aunque en muchas zonas que así lo permitieron principalmente en las regiones árabes se establecieron plantíos y fabricas.

Anterior a este proceso protoindustrial en España, el azúcar se trabajaba con técnicas similares a las que después analizaremos en este trabajo en el medio oriente,<sup>117</sup> existen referencias a su producción y a la manera de obtener las mieles de las que se procesaba el azúcar estas técnicas tienen su origen en los primeros sitios donde la caña se cultivaba con el fin de obtener la miel incluso el azúcar es un proceso adicional el hombre estaba acostumbrado a endulzar sus alimentos con mieles, naturales, las de los higos frutas, la miel de abeja etc., no es extraño pensar que el primer objetivo era la obtención de la miel de la caña posteriormente al procesar mas las mieles se obtiene el azúcar.

Las principales regiones azucareras se encontraban en Sicilia y en el sur de la península ibérica. El aumento en las zonas de cultivo no abarataba los costos, debido a lo complejo de la producción, basada en el refinamiento de los jugos que se extraían de la caña.

En la reconquista los españoles acostumbrados al consumo del azúcar siguen incentivando el cultivo de la misma, cuando se colonizan las islas canarias el cultivo de la caña es llevado a ellas, las otras islas del atlántico también son introducidas en el cultivo, como en Madeira, las Azores y las canarias. El paso de los cultivos mediterráneos a las regiones de las islas atlánticas lo efectúan los españoles y los portugueses, con este fenómeno se inicia un decaimiento de las plantas productoras en las riveras del mediterráneo a manos de las producciones en las islas, este fenómeno se repetirá con los plantíos den América, con lo cual el cultivo de la caña de azúcar y las fabricas van desapareciendo hasta quedar en zonas muy específicas.

La caña se difunde ampliamente en las islas Antillas, siendo el primer introductor de esta el mismo Colon en uno de sus viajes en 1494 *“Somos bien cierto como la obra lo muestra, que en esta tierra, así el trigo como el vino, nacerá muy bien; pero hace de esperar el fruto, el cual si tal será, como muestra la presteza del nacer del trigo y de algunos poquitos de sarmientos que se pusieron non fará mengua el Andaluzia ni Sicilia aquí, ni en las cañas de azúcar, según unas poquitas que se pusieron han prendido”*<sup>118</sup> refiriéndose a las plantas que se trataban de aclimatar en la isla la española, trigo, vid y caña.

---

<sup>117</sup> Hemos mencionado que el procesamiento de las plantas para obtener los jugos era similar en origen, con el tiempo se diversifican y especializan, para la caña el triturado y molido para la obtención de los jugos y el posterior concentrado del jugo por medio de la cocción provocaban la obtención de mieles y jugos de los que se obtenían los productos necesarios. Al respecto está el origen latino de la palabra trapiche el cual proviene del latín trapettum, denominación que se daba a los antiguos molinos de aceitunas.

<sup>118</sup> **Fernández De Navarrete Martín**, *MEMORIAL DE CRISTOBAL COLON A LOS REYES CATOLICOS 30 DE ENERO DE 1494 EN COLECCIÓN DE LOS VIAJES Y DESCUBRIMIENTOS QUE HICIERON POR MAR LOS ESPAÑOLES DESDE FINES DEL SIGLO XVI*, Colección Navarrete tomo cuatro, Ed. Guaranía, Buenos Aires, 1945. pág. 229



Estas primeras muestras de caña no prosperan de manera global por las vicisitudes políticas a las que estuvo sometido el propio Colon unos cuantos años después ya entrado el siglo XVI se construyen los primeros ingenios y se comienza la producción de Azúcar en las Antillas, siendo esas islas las que dotarían de plantas a los virreinos españoles en América, de la misma manera de las islas portuguesas se llevaría la caña hacia Brasil su cultivo se vuelve masivo y los esclavos negros se vuelven expertos en el refinamiento del azúcar esto debido a que son llevados desde África para que trabajen en los ingenios. Este fenómeno sustituye paulatinamente a las poblaciones nativas de las islas por las de los esclavos negros.



Procedimiento antiguo para la obtención de azúcar. En primer plano del lado izquierdo el corte de la caña, después la molienda en molino de piedra se ve en la parte baja la rueda hidráulica que mueve la piedra; detrás del molino en el mismo plano el prensado del bagazo con prensa de viga, del lado derecho de la prensa el procesado de los jugos, después el llenado de las formas y al frente la obtención de los panes de azúcar, en el fondo se ven los campos cultivados de caña y la zafra **Gravado del siglo XVI Juan Stradamus nova reperta**

### c. Historia del azúcar en Nueva España.

Es en las Antillas, principalmente en Cuba donde Cortés conoce el cultivo de la caña de azúcar, a la postre él será el introductor de la planta en México. Al parecer el primer plantío está referenciado en la región de los Tuxtlas en Veracruz para 1524 de la misma manera el propio Cortés habla de la construcción de un ingenio para 1526<sup>119</sup>. El clima en México era propicio para introducir la caña de azúcar, además del clima los recursos hidráulicos tan importantes eran abundantes en las regiones con el clima propicio, esto provoca que empiecen a proliferar los plantíos, el propio Cortés en las tierras del marquesado introduce la caña y los ingenios para generar empresas productivas. En el valle de Cuernavaca los primeros ingenios fueron Axomulco y Amanalco ambos de 1535<sup>120</sup>

Las grandes plantaciones comienzan a aparecer, pero a consecuencia de la gran inversión que se tenía que hacer para echar a andar un ingenio los propietarios siempre fueron personas de altos recursos que no tenían problemas para hacer una inversión tan alta al inicio y esperar algún tiempo en el que la producción les permitía una recuperación de su capital inicial. Al respecto podemos mencionar *"El rendimiento económico de los ingenios era muy grande. Un ejemplo bastará: En Gran Canaria, un ingenio cuyo costo había sido de dos millones de maravedís, producía, un*

<sup>119</sup> Crespo Horacio, *op.cit.*

<sup>120</sup> Sharrer Tamm Beatriz, *AZUCAR Y TRABAJO TECNOLOGIA DE LOS SIGLOS XVII Y XVIII EN EL ACTUAL ESTADO DE MORELOS*, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México 1997, pág. 18





*año con otro, azúcar por valor de otros tantos, de los que setecientos mil servían para amortizar gastos y un millón trescientos mil revertían en beneficios del dueño, que así podía recuperar con rapidez el capital invertido. En otros casos observamos cómo las rentas permiten amortizar el capital invertido en dos, o a lo sumo en tres años...*<sup>121</sup>

No es de extrañar que con estas inversiones tan altas de inicio pocos fueran los que podían tener un ingenio operacional, pasando la primera etapa que se ha descrito en donde los ingenios pertenecían a los encomenderos viene una secesión de propietarios que aprovechando el auge de la caña quieren participar en esta industria tan productiva, las instituciones religiosas y los grandes inversionistas comienzan a participar.

El crecimiento de la producción fue tal que los costos se comenzaron a abaratar, y la corona vio con malos ojos una industria que se estaba fortaleciendo y que si continuaba con los niveles productivos que tenía pronto se iba a ver en la necesidad de exportar, se crean algunas normas para frenar esta producción y circunscribirla al consumo interno, la corona pensaba en todos sus territorios por lo que determino que el azúcar tenía que producirse en las Antillas las cuales no tenían ningún producto complementario al cual diversificar sus ingresos, sin embargo la Nueva España tenía principalmente la minería por lo que las reformas estaban encaminadas a hacer de la nueva España un país exportador de minerales.

Como primera orden se establece la prohibición de contratar mano de obra indígena para el trabajo en los ingenios, se permitía el uso del indígena en el cultivo pero solo con trabajo remunerado esto acota a los propietarios a contratar esclavos negros para el trabajo dentro del ingenio, lo que por consecuencia incrementa los costos de inversión, la segunda prohibición radica en la limitación de crecimiento en los plantíos de caña de azúcar. Con esta medida se pone límite a la expansión del cultivo cuya inmediata consecuencia sería la contracción del mercado del azúcar, por último se declara una prohibición a la exportación recordemos que la corona tenía el interés de que la zona exportadora fueran las islas antillanas. Para lograr que se respetaran estas prohibiciones se nombran veedores del azúcar, que visitaban los ingenios y los trapiches para supervisar el cumplimiento,

Estas reformas tuvieron una consecuencia inmediata, el mercado productivo se limito al autoconsumo, es decir el azúcar producida en nueva España se consumía en nueva España.<sup>122</sup>

Durante el virreinato sucedieron cambios tecnológicos que tenían como finalidad aumentar la producción lo que se consiguió con creces, en un inicio las plantaciones en islas como Cuba y Puerto Rico comenzaron a competir ampliamente con las plantaciones europeas y en las islas del atlántico, pero cuando la caña se populariza en Nueva España los precios del producto caen de una manera impresionante por diversas causas las dos más principales, que al aumentar las áreas cultivadas la recuperación era mayor, la molienda actividad que determinaba todo el proceso productivo no se paraba y se podía moler todo el año, y la mano de obra que al ser más barata y basándose en esclavos traídos del caribe que a su vez eran descendientes de los esclavos llevados desde África, hacen que el precio baje volviendo el azúcar un producto al alcance de más clases sociales.

<sup>121</sup> **Ledero Quesada Miguel A.** INTRODUCCION Y CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR EN CANARIAS en [www.mgar.net/azucar.htm](http://www.mgar.net/azucar.htm).

<sup>122</sup> **Von Wobeser Gisela,** LA POLITICA ECONOMICA DE LA CORONA ESPAÑOLA FRENTE A LA INDUSTRIA AZUCARERA EN LA NUEVA ESPAÑA (1599-1630) En *Política Española e Industria azucarera*, Estudios de Historia Novohispana, 9, México 1987, págs. 51-64



El impacto del azúcar americana fue profundo en el mundo, la mayoría del azúcar de exportación provenía de América con lo que los cultivos europeos caen en desuso al no poder competir con los bajos precios que se estaban generando, la consecuencia inmediata fue la disminución de plantíos y fabricas en Europa quedando en pocas zonas la producción azucarera y desapareciendo por completo en otras.

La introducción de tecnologías nuevas, las modificaciones a los cultivos, las obras de infraestructura necesarias para hacer funcionar las haciendas, y sobre todo los esclavos negros que dadas las condiciones establecidas por la corona comienzan a llegar en grupos cada vez mas numerosos configuran y reorganizan las regiones donde se cultivara la caña, transformando las costumbres regionales y la morfología de la región incluso la población sufre un proceso de mestizaje en el que participa el cada vez mas numeroso contingente de esclavos negros.

La producción de azúcar genera varios subproductos, entre ellos azúcar morena la cual estaba menos refinada, mieles y jugos para producir rones y aguardientes, en México el azúcar comienza a participar en la cocina de manera activa y surge toda una cultura del azúcar, la cual se arraiga fuertemente en el consumo popular, de ahí el pan dulce, los dulces tradicionales, algunos platillos y sobre todos platillos y dulces de fiesta por poner un ejemplo las calaveras de azúcar en las fiestas de muertos.<sup>123</sup>

Cuando los virreinos Americanos entran en el proceso de sus independencias el suministro de azúcar comienza a verse afectado se buscan sustitutos al azúcar de caña, el que tuvo más auge fue el azúcar de remolacha, a mediados del siglo XVIII un científico Alemán Andreas Marggraf demostró que los cristales dulces que se obtenían del jugo de remolacha eran iguales a los que formaban el azúcar de caña, en esos momentos el descubrimiento no tuvo tanto auge debido a que el suministro de azúcar americana estaba garantizado, a principios del XIX cuando las guerras Napoleónicas y las Guerras de Independencia bloquean estos suministros en 1811 se le presenta a Napoleón azúcar obtenida de la remolacha, inmediatamente manda a plantar alrededor de 32000 ha y construye fabricas de azúcar sustituyendo en pocos años el consumo de azúcar de caña por de remolacha, situación que se conservo hasta nuestros días en que el 90% del azúcar que se consume en Europa es producida en la región a partir de la remolacha.

#### **d. Proceso de producción del azúcar.**

El Uso del agua durante el proceso productivo del azúcar comienza en el cultivo, este requiere de un porcentaje de agua mayor que cualquier otro cultivo, situación ya conocida en el ámbito de este trabajo la cantidad de agua que se requiere y los diferentes pasos del proceso productivo en los que participa es la característica que define al cultivo de la caña de azúcar y a la producción de azúcar como diferentes y mas demandantes con respecto a otros cultivos y procesos preindustriales.

No es la única diferencia entre la caña y otros cultivos, por ejemplo una vez que ha crecido la caña las hojas de la misma dificultan el avance de los campesinos por los surcos por lo que los surcos son ubicados de manera que se pueda dar mantenimiento a la parcela si se deja crecer de manera silvestre una caña o un conjunto de cañas generan una gran cantidad de hojas que se entrelazan de manera natural y pueden impedir que el agua llegue a todas las plantas por

<sup>123</sup> Von Mentz Brígida, NOTAS SOBRE EL ESTUDIO DEL AZUCAR EN MEXICO FUENTES Y ALGUNOS PROBLEMAS INTERPRETATIVOS en América Latina en la Historia económica No11 Enero-Junio 1999, CIESAS, México 1999, pág. 22.



igual, provocando concentraciones diferentes y tamaños diferentes que repercute en calidades diferenciales a la hora de obtener los jugos, los surcos se ubicaban a una distancia equidistante, las sistemas de riego basados en técnicas prehispánicas, preponderaban el riego constante y uniforme de todas las plantas, esta situación como ya se menciono marco la división del trabajo mas importante, mientras que los indígenas naturales de la zona se encargaban del cultivo, los esclavos entrenados en las técnicas correspondientes se dedicaban a la producción en el ingenios.<sup>124</sup>

Como primer uso del agua en el orden de la producción esta el riego, las haciendas azucareras requerían de agua en abundancia la cual era tomada desde los ríos o manantiales, esto marca el destino productivo de regiones enteras como el actual estado de Morelos, en que las condiciones climáticas y topográficas permitían la abundancia de cursos de agua y manantiales desde los que se hacia la toma<sup>125</sup>, después el agua seguía varios caminos uno que se iba hacia el establecimiento de producción y del cual hablaremos mas tarde y otro que se destinaba a los campos, se debe tomar en cuenta que las extensiones de los campos de cultivo eran muy grandes, por lo que esta infraestructura de conducción y almacenaje tenia que tener un alcance mayor, también es necesario mencionar que gran parte de esta conducción tenia que ver con las técnicas prehispánicas de distribución del agua<sup>126</sup>

El inicio del proceso de obtención del azúcar tenía que ver con el cultivo de grandes extensiones pero también con el riego, la caña requería de mayor cantidad de agua que cualquier otro cultivo, encontramos que mientras una caballería de trigo ó maíz requería de 3 a 2 surcos de agua la de caña necesitaba de 4 a 5 estos requerimientos aunados con las necesidades de agua en el proceso productivo y para fuerza motriz determinaban una inversión muy fuerte en infraestructura hidráulica.

El riego con las técnicas prehispánicas, requería de un manejo de agua con una serie de canales que se construían fijos y semifijos, esta construcción se hacía desde el momento en que se preparaba el terreno para la siembra, lo cual se hacía de manera constante para garantizar producción de caña durante todo el año, la unidad básica de trazado era la suerte, la cual estaba formada por grupos de surcos que estaban separados por una vara entre sí, esta distancia permitía el adecuado mantenimiento y riego de las cañas de azúcar. Las tereas eran grupos de surcos que definían una unidad de trabajo, es decir cuántas tareas tenía que hacer cada peón.

Este trabajo inicial de trazado iba acompañado del trazado de los canales de agua que alimentarían la siembra, este trazo serviría para hacer los canales. En primer lugar existían dos canales de alimentación a cada suerte que como ya se dijo es el nombre que se le daba al sembradío de caña, estos dos canales eran el Apantle y el Tenapantle, en la siembra existía otro canal que recibía toda el agua excedente su nombre era la achololera, al centro de las suertes había canales de recepción que permitían que el agua no se estancara estos canales se llamaban milapantle.

---

<sup>124</sup> Como ya se menciono esto también se debía a las restricciones que la corona impuso a la industria novohispana mientras que los negros trabajaban en su mayoría en el interior del ingenio los indígenas tenían que ser remunerados y desarrollaron gran pericia en el cultivo de la caña, la cual como se verá en las siguientes hojas requería de cuidados excesivos para lograr las máximas prestaciones.

<sup>125</sup> La denominación de herido tiene que ver con una toma de la cual se obtiene el agua, es decir a un rio se le hace una toma y desde esta se determina la cantidad de agua que se proporciona a una zona, esta medida como se vio en capitulo pasados en alguna medida hidráulica que permitiera el control sobre la merced de agua otorgada.

<sup>126</sup> Recordemos que debido a las restricciones que impuso la corona al uso de indígenas en el interior de los ingenios estos se circunscribieron al trabajo de sembradío de caña, no es de extrañar que las técnicas de riego fueran una amalgama entre las españolas que eran heredadas de los árabes y las prehispánicas.



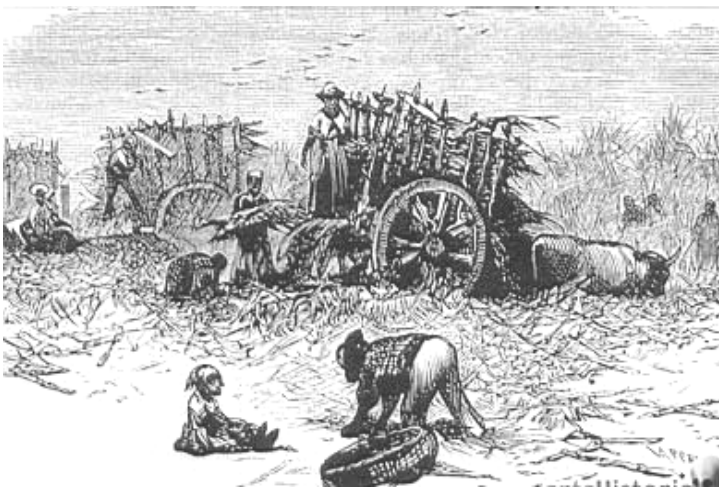
De la importancia del riego encontramos una cita extraída de las instrucciones:

*“Pongan todo cuidado en dar a su tiempo los riegos y las escardas de la caña, porque esta planta pide limpieza en el pie y mucho jugo por dentro, si le falta el riego en algunos tiempos, se añuda la caña, y tiene poco jugo; si no se escarda bien y no se le quita del pie todo el bagazo, allí se pudre este y cría gusano que subiendo a lo más blando mata la guía, y la caña se empalma, no crece más y pierde mucho dulce”<sup>127</sup>*

Lo que observamos es que el riego determinaba la calidad de la caña que se procesaría después. Aunado al riego encontramos otro tipo de cuidados, el clima calido y la abundancia de agua incentiva no solo el crecimiento de la caña también en etapas de desarrollo temprano del campo la hierba crece y como ya mencionamos las hojas de la propia caña también, generalmente en desorden y de manera caótica, por lo que una vez que el campo esta crecido las hojas se vuelven una dificultad para avanzar en su interior y para la distribución adecuada del agua. Además como vimos en las instrucciones, el crecimiento de las hojas de la caña en la base aunado a las yerbas ajenas puede favorecer el estancamiento del agua en la base pudriéndola y provocando el ataque de plagas.

Por lo que después del riego la siguiente actividad que sigue en importancia es el desyerbe, una vez que la caña crece y las hojas impiden que el sol llegue al suelo el desyerbe se deja de hacer y la única actividad constante es el riego, un dato muy importante es que el riego tiene que ser suspendido con uno a dos meses de anticipación para evitar que la caña este aguada, esta situación similar a la practica de escoger las fechas adecuadas para cortar un árbol con el fin de que la cantidad de agua y savia que este en sus interior sea menor y no afecte a la madera sobre todo en lo relativo a deformaciones y capacidad de carga, en el caso de la caña el agua que tan necesaria es en el proceso de desarrollo de la planta se debe de suspender si el agua se suspende el jugo se concentra lo que es benéfico para la refinación del azúcar, si la caña tiene mayor concentración de agua el proceso se ve afectado en lo relativo al sabor y la refinación.

El proceso de riego nos representa la construcción de canales, zanjas, compuertas, acueductos, represas depósitos etc. dependiendo de las características de cada sitio, estos como ya se menciona son de dos tipos, los que se hacen fijos y que generalmente contribuyen a acercar el agua a las zonas de utilización, y los que varían de acuerdo al trazado de cada campo de cultivo.



Gravado en el que se ve el proceso del corte de caña y la carga de la misma en los carros jalados por bueyes, este proceso se realizaba una y otra vez, hasta que se terminaba la cosecha, los niños caminaban atrás del carro para recoger las cañas que se caían en su camino al ingenio, **fuentes** [www.artehistoria.com](http://www.artehistoria.com)



Después de todas las actividades que se desarrollaban en el campo, la siguiente es la cosecha, llamada zafra la fecha era escogida con cuidado para que la caña estuviera lo mas seca posible, ya hemos hablado de la ausencia de riego para que la caña concentrara su jugo, de la misma forma la zafra tenia que ser realizada de manera rápida para conservar esta concentración y retrazar lo mas posible el proceso de fermentación que comenzaba de inmediato, a punta de machete se cortaba la caña cerca de la base y se cortaban las hojas que todavía estuvieran en la hoja, estas se apilan en una zona del campo y se prende fuego por eso durante la zafra se observan las fogatas enormes que iluminan las noches durante la cosecha.

Era importante quitar las hojas de la caña porque esto dificultaba la molienda, además de que ensuciaba el jugo adicional al método de quitarlas a punta de machete para colocar en los transportes únicamente cañas limpias existía el método de quemar la caña completa con un fuego controlado, con lo cual las hojas se quemaban y la caña no, esta situación alteraba el sabor de la caña por lo que a pesar de los múltiples cortes que sufrían los trabajadores al quitar las hojas se propicio que esta labor se hiciera una vez que se cortaba la caña.<sup>128</sup> En muchos casos las hojas y cogollos se utilizaban para alimentar a los animales que participaban del acarreo de la caña hacia la hacienda.

Las cañas cortadas cerca de su base y limpias de hojas y cogollo se agrupan en transportes, que trasladaban la caña hacia la refinería, para este fin se emplearon carretas jaladas por animales de tiro que seguían caminos entre los campos, la zafra siempre ha sido una actividad muy demandante, una vez cortada la caña es una carrera contra el tiempo porque la fermentación comienza de inmediato y esto puede provocar que el jugo este agrio y no sirva para producir azúcar, por lo que el corte es constante, posteriormente la limpieza y acumulación de cañas limpias en los transportes que hacen viajes constantemente entre el cultivo y la hacienda, para llevar las cañas, detrás de los carros van un grupo de muchachos que recogen todas las cañas que se van cayendo para regresarlas al transporte<sup>129</sup>

Además del desflemado, otra de las razones por las que se suspende el riego antes de la zafra es porque de esta forma se consolida el terreno, y los trabajadores pueden acceder a cualquier parte, de la misma forma las carretas no se atascan en los caminos, una vez que comienza la zafra la estructura del terreno que se ha descrito con anterioridad se rompe, es decir los canales y los surcos desaparecen bajo el avance de los trabajadores que cortan y de las carretas que acarrear la caña al ingenio.

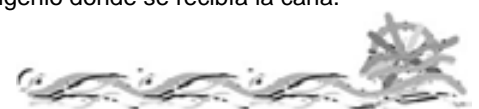
Una vez en el edificio de producción se descargaban los carros en una zona en particular que servia de almacenaje momentáneo, esta zona recibía la caña y la agrupaba por secciones para que de ahí se trasladara a los molinos, en Nueva España se le denominaba cañero en las Antillas batey<sup>130</sup>, estas grandes agrupaciones de caña tenían que ser controladas y ordenadas, para que se moliera la caña en el orden que llegara, recordemos que el proceso a partir de la zafra tenia que ser rápido, de lo contrario se agriaba la caña y por consiguiente el producto tenia mal sabor de esta zona se llevaba al primer paso ya dentro de la zona de producción.

Antes de la aparición de los ingenios de mazos que se describirán más adelante encontramos un procedimiento similar al utilizado para la obtención del aceite de oliva, recordemos también

<sup>128</sup> **Beatriz Sharrer Tamm**, *op.cit.* pág. 90

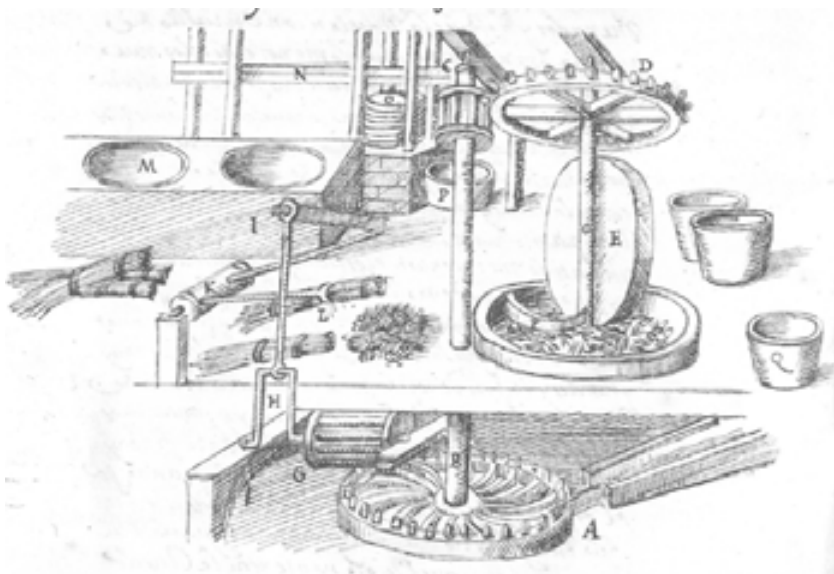
<sup>129</sup> *Ibíd.* pág. 91

<sup>130</sup> La palabra batey en lengua taina denominaba el espacio central de un poblado por lo general un espacio abierto rodeado de construcciones, esta analogía se lleva al espacio central del ingenio donde se recibía la caña.



el origen etimológico de la palabra trapiche que era la palabra para denominar los molinos de aceitunas, el primer paso era el corte de la caña en fragmentos pequeños, estos trozos se descascaraban con un molino cuya muela fuera de piedra, la fuerza motriz podía ser accionada por una rueda hidráulica o por animales y en algunos lugares por esclavos, generalmente el molino era de rueda vertical, de las que giran sobre su canto, El molino de piedra contaba con un delimitador de pretil para la contención en el interior de los jugos, los cuales eran guiados por medio de canales de madera hacia la refinería.

Las ruedas que movían estos molinos tenían que ser verticales, siendo las de cangilones muy útiles porque requerían menor cantidad de agua para moverse el movimiento podría ser generado por un almacenamiento superior de agua y una salida constante ya que el movimiento de la rueda requiere únicamente agua que caiga y la haga girar por gravedad la infraestructura hidráulica necesaria para hacerla andar se podía limitar a canales y tanques elevados. Por el contrario una rueda de paletas que requiere únicamente el giro a través de una corriente de agua era más sencilla ya que excluía los engranes de transmisión del movimiento que si requiere la de cangilones que al tener un giro lento necesita medios alternativos de modificación de la velocidad.



En el dibujo dentro del tratado del siglo XVI observamos el procedimiento inicial antes de la implementación de los molinos de mazos, al frente el corte de la caña por medio de una maquina que tal y como esta dibujada no funcionaria en la vida real, del lado derecho en primer plano la molienda de los trozos en un molino de piedra movido por un rodezno, al fondo a la izquierda la prensa de viga, delante de la prensa de viga las calderas para el refinado de los jugos.

**Fuente los 21 libros de los ingenios y las maquinas**

Las ruedas de paletas también son conocidas como Aceñas, en el caso de las aceñas se tenían que ubicar en el lecho de un río de corriente constante situación que no era muy común de encontrar, por lo que se supone que la mayoría de los ingenios hidráulicos en Nueva España se movían por medio de ruedas verticales accionadas por gravedad. Mientras hubiera recurso hidráulico abundante lo único que se tenía que hacer era llevar el agua de manera constante a la parte superior de la rueda. Después de esta molienda previa, descascarado y obtención de la pulpa se necesitaba prensar la pulpa para obtener todo el jugo que todavía quedaba en ella.

Para la prensa de tornillo que era el siguiente paso se llevaba los trozos machacados del molino hidráulico y esta se accionaba por medio de girar los mecanismos, también en la parte inferior había modo de recolectar los jugos para llevarlos a la refinación. Estas prensas a similitud de las que se utilizaban para la obtención de aceite de oliva eran de gran tamaño, en los inventarios analizados por Beatriz Sharrer encontró descripciones de prensas de entre 11 y



13 metros de largo<sup>131</sup> las cuales funcionaban con una gran viga de contrapeso que tenía un cilindro de madera con cuerda llamado husillo, que al girar subía y bajaba incrustado en un hueco con cuerda también, este giro para bajar y subir es el que ejercía presión y prensaba para extraer el máximo jugo posible del bagazo, estas prensas eran accionadas por bestias de tiro denominadas bueyes preneros que giraban en un sentido y otro alrededor de la prensa para hacerla bajar o subir.

Hasta este punto, el proceso es similar al de la producción de aceite de oliva, primero el machacado, después el prensado que extraía el aceite, en el caso particular de la caña de azúcar primero se machaca para dejar la pulpa sin cáscara y después esta se prensaba para obtener los jugos, que eran canalizados por medio de tuberías de madera hacia la sala de refinación, dejando en su primera etapa (la del molino de piedra) las cáscaras y en la segunda (la prensa) el bagazo completamente seco de la caña. El bagazo era utilizado en etapas tempranas para alimentar ganado y en mas tardías para alimentar las calderas.



La prensa de viga se utilizaba con un husillo el cual se giraba por medio de personas como se ve en el dibujo o animales en cuyo caso la base se interrumpe para permitir la circulación de los animales de tiro, esta imagen pertenece a la fabricación de aceite de oliva, la prensa se utiliza por el mismo peso de las vigas que van bajando sobre los espartos que prensan la pasta en este caso de la caña, el jugo sale por un lateral y se recolecta para llevar a la refinería. Es importante observar que el contrapeso en este caso realizado en una estructura de madera que se empotra en el piso y se apoya en el techo tiene una altura de unos 3 metros, en su conjunto las prensas de viga podían medir hasta 15 metros de largo y 3 de alto. **Imagen <http://www.sabor-artesano.com/prensa-viga-quintal.htm>**

Sobre este procedimiento encontramos dos descripciones, una se refiere a como se procesaba el aceite en Valencia y la otra en los 21 libros de los ingenios y las maquinas ambas son del siglo XVI:

*Las acarrean a una oficina, en la cual hay hombres que las reciben y cortan sobre pilones en pedazuelos como los dedos, otros las llevan a las piedras a trullar; otros las trullan; otros las llevan a la prensa; otros las prensan; otros llevan el zumo a las calderas*<sup>132</sup>

La otra viene acompañada de un dibujo en el que podemos observar todas las maquinas y al mismo tiempo el procedimiento para obtener el azúcar, aunque como se ha visto en varias fuentes el mecanismo que corta la caña que es propuesta e innovación del autor al proceso no podría funcionar de esa forma; la descripción es la siguiente refiriéndose a las cañas:

<sup>131</sup> Beatriz Sharrer Tamm, *op.cit.* pág. 98

<sup>132</sup> González Tascón Ignacio, *op.cit.* pág. 363 y Viciana Rafael Martin De, *CRONICA DE LA INCLITA Y CORONADA CIUDAD DE VALENCIA Y SU REYNO*, Universidad de Valencia, España 1980, págs. 26 y siguientes



*Después de cogidas las cortan en pedazos menudos y, después, las muelen en un ruello de piedra grandísimo que, a los menos, es de alto nueve palmos y de grueso uno, y este que sea de una piedra fuerte, y así se muele como se muelen las olivas... y después de molida se pone dentro de unas capachas de esparto y se prensa como se hace las olivas<sup>133</sup>*

Estas descripciones así como algunos grabados del procesamiento del azúcar nos hablan de que era el procedimiento utilizado durante el siglo XVI en Europa y en las islas del Caribe. Las desventajas del doble proceso era la tardanza y el traslado, es decir se tardan más en moler y obtener el jugo, como ya hemos visto la fermentación es casi instantánea, entre más tiempo dure la molienda mas se afecta el sabor, el otro inconveniente son las pérdidas en los traslados, el zumo se tiene que extraer del molino de piedra para llevarlo a la prensa, además de que para la molienda en la piedra se debe de aumentar un paso más que es el corte de la caña en trozos pequeños, estos procedimientos aumentaban el tiempo de procesamiento.

La primera innovación a este procedimiento tradicional fue el molino de dos mazos horizontales es polémica donde se origina, algunos autores mencionan Asia y otros mencionan Sicilia, no es tema de este trabajo ahondar en la polémica, por lo que hablaremos directamente de este molino de madera.

La producción de azúcar fue una de las actividades que mas se acercaron al comportamiento industrial que seria mas constante en los siguientes años, aunque la revolución industrial todavía estaba gestándose en Europa, al ser altamente rentable la producción de azúcar se buscaba la transformación de los sistemas tradicionales para obtener un mayor volumen de producción en menor tiempo. Esto es lo que origina los molinos de mazos para simplificar el proceso de molienda.

Debemos recordar que la actividad que marcaba los ritmos de toda la producción era la molienda de la caña, era tan importante la molienda que toda la organización del trabajo giraba en torno a ella. Caña que era cortada caña que tenía que ser molida y procesada porque se podrían alterar significativamente las propiedades del azúcar y los jugos si los tiempos no eran respetados, ya mencionamos que este proceso acelerado de producción comenzaba en el momento de la zafra.

El primer cambio significativo para la transformación del proceso tuvo que ver con la implementación de los trapiches de dos cilindros horizontales, esto facilitaba las cosas porque la transmisión del movimiento era directa, por medio de un eje que partía del centro de la rueda vertical hidráulica, y unos dientes ubicados en el cilindro motriz que provocaba el movimiento del otro cilindro, la caña se pasaba entre ambos cilindros y el mecanismo era tan eficaz, que se podía pasar entera y con cáscara y el jugo era obtenido sin necesidad de una molienda adicional.

Para ser más claro, uno de los cilindros se ubicaba en la prolongación de la rueda hidráulica que tenía que ser vertical y por gravedad, este cilindro estaba montado sobre un burro de madera, tenía un engrane en uno de sus extremos que movía un cilindro ubicado por encima o por debajo del cilindro motriz y giraba accionado por el engrane, la caña se pasaba entera entre los dos cilindros con un operario de cada lado que recibía y regresaba este proceso se podía hacer varias veces hasta que la caña quedaba seca.

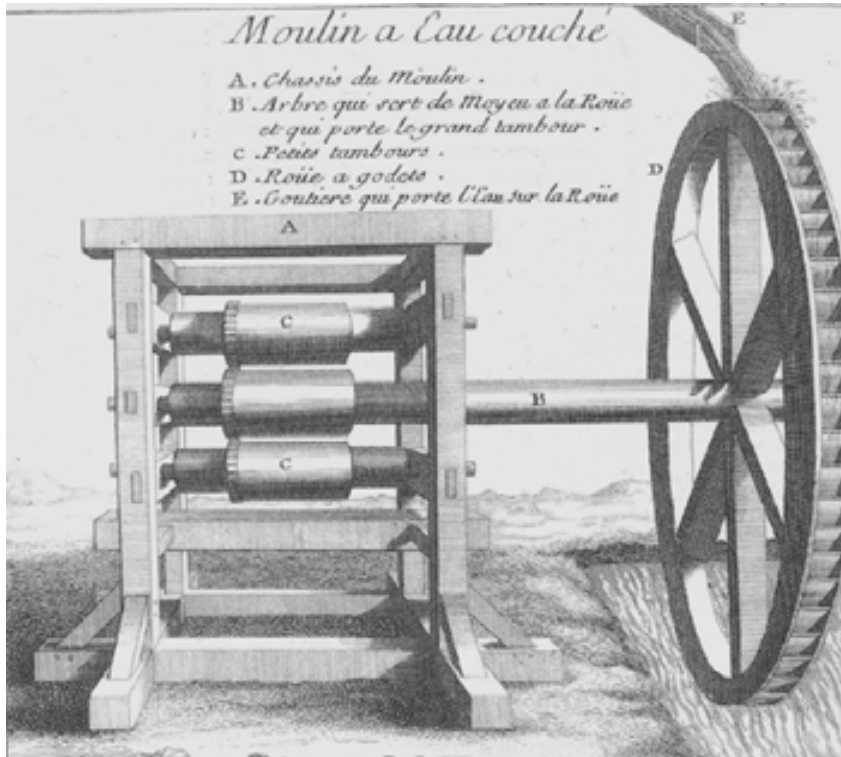
<sup>133</sup> Turriano Juanelo, *op.cit.* pág. 363





Con esto se elimina el corte de la caña, y la caña entera pasaba de los cañeros a la molienda, aunque existen fuentes que señalan que aunque se implemento el uso del molino de madera de dos cilindros se siguió prensando el zumo resultante, de esta forma se aumentaba la obtención de jugos, es importante notar que se conservo la prensa pero se eliminan los molinos de piedra, que requerían de mayor infraestructura para su funcionamiento.

El primer inconveniente que presenta este trapiche de dos cilindros horizontales, era la calibración de los cilindros, al ser el eje central de transmisión directa, la posibilidad de regular la separación entre los cilindros se limitaba demasiado, los giros excéntricos que podía tener el mecanismo afectaban inmediatamente a la molienda y lo mas grave es que el cilindro se rompía regularmente, esto a consecuencia de no poder regular la separación para cañas más gruesas, las maquinas se tenían que calibrar periódicamente para evitar estos inconvenientes y aun así se modificaban las distancias entre los cilindros con lo que se provocaban movimientos diferenciales y por lo tanto en una situación extrema la ruptura de los cilindros.



Molino de 3 mazos horizontales, este molino accionado por fuerza hidráulica, es un paso intermedio entre los métodos tradicionales de molino de piedra y prensa y los molinos de madera de 3 mazos verticales. **Imagen Jean Baptiste Labat Nouveau voyage aux Iles de l'amerique, Paris 1722**

Para hacer más productivo este tipo de molino se le colocan dos cilindros mas, uno por encima del central y otro por debajo ambos accionados por muescas que se colocan en el cilindro central, el nombre que se le daba a los cilindros es moledor.

Este molino de 3 moledores horizontales ayudaba a moler la caña de manera más rápida, se colocaban dos grupos de personas uno de cada lado y se pasaban las cañas una y otra vez por los espacios entre moledores, en este caso había dos, por ejemplo el grupo uno lo pasaba por arriba y el grupo dos lo recibía y lo regresaba por el de debajo de esta forma molían la caña; el inconveniente tenía que ver al igual que su antecesor con la calibración las cañas más gruesas podían forzar los moledores y romperlos, con lo cual toda la molienda tenía que ser parada.



Sobre la sustitución de molinos de piedra por molinos de madera encontramos en el Libro de Beatriz Sharrer la siguiente cita refiriéndose a un ingenio de Dominicos donde fue remplazado el molino de piedra por otro de madera:

*“El haber mudado la piedra con que se beneficiaba el dicho ingenio y fue por excusar el riesgo que evidentemente tenía la gente que en el asistía y haber hecho otra de madera y otra prensa que con más seguridad se puede beneficiar”<sup>134</sup>*

Antes de avanzar conviene hacer la aclaración sobre los términos trapiche e ingenio, para algunos autores la diferencia radica en la fuerza motriz<sup>135</sup>, el trapiche es un molino de sangre, el ingenio es una maquina hidráulica, aunque otra versión nos indica que la diferencia en el nombre radica en la organización y la producción, mientras que un trapiche es artesanal el ingenios es semi industrial indistintamente las maquinas ubicadas en el molino de la caña son el corazón del establecimiento, es notorio que todo el edificio productivo dedicado a la obtención del azúcar toma su nombre del sitio en el cual en ambos casos se lleva a cabo la actividad de la molienda.

También es importante hablar de la fuerza motriz un molino podía se accionado por medio del agua incorporando una rueda hidráulica a este molino o por medio de sangre animales de tiro o en algunos casos seres humanos, lo que provocaba instalaciones adicionales para tener animales de repuesto debido a que la molienda no podía suspenderse, los animales de refresco se traían desde los corrales para ser colocados y se llevaban los que ya estaban cansados para que estos estuvieran disponibles más adelante.

Los corrales y macheros tenían que ser mucho más grandes en las haciendas que contaban con este tipo de molinos, por otra parte se tenía que pensar en la subsistencia de los animales alimentarlos darles agua bañarlos etc., el problema principal radica en que todo ingenio requería de un contingente de bestias de tiro ya que durante la zafra estas eran utilizadas para acarrear la caña al cañero, para la molienda se requerían animales adicionales para poder utilizarlos en ambas actividades, las prensas en su momento también requirieron de bestias de tiro.

Otra característica de funcionamiento que se presenta en todo molino de sangre es la necesidad de una circulación de “fuerza motriz” en torno a la ubicación del molino esto también se repite en la prensa, se crea una circulación rítmica que impide que los operarios trabajen libremente, esta situación se corrige con los molinos hidráulicos, los cuales existieron tanto en el caso de los primitivos de piedra como en el caso de los más modernos de mazos.

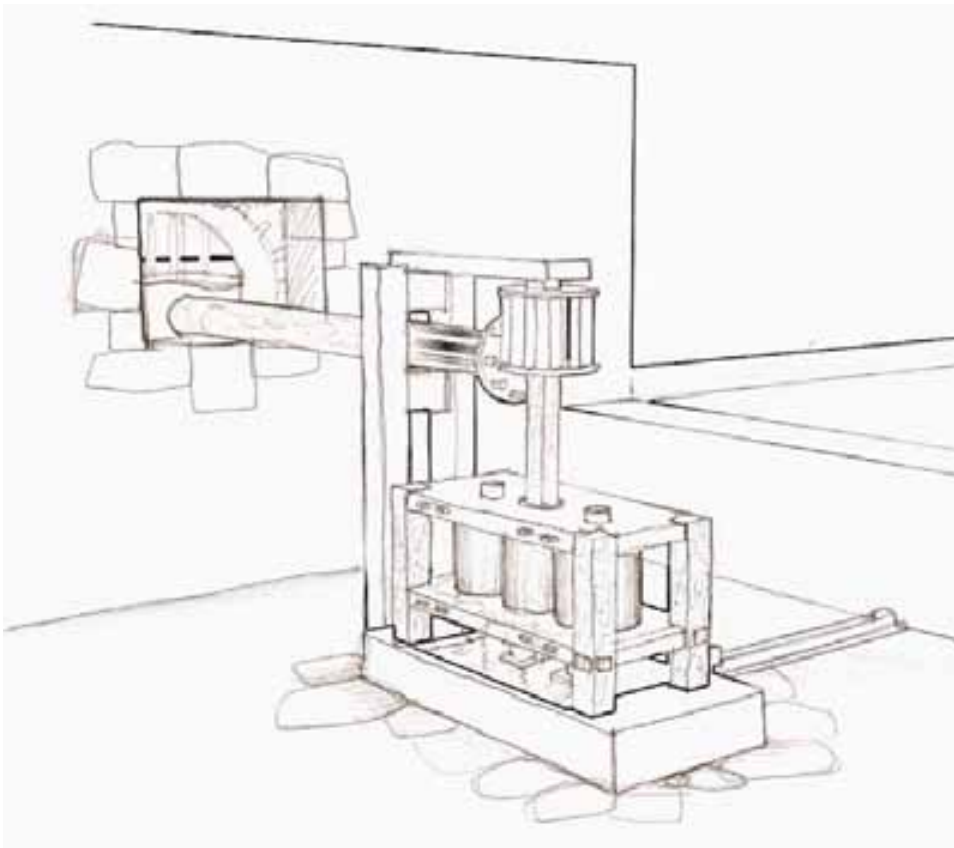
En el trapiche de mazos horizontales, las ruedas de transmisión de movimiento y los engranes superiores podrían ser accionados por animales de tiro que giraban constantemente como ya se menciono estos animales debían de cambiarse constantemente para que la baja del rendimiento físico no interfiriera en el ritmo de molienda en estos casos se hacia una circulación para los animales dejando un espacio periférico en torno a los mazos para los operarios que estaban constantemente moliendo, si el molino era de sangre el control de paro era más fácil con solo detener a los animales era suficiente los animales tenían un operario que los vigilaba azuzaba y detenía, en el caso de los molinos hidráulicos los mazos giraban constantemente y el control de paro era más difícil lo que ocasionaba accidentes con los operarios que tenían que manipular la caña entre los mazos y que en muchas ocasiones perdían un miembro atorado entre los cilindros, que no podían ser detenidos de manera inmediata.

<sup>134</sup> Beatriz Sharrer, *op.cit.* pág. 104

<sup>135</sup> Rendon Garcini Ricardo, *op.cit.*



Aunque en apariencia los mecanismos motrices solo modifican la fuerza de acción encontramos también la necesidad de transmitir el movimiento de diferentes maneras, los engranes para hacer funcionar el molino también se ven modificados si el molino era hidráulico el mecanismo de madera con el engranaje se ubicaba en la parte superior, dejando espacio para actividades en torno a la molienda, si el molino era de sangre la primer afectación tenía que ver como ya se menciono con un camino circular que rodeaba la zona del molino por el cual estarían circulando los animales de tiro, situación que dificulta el estarse acercando y controlar la molienda, estas situaciones que estaban reguladas por engranes o por animales de tiro fueron las primeras que se trataron de modificar con la implementación de los molinos de tres mazos por una parte se tenía que emplear un mecanismo de madera que permitiera su reparación de manera más sencilla y por otra una mejor configuración espacial para acelerar la molienda, también es importante mencionar que un paso previo entre los molinos verticales de tres mazos y los molinos de piedra fue el trapiche de mazos verticales del cual ya hemos hablado y que representaba algunos problemas de ajuste, rotura de cilindros y dificultad de controlar la molienda permanente.



Molino hidráulico de 3 mazos horizontales, su principal aportación es la calibración de los cilindros o moledores, que pueden regular la separación entre ellos, con el tiempo fueron incorporando piezas de metal, para las zonas de movimiento y para el encamisado de los cilindros que los volvía más resistentes y eficiente, en el caso de que estos molinos fueran de sangre en la parte alta del eje central se prolongaban maderas en diagonal hacia abajo en donde se sujetaban los animales de tiro, en el dibujo se observa después del muro la rueda hidráulica  
*imagen: Tarsicio Pastrana*

Para subsanar esta problemática se crea el trapiche de tres mazos verticales, la transmisión del movimiento tenía que hacerse desde un sistema de engranajes en la parte superior del trapiche lo que ayuda para que el marco de montaje de los cilindros sea mas independiente y por medio de los tres cilindros (moledores) regular la separación, el cilindro central seguía manteniendo cierta rigidez ya que este es el que recibe la transmisión del movimiento, pero los otros dos se podían nivelar y desplazar horizontalmente, para evitar que giraran de manera excéntrica afectando el molino y la molienda, al modificar la distancia entre moledores también se permite moler caña mas gruesa, la manera en que giraban los 3 cilindros era por medio de dientes



colocados en la superficie del cilindro en los 3 casos de esta forma en movimiento del primero (el central ) hacia mover a los otros dos en los extremos.

Los 3 cilindros van montados en un burro de madera que tiene en la parte superior “pasos” para los ejes de los 3 cilindros, estos en la parte de abajo en un banco de madera o de piedra acaban en punta (guijo) y esta a su vez sobre una pieza que está diseñada para recibir el giro, (chumacera) estas dos piezas tanto las puntas de los cilindros como las piezas de giro en muchos casos se hacían metálicas para facilitar el giro. En la parte superior existían en los pasos de los ejes para los cilindros laterales cuñas de ajuste que fijaban los cilindros en la distancia que se requiriera.

Desde épocas muy tempranas en Nueva España se tiene referencia de los encamisados metálicos a los moledores, tanto en el modelo horizontal como en el vertical, lo que facilitaba la molienda y permitía que los moledores duraran más.

Este molino permitía una molienda rápida debido a que se pasaba la caña de un lado a otro con dos operarios uno de cada lado, similar al molino de rodillos horizontales, pero con la ventaja de calibración que el otro no tenía con lo cual se lograba molienda de mayor rapidez, el primero la tomaba y la colocaba entre los mazos, el segundo la tomaba y la pasaba por el otro espacio, esto se hacía hasta que la caña dejaba de sacar jugo. Según Ignacio González Tascón el rendimiento del sistema molino de prensa y piedra en obtención de jugos de la caña era de 40 a 45% del jugo mientras que en los sistemas de molinos de madera llegaba hasta el 60% a 65%.<sup>136</sup>

Con este molino de 3 mazos las reparaciones eran más sencillas y se puede adaptar el mismo mecanismo a dos tipos de fuerza motriz, la hidráulica y la de sangre. Con la implementación de este trapiche se substituye la prensa y el molino, obteniendo en un solo proceso toda la molienda, al poder regular la separación entre moledores y hacer más fácil esta calibración la caña quedaba “seca” en el trapiche los operarios pasaban la caña una y otra vez hasta que el jugo dejaba de salir de ahí directamente el bagazo a secar para los usos que ya se mencionaron y los jugos a la refinería.

Este molino de mazos verticales de madera es descrito por el padre Jesuita Rafael Landivar:

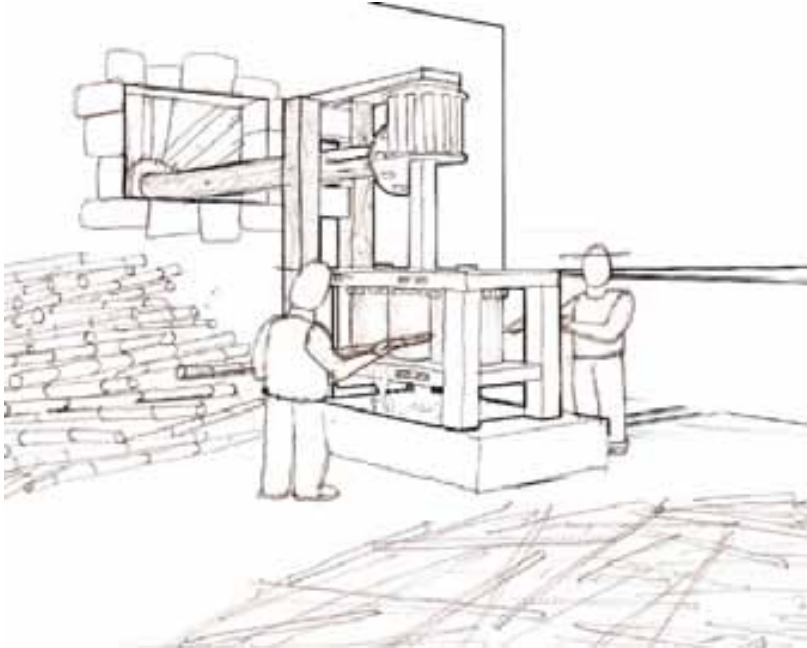
*Los cilindros de Roble del trapiche ofrecen accesos tan delgados, que el dorso del uno casi toca al de inmediato, de modo que girando puedan apretar el grueso de un dedo. El cilindro que surge de en medio del puente se eriza de dientes infrangible, con los cuales, al dar vuelta, haga girar simultáneamente a los otros. Aunque estos sobrepasan con su espigón los maderos de arriba, en que la maquina se apoya al moverse rápidamente el central, no obstante amenaza heder el techo de la casa con su eje alargado, tendido hacia lo alto.*

Aunque la descripción del padre Landivar se refiere a un trapiche de sangre, en la parte superior del eje es donde el mecanismo cambiaba, si era de sangre tenía los maderos que se prolongaban para amarrar a las bestias de tiro, en caso contrario en la parte superior encontramos los engranes que procedían del eje de la rueda hidráulica, y que hacían girar el cilindro central.<sup>137</sup>

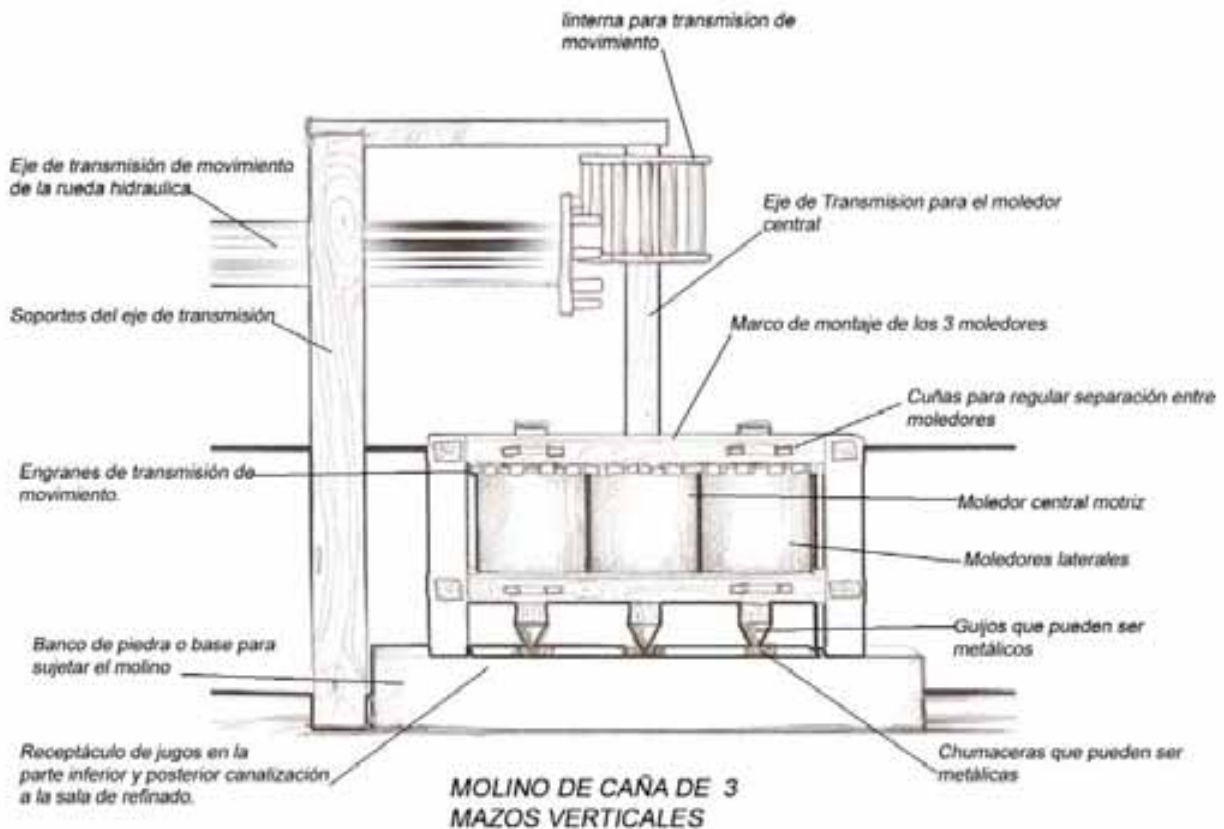
<sup>136</sup> Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores), *op.cit.* pág. 371

<sup>137</sup> Valdés Octaviano (prologo versión y notas), *POR LOS CAMPOS DE MEXICO (RUSTICATIO MEXICANA DE RAFAEL LANDIVAR* ,UNAM Biblioteca de estudiante universitario, México 1973, pág.107





En la esquina superior izquierda un esquema del uso del molino de madera, con dos operarios, del lado izquierdo del molino la caña sin moler de ese montón el operario uno toma la caña y la pasa por uno de los espacio entre cilindros, del otro lado el operario dos la toma y la regresa por el espacio contrario, esta operación se repite hasta que la caña deja de sacar jugo, entonces se arrojan los restos de la caña del lado derecho, los jugos escurren por el canal hacia la sala de calderas en este dibujo detrás del muro del fondo. En el esquema de la parte inferior de la hoja el molino de 3 mazos con sus partes **imagen: Tarsicio Pastrana.**



Con lo anterior podemos mencionar que gran parte del siglo XVI la molienda se hacía con piedra y prensa, después se introduce entre finales del XVI y el XVII el molino de mazos horizontales en sus dos modalidades 2 y 3 mazos aunque se continua con el uso de la prensa, finalmente para el siglo XVIII se usa el molino de 3 mazos verticales que será utilizado en sus dos modalidades hidráulico y de sangre para ser sustituido hasta la segunda mitad del siglo XIX por molinos metálicos<sup>138</sup>.

La parte medular de cualquiera de estos mecanismos la encontramos en los elementos que impiden las vibraciones cualquier vibración que provocara giros excéntricos o desajuste de las piezas de la maquinaria provoca funcionamiento incorrecto y a la postre roturas, esto se subsanaba con el ajuste periódico de las piezas, para lo cual dentro de los espacios de la fabrica tenía que haber un carpintero que se encargaba de mantener en funcionamiento los molinos y todos los instrumentos de madera que se utilizaban en el proceso de obtención del azúcar, el carpintero es una especialización del carpintero de lo prieto que al quedarse a trabajar de planta en el ingenio se especializa únicamente en estas maquinarias. Algunas de estas actividades adicionales de los carpinteros se encuentran en las instrucciones a los hermanos de los jesuitas

*Todos los días por la mañana los carpinteros recorren en el corral si hay alguna carreta desbaratada alguna buja floja o sincho y lo aderezan<sup>139</sup>*

Las partes metálicas que se agregan generan otro espacio arquitectónico adicional un taller de herrería, en la Hacienda, los talleres y los espacios están rotulados aunque esta construcción es visiblemente del XIX y escapa al ámbito de este trabajo los rótulos nos pueden dar un programa arquitectónico que nos habla de la complejidad y diversidad de técnicos que se requerían para hacer funcionar un espacio de este tipo, podemos observar carpintería y herrería, estos dos espacios relacionados directamente con el uso de la maquinaria. Otro artífice que tenía que existir en el ingenio era el pailero, el cual reparaba las calderas de cobre.

El trabajo de mantenimiento de esta maquinaria también estaba relacionado con la lubricación de las partes que así lo requirieran, la calibración y nivelación de rodillos, el cambio de piezas, la elaboración de piezas de repuesto en los diferentes talleres.

Posterior a la molienda, ya sea con el método de Molino de piedra y prensa, ingenios o trapiches se obtiene el jugo de caña que es canalizado a la sala de refinación este traslado se hacía de varias maneras, construyendo en torno a los molinos canales de madera para llevar los jugos hacia las áreas en que sería recolectado, o recolectándolo del área del molino directamente, la optimización ideal es el recorrido de estos jugos directo a las salas de calderas sin necesidad de intervención por parte de un operario

En esta etapa el subproducto principal es el bagazo formado por las cáscaras de la caña y su pulpa seca que como ya se menciona se lleva los asoleaderos para secarlo completamente y poder utilizarlo para alimentar los hornos de la refinería también llamada sala de calderas y alimentar a los animales de tiro que aunque los ingenios fueran hidráulicos se utilizaban para transporte de caña desde el campo

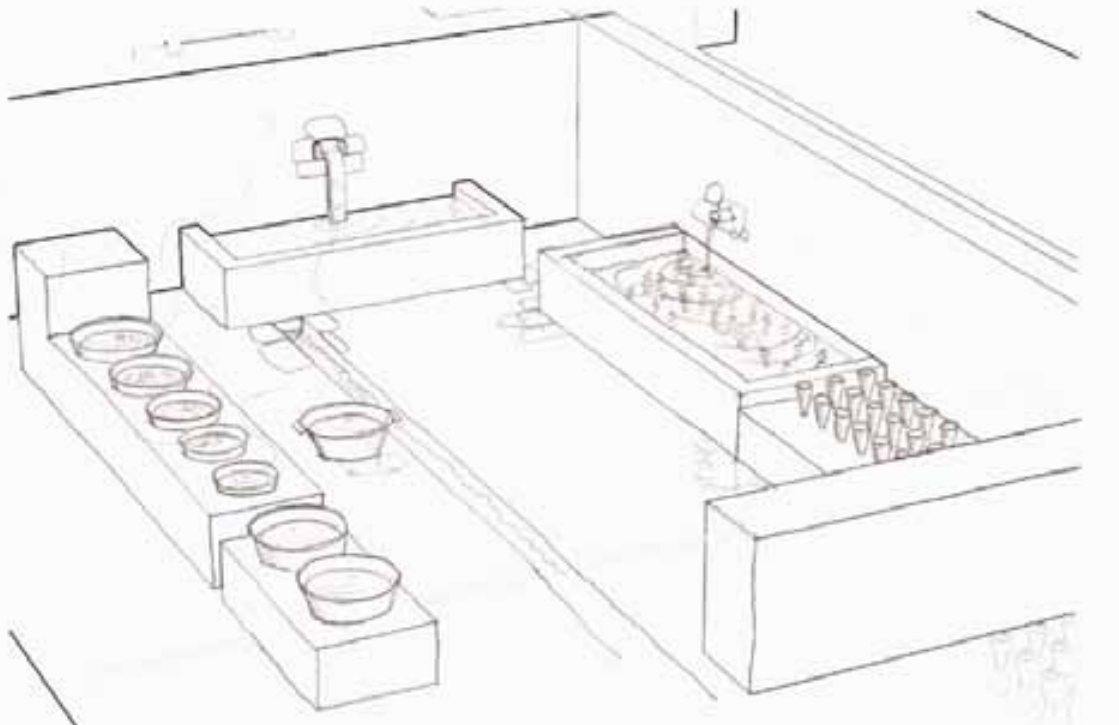
<sup>138</sup> **González Tascón Ignacio**, *op.cit.* pág. 367, Se menciona 1570 como la introducción de los molinos de madera difundiendo desde Brasil antes de eso, toda la molienda se hacía con piedra. También menciona que los artífices de esta rápida propagación son los Jesuitas que lo llevan desde Brasil a toda América.

<sup>139</sup> **Von Mentz Brígida**, *TRABAJO, SUJECION Y LIBERTAD EN EL CENTRO DE LA NUEVA ESPAÑA*, Miguel Ángel Porrúa-CIESAS, México 1999, pág. 216



En el inicio de los ingenios se deforestaron grandes cantidades de bosques para obtener la leña necesaria para los hornos, cuando el recurso para el combustible escaseo se requirió el suministro de áreas cada vez más alejadas por lo que la utilización del bagazo fue un alivio a este respecto, con la utilización de los bagazos y las cáscaras con esto se tenían dos mejoras, se eliminaban los residuos que de otra manera tendrían que acumularse en algún sitio y después serían desechados en el campo y se dejaba de tener dependencia a otro tipo de combustibles que comenzaron a escasear en la medida en que la deforestación avanzó.

El siguiente paso ya en las salas de calderas, era el inicio del procesamiento del jugo, por lo cual se requería de un conjunto de calderas que fueran disminuyendo en tamaño pero aumentando su temperatura, en los inicios de este proceso cada caldera tenía su hornilla y de hecho en México se utilizó este sistema durante casi todo el virreinato, cada caldera tenía una fuente calórica independiente de las otras, los jugos recolectados y puestos a hervir, en varios cazos, eran pasados de uno a otro por los que operaban en las casas de calderas que por lo general eran esclavos negros, esta circulación de jugos la hacían con unos cucharones muy grandes y a juicio del maestro del azúcar, el refinado se hacía de cazo en cazo y de hornilla en hornilla con lo que el gasto de combustible era mayor, ya que se requerían diferentes hornos para diferentes cazos.



En la parte superior se observa el recipiente que recibe los jugos desde la sala de molienda, este estanque también se denominaba canoa y podía estar hecho de madera recubierto su interior con placas metálicas, del lado izquierdo observamos la batería de cazos para ir procesando las miles, los últimos dos se llamaban enfriaderas, eran para entibiar la miel que se obtenía del último cazo también llamado tacho o tacha, el cazo en el piso servía para colocar las espumas y basurillas que se iban retirando de los diferentes recipientes del procesado, al fondo del lado derecho una pileta con agua y las formas de barro remojadas en el interior, del lado derecho de la pileta el tendal, utilizado para colocar las formas de barro con la miel que se acababan de llenar con miel y esperar a que la miel no estuviera tan líquida, por último al centro de la sala se ve un canal que servía para el escurrimiento del agua de lavado. **Imagen Tarsicio Pastrana.**



También en este proceso hubo algunas transformaciones estas mejoras vinieron de Jamaica, Lo que se implemento en jamaica tenia que ver con la colocación de los cazos en una batería y ubicándolos por tamaño para obtener mayor concentración del jugo, a esta sucesión de cazos que eran alimentados por un solo horno se le llamaba tren jamaiquino el cazo mas cercano al horno era también el ultimo, y el mas pequeño, es en donde el azúcar recibía su ultima refinación, alimentando el primer horno en donde también se encontraba el ultimo caso se calentaba toda una cámara que era sellada por los diferentes casos, la chimenea utilizada en el horno así como el cuerpo alargado de los diferentes hornos le confirió su nombre a este conjunto de cazos.<sup>140</sup>

Los jugos eran canalizados hacia las calderas que estaban ubicadas en batería empezando por la mas grande a la que se le sometía a poco calor y terminado en la mas pequeña pero también la que tenia mas cerca el calor.<sup>141</sup> En este recorrido por los diferentes cazos, el agua contenida en el jugo se evaporaba y se obtenía un jugo cada vez mas meloso y con menos cantidad de agua, al terminar de pasar por todos los recipientes el jugo estaba altamente concentrado dentro de estos procesos de refinado se obtenían mieles y subproductos, por ejemplo de los primeros recipientes se sacaban las espumas y las impurezas, al mismo tiempo de cada uno de los procesos siguientes se obtenían mieles que no se alcanzaban a integrar al jugo.

De la fermentación de las miles y los jugos se podía obtener ron y aguardiente, ambos productos estuvieron prohibidos mucho tiempo por lo que se fabricaban en destilerías clandestinas ubicadas dentro de los mismos ingenios, estas utilizaban las instalaciones hidráulicas para completar sus procesos, requerían del agua para sistemas de enfriamiento así como áreas de almacenaje propias, las prohibiciones vinieron de la corona para poder controlar el monopolio de las bebidas alcohólicas esta prohibición era ignorada ya que las bebidas alcohólicas eran ampliamente consumidas por los mismos trabajadores de las haciendas azucareras, siendo las haciendas azucareras establecimientos que intentaban optimizar todos los aspectos del proceso no desperdiciaban ninguno de los subproductos, obteniendo también parte de sus ingresos de la venta de estas bebidas en consumo local.

Las mieles no solo se utilizaban para producir bebidas alcohólicas, también se volvían a procesar dependiendo del grado de limpieza, o se daban de alimento al ganado, a los trabajadores y en la mayoría de los casos se vendías, para obtener ingresos extras.

La refinación sucesiva propiciaba la limpieza del azúcar, entre mas se refinara mas blanca seria, por lo que no siempre se producía azúcar blanca, las azucares mas oscuras tenían menor precio y eran productos del ingenio también dependiendo de los procesos que se completaban y los que no, esto también tenia que ver con el numero de refinaciones, es decir se extraías las mieles en los primeros cazos obtenías una azúcar mas "morena" que se dirigía a mercados con menor poder adquisitivo, el azúcar del ultimo cazo era el azúcar mas blanca. Para lograr este blanqueamiento no solo se recurría al refinado completo, también se agregaban lejías que después de una reacción química en los jugos provocarían azúcar mas blanca al final del proceso.

---

<sup>140</sup> La ventaja que tenia la batería llamada tren jamaiquino era un aprovechamiento del calor, con un solo horno y un ambiente sellado, el cual se sellaba con las propias calderas se alimentaba toda la batería, la tacha que era la última de las calderas y que además requería de más calor era la que tenía en su parte baja el fuego, de ahí se desplazaba por todas las calderas disminuyendo gradualmente la temperatura hasta llegar a la primera de las calderas cerca de la cual estaba la salida del humo.

<sup>141</sup> El tren jamaiquino no fue muy utilizado en Nueva España, como ya se menciona en el texto era más común que cada Caldera contara con un Horno, **Crespo Horacio**, *op.cit.* pág. 429





Este proceso al interior de la sala de calderas podía durar toda la noche ya que una vez empezada la molienda el refinamiento tenía que completarse, esta sala de calderas era la que peores condiciones de trabajo tenía, el calor extremo y los vapores que desprendían constantemente las calderas además de las jornadas de trabajo que podían durar toda la noche hasta que se agotara el jugo procedente de la molienda fue una de las aparentes razones por las que la corona prohibió el trabajo de indígenas en el procesamiento del azúcar, situación que como vimos con anterioridad tenía el objetivo de limitar el crecimiento de la industria del azúcar en Nueva España.

Las salas de calderas eran construcciones altas generalmente de piedra con los hornos adosados o en algunos casos con la estructura interior del tren jamaquino, con los chacuacos sobresaliendo en el lado de los hornos, ventilación en la parte superior para permitir la salida de los vapores y en muchos casos iluminación artificial por las razones ya expresadas.

También colocaban dos calderas mas que no estaban colocadas a fuego directo, una de ellas recibirá todas las espumas y basuras, así como parte de las mieles sin procesas de las primeras calderas, la otra le llamaban enfriadera y en ella se colocaba la miel ya lista para cristalizar para que se entibiara y pudiera ser agregada a las formas. La ultima caldera a fuego en donde se revisaba que la miel estuviera a punto recibía el nombre de tacho o tacha, de esta pasaba a la enfriadera y de esta a los moldes o formas.

El jugo y se vaciaba en los moldes estos moldes tenían en la parte inferior un tapón, eran de forma cónica y se colocaban sobre un purrón que era otro recipiente de barro que tendría como función recoger las miles no cristalizadas, el tapón se colocaba al principio para evitar que las mieles tibias escurrieran y se perdiera, ya que las formas eran cónicas y el tapón se encontraban en la parte superior del cono estas se ubicaban sobre el purrón con la parte angosta hacia abajo y el tapón puesto, con la parte más ancha del cono hacia arriba y abierta en esta y por medio de un cucharón se colocaban las mieles, cuando la forma estaba llena se colocaba sobre el tendal que era una superficie plana elevada del suelo donde se ponían en fila y esperaban su enfriamiento para llevarlas a la sala de purgar, hasta aquí era la labor que se desarrollaba en la sala de calderas.

Las formas tenían que estar saturadas de agua, para que no se pegara el pan de azúcar que se formaría, por lo que cercano a la zona de calderas estaba una tina con agua en donde las formas se la pasaban remojándose, tenía una doble función el lavado de las formas y la saturación del barro, de este sitio se tomaban para preparase y llenarse de miel. En muchos ingenios existían alfarerías que se dedicaban a la fabricación de formas y purrones que debido a su naturaleza se rompían constantemente.

Las salas de purgar eran sitios preparados para enfilear las formas y purrones y hacer trabajo con ellas, el molde y el azúcar debían de permanecer húmedos, para de esta forma favorecer el escurrimiento de mieles no cristalizadas, por lo que las salas de purgar o tenían ventanas, en el interior se trabajaba retirando los taponos cuando el azúcar ya estaba solida, colocando en la parte superior barro húmedo para que el escurrimiento del agua arrastrara mieles no cristalizadas e impurezas, el control de esta sala era muy importante porque en ella ya había productos terminado<sup>142</sup>.

<sup>142</sup> Brígida Von Metz, *op.cit.* pág.218



Después de un tiempo de dejarlos escurrir que podía llegar a los 45 días se recolectaban las mieles no cristalizadas, que se depositaban en un recipiente, de esta forma las mieles no cristalizadas se llevaban con la otras que ya se habían recolectado en las tachas con lo que se utilizaban para los subproductos ya mencionados, los panes ya escurridos se llevaban a los asoleaderos que generalmente eran salas en las que tenían que completar su proceso de secado pero ya a la luz del sol y con corrientes de aire, el único enemigo de este proceso era la lluvia por lo que los asoleaderos tenían parte de su estructura techada, o con techos corredizos para evitar que la lluvia dañara los panes.

Así de esta forma obtenemos espacios definidos que hacían mas complejo el sistema, la sala de purgar necesitaba un espacio muy grande en el cual colocar las formas con sus depósitos inferiores. Después de obtener las mieles y de endurecer los panes de azúcar se sacaban de molde y se colocaban en las áreas de secado que tenían que ser techadas pero permitir la circulación de aire cruzado para permitir que se siguieran secando los panes, entre mas secos mas blancura, porque las mieles que suelen ser de colores mas oscuros seguían escurriendo o en su defecto terminaban no contando, la selección final provocaba una separación de panes que tenía su principal repercusión en el precio de estos. De esta separación se obtenían diferentes calidades de azúcar.

En el mismo ingenio se podía determinar que tipo de producto se podía obtener, dependiendo del proceso al que se le sometía, el azúcar morena se obtenía de los jugos de la caña pero su refinado era menor que el de la azúcar blanca. Estas decisiones eran tomadas dentro del ingenio destinando algunas producciones a la obtención de azúcar de menos refinado, paradójicamente en el virreinato era un azúcar para gente de escasos recursos, actualmente el azúcar morena y otros productos no tan refinados se han vuelto mas populares por estar menos refinados y ser más saludables, después se llevaban al almacenaje, existían áreas donde se almacenaban los diferentes panes de azúcar que serian comercializados según su calidad en diferentes mercados.

Finalmente se debe mencionar que el agua no solo se utilizaba como fuerza motriz, era muy importante la limpieza, actividad fundamental porque cualquier residuo de una molienda anterior podía transformar el sabor del jugo de caña, el proceso de fermentación empezaba rápidamente, después de cada molienda y refinamiento del jugo antes de que llegara la nueva carga de jugos, el agua debía de pasar por los molinos, tachas, canales de madera y también por las formas de barro, si esta limpieza no se hacía adecuadamente los residuos que continuaban con su proceso de fermentación y que sería más acelerado que los nuevos materiales incorporados cambiarían el sabor del azúcar, estas necesidades repercutían en depósitos de agua en gran parte de los espacios arquitectónicos relacionados con la refinación, agua para dejarla circular por todas las instalaciones agua para sumergir las formas agua para limpiar.

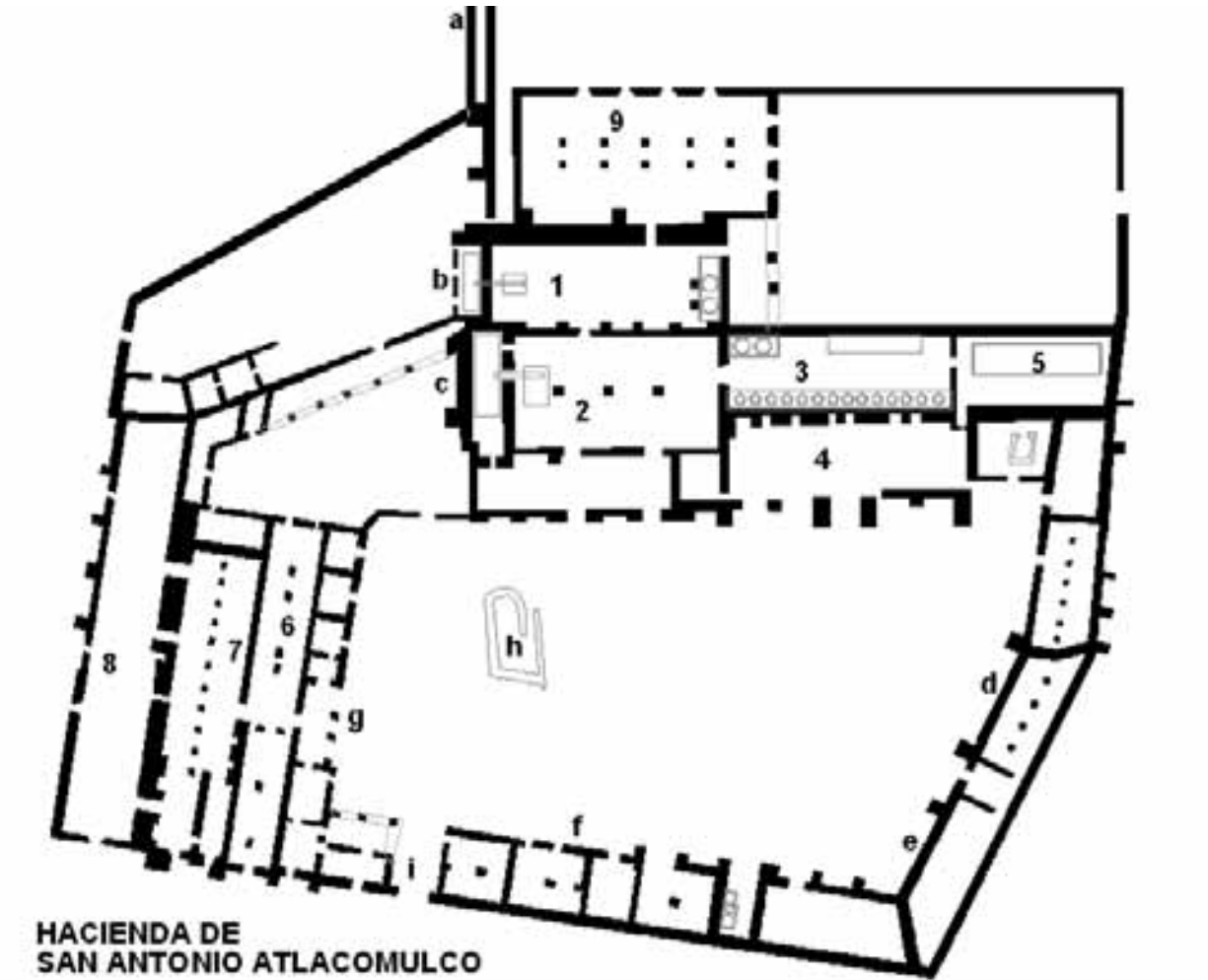
*Todos los lunes se hacen panelas de la miel de caña cuando hay... en el molino antes de moler, si no está lavado el molino y las canoas se lavan<sup>143</sup>*

---

<sup>143</sup> *Ibíd.* pág. 216



## e. Arquitectura del ingenio Azucarero



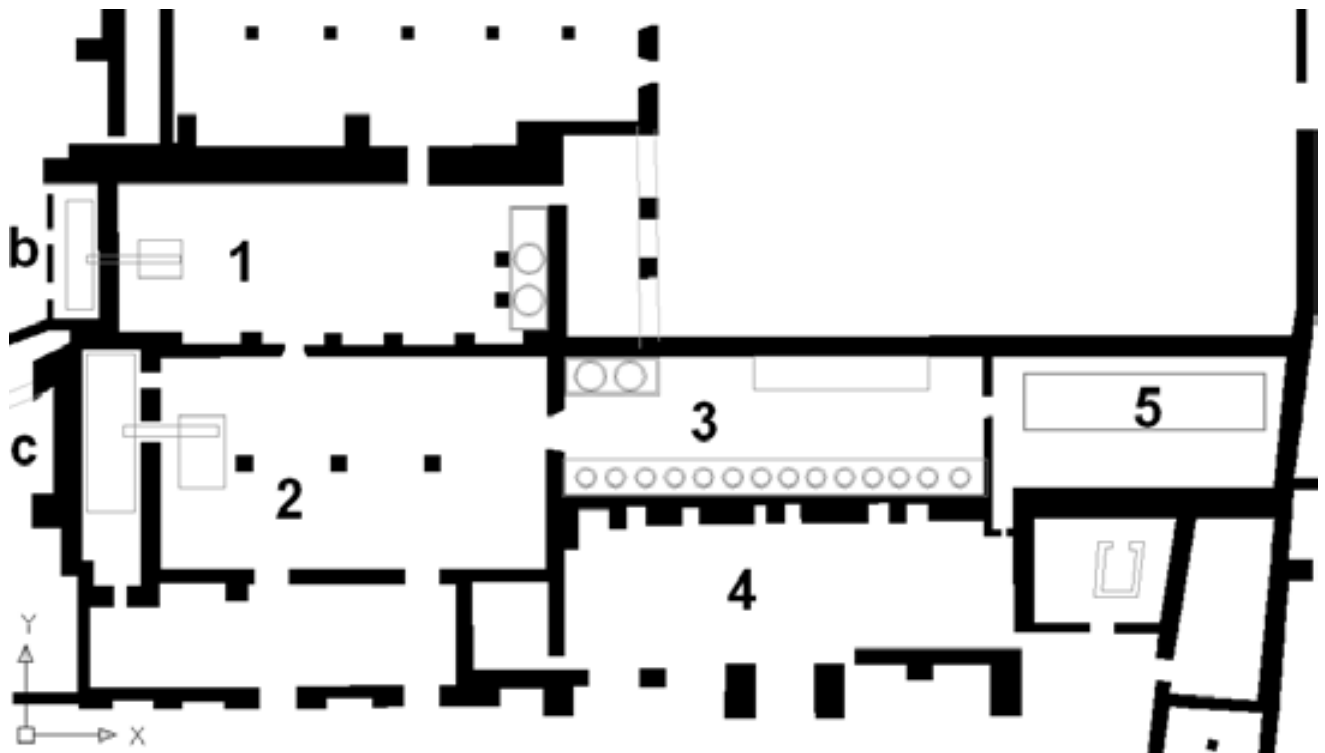
Planta Arquitectónica de la hacienda de san Antonio Atlacomulco a partir de un plano ordenado por Lucas Alamán en 1852 para el proyecto de una fábrica de Aguardiente *imagen: Tarsicio Pastrana*

Con Números están marcados lo locales que tienen que ver con el proceso productivo y en el orden en el que participan en este proceso:

1. Trapiche Nuevo: observamos la rueda hidráulica y el molino del lado izquierdo del espacio
2. Trapiche viejo, de mayor tamaño que el anterior, observamos el lugar en el que se ubica la rueda hidráulica y el molino
3. Sala de Calderas, como el punto 2 es el trapiche más antiguo observamos que la ubicación de esta sala es inmediatamente después al trapiche, con algún modo de llevar las mieles hacia esta sala probablemente un canal en medio de la sala
4. Sala de Hornallas para calentar las baterías de calderas y procesar las mieles.
5. Sala que probablemente tiene la pileta de las formas
6. Purgares, desde la sala 4 y después de terminar de escurrir las mieles mas liquidas se traen al purgar para que terminen de escurrirse las mieles
7. Purgar



8. Probable asoleadero una vez que las formas dejan de escurrir mieles se lleva al asoleadero para completar el secado y blanqueado.
9. Fabrica de aguardiente, nótese su ubicación junto a la zona de trapiches para recibir mieles de manera directa.
  - a. Acueducto de acceso
  - b. Rueda Hidráulica vertical del trapiche nuevo
  - c. Rueda Hidráulica vertical del trapiche viejo
  - d. Galerías para los trabajadores
  - e. Galerías para los trabajadores
  - f. Talleres (carpintería, herrería, fornería, pailería) ya se comento que los arreglos del ingenio se hacían en talleres ubicados en el interior del ingenio, la carpintería veía las maquinas y carretas además de las herramientas de madera, la herrería, las piezas metálicas en maquinas y la herramienta, la fornería hacia las formas de barro que constantemente se rompían, la pailería le daba mantenimiento a las calderas donde se procesaban los jugos.
  - g. Puerta de los purgares, el acceso a los purgares estaba controlado ya que en este sitio ya se encontraban productos finales que podían ser robados nótese en el plano que el mismo acceso sirve para los dos purgares y el asoleadero.
  - h. Bañadero de animales , aprovechando el desagüe de las ruedas hidráulicas



Planta Arquitectónica de la hacienda de san Antonio Atlacomulco a partir de un plano ordenado por Lucas Alamán en 1852 para el proyecto de una fábrica de Aguardiente ampliación de la zona productiva  
**imagen: Tarsicio Pastrana**



1. Área de trapiche nuevo, en la parte contraria a la zona donde está el molino encontramos dos calderas que seguramente reciben las mieles del tanque, tanto de esta área como del área del trapiche viejo debe de existir comunicación con la sala de calderas circulaciones de personal y de agua para los lavados y de mieles para el proceso.
2. Área del trapiche viejo, la rueda determina la zona donde se encuentra el molino, del lado contrario se encuentra la sala de calderas, seguramente existe un conducto que lleva las mieles a esta sala.
3. La sala de calderas muestra del lado izquierdo las calderas que reciben las mieles, también podía ser un tanque de piedra o una caja de madera revestida de placas metálicas en el interior se le denominaba canoa, de este sitio pasaba a la batería de calderas, en la parte superior observamos lo que posiblemente es el tendal, lugar donde se colocaban las formas de barro después de ser llenadas para que escurrieran las ultimas mieles liquidas y se pudieran tapar y llevar al purgar.
4. La sala de hornallas coincide con toda la pared de la sala de calderas, para alimentar cada una por separado los chacuacos se encuentran sobre esta sala.
5. Esta sala puede tener una pileta donde se ponen a remojar las formas y de aquí perfectamente saturadas de agua llevarlas a la sala de caldera para ser llenadas con las mieles posteriormente llevarlas al purgar.

c y b Ruedas Hidráulicas del trapiche viejo y del nuevo, las ubicaciones de ambas ruedas nos indican que la alimentación de ambas ruedas es por la parte superior, es decir ambas son gravitatorias.



## 2. La máquina de batanar

### a. Introducción

El batan es una de las maquinas hidráulicas más interesantes por el contexto en que se desarrolla, no se puede concebir un batan sin pensar en la industria de la producción de telas y en todo el proceso desarrollado a partir de esta cadena productiva tan exitosa en Nueva España, el batan utilizaba el principio de percusión recordemos que los dos principios de molienda son la percusión y la fricción, en el caso del batan se utilizaba la percusión, aunque su objetivo no era moler las prendas de tela, si se puede mencionar que algunos se utilizaban para moler trapos y producir papel.

Recordemos que la aplicación de la rueda hidráulica tenía como función el facilitar las tareas más tediosas y tardadas que eran desarrolladas por el hombre, en este caso la parte más complicada de la producción de paños tenía que ver con el proceso del batanado, por consiguiente es necesario que se aplique la fuerza hidráulica a un trabajo tan arduo y laborioso, antes de la implementación de la rueda hidráulica, el batanado se hacía con los pies, en tinas enormes donde la gente con unos zapatos de madera se metía a pisar con fuerza sobre las telas, de ahí que en muchas zonas se le llame a los batanes pisones.

El batan está ligado a los cursos de agua, pero también a la producción de telas, que en Nueva España se desarrolla en los obrajes, encontramos entonces como parte de esta cadena productiva, el origen de la materia prima, en el caso del algodón las zonas productoras del algodón, en el caso de la lana las haciendas y ranchos productores de este material y cuando se tejió la seda los morales. Estos sitios son el origen de la cadena de producción, posterior a este sitio encontramos los obrajes que es el sitio donde se procesa la materia prima para obtener las telas, como parte del proceso de obtención de estas telas el batan.

Una región textilera debe de tener un centro productor de materia prima, el sitio donde se encuentren los obrajes para procesar esa materia prima y los batanes asociados a los obrajes como parte de la cadena de producción, esto aunado a la necesidad de agua utilizada de manera importante en varias partes del proceso, no únicamente como fuerza motriz, estos requerimientos colocan las zonas textiles en cercanía de centros urbanos pero principalmente en causas de agua cerca de estos centros urbanos.

Un análisis más profundo nos llevaría a determinar porque ciertas ciudades se desarrollan como centros textiles y otras no, dentro de este trabajo el objetivo principal es explicar el proceso completo de obtención de la tela dando énfasis en las partes de este que utilizan el agua como elemento fundamental, la descripción de la maquina hidráulica denominada batan será la parte más importante de la presente sección, considerando su importancia en conjunto con el obraje en ser antecedentes directos de las actuales zonas industriales del país. Las principales zonas obrajeras se transforman en zonas industriales actualmente.

Una vez más el desarrollo de esta sección seguirá el criterio ya especificado en otras partes de este trabajo, hablaremos del proceso de obtención, la historia y los elementos asociados pero fundamentalmente de los batanes y los obrajes como elementos de aplicación de la tecnología hidráulica.



## b. Historia

Los tejidos de fibras se desarrollan desde etapas muy tempranas, el hombre detecta que entrecruzando fibras naturales puede obtener artículos de uso vital. Los primeros artículos tejidos fueron de ramas y palma, con lo que se obtenía cestos esteras y lienzos que se utilizaban en diversos usos, posteriormente se empiezan a trabajar estos tejidos por medio de maquinas que se adaptan y facilitan el trabajo estas maquinas de desarrollo muy primitivo ayudaban a que este tejido fuera más fácil manteniendo fijo parte de las fibras así es como nacen los primeros telares.

Estos telares primitivos eran verticales y se colgaban las fibras de ramas de árboles a estas fibras se les colocaban contrapesos en su parte inferior, manteniendo las fibras tensas, estas fibras verticales se denominan urdimbre para la trama que es la fibra que se incorpora en el otro sentido se trabajaba por medio del entrecruzamiento de la fibra entre las que se mantenían verticales.<sup>144</sup>

El tejido obtenido se convirtió en uno de los objetos de primera necesidad, no solo para los utensilios que ya mencionamos, mas adelante con el desarrollo de fibras más complejas y más delgadas para la elaboración de telas que permitieron desarrollar vestidos. Las necesidades de tejidos más manejables generan la búsqueda de fibras que los pudieran proporcionar, de aquí se divide el tejido de fibras toscas que hasta la fechas se sigue utilizando para la creación de cestas, muebles y otros objetos de primera necesidad y la elaboración de tejidos más finos y manejables para crear en primera instancia ropa y después telas que se podían adaptar a diversas necesidades<sup>145</sup>.

El vestido comienza como un artículo de primera necesidad, después refleja el estatus social del que lo utiliza, se comienza a diferenciar el vestido entre los mas sencillos y funcionales que eran utilizados por las clases más bajas y que les permitían desarrollar sus actividades y los vestidos que son para las clases más altas que les permiten hablar de la riqueza y el poder que tienen, estos generalmente no eran para ser funcionales simplemente eran para ser exhibidos.

Esta migración de tejidos burdos hacia telas más refinadas en su elaboración tiene que ver con implementaciones en los telares que facilitaban la elaboración de los paños, también los hilos se volvían más delgados, por ejemplo el lino que se obtiene de una planta que crece en Egipto es tejida en telares para la obtención de telas ligeras que eran muy apreciadas entre los egipcios, estos tejidos generan telares más sofisticados siempre conservando los principios que le dieron origen.

Otra de las fibras naturales que se emplearon desde tiempo atrás para la confección de tejidos fue la lana que se obtenía del pelo de algunos animales, en especial de las ovejas.<sup>146</sup>

---

<sup>144</sup> EL mismo principio se conserva por miles de años, una parte del tejido se mantiene fija y la otra es la que se mueva para entrecruzarla la misma idea utilizan los telares modernos, la parte vertical que generalmente es la parte fija se denomina urdimbre la parte móvil que es la que se entrecruza en la otra será la trama.

<sup>145</sup> **R.J. Forbes**, *op.cit.* pág. 30

<sup>146</sup> No solo la oveja daba lana, cualquier animal cuyo pelo fuera susceptible de ser tejido y tuviera las propiedades necesarias para convertirse en tela fue tejido, en diversas partes del mundo una vez mas encontramos la obtención de hilos dependiendo de los ganados que se manejaban regionalmente, por ejemplo en Sudamérica las llamas y las vicuñas, en la península arábica el camello.



La lana se trabajo en muchos lugares entre ellos el medio oriente y más de manera tardía en algunas regiones de Europa. Las fibras de origen animal se trabajaban de similar manera en

diversas regiones del mundo, por ejemplo en el medio oriente la fibra que se tejía era a base de hilos de camello, en Sudamérica, las vicuñas y llamas siendo las fibras obtenidas de esta forma la materia prima para la elaboración de hilos que después se tejerían en los telares.

Los procedimientos de obtención de los hilos provenientes de fibras vegetales o animales es similar en todas las partes del mundo con esta práctica, es decir que a partir de las fibras naturales se logra un procedimiento similar en varias partes de mundo para convertirlas en hilos que puedan ser tejidos en telares.

Los hilos de origen vegetal también fueron muy comunes por ejemplo el ya mencionado lino y el algodón que dado su parecido con la lana se le llamaba lana de árbol<sup>147</sup>

Los pueblos de la antigüedad se dedicaron a producir telas en diversa formas, es curioso que el principio que da origen al telar se descubre en diversas partes del mundo, son de esas soluciones tecnológicas que se descubren en diversas zonas sin necesidad de que exista contacto entre ellas; por ejemplo en América las culturas prehispánicas tenían telares denominados de cintura para trabajar sus tejidos, en el territorio que ahora es México las mantas de algodón y las telas del mismo material que permitían fabricar vestidos eran muy apreciadas, además de que en esas regiones los tintes naturales le conferían características únicas a las telas obtenidas, por esa causa el tejido de algodón estuvo en manos indígenas aun después de la conquista.

La evolución del telar es en un inicio la evolución del tejido, lo importante era facilitar el entrecruzamiento de las fibras fueran estas de cualquier origen, cuando se domina esta parte surge la necesidad de hacer este trabajo de manera más rápida, después los excedentes son utilizados para el trueque. Esta gran necesidad para venta y comercio es la principal promotora de los cambios desarrollados en el telar, por el contrario, cuando esta necesidad no es tan apremiante los telares se mantienen de manera casera o artesanal sin cambio. Los primero telares fueron verticales y por medio de contrapesos mantenían la urdimbre recta, mientras que la trama era pasada de manera lenta entre ellos, este tipo de telar se mantiene vigente para producciones caseras durante muchos siglos por no requerir esta producción de mejoras.

Antes de la edad media el trabajo del tejido se realizaba de manera casera o artesanal los grandes talleres proliferan durante la edad media, en ella estos pequeños artesanos se empiezan a reunir en grupos para trabajar de manera conjunta y crear gremios de tejedores, el comercio de las fibras como el algodón y la lana se vuelve muy importante, muchas ciudades basaban parte de su economía en estos comercios y lo que se derivaba de ello.

El proceso de fabricación de los paños requería de varios trabajos que empezaban con los rebaños de ovejas, los pastores no solo obtenían dinero de la venta de la lana, también la leche y sus derivados, la carne y el cuero eran productos que podían comercializar, la lana tenía que ser cardada y hilada con lo que estas actividades también eran una división del trabajo en la que mucha gente se empleaba.

Los hilos ya trabajados se llevaban a los talleres donde se tejían en telares, esta tela tenía que ser golpeada para cerrar el tejido y hacer que se perdiera la trama para lograr telas más

---

<sup>147</sup> R.J. Forbes, *op.cit.* pág. 61





manejables y agradables al tacto así como de mejor calidad, este trabajo es el antecesor del batanado.

Se convierte la producción de paños en un factor determinante en el desarrollo de centros textiles, todo lo que se desarrolla en torno a esto crea centros conocidos a nivel mundial Flandes Inglaterra, España etc. No solo eso, las ovejas van evolucionando y se adaptan a las regiones donde son criadas, con lo que existen diferentes calidades de lana según la región de donde provenían las ovejas. La lana española se distribuye por los centros textiles de Europa donde cada región le confiere diferentes características a los productos finales.

Estos talleres conjuntos de la edad media se mezclan con las técnicas árabes en España para posteriormente crear los obrajes, lugares donde se trabajaba en conjunto la tela, estos establecimientos eran muy comunes en las zonas árabes incluida España en donde todos los pasos del proceso se convierten en cadenas productivas de gran importancia donde los batanes que ya se usaban desde la edad media proliferan en cercanía de regiones textiles.

### c. Historia en Nueva España

Estos obrajes herederos de los talleres textiles de la edad media son los que llegan a América traídos por los españoles, instalándose obrajes desde el mismo siglo XVI, el desarrollo de estos establecimientos en América se puede considerar precursora de las industrias, por el sistema de organización que se adquiere, los obrajes tenían que embonarse en una cadena productiva que dependía de la obtención de la materia prima para la creación de las telas, esto generó traer las ovejas, crear ranchos para la crianza de ovejas, al igual que España personas que prepararan el hilo, tintes, tejido etc., parte de estas actividades se hacían en los obrajes.



Dibujo de un obraje en el código Osuna, se ve el patrón dando indicaciones del lado derecho, el obraje se representa como un espacio cerrado con un telar y una rueca para hilar, del lado inferior derecho la materia prima la lana a granel que se toma para colocarse en la rueca **imagen: Códice Osuna lamina 38**

Las primeras ovejas llegan a América como avituallamiento de los barcos que transportaban a los nuevos pobladores, son embarcadas en Sevilla y Cádiz, o en su defecto en los puertos de reabastecimiento en las canarias, al llegar a las Antillas algunas llegan vivas y se aclimatan y empiezan a reproducirse, de ahí son llevadas a Nueva España a través de dos caminos, en la

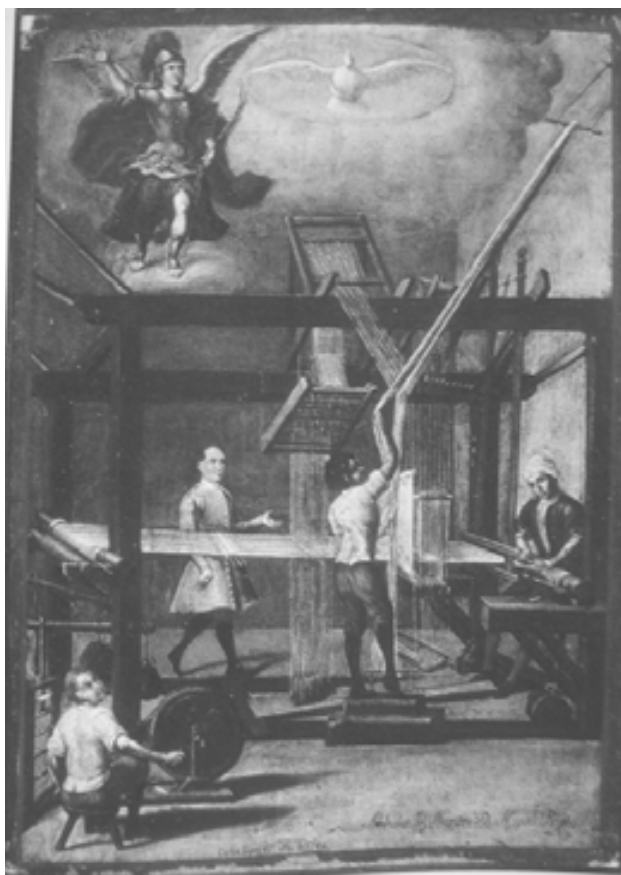


zona centro y Norte por el puerto de Veracruz y en la zona Sur por Centro América<sup>148</sup>. Las mercedes para cría de ganado menor proliferan, debido a la demanda de los obrajes.

En un obraje el conjunto de telares era lo que determinaba la producción. Los telares dependían de un suministro adecuado de hilos, y los hilos podían ser procesados en el obraje. Los obrajes en Nueva España han sido sujetos a múltiples estudios entre ellos el de su aportación en la estructura del trabajo y la composición social de los individuos que trabajaban en el.

Como negocio que contribuye al desarrollo de la economía virreinal podemos mencionar la siguiente relación de precios: *“una arroba equivale a 11.5 Kg. y una arroba de lana sucia a 2 A principios del siglo XVII costaba alrededor de 14 reales o 1.5 pesos, esta compra, de 19,550 Kg., debió costar unos 2,550 pesos”* Estos datos en relación a un obraje establecido en la ciudad de Tlaxcala en el siglo XVI<sup>149</sup>.

Más adelante en el mismo texto se hace la siguiente comparación con respecto al costo de un obraje: *“el costo del equipo de un obraje pequeño vendido en 1600 fue de 52 pesos, y constaba de tres telares de sayal, dos pares de cardas, seis tornos de hilar, una tina y una romana”*<sup>150</sup> La inversión de 52 pesos se podía recuperar rápidamente con la venta de las telas ya observamos que una venta de lana de 34 Arrobas podía cubrir el costo de los 52 pesos.



En esta imagen observamos el interior de un obraje, con un telar operado por dos personas, una rueca para hilar operada por un personaje más joven y de pie el patrón, interesante también es la representación del protectorado por parte del espíritu santo y San Miguel Arcángel, **Imagen: oleo sobre tela Carlos López, siglo XVIII colección museo Soumaya**

<sup>148</sup> **Perezgrovas Garza R,** *COMPARACION DE RECURSOS GENÉTICOS: EL BORREGO CHIAPAS (MÉXICO) Y LAS RAZAS AUTÓCTONAS DE ORIGEN ESPAÑOL* en *Archivos de zootecnia* vol. 47, núm. 178-179, Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas, México 2000, pág. 426.

<sup>149</sup> **Sanchez Verin Carlos Arturo Giordano,** *UN RECORRIDO POR LA PROVINCIA DE TLAXCALA A PRINCIPIOS DEL SIGLO XVII* en *Perspectivas Latinoamericanas No2*, Centro de Estudios Latinoamericanos de la Universidad Nanzan, Japón 2002, págs. 1-12

<sup>150</sup> *Ibíd.* págs. 1-12



Las necesidades de los obrajes generan establecimientos auxiliares que se apoyan en la industria del paño, ya mencionamos los ranchos ovejeros y también los porcinos, debido a que la manteca de cerdo se utilizaba para untar la lana y poderla hilar más fácilmente, los talleres domésticos de hilado y teñido, que como también ya vimos podían ser actividades concentradas en el interior del obraje y los batanes.

Hasta este punto no se ha mencionado ninguna vez la tecnología hidráulica, aunque en la introducción de este tema se menciona que parte del proceso de la obtención de telas tenía que ver con una máquina hidráulica llamada batan que es la que se describirá más ampliamente en la parte en donde se describe el proceso de obtención de la tela, el batan simplifica la operación de batanado que servía para cerrar el tejido de la tela y hacerla más resistente, así como liberarla de todas las sustancias ajenas a ella entre ellas la grasa de cerdo que se untaba en los hilos.

No solo el batan dependía del agua para funcionar, el proceso de la lana y del algodón requerían de agua para completarse. Lo que nos sitúa nuevamente en el uso del agua como motor de la máquina pero también el uso del agua como parte fundamental del proceso productivo en varios de sus pasos, los obrajes como establecimiento preindustrial necesitaban del agua, lo que significa una infraestructura de canalización y almacenaje si bien no tan compleja como en el caso de una hacienda azucarera si es una infraestructura que genera ciertos espacios y necesidades específicas de las cuales se hablara más adelante.

La diversificación del proceso productivo del paño genera la división del trabajo, ya habíamos hablado de los centros productores de la materia prima, como los ranchos y las haciendas, posteriormente se necesita hilar las fibras para obtener el hilo, este proceso se puede o no realizar dentro del obraje, anterior a esto se trabajaba de manera independiente, y era actividad común de las mujeres el hilado, en los obrajes era más común que la lana llegara en bruto y que en el interior de este se realizaran los procesos necesarios, es por eso que se considera al obraje como un precursor de las industrias porque podemos observar en él una organización incipiente derivada de una línea productiva

Del hilo todavía se puede pasar al teñido de este y ya que se tiene el hilo el tejido, después del tejido el batanado, los obrajes más complejos tenían en sus instalaciones un batan, esto no era lo más común, por lo que el batan era un establecimiento aparte que se ubicaba en la zona de los obrajes y que podía abastecer a más de uno, como se puede ver el proceso puede dividirse en varios técnicos y varios establecimientos.

Otra implementación hidráulica al proceso del tejido fue el telar hidráulico, hacia finales del virreinato se comenzó a utilizar la rueda hidráulica para mover los telares, por medio de una transmisión de movimiento a un eje y una banda que se podía quitar o poner para parar el movimiento cuando fuera necesario, aunque esto no fue lo más común debido a que el obraje como establecimiento comenzó a entrar en crisis desde el siglo XVII por la proliferación de talleres y artesanos caseros que trabajaban de manera individual en sus propias casas, como ya se hacía desde los inicios del virreinato con los tejidos de algodón.<sup>151</sup>

El obraje no solo era el taller de producción también tenía una organización particular que propició su decadencia, el personal del obraje se dividía en trabajadores libres y esclavos, además de que ha sido ampliamente investigado el trabajo que se le daba a los trabajadores

---

<sup>151</sup> **Urquiola Permisán José Ignacio,** *MANUFACTURA E INDUSTRIA TEXTIL EN EL MEXICO COLONIAL en América Latina en la historia económica No 4,* Publicaciones Instituto Mora, México 1994 pág. 20



del obrajes. Las condiciones de trabajo eran tan extremas que Humboldt las describe de la siguiente manera:

*“Hombres libres indios y hombres de color están confundidos como galeotes que la justicia distribuye en las fabricas para hacerles trabajar a jornal: unos y otros están medio desnudos, cubiertos de andrajos, flacos y desfigurados. Cada taller parece más bien una oscura cárcel: las puertas son dobles, están constantemente cerradas, y no se permiten a los trabajadores salir a casa: los que son casados solo los domingos pueden ver a su familia. Todos son castigados irremisiblemente si comenten la menor falta contra el orden establecido en la manufactura.”<sup>152</sup>*

Para finales del virreinato los establecimientos que sobrevivieron y que además fueron incorporando las mejoras hidráulicas en mas procesos sentaron los precedentes para el desarrollo tan importante que tuvo la industria textil en la época independiente pero sobre todo en la época porfiriana.

Existen ejemplos como las fabricas de Metepec en Puebla y la Trinidad en Tlaxcala que utilizaban el sistema hidráulico para transmitir energía a un eje que atravesaba la nave industrial en la cual los teleros se sujetaban por medio de una banda que se podía quitar y poner, de esta forma el telar era accionado por la fuerza hidráulica y el trabajador quedaba libre para aplicarse en el tejido.

#### **d. Proceso de obtención del paño**

El origen de las telas que se tejían y se tenían que abatanar estaba en los ranchos ovejeros, en el caso del algodón en las haciendas que lo producían, comencemos con la lana por ser esta más compleja en toda su línea productiva que el algodón y también porque el algodón estuvo más circunscrito a los tejedores domésticos y a los telares individuales.

La lana tiene características que la hacen muy especial y apta para la confección de paños que después se transformarían en ropa<sup>153</sup> Las ovejas Americanas se criaban a partir de las ovejas españolas, que principalmente eran de la raza merina, la cual se cree llega a España desde el norte de África y por las características de clima desarrollan una pelambre largo y rizado esta particularidad las hizo ser consideradas de las mejores del mundo, como ya hemos mencionado llegan a través de las islas atlánticas y después pasan por las Antillas, para ser llevadas expreso a América para iniciar con la producción.

Es importante mencionar que la producción de lana actualmente es muy diferente a la de aquella época, para empezar, la lana que era producida por la oveja se dividía en 2, uno era un pelo fino y pequeño que servía como aislante térmico y el otro la lana que es mayor en tamaño y mantenía seco al animal esta situación del doble pelambre se repite en otras razas, ya que se generan espacios de aire entre los dos tipos de pelo que mantiene una barrera térmica natural.

La lana cuenta con una grasa natural llamada lanolina que en pequeñas cantidades de humedad mantiene aislada la lana y por consiguiente seca la piel de la oveja, otra función importante de esta fibra más larga era abrigar al animal en época de frío porque la oveja no es

<sup>152</sup> **De Buen Lozano Néstor**, *EL TRABAJO ANTES DE LA REVOLUCION INDUSTRIAL en instituciones del derecho del trabajo y la seguridad social Instituto de Investigaciones Jurídicas Serie G: estudios doctrinales No 188*, Academia Iberoamericana de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social- UNAM, México 1997, pág. 25

<sup>153</sup> La fibra ovina desarrolla esenciales virtudes de abrigo, Observada al microscopio la lana se ve cual una superficie escamosa similar a la de una palmera. Característica que añadida a la natural ondulación del material fibrico, permite la existencia de numerosos intersticios con aire entre hebra y hebra, los que operan como aislante térmico



tan resistente a las bajas temperaturas y este pelo las mantiene seguras, actualmente los animales han sido cruzados y mejoradas por lo que no producen tanto pelo y producen mucha y mayor lana.

No debemos olvidar que la lana es la respuesta de la oveja a su baja resistencia al frío, lo que se ha ido revirtiendo sobre todo con la crianza de ovejas en zonas más cálidas y con el control de los rebaños, en la época del virreinato las ovejas aunque cambiaron su patrón de crecimiento y calidad de la lana por encontrarse en climas tan benignos como los de Nueva España seguían presentando esta característica de doble pelo descrita renglones arriba, aunque fueron cambiando con respecto a las ovejas europeas generando un tipo llamado oveja criolla muy similar al de origen, el cambio en el pelambre fue notado por los ovejeros y repercutió en menor producción de lana por oveja y en menor calidad del hilo producido<sup>154</sup>.

La trasquila de la oveja para quitarle su recubrimiento protector tiene que ver con la región en la que habitan, como ya se mencionó la oveja es un animal poco resistente al frío la defensa natural que han desarrollado a través del tiempo es su lana, en lugares fríos la trasquila solo se puede realizar una vez al año en el inicio de la época más templada, de esta forma la oveja tiene todo el año para desarrollar una vez más su pelambre con el cual se protegerá en la siguiente temporada de frío, por el contrario en las zonas templadas donde los inviernos son benignos la trasquila se realiza dos o más veces por año dependiendo de la velocidad de crecimiento de la lana<sup>155</sup>.

El rancho ovejero producía diferentes productos, el más importante para nosotros es la lana pero también obtenían sebo para la producción de velas y carne para el consumo, la piel era vendida para los curtidores, la leche para hacer quesos, y el excremento como abono, es de notar que en algunos casos principalmente en los ranchos administrados por los jesuitas, dentro del mismo rancho se completaban las cadenas productivas por ejemplo los ranchos ovejeros producían velas a partir del sebo que se obtenía del animal, de esta forma se vendía la vela y no el sebo.

Normalmente la oveja no es sacrificada porque constantemente está generando lana y la trasquila se convierte en la actividad de partida para la obtención de esta materia prima. Cuando se efectúa esta operación, la oveja es amarrada de las patas para poder maniobrarla rápidamente<sup>156</sup>, la lana así obtenida es llamada vellón y es retirada por medio de unas tijeras, el animal queda con la piel al descubierto y el operario junta los vellones en una zona para después transportarlos hacia los talleres, la llamada guarda de la lana esta compuesta de glándulas sebáceas y sudoríparas adicionadas con gran cantidad de lanolina cuya función ya fue descrita, la guarda funciona como tejido de sustento de la lana y esto permite hacerla más manejable, es por esa razón que cuando observamos el producto de la trasquila está montado en secciones grande similares a la piel.

El vellón obtenido es de diversas calidades y texturas incluso se diferencia en tonalidades y colores, a consecuencia que no todo el cuerpo del animal presenta el mismo tipo de fibra, en campo, se hacen las pacas que se transportan amarradas hacia el obraje a lomo de mula o en carretas<sup>157</sup> es importante mencionar que los vellones podían ser llevados tal cual a los obrajes

<sup>154</sup> Sanchez Verin Carlos Arturo Giordano, *op.cit.* pág. 10

<sup>155</sup> En México en la mayoría del territorio se podrían realizar más de una trasquila por año

<sup>156</sup> Actualmente existen dos métodos de trasquila, el tipo Australiano que no requiere de amarrar a la oveja, esta se monta y se detiene con las piernas para cortarle la lana, el método tradicional es cuando se amarran las patas para poder manejar mejor la oveja, en ambos casos los trabajadores más experimentados pueden trasquilar una oveja cada 2 minutos.

<sup>157</sup> Debemos recordar que la descripción de procedimientos tiene que ver con los métodos tradicionales,



para que todos los procesos fueran seguidos ahí de hecho era poco probable que los ranchos ovejeros tuvieran zonas dedicadas al tratamiento profundo de la lana. Sobre la cantidad de lana que produce cada oveja tiene que ver mucho con la raza a la que pertenece tomando en cuenta que las producciones actuales son mucho mayores que las del virreinato porque los animales actuales son cruzados y manipulados para producir más<sup>158</sup>

Al llegar al obraje o al sitio donde se hará el hilado se debe retirar todas las sustancias ajenas a la lana que no estén impregnadas en ella, piedras, tierra hierva, restos de madera etc. Este proceso se le llama esmoteada o escarmenado. Se realizaba con algunos peines o a mano retirando cuerpo extraños, visibles que no están adheridos a la lana.

Cuando los montones están libres de las sustancias descritas pasamos al lavado, en este punto tenemos el primer paso del proceso donde se usara el agua, como ha sido en todo proceso analizado recordemos que el agua es utilizada de tres maneras, como parte del proceso productivo como en este caso, como fuerza motriz y como insumo de las necesidades comunes en el espacio y los operarios.

Pensando en el lavado en los patios de los obrajes se ubicaban piletas que se llenaban de agua y permitían el lavado de los vellones, el cual tenía toda clase de manchas, orgánicas generalmente, sangre de la oveja, orina, lodo, heces, tierra grasas naturales etc, cuando este trabajo se hacia de manera domestica en las casas donde se preparaban los hilos también encontramos las piletas fijas o en su defecto tinas donde se pudiera hacer el lavado de los vellones.

Una de las sustancias que impregna el vello de la lana es la lanolina agregando algo a lo que ya se ha comentado sobre este aceite natural podemos decir que es muy importante para que las fibras estén sanas, por el contrario para la producción de lana no es tan benéfico debido a que este viaja a la punta de la fibra y provoca que se manche con todas las sustancias ya mencionadas que se combinan con el aceite y se arraigan en el vello. El lavado era importante para liberar estas manchas, y obtener los colores reales de la lana este lavado tenía que ser superficial para impedir que la absorción de agua fuera mayor y la lana se apelmazara situación que complicaría las actividades posteriores. La lanolina tenía que retirarse completamente para poder continuar con el proceso.

La ubicación de los obrajes cerca de los cauces de agua se debía a la necesidad del liquido para el llenado de las piletas en las que se hacia el lavado de los vellones el principal problema era que el agua ya utilizada se regresaba al mismo cauce, lo que la contaminaba, de la misma forma los obrajes se ubicaban cerca de los cauces de agua porque los batanes requerían de esta ubicación para su funcionamiento, el agua que el Batan dejaba de usar también se regresaba a la fuente contaminada.

El agua que se desechaba del obraje estaba impregnada con todas las sustancias liberadas por la lana la del batan llevaba fundamentalmente la grasa con al que se adicionaba el hilo, además de los materiales utilizados como jaboncillo, esta contaminación del agua generaba conflicto porque el agua se hacía inutilizable para ciertos fines, esto suscito pleitos que tenían que ser

---

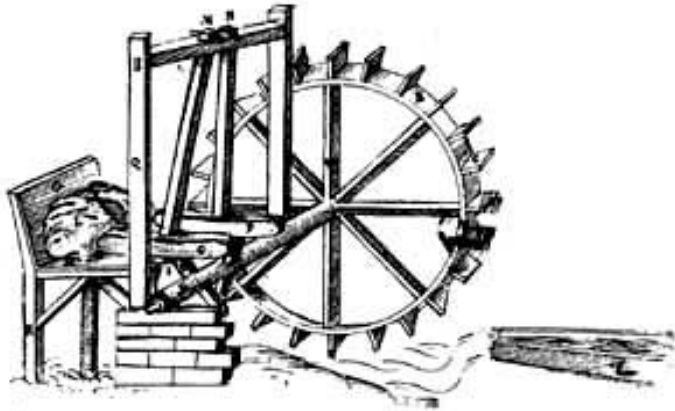
actualmente todos estos métodos son diferentes y están altamente tecnificados.

<sup>158</sup> Dentro de la producción lanar, hay diferencias entre las razas de ovejas por la cantidad y calidad de lana producida. Los ejemplares de la raza Merino, una de las más extendidas, producen entre 10 Y 18 kilogramos de lana. La oveja criolla, en el otro extremo, apenas llega a los dos kilos de lana por esquila. Las ovejas Merinas de esa época no producían tanta lana como ahora, incluso ya en América las ovejas por el clima produjeron menos cantidad.



decididos con las autoridades, por ejemplo en la ciudad de Toluca, el convento Carmelita era el ultimo usuario del agua de un rio que alimentaba desde su nacimiento a varias haciendas y obrajes, los carmelitas se aliaron a otros hacendados por que los obrajeros ejercían control del agua y a ellos les llegaba muy poca, debemos considerar también la calidad del agua que recibían al ser ellos los últimos usuarios en una larga cadena de obrajes y haciendas la real audiencia fallo a favor de los religiosos<sup>159</sup>.

Retomando el tema del lavado recordemos que la finalidad era la liberación de manchas, grasa y otras sustancias orgánicas adheridas al vellón el agua de este lavado era utilizada varias veces hasta que la concentración de estas sustancias impedía este lavado, esta agua era la que se regresaba a los ríos, posterior a ese lavado la lana se ponía a secar al sol en un espacio abierto.



Batan Hidráulico del siglo XVI, se observa una rueda que funciona por empuje de agua, es decir se coloca sobre la corriente y esta la hace girar, los dos mazos están sobre un sistema basculante que comparte el apoyo con el del eje de la rueda, finalmente observamos la tela y el cajón donde se abatana, **imagen los 21 libros de los ingenios y las maquinas SXVI**

El obraje requería de un patio donde poner a secar la lana después de este primer lavado, la lana ya seca y asoleada se llevaba a clasificar, en este proceso se dividía la lana por calidad y por el largo de sus fibras en esta clasificación se seleccionaba color, largo de la fibra y rizado esta clasificación era muy importante para cardarla o peinarla, la lana corta solo necesitaba de peinarse para evitar los nudos y los apelmazamientos, con lo que las fibras quedaban ubicadas en una sola dirección y acomodadas para pasar al hilado, el cardado era un proceso similar a diferencia del peinado requería de mayor tiempo y paciencia porque la lana estaba ensortijada en su calidad de vellón, con la carda, se pasaba por encima del vellón lo que permitía el peinado y acomodado de las fibras.

La carda era un cepillo de madera con dientes metálicos por los que se pasaba la lana para irla acomodando y formar ovillos. Los ovillos eran el paso antecedente del hilado. Eran conjuntos de hebras de lana acomodados en una sola dirección y por características, estas hebras todavía no están hiladas.

Antiguamente al uso del torno de hilar y el hilado se hacía por medio de la rueca y el uso, las fibras tiene que ser hiladas y retorcidas porque su largo no permite que sean tejidas, al ir sacando la hebra para formar hilo y torcer estas hebras se obtenían hilos que posteriormente formaban madejas.

El uso de la rueca y el uso permita el hilado de una manera más domestica, con una mano se tomaba la rueca que era una vara que en su extremo superior tenía una hendidura donde se había colocado una borra de lana que ya estaba peinada o cardada, de esta con la mano que

<sup>159</sup> **Iracheta Cebecorta María del Pilar**, *EL APROVISIONAMIENTO DEL AGUA EN LA TOLUCA COLONIAL* en revista EHN No 25 Julio Diciembre, Colegio Mexiquense, México 2001, págs. 81-116



quedaba libre se tomaban hebras que se iban torciendo y alargando para obtener el hilo que se enrollaba en el uso, el torcido y alargado formaba hebras de hilo trenzado que después se podía torcer con otras para ir aumentando el grosor de los hilos.



Torno de hilar o rueca, en un taller textil en la crucecita Oaxaca la foto fue tomada en el año 2006, las técnicas son muy similares a las que hemos visto en imágenes anteriores durante el virreinato, el niño esta hilando a partir de 5 madejas de hilo que se pueden ver en el piso, de esta manera engrosa el hilo, esta operación que realiza ahora la hizo previamente para crear las madejas. **Imagen Tarsicio pastrana**

Con la implementación del torno de hilar el trabajo de torcer se hacía por medio de una rueda que se hacía girar y esta a su vez hacia girar el huso la rueca se ubicaba en el extremo de la rueda para de ahí ir jalando las hebras que se colocaban en el huso giratorio, de esta forma se obtenían los hilos<sup>160</sup>. Es importante mencionar que para poder hilar de manera más rápida y sencilla como ya se ha mencionado se untaba aceite a la hebra que generalmente era manteca de cerdo lo que la hacía más manejable y menos dispersa, el hilo que se obtenía de esta forma era un hilo engrasado que después se utilizaría para el tejido en el telar, este aspecto es muy importante porque parte del proceso del batanado era para eliminar estas grasas naturales de las fibras.<sup>161</sup> Los tintes naturales que eran los que se utilizaban teñían las madejas de hilo recién elaboradas, estos tintes, se obtenían de diversas sustancias todas de origen natural como la grana cochinilla para el rojo, el caracol púrpura para el morado, el añil para el azul entre otros, después de la tintura los hilos estaban listos para el tejido. En este punto hemos encontrado polémica sobre si el tinte se hacía antes o después de tejido, en la actualidad los hilos se tiñen antes de pasar al tejido.

El tejido se hacía en los telares y dependiendo de la cantidad de estos era la producción del taller, el tejedor era el trabajador más importante de los que se encontraban dentro del obraje,

<sup>160</sup> Alrededor de los siglos XIII y XIV se introduce en Europa el Torno de Hilar del cual no se ha determinado con exactitud su origen, algunos lo ubican en la india otros en la misma Europa, esta máquina permite al hilandero liberar la mano que sostenía la rueca, ya que esta se encuentra en el torno, desde el torno se enlaza la hebra con la mano hacia el uso que en este caso gira por medio de un pedal las dos manos están libres para ir jalando las hebras que se van torciendo, debido al giro constante y rápido los hilos pueden ser más finos y se mejoran los tejidos.

<sup>161</sup> Las grasas más comunes que se adicionaban a los copos para facilitar el hilado eran las mantecas y grasas de origen animal esta grasa no solo tenía la función ya comentada de facilitar el hilado, también protegía el hilo durante todo el proceso del tejido por esta razón durante el batanado se debe liberar la tela que estaba confeccionada con este hilo grasoso.





ya que su trabajo marcaba el ritmo de los demás, el ancho de la tela estaba determinado por el ancho del telar, el obraje como tal desapareció, pero en la actualidad podemos encontrar en varias regiones textiles en el país talleres cuya organización es muy similar a la que guardaba el obraje por supuesto que ahora son empresas familiares en las que los aspectos de condiciones de trabajo y demás situaciones ya mencionadas no existen, si sirven estos establecimientos para darnos una idea del tipo de trabajo y los tiempos que se llevaba cada actividad.

Los hilos de diferentes fibras, eran colocados en el telar donde se ajustaba y se trabajaban para obtener las piezas de tejido o paños de diferentes calidades según los hilos y el tipo de fibra del que procedían, los tramos así obtenidos no estaban listos aun para el uso normal, el tejido estaba abierto, flojo y grasoso a consecuencia de la incorporación de grasas y aceites que como ya se comento se agregaban a la fibra para facilitar el hilado.

Es aquí donde ingresa el batan parte fundamental de esta sección del trabajo, el batanado lograba por medio de golpes cerrar el tejido y volverlo más denso, otra utilidad del batanado tenía que ver con la limpieza de la tela, durante el proceso se agregaba agua que servía para refrigerar la tela y evitar su daño con el golpeo adicionando algunas sustancias a esta se lograba que la tela quedara libre de grasa y aceite.



Interior de un taller textil en el pueblo de la crucecita en Oaxaca la fotografía tomada en el 2006 nos puede dar idea del ambiente que se tenía en los obrajes **imagen Tarsicio Pastrana**

Para realizar este trabajo antes de la invención de la maquina hidráulica conocida como batan se utilizaba una gran tina de madera o pileta de alfarje donde se colocaban los paños doblados en agua, los pisoneros cuyo nombre derivaba de que iban a "pisar" la tela se ponían unos zapatos de madera para brincar encima de los paños mojados, otras variantes era el golpeo con mazos de madera en la misma tina, estas actividades se realizaban durante horas y eran extenuantes para la limpieza de la tela y aprovechando el medio acuoso y el trabajo de percusión, se le agregaba una sustancia a manera de detergente natural al agua para que las telas soltaran la grasa utilizada en el hilado<sup>162</sup>

<sup>162</sup> **Barragán De La Rosa Francisco José**, *BATANES Y BATANADO EN CORIA DEL RIO* en <http://www.coria-del-rio.es/batan.htm>, en este artículo se menciona la diferencia entre batanado a mano y con batan, el trabajo se realizaba con 3 operarios con jornadas diarias de 8 a 12 horas durante 5 días para batanar la pieza de paño de lana de 25 a 3 metros de largo por 2 de ancho, cuando se comienza a usar el batan el tiempo se reduce a un operario un día para el mismo volumen de tela.



Para sustituir este trabajo se crea el batan o pisón llamado pisón en recuerdo del origen de esta actividad que tenía que ver con el pisado de la tela. El batan es una maquina hidráulica muy sencilla que requería de una rueda que transmitía el movimiento directamente a un eje con levas, estas levas accionaban un par de mazos de madera que subían y bajaban alternadamente para golpear en un recipiente las telas que se encontraban humedecidas.

El batan como cualquier maquina donde el movimiento de rotación se transmite de manera directa sin necesidad de engranes o linternas requería de poco mantenimiento en su ajuste, la parte en la que más trabajo se tenía que poner era en la del soporte para los mazos, ya que estos se sometían a un golpeteo provocado por el girar constante de la rueda, definimos claramente tres partes en el batan, la primera, la rueda con sus soportes y su eje con levas que a su vez requería de sus respectivos soportes, la segunda el marco o banco de madera rígida y robusta para cargar los mazos que se estarían moviendo constantemente para provocar el golpeo, la tercera tenía que ver con el recipiente donde se ubicaría la tela para recibir los golpes de los mazos.

En cuanto a la rueda esta no requería de una corriente fuerte de agua, de hecho podía ser accionada por gravedad porque más que un movimiento rápido y enérgico requería de una fuerza constante, la velocidad era necesaria para aumentar el giro y de esta forma aumentar el número de percusiones por minuto que se trabajaban sobre el recipiente, los canales de alimentación podían llegar desde la parte superior para hacer girar la rueda de manera constante, debido a que la rueda transmitía su movimiento a un eje<sup>163</sup>, y que sobre este eje se colocaría el banco con los mazos, el batan se ubicaba de manera lateral al curso de agua, a diferencia de otras maquinas de agua que podían escoger el mejor sitio sobre la corriente de agua del río, el batan siempre estaría colocado de manera lateral a la corriente, ya fuera natural o artificial, la cercanía del batan con el agua estaba relacionada con el tamaño del eje, es lógico que esta distancia no fuera muy grande porque este eje tan grande provocaría si la madera del eje se comenzaba a pandear giros excéntricos que afectaban el rendimiento de la maquinaria. Por esta razón, se construían canales para llevar el agua hacia la rueda del batan y después llevarla de nueva cuenta al río.

Cuando la región batanera era importante y la producción de paños generaba una demanda fuerte en el uso del batan, una sola rueda podría tener una batería de mazos, no solamente dos como era lo común, podían existir más de un par y por consiguiente más de una pileta, solo se tenían que agregar mazos y colocar las levas correspondientes, siempre alternándose con respecto a la otra 90 grados, de esta manera el movimiento de los mazos no sucede al mismo tiempo. La cantidad de percusiones por minutos es de aproximadamente 40 dependiendo de la velocidad del giro y del número de levas en la circunferencia del eje.

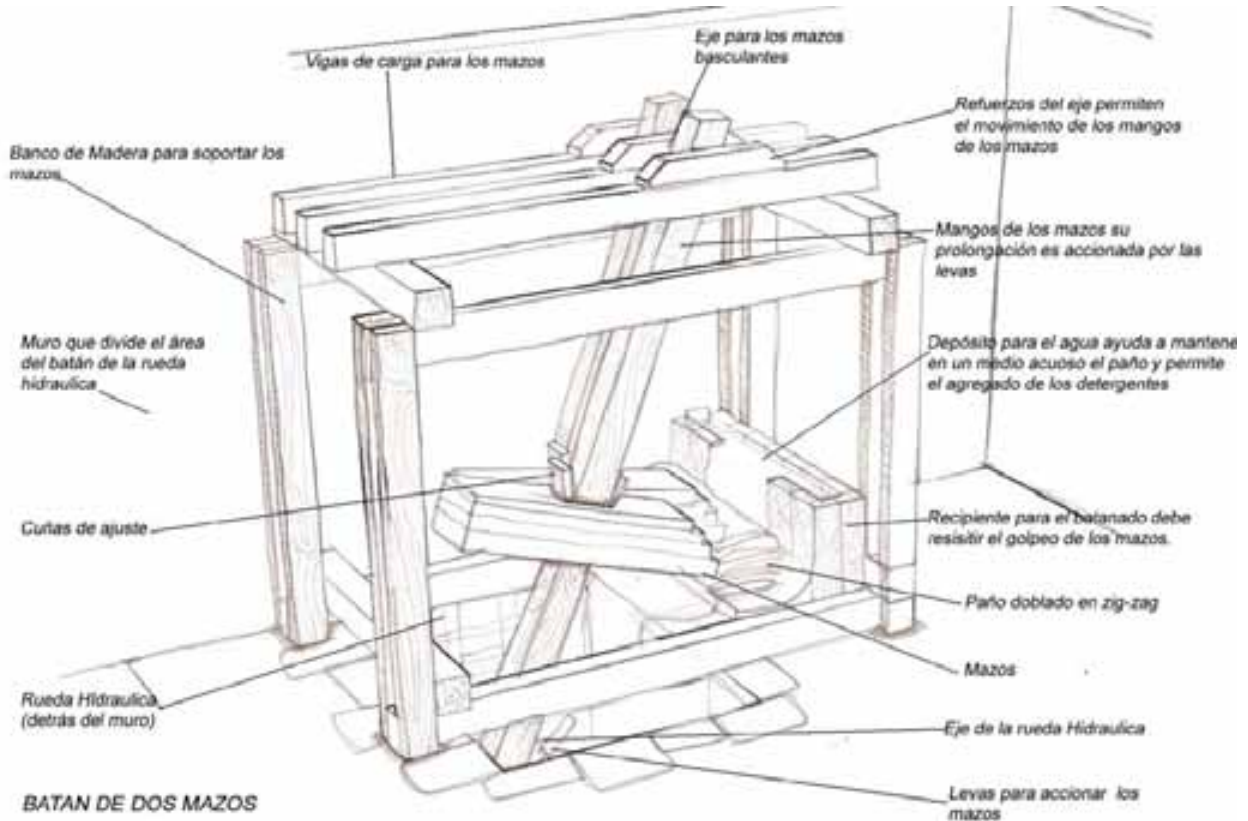
Sobre los extremos de este eje se colocaban las bases, las dos primeras a ambos lados de la rueda, una tercera al final del eje estas bases eran muy importantes, ya que independientemente del material piedra o madera se requería que soportaran correctamente el eje y permitieran su movimiento libremente, esta era la clave del funcionamiento optimo del batan, el giro del eje principal. Entre las bases mencionadas se ubican las levas que se colocan desfasadas en ambos sentidos, es decir ubicadas a diferente distancia de la rueda pero

---

<sup>163</sup> Las medidas aproximadas de las ruedas para los batanes van de los 2.5 a los 3 m ruedas más pequeñas no tendrían la fuerza para provocar el movimiento de los mazos y mas grandes crearían fuerza excesiva que no era lo más recomendable para el batanado.



también ensambladas perpendiculares entre sí, para que el golpeo de los martillos no fuera al mismo tiempo, a cada giro habría dos golpeos de los mazos o mas dependiendo del número de levas y de mazos.



Dibujo de un batán, se observa la parte inferior en la que se coloca el eje con las levas, al girar estas empujan los mazos que al verse liberados caen pesadamente sobre la caja en la que está la tela, es importante mencionar que la Rueda se encontrara en un plano inferior al de la maquina, el mecanismo es de transmisión directa, muy sencillo de construir, el agua tiene que fluir por varias partes, una de ellas de vital importancia la caja donde está la tela, ya se menciona que si el batanado se hace en seco la tela se daña y se quema. **Imagen Tarsicio Pastrana**

Ya mencionamos la frecuencia de golpeo, la distancia entre levas debía de permitir que el mazo retornara a su lugar de origen, para iniciar un ciclo nuevo por lo que no podía haber más de dos levas para cada martillo por cada giro, esto podía ser modificado si la circunferencia del eje era más grande para permitir el regreso del martillo, aunque los batanes generalmente eran muy sencillos y sus ejes eran pequeños.

En la medida que este giro se efectuaba de manera rápida y fluida los martillos realizarían el trabajo de golpeo rápidamente. Para esto necesitaban que el martillo tuviera un mecanismo de vaivén que le permitiera por gravedad regresar a su posición original, la leva al girar forzaría que el martillo se elevara y cuando la leva dejaba de sostener al mazo este caía con fuerza sobre el recipiente, el banco rodeaba generalmente al eje y al recipiente, formado de 4 pies derechos y encima un marco que contenía un eje al centro sobre el que literalmente se colgaban los mazos la parte más importante y de más cuidado era la articulación del mazo que se hacía pasando la madera que conformaba el mango del mazo por una viga o madera con orificios, esto permitirá que tuviera un movimiento circular que ayudado por las levas se repetía hasta que se suspendiera la circulación de agua, esta pieza podía ser metálica aunque las de madera por estar el mazo colgado de la viga de soporte funcionaban bien.



Para construir los mazos se escogía madera pesada y densa, colocando una viga o pieza de madera en cuya punta inferior se colocaba un mazo generalmente trapezoidal la parte superior del mazo se colocaba en el sistema de vaivén para permitir su movimiento el conjunto de cada martillo podía alcanzar los 90 kilos que aunado al movimiento de la leva ejercía una fuerza similar de golpeo sobre la tela, esta era labor del batanero cuidar que la tela no resultara dañada por el golpeo excesivo y constante.

El recipiente podía contener los paños a los que se les debía agregar agua para que estuvieran mojados y facilitar así la liberación de grasas y aceites, adicional a esto se agregaban sustancias que variaban según la región en la que se realizara el batanado por ejemplo en muchos sitios se le colocaba tierra que ayudaba por las características regionales de la misma en el proceso, en México se usaban plantas y jabones, con el tiempo y ya que el jabón fue un artículo fabricado con más facilidad era el producto que más se agregaba, esta sustancia tenía como función liberar de grasa la tela.

La tercera parte importante del batan era el recipiente, que se colocaba de manera que uno de sus lados quedara perpendicular al movimiento del martillo se cuidaba constantemente por el batanero para mover el paño doblado en el interior, los paños se doblaban en zigzag los dobleces eran a cada vara, si recordamos que las telas median aproximadamente de 25 a 30 metros encontramos que la tela se doblaba aproximadamente entre 30 y 35 veces, este doblado se iba cambiando a lo largo del proceso del batanado además de cambiar la posición del paquete en la tina, esto con el fin de hacer el tundido más uniforme, evitando el daño a la tela, el golpeo constante sobre la tela y la falta de agua podía provocar daño irreversible.

El agua tenía varias funciones en este caso, ayudar al detergente natural a liberar los aceites y las grasas y evitar que el tejido se dañara por la fricción constante de los mazos sobre él, como parte importante del batan a la altura de este recipiente debía existir algún canal o elemento que ayudara a circular el agua tanto la de desecho como la que se colocaba nueva, para preparar la mezcla ya descrita, el agua tenía una importante función refrigerante, si por algún descuido la tela se secaba el golpeo y el calor generado por este la quemaba o la rompía, el batanado tenía que efectuarse en húmedo y en parte de ese líquido se agregaban las sustancias ya mencionadas.

La tina se podía ahuecar en un tronco y colocarse semi empotrada en el piso recordemos que debía soportar el golpeo de mazos que podrían llegar a pesar los 90 kilos, también era común que se fabricara de madera pero de igual forma se empotraba para que el empotre opusiera resistencia al golpeo y la tela fuera la que tuviera que absorber la energía generada por el golpeo y la reacción por el terreno que respaldaba la tina.

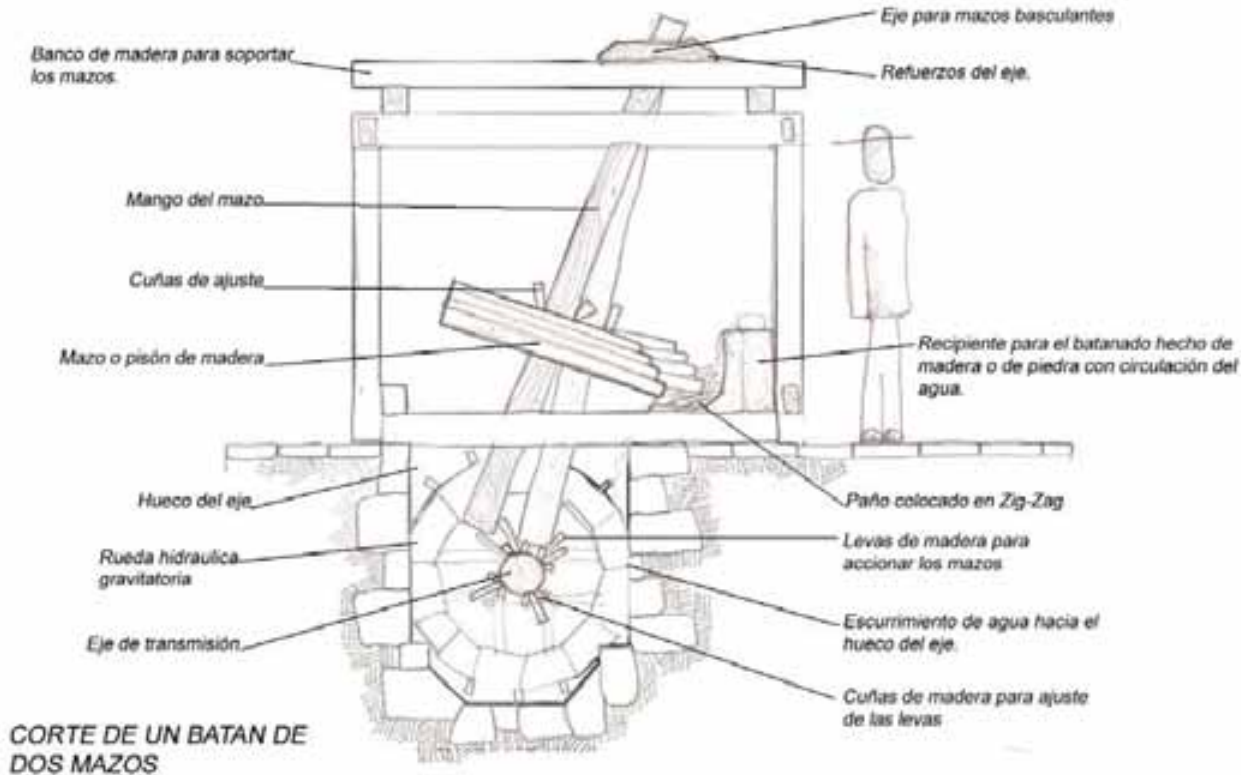
Ampliando el tema de los detergentes se habla en España de una tierra llamada jaboncillo que contiene en su composición agentes que ayudan a disolver las grasas y en México el fruto de la planta conocida como jaboncillo que se agregaba al agua con el mismo fin de la tierra que ya se describió, todos estos métodos artesanales terminan siendo sustituidos por el jabón<sup>164</sup>.

El batan podía ser parte del obraje pero también existían establecimientos independientes que se dedicaban únicamente al batanado pudiendo estos establecimientos dar abasto a una zona obrajera o a varios artesanos locales que trabajaban en sus casas.

<sup>164</sup> **González Tascon Ignacio**, *op.cit.* pág. 395



En muchos casos el espacio arquitectónico que cubría un batan era demasiado precario siendo pequeños cobertizos o locales de fabrica pobre, por lo que es difícil encontrar los vestigios de estos sitios, en el caso de la ciudad de Puebla encontramos que la región donde se establecieron la mayoría de los obrajes era en cercanía del río san francisco, actualmente este río esta entubado y corre por el subsuelo de una avenida, los obrajes subsisten con otros usos, pero los lugares donde estuvieron los obrajes no son claramente identificables, más aun si actualmente el río ya no corre a cielo abierto.



Alzado lateral de la máquina de un batan, observamos el sistema basculante montado sobre un soporte de madera, la rueda en la parte baja que transmite su fuerza a las levas que con su giro levantan los mangos del martillo, cuando la leva deja de sostener el mango este caerá pesadamente la tela, la labor del batanero será cuidar la tela, moverla periódicamente y mantenerla mojada además de agregar sustancias que funcionaran como jabón en el agua para lavar la tela. **Imagen Tarsicio Pastrana**

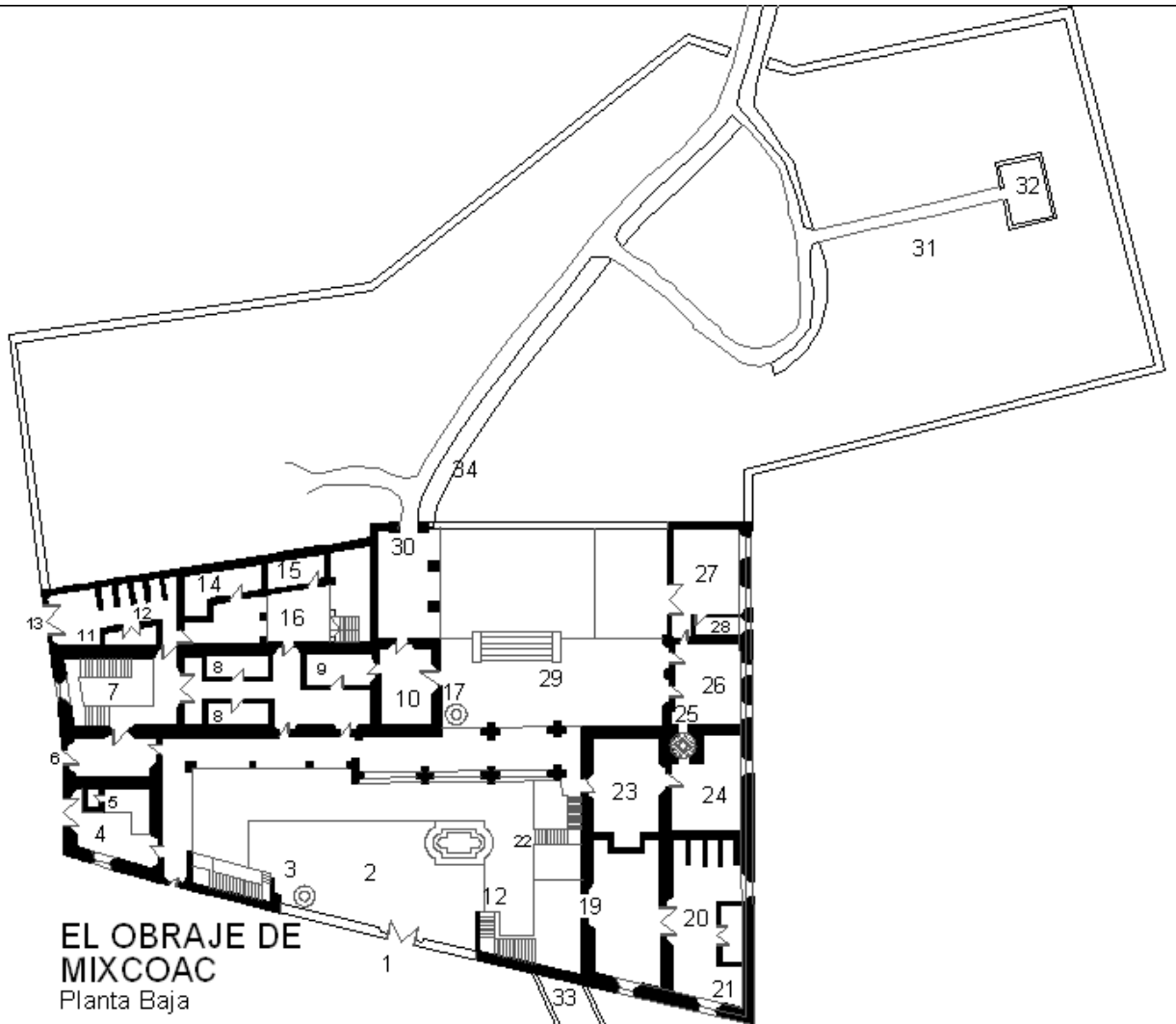
En esta zona de Puebla los franciscanos fueron los primeros en establecer una zona industrial aprovechando el agua del río esta subsistió durante mucho tiempo bajo el proceso que ya mencionamos de sustitución de zonas obrajeras y preindustriales por zonas industriales, las industrias se ubicaban en la rivera de este río y actualmente es posible encontrar los edificios en la zona del parían y alrededores del convento de San Francisco.

En el caso de la ciudad de México la región de batanes se encontraba hacia el poniente aprovechando las bajadas de los ríos desde las lomas de Santa Fe por ejemplo los batanes que estuvieron en Mixcoac, en Santa Fe y en la zona de Magdalena Contreras, aunque las zonas de obrajes más grande no se encontraban en la ciudad de México, estas estaban en Puebla de la cual ya se ha hablado brevemente, en Querétaro y Celaya, al mismo tiempo se desarrollan regiones para las ciudades principales, recordemos que un gran disparador de este desarrollo regional fueron los centros mineros y la necesidad que tuvieron de ser suministrados por ciudades aledañas este fue el caso de Querétaro y Celaya que suministraban a las regiones mineras hacia el Norte, Puebla y Querétaro también tenían un amplio mercado en la ciudad de México.



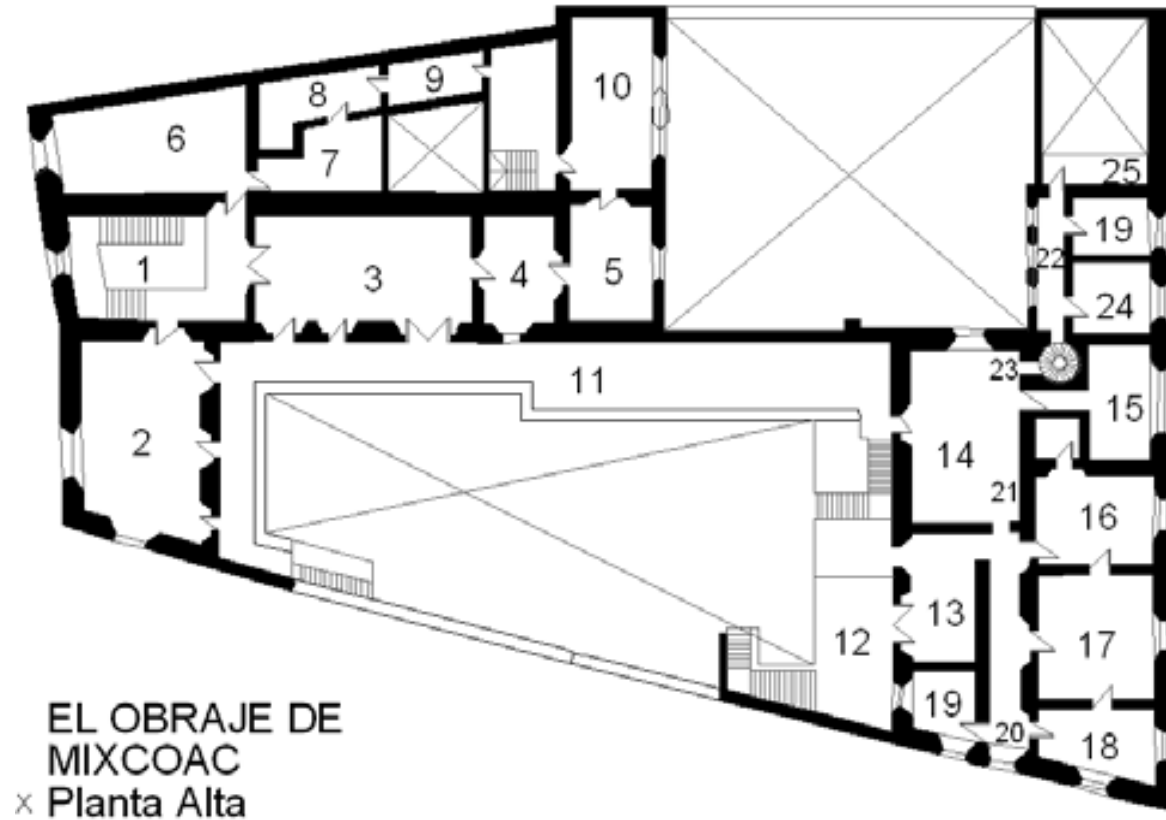
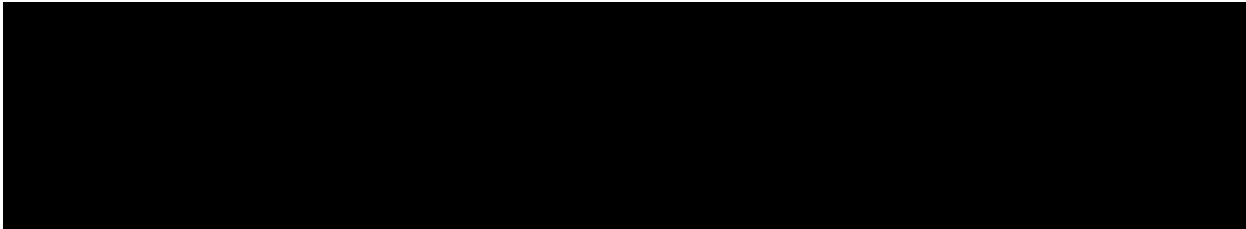
Posterior al batanado la tela ya podía ser comercializada para la producción de ropa, en los obrajes se realizaban trabajos preliminares, como el alisado de la tela el teñido o el cardado de la tela para eliminar las fibras que quedaban fuera del tejido, como punto final se preparaban para su comercialización, se producían los paños que eran enviados a los sastres para la realización de vestidos, también se producían jergas y otros tipos de tejidos que eran necesarios.

#### e. Arquitectura de los obrajes y los batanes.

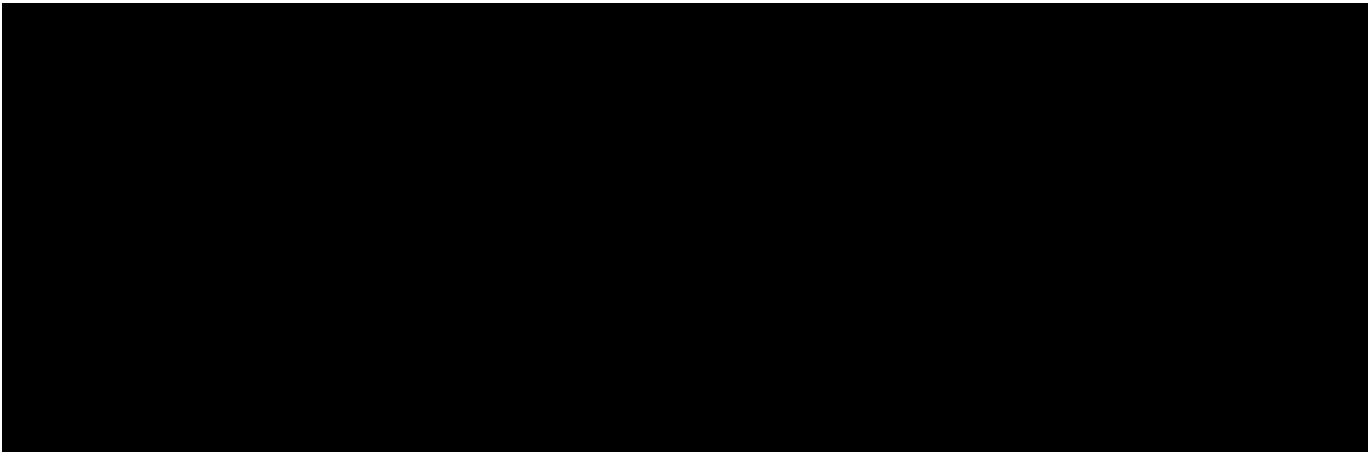


Planta Baja obraje de Mixcoac *imagen Tarsicio Pastrana obtenida de El obraje de Mixcoac en el siglo XVIII de Salvador Cárdenas Gutiérrez*





Planta Alta obraje de Mixcoac *imagen Tarsicio Pastrana obtenida de El obraje de Mixcoac en el siglo XVIII de Salvador Cárdenas Gutiérrez*



## El Batán de San Jacinto Hipótesis



Reconstrucción Hipotética del batán de San Jacinto en el actual San Ángel *imagen Tarsicio Pastrana en base a los datos en El obraje de Mixcoac en el siglo XVIII de Salvador Cárdenas Gutiérrez*

*La casa del batán perteneciente a don Francisco Antonio Casuso, regidor de esta Nobilísima Ciudad que estaba en los Altos de San Ángel, junto al pueblo de Atizapan( sic), se compone de zaguán y cochera, patio, un portal o corredor, sala con dos rejas, recamara y reja, otras cinco piezas con rejas y escalera a la azotea... y hornilla y otros dos cuartos, y otro que está afuera del zaguán, y en la azotea un mirador, todo lo cual esta fabricado con paredes de piedra y lodo, techos de vigas, enladrilladas las azoteas y pisos, con buenas puertas y ventanas<sup>165</sup>*

*La maquina estaba debajo de un jacal cargado sobre cinco pilastras de mampostería, al que se llegaba cruzando un puente sobre la acequia de donde se tomaba el agua para impulsar la rueda. Junto a este portal estaban dos caballerizas, un corral en el que se guardaban las mulas de carga y un pajar de madera, todo rodeado de frondosos ahuehuetes.<sup>166</sup>*

<sup>165</sup> Cárdenas Gutiérrez Salvador, *EL OBRAJE DE MIXCOAC EN EL SIGLO XVIII*, Universidad Panamericana, México 2002, págs. 88, 89 y 90

<sup>166</sup> *Ibíd.* pag 88,89 y 90





### 3. La máquina del hierro

#### a. introducción

Las ferrerías son los lugares donde se procesa a partir de su estado virgen el hierro, sus características fueron como en otros tipos de establecimiento estudiados cambiando a través del tiempo, Para ser preciso la ferrería tiene como objetivo fundamental el trabajo con el hierro, aunque el mismo método es aplicable a otros metales, de todos los tipos de ferrerías que existieron el análisis tendrá que centrarse en los que utilizan el agua como fuerza motriz; como particularidad las ferrerías de agua utilizaban para tres fines particulares no coincidentes el agua, el movimiento del mazo, el movimiento de los fuelles, y en el caso de utilizar las cajas de aire el agua para producir una corriente de aire que alimentara los hornos, la relación entre estos establecimientos y el agua fue similar a la de otros edificios de característica preindustriales el arduo trabajo que representaba la obtención del hierro fue disminuido en su participación física del operario a partir de la incorporación de maquinas hidráulicas dentro del proceso.

Una vez mas encontramos un proceso primario al que se le incorpora la fuerza del agua para facilitar ese esfuerzo, como veremos mas adelante el trabajo físico que requería un establecimiento de este tipo era extenuante aun con la ayuda del agua, al mismo tiempo otro aspecto digno de mención tiene que ver con la evolución que represento el uso del agua en la producción del hierro, desde el momento en que se incorporan las ruedas hidráulicas hasta que se comienzan a sustituir los fuelles accionados por agua por la llamada trompa de agua que tenia el mismo fin.

Las ruedas hidráulicas se incorporan a las ferrerías en más de un proceso, como se describirá mas adelante, y posterior a esto un artilugio que funciona a partir del agua permitía la circulación del aire a través del horno. en una primera etapa y antes de la obtención de metales por otros métodos en América se utilizaron las ferrerías para tal fin, fueron parte de las instalaciones que se encontraban dentro de las haciendas de beneficio y en muchas zonas los métodos de amalgamación por mercurio no pudieron sustituir a la obtención del mineral por el fundido.

En Nueva España estos establecimientos fueron utilizados para otros fines, no quiere decir que no existieran las ferrería en el virreinato, se les denominaban fundiciones en ellas se fundía el hierro y otros metales por medio de establecimientos similares a los de España

Es el caso de la fundición de Chicomuselo en Chiapas<sup>167</sup>, o la que construye y diseña Andrés Manuel del Río en Coalcoman Michoacán<sup>168</sup>, podemos encontrar de manera mas frecuente las fundiciones dentro de los procesos de obtención de mineral, los hornos utilizaban circulación de agua para obtener el flujo de aire que avivaba el fuego<sup>169</sup>, en otra sección analizaremos la minería y sus procesos relacionados con el agua, en este caso del análisis de las ferrerías por si solas, se analizara el funcionamiento, la maquina y los establecimientos, continuando con la misma metodología que el resto de este trabajo.

Encontraremos los espacios definatorios del género y su análisis se complementara a partir del proceso de la obtención del metal, este camino nos permite analizar parte por parte sus

<sup>167</sup> López Bravo Álvaro de la Cruz, Lee Whiting Thomas A., *LA FUNDICION COLONIAL DE CHICOMUSELO CHIAPAS en Memoria del primer congreso nacional de Arqueología Histórica*, CONACULTA INAH, México 1996, págs. 317-325

<sup>168</sup> Yanes Rizo Emma, *PASION POR LA TIERRA ANDRES MANUEL DEL RIO en Artes de México numero 86 una visión de la minería*, México 2007, págs. 48-55

<sup>169</sup> Las trompas de aire o bombas de aire que mediante el uso de corrientes de agua dirigían el aire fresco y húmedo hacia el horno están documentadas en la primera mitad del siglo XVI en México, principalmente en las haciendas de beneficio anteriores al método de patio.



componentes dentro del proceso y después obtener a partir de ese guión los espacios y maquinas participantes del proceso. Es importante hacer énfasis en que este análisis tiene

como objeto entender el origen de las fundiciones y como se incorpora el agua, para poder entender en el virreinato de donde provenían las técnicas de fundición, recordando siempre que las haciendas de beneficio contaban con parte de este proceso dentro de sus instalaciones.

### **b. Historia del hierro.**

La importancia del Hierro hasta nuestros días radica en sus características y sus propiedades que le proporcionan utilidad en muchos procesos actuales y antiguos, también es importante su abundancia es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, representando un 5% del total, de entre los metales solo es superado por el aluminio que es más abundante. Como dato adicional el núcleo de la Tierra está formado principalmente por hierro y níquel, generando al moverse un campo magnético.

El hierro y su producción marcaron toda una etapa prehistórica a la cual le da nombre, como sucedió con algunos otros materiales el hombre primero domina el fuego y después lo aplica a diversos materiales, de esta manera aplicándolo al mineral obtenido de manera natural encuentra que puede manejar y moldear las rocas a su conveniencia.

Supera al Bronce en dureza y en abundancia de yacimientos, recordemos que el bronce es una aleación y sus componentes son más escasos aunque son más fáciles de trabajar y fundir, otra ventaja del hierro sobre el bronce es su calidad de material puro, es decir que no tiene que controlarse un proceso de aleación, la razón por la que es más compleja la obtención del hierro está en la temperatura que debe de alcanzar para fundirlo alrededor de los 1500 °C la cual solo se obtiene si se aviva el fuego con aire constante, esta es la razón por la que los primeros procesos de trabajo en hierro no alcanzaban la fundición, únicamente la plasticidad necesaria para trabajarlo y moldearlo a gusto se han encontrado pruebas del uso del hierro, seguramente procedente de meteoritos, en el cuarto milenio antes de Cristo en Egipto y Mesopotamia entre el 2000 y el 3000 AC van apareciendo objetos de hierro que se distinguen del hierro de los meteoritos por la ausencia de níquel, lo que nos habla de una producción incipiente<sup>170</sup>.

Se considera a los hititas el primer pueblo en trabajar adecuadamente el hierro, hacia el año 1400 AC produciendo principalmente armas que les confirieron una ventaja regional que duro hasta que los otros pueblos comenzaron a trabajar el hierro también.

Aunque su principal aplicación era la fabricación de armas y herramientas también se han encontrado joyas, por ejemplo en algunas tumbas egipcias el hierro obtenido de los meteoritos era la principal fuente convirtiéndolo en un objeto muy preciado. Los límites de la edad de hierro varían considerablemente dependiendo de la cultura y la zona geográfica, como ejemplo podemos mencionar que mientras en Europa y Asia la mayoría de las civilizaciones conocieron esta edad, en América las culturas prehispánicas nunca la conocieron, aunque su desarrollo fue muy avanzado tanto técnica como socialmente en otras áreas.

Los conocimientos de la técnica de trabajo del hierro se generan en el medio Oriente y se diseminan por Europa por medio de las migraciones en este caso de tribus indoeuropeas a través del caucaso, posteriormente llegan a todos los rincones de Europa de la mano de los

---

<sup>170</sup> **Esteller Lores Gabriel**, *APUNTES HISTORICOS SOBRE LA SIDERURGIA DESDE EL DESCUBRIMIENTO DEL HIERRO Y EL DESARROLLO DE LAS PRIMERAS FUNDICIONES HASTA LOS ALTOS HORNOS* en revista de *Técnica Industrial* No 254 Septiembre 2004, España 2004, pág. 24



Celtas pueblo caracterizado por su excelente manejo de técnicas metalúrgicas este proceso de migración sucedió desde el 1200 AC y se desarrolla hasta época romana.

El proceso de transición entre el bronce y el hierro fue lento, pero en medio de este se descubrió el procedimiento llamado carburación por medio del cual se le añade carbón al hierro, este se obtenía en su estado natural el cual contenía muchos óxidos y escorias, dentro del proceso de calentado era golpeado para liberar la mayor cantidad de escoria y oxidando el carbono el golpeo tenía como fin además del descrito la obtención de formas más manejables para trabajarlas el proceso de golpeo se llama forjado, el hierro forjado tenía contenidos de carbón muy bajos con lo que no se lograba templar adecuadamente, para incorporar el carbón al hierro calentaban el hierro forjado con carbón vegetal, el cual empezó a acompañar el proceso desde la primera horneada al hacer esto lo sumergían en agua o aceite con lo que lograban una capa de acero en la parte superior del producto dureza y resistencia de esta forma comenzó a sustituir al bronce.

El hierro durante mucho tiempo fue forjado, para conferirle la forma deseada, algunos procesos como el templado también eran conocidos proceso por el cual por el cambio abrupto de temperatura se puede cambiar la estructura de las moléculas de hierro para hacerlo más resistente, el hierro forjado se utilizaba para obtener todo tipo de herramientas, armas y accesorios para la construcción, entre ellos, aldabas, bisagras, refuerzos, barandales, rejas, también servía con otros materiales para realizar recipientes, cofres, toneles etc.

Al parecer los primeros en fundir el hierro son los chinos en el año VI DC al obtener el hierro fundido se puede trabajar en aleaciones y colarlo para trabajarlo por medio de moldes, nace así el hierro colado, en la fundición del hierro se obtenía el material en estado puro y se seguía trabajando por medio de golpes, la fundición logró hacer más puro el material y darle características con las que se facilitaba su trabajo.

Durante los siglos XVI y XVII fueron célebres en Europa las fargues (forjas) catalanas y las ferrerías vascas<sup>171</sup> modelo para las que de manera muy limitada se instalarían en América durante el virreinato. La ferrería era el establecimiento que reducía el mineral a su estado más puro a partir del estado en que se encuentra en la naturaleza en estos establecimientos el objetivo principal era proporcionar una materia prima para las forjas que eran los sitios donde se trabajaba el hierro para convertirlo en objetos útiles, el desarrollo de estas a través del tiempo desarrolló varias secciones que en partes o completas fueron utilizadas dentro de otros procesos, como describiremos a detalles más adelante los hornos con torre de agua se utilizaron en la Nueva España en las fundiciones de mineral y en las haciendas de beneficio dependiendo del mineral que se deseaba trabajar.

La obtención del hierro se va diversificando y perfeccionando, cuando se agregan cantidades de carbón que no sobrepasen el 2.5% de obtiene Acero que es más resistente y que actualmente es la base de varias industrias, las ferrerías como establecimiento son precursores de las fundiciones, en las que se produce el material para su comercialización directamente, situación muchas ferrerías todo el proceso desde la obtención del mineral hasta la fabricación de utensilios.

De la importancia de la actividad, encontramos nombres y topónimos que han sobrevivido hasta nuestros días, herrero, Ferrero, Ferreira, Ferrón, Herrera etc., que habla de actividades y oficios. También los derivados del proceso nos proporcionan nombres de lugares, entre ellos el más celebre es el escorial, siendo las escorias los residuos de mineral restante del proceso de la obtención del hierro.

---

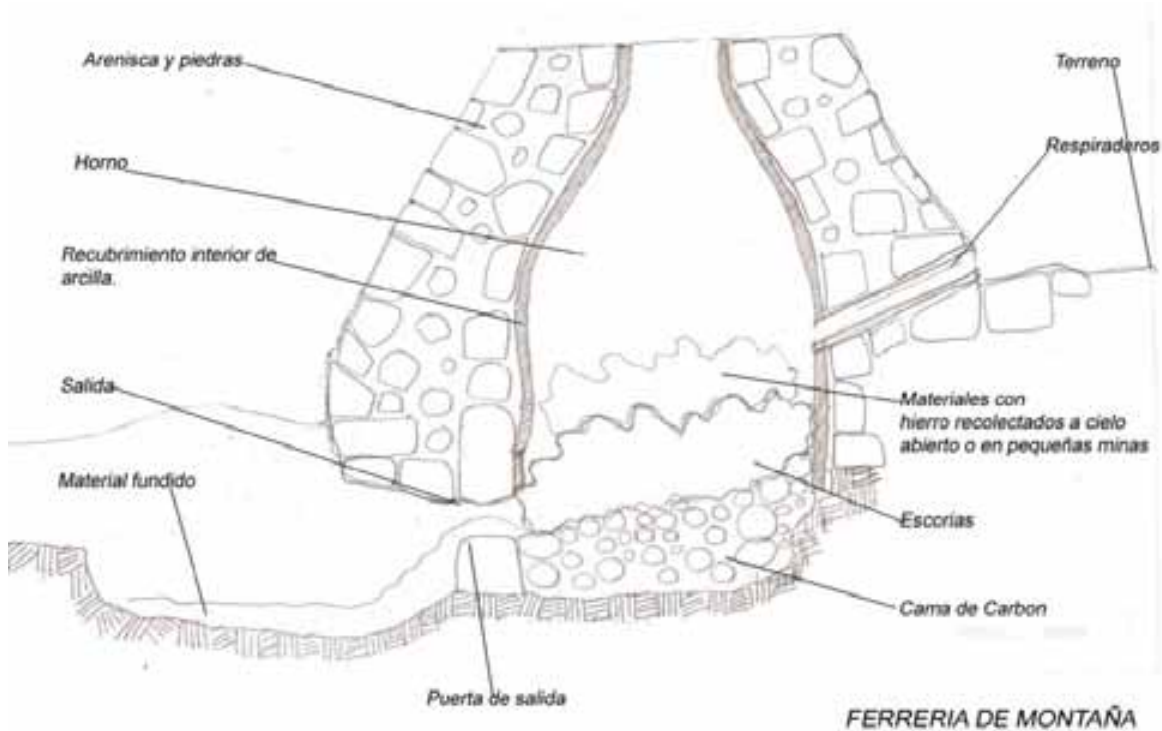
<sup>171</sup> *Ibíd.* pág. 25



### c. Evolución y desarrollo de las ferrerías.

Las primeras ferrerías que se utilizaron en España como tales fueron las denominadas de montaña o de aire a partir del siglo XI, para fundirse el hierro necesita de 1500 grados, temperatura que solo era posible alcanzar a través de avivar el fuego por medio de flujos de aire, de lo contrario el metal queda muy contaminado por las otras sustancias que lo acompañan y no se obtiene en su estado mas puro, para proporcionar este flujo de aire a la combustión se utilizaban fuelles que se hacían a partir de la piel de algunos animales, el tamaño era pequeño para permitirle al operario su manejo.

Otro medio era aprovechar el aire que circulaba de manera constante en algunos sitios que era canalizado hacia el interior del horno.



Corte de una Ferrería de Montaña, se denominaban así porque generalmente se construían en lugares donde existieran corrientes de aire que ayudaran a la combustión. **Imagen Tarsicio pastrana**

Este sistema se utilizaba de manera muy similar en las guayras incaicas, que eran pequeños hornos provistos de orificios que se colocaban en la parte alta de los cerros para que las corrientes de aire pasaran por ellas y facilitaran la reducción, el sistema de las guayras fue muy utilizado incluso por los españoles en el siglo SXVI hasta la llegada de métodos que permitieron aumentar el nivel de producción en el beneficio de minerales.

Esta es la razón por la que las llamadas ferrerías de montaña se ubican en las cimas de las montañas, en donde el aire corre de manera constante y permiten que por medio de dispositivos rudimentarios como cañas insertadas en los muros del horno se avive el fuego para obtener las temperaturas adecuadas.

Insertando cañas para soplar con la boca era un sistema que se utilizaba en la época prehispánica en México, en varios códices y crónicas<sup>172</sup> encontramos que el trabajo de

<sup>172</sup> **Dora M.K. de Grinberg, ¿QUE SABIAN DE FUNDICION LOS ANTIGUOS HABITANTES DE MESOAMERICA? PARTE 1 en Ingenierías, Enero-Marzo 2004, Vol. VII, No. 22, Sección de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, UNAM. México 2004, págs. 66-69**



fundición se realizaba por medio de pequeños hornos en los que se insertaban canutos para soplar y mejorar la combustión, es importante mencionar que este sistema prehispánico se



Imagen de orfebres prehispánicos fundiendo los metales en un horno portátil en el que se ve el material al rojo vivo en el interior, al que le tienen que insuflar el aire con la boca por medio de un carrizo **imagen: códice Florentino**

menciona por la similitud con los primeros procesos de obtención del mineral en las ferrerías de montaña tanto las guayras<sup>173</sup> como los hornos prehispánicos en México usaban técnicas que en un inicio utilizaron para la obtención del hierro

La ubicación de estas ferrerías no solo tenía que ver con la circulación del aire, también se requiera otros factores el primero de ellos era estar en cercanía de una zona boscosa, ya que a través de la madera se obtenía el carbón necesario para el horno, lo mas común es que el horno se construya en la cima de una loma boscosa en cuya base o parte media se obtiene el mineral que se va a trabajar.

Con respecto a la construcción de los hornos, estos no rebasaban los 3 metros de alto, con un diámetro de 1 metro y muros de piedra trabajada para poderse revocar en el interior con un aplanado de arcilla refractaria, esta construcción es semienterrada aproximadamente 50 cm. en el terreno, cerca de la base se colocaban unos orificio para meter las boquillas de los fuelles o las cañas y avivar el fuego por medios manuales o por la circulación del aire de manera natural.

Es lógico pensar que el inicio de estos hornos debió de ser una caseta de piedras y madera dentro de la cual se acumulaban las capas de mineral y carbón y al cual se prendía fuego para después encontrar los residuos en el fondo, con el tiempo la evolución del proceso proporciona los hornos que no dejaron de acompañar al proceso incluso en nuestros días.

En algunos lugares se colocaba junto al horno principal un horno secundario de menores dimensiones y con menos requerimientos en el que se pre calcinaban los materiales, el primer paso era la trituración de los metales y después este material triturado era colocado en el horno secundario, por medio de esta exposición al calor el metal generalmente obtenido en superficie y por lo mismo a base de óxidos de hierro comenzaba a perder el oxígeno lo que facilitaría su reducción en el otro horno al que se pasaba el mineral una vez completado el proceso de calcinación, el acomodo en el horno principal era alternando capas de material

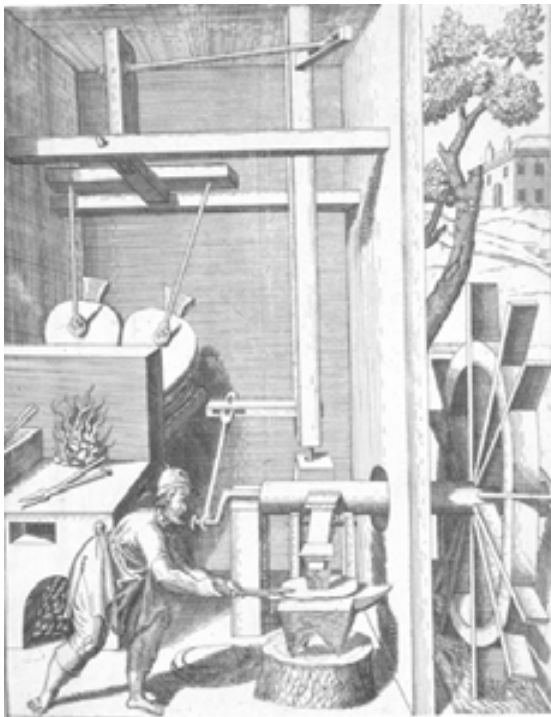
<sup>173</sup> **Martínez De La Torre Cruz**, *EL SUDOR DEL SOL Y LAS LAGRIMAS DE LA LUNA: LA METALURGIA DEL ORO Y DE LA PLATA EN EL ANTIGUO PERU en Espacio, Tiempo y Forma, Serie VII, H.*" del Arte, t. 12, Perú 1999, págs. 11-24



triturado y calcinado y carbón, una vez hecho el acomodo se iniciaba la combustión que era vigilada y avivada constantemente.

En el proceso de reducción se obtenían escorias líquidas que se tenían que eliminar por medio de aliviaderos colocados en torno al horno, cuando la temperatura era la adecuada las partículas de hierro se liberan del oxígeno y se van uniendo entre sí formando una pasta que se denomina *Agoa*, la cual todavía necesita un proceso adicional para liberarla de escorias y suciedades adheridas, este procedimiento es el martilleo, que por medio de golpes la libera de sustancia ajenas y la hace más compacta, también por medio del golpeo se logra darle forma de barra o de lingote.

El trabajo de estas ferrerías demandaba muchos recursos físicos, por lo que se incorpora la rueda hidráulica a algunos de los procesos de obtención del hierro, en primer lugar se incorpora la rueda hidráulica para mover los fuelles y el mazo este proceso de sustitución que provoca la creación de las ferrerías denominadas de agua se da entre los siglos XIII y XIV de manera más masiva, aunque durante mucho tiempo en los siglos XV, XVI y XVII coexistieron ambos tipos de ferrerías que estaban condicionadas por el recurso hidráulico, donde este estaba presente se aplicaba donde no, se seguía utilizando la ferrería de aire.<sup>174</sup>



Grabado de una ferrería en la que se pueden observar los dos ingenios hidráulicos, el martinete en primer lugar accionado por una rueda hidráulica vertical y por medio de cigüeñales se accionan los barquines o fuelles que alimentan el horno que se ve a la izquierda. **Fuente grabado en la obra de Jacques Strada Frankfurt 1617**

Esta sustitución tiene varias consecuencias una de ellas tiene que ver con la ubicación las ferrerías ahora se tienen que construir cerca de la fuente de agua que será su alimentación, otra de las consecuencias tendría que ver la integración de diferentes procesos en el mismo establecimiento, en primer lugar la ferrería era el horno donde se obtiene el mineral en estado puro listo para trabajarse, el segundo establecimiento denominado mazo o martillo era el sitio donde estos minerales ya depurados eran trabajados por medio del golpeo para obtener piezas comerciales listas para llevarlas con el herrero que las convertiría en utensilios que se comercializarían.

Otra más tiene que ver con el incremento productivo, por lo general por medio de las ruedas hidráulicas se accionaban los fuelles y el martillo, ambos objetos crecieron en tamaño debido

<sup>174</sup> **Zabala Llanos Marta**, *FERRERIAS MUSEO, PATRIMONIO Y DIFUSION DE LA SIDERURGICA TRADICIONAL VASCA* en revista internacional de estudios vascos 52, 1, 2007 287-302, España 2007, págs. 287-302



a que con anterioridad el tamaño era limitado por la capacidad física del operario, limitante ahora rebasada, los fuelles se movían constantemente y de manera uniforme, el horno se hizo mas eficiente, el golpeo también se vuelve mecánico con lo que se controla mas el proceso de martilleo.

Por medio del agua y la circulación de esta por diversos conductos, también se logra con el tiempo sustituir los fuelles por una torre por la cual se hacia circular agua por conductos reducidos, el aire desplazado por esta circulación de aire era canalizado hacia el horno estas torres de aire son utilizadas para avivar los hornos.

#### d. Procedimiento de obtención del hierro.

Para ubicar una ferrería se requería fundamentalmente de 3 cosas, un cauce de agua, bosques cercanos para el material combustible ya sea carbón o leña y yacimientos del mineral de manera cercana<sup>175</sup> una vez elegida la zona donde se construiría la ferrería cerca del río se construye una presa o azud para almacenar agua, estas suelen ser construcciones no tan elaboradas y en algunas ocasiones se realizaban con el simple amontonamiento de piedras y maderas en la zona adecuada del río, el único propósito es mantener un flujo constante de alimentación hacia los canales de la ferrería.

La infraestructura hidráulica comienza en la presa y por medio de canales llega a la ferrería, los canales toman generalmente dos caminos, uno de ellos para llevar el agua hacia el sistema hidráulico y el otro para el sistema de lavado del mineral y refrigeración de las piezas en movimiento, el camino de agua hacia las ruedas tiene que llegar a un depósito ubicado en la parte superior de estas por lo que su altura tendrá que ser de aproximadamente 3 a 4 metros por encima del piso del área de trabajo<sup>176</sup>, para alimentar las ruedas por gravedad, recordemos que la alimentación de las ruedas por gravedad asegura su giro y lo mantiene constante.

Este depósito tiene que llegar por la parte superior de lo que llamaremos túnel hidráulico, confinado entre dos muros paralelos de piedra gruesos y resistentes que tienen como función absorber las vibraciones y mantener en su sitio las ruedas, uno de estos muros será coincidente con el área de trabajo de la ferrería, es decir que generalmente el túnel hidráulico corre paralelo al área de trabajo.

La primera parte en la obtención del hierro tenía que ver con su recolección la cual se hacia generalmente a cielo abierto, se cargaba en recuas y era transportado hasta la ferrería donde se colocaba en un depósito o al aire libre de la misma manera llegaba el carbón que se ubicaba en depósitos que estaban abiertos por una parte al exterior y por la otra al interior de la zona de trabajo donde se encontraba el horno, esta separación se tenía que realizar con muros gruesos para proteger el carbón de las chispas del horno y evitar los incendios que tan peligrosos eran. Ya hemos hablado de los muros del túnel hidráulico y ahora hablamos de los muros que dividen los depósitos de la zona de trabajo, encontramos que la construcción de una ferrería tiene que ser gruesa por cuestiones mecánicas y de seguridad, no tanto por la carga a la que se someterían los muros.

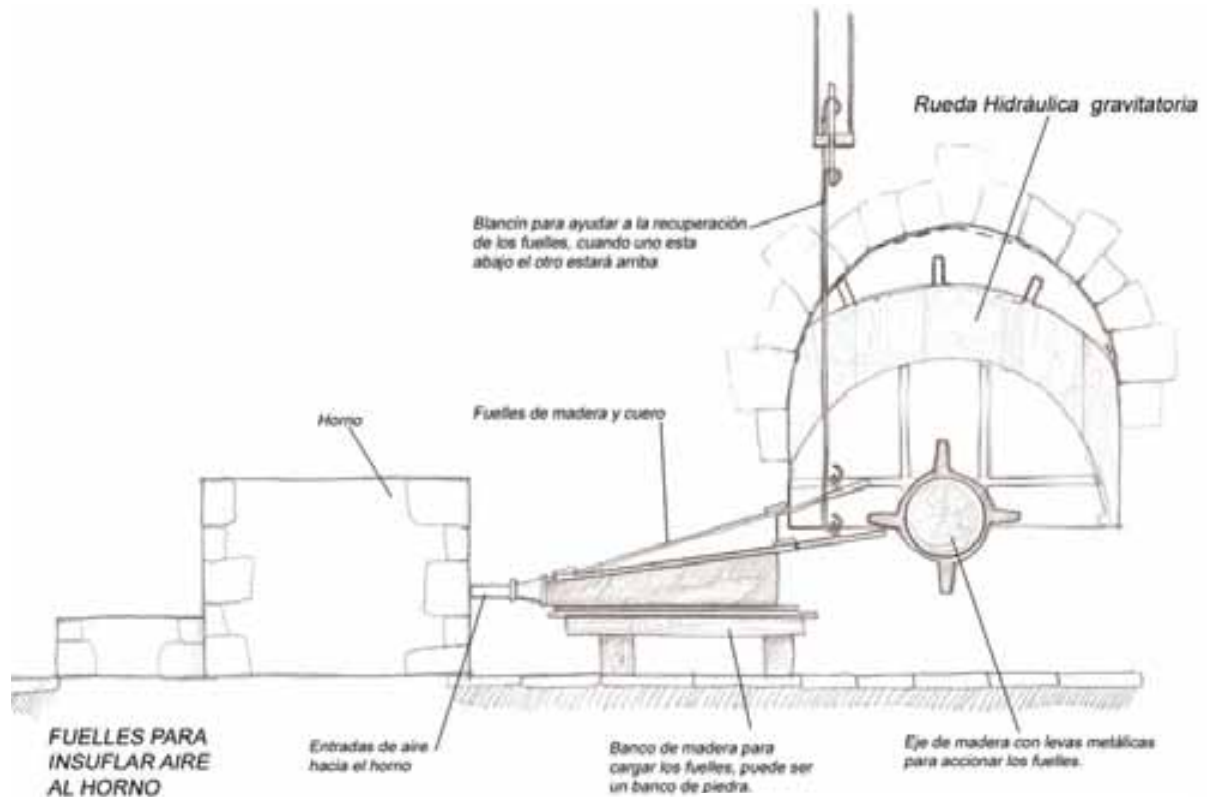
El material era distribuido en primer lugar a la zona de limpieza, donde era lavado en canales o depósitos de agua que se encuentran en el interior del establecimiento, el agua llegaba a la ferrería a través de canales que como ya se menciono venían desde el río, ya

<sup>175</sup> **Ojeda San Miguel Ramón**, *RECURSOS TECNICOS E INFRAESTRUCTURA EN LAS FERRERIAS DE CASTRO SAMANO* en revista Euzkonew, Fundación Asmoz, España 2004, págs. 4y 5

<sup>176</sup> **Muguruza Montalbán Félix**, *APUNTES ETNOGRAFICOS DEL VALLE DE LAUDIO: FERRERIAS, CALEROS, MOLINOS Y NEVERAS* en 1º Concurso de "Trabajos de Investigación relacionados con Ludio-Llodio, Caja Vital Kutxa-Ayuntamiento. de Llodio y Diputación Foral de Álava. España 1996, pág. 13



hemos mencionado el depósito superior al túnel hidráulico, por lo que se puede dividir el sistema hidráulico en dos, el que se dirige hacia la fuerza motriz y el que se utiliza dentro del proceso de obtención del hierro, en el segundo caso encontramos el agua para limpieza del mineral, los canales o depósitos estaban separados debido a que el de la fuerza motriz generalmente esta a un nivel inaccesible para los trabajadores.



*Imagen Tarsicio Pastrana*

En esta parte del proceso se requiere de un flujo constante de aire al interior del horno, el cual se hacía en las herrerías de montaña por medio de fuelles de mano o de pie, con la rueda hidráulica se pueden crear fuelles mas grandes que mantengan un flujo de aire de mayor volumen que los de mano, para poder accionar los fuelles desde un movimiento giratorio que es el que genera la rueda hidráulica se tiene que hacer adaptaciones a la maquinaria.

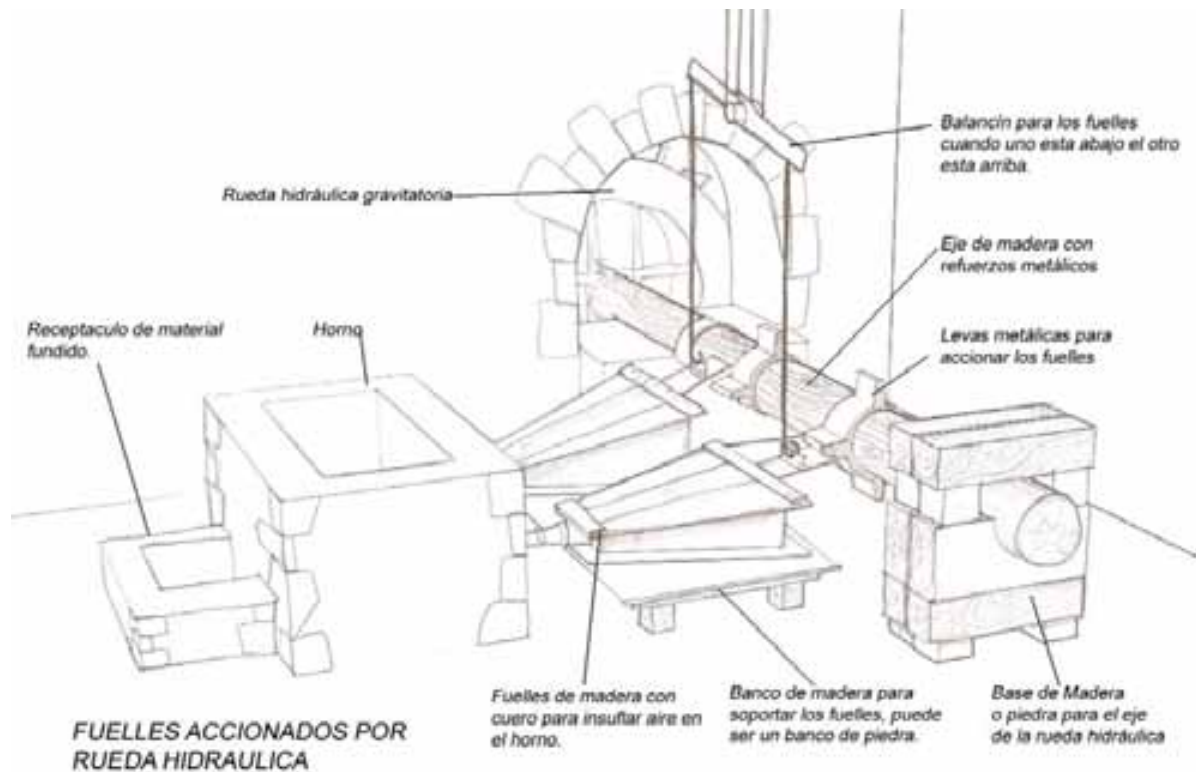
En el túnel hidráulico se ubican dos ruedas una de las cuales servirá exclusivamente para accionar los fuelles, esta rueda recibe el agua desde el depósito superior, para hacerla girar por gravedad, a través del muro compartido pasa el eje que llega a los apoyos, es decir el eje de la rueda sirve para cargarla, por lo que su primer apoyo es en el muro mas extremo del túnel hidráulico el siguiente apoyo esta en el muro compartido y después encontraremos otros que tienen como fin dirigir el movimiento hacia los fuelles, los materiales de los que se hacían los fuelles eran las pieles y las madera, con refuerzos en zonas de movimiento y fricción.

El o los fuelles se ubican sobre una mesa o soporte de madera que los mantiene en su lugar con la salida del fuelle hacia el horno y el extremo opuesto del lado del eje, de la parte que da hacia el eje existe un dispositivo formado por un barrote basculante en la parte superior y que a la manera de un sube y baja esta ligado a cada extremo de los dos fuelles lo que provoca que cuando uno este cerrado expulsando el aire el otro este abierto llenándose de aire y viceversa, otro sistema es por medio de varillas rígidas sujetas a cada extremo de los fuelles las cuales van a una estructura de madera ubicada por encima de





ellos donde hay dos contrapesos, los cuales tienen como función regresar al fuelle hacia su estado de llenado del aire para iniciar un nuevo ciclo.



Ingenio hidráulico a base de fuelles para insuflar aire al horno, la rueda hidráulica acciona el eje con levas y estos accionan los fuelles, que al estar sujetos a un balancín cuando uno baja el otro sube, de esta forma toman aire y lo inyectan en el horno. **Imagen: Tarsicio Pastrana.**

El extremo del eje que coincide con la mesa de los fuelles tiene dos levas que al girar golpean al fuelle haciendo que expulse el aire que tiene en su interior para su llenado esta el sistema de contrapesos que ya hemos descrito tanto las levas como los contrapesos permiten el funcionamiento no simultáneo de los dos fuelles, las levas se desfasan en extremos opuestos de la circunferencia, así por cada golpe de uno de los fuelles habrá otro desfasado al otro fuelle, y los contrapesos funcionaran de manera similar, provocando un funcionamiento constante y por lo tanto un flujo de aire mayor y continuo.

Esto en una sucesión de ciclos que permite aumentar la temperatura de la combustión, para lograr mayores flujos de aire, se construyen fuelles de mayor tamaño, que almacenan más aire que puede ser expulsado alternativamente entre uno y otro.

Aunque es difícil observar fuelles en herrerías debido a lo perecedero de sus materiales constitutivos podemos encontrar funcionamientos análogos en los fuelles de alimentación de los órganos de viento, si bien la mayoría de ellos ya funcionan con bombas eléctricas todavía se pueden observar los fuelles sus manivelas para accionarlos y sus contrapesos.<sup>177</sup>

Otro accesorio para generar flujos de aire se relaciona con el principio de Bernoulli y se denomina según la región tromba de agua o torre de agua, también hornos de agua, este tipo de horno genera el flujo de aire sin necesidad de construir fuelles en México se han encontrado en la herrería de Chicomuselo pero principalmente en algunas crónicas de hornos

<sup>177</sup> En Tepetzotlán en el coro del templo junto al órgano se encuentra el fuelle que ahora ya no funciona porque se le adaptó una compresora de aire.



que se utilizaban para reducir minerales en la primera mitad del siglo XVI<sup>178</sup> de la minería hablaremos mas adelante.

Daniel Bernoulli, científico suizo, demostró que, *en un sistema con caudal constante, la energía se transforma de una forma u otra cada vez que se modifica el área de la sección transversal de la tubería.*

Con este principio científico se diseña una torre que utiliza un tubo (tubo de Venturi) a través del cual se hace circular agua, en la zona de la disminución del diámetro se ubican dos o más entradas de aire.

Esta disminución de la presión, hace que la presión atmosférica sea superior a la presión que existe en el diámetro disminuido de la torre, con lo que se produce una circulación de aire del exterior al interior por las entradas ya descritas este aire se mezcla con el agua que esta circulando, en la parte baja de la torre se hace una cámara en la que el chorro de agua choca contra una superficie plana en la que se separa el aire del agua, aunque el aire esta cargado de humedad, la parte baja de la superficie plana tiene un sifón que impide que el aire salga por esa zona y solo salga agua por la parte inferior, de manera lateral se ubica una o mas salidas de aire que se canalizan hacia la cámara del horno el aire cargado de humedad y con un flujo constante es favorable para la combustión.

La construcción de esta trompa de agua se hacia con piedra, los conductos de entrada de aire y salida del mismo se hacían con tubería de madera o barro la ubicación tiene que ser en el muro común, con un acceso por la parte superior desde el depósito de agua y con una salida hacia el túnel hidráulico ya que la circulación de agua es constante mientras el horno este en funcionamiento, cuando existía una torre de este tipo se eliminaba una de las ruedas conservándose únicamente la que movía el martillo.

Finalmente diremos sobre la torre de agua que tradicionalmente en España existían dos zonas productoras de hierro, Vizcaya y Cataluña al mantener la corona el monopolio real del hierro; el hierro que llega al principio a América procede de alguna de estas dos regiones, principalmente por medios de comunicación y facilidad de embarque el hierro era catalán, la diferencia principal entre estas dos regiones era la trompa de aire, mientras que los catalanes la utilizaban en sus ferrerías en Vizcaya era mas común el uso de fuelles o barquines no es de extrañar que una de las pocas ferrerías en México que se han encontrado y explorado tenga una torre para el aire en lugar de tener los fuelles<sup>179</sup>.

El uso del horno era constante, durante varias horas, aproximadamente los ciclos de producción de metal en el horno duraban 6 a 8 horas<sup>180</sup>, al termino de los cuales se tenia que hacer una nueva carga las cantidades de combustible que se empleaban eran muy grandes alrededor de 450 quintales de carbón por cada 100 quintales de hierro obtenido<sup>181</sup> Sabemos que cada cantidad de hierro obtenido necesitaba su peso multiplicado cinco veces y media de carbón u once si se trataba de leña.

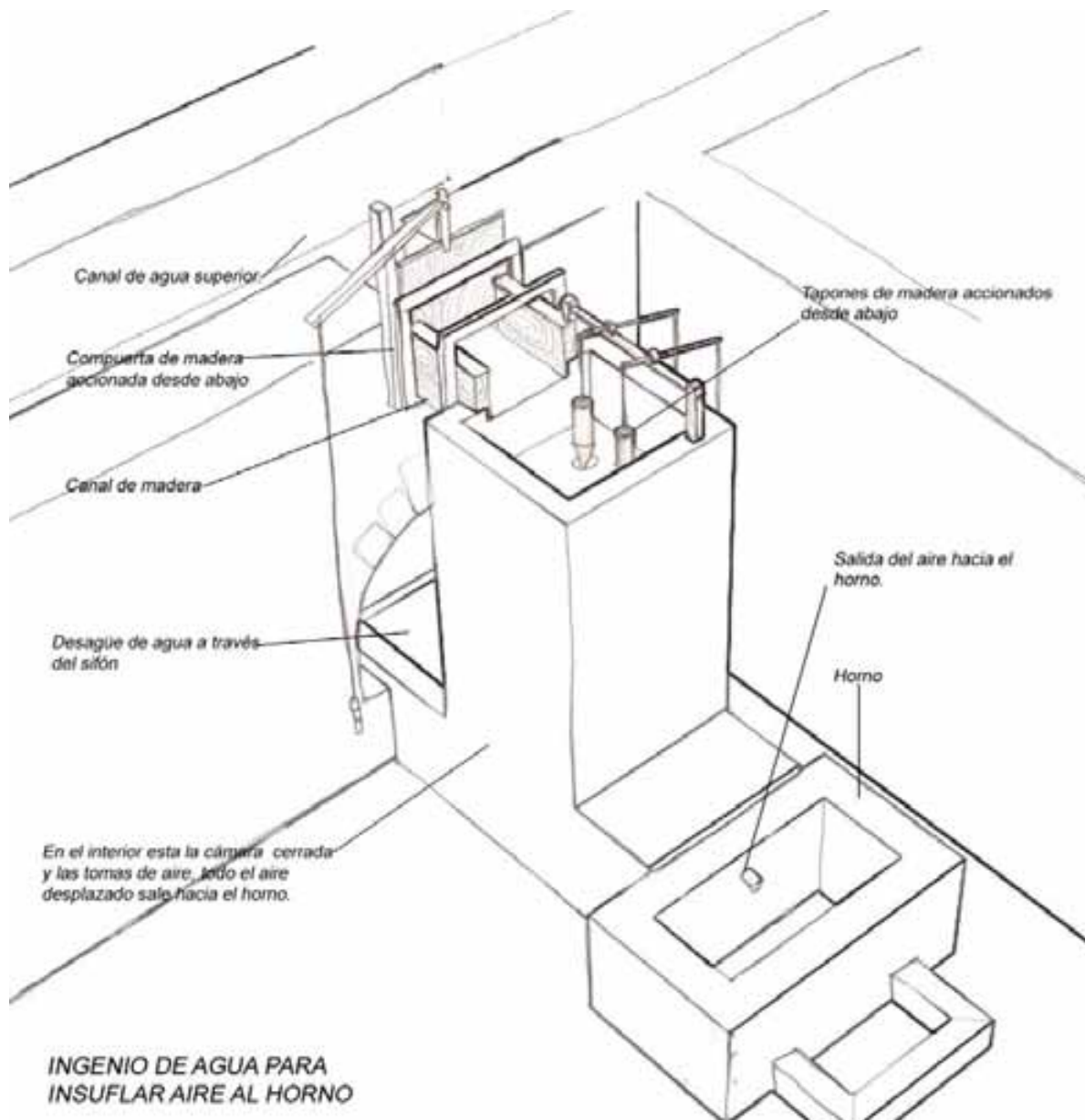
<sup>178</sup> **Ignacio González Tascon**, *op.cit* pág. 308

<sup>179</sup> **López Bravo Álvaro de la Cruz, Lee Whiting Thomas A**, *op.cit.* págs.317-325

<sup>180</sup> *Sin embargo, se alcanzaban los 1300-1400 grados de temperatura, y se necesitaban unas 5 ó 6 horas para separar el hierro de los residuos en Iraeta Usabiaga Ainara, EL PROCESO DE PRODUCCION DEL HIERRO en Euskonews no 87, Eusko Ikaskuntza, España 2000, págs. 1-12*

<sup>181</sup> El quintal corresponde aproximadamente a 45 kilos por lo que cada 4.5 ton de hierro requerían 20 ton de carbón





La trompa de aire aprovecha el principio de Bernoulli para generar una corriente de aire en el horno que está cargada de humedad ya que la corriente de aire desplazada por el agua se carga con esta y después por medio de un conducto desde la cámara interior pasa al horno, para más detalles ver el corte siguiente.

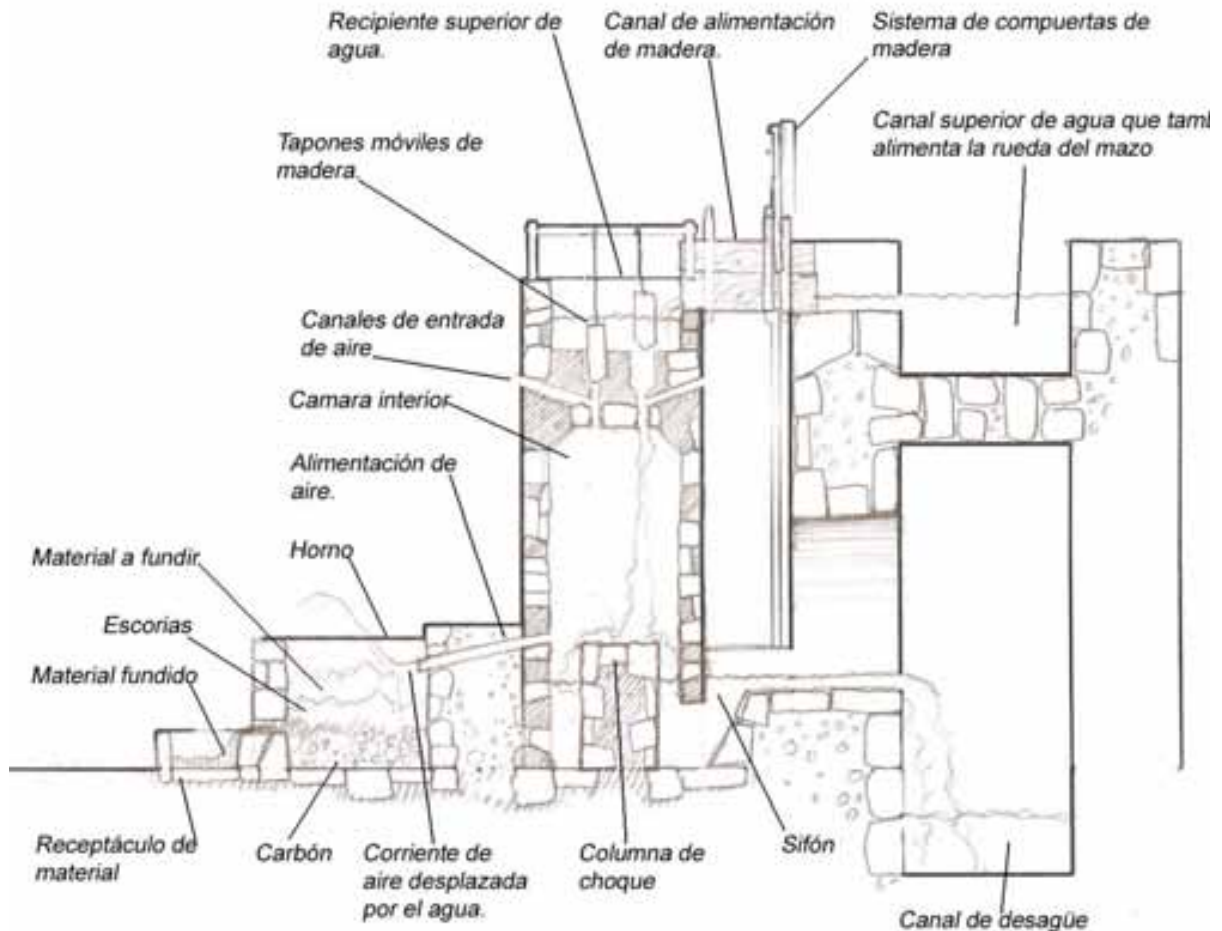
**Imagen Tarsicio Pastrana**

Al terminar la reducción el metal se encontraba en el fondo del crisol en formas irregulares y en estado blando por el calentamiento, de este sitio se sacaba para llevarlo al mazo con el mazo se terminarían de liberar las escorias que todavía pudieran existir y se compactaría el mineral para obtener las barras de hierro.

El mazo estaba formado por una rueda motriz el eje de transmisión, el brazo y la cabeza; la rueda se encontraba en el túnel hidráulico y de igual forma que la rueda de los fuelles su eje se cargaba en el muro extremo y después en el muro común, atravesando este último para ingresar en la sala de trabajo, el eje se apoyaba en su extremo en el interior de la sala de trabajo, este eje dependiendo del tamaño de la cabeza del martillo tenía que ser más robusto que el que transmitía el movimiento a los fuelles.



El martillo era una pieza de vital importancia dentro del proceso de fabricación de las herrerías, pues servía por una parte, para separar el hierro de las escorias, ya que estas van incrustadas dentro de la masa y a base de golpes sucesivos del martillo se compactaba dicha masa de hierro y se separaban las escorias, y por otra realizaba el desbaste y estirado en barras; finalmente se usaba para dar a estas barras la forma definitiva.<sup>182</sup>



INGENIO DE AGUA PARA  
INSUFLAR AIRE A LOS HORNOS

Corte de la trompa de aire, se puede observar los conductos superiores por los que circula el agua, los conductos laterales por los que entra el aire, la cámara donde choca el agua con la columna y los conductos de salida de aire y de agua, *imagen Tarsicio Pastrana*

El eje de madera tiene aproximadamente 5 a 6 metros de longitud y 60 cm. de diámetro para elegir la madera se escoge un árbol resistente dependiendo de las maderas de cada región y se corta en la época de secas para evitar que el tronco tenga humedad en extremo, se deja reposar con corteza durante 5 a 6 meses para luego darle forma y trabajarlo<sup>183</sup>.

En el extremo opuesto al de la rueda se ubicaban unas levas, las cuales tenían que ser de fierro y se incrustaban a razón de 4 en cada cuadrante de la circunferencia del eje, la manera mas funcional de hacerlo era por medio de una pieza realizada a la medida, esta pieza rodeaba toda la cabeza del eje y en cada cuadrante salían las levas de fierro consiguiendo 4 percusiones por giro, existían también los de dos percusiones por giro.

<sup>182</sup> **Morís Menéndez Valdés Gonzalo**, *INGENIOS HIDRAULICOS HISTORICOS MOLINOS, BATANES Y FERRERIAS en Ingeniería del Agua. Vol. 2 No. 4*, Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación E.T.S- Ingenieros Industriales de Gijón, Universidad de Oviedo, España 1995, págs. 14 y 15

<sup>183</sup> *Ibid.* págs. 14-15



El mango del martillo se hacía con las características similares a las del eje aunque de menor tamaño de unos 3 a 4 m y 40 cm. de diámetro con un apoyo al centro para hacerlo basculante, el apoyo del centro se hacía de manera que pudiera centrarse el martillo para ubicarlo en el área precisa del golpeo de las levas, con dos muretes a manera de poyos con canal al centro en el que entraba una pieza de fierro que se ubicaba al centro del mango del martillo, esta pieza hacía en forma de anillo con dos cilindros que salían en extremos opuestos descansaba en los canales de los muretes, en los extremos de estos canales se ubicaban cuñas que permitían el centrado.

El extremo del mazo que daba hacia las levas era reforzado por cinchos de fierro para que recibiera el golpeo de las levas por medio de este golpeo y el efecto basculante se provocaba un movimiento de martilleo en el extremo opuesto al del eje se insertaba la cabeza del martillo por medio de cuñas, algunas cabezas llegaban a pesar hasta 700 kilos<sup>184</sup>, en su estado de reposo la cabeza del martillo descansaba en un yunque de fierro ubicado en el suelo el cual tenía la altura correspondiente a una mesa de trabajo para que el Ferrero de pie pudiera trabajar las piezas con el golpeo del martillo. La pieza del yunque era una pirámide de fierro invertida que se incrustaba en otra pieza de madera para darle la altura requerida.

A mayor peso del martillo mas fuerza en el golpe, cuando la leva golpeaba el mango este se levantaba y después cuando la leva dejaba libre el mango este caía con la fuerza de su peso sobre el yunque donde el Ferrero colocaba el material caliente para darle forma, la habilidad del Ferrero tenía que ser alta para evitar accidentes en el uso del martillo.

En contra parte si se quería aun golpeo mas rápido se recurría a disminuir el peso de la cabeza del martillo y a aumentar las levas en el eje en caso de tener 4 levas el golpeo era de aproximadamente 120 percusiones por minuto, lo cual en algunos casos no era suficiente para trabajar el Hierro antes de que se enfriara, los mazos mas pequeños con 6 levas llegaban a 180 golpes por minuto suficiente para trabajar de manera rápida el metal caliente. En esta categoría entraba el martillo de la ferrería de Chicomuselo ya que en las excavaciones arqueológicas se encontró la cabeza con un peso de 90 kilos.

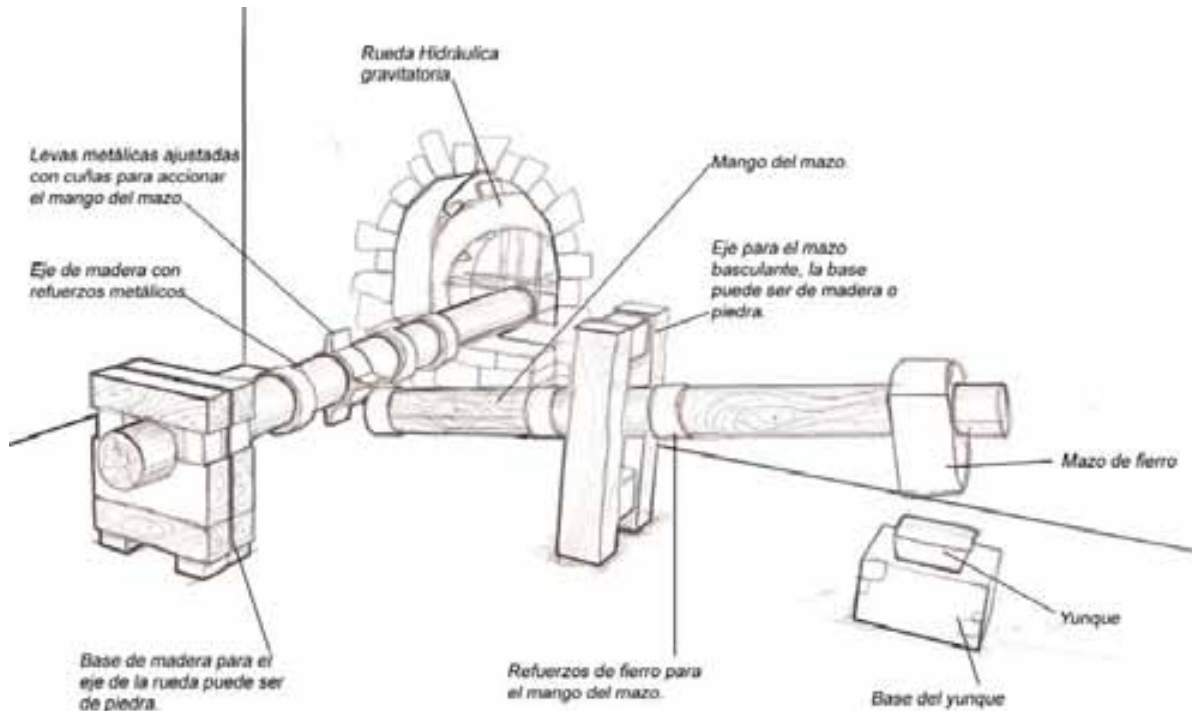
El operario llevaba el metal aun caliente y le daba forma por medio de los golpes de martillo, obtenía barras y lingotes que después eran enfriados para llevarlos con el herrero que tendría un horno o fragua este no requiera de altas temperaturas ya que la temperatura es diferente para trabajar el fierro que para fundirlo estos serian los dos establecimientos en los que se divide el trabajo en hierro en la región vasca.

Se dividían las ferrerías en dos, las mayores y las menores, en las mayores se obtenían el fierro a partir del mineral virgen y se le daba forma de barras, placas o lingotes, en las menores se le daba forma comercial al fierro y se trabajaba en herramientas y utensilios. Ya que las ferrerías menores no necesitaban de reducir el mineral sus hornos son menos complejos y requieren de menor infraestructura.

---

<sup>184</sup> El tamaño del martillo revela la cantidad de energía necesaria para levantarlo, las ruedas de las ferrerías eran generalmente de gravedad ya que esta es la forma de mantener constante el empuje y poder mover los martillos *"el martillo de Agorregi tiene un peso de 700 kilos, razón por la cual se necesitan grandes cantidades de agua para ponerla a trabajar. Este martillo se destinaba a la pasta de hierro candente, lista para la fabricación de cualquier tipo de herramienta, que luego se llevaba a las pequeñas ferrerías"*. **Usabiaga Ainara Iraeta**, *op.cit.* págs.1-12





**MARTILLO HIDRAULICO, MARTINETE  
O MAZO DE FIERRO.**

Por último se debe de completar la descripción del sistema hidráulico ya que los depósitos que se ubicaban sobre el área de trabajo tenían que tener válvulas para obturar la circulación del agua desde el interior del área de trabajo.

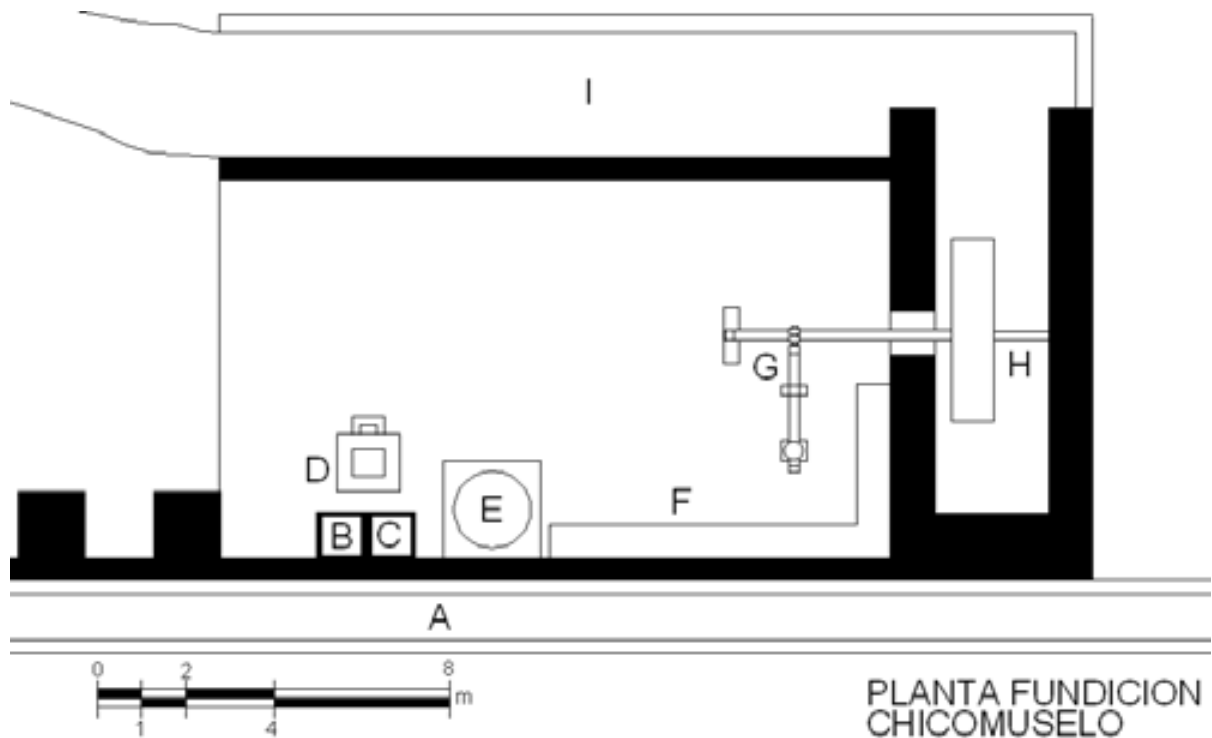
Esta era la única manera de detener las maquinas interrumpiendo el flujo del agua sobre las ruedas, para lo cual se construían compuertas sobre las ruedas que se accionaban por medio de palancas y cadenas desde el interior de la área de trabajo, para tal efecto el depósito en algunos casos se construía de madera sobre el túnel hidráulico con las salidas del agua en su parte inferior para alimentar las ruedas por gravedad, esta construcción tenía que hacerse cuidando que el canal de madera que a su vez era el depósito no tuviera fugas entre sus componentes.

En varias regiones de España principalmente en Oviedo al canal superior que fungía como deposito se le llamaba banzao, y se apoyaba entre los dos muros que contiene el túnel hidráulico, las ruedas se ubicaban en la parte baja de este deposito, se hacían al igual que las de otras maquinas hidráulicas con madera tratada para resistir la humedad y elegida entre las especies regionales que soportaban mas el trabajo físico, la madera tenía que ser dura y resistente a la humeada.

Las ruedas se construían de 1.5 a 2 metros de diámetro y de hasta 25 cm. de espesor con lo que tenemos las dimensiones del túnel hidráulico estaban dadas por las ruedas que recibirían el agua desde la parte alta, es importante notar que la mayoría de las ferrerías tendrán un canal superior con un orificio para dejar pasar el agua hacia abajo.



## e. Arquitectura de las ferrerías.



Planta de La fundición colonial de Chicomuselo reconstrucción realizada en base a la interpretación de los datos en el artículo *la Fundición Colonial de Chicomuselo*, en el cual se describen los vestigios encontrados y sus dimensiones.  
**Imagen Tarsicio Pastrana**

Con letras están marcados lo locales que tienen que ver con el proceso productivo y en el orden en el que participan en este proceso:

- A. Acueducto elevado a 4.5 m sobre el nivel del área de trabajo
- B. Trompa de aire que desagua al mismo lado del acueducto
- C. Trompa de aire que desagua hacia la pileta de lavado
- D. Horno que funciona con el aire inyectado por medio de las trompas de aire
- E. Pileta de lavado
- F. Pretil de trabajo
- G. Martillo hidráulico
- H. Rueda hidráulica gravitatoria
- I. Canal de desagüe de la fundición

En Chicomuselo la parte Sur del área de trabajo es ocupada por el martillo hidráulico, las trompas de aire reducen el área que tendría que ser destinada a los barquines interesante es el doble canal uno para suministro y otro diferente para desagüe, aprovechando la pendiente natural del terreno, otro aspecto importante es la circulación del agua entre un canal y otro y en esa transición la ubicación de la rueda hidráulica.



#### 4. La máquina de los minerales

##### a. Introducción

La ingeniería hidráulica como aplicación tecnológica, tuvo un campo fértil en la minería, al ser esta una de las actividades más remuneradas y productivas en Nueva España, fue campo fértil para desarrollar la ingeniería como una herramienta para aumentar la producción y así aumentar las ganancias.

La minería y el beneficio de los minerales provocó un desarrollo tecnológico en la que Nueva España contribuye derivado de las aplicaciones y los ensayos producidos por la práctica a gran escala a muchas modificaciones y aplicaciones más eficientes de los métodos existentes, como el método de patio que si bien no fue creado en su totalidad en Nueva España si fue desarrollado y perfeccionado para su aplicación a gran escala en las haciendas de beneficio de la región de Pachuca por Bartolomé de Medina.<sup>185</sup> Siendo este uno de los primeros hispanos que desarrollan sus conocimientos de ingeniería en Minas Mexicanas.

Es la minería por razones obvias uno de los campos que debido a lo complejo de su situación en tierras Novo hispanas permite el desarrollo de la ingeniería, tres son los aspectos fundamentales en el desarrollo de la mineral y que propician el desarrollo a su vez de ingenieros mexicanos, la baja ley de los minerales en Nueva España, el desagüe de las minas y la molienda de los minerales.<sup>186</sup>

En cuanto al desagüe fundamental para aumentar el tiempo de vida de una mina, para rescatar minas abandonadas y para aumentar la producción, fue una aplicación de la ingeniería hidráulica básicamente, este factor sintetiza la actividad del ingeniero, las minas representaban diferentes problemáticas que se resolvían con diversas soluciones, dentro de este rubro encontramos el desagüe por tornos, por bombas tipo sifón, por galerías, por norias y por sistemas mixtos en donde más de una de las soluciones presentadas eran aplicadas.

Por poner un ejemplo las galerías requerían de la excavación de un socavón que llegaba a la mina desde una cota de terreno inferior, por este se desaguaba la mina, en la actualidad realizar correctamente un trabajo de este tipo requiere de instrumental de precisión que no existía en la época o que de existir su similar era mucho menos preciso la inversión de recursos en el rescate de una mina se veía recompensado con las ganancias que se podían obtener de ella.

En lo relativo a la molienda encontramos diversas aplicaciones tendientes a mejorar el proceso de reducción del mineral. En primer lugar dos máquinas hidráulicas funcionaban como molinos para la molienda de minerales, los de arrastre que funcionaban por medio de un rodezno, y los de piones que funcionan con rueda vertical gravitatoria, mucho más comunes que los

---

<sup>185</sup> **Sánchez Gómez Julián**, *LA MINERIA EN TECNICA E INGENIERIA EN ESPAÑA TOMO 1 EL RENACIMIENTO*, Real academia de ingeniería, Prensas universitarias de Zaragoza, Institución Fernando el católico España 2004, pág.469 *Aunque es preciso decir que si el procedimiento era conocido su entrada en la historia y en el proceso económico se produce en Nueva España donde pasa de ser una mera curiosidad a aplicarse a escala importante. Además, fue también allí donde se produjeron todos los perfeccionamientos e innovaciones que lo idearon adaptable a minerales o circunstancias ambientales muy diferentes hasta que a fines del siglo XVIII Von Born lo reintrodujo en Europa central.*

<sup>186</sup> **García Mendoza Jaime**, *DOS INNOVACIONES AL BENEFICIO DE PLATA POR AZOGUE* en *Revista de Estudios de Historia Novohispana* N° 19, Instituto de Investigaciones Históricas UNAM, México 1999, págs. 133-143.





primeros, ambos con el fin de triturar al mineral actividad fundamental en el método de patio para el beneficio del mineral.

Para resolver la problemática derivada de la baja ley de los minerales encontramos el método de patio perfeccionado a partir del método de canoas de Bartolomé Median que permitía el beneficio de plata de yacimientos de baja ley categoría en la que entraban la mayoría de las minas mexicanas.

En resumen la ingeniería hidráulica se utiliza en el diseño de maquinas de desagüe, para mover molinos de trituración y maquinas para facilitar las mezclas en el proceso de patio, el agua también es utilizada dentro de otros pasos del proceso, en las mezclas de los lodos durante la amalgamación, para el lavado del mineral y en algunos casos, compartiendo elementos con la ferrería para provocar aumento de temperatura dentro de los hornos cuando la fundición era el método de reducción, en otros casos donde los hornos no funcionaban por agua, aunque en menor escala las ruedas hidráulicas a modelo de las ferrerías podían utilizar fuelles. También aunque en menor escala el agua permitía la excavación en las minas especialmente en los terrenos que son fácilmente erosionables.

Siendo la minería la actividad mas lucrativa de la Nueva España no es raro pensar que de la misma manera en que se generaron ingresos extraordinarios, estos mismos ingresos podían ser puestos en servicio de la producción minera, las aplicaciones tecnológicas que se dividen fundamentalmente en dos ramas principales, las aplicaciones como parte del proceso normal de beneficio del mineral el cual comprendería los molinos y los sistemas para el beneficio entre los que se encontrarían los hornos, y en otro apartado los sistemas para mantenimiento y reapertura de minas.

En cuanto a los actores de la minería mexicana que trascendieron por sus aplicaciones a nivel mundial podemos encontrar al mismo Bartolomé Medina con el método de patio y ya en el ocaso del virreinato a Andrés del Río el cual es recordado a nivel mundial por el descubrimiento del Vanadio ambos hombres producto de una actividad que ha sido y sigue siendo de alto beneficio para México.

Por ser la minería una actividad que reúne varias aplicaciones hidráulicas se hablará en primer lugar de manera breve del panorama general de la minería virreinal y después se tratara el tema por cada uno de los ingenios mencionados, en los que conservaremos la estructura que hasta ahora se ha utilizado para tratar cada ingenio.

## **b. Historia de la minería.**

La actividad minera en el mundo comenzó desde el momento en que los materiales se tenían que extraer del subsuelo, no era lo mismo recoger materiales a cielo abierto que fue una de las actividades que se hicieron de manera primitiva para aprovecharlo por medio de transformarlas. La mina requiere de un trabajo extractivo, aunque al principio se cavara sobre la superficie y estas excavaciones fueran superficiales esta trabajo ya puede ser considerado como minería, los metales esencialmente eran buscados en una primera etapa para ser trabajados y en esa etapa primitiva el mineral se trabajaba de manera directa, traspasando las técnicas de trabajo de la madera y la roca a los minerales.<sup>187</sup>

<sup>187</sup> Sánchez Gómez Julián, *op.cit.* pág. 442



El descubrir que a diferencia de una roca el mineral podía calentarse para fundirse y ya en este estado moldearse permitió el diseño de armas y herramientas, el siguiente gran descubrimiento fue la fundición de minerales y la separación del mineral en estado puro, con esto el hombre dejo de depender de las fuentes del mineral en estado puro que eran escasas y comenzó a separar los minerales que se encontraban combinados con otros en la naturaleza, esta necesidad de obtención del mineral para la producción de minerales en estado puro y posteriormente su trabajo aumento las necesidades de recolectar mas materiales, es cuando el hombre comienza a excavar túneles para obtenerlo.

Los túneles tenían que ser cada vez mas profundos con la complejidad tecnológica que representaba cavar un túnel de estas características, es cuando se comienzan a aplicar elementos auxiliares para la explotación de las minas.

En España existe el sistema minero de las medulas, el cual fue explotado desde épocas muy antiguas, alcanzando su época de mayo explotación con los Romanos. Las medulas representan un sistema cuyo principal atractivo es la erosión de los materiales por medio de corrientes de agua, mostrándonos un sistema de explotación basado en la ingeniería hidráulica.

La circulación de agua a través de diferentes zonas provocaba túneles que servían para explotar el mineral, estas corrientes de agua se recuperaban en la parte baja del sistema donde se exploraba para encontrar en esta agua rodada los minerales, este sistema y su explotación intensiva a lo largo del tiempo provoco la transformación del paisaje de una manera impresionante siendo en la actualidad esta transformación el principal atractivo de la región<sup>188</sup>.

La ingeniería hidráulica se encuentra presente en el modo de manejar el agua, haciéndola circular por las zonas requeridas, creando obras hidráulicas de almacenamiento canalización, conducción y represas donde llegaba el agua y se asentaban los materiales necesarios. Aunque el motivo principal de este trabajo es las maquinas hidráulicas y su arquitectura cabe la mención a esta ingeniería hidráulica utilizada en la explotación de minas.

Por otra parte la minería se desarrolla en Europa de manera lenta, es hasta el renacimiento cuando la demanda de minerales cada vez es mayor por lo que comienza un desarrollo de técnicas añejas que tienen que ser mejoradas para aumentar los niveles de producción. La mayoría de las minas mas productivas de Europa se encontraban en la región central, más cercanas a Europa oriental y a la zona de los países bajos y Germania, no es de extrañar que los primeros ingenieros se desarrollaran en esa zona y después ya bajo el amparo del imperio español viajaran por las diferentes zonas mineras.

En España en 1555, se descubre la mina de Guadalcanal, por ordenes de Felipe segundo se trasladan a ella especialistas de todos los rincones del imperio de Italia, de América y de Flandes, con lo cual en el mismo sitio se ensayan y perfeccionan técnicas aprendidas e implementadas en todo el mundo, se trata de instaurar el método de patio importado de Nueva España, se colocan bombas de achique con los últimos adelantos de funcionamiento, los hornos ya son mejorados derivados de la experiencia de funcionamiento principalmente en el nuevo mundo.

---

<sup>188</sup> **Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores)**, *op.cit.* pág. 302, En algunas ocasiones cuando los terrenos que contenían el oro no eran muy consistentes se utilizaban los mismos procedimientos de derrumbe que los hispanorromanos emplearon en el bierzo leones en las medulas y en otros lugares descritos con detalle por Plinio el viejo en su historia natural.



Es Guadalcanal el lugar donde las técnicas de todo el mundo de la minería en el siglo SXVI convergen y se perfeccionan, cuando la mina decae en producción los especialistas que tuvieron oportunidad de incrementar los conocimientos comienzan a viajar a otras partes entre ellas a Nueva España este fue el laboratorio de la minería española en el siglo XVI.

### c. minería en Nueva España

De la época prehispánica en lo que ahora es México se tienen fuentes de la época de contacto que hablan de minas explotadas por los naturales, más interesante y que han arrojado mayor información están las exploraciones arqueológicas que se han hecho en regiones donde existían minas desde antes de la llegada de los españoles, como es el caso del bajo río Balsas y la sierra de Querétaro, lo que ha permitido por medio del hallazgo de múltiples objetos reconstruir como se explotaban las minas, como herramientas auxiliares en la extracción se contaban con martillos de piedra con mangos de madera, navajas de obsidiana, puntas de hueso, cucharones de barro y cuñas de madera entre otros.

Los túneles se iluminaban con teas de ocote y brea, los utensilios para la recolección eran bandejas de barro, canastos y cuerdas para la elevación de los mismos, para la trituración y separación de minerales había molinos a manera de morteros de piedra que se adosaban a las paredes de la mina o se construían móviles, esta operación ya se podía realizar en el exterior de la mina, además de múltiples objetos asociados a los mineros, vasijas de barro, dioses pequeños de barro y piedra entre otros<sup>189</sup>

En cuanto a las técnicas eran muy similares a las que con ligeras variaciones se han utilizado y se siguen utilizando en el mundo con los mazos se golpeaba la roca hasta desprender un fragmento, con las puntas de hueso y las navajas de obsidiana, se podía trabajar en grietas y fisuras.

Los cucharones servían para recoger objetos del suelo o que se desprendían de la zona de trabajo, finalmente León Portilla menciona otro muy interesante, se calentaba la piedra y luego se dejaba enfriar, a este proceso se podía ayudar por medio de mojar la piedra la cual bajo el cambio brusco de temperatura se tronaba o se fisuraba, en estas se introducían cuñas de madera y después se mojaban para provocar la fragmentación<sup>190</sup>, en los lugares donde el clima lo permitía se perforaba y se metía agua en la perforación o la grieta que en la noche con el frío al congelarse provocaba la fragmentación.

El beneficio de estos minerales se hacía por fundición, aquí cabe mencionar un método utilizado en Sudamérica denominado guairas del quechua huayra que significa aire viento consistía en hornos portátiles del tamaño suficiente para poder ser movidos con facilidad que eran ubicados en la parte alta de los cerros para que el viento al circular a través de ellos favoreciera la combustión aumentara la temperatura y se obtuviera la separación de los minerales, similares en su principio de funcionamiento a las ferrerías de viento de las que se ha hablado en otros capítulos de este trabajo.

<sup>189</sup> León Portilla Miguel, *MINERIA EN MEXICO ANTIGUO en Artes de México* número 86 una visión de la minería, México 2007, págs. 8-17

<sup>190</sup> *Ibíd.* págs. 8-17



Cuando llegan los Españoles aprovechan estos conocimientos de ubicación y explotación de minas por parte de los indígenas para localizar yacimientos de los minerales que a ellos les interesaban, el descubrimiento de minas en Nueva España configuro el territorio y gran parte de su poblamiento, el avance hacia el norte se hizo en gran medida sobre los caminos que unían los centros mineros con la capital del Virreinato. las minas de oro y plata colaboraron en varios aspectos, en primer lugar en ellas se fundamento la economía del virreinato, después se crearon poblados que tenían que ser comunicados con la capital y posteriormente con el puerto de Veracruz, es de esta manera que se crean insipientes redes comerciales que tienen que fortalecerse por la circulación de productos y personas, los centros mineros favorecen la colonización que sin ese incentivo no hubiera sido tan rápido ya que al haber interés la gente se moviliza hacia los centros mineros, dentro de esta circulación de personas encontramos una fuerte inmigración de especialistas principalmente flamencos y germanos<sup>191</sup> que llegan para hacer operacionales las minas en nueva España esta circulación de tecnología también es propiciada por el descubrimiento de las minas.

Con el descubrimiento en la segunda mitad del siglo XVI de las minas zacatecanas el camino de tierra adentro tenia que unir de manera segura el centro del virreinato con las minas recién descubiertas, podemos dividir la fundación de ciudades a lo largo del virreinato en 4 tipos, el primero fue la refundación de ciudades utilizando los centros urbanos principales de las culturas prehispánicas aprovechando el sistema de pueblos y ciudades existentes que no solo eran físicos también estaban subordinados a señoríos que a su vez pagaban tributo a la capital de los Mexicas.

El segundo fue bajo la necesidad de de fundar ciudades de españoles separadas de ciudades indígenas, estos casos los encontramos en las ciudades de Puebla y la de Morelia creadas en la región de influencia de dos ciudades con tradición fuertemente indígena, Tlaxcala y Patzcuaro respectivamente, cabe mencionar que este sistema se utilizo de manera temprana en toda la región mesoamericana.

El tercero lo encontramos con el sistema mixto de misión presidio con el cual se avanzo hacia las regiones del septentrión muchas de las fundaciones de misiones y presidios dieron origen a ciudades que se iban consolidando después, hasta estos 3 encontramos ciudades trazadas con cuidado bajo los preceptos urbanísticos en boga y que se pueden ver con mas detalle en las cartas de Felipe Segundo, con dotación de servicio obras de infraestructura planeadas separación de barrios etc.

En todas las regiones del virreinato existió otro tipo de fundación derivada de los descubrimientos mineros, estas generalmente se encontraban en zonas inaccesibles y en muchos casos lejos de las líneas de poblamiento que se han mencionado en los otros 3 casos estos descubrimientos y todo lo que conlleva su funcionamiento determino regiones enteras y acelero el avance hacia ciertas zonas configurando zonas completas.

Una región minera se desarrollaba alrededor de la zona donde las minas existían, de esta forma la creación de ciudades rompía los esquemas establecidos urbanísticamente, las calles se adaptaban a la orografía debido a que las minas y sus comunicaciones entre ellas eran los ejes rectores de este desarrollo urbano las primeras casas eran las de los trabajadores de las minas las cuales se acomodaban junto a las veredas y donde la accidentada orografía lo determinaba, bajo estas circunstancias se creaban los núcleos de población mineros.

---

<sup>191</sup> Sánchez Gómez Julián, *op.cit.* pág. 450



Un elemento adicional del que se hablara mas adelante eran las haciendas de beneficio que eran los establecimientos encargados de la obtención del mineral en su estado mas útil, estas haciendas tenían que encontrarse cerca de la mina, por lo general y en un inicio se ubicaban en cercanía de las minas posteriormente se desarrollaban los poblados en torno a las minas y a las haciendas continuando con las directrices ya mencionadas, los caminos entre los poblados y la mina así como el trayecto de la mina a las haciendas de beneficio seguirían siendo los ejes rectores, esto le da la imagen que ahora conocemos de los centros mineros principales por poner algunos ejemplos encontramos Taxco en Guerrero y la ciudad de Zacatecas en el estado del mismo nombre.

Adicional a esto crecían otras ciudades y poblados que ubicados en zonas menos accidentadas desarrollaban industria y actividades agropecuarias que servirían para proporcionar los insumos de consumo necesarios en cualquier ciudad y que debido a las características del terreno que hemos mencionado no podían estar cerca de las minas, de este proceso se obtienen las configuraciones regionales, con ciudades mineras, ciudades proveedoras de insumos y caminos entre ellas, al ser zonas prosperas encontramos haciendas de diversos tipos, poblados mineros, ciudades proveedoras caminos y pueblos intermedios, este es el escenario principal del desarrollo de la ingeniería hidráulica aplicada en la minería que descansaba en los factores ya mencionados y que se incentivaba por los recursos aplicados por los dueños de las minas para aumentar las ganancias.

José de la Borda en Zacatecas efectúa un rescate que maravillo a sus contemporáneos y que le valió que lo denominaran el mejor minero del mundo<sup>192</sup>; dentro de las descripciones de las acciones que podemos encontrar esta la construcción de una mina de beneficio llamada la sauceda la compra de otra hacienda para tener grano para alimentar a sus trabajadores, la compra de otras haciendas de beneficio para incrementar la capacidad productora y la construcción de maquinas para el desagüe de las minas.

Se debe de recordar que José de la Borda llega a Zacatecas a rescatar minas que ya habían sido explotadas y que encontraban anegadas, las minas viejas eran por lo general muy profundas y se encontraban con el problema de inundarse constantemente al abandonarse las minas el nivel freático tomaba su nivel y la mayor parte de la mina quedaba bajo el agua lo importante de estos datos es que nos permiten imaginar la infraestructura que requería una región minera para funcionar, de esta infraestructura obtenemos el porque de estas ciudades y regiones, de la ingeniería aplicada a cada caso hablaremos mas adelante en esta sección.

En este panorama general se desarrollo la minería en Nueva España hago énfasis en que esta actividad al ser la primera generadora de exportaciones podía invertir muchos recursos en sus mejoras productivas dentro de estas encontramos gran parte de la ingeniera hidráulica, y sobre todo el diseño de maquinas que permitían facilitar los procesos mencionados a continuación describiremos los procedimientos de extracción y de beneficio.

---

<sup>192</sup> **Brading David A**, *LA PLATA ZACATECAS EN EL SIGLO XVIII en Artes de México numero 86 una visión de la minería*, México 2007, págs. 20-31



#### d. métodos de extracción

En primer lugar el camino que recorría el mineral desde su extracción hasta su beneficio era por los caminos y a lomo de mula, la extracción se hacía por medios conocidos y después se cargaban las recuas que eran llevadas a las haciendas de beneficio. Así describe el virrey Mendoza, Marqués de Montesclaros, el trabajo de la plata y el azogue en Potosí a comienzos del siglo XVII:

*“Tienen estas minas sus escalas o caminos desde la superficie a la profundidad, i por allí suben los indios las piedras en hombros, del metal que otros compañeros han despegado a punta de barreta, en cotamas, que son costales de pellejos a modo de zurrones; i en llegando arriba, ponen la carga que sacan de una vez en montones diferentes: a cada uno de éstos llaman mita, i al lugar donde los van asentando, cancha. De estas canchas se lleva el metal a los injenios, cargado en carneros de la tierra”.*

Aunque la descripción que estamos colocando se ubica en el virreinato del Perú el procedimiento era muy similar en México, las excavaciones se realizaban en primer lugar a cielo abierto, en una primera etapa, la cual se transformaba poco a poco en un sistema de túnel vertical con galerías horizontales, para realizar el ascenso y descenso del material se utilizaba un sistema de escaleras de muesca que se ubicaban en el tiro, a cada distancia se colocaban plataformas de madera para el descanso de los mineros que subían por las escaleras con el mineral.

Estos descansos podían limitarse a únicamente un madero atravesado, en la pared de la galería vertical se ubicaban descansos también excavados en el muro, el tenatero subía con un costal de mineral a sus espaldas que llegaba a pesar hasta 120 kilos, las escaleras no se encontraban alineadas, se alternaban con los descansos a uno y otro lado del tiro, de esta manera si alguno se caía no llegaba hasta el fondo de la galería lo que le hubiera ocasionado la muerte.

Una vez que el tenatero subía con el costal lo depositaba en las áreas correspondientes, en la parte superior se hacía un triturado previo de las rocas y se separaba el mineral, el de alta ley se iba directo al horno de fundición, el de baja ley se llevaba a beneficiar, esta actividad denominada pepena se realizaba en los patios de las minas en esta actividad era común encontrar empleadas mujeres, que se limitaban a realizar el separado de los minerales.

El transporte del mineral hacia las haciendas se hacía en recuas de mulas, por lo que los propietarios de minas que por consiguiente tenían haciendas de beneficio en cercanía de las miasmas invertían cantidades de dinero importantes en tener en buen estado los caminos, los cuales eran una extensión del proceso productivo que se realizaba en el interior.

#### e. Métodos de refinación

##### Método de fundición

Es el primer método que se utiliza en Nueva España, este se venía utilizando desde la edad media y como hemos visto con anterioridad es un método muy antiguo siendo la fundición de metales el primer método utilizado por el hombre, en la época de contacto y durante la primera mitad del XVI este fue el método a utilizarse.

En primer lugar se fundía el mineral que contenía la plata, esto se hacía en hornos diseñados para tal fin el mineral de plata era ubicado en el horno junto con plomo, este mineral lograba



una fusión con la plata la cual se lograba a la menor temperatura posible, al final de esta primera hornada se tenían piezas de una aleación entre la plata y el plomo.

Para eliminar el mineral de plomo del de la plata se colocaban en hornos mas pequeños que tenían que tener una corriente constante de aire, esto se lograba de dos maneras, por medio de fuelles o por medio de las trompas de aire ambas descritas en la sección de las ferrerías, y también ambos considerados ingenios hidráulicos antes de describirlos con mas detalle se tiene que aclarar que la función de insuflar aire en el horno permite que el plomo se oxide de esta forma se separa de la plata en forma de escorias porosas, la plata forma unas piñas que son separadas y que pueden fundirse para darles la forma deseada.

*Traída la piedra de las minas a las labores o casas de fundición, la lavan la quiebran con martillos , la muelen con una rueda como molino de aceite, la funden o derriten en el horno grande, sale un aplancha grande de plomo; esta, hecha pedazos , la funden o afinan en hornos pequeños, donde , derretida se va a derramando la escoria o greta y cae al fondo la plata; ya cuando tiene poca escoria, a lo ultimo, se limpia de repente aquella masa derretida sin tener encima ninguna de las manchas que antes tenia, quedando colorada y tersa, que es la señal de que esta a punto, y con esto sacan el tejó de plata, mas o menos grande, según la calidad de los metales. De la grasa o greta que arroja la plata, se vuelve a fundir y sacan plomo<sup>193</sup>*

La descripción del Fraile Ajofrín sobre las minas de Sumatlán en nueva España va acompañada de un dibujo muy interesante que nos muestra una hacienda de beneficio que utilizaba el método de fundición para procesar el mineral, otro dato interesante es que dentro de todos los hornos representados gráficamente se encuentran los dos tipos de hornos que requieren del agua para su funcionamiento, los hornos de fuelles los cuales son movidos por ruedas hidráulicas y los hornos con beneficio de agua que por medio de la circulación de agua hacen también circular el aire ambos son descritos con mas detalle en la sección correspondiente a las ferrerías.



En este dibujo se observan varios tipos de hornos, lo interesante es la especificación de hornos con ingenio de agua, los de barquines no está especificados si también son hidráulicos, Leyenda:

*I. Hornos pequeños para afinar, q. llaman Galeme, con fuelles. II. Hornos con beneficio de Agua en lugar de Fuelle. III. Horno de Cobar. IV: Horno castellano. V. Tarjea por dónde viene el agua.*

**Imagen Dibujo de Francisco Ajofrin sobre los hornos de las minas de Sumatlán en el siglo XVI en Ingeniería Española en Ultramar**

<sup>193</sup> González Tascon Ignacio, *op.cit.* pág. 308



Para que se pudiera utilizar el método de fundición en la obtención de la plata el mineral tenía que ser de alta ley de lo contrario no se lograba la mezcla con el plomo ya que el contenido de minerales diferentes a la plata era mayor que la plata en si, por otra parte la infraestructura necesaria para beneficiar el mineral era mínima basándose en infraestructura hidráulica y la construcción de los hornos, en comparación con otros métodos que requerían grandes obras de infraestructura se podía empezar a procesar el mineral con inversiones muy mínimas.

Como desventaja principal se encontraba la gran cantidad de combustibles que se necesitaban para que funcionaran los hornos, generalmente la madera o el carbón no eran un recurso abundante en los emplazamientos mineros, de tener este recurso en cercanía las haciendas de beneficio que utilizaban el método de fundición desforestaban rápidamente la zona ya que los hornos no eran el único sitio donde se utilizaba la madera, el traslado de la madera tenía que hacerse de regiones alejadas lo que encarecía el producto. Finalmente se puede mencionar que la obtención del mineral era ineficiente porque gran parte de la plata se perdía en los subproductos, de hecho al implantarse otros métodos como el de patio se beneficiaron las viejas escorias obteniéndose plata que ya se había desechado.

### **Método de patio**

El método de patio se basaba en la amalgamación de los metales con otros para poderlo separar y tenerlo puro, se debe de recordar que la calidad de los metales en América no era muy buena <sup>194</sup> la baja ley del mineral provoco el desarrollo de otros métodos diferentes a los que se venían aplicando en Europa antes de aplicar de manera masiva la amalgamación.

Se tuvo una época temprana en la que el beneficio de los minerales se realizo por medio de fundición, para 1550 en las minas de Pachuca Bartolomé de Medina (1497-1585), sevillano, avecindado en esa región pone en practica la amalgamación a gran escala, aunque el método ya existía se le atribuye a Nueva España y particularmente a este personaje el desarrollo y su aplicación a gran escala, de Nueva España pasa a Perú y a España.

El nuevo método permitió extraer una mayor proporción de plata del mineral, lo que provoco la explotación de antiguas minas abandonas y nuevas vetas que antes se consideraban malas. El procedimiento de patio para el beneficio de minerales permitía la obtención de plata de materiales de baja ley, no es de extrañar que el método se desarrollara principalmente en América ya que muchas de las minas proporcionaban materiales con bajo contenido de plata, otra de las características regionales que permitió que este método se arraigara es el bajo consumo de combustibles comparado con el beneficio del mineral en hornos, el cual provoco una deforestación intensiva de las zonas boscosas en torno a los centros mineros, en otros casos los sitios donde se descubrieron las minas carecían de este recurso lo que provocaba que la leña y el carbón fueran un insumo caro y difícil de conseguir, el método de patio disminuía considerablemente el uso de combustibles para el horno el cual de ser actor principal del proceso pasaba a serlo secundario.

El proceso aprovechaba la capacidad que tiene el mercurio de fusionarse con la plata de esta forma y previa trituración de los minerales para que esta amalgamación fuera mas sencilla se separaba la plata y se obtenía pura no importando la calidad del yacimiento al final del proceso parte del mercurio podía ser recuperado y reutilizado. De su evolución de un sistema pequeño

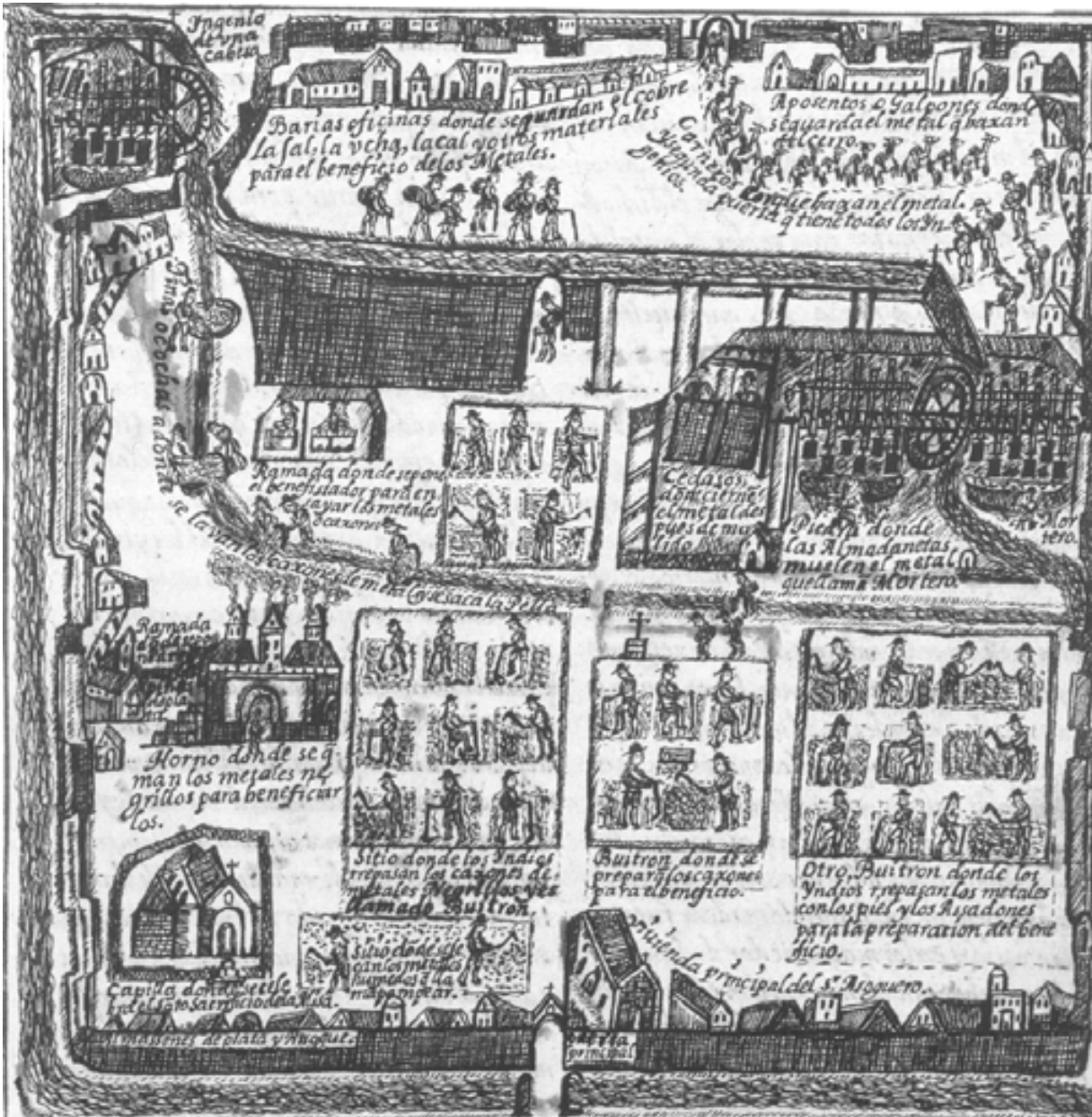
---

<sup>194</sup> La cantidad de plata obtenida por metro cúbico de material era baja, a esto se le denominaba ley, los metales de mediana y baja ley no podían ser procesados por el método de fundición, ya que el material puro obtenido por ese método no era el suficiente para recuperar la inversión realizada.





que en un inicio se denominaba método de canoas al método de patio se encuentran más innovaciones que fueron incorporadas por los mineros mexicanos para aumentar la cantidad de mineral procesado<sup>195</sup>



Dibujo donde se observan todos los pasos del método de patio, en la parte superior la llegada del mineral a lomos de mula, la selección y posteriormente del lado derecho el molido con molino de almadenetas, a la izquierda del molino cernido y lavado del material, más abajo los cajones en el patio donde se mezcla el mineral molturado con el azogue operación llamada repaso la cual se hacía con los pies del lado izquierdo de los patos se encuentran los hornos donde se fundían las piñas obtenidas en el beneficio, algunos otros espacios son oficinas vivienda y capilla, además de que en la esquina superior izquierda un molino de una sola cabeza. **Imagen: ingenios mineraleros en la villa de Potosí Siglo XVIII Bartolomé de Arzans Orsua y Vela en Ingeniería española en ultramar**

<sup>195</sup> Principalmente el cambio radica en la eliminación de las cajas (canoas) para hacer las mezclas sobre la superficie enlosada de un patio, con esto se incrementa el volumen de la mezcla.



Del éxito de este método nos habla su vigencia de 300 años, todavía se seguía utilizando a mediados del siglo XIX hasta que otros métodos como el de cianurización lo fueron sustituyendo, otro aspecto distintivo en la elección de los métodos a utilizar tenía que ver con la cantidad de recursos que se podían emplear en la implementación de infraestructura para aplicar uno u otro método, esta claro que el método de amalgamación requería de gran inversión que quedaba circunscrita a las grandes haciendas de beneficio, propiedad de mineros con recursos económicos amplios, el método de fundición se siguió utilizando dependiendo de la ley del yacimiento y en haciendas de beneficio de menor producción.

Antes de mencionar y describir cada una de las partes de este proceso de obtención de la plata en donde los molinos hidráulicos tenían un papel importante se tiene que hablar de la materia prima para la obtención de plata por amalgamación el mercurio o azogue

Al popularizarse el método ya descrito el azogue fue el insumo mas importante por consiguiente, el mercurio se convirtió en el mineral maspreciado como insumo para la obtención de la plata, en dos lugares se extraía, en España en las minas de Almadén, en América en Huancavelica de espala provenía el mercurio utilizado en Nueva España ya que el de Huancavelica se uso para las minas del Potosí en el actual Bolivia esto permitió a la corona mantener el monopolio de la venta de mercurio hacia América dale un nuevo auge a la minería en Almadén cuya actividad y explotación a principios del siglo XVI era muy baja.

El mercurio se obtenía de las minas de cinabrio y requería de procesos peligrosos y complicados para su procesamiento, se debe de recordar la toxicidad del metal y su estado liquido a temperatura ambiente lo que propiciaba dificultades para procesarlo envasarlo y transportarlo, la ruta desde Almadén hasta la nueva España se cubría con recipientes especiales y complejos que tenían como objetivo su maniobrabilidad durante el largo trayecto y evitar las fugas del preciado componente; como primer paso se hacían bolsas de cuero que se ponían una dentro de la otra hasta sumar tres dentro de cada una de esta bolsas de cuero iban dos arrobas del metal, ( 23KG), estas bolsas de cuero se colocaban en barriles o cajas de madera que contenían un quintal ( 46KG) o quintal y medio por lo que cada barril o caja tendría en su interior 2 o tres bolsas de cuero, esto con el propósito de hacerlo manejable, el quintal o quintal y medio era el peso que un solo hombre podía manejar.<sup>196</sup>

El transporte se hacia en carretas o recuas de mulas en las zonas que correspondían a tierra, de Almadén a Sevilla, posteriormente en barco hasta Veracruz, donde se utilizaban carretas o recuas, mas común este segundo para llevarla a la capital y de ahí distribuirla. De la complejidad del transporte por tierra nos hablan los costos, que eran superiores en su transportación por tierra que en su viaje marítimo, el costo por tierra era de 5 pesos de Veracruz a México y de México a Zacatecas de 3 a 4 pesos, mientras que por mar era de dos a tres pesos por quintal<sup>197</sup>

El primer paso del método de patio era la molienda, era prioritario para poder realizar correctamente la amalgama que el mineral estuviera hecho harina, Joseph de Acosta en 1590 describe sobre el primer paso del método lo siguiente: *El metal se muele muy bien primero con los mazos de ingenios... y después bien molido el metal lo ciernen con unos cedazos de telas de alambre*<sup>198</sup>

<sup>196</sup> **Herrera Canales Inés**, AZOGUE Y PLATA UNA UNION FRUCTIFERA en Artes de México numero 86 una visión de la minería, México 2007,págs. 60

<sup>197</sup> *Ibíd.* pág. 60

<sup>198</sup> **Von Mentz Brígida**, TRABAJO, SUJECION Y LIBERTAD EN EL CENTRO DE LA NUEVA ESPAÑA, Miguel Ángel Porrúa-CIESAS, México 1999, págs. 194 y 196



otra crónica es la del virrey Mendoza, Marqués de Montesclaros, acerca del trabajo de la plata y el azogue en Potosí a comienzos del siglo XVII: *Ingenios son ciertas máquinas de madera cuyas ruedas, llevadas de golpe del agua, levantan unos mazos grandes, que por su orden vuelven a caer sobre el metal i le muelen hasta hacerle polvo; este polvo o harinas se van poniendo en hoyos cuadrados que llaman cajones,*<sup>199</sup>

Si el método de fundición requería de agua para accionar maquinas que ayudaban con los fuelles y las trompas de agua, el método de amalgamación requería de mayo infraestructura hidráulica, no solo para accionar las maquinas de molienda de las que estamos hablando, también como parte del proceso para lavado y mezclas como se observara mas adelante, por lo que la introducción del método nuevo repercutió en la incorporación de molinos y el modo de hacerlos funcionar.

Para finales del siglo XVI en Nueva España se encontraban 406 molinos de los cuales 167 eran hidráulicos y el resto de sangre la construcción de unos u otros dependía de la abundancia o carestía del recurso hidráulico, por ejemplo en la misma época en Zacatecas solo existían 65 molinos de mineral todos de sangre, mientras que en Pachuca había 59 molinos hidráulicos.<sup>200</sup>

Existían dos tipos de molinos hidráulicos para la molturación del mineral el de almadanetas y el de súchil o arrastre, el primero de ellos utilizaba el método de percusión el segundo por fricción en caso de no existir agua en abundancia como fue el caso de algunos centros mineros como Zacatecas se utilizaban los molinos de sangre al ser mas complejo el funcionamiento de los de almadanetas en caso de ser molinos de sangre se aplicaba los fuerza en molinos de arrastre. Otro tipo de mecanismo hidráulico del cual hablaremos mas adelante son unos molinetes a manera de revoladora que se utilizan en el lavado y separación de los lodos, según observaremos estos también podían ser accionados por ruedas hidráulicas, comencemos por los molinos de molturación.

### Molino de sangre

En el caso de los molinos de sangre que se utilizaban en lugares donde no existía el agua, tenían que basarse en una fuerza motriz diferente al agua su construcción y diseño estaba determinado por estos factores. Se colocaban sobre un patio enlosado un eje sobre el que giraba libremente un poste en cuya otra punta se encontraba una piedra que giraba sobre su canto, la prolongación del poste servia para ubicar la fuerza motriz, un animal de tiro, el patio enlosado servia como muela fija y la móvil trituraba a su paso el mineral que la losa evitaba que se perdiera en el terreno a este molino también se le podía construir un pretil para confinar el material molido, la evolución del mismo utilizaba un doble pretil, el primero de los cuales tenia el cedazo para que solo pasara hacia la zona de recolección el mineral con la granulometría adecuada aunque esta adaptación ya fue tardía se tienen fotografías de este tipo de mejora.

Dentro de las crónicas del padre Ajofrín encontramos la descripción muy escueta de uno de estos molinos relacionándolo con los molinos de hacer aceite los cuales aunque fueran hidráulicos generalmente eran de arrastre *Traída la piedra de las minas a las labores o casas de fundición, la lavan la quiebran con martillos, la muelen con una rueda como molino de aceite*<sup>201</sup>

<sup>199</sup> **Boccara Guillaume**, *COLONIZACION, RESISTENCIA Y MESTIZAJE EN LAS AMERICAS (SIGLOS XVI-XX)* tomo 148 de la serie *Travaux de l'Institut Francais d'Etudes Andines*, Abya Yala Publicaciones, Ecuador 2002, págs.143 y 144

<sup>200</sup> **González Tascon Ignacio**, *op.cit.* pág. 309

<sup>201</sup> *Ibíd.* pág. 309





Molino de sangre, en una hacienda de beneficio en Guanajuato, estos molinos se empleaban cuando el recurso hidráulico no era tan abundante como para mover los molinos de almadenetas, fueron más comunes en Zacatecas, donde el agua era escasa y se prefería su utilización en el proceso de amalgamación y para el lavado de mineral *imagen: www.raulybarra.com*

### Molinos e arrastre o de xuchil hidráulicos

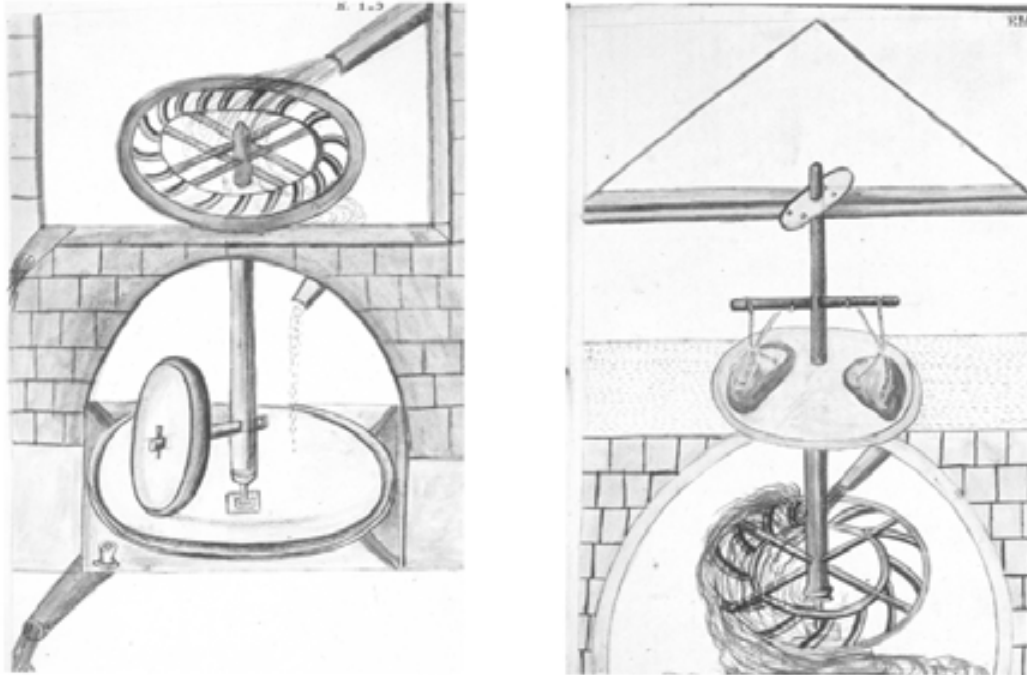
En esta modalidad de molinos de arrastre, encontramos los que funcionaban con un rodezno similar al de otras máquinas hidráulicas aunque de mayor tamaño<sup>202</sup>, el uso del rodezno y su mecanismo correspondientes es una de las máquinas hidráulicas más sencillas, ya que el movimiento se transmite directamente sin necesidad de engranes, a cada vuelta del rodezno una vuelta del eje, construir molinos de rodezno que además fueran de arrastre, originaba construcciones y espacios arquitectónicos muy similares a los de los molinos hidráulicos harineros, el rodezno tiene que ubicarse en la parte inferior del lugar donde se transmite el movimiento, lo que forzosamente propicia un espacio en dos niveles, la parte baja que denominamos parte húmeda tiene una bóveda en la que se encuentra el rodezno y en la que por medio de una caída de agua se hace girar la rueda, sobre la bóveda la cual es atravesada por el eje esta área de trabajo en la que se ubicaran las muelas de diferentes tipos.

En el área de trabajo sobresale del piso un eje vertical que es el que gira a cada movimiento del rodezno ubicado en la parte de abajo, en este eje se pueden ubicar por medio de un eje que salga de él una piedra que rueda sobre su canto, a manera de los molinos de sangre, se puede ubicar dos piedras encadenadas que a cada giro van rodando arrastrándose sobre la muela fija y en este arrastre triturando el mineral, dos piedras cónicas cuya superficie de contacto es mayor que la de una sola rueda horizontal, con la punta del cono fijada al eje del rodezno con lo cual giran sobre su canto, o dos piedras cilíndricas que también giran concéntricas al eje en movimiento por medio de un eje de madera hacia el eje en movimiento. Las piedras descritas

<sup>202</sup> Los rodeznos de los molinos de mineral llegaban a las 4 varas 3.3 m mientras que los rodeznos para molinos de harina no pasaban del 1.5m, Dato en ingeniería Española en Ultramar.



funcionan como piedras móviles y un poyo de piedra o el simple piso del área de trabajo pavimentado funciona como muela fija, para evitar la dispersión de la harina de mineral en toda el área de trabajo, se construye un pretil que confina el área de molido y desde el cual una vez detenido el movimiento se puede recoger el mineral triturado.

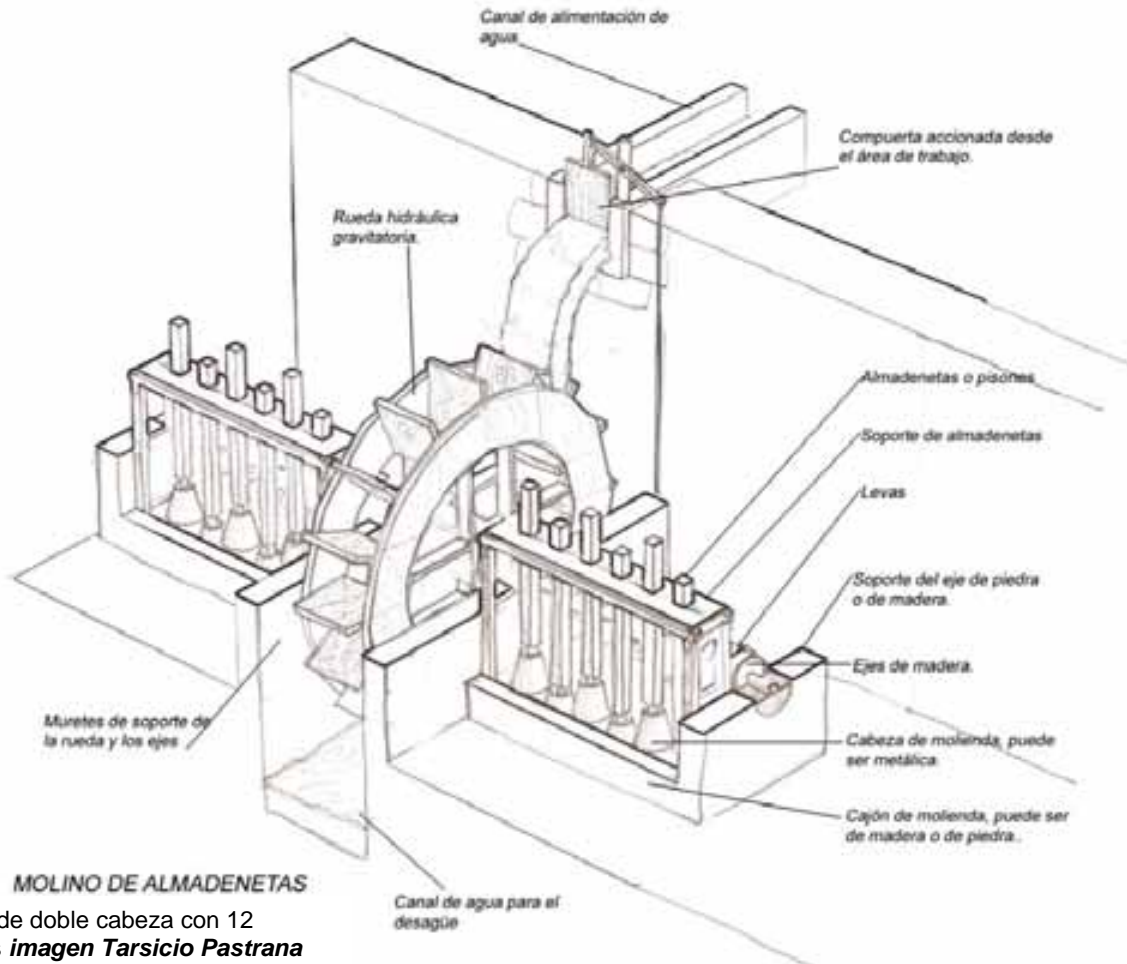


Los molinos de arrastre utilizan las muelas de piedra, por medio de molienda por fricción trituran el mineral, para accionarlos se utilizan ruedas hidráulicas, en los de la imagen se puede observar en ambos casos rodeznos, del lado izquierdo un rodezno superior con una muela de piedra giratoria colocada de canto, en el de la derecha dos piedras amarradas al eje que es accionado por un rodezno inferior que las hace girar, de esta manera por medio del arrastre de estas rocas se tritura el material, **imagen Colección Martínez Campañon, siglo XVIII en**

### Molinos de almadenetas

Utilizaban una rueda hidráulica vertical, que estaba sujeta a esfuerzos de gran magnitud, por lo que generalmente eran ruedas que funcionaban por gravedad, lo que garantizaba mientras no se interrumpiera el flujo hidráulico un movimiento constante, esta rueda vertical podía prolongar su eje en un sentido (molino de una cabeza, o en ambos (molino de dos cabezas), para efectos de esta descripción utilizaremos la prolongación del eje a ambos lados; este eje contaba con levas concéntricas pero ubicadas en diferentes posiciones de la circunferencia, hasta este punto se tiene la rueda al centro y el eje prolongado hacia ambos extremos con las levas en su superficie, en ambos extremos del eje se necesitan un par de pilares para evitar que los esfuerzos de la pieza de madera la torcieran y girara de forma excéntrica, de esta forma el eje esta apoyado en 3 puntos, los dos extremos y al centro en la rueda, ya que el eje gira sin esfuerzos de torsión se garantiza el trabajo eficiente de la maquina, para tal fin y considerando que la madera estará en contacto con el agua, se someten las maderas a tratamientos para saturarlas de humedad estos ejes también se refuerzan con cinchos metálicos





Se construye una estructura a ambos lados de la rueda en las cuales por medio de cuatro apoyos y unas guías todas de madera se pueden montar los mazos, en algunas fuentes se denomina a esta estructura el castillo, se requiere una fijación en la parte superior que permita el movimiento vertical y otra en la parte inferior para evitar movimientos fuera de la línea de acción, este soporte debe de tener la facilidad para extraer se ubicaban mazos colocados en la parte baja de un poste en cuya parte superior existía una protuberancia que era elevada a cada giro de la rueda, la elevación se terminaba al dejar la leva de cargar el poste, la caída por gravedad del mazo era la acción de percusión que molía el mineral. Este principio es similar a todos los molinos que utilizan el principio de la percusión para hacer su trabajo, el mazo tiene en su brazo una pieza que se acciona por medio de la leva en el eje que gira constantemente cuando esta leva deja de ejercer su presión sobre la pieza del brazo este cae por gravedad golpeando el material.

A cada uno de estos mazos se les denominaba cabezas o almadanetas, y para evitar la pérdida del material triturado se construía generalmente de cal y canto un recipiente sobre el que la acción de la cabeza hacia su trabajo, recordemos que las dos superficies que percusionan



tienen que ser mas duras que el mineral a moler, aunque las cabezas de los mazos se hacían de madera dura el secreto era la construcción de estos mazos en la parte mas resistente de la veta de la madera, la cual es mas resistente en un sentido que en otro, por otra parte se ponían en la parte baja del mazo placas y garras de fierro, siendo esto una de las partes mas complicadas del proceso por el suministro del material que se mantuvo como monopolio real, por lo que las cabezas y garras se tenían que hacer con material importado de España. estas zonas reforzadas de los mazos y el lugar donde se efectuaba la percusión estaban reforzados para este fin, la caja donde se realizaba el molido tenia la parte que recibía el golpe ( muela fija ) reforzada generalmente con un bloque de piedra resistente mas duro que el mineral a moler, con los que el triturado del mineral se hacia de manera mas rápida,

Existe un mecanismo para poder elevar el mazo por encima del eje de levas y así evitar que este accione el mazo con el fin de que se pueda sacar el mineral triturado o se pueda cargar nuevo. Otra manera de interrumpir el funcionamiento de la maquina para sacra el mineral era la interrupción del flujo de agua en la rueda, esto tenia la desventaja de suspender el trabajo en todos los mazos de la maquina. La rueda de estos molinos generalmente funcionaba por gravedad lo que hacia que el flujo de la corriente de agua fuera constante y por lo mismo la fuerza de giro siempre fuera la misma, con esto se garantizaba mientras las cabezas estuvieran en su lugar que estarían subiendo y bajando triturando el mineral.

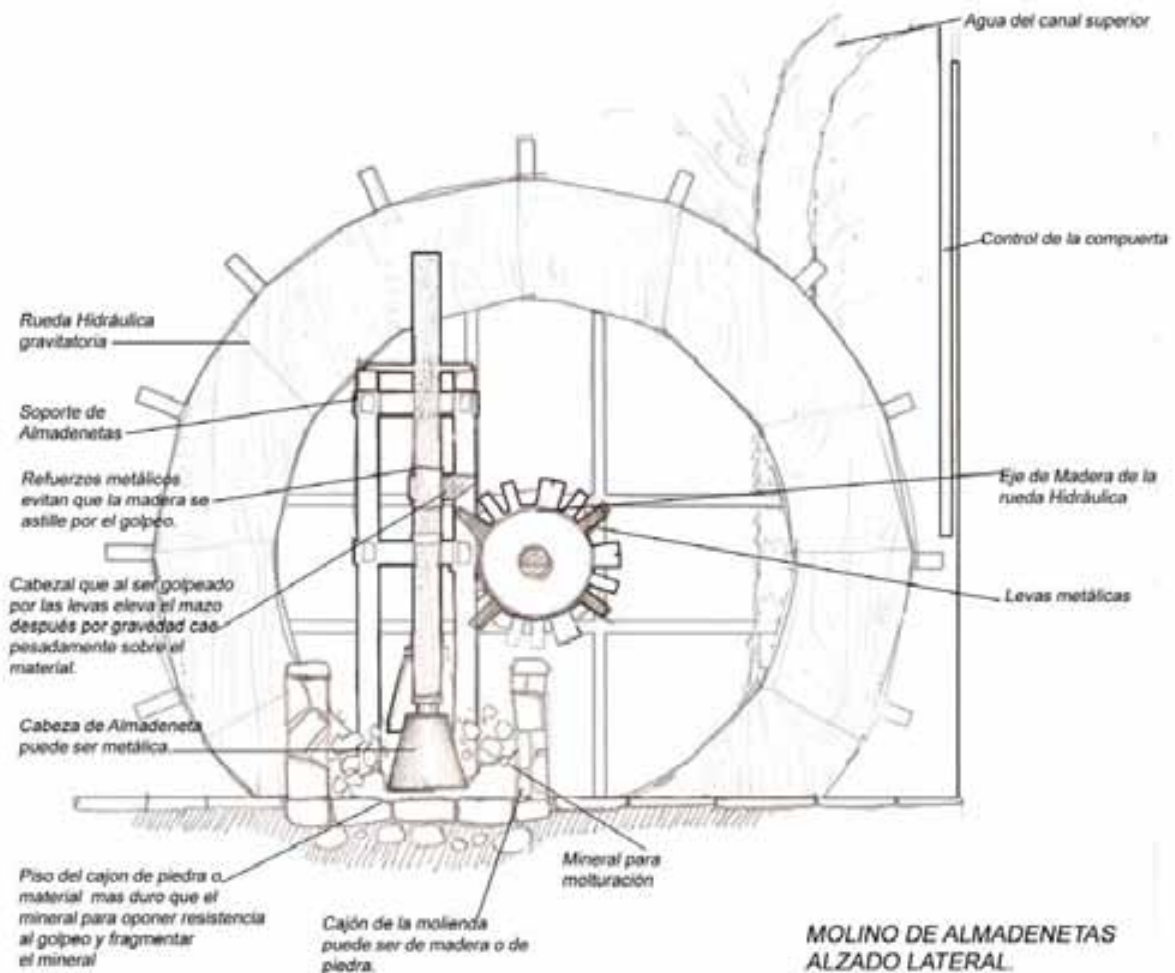


Imagen: Tarsicio Pastrana



En cualquiera de los tres tipos de molienda se obtiene un polvo que se cierne por medio de cedazos realizados con malla de hilo metálico y que marcaba la granulometría adecuada para llevarlo al siguiente paso del proceso, en este paso es donde aparecen los grandes patios que le dan nombre al procedimiento, como ya se dijo con anterioridad en un principio las mezclas subsecuentes al molido se realizaban en cajones de madera en los cuales se colocaban las harinas y se mezclaba con agua sal y azogue, por lo que al método de patio original de medina se le llamaba método de canoas, la necesidad de aumentar estos niveles de producción es lo que provoca que se acondicionen patios con extensas superficies para realizar las mezclas, en los patios se construían depósitos de grandes dimensiones conectados con infraestructura hidráulica básica de canales para agregar agua a las mezclas.

Los depósitos para la mezcla podían ser de varios tipos, los primeros utilizados eran los cajones de madera, los cuales podían llegar a ser de gran tamaño pero limitaban la producción de los lodos, en segundo lugar encontramos los depósitos contenidos con muretes de cal y canto, para mantener confinadas las mezclas, después los confinamientos temporales los cuales se mantenían en lo que la mezcla estaba fluida y después se eliminaban cuando la mezcla era pastosa, en cualquiera de los casos mencionados era de vital importancia mantener la mezcla en confinamiento para evitar la pérdida del azogue otro dato importante tomando en cuenta el nombre del método es que independientemente del tipo de contención, los procedimientos se realizaban en un patio de gran tamaño.

En el patio donde se realizara el beneficio se colocaba la harina transportada desde las zonas de molienda y se agregaba agua para hacer una mezcla, posteriormente se agrega sal y azogue, al respecto recurrimos nuevamente a la descripción que del proceso hace José de Acosta, en la cual todavía se mencionan los cajones de madera:

*cernida que esta la harina del metal la pasan a unos cajones de buitrones, donde la mortifican con sal muera, echando cada cincuenta quintales de harina cinco quintales de sal, y esto se hace para que la sala desangre la harina de metal, del barro o lama que tiene, con lo cual el azoque recibe mejor a la plata.<sup>203</sup>*

Otra descripción es la del Virrey de Montesclaros que sobre la operación de incorporo dice lo siguiente:

*este polvo o harinas se van poniendo en hoyos cuadrados que llaman cajones, allí les echan azogue i otras mezclas convenientes para que de la lei, esto es despliegue la plata, i aquella piedra o tierra con que nació incorporada; i para conseguirlo mas brevemente se ayudan del fuego i calor que les encaminan por ciertos buitrones, aunque ya se tiene por mejor valerse del sol<sup>204</sup>*

Cabe aclarar que el incorporo requería de agregar a la mezcla el azogue o mercurio, paso subsecuente al ensalmoreado que es el agregado de la sal en un cantidad entre el 2 y 3 %, antes de agregar el mercurio las harinas ya tenían agua y sal<sup>205</sup>, logrando una pasta a la que se denominaba torta y que era la que se extendía en los patios, cuando las tortas estaban listas para recibir el azogue, había cambiado su consistencia fluida por una mas espesa, En los patios ya fuera en cajones de madera, depósitos permanentes de piedra o temporales con simples contenciones se preparaba el incorporo.

<sup>203</sup> José de Acosta siglo XVI en **Von Mentz Brígida, TRABAJO, SUJECION Y LIBERTAD EN EL CENTRO DE LA NUEVA ESPAÑA**, Miguel Ángel Porrúa-CIESAS, México 1999, págs. 194 y 196

<sup>204</sup> Así describe el virrey Mendoza, Marqués de Montesclaros, el trabajo de la plata y el azogue en Potosí a comienzos del siglo XVII

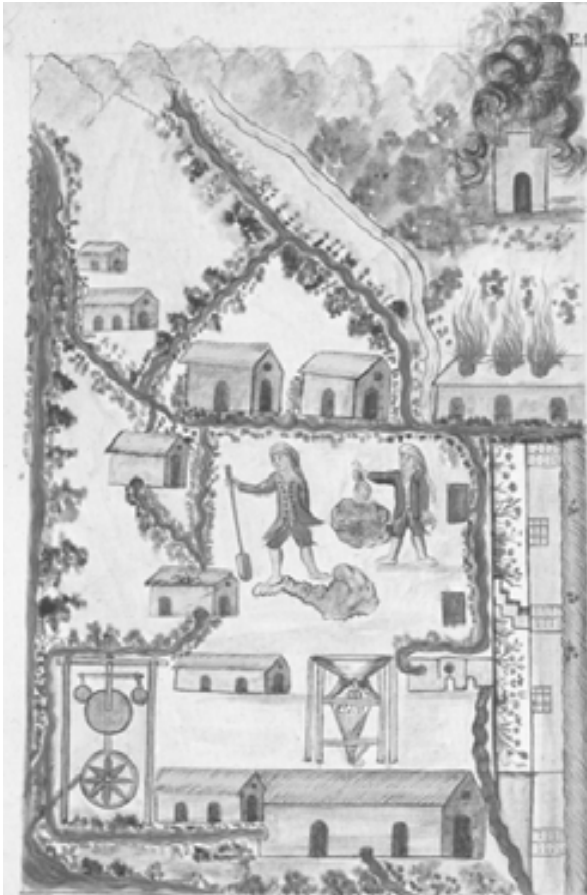
<sup>205</sup> **Herrera Canales Inés**, *op.cit.* págs. 53-66





Para el incorporo se agregaba por parte del maestro de azogues el mercurio el cual consistía en una cantidad entre 6 y 8 veces la cantidad de plata que se pensaba obtener<sup>206</sup> esta cantidad determinada por el criterio y la experiencia del maestro de azogues cargo muy valorado dentro de las haciendas de beneficio; para hacer esta operación se colocaba el mercurio en telas en las cuales se exprimía, al pasar por la tela este se fraccionaba en pequeñas cantidades que permitía ser agregado de manera mas uniforme como si se tratase de un aspersor. *Esprimen luego con un lienzo de holanda cruda el azogue sobre el metal y sale el azogue como un rocío y así se van revolviendo el metal para que a todos el se comuniquen este rocío de azogue*<sup>207</sup>

Antes de pasar al repaso se incorporaban los magistrales los cuales se obtenían de tostar minerales de cobre y hierro para ser agregados en cantidades entre el 1 y 6% la función de estos era mejorar el proceso de amalgamación<sup>208</sup>, el repaso consistía en la mezcla de estos ingredientes hasta por 12 semanas, dependiendo de la cantidad, el repaso se hacia por medio de trabajadores que se metían en la mezcla que en algunas ocasiones les llegaba hasta las rodillas y se movían en ella para lograr la amalgama, también contaban con palas y azadones de madera con los cuales movían la mezcla desde las orillas de esta, este procedimiento era altamente toxico por lo que se fue sustituyendo por el repaso con animales y en algunos casos por maquinas que lograban que ni los animales ni las personas estuvieran en contacto con el mercurio.



En la imagen de la izquierda se observa el procedimiento del beneficio de patio, en primer lugar los molinos que en este caso son de dos tipo, uno de arrastre que observamos en la esquina inferior izquierda y varios que probablemente sean de almadenetas en el interior de las casas donde se ve que entra y sale el agua, al centro observamos dos personajes, el de la izquierda repasa los lodos con los pies y con una pala el de la derecha agrega el mercurio a la mezcla, del lado superior derecho encontramos dos tipos de horno, otra situación que se puede observar es la disposición arquitectónica de los espacios en torno al patio donde se hace el beneficio, características de las haciendas de beneficio por patio **imagen: Colección Martínez Campañón siglo XVIII**

<sup>206</sup> **González Tascon Ignacio**, *op.cit.* pág. 327

<sup>207</sup> **Von Mentz Brígida**, *TRABAJO, SUJECION Y LIBERTAD EN EL CENTRO DE LA NUEVA ESPAÑA*, Miguel Ángel Porrúa-CIESAS, México 1999, págs. 194 y 196

<sup>208</sup> **González Tascon Ignacio**, *op.cit.* pág. 327



El repaso como ya se menciono duraban hasta 12 semanas tiempo en el cual se tenían que realizar el movimiento de las tortas periódicamente, volteando la mezcla una y otra vez, la temperatura de la mezcla era de vital importancia para completar el proceso, por ello el maestro de azogues agregaba magistral para calentarla o cenizas y cal para enfriarla. Una vez que a juicio del maestro de azogues se había completado la amalgama los lodos que estaban compuestos por varias sustancias entre las que estarían materiales orgánicos, tierra, plata amalgamada mercurio sobrante minerales incorporados tenían que ser separados.

El siguiente paso consistía en lavar lo lodos lo cual se hacia en depósitos de madera grandes tinas fabricadas ex profeso o en recipientes a manera de piletas de cal y canto en los que los lodos se agitaban en agua por medio de molinos que podían ser accionados con energía hidráulica, estos molinos de menor tamaño tenían como función mantener en movimiento la mezcla por medio de este movimiento se separaba el mercurio no amalgamado y las amalgamas de plata de los lodos y residuos inútiles en la crónica del virrey de Mendoza encontramos lo siguiente;

*i cuando por las pruebas conocen que tiene estado, lo echan en unas tinas como medias pipas, i allí lo van lavando dentro de la tina a fuerza de brazos, con un molinete que es a la traza de rodezno. Suélese escusar parte del trabajo valiéndose del agua para rodar el molinete, i cuando se hace así lo llaman lavadero. Lavado el metal, sacan la plata i azogue en una pella, pónenla en un anjeo (aspecto de lienzo tosco), tuercen, golpean hasta que despide el agua i algo de azogue; luego lo meten en moldes i tornan a golpearla hasta que toma forma de piña*

Posterior al lavado los residuos que por gravedad quedan asentados en la parte baja de las tinas de lavado tienen que exprimirse nuevamente con lonas y telas para recuperar el mercurio no amalgamado y utilizarlo en un nuevo proceso y con el material restante colocarlo en unas vasijas de barro con gorro cónico llamadas desazogaderas que son unos alambiques de barro en los que por medio de calor y a consecuencia de que el mercurio tiene un punto de ebullición mas bajo que el de la plata se separan estos dos compuestos quedando en el fondo las piñas de plata porosa, los poros son los huecos que el mercurio deja en la plata.

Con las piñas porosas de plata pura se llevan a los hornos donde se funden para hacer lingotes que se llevan a la caja real para ensayarse y pagar el quinto real correspondiente.

*limpia pues que esta la plata y el azogue que ya ello reluce, despedido todo el barro y tierra, toman ese metal y echando un lienzo, exprímenlo fuertemente y así sale todo el azogue que no esta incorporado en la plata... y estando bien exprimida la pella, que queda, solo, es la sexta parte de la plata y las otras cinco son de azogue.*

*Y para apartar la plata del azoque, ponenlas en fuego fuerte donde las cubren con un vaso de barro de la hechura de los moldes de panes de azúcar, que son como caperuzones y cubrenlas de carbón y danles fuego con el cual el azogue se exhala en humo, topando con el caperuzón de barro, allí se cuaja y destila, como los vapores de la olla en la covertera, y un cañón da modo de alambique recibese todo el azogue que estila y tornase a cobrar, quedando la plata sola*



El procedimiento completo puede resumirse en el siguiente cuadro:

Fase	Desarrollo de la fase
<b>Molido</b>	Mediante el empleo de molinos hidraulicos, se pulverizaba el mineral de plata extraido de la mina.
<b>Incorpora</b>	Se llevaba la mena mineral molida ( <b>harina</b> ) a un gran espacio abierto pavimentado ( <b>patio o incorporadero</b> ) donde se le añadía agua, sal común y azogue, hasta conseguir una pasta uniforme.( <b>torta</b> ), hecho que se aceleraba andando encima de ella al mismo tiempo que se removía con palas ( <b>repaso</b> ). Cuando el especialista ( <b>azoguero</b> ) consideraba que el mercurio había incorporado la mayor cantidad de plata (el proceso denominado del <b>incorporo</b> se alargaba hasta tres meses según las condiciones del mineral y el clima), se procedía al lavado de la <b>torta</b>
<b>Lavado</b>	El lavado de la <b>torta</b> se realizaba en grandes recipientes con palas giratorias para separar la <b>lama</b> (tierra e impurezas) de la <b>pella</b> (masa de azogue y plata), es decir separar los elementos no metálicos de la amalgama.
<b>Filtración</b>	La <b>pella</b> (producto semilíquido) era entonces introducida en bolsas de lona para que por el líquido fluyera la mayor cantidad de mercurio. Lo que quedaba era una masa sólida ( <b>piña</b> ).
<b>Calentamiento</b>	La masa sólida ( <b>piña</b> ) se calentaba debajo de una campana ( <b>capellina</b> ) para que le mercurio se vaporizara y se recuperara por enfriamiento
<b>Fundición</b>	.La <b>plata pura</b> que quedaba se fundía para convertirla en barras de igual tamaño

Hubo otros métodos, como el de cazo y cocimiento que el español Alonso barba perfecciono en Perú a principios del siglo XVII es de mencionar que en la zona del Potosí y debido al clima mas frío que existía en esa región<sup>209</sup> se crea un sistema de amalgamación en caliente en calderas de cobre este es el procedimiento de cazo y cocimiento que en México no fue tan efectivo como era el de patio, es importante mencionar que ambas innovaciones se crean en América tanto la de Patio en México como la de cazo y cocimiento en Perú para adaptar a las condiciones regionales el método de amalgamación, ambas por hispanos que vienen a América a trabajar en las minas.

El otro método que es una variación del de cazo y cocimiento es el Método del barón Ignaz von Börn o de Beneficio de Börn que se caracterizaba por realizar la amalgama dentro de barriles con aspas internas que se movían por medio de ingeniería hidráulica las ventajas eran muchas, en primer lugar el procedimiento completo de amalgamación podía durar máximo 4 horas, la perdida de mercurio se reducía y la obtención de plata era mayor que en el método de patio que podía durar como ya se ha mencionado hasta 3 meses dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad del ambiente.

Dentro del procedimiento de de Börn se requería tostar el material que se introducía de esta manera en los toneles con gran cantidad de agua, el magistral y el azogue, la razón por la que este procedimiento no funciono en México fueron varias, la primera el combustible que se requería para tostar los minerales, si el método de patio había tenido tanto éxito era en parte porque a comparación del de fundición había reducido la cantidad de combustible necesario, en muchas regiones de México la leña y el carbón son un bien escaso.

<sup>209</sup> La altura de la ciudad de Potosí es de, por lo que el clima más frío hacia más lento el proceso de amalgamación por el método de patio



La otra situación tenía que ver con la ley del mineral, si bien en México la ley era baja, la cantidad existente del mineral era mucho mayor que en cualquier otra región, es decir, los volúmenes de material necesarios para obtener la plata eran muy grandes aunque el metal fuera tan abundante esto significaba que el proceso del material era en gran escala, lo que originaba que la cantidad que se pudiera procesar en los barriles del método Born fuera baja, si se deseaba aumentar la capacidad de procesamiento se requería de barriles enormes que tenían que ser movidos por grandes ruedas que pocos ríos en México podían mover, además de que las regiones mineras estaban en zonas donde los cursos de agua son escasos o irregulares, las expediciones alemanas que vinieron a México y a Perú a tratar de implantar el sistema hacia finales del siglo XVIII se convencieron de que ambas regiones tenían que seguir con sus métodos habituales.

En Nueva España el método por excelencia fue el de patio lo cual se comprobó a lo largo de 350 años de vigencia llegando a los principios del siglo XX.

#### f. Arquitectura de las haciendas de beneficio



Plano de una hacienda de beneficio ideal que nos sirve para ejemplificar los espacios arquitectónicos que se derivan del proceso de beneficio por el método de patio: *imagen en Amador Manuel., Tratado Práctico y Completo de Trabajos de Minas y Haciendas de Beneficio*



MODELO DE HACIENDA DE BENEFICIO

Lámina 4a. Escala 1:750 Mts



Imagen Elizabeth Lozada

En la parte superior del plano observamos un patio donde se recibe el material y se lava, del lado derecho esta la **noria** que proporciona de agua a toda la hacienda por medio de un canal que se ve del lado derecho, no confundir con el **cárcamo** que lleva toda el agua de desecho al **charco de Lamas** para que de ahí se pueda procesar nuevamente, las **caballerizas** y la **pajera** cierran el patio del **revolcadero**, la siguiente línea de espacios son los **molinos** las **resayas** y las **tahonas**, de esta zona sale el material molturado para pasar al **patio** que esta dividió en 8 zonas para diferentes secciones en diferentes procesos, en este patio se hace la mezcla, colocando el azogue, en la parte baja del plano están los **almacenes**, del lado izquierdo la **casa habitación**, con **cochera**, el grupo de oficinas entre los almacenes y la casa son el **ensaye** donde se ensayaba la plata para determinar su calidad, la **administración**, la **raya** donde se pagaba a los trabajadores y el zaguán principal

Del lado derecho del patio la zona de **lavaderos** con su depósito interior de agua, para lavar las piñas obtenidas en el patio en la zona baja del **bañadero y lavadero**, el cuarto de los **azogueros**, el **quemadero** y la **fabricación de barras**, en el extremo derecho los **hornos** donde estas piñas se funden para hacerlas lingotes en el espacio de **fabricación de barras**, una noria más arriba del **depósito de mangujas**, proporciona el agua necesaria, insistimos en el **cárcamo** que reúne toda el agua que puede contener metales y la lleva al charco de las menas donde se vuelve a procesar para recuperar lo que lleve de mineral.



### e. Máquina para desagüe de las minas.

Como ya se ha mencionado otro de los factores mas importantes y que requería de mayor cantidad de recursos fue el desagüe de minas, conforme pasaba el tiempo y una mina se volvía mas profunda, se corría el riesgo de que se inundara, la inundación de minas tenia que ver con varios factores los cuales no podían ser anticipados, en primer lugar el tipo de terreno, el cual podía propiciar fuertes filtraciones sobre todo en época de lluvias, en segundo los niveles freáticos de cada zona, que a consecuencia de bajar cada vez mas era mas probable encontrarse con dicho nivel<sup>210</sup>.

Cualquiera que fuera la causa la inundación de una mina era una autentica tragedia, que en la mayoría de los casos provoco a lo largo del XVI el abandono de minas que todavía eran muy productivas, proporcionando la oportunidad para que en el futuro se iniciaran rescates de minas por parte de mineros durante los siglos restantes del virreinato, muchos de estos rescates fueron celebres, como el que realizo Borda en Zacatecas que ya se ha mencionado, el de la mina del Moran en real del monte con el diseño de una bomba por parte del ingeniero Andrés Manuel del río en el siglo XVIII y la mina de rayas por parte de Juan Díaz de Bracamonte.

La técnica más efectiva aunque la más compleja de realizarse se trataba de un socavón, el cual tenia varias ventajas de completarse con éxito evitaría que la mina se inundara ya que se excavaba con la pendiente adecuada para que la salida del agua fuera por gravedad este mismo socavón permitía en algunos casos el acceso de los mineros a la zona de trabajo sin necesidad de subir por el tiro, reduciendo tiempos de traslado del mineral y ahorrando horas hombre. Las desventajas eran varias, los cálculos para hacerlos no siempre eran acertados, ya que se requería de una planimetría adecuada para iniciar los trabajos de excavación, que requerían de un estudio previo de superficie para determinar el punto posible de salida del agua. La inversión económica era muy fuerte, pocas personas lo podían realizar, el tiempo también era otro elemento en contra, generalmente la construcción de uno de estos socavones era tardada tiempo en el cual la mina no podía se explotada.

El socavón mas impresionante construido del cual se tiene noticia se efectuó en san Luís Potosí en 1617, con una longitud de 230 metros que permitió el rescate de varias minas en el cerro de San Pedro<sup>211</sup> aunque no es el único ejemplo de túneles practicados en Nueva España, por ejemplo un intento fallido de desagüe en Real del monte represento 9 años y un túnel de un kilómetro que no funciono, este mismo conjunto de minas lo tomo Pedro Romero de Terreros y con una inversión de un millón de pesos y la excavación de un túnel esta vez bien planeados se desago el sistema de minas que compenso con creces la inversión aplicada en su rescate.

Un ejemplo más fue en Tehuilotepic tardo 12 años en realizarse y llego a los 404 m una vez mas la inversión se veía recuperada rápidamente por las ganancias que se obtenían de las minas rescatadas.

Como se ha mencionado pocos mineros podían hacer las inversiones tan fuertes en el caso del desagüe pensando básicamente que durante los trabajos de rehabilitación no se tenían ganancias y que muchas veces se podía perder la inversión con un túnel que no cubriera con el objetivo para el cual había sido ideado, por esa causa se recurrió a maquinas que cubrieran este trabajo la mas sencilla de ellas eran los tornos, aunque su sencillez también significaba

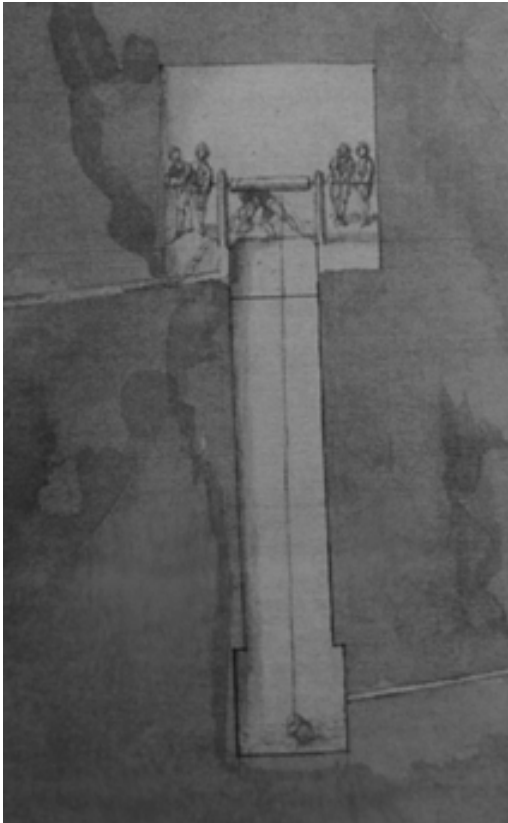
<sup>210</sup> **Trabulse Elías**, *DESAGUE DE MINAS EN LA NUEVA ESPAÑA en Artes de México numero 86 una visión de la minería*, México 2007, págs. 34-46

<sup>211</sup> *Ibíd.* págs. 34-46



una gran inversión en trabajo ( el o los hombres que lo tenían que accionar pasaban horas haciendo un trabajo extenuante) y un poco productividad en el desagüe de las minas.

El torno se conformaba de un mecanismo giratorio horizontal, un eje que se apoyaba por ambos lados y que era accionado por medio de una manivela que lo hacia girar, al cilindro de giro se sujetaba una cuerda que a cada giro de la manivela se iba enrollando, en la otra unta existía una bolsa grande de cuero llamada zaca que era elevada desde la parte baja hasta el sitio donde se encontraba el torno, este sistema requería de mas de un operario, ya que estos se repartían en el giro de la manivela y el vaciado de la bolsa de cuero, también 'por medio de este se lograba elevar el material desde la profundidad del tiro hasta la estación de trabajo formada por una plataforma donde se hacia el vaciado del material o del agua.<sup>212</sup>



Grupo de trabajo para desaguar minas, por medio de un torno y una zaca de cuero, de lado derecho se observa un canal de otro sistema similar, y del izquierdo se ve un conducto hacia otro sistema, es decir se desaguan las minas con sistemas escalonados de tornos y sacas, como el procedimiento era lento se subsanaba con equipos de trabajo numerosos **imagen torno de achicar minas en Almadén en técnica e ingeniería en España**

Esta situación de las estaciones de trabajo se determinaba por la altura y por la forma de la mina la cual era probable que en un solo tiro no pudiera extraer los materiales y el agua también a mayor altura mas esfuerzo de los operarios.

Otra de las maquinas que se empleaba para elevar el agua era la noria, la cual a diferencia del torno podía ser movida por animales de tiro, tenia la gran ventaja de que no requería de suspender el trabajo para descargar la zaca de agua es decir que la maquina giraba sin parar y sacaba agua sin detenerse<sup>213</sup>, las desventajas radicaban en el desgaste de la maquinaria y en el frecuente intercambio de animales de tiro los cuales no podían realizar el trabajo durante muchas horas. La noria consistía en una rueda vertical que en lugar de paletas tenia una

<sup>212</sup> **González Tascon Ignacio.** *op.cit.* pág. 306

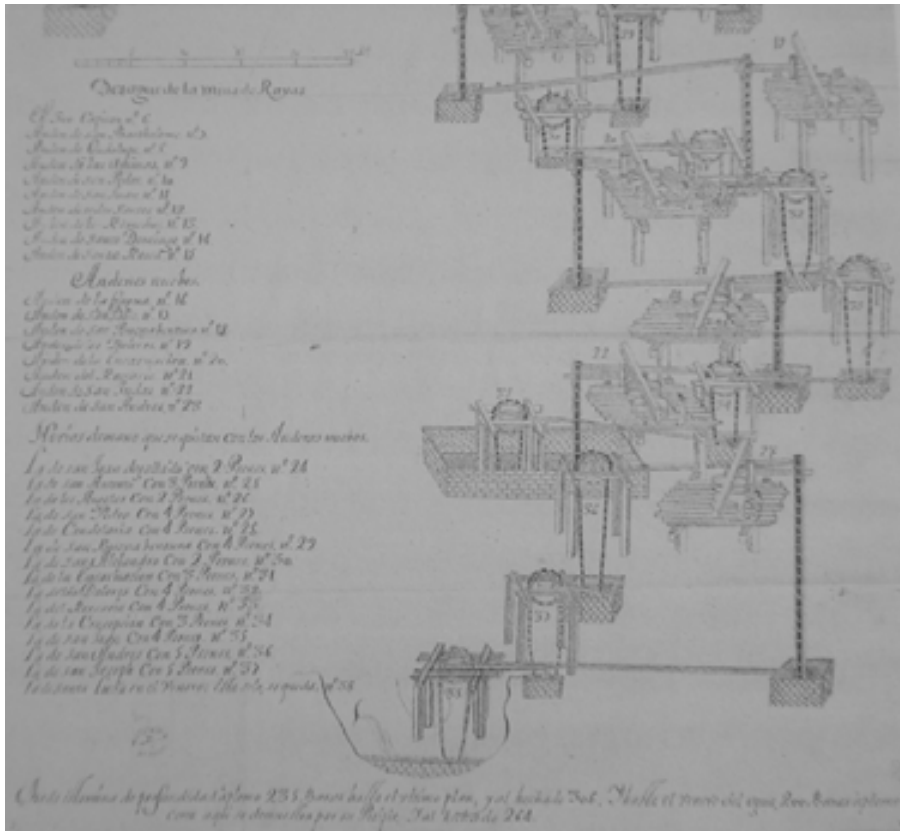
<sup>213</sup> *Ibíd.* pág. 307



cadena en la cual se amarraban las zacas de cuero, esta cadena podía ser variable en el diseño dependiendo del nivel desde el cual se quería elevar el agua, el mecanismo de transmisión del movimiento de horizontal a vertical requería de una pieza llamada linterna la cual se ubicaba en la parte mas extrema del eje que movía la rueda.

La rueda se ubicaba sobre el tiro, y la cadena con las zacas colgaba hasta el área donde se extraía el agua, en la parte superior de la rueda vertical se colocaba un canal, la zaca de cuero al dar la vuelta vaciaba su contenido en este canal y bajaba nuevamente en el giro constante de la rueda, el eje de la rueda se tenía que apoyar fuertemente en obra de cal y canto o madera, la prolongación del eje de madera hacia un extremo en el que se ponía la linterna marcaba el área de trabajo, en este lugar un engrane horizontal con la cara horizontal sobre la linterna dentada era accionada por medio de la prolongación del eje hacia una pieza de madera que sujeta al engrane se prolongaba hacia un extremo donde se sujetaba al animal de tiro que al caminar en círculos hacia girar el engrane.

Sobre sistema completos de norias uno de los mas espectaculares es el que diseño Juan Díaz de Bracamonte para desaguar la mina de rayas que quedo inundada en 1694 debido a que el arroyo de rayas se salio de su curso inundando la mina, ante esta problemática los antiguos dueños los agustinos le venden la mina a su abogado.



Fragmento del plano del proyecto para desaguar las minas de rayas en Guanajuato, con conjuntos de norias y animales de tiro accionándolas para lo cual se construye una rampa de acceso y plataformas de trabajo, esta gran obra de ingeniería permitía desaguar la mina, también por medio de las rampas y del sistema de acceso de los animales se pudo sacar de manera más fácil el mineral a lomo de animal. **Imagen interior de la mina de rayas siglo XVIII en obras hidráulicas en América colonial**

Para desaguarla diseñó un sistema de 8 norias subterráneas, para ubicarlas se diseñaron galerías que tenían que ser construidas en las profundidades de la mina en estas galerías se ubican nueve plataformas de madera cimentadas sobre pilotes de madera sobre la que se ubica la maquinaria, en cada una de estas plataformas había espacio para la máquina, el caballo, el giro del caballo y el peón que operaba la estación de trabajo, para el recambio de los animales se construyen rampas y galerías de acceso que tenían la doble función de permitir la circulación

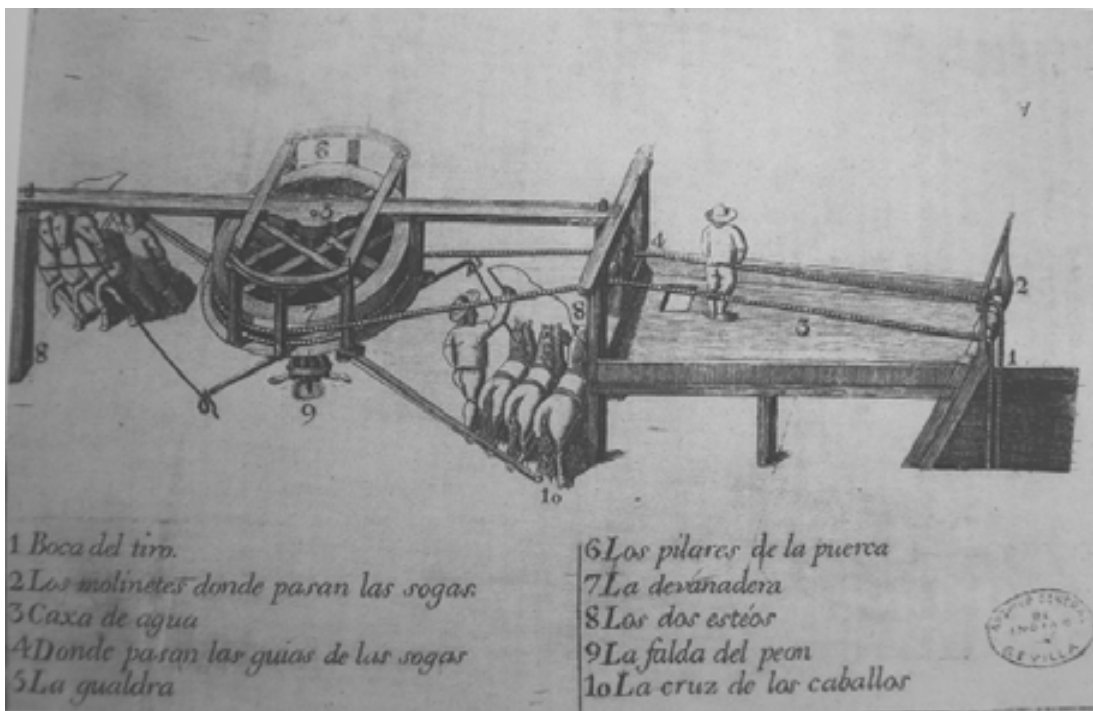




de los animales de tiro en este caso caballos los cuales por las condiciones de trabajo en el interior de la mina tenían que ser cambiados periódicamente y de permitir que por medio de mulas se extrajera el mineral y se llevaran herramientas.

Para subsanar el mantenimiento constante de maquinaria y engranes de las norias Juan Díaz las manda a construir con madera de mezquite muy resistente disminuyendo el desgaste de los engranes y por consiguiente los tiempos muertos generados por el cambio de las piezas desgastadas o rotas, con estos implementos tecnológicos la mina de Rayas en Guanajuato era una de las mas modernas en su tiempo.<sup>214</sup>

La siguiente maquina de desagüe que trataremos son los malacates conocidos también como cabrestantes esta maquina servia de igual manera para elevar agua que para elevar material con el mismo principio que la noria. El nombre de malacate es náhuatl y se le asigno al cabrestante de una manera tan exitosa que el termino es utilizado incluso en Europa francisco Javier de gamboa auditor y personaje reconocido en la minería de la Nueva España decía sobre el termino lo siguiente *llamase la maquina de las ruedas malacate por el eje o devanadera en que los cordeles o sogas se enredan o desenredan al subir o baja. Dicese malacate en el idioma mexicano al huso con que se hila y de ahí se transfirió al de las minas*<sup>215</sup>



Diseño de un malacate para una mina publicada en la gaceta de México en 1788 observamos el sistema de elevación por medio de los mecanismos accionados por animales de tiro, que tenían que ser renovados constantemente para evitar el agotamiento **imagen en Técnica e Ingeniería en España**

El malacate era una maquina accionada por animales de tiro, que mediante el uso de poleas y cilindros accionaba el movimiento de cuerdas que elevaban las zacas o los recipientes en los que se podía elevar el material. El malacate constaba principalmente de dos estructuras, una

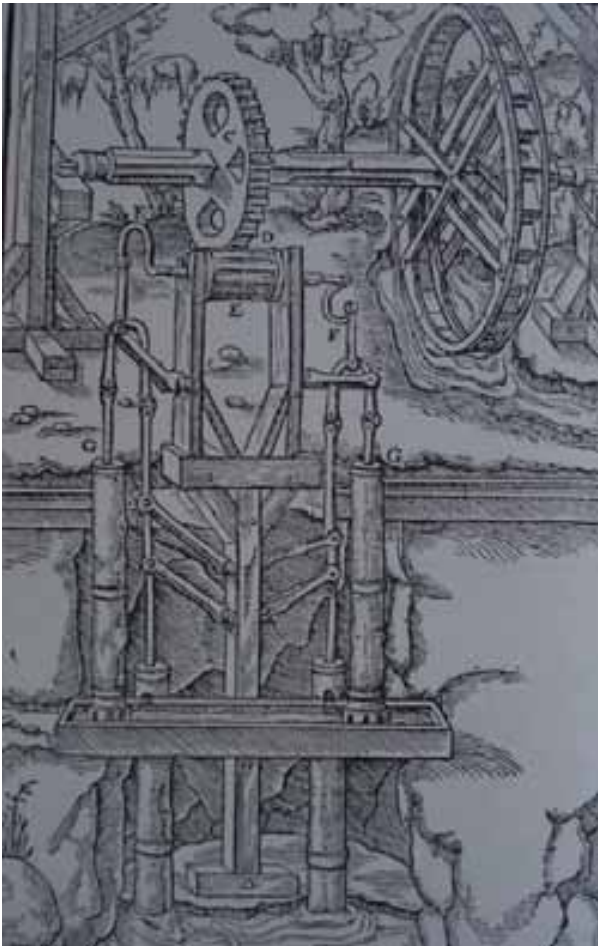
<sup>214</sup> *Ibíd.* pág. 340

<sup>215</sup> **Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores),** *op.cit* pág. 308



ubicada sobre el tiro y la otra a una distancia de aproximadamente 20 m en estructura a distancia se ubicaba una gualdra de gran tamaño apoyada en dos soportes uno e los cuales era solo para cargar la gualdra y el otro que se ubicaba del lado de la mina servia para ubicar cilindros para el giro de las cuerdas, al centro de la gualdra por medio de un eje horizontal se ubicaba el eje de una rueda que se apoyaba en su parte baja en una caja que permitía su giro y en la parte alta en la gualdra la rueda que mas bien era un cilindro permitía que se enrollara en ella una cuerda, el giro de este gran engrane se hacia por medio de animales de tiro, la cuerda se enrollaba en ella y pasaba por la estructura de apoyo ya descrita, para llegar a la segunda estructura que se ubicaba sobre el tiro de la mina en donde por medio de poleas facilitaban el giro de la misma en el caso de ser un malacate para extracción de agua existía una estructura auxiliar que permitía vaciar en un canal que a su vez iba a un deposito las zacas con agua que venían desde el tiro. La cuerda giraba en todo el sistema y podía a manera de noria tener un movimiento constante sin necesidad de cambiarse.

Los principales inconvenientes de los malacates era la rotura constante de las cuerdas y su bajo rendimiento para desaguar y elevar los materiales, situación que fue subsanada con la construcción de mas malacates, en algunos casos llegaron a operar simultáneamente 28 malacates los cuales se mantenían funcionando en las minas del conde de regla en la veta de la vizcaína en la zona de Pachuca y Real del Monte o los descritos por Gemelli Carreri en la mina de La trinidad en Pachuca en el siglo XVIII había en operación simultanea 16 malacates.<sup>216</sup>



Bomba de sifones en el tratado de Re Metálica de Agrícola estas bombas funcionaban a menos altura que las norias, pero eran muy eficaces y mas rápidas, utilizadas en conjunto con otras soluciones o para tiros pequeños.

***Imagen artes de México No 86***

<sup>216</sup> **Trabulse Elias**, *op.cit.* págs. 34-46



Finalmente las bombas de encañados que eran el sistema mas primitivo para el desagüe pero al mismo tiempo fue el primero en ser implementado ya se tiene conocimiento de las bombas que implementa cortes en las minas de Taxco similares a las que se utilizaban para achicar el agua en los barcos<sup>217</sup>

Estas bombas se hacían por medio del ahuecado de troncos en los cuales se colocaba un pistón también de madera, que era accionado en un movimiento de subir y bajar por medio de piezas de madera adaptadas al movimiento circular de unos engranes, en este movimiento vertical el pistón bajaba y cada que subía elevaba el agua que se introducía en el tubo por medio de una válvula en la parte superior del tubo de encañado existía otra válvula que daba a un canal que llevaba el agua a un deposito, para accionar el movimiento circular se acondicionaban manivelas que estaban fijas a una estructura similar a las de la noria, por medio del giro de animales se podía accionar estas bombas, en otros casos cuando esto era posible estas bombas se accionaban por medio de ruedas hidráulicas en ambos casos el sistema de engranaje era el que cambiaba, ya que los mecanismos de elevación de los pistones eran los mismos.

Estas bombas no podían elevar agua a mas de 9 metros por lo que si se requería de elevar agua a distancias mayores se tenían que construir sistemas de bombas con estaciones de descanso en los que se ubicaban varios de estos sistemas a lo largo de un tiro o de varios, el agua se elevaba de un deposito a otro hasta que llegaba a la bocamina y era canalizada hacia un deposito o a un río por medio de canales.

---

<sup>217</sup> **Sánchez Gómez Julio**, *op.cit*, pág. 451



## 5. Las maquinas que hacen harina

### a. Introducción.

En la introducción del presente capítulo menciono la importancia sobresaliente de los molinos por encima de otros ingenios, es importante la separación entre los ingenios que producen alimentos y los que producen objetos de primera necesidad, aunque los segundos producen insumos básicos, los primeros generan alimentos, la importancia de los que producen alimentos sobre los que producen objetos es obvia, mientras que los molinos harineros proliferan independientemente de las características de una región los segundos se localizan en zonas con vocaciones productivas y preindustriales.

Otra situación digna de mención tiene que ver con el principio de molienda aplicado al molino, este mismo principio ya mencionado de fricción o percusión y sus diversas soluciones son los generadores de los otros ingenios, en la mayoría de los casos los movimientos de otros ingenios aplican el principio de percusión para la obtención de sus productos esta es la razón por la que varios de los ingenios son conocidos como molinos de algo, molinos de aceite, molinos de papel, molinos de trapos, incluso molinos de hierro.

Antes de seguir hablando de los molinos harineros reiteramos los dos principios físicos fundamentales aplicados a la mayoría de los ingenios, la percusión y la fricción, ambos movimientos tienen que ver con los inicios de la molienda y sus caminos evolutivos diversos.

Existían dos maneras de moler: la primera por percusión, en el cual se ubicaba el material a moler en una superficie mas dura que el y con otro elementos de igual dureza que la base se golpeaba el material el cual iba disminuyendo el tamaño de sus partículas hasta obtener la granulometría deseada, el segundo por fricción, en el cual se ubica sobre una base de igual manera mas dura que el material a moler y con un elementos de cantos alisados se rueda sobre la base, este rodamiento fricciona el material entre las dos superficies duras y lo fractura obteniéndose la granulometría deseada.

Las culturas primitivas usaban piedra o madera para lograr estos fines y las herramientas diseñadas para tal fin se fueron configurando desde épocas muy tempranas, los materiales básicos eran las piedras, al golpear una con otra y colocar el material a molturar entre ella y al colocar una y rodar la otra encima ambos principios ya descritos son de vital importancia porque prevalecen en la mayoría de los ingenios básicos, los llamaremos así porque aplican de manera directa alguno de estos dos principios.

La percusión y la fricción se aplican a diferentes maquinas para obtener diversos productos, que son los ingenios de diferentes nombres, aunque en este trabajo se analizan por separado cada uno de ellos antes de mencionarlos por separado en esta introducción hablaremos de la denominación de molino, para diversos ingenios, como ya mencionamos por ejemplo, el batan también era llamado molino de trapos, el molino de papel es el ingenio productor de papel, los molinos de pólvora o el de minerales, el molino de fierro, en todos ellos pervive el nombre del ingenio que le da origen a todos los demás.

Centrándonos particularmente en los molinos harineros, empecemos retomando el origen de ellos de esta manera entenderemos mejor la evolución que siguieron lo básico dentro de la evolución del molino harinero es el producto que en el se obtiene, y este es la harina, que a su vez sirve para la producción de pan esta relación con la alimentación en particular con la alimentación por medio de granos, los cuales incluyendo sus derivados fueron y siguen siendo



el alimento básico de los diferentes pueblos de la tierra. Aunque todos los granos de diferentes partes del mundo fueron y son sometidos a procesos de molienda hablaremos en particular del trigo, de la mano de este grano esta la evolución de los primeros molinos harineros que derivarían en los molinos hidráulicos.

### **b. Historia de los molinos harineros**

En un inicio, el trigo se consumía directo de la espiga, en los procesos de recolección de las culturas primitivas y en su estado silvestre, después, al igual que con otros productos que acompañan al hombre en su evolución sean estos comestibles o no, el trigo paso por otros procesos, entre ellos la molturación para facilitar la ingesta de un grano que en la naturaleza se encuentra duro, esta molturación nos lleva a obtener harinas, la harina, podía ser de trigo, de cebada e incluso de legumbres, se mezclaba con agua en épocas mas tardías estas pastas de agua y grano molido se seguían consumiendo como es el caso del I puls o pulmentum, el alimento histórico de los romanos.

A estas mezclas de harina de diversos orígenes y agua se les aplico fuego obteniendo un pan primitivo, los primeros testimonios de la transformación del trigo en harina datan de hace más de dieciocho mil años, el pan era entonces muy diferente del actual una masa cocida que no se fermentaba similar en su forma a las galletas.

El paso mas importante para obtener pan fue descubrir la fermentación, Los egipcios son los que descubren como fermentar el pan alrededor del año 2600AC y comienzan a elaborarlo de diferentes maneras. De la forma de preparar el pan autores griegos y latinos nos dan muchos detalles Una vez molida y seca, la harina se cribaba, se mezclaba con un poco de levadura, agua y sal, se amasaba, se le daba forma y se cocía en el horno. Existía gran variedad de pan, dependiendo de la harina, del modo de prepara y de los que se le agregara al pan.

En los primeros tiempos del pueblo romano el pan se hacia en el interior de las casas (por las mujeres o por los esclavos), Los primeros panaderos surgen por el siglo V AC aunque durante toda la historia la practica de hacer el pan en el interior de la casa continuo vigente. Los patricios llegaron a tener esclavos únicamente dedicados a la elaboración del Pan. El lugar donde se conseguía el pan se denominaba pistrinum Este lugar era el horno profesional. En las antiguas tahonas era el mismo panadero quien molía el grano. De ahí la presencia de molinos al lado de los hornos.

No separemos el pan de los molinos porque este es el motivador principal de la creación y evolución del molino hidráulico, de la necesidad de obtener mayores volúmenes de material molturado en menor tiempo en primera instancia comienzan a crecer los molinos, recordemos que existían de dos tipos, de percusión y de fricción en ambos casos el aumento de tamaño también representaba dificultades para manejarlo, entre mas grandes las piedras mayor el esfuerzo para moverlo, en este punto es donde entra la rueda hidráulica, la cual tenia como objetivo evitar que el hombre hiciera ese trabajo, la incorporación es muy temprana se cree que las ruedas hidráulicas aplicadas a los molinos se encontraban desde mesopotamia,

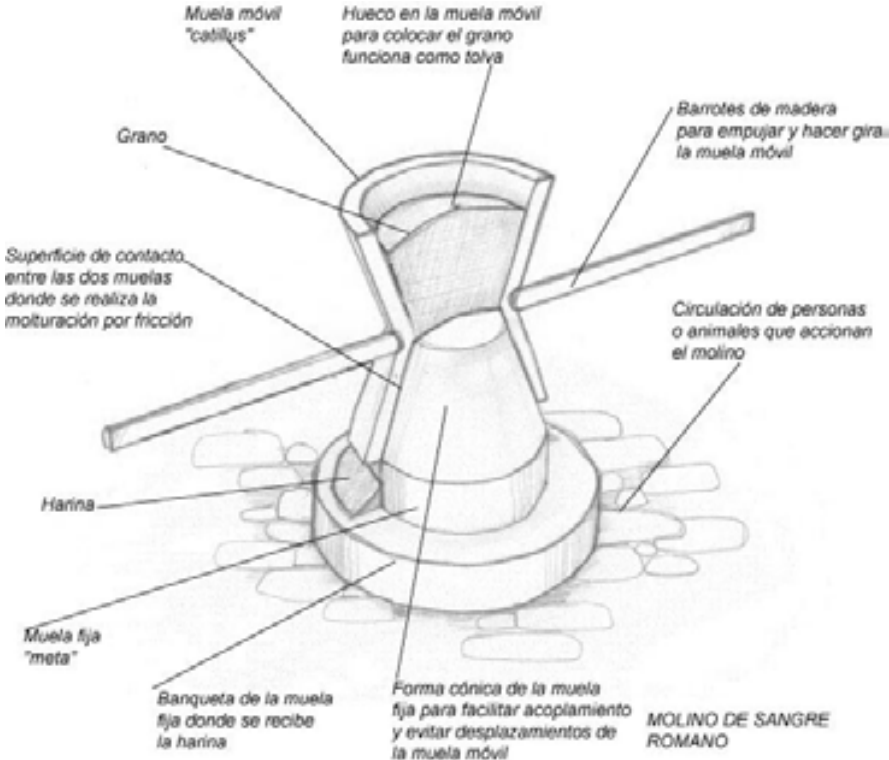
*“Dejad de moler, oh mujeres que trabajáis en el molino.  
seguid durmiendo, aunque los gallos canten la llegada del alba  
Demeter a ordenado a las ninfas del agua  
que hagan ellas vuestra tarea.  
Saltando en la rueda, hacen girar el eje  
que hace moverse las grandes piedras trituradoras”*



### Antipater de Tesalónica

Este verso de Antipater del 84 a. C demuestra que en Grecia ya se tenía conocimiento de la fuerza hidráulica para sustituir las labores del hombre en específico la molienda. El su libro X (siglo primero DC) Vitruvio nos describe el funcionamiento del molino de rueda vertical llamado aceña, que ya era conocido en el medio oriente en Persia y en las riberas del Mediterráneo Oriental antes de la Era Cristiana (siglo V a. C.).

El denominado molino de sangre no dejó de utilizarse y en algunos casos como al interior de las ciudades y lejos de los cauces de agua eran de uso más común, El molino primitivo romano consistía, esencialmente, en una parte fija, llamada meta, y una parte móvil, el catillus. Podían funcionar con la fuerza de los brazos o bien con tracción animal, utilizando asnos (mola asinaria) o caballos (mola iumentaria)<sup>218</sup>. Este tipo de molinos se siguió utilizando durante mucho tiempo sobre todo en las regiones que no contenían recursos hidráulicos. En la ciudad de Pompeya se encontraron los hornos y molinos de la ciudad, estos últimos de tracción manual o animal, en el puerto imperial de Ostia el descubrimiento fue similar, aunque existía el conocimiento de los molinos hidráulicos se necesitaba que el recurso estuviera cercano.



Molino de sangre romano, las piedras tanto la fija como la móvil se acoplaban perfectamente, de esta manera el espacio que quedaba entre ellas era aprovechado para por fricción moler el grano.

**Imagen Tarsicio Pastrana**

Otro impedimento para que el molino hidráulico se utilizara de manera más constante fue la enorme cantidad de mano de obra esclava que en flujo constante y consecuencia de las múltiples conquistas llegaban a las ciudades romanas, mientras hubo esclavos para mover los molinos no existió la necesidad de los molinos hidráulicos, esto no quiere decir que no existieran, los molinos del Janicullo en la colina del mismo nombre en Roma aprovechaban el agua Trajana para mover sus ruedas y tener una producción alta de harina.

<sup>218</sup> **González Tascon Ignacio**, *LOS MOLINOS HIDRAULICOS EN EL MUNDO ANTIGUO en Los molinos y las aceñas diversidad tipológica y criterios de emplazamiento*, arquitectura rural en Andalucía, España 2004, pág. 2



Los romanos son los que llevan el molino hidráulico a todos los territorios que dominaron, este molino era de rueda vertical (aceña), en algunos sitios se utilizaba el de rueda horizontal, que requería menores esfuerzos de mantenimiento por transmitir la fuerza directa hacia las piedras sin necesitar de engranes (cuya pieza principal se llamaba "linterna")

Incluso de la época Romana se han encontrado restos de varias factorías de harina, el cambio en el nombre de ser un simple molino a ser una factoría tiene que ver con el numero de pares de muelas, en los molinos del Janicullo que ya mencione había 6 aceñas, o en la factoría de Barbegal cerca de Arles al sur de Francia con 8 ruedas de 210cm cada una con una producción aproximada de 28 toneladas diarias.<sup>219</sup>

Con la invasión árabe en España el molino se ve enriquecido con nuevos elementos, ellos incorporan el sistema de molinos de cubo y modifican el uso que estaba generalizado en las aceñas haciéndose más popular el molino con rodezno, La palabra Aceña procede el árabe Al-saniya, en este caso la rueda o mecanismo que mueve el eje es vertical a la corriente del agua, en el molino es horizontal.

La aceña se ubicaba en los cauces principales de agua, siendo su producción mayor el molino requería de menos recursos hidráulicos, colocándose este en arroyos y pequeños cursos que en al mayoría de las veces requerían de obras complementarias para canalizar el agua y almacenarla, la aceña necesitaba mas recursos para ser construida, estos los proporcionaban los nobles y los ricos de la región y controlaban el uso de los molinos y las aceñas, En la época medieval, los campesinos estaban obligados a acudir al molino del señor y a pagar una determinada cantidad de grano o harina, llamada "*moltura*" en algunos lugares, y que más tarde en Castilla y León tomará el nombre de "*maquila*". Los árabes incorporan a la tradición hidráulica hispana muchos de sus conocimientos.

Con el paso de los tiempos el molino pasa a ser propiedad de órdenes religiosas, militares, abadías, señoríos laicos y cabildos o monasterios, que ejercían el monopolio del transporte del grano y de la harina. Desde el siglo V al siglo VIII, se extienden de manera general por toda la Península Ibérica.<sup>220</sup>

Por otra parte, la construcción y gestión de los molinos harineros dan lugar a toda una legislación que aparece tanto en los Fueros como en las distintas recopilaciones de leyes y ordenanzas con el fin de regular su funcionamiento. Por lo general la construcción de una aceña era complicada y requería de ciertas partes metálicas, por el contrario el molino podía ser reconstruido eliminando las partes metálicas y sustituyéndolas por madera podía ser construido en casi cualquier arroyo con mediano caudal o incorporando elementos que le permitieran su funcionamiento (canales, represas, embalse etc.) en su construcción participaban grupos de vecinos, que posteriormente se repartían proporcionalmente las horas de uso entre los siglos XI y XII se popularizo este sistema de propiedad, donde el molino era propiedad de varios que se repartían el tiempo de uso Se produce por tanto un fenómeno de mancomunación de los gastos de construcción y mantenimiento y como consecuencia se comparten también los tiempos de uso, este fenómeno también se exportará mas tarde al sistema de propiedad de la Aceña una vez que ha decaído el poder señorial.

<sup>219</sup> **Syson Leslie**, *BRITISH WATER MILLS*, BT Batsford LTD, Great Britaine 1965, pág 20

<sup>220</sup> **Leroux-dhys Jean Francois**, *LAS ABADIAS CISTERCIENSES HISTORIA Y ARQUITECTURA*, Köneman, España 1999, pág. 46



De la importancia de los molinos y los ingenios derivados encontramos los tratados el ampliamente comentado los 21 libros de los ingenios y las maquinas en su libro XI habla de los diversos tipos de molinos y por fin en el siglo XVIII los ilustrados franceses los estudian y describen en la enciclopedia.

Los molinos hidráulicos pasan a América con los Españoles, anterior a esto en el territorio que ahora es México se molía por medio de dos instrumentos que persisten sin alteración después de tanto tiempo, el molcajete que utiliza el principio de percusión y el metate que usa el principio de fricción, ambos siguen siendo utilizados, con lo que se comprueba que los molinos primitivos siguen vigentes, aumentándose a su repertorio cada molino que se innova.

En nueva España se construyen molinos siguiendo las técnicas y costumbres tradicionales en España, el modo de administrarlos y otorgar las concesiones fue similar a los ya descritos, solo el virrey podía conceder permiso para la construcción de un molino, se otorgaba el herido de molino con una dimensión especificada en el documento (surco, buey etc.) y el sitio en que debían de tomar el agua, también en Nueva España los propietarios de los molinos eran nobles o personas de gran riqueza y el clero, solo ellos tenían los recursos necesarios para mantenerlos en operación, las ordenes mendicantes y los institutos religiosos fueron grandes constructores de molinos, al igual que en los monasterios cistercienses los conventos en Nueva España establecían panaderías y molinos en su interior, ejemplo de esto es el molino de cubo localizado en el convento Dominico de Cuilapan en Oaxaca un pequeño molino que evidencia como propósito de construcción el equipamiento del convento, caso contrario los molinos de Xuchimangas anexos a los colegios Jesuitas de Tepetzotlán, construidos además del autoconsumo para comerciar con los excedentes, mientras en Cuilapan es de un solo cubo con un par de muelas, en Xuchimangas son dos molinos, uno de 4 y otro de 2 cubos que en conjunto tenían 6 pares de muelas<sup>221</sup>

La molienda seguía siendo uno de los negocios más rentables y el estado analizaba y determinaba a quien otorgaría este poder, la concesión de un herido de molino otorgada por el virrey de Mendoza para el pueblo de Tepetzotlán se hace sobre un canal prehispánico de este herido de molino surgirán después los primeros molinos de Xuchimangas<sup>222</sup>, la autoridad esta muy involucrada en la concesión y revisión de los molinos. otros casos de la intervención del gobierno en los asuntos relacionados con los molinos se describe en el libro de Gloria Artis Espriu habla del un litigio establecido por Felipe Verasmendi propietario de la hacienda de Guadalupe en la que se encuentra un molino contra Andrés de Salcedo que solicita permiso para establecer un molino en Zinacantan, Verasmendi reclama por la proximidad del supuesto molino con el suyo argumenta que esto afectara la producción del suyo y que se debe de reconsiderar el otorgar el permiso<sup>223</sup>.

Tecnológicamente los molinos no habían sufrido transformaciones substanciales y siguieron así hasta finales del siglo XVIII, en que a consecuencia de la revolución industrial las piezas metálicas empiezan a sustituir a las piezas de madera, piezas como la rueda hidráulica se fabrican completas en metal; en esta etapa la rueda hidráulica fue un elemento incorporado a las nuevas industrias. En México en el siglo XVIII los molinos incorporan elementos físicos y administrativos de la etapa industrial que se estaba viviendo, se convierten en verdaderos monopolios que abarcan todas las etapas de la cadena productiva, adquieren el grano lo

<sup>221</sup> Pastrana salcedo Tarsicio, *op.cit.* pág. 20

<sup>222</sup> *Ibid.* pag 21

<sup>223</sup> Artis Espriu Gloria, *REGATONES Y MAQUILEROS EL MERCADO DEL TRIGO EN LA CIUDAD DE MEXICO EN EL SIGLO XVIII*, Colección Miguel Othon de Mendizábal ediciones de la casa chata, México 1986, pág. 19





maquilan, los almacenan y lo distribuyen; en algunos casos incluso se contaba con panaderías en las que la harina era transformada en pan, es el caso de la panadería propiedad de los jesuitas del colegio máximo de San Pedro y San Pablo, la harina llegaba de las haciendas cerealeras y molineras al almacén del colegio máximo, de ahí se distribuía y vendía en diferentes lugares, uno de estos era la panadería de su propiedad.

EN el siglo XIX en los alrededores de la capital de México existían los siguientes molinos: Santo Domingo y Valdez en Tacubaya, del Rey en Chapultepec, Blanco y Prieto en los Remedios, Río Hondo y Santa Mónica en Azcapotzalco, Del Moral y Socorro en Chalco, la blanca en Texcoco y Zavaleta en Ameca<sup>224</sup>, algunos de estos como el de Belem con toda la maquinaria metálica obteniendo con esto mejores rendimientos.

Los adelantos tecnológicos provocaron que este tipo de molinos desapareciera, los molinos actuales son grandes industrias que trabajan con otros tipos de energía como la eléctrica, y en las que se muelen toneladas de grano, su característica arquitectónica principal son los silos de almacenamiento, grandes cilindros de concreto que son visibles en el conjunto, los molinos hidráulicos no sobrevivieron a las transformaciones tecnológicas y a una demanda creciente, las grandes ciudades actuales requieren de volúmenes de harina proporcionales al número de habitantes la tecnología hidráulica no subsanaba estas necesidades, de todas las transformaciones que han afectado la evolución de los molinos uno de los más significativos en el siglo XX es la necesidad productiva, los molinos actuales son establecimientos industriales con organización de tipo empresarial que producen la harina de manera industrial se distribuye a diferentes sitios (panaderías, tiendas de autoservicio, tiendas locales) se envasa con diferentes capacidades y presentaciones.

### **c. Funcionamiento del molino harinero de rodezno.**

Los molinos tenían que ubicarse en una región hidráulica, en la mayoría de las ocasiones no estaban aislados, formaban parte de complejos sistemas hidráulicos que estaban formados por conjuntos de molinos a lo largo de la ribera de un cauce. El primer elemento del cual se forma el molino es una represa llamada "azud" que puede encontrarse en cercanía o un poco retirada de las instalaciones de molienda, la cual toma agua de un arroyo o cauce de agua y la almacena formando un estanque.

Los canales que salían de la azud, se construían de mampostería fuerte, y en algunas ocasiones excavados en el terreno estos canales distribuían el agua hacia los diferentes sistemas del complejo, en este caso al molino, este canal tenía en sus trayecto piedras con muescas para la colocación de compuertas que desvían el curso del agua a otro canal secundario o para colocar rejillas que retienen la basura a lo largo del trayecto la pendiente de estos canales y los sistemas de compuertas eran cuidadosamente diseñados y estudiado previo a su construcción para favorecer siempre el flujo del agua y evitar estancamientos en el canal.

En la entrada del molino se colocaba la compuerta maestra que cerraba el paso del agua hacia las instalaciones, en el embalse se acumulaba el agua, esto tenía como función el tener una reserva del líquido o en el caso de no tener cubos generar presión para la entrada a las saetillas las cuales se colocaban directamente al costado del embalse, si el molino era de cubos, pero no contaba con embalse se procedía a abrir incisiones en la pared del canal, estas incisiones con

---

<sup>224</sup> Cossio José L., *GUIA RETROSPECTIVA DE LA CIUDAD DE MEXICO*, Espejo de obsidiana, México 1990 pag115



sus respectivas compuertas permitían el llenado de los cubos, al terminar el embalse o la sección del canal dónde se encontraban los cubos existía otra compuerta que reintegraba el agua a otro canal que la llevaría a su vez de vuelta al río o a otra área del sistema

El cubo es un elemento arquitectónico incorporado por los árabes a la tecnología de los molinos este fungía como deposito de agua, por lo general construidos al costado del embalse o del canal principal se controlaba su llenado por medio de compuertas, su construcción debía de ajustarse a ciertas reglas que de cumplirse garantizaban el correcto comportamiento del agua sobre todo en sus flujos y reflujos.

Los muros eran de piedra de considerable anchura dependiendo de las dimensiones del cubo y de su capacidad de almacenaje además de si iba a ser construido bajo tierra o en superficie; En la parte final del cubo se colocaba la saetilla, la base del cubo presentaba una inclinación hacia la boca de entrada del saetín el cual presenta un recorrido casi vertical y cuyo orificio de salida era menor que el de entrada, esto favorecía la presión del agua que aumentaba su fuerza al llegar al cárcavo, la salida de la saetilla contaba con una válvula que se podía accionar desde la sala de molienda para regular el flujo del agua que pegaba en el rodezno.

El edificio del molino se componía de dos áreas fundamentalmente, en la parte de abajo se localizaba el cárcavo sala abovedada para colocar la rueda o las ruedas del molino, la saetilla salía directamente a este sitio, en la parte superior se encontraba la sala de molienda donde se ubicaban las muelas y las áreas de manejo de grano y harina, en algunos casos había un tercer nivel en el que se encontraban las áreas de apoyo (caballerizas, almacén, bodega de herramientas, etc. ) y la vivienda del molinero.

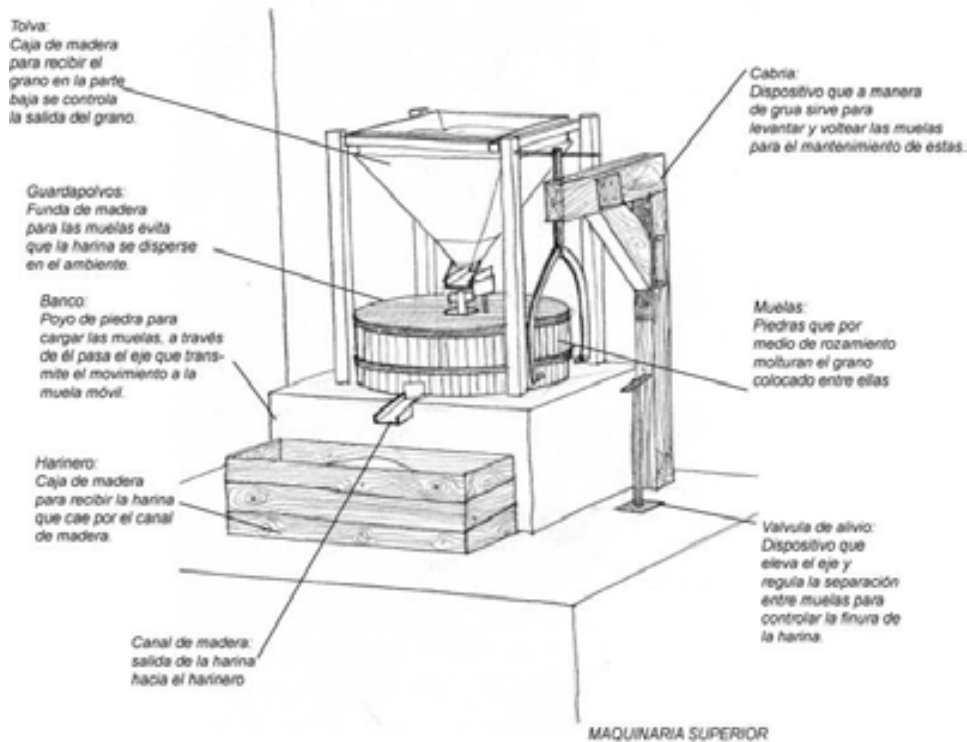
El rodezno se colocaba en el cárcavo sobre una viga o una base que se hundía en el piso, (que solía ser el terreno natural) y que permitía mantener la rueda fuera del agua para que girara libremente además de impedir movimientos laterales del rodezno. Esta viga tenía un mecanismo que se accionaba desde la sala de molienda y provocaba el desplazamiento vertical de la rueda.

Los rodeznos tenían un diámetro que oscilaba entre 80 y 160 cm su frecuencia de giro estaba en torno a 110 r.p.m., la velocidad era variable dependiendo del flujo del agua y de la presión de la misma en su parte inferior el rodezno contaba con una pieza, llamada gorrón o punta, que giraba sobre la rangua, encajada a su vez en la base, la base como ya se menciono podía ser una viga o estar directa al piso. El rodezno era de madera y estaba unido a un eje que giraba conforme la rueda era “herida” por el agua, posteriormente el agua seguía su curso salía del cárcavo y llegaba al socaz que era un canal de salida que la llevaba a otro molino o al río nuevamente. Una aportación de importancia hecha por los árabes al diseño de los rodeznos es la posibilidad de cambiar las cucharas o alabes de manera independiente de esta manera si se rompe uno se puede cambiar sin desmontar todo el rodezno.<sup>225</sup>

El eje del rodezno pasaba a través de la bóveda del cárcavo y por en medio de la piedra fija, para unirse a la piedra volandera, El movimiento circular del rodezno se transmite a la muela superior o volandera por medio de un eje de madera. El eje encaja en la piedra molar inferior o solera, con una pieza metálica y en la piedra superior con el palahierro que se conecta a la lavija, acoplada a la moledera, para transmitirle el movimiento a la misma.

<sup>225</sup> **Reyes Meza José Miguel**, *TECNOLOGIA Y ARQUITECTURA POPULAR en los molinos harineros en la provincia de Granada*





En los 3 tipos de molinos analizados, este conjunto superior es el que se mantiene sin cambios. **Imagen Tarsicio Pastrana**

Este conjunto de piedras (la fija y la volandera) eran en la mayoría de los casos colocadas sobre un banco hecho de mampostería para mantenerlas elevadas del piso de la sala de molinenda<sup>226</sup>, se cubrían con una caja de madera denominada “guardapolvos” que impedía que la harina se mojara o se ensuciara y que tenía una sola salida en la parte frontal, al frente de la misma y a menor altura se colocaba el harinero que era un recipiente de madera que recibía la harina ya molida.

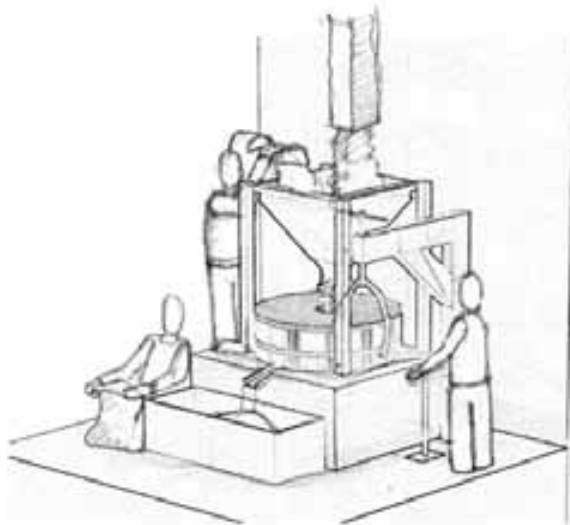
El diámetro de las piedras oscilaba entre 1,30 y 1,40 metros, los ojos de las muelas sobre unos 15 a 30 centímetros y su grosor entre 20 y 30, lo que nos da un peso aproximado del conjunto solera - volandera de unos 2000kg. Por supuesto que este peso necesitaba de un refuerzo extra en la estructura del cárcavo que lo soportaba, por lo general el techo del cárcavo se hacía en forma de bóveda para soportar este peso

El grano era depositado en la parte superior de la piedras en un recipiente llamado tolva, que se colocaba encima del guardapolvos o se sujetaba a una estructura de madera y quedaba independiente del guardapolvos, se podía regular la distancia entre la piedra volandera y la piedra solera con la llave de alivio que permitía al molinero regular con más precisión tanto la separación como la velocidad de las ruedas molederas la harina producto de esta regulación podía ser fina o gruesa, la primera para consumo humano la segunda para los animales.

<sup>226</sup> Escalera Javier y Villegas Antonio, *MOLINOS Y PANADERIAS TRADICIONALES*, Editora Nacional, España 1983, pág. 108



Para regular la cantidad de grano que se va a moler se dispone de un sistema de dosificación, en la base de la tolva y directamente sobre el ojo de la piedra y del guardapolvo había un canal que iba regulando el ingreso del grano a la molienda, por medio de un tensor, otro aditamento el "triqui-traque" que utiliza el movimiento del eje mediante una rueda dentada, produciendo un ruido que es la causa de su nombre se colocaba en eje del sistema y por medio de unas aspas golpea el canal esto provoca que el grano caiga en el interior del ojo; esto permite al molinero una cierta libertad. La cantidad de grano tiene que estar dosificada, ya que si es mucha puede salir sin moler o parar la maquinaria, y si es poca, gastar excesivamente las "muelas".



Trabajo en un molino harinero, se deposita el grano en la tolva, ya sea de forma manual o por medios gravitatorios, se regula la separación entre piedras así como la velocidad de giro del rodezno, finalmente se recoge en la parte frontal la harina y se llenan los sacos. **Imagen Tarsicio Pastrana**

La harina se vertía por un canal hacia el harnero donde se recogía para su posterior envasado en sacos y transporte, este harnero podía ser de madera, de piedra o en algunos casos se tendían paños en todo el perímetro de las muelas para recoger de esta forma la harina en todo el perímetro.<sup>227</sup>

Toda la estructura de madera, desde la tolva de entrada del grano hasta el canal de salida de la harina, se sometía a un movimiento vibratorio, que ayudaba a la entrada del grano y a verter la harina al harnero. Por último y antes de proceder a su envasado la harina era preparada eliminando posibles impurezas y granos no machacados adecuadamente. El cernido se realizaba manualmente con cribas o con un sistema mecánico accionado también por la energía proporcionada por el agua el cedazo que constaba de un rodillo con palas giratorio. una vez separados harina y salvado se envasaba en los sacos o costales.

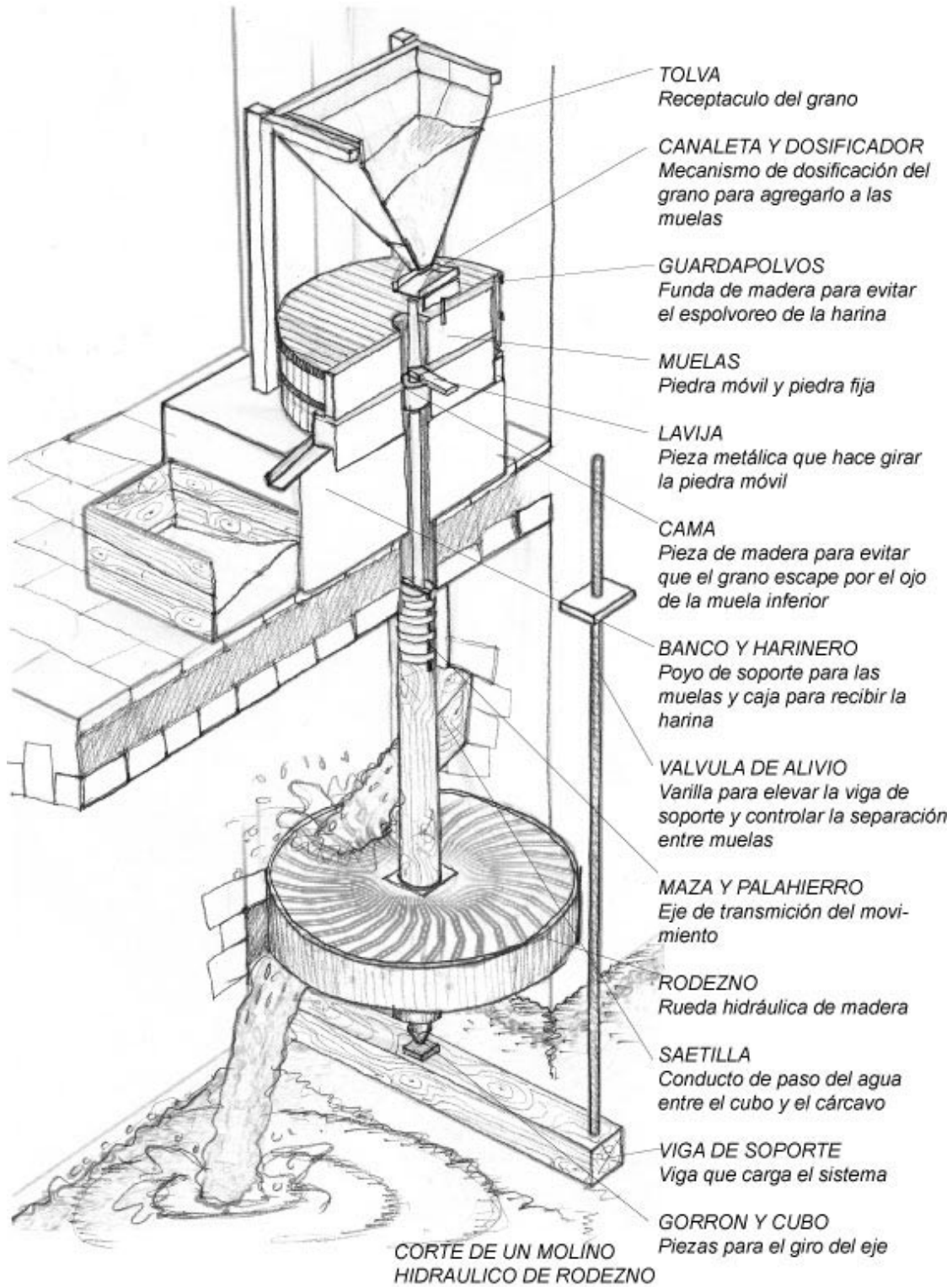
Las estrías de la muela superior se desgastaban por el uso y se tenían que cincelar periódicamente. Para mover y voltear la muela se contaba con el dispositivo llamado cabria. Sobre la estructura en la que descansaban las muelas se levantaba una percha en ángulo, reforzado con un cartabón. Al final del brazo de la percha se colgaba unas pinzas de hierro que se cogían a los orificios esculpidos en los laterales de la muela. Con el peso, las pinzas se cerraban sobre la muela. La muela era izada y volteada para proceder al repicado.

La labor de repicado se iniciaba levantando la volandera con la cabria voltearla y colocarla sobre un banco de madera. Con las herramientas adecuadas similares a las de los canteros, se

<sup>227</sup> Navarro Domínguez José Manuel, *MOLINOS HIDRAULICOS EN LA COMARCA DE LOS ALCORES en actas de los IX encuentros de Historia y Arqueología*, San Fernando Cádiz, España 1994.



reparaban las estrías, dándoles la forma, la profundidad y la dirección adecuada para mejorar el corte y la molturación. Este trabajo, que había que realizar regularmente en función de la carga del trabajo del molino, podía suponer al menos tres horas de labor para dejar en perfecto estado ambas piedras.



Sistema completo de un molino hidráulico de rodezno: **imagen Tarsicio Pastrana**



Las piedras, que podían ser de distintos materiales tenían unas dimensiones que oscilaban entre 90 y 140 cm. de diámetro y una altura entre 45 y 50 cm. aunque el desgaste producido por la molienda y el repicado reducía estas dimensiones, al final de su vida útil, a unos 20 cm. Las piedras se ceñían, para facilitar su manejo y el repicado, con unos zunchos de hierro a los que se practicaban dos orificios laterales para introducir los bulones que permitían sujetar las abrazaderas de la cabría.

Al margen del trabajo fundamental de reparación y mantenimiento de todas las piezas y componentes del molino harinero, su responsable también debía de hacerse cargo de la limpieza de las acequias del mismo para facilitar el máximo aprovechamiento del caudal de agua, no siempre abundante en todas las épocas del año.

El conjunto descrito es similar en todos los casos de molinos, la parte que se modifica es la ubicación o tipo de rueda hidráulica y la disposición de los elementos, otro tipo de variación es por la naturaleza del agua que moverá las ruedas, dentro de estas variaciones adicionalmente al molino de rodezno que acabamos de ver mencionaremos los de rodezno y los de mareas.

#### d. Molino de regolfo.

El molino de regolfo surge en sitio con ríos de gran caudal y mucha fuerza que corren por topografías planas, los ríos no son lo suficientemente grandes como para contener aceñas y tienen un caudal elevado para desaprovecharlo con los molinos de rodezno.

Según Nicolás García Tapia la palabra regolfo significa restaño equivalente a pararse en una corriente de agua tratar de cambiarla o oponer resistencia<sup>228</sup> esto en clara alusión al principio de funcionamiento del molino de rodezno que provoca resistencia al agua con la que trabaja.

No se ha aclarado con certeza el origen del molino de rodezno lo que es un hecho es que para el siglo XVI ya están representados en dos tratados de importancia que hablan de los molinos, uno de ellos el de los 21 libros de los ingenios y las maquinas y el otro sobre molinos de Francisco Lobato<sup>229</sup> se vuelven muy populares porque no requieren de obras adicionales sobre el río para tomar el agua, únicamente una canalización directa que provoca el ingreso de agua hacia el cilindro de piedra, también era común que en estos casos de corrientes abundantes los rodeznos se ubicaran junto al río con una derivación en forma de canal que los hería directamente. De esta forma se provoca el ingreso del agua hacia el cilindro donde esta contenido el rodezno y el llenado posterior de este cilindro.

Los molinos de regolfo aprovechan el principio de la fuerza centrífuga para aumentar la fuerza del giro, de la descripción anterior lo que cambia es la construcción del cárcavo, de igual manera el eje transmite directamente el giro hacia las piedras porque el rodezno se encuentra directamente por debajo de las piedras, adicional a esto el rodezno se ubica en el interior de un cubo de piedra, el rodezno ubicado dentro del cilindro de piedra funciona con el mismo principio de las turbinas de aire, el rodezno se construye con aspas alabeadas que oponen resistencia al agua.

Otro aspecto importante es que el rodezno es casi del mismo diámetro que el cilindro que lo contiene, de esta forma bloquea el paso del agua que se acumula en la parte de arriba del

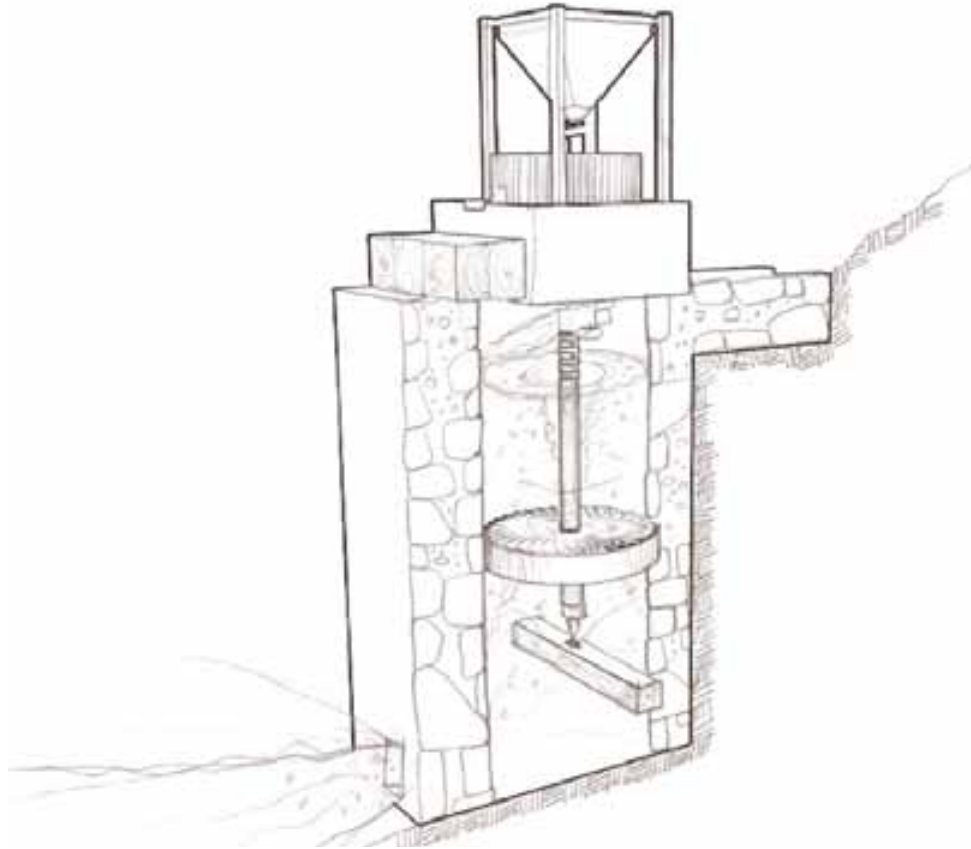
<sup>228</sup> **García Tapia N.**, *LOS MOLINOS EN EL MANUSCRITO DE FRANCISCO LOBATO SIGLOS XVI en Los molinos: cultura y tecnología*, Madrid, 1989, págs. 168-169.

<sup>229</sup> **Córdoba De la llave Ricardo**, *SOBRE EL ORIGEN Y DIFUSION DE LOS MOLINOS DE REGOLFO en III jornadas de molinología*,



rodezno y por gravedad y forma de diseño con los alavés colocados de manera correcta el agua que baja por gravedad hace girar la rueda.

En la parte superior del cilindro existe una entrada de agua que provoca que esta se acumule sobre el rodezno, haciéndolo girar, cuando el rodezno gira hace girar también el agua y esto provoca fuerza adicional, una vez utilizada por debajo del cilindro existe una salida del agua que se reincorpora al río nuevamente. Esta acumulación del agua y los remolinos de agua que se formaban le confieren su nombre de regolfo.



Molino de regolfo con el rodezno confinado, cuando el cilindro se llena de agua provoca un efecto similar al de una turbina aumentando la fuerza del giro, el rodezno y el cilindro de piedra se encuentran directamente por debajo de las muelas, la transmisión del movimiento es directa, no se necesita ningún sistema de almacenamiento cuando la corriente es fuerte y se toma directamente del río, de igual manera una vez que el agua ha cumplido con su función es regresada al cauce. *Imagen Tarsicio Pastrana.*

#### e. Molinos de marea.

El principio de funcionamiento de los molinos de mareas es el mismo que un molino hidráulico, la diferencia radica en el origen del agua de la fuerza motriz, en el caso de los molinos de mareas utilizan la fuerza del mar .por esta razón constituyen un ejemplo histórico de la arquitectura sostenible. Integrados en el medio natural, aprovechan los recursos que éste les ofrece para el normal desarrollo de sus actividades.

Estas adaptaciones que parten de la necesidad de acondicionar el espacio al entorno y hacerlo funcionar los convierten en uno de los ejemplos de arquitectura preindustrial más interesante,



adaptaciones en las que también radican sus diferencias con los molinos hidráulicos y que analizaremos por partes.

Esta situación del entorno costero también hace transformaciones en la arquitectura misma del molino, su ubicación en medio de una represa y por lo tanto rodeados de agua en cercanía con el mar, les transmite su primera necesidad principal, un paso sobre el agua para poder llegar a ella, otra característica es que se puede llevar el material de molienda y recoger el producto de la misma desde el mar razón por la que se tiene que tener espacios acondicionados para tal fin, de la misma forma el molinero de mar será diferente al de río, sus actividades de mantenimiento son diferentes marcadas en gran medida por el ciclo de las mareas de las cuales se obtiene la fuerza motriz necesaria.

Por otra parte la necesidad de localizar un terreno en el cual se pudiera construir una presa para que los flujos de la marea la llenara nos remite a sitios específicos de los litorales, donde las actividades complementarias como las salinas, la cría de peces y por supuesto la utilización de la marea para la molturación configura un conjunto de obras de ingeniería cuyo principal interés radica en el diseño de la obras hidráulicas que lo hacen posible, es decir la ingeniería hidráulica principalmente transforma los litorales que se prestan para ello y colocan estanques canales presas y edificios preindustriales para la producción generando con ello zonas de ingenios productivas a la orilla del mar

Aprovechando las características de la región subsisten y prosperan las comunidades apoyadas en las mejoras tecnológicas y sus aplicaciones. Por ejemplo la existencia de salinas y pueblos dedicados a estas ya existían en España desde mucho tiempo atrás en diferentes etapas de la historia, fenicio cartagineses, romanos, cristianos y musulmanes establecían poblados y colonias para la producción de sal estas unidades productivas que generaban colonias y poblados requieren de servicio básicos entre los que se encontraban los molinos.

Adicional a estos aspectos habrá que mencionar que la ingeniería hidráulica relacionada con el movimiento de las mareas requiere de análisis complementarios, en relación con la misma fuerza de la marea y sus momentos de mayor alcance, los canales, presas, estanques y demás elementos hidráulicos obedecen a los movimientos del mar además de las propias reglas de la hidráulica que son tomadas en cuenta para otros ingenios.

Por otra parte se debe de aclarar que es poco probable que estos molinos hayan existido en México, ya que el nivel entre la bajamar y la pleamar es muy poco tanto en el pacífico como en el golfo lo que dificulta la instalación de este tipo de establecimientos, por otra parte los cultivos asociados a la necesidad de molienda se localizaban lejos de la costa, la razón por la cual se mencionan dentro de este trabajo es para especificar una de las variantes relacionadas con la adaptabilidad al entorno que se originan a través de los molinos hidráulicos comunes, su descripción es importante para seguir entendiendo el funcionamiento de las maquinas hidráulicas que originan los ingenios y la diversidad que estas pueden alcanzar.

Antes de abordar el tema de la arquitectura y funcionamiento de los molinos de mareas es conveniente explicar como se ha realizado con otros ingenios en el presente capitulo los factores que lo hacen posible, en primer lugar el sitio o escenario por excelencia de los molinos de mareas en las costas, los estuarios y en segundo el fenómeno que permite el movimiento del agua y por consiguiente su utilización en este tipo de molinos: las mareas.

Las mareas tienen su origen en la fuerza de gravedad a la cual están sujetos todos los cuerpos de la tierra, en el caso del agua, la fuerza de atracción del sol y de la luna provocan los





cambios en el nivel del agua los cuales son mas notorios en el mar. Cuando el nivel del agua alcanza el mayor nivel en el día se llama pleamar, por el contrario cuando esta en el nivel mas bajo se llama bajamar, los ciclos de las mareas se repiten constantemente todos los días, lo único que cambia son los niveles máximos como veremos mas adelante, este ciclo se repite una vez cada 12 horas por lo que tenemos una bajamar cada 12 horas y una pleamar cada 12. Existen generalmente cuatro mareas de diferente nivel diariamente: 2 mareas altas y 2 mareas bajas. La diferencia entre la pleamar y la bajamar recibe el nombre de amplitud de marea. Cuando las gravedades del sol y la luna se juntan, es decir que su efecto se suma por estar mas cerca de la tierra se denomina marea viva que en la zona donde se efectuó la medición durante la marea viva podemos encontrar los máximos del lugar, en caso contrario cuando la gravedad del sol y la luna no están en su etapa de mayor influencia y por el contrario se contrarrestan se denomina marea muerta etapa en la que la diferencia entre la bajamar y la pleamar es mayor.<sup>230</sup>

Estas mareas se conjuntan con la orografía del litoral para producir marismas, rías o estuarios que son diferentes nombres para el mismo ecosistema, marisma es un lugar de la costa que durante la pleamar queda totalmente inundada en la etapa contraria durante la bajamar este mismo lugar queda seco, los ecosistemas en estos sitios son ricos en diversidad de flora y fauna, aprovechados en la antigüedad con diferentes obras hidráulicas para la producción de sal y para instalar molinos de mareas.

La historia de los molinos de mareas tiene un origen común con la anterior tratada, sobre los molinos en general especifiquemos algunas diferencias, en esencia el objetivo es el aprovechamiento de la energía generada por el cambio de nivel en las mareas. Las primeras referencias de este tipo de establecimiento se tienen en la edad media, en la costa sur de Inglaterra en el siglo XI, en la costa continental pero en la misma zona se extiende el uso de estos establecimientos, principalmente en la breña francesa en los países bajos, en Holanda y en el norte de España, cuyas referencias datan del siglo XII principalmente en la costa cantábrica como ya hemos visto la diferencia de mareas en esta zona del atlántico norte llega a ser de 8 a 13 metros en algunos lugares<sup>231</sup> lo que facilita el llenado del estero y posteriormente una mejor fuerza en el agua acumulada en el cambio de la marea. Esta diferencia en las mareas fue observada y aprovechada para la construcción de molinos de mareas, no es difícil establecer la relación entre el molino hidráulico y el de marea, el hombre requería en las zonas costeras de molinar grano, además las costas atlánticas del norte no son tropicales, lo que facilita la cercanía de los cultivos de grano con la costa, el diseño de los dispositivos para acumular el agua que a la postre darían su originalidad al molino de marea sobre el hidráulico fue obtenido en estas zonas como ya vimos.

Aunque en el mediterráneo esta diferencia en las mareas es menor se aprovecharon las diferencias para construir molinos que están ampliamente documentados, con información grafica (en Italia Los cuadernos de Mariano Jacopo II Taccola –fechado en 1438 y 1450– y en España Los dibujos de Francisco Lobato para Puerto Real en Cádiz, fechados entre 1545 y 1585).

---

<sup>230</sup> Todos los principios señalados para los efectos de la gravedad lunar sobre el océano pueden aplicarse al Sol, aunque su masa sea mayor (alrededor de 27 millones de veces la de la Luna) ya que está unas 400 000 veces más lejos, y por esta razón el efecto que la Luna ejerce sobre las aguas del océano es dos veces mayor que el provocado por el Sol. Las fuerzas de marea del Sol sólo representan el 46 por ciento en relación con las producidas por la Luna.

<sup>231</sup> En el estuario del río la Rance en Francia



Debido a las variaciones en el clima, a la ausencia de vientos en algunas zonas y a lo variable del caudal de ríos en otras, además de que en muchos casos la producción de los molinos de mareas era superior a la de los hidráulicos se comenzaron a llenar los litorales con este tipo de establecimiento desde las costas al sur de España hasta las de Holanda, también en Gran Bretaña y las islas alrededor de esta. En el sur de España los establecimientos se manejaron en conjunto con las salinas por ejemplo en Cádiz, en donde desde épocas tempranas se habían fundado colonias por parte de cartagineses para la explotación de la sal, en estos sitios se aprovechó la infraestructura existente y se acondicionaron molinos de mareas. Su decadencia como en el caso de otros ingenios viene con la revolución industrial y se acentúa en el siglo XIX donde nuevos modos de energía sustituyen a los anteriores.

Aunque la molienda en los molinos de mareas ya no se efectúa por razones ya analizadas se han construido centrales mareomotrices, que bajo el mismo principio de funcionamiento de los pequeños molinos de mareas hacen girar en lugar de rodillos turbinas para generación de electricidad, con lo que ahora en las costas en algunos lugares que se prestan para tal fin se produce energía eléctrica, la central mareomotriz más celebre de estas es la de la Rance en Francia.<sup>232</sup>

El sitio de la costa ideal para construir un molino de marea es la marisma, se requiere para el sitio exacto una ría donde el nivel de la marea en la pleamar sea de unos 2 metros mínimo sobre la bajamar, el estuario debe de tener cierta protección debido a que la maquinaria quedara expuesta hacia el lado del mar, de estar el molino directamente sobre el litoral, el constante oleaje y la fuerza de este terminaría por destruir y en el mejor de los casos desajustar la maquinaria.

Como elemento fundamental se debía de encontrar una zona del litoral que durante la marea alta quedara totalmente bajo el agua, en la marea baja debía de quedar sobre el nivel del mar, generalmente salientes y entrantes de un litoral con zonas de roca o arena un poco más altas que el nivel de la playa eran las más aptas, ya que estos quebrados del litoral y diferencias de nivel rompen las olas que no llegan al estuario con la misma fuerza que en la playa, en la entrante principal se construía un muro de mampostería que serviría de represa este muro es el elemento más importante del molino de marea, todo molino de marea tiene este muro que se convierte en un eje de composición espacial, funcional y estructural; este debe de reunir diversas características, la primera es que estructuralmente debe de contener el agua almacenada, la segunda permitir el tránsito de personas y en el mejor de los casos carretas por la parte superior, ya que será la comunicación desde tierra firme con el molino, ya que el edificio quedara construido en medio de la ría y el único medio para llegar a él es el muro que funcionara como puente, debido a su entorno acuático, también es posible llegar a él por medio de barcos lanchas y botes, que se convierten en auxiliares adecuados para el transporte de materia prima y de producto obtenido.

En cuanto a su forma no difieren demasiado de los molinos hidráulicos, por lo general los molinos de mareas son edificios rectangulares con su eje más largo paralelo al eje de este

---

232 En este lugar la amplitud de la marea es de 13.50 metros y el agua entra y sale del estuario a razón de 18 000 metros cúbicos por segundo, produciéndose un volumen útil de más de 170 millones de metros cúbicos; además, su depósito puede contener 184 millones de metros cúbicos de agua. Las instalaciones constan de cuatro partes principales: la represa, la central generadora de energía, las esclusas para la navegación y una serie de canales con válvulas reguladoras para acelerar el llenado y el vaciado del depósito, a través de un dique que une a las dos orillas que se encuentran a 750 metros de distancia. Cada una de las 24 máquinas generadoras de energía que quedaron instaladas en 1967 en el Rance, puede producir 10 000 kilowatts; por lo tanto, la producción máxima de potencia es de 240 000 kilowatts y en el año puede llegar alrededor de 670 millones de kilowatts-hora.



muro. por el flujo generado por el vaciado del agua de la presa generalmente son edificios mas grandes que los molinos hidráulicos normales.

El edificio del molino se compone mínimo de dos niveles, uno de ellos coincidente con el nivel superior del muro de contención y el otro un nivel mas abajo, en el que se ubicara la maquinaria, en esta parte se parece a los molinos hidráulicos normales, ya que los arcos de soporte que definen los cárcavos le confieren una vista característica, estos se encuentran del lado que da hacia el mar, en cada uno de estos se ubica la maquinaria.

Para construir el edificio se requiere que la parte que estará bajo el agua sea resistente, con las características similares a las de un puente en el sentido de resistencia al agua y materiales, se han encontrado menciones en las que se especifica que el basamento y los arcos se construyen de piedra marina denominada en México Mucara, o en otros casos de piedra resistente, con una cimentación profunda cuyo método constructivo de dique seco considero era similar al de los puentes.

Con respecto a este tipo de construcción de molino sobre una presa que aprovecha el desnivel del agua generado por el muro de obtención existen algunos modelos de molinos hidráulicos, la diferencia como ya se pudo deducir es que en el caso del molino de marea el agua tiene una circulación de lado a lado coincidente con el ciclo de la marea , a diferencia del molino hidráulico el cual se encuentran en el muro de contención de la represa y solo permite el vaciado en la dirección del molino, la maquinaria nunca se encontrara por debajo del nivel del agua y las compuertas de vaciado solo funcionan en un sentido, el molino de marea como parte importante de su funcionamiento esta compuerta basculante que ayuda al llenado y contiene el agua para canalizar su vaciado por la zona del molino como se describirá mas adelante.

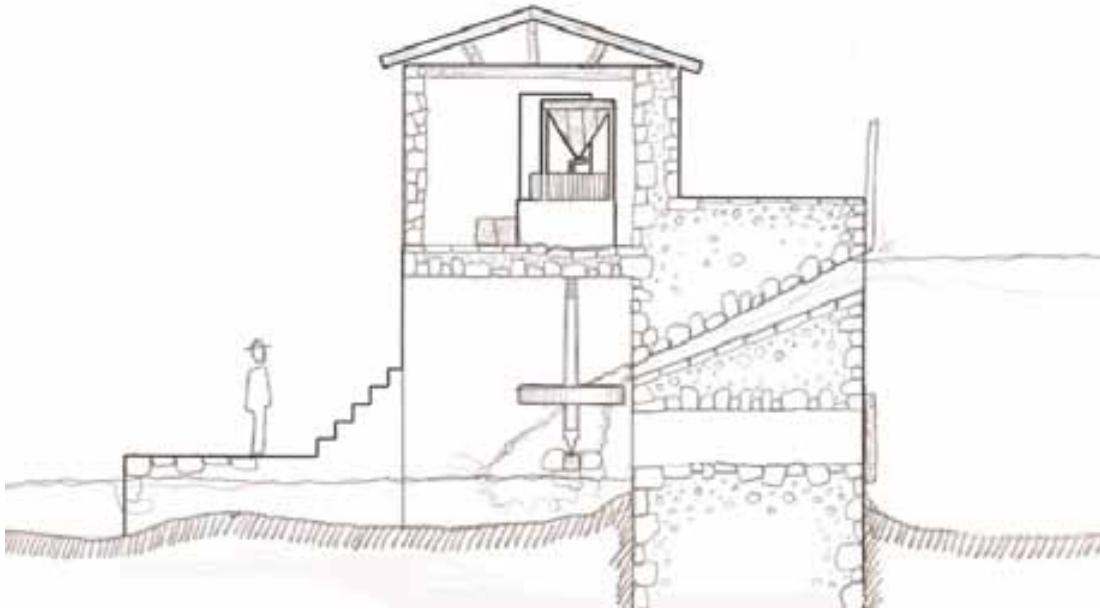
La parte mas interesante del mecanismo de función de un molino de mareas son las compuertas que se ubican en diferentes zonas y que tienen un mecanismo basculante que solo permiten el paso del agua cuando esta subiendo la marea con lo cual es estuario se llena, estas compuertas permiten el libre paso del agua, en el momento en que la marea comienza a cambiar de dirección la puerta se traba y bloquea el regreso del agua con lo que se queda llena la presa, la manera de moler era muy sencilla, en el muro de contención coincidente con cada uno de los cárcavos existen una tomas de agua con sus propias compuertas, estas compuertas se accionan desde el interior del molino y el agua por efecto del desnivel comienza el vaciado, en esta caída provocada se mueven los rodeznos que se ubican en cada cárcavo. Al garantizarse una presa llena dos veces al día los molinos de mareas pueden ser mas productivos que los hidráulicos pueden tener mayor numero de rodeznos y mantener una velocidad de molienda constante, no dependían de la estación de aguas ni del almacenaje extra en estanques, se tenia un control constante de la cantidad de agua que se tendría en almacenamiento y de la producción que se alcanzaría con esa agua.

Cuando se vacía por completo la presa se completa un ciclo que se inicia nuevamente con la marea alta ya que al subir la marea las puertas permiten el llenado de la presa que posteriormente se vaciara a través de los cárcavos del molino.

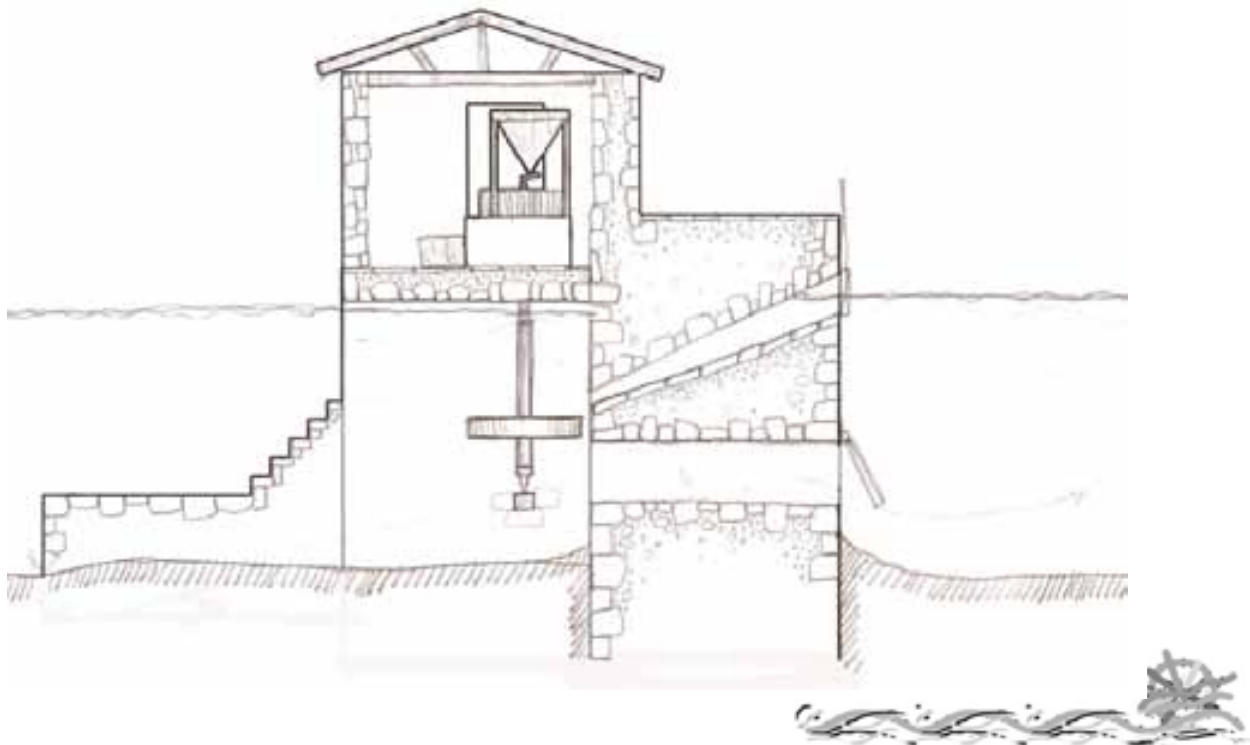
Como podemos deducir de la descripción anterior la maquinaria del molino queda bajo el agua durante el periodo de la marea alta, situación que le confiere diferentes características al mantenimiento de este tipo de molinos con respecto a los molinos hidráulicos, en estos además de las tareas ya conocidas como el picado de piedra se encuentra la limpieza periódica de los rodeznos que pueden atorar algas en sus mecanismos y obstaculizar el movimiento, también la



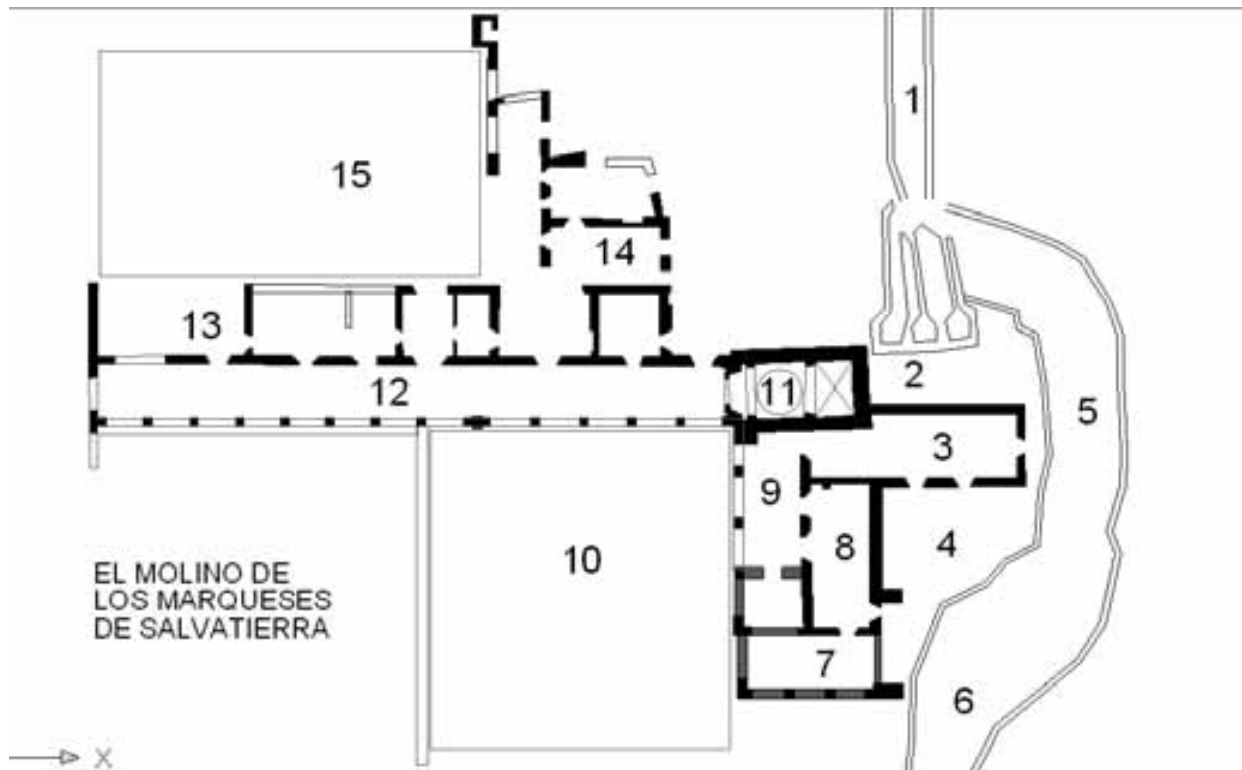
limpieza constante de las compuertas, debido a la circulación en dos direcciones del agua se acarrean materiales sólidos que puedan evitar el correcto funcionamiento de las puertas basculantes. Por otra parte hemos mencionado que estos ingenios se pueden ubicar en conjunto con otros, como las salinas, para lo cual se aprovecha de igual manera los movimientos de las mareas, mas adelante se hablara del funcionamiento de los canales para la obtención de sal.



En la imagen de arriba se observa el funcionamiento del molino de marea con la marea baja, dejando pasar el agua por las compuertas que permiten que esta haga funcionar los rodeznos, nótese la construcción del molino junto a la represa, también vemos el muelle en la parte de atrás, desde este sitio se puede embarcar o recibir productos, para llenar la represa se aprovecha la marea alta, la compuerta de llenado solo funciona en el sentido que permite que esta se llene, cuando cambia la marea se cierra dejando el agua en la represa, en la figura de abajo observamos el comportamiento durante la marea alta, cuando el ducto de llenado deja pasar el agua y la represa se llena, es importante notar que el muelle del molino así como la maquinaria principal quedan bajo el agua durante la marea baja. **Imagen: Tarsicio Pastrana**



## f. Arquitectura de los molinos



Planta del molino de los marqueses de Salvatierra en la ciudad de Salvatierra Guanajuato *imagen Tarsicio pastrana*

1. Canal de alimentación
2. Cubos del molino, por medio del numero de cubos se puede determinar cuántos pares de muelas hubo en el molino, por ejemplo en este se ven claramente 3 cubos.
3. El área de producción está junto a los cubos, ya que desde estos, se alimenta de agua los rodeznos que se ubican por debajo de la sala de trabajo o área de producción.
4. Desagüe del molino, después de herir los rodeznos, el área al frente y por debajo del área de producción recibe el agua que sale de los cárcavos, después esta agua tendrá que incorporarse de nuevo al canal
5. Canal de agua
6. Canal de agua después del desagüe, donde se incorpora el desagüe del molino.
7. Área de almacén y administrativa
8. Almacén
9. Pórtico de acceso al área de producción
10. Patio enfrente del área de producción, sirve como era y como asoleadero, para preparación del grano antes de molerlo.
11. Capilla
12. Pórtico principal
13. Área habitacional
14. Posible área de servicios
15. Patio interior.



## 6. La maquina del aceite de oliva

### a. Introducción

El aceite de oliva es un producto muy apreciado por el hombre, cultivado desde hace miles de años y trabajado para extraer a partir de la oliva su valioso aceite. Es muy probable que como dice Indro Montanelli en su libro Historia de Roma, uno de los primeros usos reales además del culinario del aceite obtenido directamente de la fruta, fuera untado para ayudar a la curación de las heridas provocadas por el sol, sin embargo casi paralelamente desde tiempos primitivos los usos fueron diversos, entre ellos el mas importante fue el alimenticio con el paso del tiempo se mantiene el uso cosmético, se agregan los curativos, el ritual, para la iluminación entre otros mas todos de vital importancia para las sociedades primitivas, a esto se agregan las cualidades descubiertas ya en el siglo XX y que lo hacen tan útil en el cuidado de las enfermedades relacionadas con la circulación, la tan elogiada dieta mediterránea le debe gran parte de sus virtudes a este aceite.<sup>233</sup>

La producción de aceite de oliva requería del machacado y molido de la aceituna para separar el aceite de la fruta, además de retirar la avellana del hueso que se consideraba malo consumirse, por lo que el principio básico de elaboración paso por la etapa primigenia de todos los procesos abordados, se molía con piedra igualo similar que se molía el papel, el trigo, y demás procesos que incluyen la molturación básica en su proceso inicial. Como segunda etapa los sistemas se van especializando y no es lo mismo mencionar un trapiche para producción de caña de azúcar que un molino aceitero aunque ambos en un origen utilizaron las mismas maquinarias.

Esto nos lleva a analizar el proceso en dos etapas la primera más primitiva y que es común en maquinaria a las etapas primitivas de los otros procesos y la segunda donde el molino aceitero adquiere características propias que lo hacen diferentes.<sup>234</sup> También es importante mencionar que existieron dos tipos de fuerza motriz (esto también es similar en todos los casos analizados) la fuerza humana o animal (molino de sangre) y la fuerza hidráulica aunque esta segunda fue mucho menos abundante que la primera es importante incluirla en nuestros análisis principalmente por encontrar este tipo de molinos aceiteros hidráulicos en los principales tratados hidráulicos de la época.

La especialización de la maquinaria y la aplicación de la fuerza hidráulica son los dos factores que determinan una evolución que continua hasta nuestros días, la diferencia es que la maquinaria a cambiado y se ha tecnificado, pero la producción de aceite de oliva es una de las actividades que continúan en muchas regiones sin alteración a través del tiempo aunque las

---

<sup>233</sup> El aceite de oliva fue utilizado como material combustible en lámparas, en los ritos religiosos a consecuencia de ser un producto tan valioso, los reyes príncipes y demás personajes de la nobleza tenían que ser ungidos con aceite de oliva, los difuntos, sus connotaciones rituales eran muchas, además de las practicas sus subproductos se utilizaban para aceitar maquinarias, hilar la lana, en el campo cosmético encontramos que el aceite era utilizado para perfumes, jabones etc., y finalmente y ampliamente comentado sus cualidades gastronomitas ayudando en la disminución de grasas en la sangre son muy conocidas. Es pues el aceite de oliva un producto muy valioso mas en la antigüedad que ahora pero conservando sus cualidades y siendo parte de la base alimenticia de muchos pueblos mediterráneos.

<sup>234</sup> Los procesos de obtención de diferentes productos que dependían de la molienda tienen que ver con la aplicación del molino de piedras primitivo, la cual duro con muy pequeñas variaciones por mucho tiempo hasta que se comenzó la especialización de la maquinaria y de los procesos, esta derivada de la experiencia de cientos de años y de la intención de aumentar la producción y mejorar el producto.



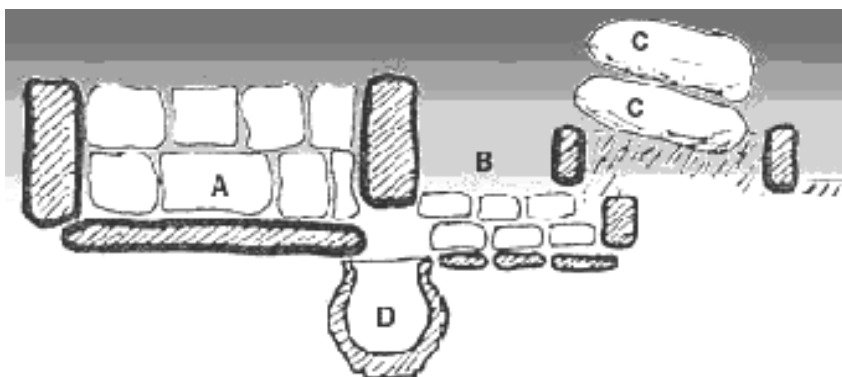
maquinas que apoyan su producción sean las que han ido evolucionando a través del tiempo conservando en esencia las mismas partes del proceso a través del tiempo.

Son estas maquinas en su etapa hidráulica virreinal las que se analizaran en este subcapitulo, enfocándonos principalmente en la etapa productiva en la que se empleaban estas, analizando los cambios principales y el funcionamiento de estos molinos aceiteros, recordando que su difusión en nueva España fue escasa.

#### a. Historia del aceite de oliva.

Se considera la zona de oriente medio como el origen de la producción de aceite de oliva, aproximadamente en el año 4000 AC en la zona mencionada se consumía un fruto aceitoso de un arbusto pequeño que se encuentra en toda el área mediterránea llamado oleastro que se puede considerar como un antecedente del olivo aunque su fruto no es tan aprovechable, una vez mas se menciona una región en especifico pero es común que en diversas partes se descubriera que el aceite de este fruto era muy nutritivo.

El olivo como se conoce al parecer fue una mezcla de arbustos de este tipo que se fue buscando con la finalidad de obtener el fruto mas aceitoso y de buen sabor. Estas mezclas se logran en el Medio oriente y se comienza su cultivo y explotación en forma muy temprana en Egipto, Palestina, las islas griegas y principalmente creta donde se sabe por evidencia arqueológica que la principal actividad de la isla era el cultivo del olivo, aunque se desconoce el origen exacto, se tienen antecedentes de cultivo del acebuche que es un arbusto salvaje que da una fruta similar a la oliva pero de diferentes características.<sup>235</sup>



En A se colocaban las aceitunas, los operarios estaban en B y colocaban los contrapesos de piedra C encima de las aceitunas que se iban presando y se recogía el aceite en D. Prensa primitiva del segundo milenio antes de Cristo en Gezar Palestina

**Imagen**

<http://www.hojiblancaycordoliva.com/index.htm>

En los grandes imperios de la antigüedad incluida la cultura minoica el cultivo y comercialización del aceite represento un desarrollo económico y cultural de grandes proporciones. La importancia del aceite radicaba no solo en sus valores alimenticios, era utilizado como ya se ha mencionado en la medicina, cosmética, iluminación, rituales religiosos etc. transformándose en un artículo de primera necesidad.

Fueron los fenicios los que llevan el aceite por todo el mediterráneo, siempre su transportación de largas distancias se efectuó en ánforas de barro que tenían formas características según la región de producción de origen, esto sirvió para determinar calidades según orígenes, algo

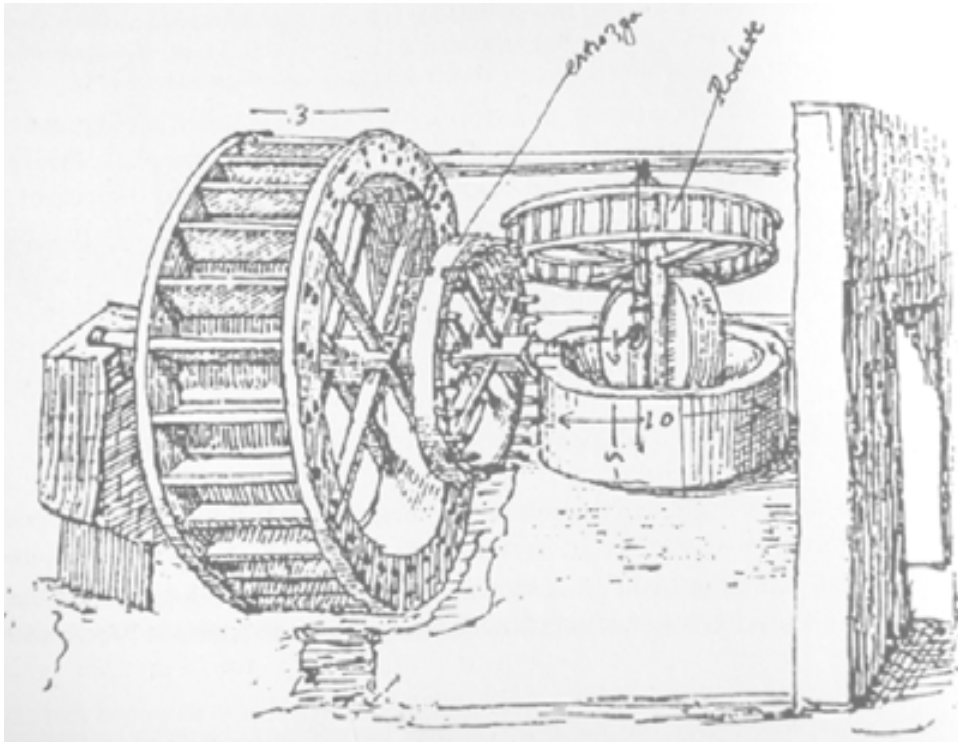
<sup>235</sup> Barbancho Cisneros Francisco y Mataix Verdu Francisco, *EL ACEITE DE OLIVA EN LA ALIMENTACION MEDITERRANEA en aceite de oliva y salud 1er congreso de cultura del olivo*, Universidad De La Rioja, España 2007, págs. 708 y 709



similar a las denominaciones de origen actuales.

Las ánforas eran tapadas por medio de un tapón de cerámica y una pasta de cal que se solidificaba, creando una superficie continua por la que no se podía escapar ninguna parte del liquido en los largos trayectos. El imperio Romano le dio a las rutas del aceite y a su consumo una importancia capital, debemos recordar que el consumo no era el único uso del aceite por lo que la metrópoli romana se convirtió en el primer centro receptor de aceite todas las colonias donde se producía, en Roma se creó una colina artificial en el sitio donde los pobladores iban a desechar las ánforas ya vacías, el comercio del aceite de oliva fue de vital importancia a lo largo del imperio Romano.

A la caída del imperio romano esta gran red establecida para el consumo y comercialización se desmorona, no así la costumbre de consumirlo, al convertirse en un artículo suntuoso su consumo se limitó de manera significativa a los ámbitos religiosos y a los grupos sociales que podían pagarlo, el pueblo empezó a sustituir el aceite por otro tipo de grasas principalmente animales. La excepción se presenta en el norte de África y el sur de España que al estar dominados por los árabes logran mantener y mejorar el sistema que existía durante la época romana incrementando y mejorando algunas partes del sistema productivo.



Molino aceitero hidráulico la rueda es vertical y transmite el movimiento a través de una serie de engranes a una piedra que gira en el interior de un recipiente de piedra donde se depositan las aceitunas, **imagen los 21 libros de los ingenios y las maquinas SXVI**

Para la cultura árabe el aceite también representaba limpieza y situaciones asociadas con sus ritos Litúrgicos en los cuales se tenían que ungir con aceite de oliva, situación conservada en el cristianismo en toda la edad media, los reyes tenían que ser ungidos, al igual que los recién nacidos. Para la iglesia no se podía prescindir del aceite y fueron unos de los principales consumidores en la época descrita.

Con el renacimiento y la mejora de los métodos de producción derivados de la inquietud





humana por conseguir mejoras el cultivo y producción se comenzaron a difundir por amplias zonas del mediterráneo y el aceite comenzó a venderse nuevamente a diferentes niveles de la población.

Con el descubrimiento de América y la constitución de virreinos en América se comienza el cultivo del aceite de oliva en América principalmente por las órdenes religiosas <sup>236</sup>ya que requerían de este para sus ceremonias. El cultivo del aceite de oliva se ve favorecido por el clima y por la situación de la Nueva España en la que se desarrolla la agricultura, los amplios recursos hídricos, el clima y las zonas de cultivo con buena tierra empiezan a favorecer la aparición de este y otros cultivos.

Al principio el cultivo de varias especies y su transformación en productos de primera necesidad fue incentivado por la corona entre estos productos estuvieron varios que en los siglos subsecuentes serían controlados y prohibidos por ejemplo el aceite de oliva. *Durante el siglo XVI, la propia Corona impulsó en las colonias un proceso de sustitución de importaciones de los principales bienes de consumo de las comunidades españolas asentadas en el Nuevo Mundo. Fue así como se inició la producción local de trigo, vino, aceite de oliva, y textiles en la Nueva España y Perú*<sup>237</sup>

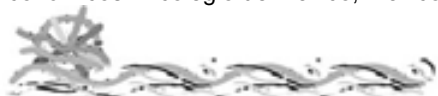
La metrópoli desea mantener el monopolio en el cultivo para lo cual y ante el rápido desarrollo que estaba teniendo el cultivo y producción crea una prohibición para producirlo en América, Carlos IV firmara la Cédula Real del 17 de enero de 1774, por la que encargaba a todos los virreyes no plantar viñedos ni olivos en México. Unos años después motivado por el mismo deseo de frenar la industria del aceite de oliva, 1777 en la que ordenaba la completa destrucción de todos los olivos existentes en México. Cuando Humboldt visita la Nueva España solo había dos regiones con olivares en toda la cuenca de México, una era en Tacubaya el llamado olivar de los padres que pertenecía al clero secular y el otro en la zona de Tlahuac, la corona había cumplido con su objetivo.

El golpe fue determinante, incluso después de la independencia el cultivo no se retomó decayendo con el tiempo, el consumo del aceite no fue favorecido por lo que se sustituye con otros aceites y grasas, principalmente de origen animal, actualmente que se recomienda para una dieta más sana el aceite tiene que ser importado a consecuencia de que la falta de costumbre en su consumo generó una industria interna débil. Por el contrario, los países exportadores del aceite entre los que se encuentra España, desarrollaron por medio de los métodos tradicionales de producción mejoras en maquinaria y equipo con lo que la producción de diferentes aceites se realiza de manera fácil y rápida, el método se conserva intacto a través del tiempo lo que ha ido cambiando son las máquinas y los accesorios, el análisis de las máquinas que compiten a la época del virreinato en América es el que se describirá en la siguiente parte del trabajo.

---

<sup>236</sup> Las zonas oliveras en La ciudad de México son claramente distinguibles por conservar su nombre ahora en las colonias de las periferias, un ejemplo de esto es el Olivar de los Padres y el olivar del conde, ambos en la zona poniente de la ciudad que coincide con la zona de molinos y batanes de la ciudad, esta región contaba con varios escurrimientos de agua que bajaban de la sierra y hacían propicia la zona para todo tipo de establecimientos preindustriales entre los que se cuentan los olivares con sus establecimientos anexos de producción de aceite de oliva, también el nombre de olivar de los padres nos habla de la propiedad de estos una orden religiosa que en un inicio eran los únicos que tenían los conocimientos técnicos y los recursos para poner en marcha un cultivo de estas características. En el atrio del convento de Tzin Tzun Tzan encontramos olivos de 500 años que se atribuye fueron plantados por Vasco de Quiroga.

<sup>237</sup> **Márquez Graciela**, *MONOPOLIO Y COMERCIO EN AMERICA LATINA SIGLOS XVI-XVII*, Centro de Estudios Económicos El colegio de México, México 2001, pág. 25



**b. Obtención del aceite de Oliva.**

Ya comentamos que el olivo proviene de un arbusto silvestre que se fue domesticando y cruzando para obtener las variedades que se conocen los campos de cultivo del aceite de oliva con sus hileras de árboles acomodados de manera tan meticulosa son un acompañante permanente del sitio donde se elabora el aceite, a diferencia de otros tipos de cultivo, la aceituna tiene que ser procesada de manera inmediata porque su proceso de fermentación empieza inmediatamente además de ser muy rápido, al ser un fruto con una cantidad elevada de agua esta se combina con los agentes del medio ambiente y con las características propias del fruto para producir una fermentación rápida, el aceite que no se puede combinar con el agua como es sabido, se oxida rápidamente cambiando las características que lo distinguen.

La aceituna se procesa el mismo día del corte para evitar tanto la fermentación como la oxidación todo esto con la finalidad de preservar el sabor y la calidad del aceite. Es por esta razón que la parte inicial del proceso de fabricación es la recolección rápida del fruto y posterior a esta una selección para escoger desde el mismo momento de la observación en el árbol los frutos más aptos para la molienda del día.

Cuando el aceitero recolecta la aceituna lo hace por medio de un proceso selectivo, con las que a simple vista considera que ya están listas para pasar al establecimiento donde se molerá llamado almazara, esta recolección puede ser a mano o por medio de rasquetas<sup>238</sup>. Se recolectan las aceitunas sin dejar al árbol completamente sin frutos, seleccionándolas según su proceso de maduración de esta forma se dejan algunos frutos para la recolección siguiente, siempre debe haber frutos para recolectar así la producción no depende exclusivamente de la cosecha, la cosecha de las aceitunas en diferentes grados de maduración proporciona diferentes tipos de aceite, la aceituna negra, produce un aceite, la verde otro y la blanca otro.

El proceso de cosecha es similar al que se llevaba a cabo hace miles de años, por ejemplo la aceituna de mesa se recolecta primero que la aceituna para aceite, esto reafirma la idea de una cosecha de varios meses en las que se va seleccionando el fruto dependiendo del uso que se le dará y del tipo de aceite a obtener.<sup>239</sup>

El ciclo del fruto comienza al finalizar el invierno, con una floración total a finales de Mayo, y a partir de ahí alrededor de 2 meses y medio para la obtención de los primeros frutos maduros, las cosechas se realizan en el verano y se cargan las almazaras de aceitunas que de esta manera comienzan a producir aceite, el ciclo termina a mediados del invierno con los aceites producidos y el descanso de la almazara.<sup>240</sup>

Una de las consecuencias directas de esta recolección y a su vez de la situación de rápida fermentación que sufre la aceituna es la ubicación de la almazara junto al campo de producción, en el caso de otros productos a transformar como ya se vio con la lana los diferentes pasos del proceso de producción pueden estar alojados en diferentes espacios que no necesariamente estarán juntos, en el caso de los ingenios y las aceitunas sus molinos tendrán que estar junto al

<sup>238</sup> Accesorio que a manera de rastrillo permite recolectar las aceitunas que ya están maduras y que no pueden ser alcanzadas con la mano.

<sup>239</sup> **Barbancho Cisneros Francisco y Mataix Verdu Francisco**, *op.cit.* pág. 717

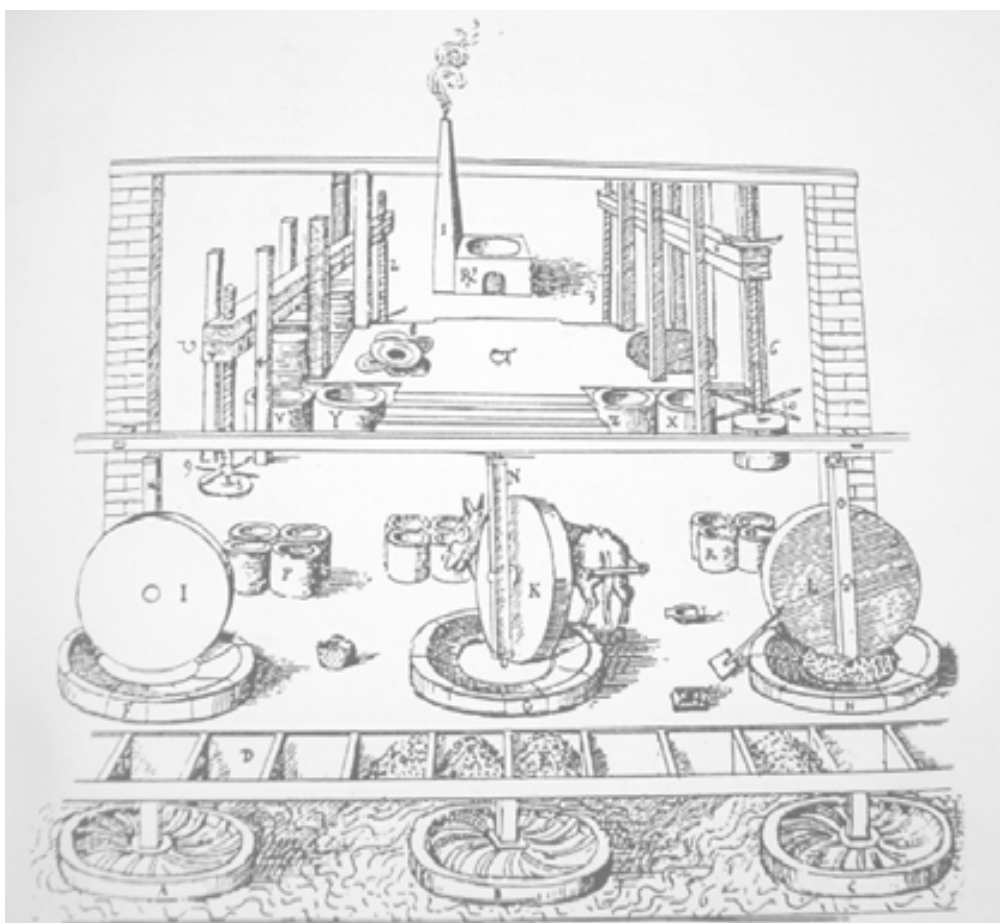
<sup>240</sup> **L. Ravett A. Matías**, *CARACTERIZACION DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGENES DE CATAMARCA ARGENTINA FISIOLOGIA Y FENOLOGIA DE LA INOLICION*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Catamarca, Argentina. Istituto di Ricerche sulla Olivicoltura, C.N.R., Perugia, Italia.



campo de cultivo.

Sobre el rendimiento de un campo de cultivo, se tienen los siguientes datos, el olivo se planta en la actualidad como mínimo a cada 7 metros, esto con la finalidad de que los vehículos motorizados puedan entrar entre las hileras de arboles y puedan ayudar en las diferentes partes del cultivo y la cosecha, anteriormente la misma función la tenían las carretas esta distancia facilita el desarrollo de los arboles que se podan para tener frondas extendidas cercanas al nivel del piso, con esta medida obtenemos 225 árboles por Hectárea pudiendo llegar hasta los 400 si se acortaba la distancia entre ellos a 5 metros, de cada árbol se obtienen dependiendo de las sequias y la cantidad de lluvia de 15 a 25 kilos de aceituna.<sup>241</sup>

El rendimiento de la aceituna es de aproximadamente 20% es decir que cada kilo puede producir 200ml y en una almazara se pueden moler y procesar 100kg al día, una almazara que produce para un campo de una hectárea trabajaría de 57 a 100 días al año dependiendo de la cantidad y calidad de la aceituna, esta medida es un dato cuantificable, aunque los campos no eran de una sola hectárea eran de mucho mas.<sup>242</sup>



Producción de aceite de oliva en el siglo XVI, se observa al frente 3 molinos hidráulicos uno de ellos puede ser usado de manera indistinta con un animal de tiro o con el rodezno, en la parte frontal se ven los depósitos de aceitunas, después de los 3 molinos los recipientes donde se coloca la pasta que se lleva a las prensas que están ubicadas en la parte de atrás, en la parte central de las prensas las esteras de esparto donde se prensa la pasta, al centro los recipientes que reciben el aceite y al fondo la hornilla para procesar los residuos de la pasta y obtener otros tipos de aceite. **Imagen los 21 libros de los ingenios y las maquinas**

Una vez que se llega a la almazara con los recipientes llenos de fruto la aceituna como primer paso se debe de lavar y clasificar, al necesitar de grandes cantidades de agua se requiere un recipiente o pileta que permita la manipulación de las aceitunas por una persona y los sistemas

<sup>241</sup> Foro de Trebujena sobre el cultivo del olivo, registro de preguntas y respuestas en la página Trebujenet: [http://www.trebujena.net/el\\_olivo](http://www.trebujena.net/el_olivo)

<sup>242</sup> *Ibíd.*



de canales para conducir el agua hacia este recipiente, encontramos el agua como participante directo, la aceituna se lava para eliminar las sustancias ajenas que al molerse podrían transformar el sabor del aceite, esta situación genera un espacio arquitectónico donde la aceituna espera a ser lavada y donde antes del lavado se separa, la separación se realiza en primera instancia por colores y tamaños, además de retirar todo material orgánico que no deba de molturarse hojas ramas tierra piedras , esta separación tiene como objetivo obtener un producto uniforme en el momento de molerlo. De los diferentes tipos de aceituna se obtienen diferentes tipos de aceite

Debemos recordar que gran parte de la producción se destina a la fabricación de aceite, pero el fruto del olivo se utiliza para ser consumido en su estado de fruto, para cocinar platillos para aderezar alimentos, esta separación determinaba los mejores frutos para la obtención del aceite, por el contrario algunas de las aceitunas eran desechadas pero se utilizaban para alguno de los usos descritos.

El espacio requerido generalmente es cerrado para que la aceituna no este al rayo del sol, en el libro La aceituna, limpia y lavada, no debe permanecer más de 48 horas sin moler porque podría fermentar y afectaría a la calidad del aceite<sup>243</sup>.se menciona un periodo máximo de 48 horas entre la recolección y la molienda, en cualquiera de los dos casos se requiere de espacio de transición y espacio de limpieza, en algunos lados es un patio junto al que se tiene acceso a las piletas de agua para el lavado.

Una vez liberado de sustancias ajenas el fruto, se procede a la molturación, en primera instancia la aceituna es cuidada para no trozarla antes de la molienda debido a que cualquier aceituna herida deja escapar su aceite y el agua por la herida comenzando la fermentación de manera más rápida y agriando toda la producción de aceite, este cuidado se realiza desde el momento de la recolección y en todo el manejo, separación, lavado y transporte al molino.

Siendo la molturación una de las partes mas importantes pero al mismo tiempo mas arduas el hombre empezó desde épocas muy antiguas a generar maquinas que le ayudaran con esta tarea, los primeros molinos eran de piedra y no había distinción en el producto que se molería en el, para después en una primera etapa de especialización técnica separar molinos según el material a molturar.

Los primeros molinos fueron morteros de piedra o de madera, se colocaban las aceitunas en el receptáculo del mortero para que por medio de la fuerza humana se formara la pasta en el interior de la cual se extraía el aceite, el primer molino mas tecnificado aunque no diferenciado por el material a molturar seria el de rueda vertical sujeta al centro de un espacio circular por un eje este ya lo hemos visto en otras partes de este trabajo y es el más primitivo de todos, el siguiente paso es la incorporación de la rueda hidráulica en el caso de que eso fuera posible, el aceite se convierte en un artículo de primera necesidad que no solo se fabrica en sitios donde hubiera agua.

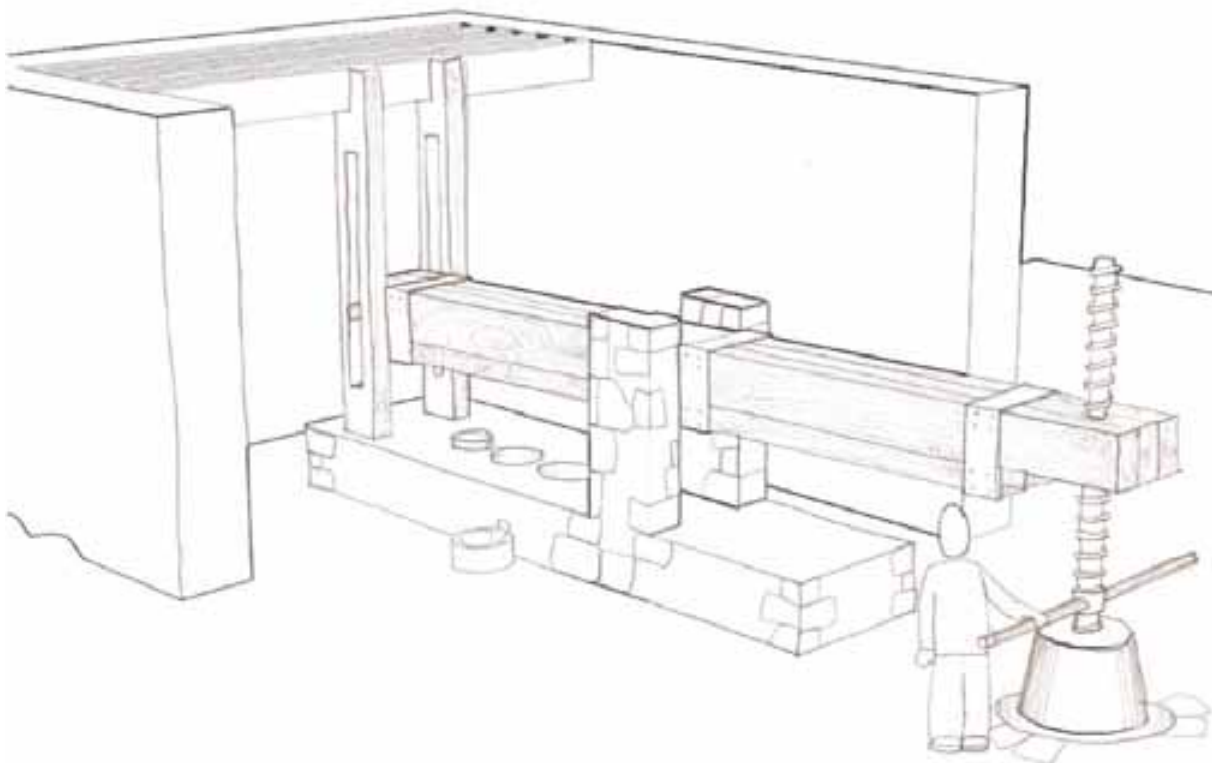
Si fuera el agua la principal fuerza motriz los engranes serian los encargados de transmitir el giro a la piedra que se mantiene horizontal y que rodara sobre su canto una y otra vez sobre el fruto hasta trozarlo y formar la pasta, en esta pasta la cáscara el liquido y el aceite se unen con la avellana del hueso para formar la pasta mencionada, materia prima ya transformada<sup>244</sup>.

<sup>243</sup> La almazara y el proceso de obtención del aceite de oliva virgen en <http://www.cerespain.com/almazara.html>

<sup>244</sup> En el tratado de los 21 libros de los ingenios y las maquinas, se ilustra un molino de aceite que tiene la



Algunos de los molinos más antiguos de los que se tiene referencia trabajaban con una prensa de madera y piedra, con el principio de prensado de la oliva para extraer el aceite. Aunque con el tiempo se van dividiendo los tipos de molienda fundamentalmente porque la rotura de un hueso implicaba el cambio del sabor del aceite, se realiza una primera molienda en la que se obtiene una pasta.



Prensa de viga *imagen Tarsicio Pastrana*

En esta molienda primera es donde se van separando los huesos para evitar que al pasar a la prensa los huesos se prensen, esto también determina el diseño del molino, ya que la piedra debe de tener la fuerza necesaria para machacar sin romper el hueso eso también modificaría el sabor del aceite. Reafirmando la idea el molino de sangre o hidráulico de piedra vertical fue uno de los primeros utilizados para producir el aceite.

Las dificultades que podrían mostrar los molinos de estas características por su poca superficie de molturación<sup>245</sup> las necesidades de machacar mas aceitunas con el giro y los inconvenientes de ajuste de las piezas móviles generan cambios en los molinos como ya se ha mencionado en otros trabajos los cambios tecnológicos son generados por necesidades de producción

---

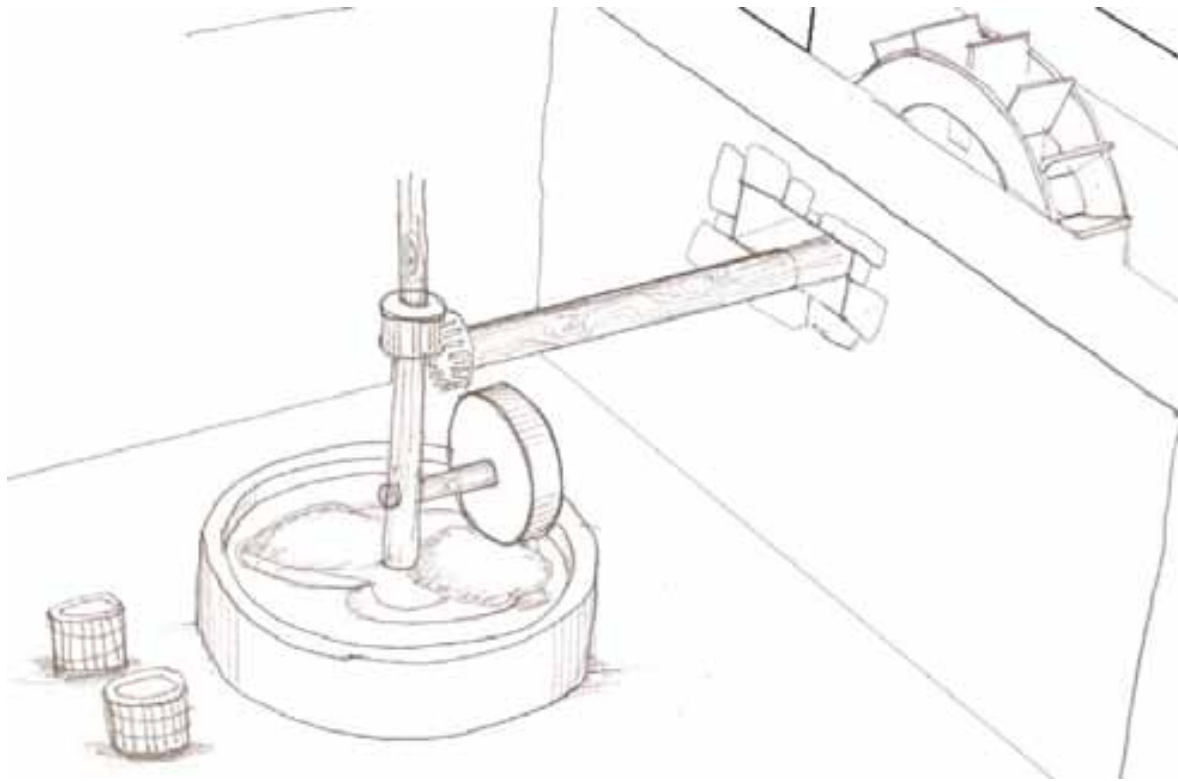
doble fuerza motriz, pudiendo ser movido por un rodezno o por un animal de tiro.

<sup>245</sup> Estos molinos solo podrían molturar una pequeña cantidad de material debido a que el contacto de un círculo (piedra del molino) con una línea recta (pavimento del piso) solo se efectúa en un punto, el cual era ampliado por la superficie de rodamiento y el ancho de la piedra, sin embargo esto sigue siendo una superficie pequeña para las necesidades de molturación.



mayores, en el caso de los sistemas caseros- artesanales permanecerán inmutables a través de milenios, las necesidades de producción derivadas de lo comercial son las que exigen las implementaciones tecnológicas.

Para la molturación de las aceitunas se conocen varios molinos, el primero y mas primitivo ya lo mencionamos era la piedra de moler granos colocada de manera vertical que podía ser accionado por fuerza hidráulica o fuerza animal, después estos se modifican derivado de la necesidad de aumentar la superficie de contacto entre la piedra móvil y la fija, es cuando se obtiene el molino de dos piedras cónicas este es el que mas se utilizó hasta la mecanización del proceso ya en épocas tardías.



Molino hidráulico de piedra para aceitunas *imagen Tarsicio Pastrana*

Este está formado por dos piedras cónicas colocadas de canto y unidas en el centro por un eje que se prolonga hacia la parte superior para ser encajado en un engrane del cual sale el eje para la rueda hidráulica<sup>246</sup> o para sujetar la collera de los animales, la facilidad de este molino sobre el anterior es el control que se puede tener del giro del eje, y la transmisión de este giro a las dos piedras unidas al centro del eje por cuerdas o elementos metálicos, el labrado de estas piedras tenía que ver con el tamaño que barrería, es decir un cuerpo cónico girara de manera concéntrica hacia un punto determinado, al colocar dos piedras una en un extremo del eje y la otra en frente se logra barrer con la superficie de molienda una área igual a la medida de la cara inclinada que termina en la punta del cono, pasada una pequeña área que quedaría sin barrer se hace un canal recolector.

<sup>246</sup> Es importante mencionar que era más común el uso del molino de sangre que el hidráulico aunque se encuentran tratados hidráulicos donde se describen los molinos para aceitunas accionados por ruedas hidráulicas de diversos tipos, entre ellas las de rodezno.



Este cambio significo mayor superficie de barrido y por lo pronto mayor área de molturación. Con este tipo de molinos encontramos que la producción de material molturado en el primer molino rondaba las 8 a 15 fanegas diarias<sup>247</sup>

Otra manera de hacer el molino era con una plataforma de piedra sobre la que giraran las piedras cónicas en el perímetro de la plataforma que es de forma circular se encuentra un canal igualmente perimetral donde se recoge le pasta generada por la molturación. En todos estos casos descritos el eje superior se inserta en una pieza denominada linterna sobre la que se pueden derivar los ejes engranes que son movidos por la rueda hidráulica o el bastón que se fija a la collera del animal.

Del canal perimetral por medio de conductos se llega a los depósitos de la pasta (si estos existieran) y de ahí se lleva a la prensa de tornillo, generalmente los aceiteros sacan el aceite del canal perimetral por medio de recipientes, aunque no era difícil encontrar canales forjados para canalizar y acumular la pasta producida, conocida con el nombre de orujo.

Debido a la naturaleza del aceite y a lo valioso de este se trataba de no desperdiciar material, por lo que las superficies de escurrimiento tenían que ser de una piedra poco absorbente y en muchos casos se trataba con algún recubrimiento que cerrara los poros de estas superficies, de la misma manera que se hacia con las ánforas que recibirían la producción final.

La pasta obtenida y de la cual ya se retiraron los huesos se pasa a la prensa de tornillo , en la cual bajo una presión muy fuerte se exprimen los tramos y trozos de fruto y se obtiene agua, aceite y bagazo, esta separación se realiza a través de la presión y la separación se realiza por medios físicos ya que los subproductos son de diferentes densidades, quedando el aceite flotando en la superficie de la pasta, el agua en la mayor parte de esta y en el fondo los restos de fruto tronzados. Las prensa de tornillo no solo se utilizan en la obtención de aceite, también con ligeras variaciones las podemos observar en el proceso del papel y en los procedimientos primitivos de obtención de azúcar

Otros métodos de prensado muy utilizado y que es anterior a la utilización de la prensa de tornillo son las prensas de viga que consisten en una viga de madera de grandes proporciones algunas llegan a medir hasta 12 o 14 metros largo por 3 de alto, que se encuentran fijas a un banco de madera que le genera un punto de equilibrio en el centro o cargado hacia uno de los extremos permitiendo el movimiento bascular de la viga en cuyo extremo s encuentra un martillo también de madera que cae sobre un recipiente que contiene las aceitunas, mismo principio de los molinos que funcionan con mazos como los batanes y los molinos de papel, pero con un contrapeso y un tornillo para que todo el peso de la prensa cayera sobre la pasta y se pudieran separar sus diversos componentes con este método se prensa la pasta aprovechando el peso de la viga y del mazo<sup>248</sup>.

Las torres de las almazaras son comunes para el prensado, aplicando grandes presiones se obtiene la separación de las sustancias, la pasta prensada se separa en los componentes que contiene.

---

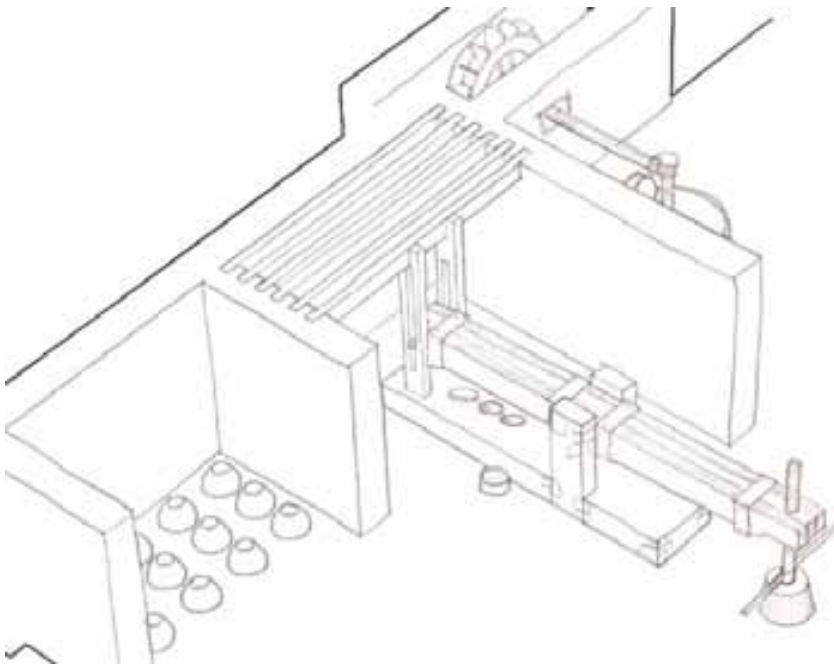
<sup>247</sup> Según este dato de molienda continúa el cual no se ejecutaba de esa manera estaría en los 500 kilos de aceituna al día, esta molienda se veía fragmentada por la situación de moler solo lo que se va a prensar en esos momentos que es el siguiente paso después del primer molino.

<sup>248</sup> **Cara Barrionuevo Lorenzo y López Rodríguez María Juana**, *UN CAPITULO CASI OLVIDADO EN LA HISTORIA ALHAMEÑA LAS ALMAZARAS Y EL ACEITE* en el *Eco de Alhama No4*, España 1997, pág. 4



Tanto la prensa de husillo como la prensa de viga tienen como objetivo aplicar la mayor presión posible sobre la pasta para extraer todo el aceite posible, los componentes del líquido restante son los que interesan a los aceiteros porque entre estos se encuentra el aceite de la oliva. El producto obtenido era diverso, las calidades del aceite tenían que ver con el número de prensadas y con el procesamiento de los residuos, el mejor por supuesto es el de la primera prensada, posterior existían más prensadas que determinaban el cambio de la calidad, hasta llegar al procesamiento de los residuos de la pasta que provocaba otro tipo de aceites (el de alpechín y el de orujo).

De hecho como ya se menciona en la sección que habla del azúcar y tomando en cuenta que arqueológicamente se tienen pruebas de que la fabricación de aceite de oliva se muy anterior al de la caña se determina que el proceso primitivo de obtención del azúcar a partir de la caña fue derivado de aplicar el proceso ya conocido de obtención del aceite a la caña, al igual que el molino de granos que es el más primitivo fue aplicado a diversos materiales por molturar, la caña fue tratada con el procedimiento que ya se conocía para la obtención del aceite, posteriormente se fue especializando según la experiencia y las características de la caña aunque reiteramos que en el origen tenían el mismo procedimiento de obtención.<sup>249</sup>



Almazara, al fondo el molino hidráulico, en medio la prensa de viga y en primer plano las tinajas semi enterradas para guardar el aceite *imagen Tarsicio Pastrana*

Retomando el tema posterior al prensado la pasta se separaba siendo sus principales componentes el agua, aceite flotando en su superficie y bagazo y restos de aceituna en el

<sup>249</sup> Tomando como referencia el molino de azúcar ilustrado y explicado en el tratado de los 21 libros de los ingenios y las máquinas observamos los procedimientos del aceite de oliva en la obtención del azúcar, la caña molturada para obtener una pasta y la prensa para extraer el jugo de la caña de la pasta, los procesos posteriores de refinado solo son particulares a la obtención de azúcar.





fondo<sup>250</sup>, esta separación se hacía por medio de decantación.

El proceso más tedioso era la decantación, realizada en tinajas que se enterraban a diferentes alturas a través de las cuales por medio de ranuras se podía ir pasando de una tinaja a otra siempre la parte que quedaba más alta, al ser el aceite la parte flotante esta iba pasando de una a otra en este proceso se liberaban las impurezas que se iban depositando por gravedad en el fondo de las tinajas, los filtrados que se realizaban esporádicamente se hacían a través de mantas de algodón y paños de tejido muy cerrado.

Uno de los subproductos de este proceso de obtención del aceite era el aceite de orujo, el cual se obtenía del hervido de los residuos del prensado, la diferencia entre un aceite y el otro radica en la refinación, el aceite de oliva es virgen porque se obtiene en frío a través del prensado, en el caso del orujo se tiene que hervir el residuo para obtener el aceite que haya quedado en sus partes.

Al retirar el aceite de la superficie debe de pasar por procesos de filtrado para separar las partículas que pudieran ir flotando en el aceite los filtrados se realizaban con telas de tejido muy cerrado de algodón que se colocaban en la boca de los recipientes cuando el aceite era vaciado de unos a otros, esta separación de sustancias producto de los prensados se realizaba por sedimentación, decantación, o filtrado el reposo permitía la maduración del aceite y la sedimentación de los cuerpos que estuvieran flotando en el aceite que se iban al fondo, en ambos casos se pasaba de un depósito a otro.

Cuando se obtiene el producto se coloca el aceite en ánforas de barro para poderlo transportar. Los colores de los aceites hablaban de su origen y de que tipo de aceituna procedían. El aceite de aceituna verde la cual no está madura todavía es de color verde dorado, el aceite de aceituna madura negra es dorado, de esta forma por el color se identificaban.

Finalmente antes de la distribución las ánforas de barro eran grabadas con los símbolos de la región productora de aceite, las formas de barro las vasijas y demás elementos contenedores tenían diferentes formas según la región de la que procedían, una situación en común era la colocación de una tapa de cerámica sellada con una mezcla de cal que solidificaba y creaba un recipiente cerrado, entre la forma de la vasija y las marcas de fábrica se obtenía un mayor control y se sabía la región de origen con lo que también se sabía los diferentes sabores del olivo.

Las vasijas se podían acomodar por su forma, era tan común el transporte y el uso de estas vasijas que en roma cerca del foro Boario se formó una colina artificial que no existía a partir de la acumulación de vasijas y restos de estas en una zona de los foros que era el tiradero popular de las vasijas que ya estando vacías no tenían otro uso, con el tiempo esta superficie fue tan extensa que formó la colina, la cual con el abandono se cubrió de vegetación, esta colina llamada el monte testaccio es una fuente documental de primer nivel del tipo y la procedencia del aceite de oliva que se consumía en Roma de los 40 millones de ánforas que se han localizado el 50% de las marcas procede de Hispania.<sup>251</sup>

<sup>250</sup> Estos deshechos eran aprovechados para diferentes usos el principal de ellos era la alimentación de ganado, además de que los residuos podían procesarse para obtener otro tipo de aceite.

<sup>251</sup> **Garrido González Luis**, *EL ACEITE EN ESPAÑA ORO VERDE* en La aventura de la Historia paginas 68-75



## c. Arquitectura de los molinos de aceite.



La almazara de las  
haciendas de olivar  
del Aljarafe Sevilla

Planta arquitectónica de un molino de aceitunas *imagen Tarsicio Pastrana tomada de Arquitectura Rural Dispersa Sevilla La almazara de las haciendas de olivar del Aljarafe*

1. Área de almacenamiento y recepción de aceituna
2. Área del molino de aceitunas
3. Área de la prensa de viga
4. Área de decantación y almacenaje de producto final
5. Pozo de agua y sistema hidráulico
6. Muela de piedra
7. Alfarje de piedra para molturación
8. Sistema motriz del molino
9. Agua caliente
10. Torre de contrapeso para la prensa de viga
11. Capilla de la prensa lugar donde está el contrapeso y los empotres
12. Zona de prensado
13. Pocillo para recibir el aceite
14. Deposito del orujo prensado
15. Prensa de viga y depósitos de decantación del aceite
16. Husillo
17. Tinajas de almacenaje y decantación.



## 7. La máquina de hacer papel

### a. introducción.

La fabricación de papel estaba circunscrita a su producción en la península Ibérica, este como otros productos estaba sujeto a monopolio por parte de la corona, esta es la razón principal por la que no existieron fabricas de papel en México durante el periodo virreinal exceptuando un caso, el molino de papel de Culhuacan diseñado, construido y operado por los agustinos para complemento del convento de su orden de la misma localidad, este convento era particular por ser considerado un centro de aprendizaje y enseñanza actividades para las que se construye el molino de papel, es decir no existía el interés de establecer una industria papelerera en el virreinato, a consecuencia de que este articulo no era de primera necesidad, por lo menos para la población, por el contrario lo era para los aspectos de gobierno y administrativos, por lo que la importación de papel desde la península ibérica fue constante.

En el caso de la tecnología hidráulica que se aplica al papel es muy interesante la parte denominada molino de papel, que una vez mas como en otros casos analizados este ingenio le da nombre a todo el estableciendo dedicado a la producción de papel, así cuando se dice el molino de papel se esta hablando de toda la factoría y no nada mas de la maquina principal. Retomando el tema del molino como maquina, esta era movida generalmente por la fuerza hidráulica, tenia como fin la trituración de las fibras para producir la pasta que como veremos a lo largo del tema era la parte inicial del proceso, su principio de funcionamiento era la percusión. Hacia el siglo XVIII se inventa el molino holandés<sup>252</sup>, que también era accionado por fuerza hidráulica, aunque por su temporalidad es poco probable que durante el virreinato existiera una maquina de estas características en México.

Finalmente otra maquina importante aunque esta no era movida por la fuerza hidráulica era la prensa con la que se le daba acabado al papel, por lo que para hablar del molino de papel tendremos que explicar todo el proceso para insertar adecuadamente la tecnología hidráulica en el, parecido a la producción de lana y otros procedimientos analizados el agua no solo se utiliza como fuerza motriz también como parte importante del proceso por lo que su inclusión dentro de la factoría representa un sistema de almacenaje y canalización que tendrá que ser mencionado.

Esto nos divide las aplicaciones tecnológicas en lo relativo a la hidráulica en tres ramas principales, el agua como motor de las maquinas o mejor dicho el agua como fuerza y energía, el segundo el agua que participa del proceso productivo, ya sea como elemento componente o como complemento y el tercero como el agua de consumo para actividades personales de los obreros pero que no tienen que ver con el proceso de obtención del producto ( limpieza, consumo, cocina etc.) aunque esta división no es muy común en el virreinato si podemos considerar que estas obras de canalización y almacenaje no solo suministraba al establecimiento preindustrial.

### b. Historia del papel.

Es una necesidad del hombre desde que se empiezan a utilizar códigos cifrados para registrar eventos y un sustento para recibir esos códigos, esta necesidad tan fuerte de

---

<sup>252</sup>En el siglo XVIII Surge la maquina holandesa que ayudaba en el proceso de molienda, aunque en muchos molinos se encontraron ambas maquinas, se puede considerar que además de las baterías de mazos y de la prensa existían las maquinas holandesas, como ya se menciona en otros procesos analizados en el inicio de la producción papelerera los trapos se molían en molinos harineros ya fuera hidráulicos o de sangre para después irse especializando y tecnificando en sus propias maquinas y molinos.



registro de la historia y de los hechos ha permitido conocer la vida antes de nuestras vidas, y aunque ahora el papel y de hecho los medios electrónicos nos muestran la cara mas amable y mas practica del dicho sustento en el pasado se tuvieron que generar diversas técnicas para crear estos materiales.

El primero y más sencillo fue la piedra, en la piedra se labraban los símbolos que contaban las historias, esto fue muy bueno para las generaciones precedentes porque la piedra es un material muy perdurable. Los petroglifos se labraban en la piedra y las piedras se colocaban en lugares donde se pudieran observar para que estos registros estuvieran al alcance de todos (por lo menos la información que podía ser publica). El uso de la piedra generaba otro tipo de problemas que saltan a la vista, por ejemplo, el manejo de una piedra de 3 metros de alto no era una situación fácil, esta piedra podría servir para el registro de información extraordinaria y que se quisiera perpetuar, por el contrario este sustento se limitaba para información mas generalizada y de uso diario<sup>253</sup>

Esta situación se vio resuelta en lugares donde no había piedra con las tablillas de barro, como en Mesopotamia, que contaba con la escritura cuneiforme y el sustento de esta escritura fueron las tablillas de barro que se podían manejar y transportar de manera mas sencilla lo que ponía el invento de la escritura al servicio de cosas mas comunes, inventarios, registros administrativos de población, cuestiones administrativas se plasmaban en las tablas que aun cuando mejoraban sustancialmente en relación con la piedra seguía siendo un medio incomodo para almacenarse conservarse y transportarse<sup>254</sup>.



Dibujo en cerámica China de una tina llena de pasta de papel y el papelero metiendo un molde para obtener el papel, al fondo se ven las pilas de producto terminado **imagen: El diseñador, Diseño Industrial, Gráfico y Digital**  
<http://www.atikoestudio.com/disenador/industrial/materiales/papel/historia%20del%20papel.htm>

De la naturaleza del sustento se desarrolla el tipo de escritura, de esto uno de los mejores ejemplos es la escritura cuneiforme, ya que al tener la necesidad de trabajar con incisiones en el barro es mas fácil que el instrumento para escribir sea una pequeña rama con punta que provoca con el paso del tiempo una escritura basada en el uso de este instrumento sobre el sustento, al ser difícil el trazo de líneas curvas se eliminan o nunca se usaron hasta

<sup>253</sup> Las culturas precolombinas grababan en piedra hechos que querían perpetuar, las estelas mayas son representaciones fechadas de eventos importantes, la colocación de estas estelas en lugares públicos expresan el deseo de sus fabricantes de lograr un alcance masivo.

<sup>254</sup> Las tablillas de barro se manejaban en diversos tamaños y podían ser almacenadas de una forma mas practica que la piedra, por el contrario el material es mas perecedero, la gran ventaja de Mesopotamia es el clima extremadamente seco y que ha permitido la conservación de las tablillas a lo largo de miles de años.



llegar a la escritura conocida<sup>255</sup>. De la misma forma el uso de pincel permite escrituras más estilizadas y representaciones graficas basadas en un deseo por representar la realidad, ejemplos de esto Egipto, las culturas prehispánicas de México y los símbolos estilizados de la escritura en lugares como China y Japón.

La necesidad de crear un sustento delgado que pudiera ser doblado enrollado y fuera ligero creó en diversas partes del mundo soluciones parecidas con diferentes tipos de plantas, el machacar una fibra vegetal para luego aplanarla es el principio que hasta la fecha rige al papel, en Egipto fue el papiro, realizado a partir de la planta del mismo nombre que crece en las márgenes del Nilo se obtenía de la medula del tallo de la planta la cual está formada por membranas concéntricas enrolladas una sobre otra, estas se separaban y se colocaban sobre una plataforma de madera, después se repetía el proceso en el sentido opuesto similar a la trama de un tejido la hoja que se obtenía se aglutinaba con agua limosa que se obtenía también del Nilo, finalmente prensaba y se golpeaba para darle el espesor correcto<sup>256</sup>, se pulía con aceite de cedro aplicado con brochas de cola de caballo.

Por otra parte el pergamino es una piel de animal sin curtir y sin pelo, cuyo proceso parte de la limpieza correcta, la maceración en agua de cal, prensada y alisada, su producción le da nombre a la ciudad de Pergamo en Asia menor donde se producían de excelente calidad y desde donde se exportaron a Europa, la persistencia del pergamino llegó hasta el nacimiento del papel<sup>257</sup>

En México el papel Amate se produce a partir de las cortezas y raíces de ciertas especies de árboles que eran cortadas en su cara interna en forma de tiras, estas eran aplanadas sobre una superficie plana, después que se obtenían las tiras se sobreponían unas con otras colocando las tiras en un sentido y otro a manera de lo que hacían los egipcios con las tiras del papiro para darle más consistencia al papel, el aglutinante era la misma savia del árbol de la cual estaban impregnadas las tiras.

El amate se dejaba secar para el paso final el cual tenía que ver con un proceso de pulido realizado con piedras lisas que se pasaban una y otra vez sobre el papel.<sup>258</sup> Algunos de los papeles antiguos tenían como principio como ya se ha visto con el papiro y el amate el laminado de pulpas o pastas vegetales obtenidas a partir de plantas existentes en su entorno.

Este principio de pulpa laminada que es en esencia el origen del papel se volvió obsoleto cuando el papel comenzó a ser un artículo de primera necesidad y se necesitaba una producción masiva en China se había utilizado el papel pero no como sustento para recibir escritura, estos papeles eran decorativos y para envolver, se cree que esta fue la razón por la cual en el 105 DC en China y cubriendo las demandas de un gobierno con varios procesos burocráticos que requerían de registro se crea la técnica para obtener papel de fibras vegetales de diferentes orígenes. Bajo encargo del emperador, Ts'ai lun desmenuza corteza de morera, fibras de bambú, cáñamo, redes de pescar viejas y vestidos usados en

<sup>255</sup> **Ramírez Alvarado María del Mar**, *LA REPRODUCCION DE LA IMAGEN Y SU IMPACTO EN LA CONSTRUCCION DE NUEVAS REALIDADES: HISTORIA DEL PAPEL Y DE LA IMPRENTA EN EL CONTINENTE AMERICANO* en *Ámbitos revista andaluza de comunicación* No 13 y 14, Universidad de Sevilla, España 2005, págs. 248 y 249

<sup>256</sup> **Hidalgo Brinquis M<sup>a</sup> del Carmen y Asenjo Martínez José Luis**, *EL PAPEL 2000 AÑOS DE HISTORIA EXPOSICION ITINERANTE DE LA ASOCIACION HISPANICA DE HISTORIADORES DEL PAPEL*, Asociación Hispánica de Historiadores del Papel, España 1998, Pág. 2

<sup>257</sup> *Ibid.* pág. 3

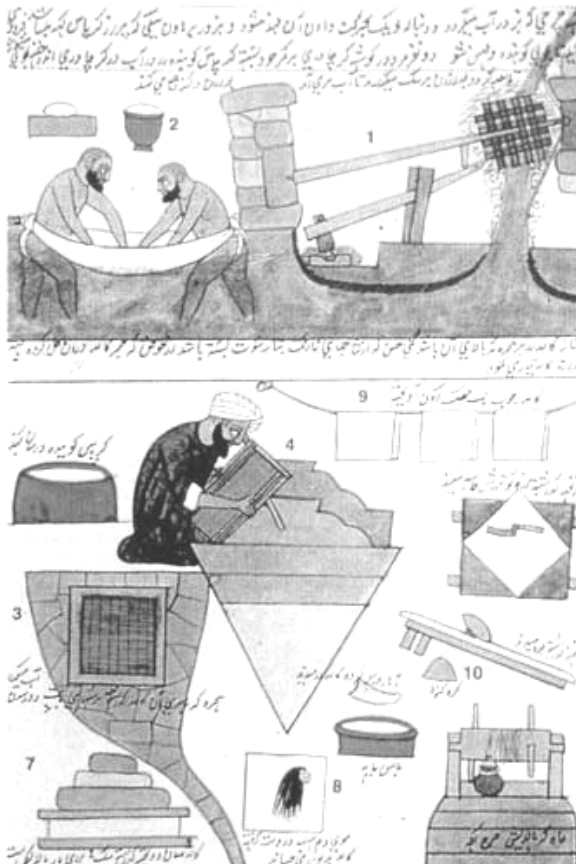
<sup>258</sup> **Ortega Rodrigo y Domínguez Minerva**, *EL PAPEL AMATE* en *Eara códice boletín* 17 Octubre 2006, Encuadernadores Artesanales de la República Argentina, Argentina 2006, págs. 1 y 2



una tina con agua donde las deja macerar para después pasarla a otra y molerla a golpes, la pasta así creada la pone sobre una rejilla posiblemente de bambú la deja secar y obtiene el papel que una vez seco demostró que podía seguir unido.<sup>259</sup>

El principio ensayado era el que con diferentes variaciones se usaría a través del tiempo, el molido de los trapos combinada con ciertas fibras vegetales creaba una pulpa suspendida en agua que se sometía a procesos de laminado y secado que se explicaran ampliamente mas adelante y que proporcionaba un papel mas manejable y sobre todo mas fácil de producir, los chinos guardaron el secreto durante mucho tiempo, los que llevaron la técnica de producción a Europa

Fueron los árabes que en la etapa de expansión de su imperio tuvieron contacto con regiones de China de donde obtuvieron la técnica para la obtención de papel, específicamente en la ciudad de Sarmakanda en el 751DC durante la batalla de Telas se captura a dos papeleros que para preservar su vida dan a conocer el secreto que tan bien guardado había sido, inmediatamente establecieron molinos de papel en Bagdad en el 795DC y el norte de África en Egipto para el 800DC.



Dibujo que muestra la técnica árabe para obtener papel, en la parte superior observamos el molino hidráulico y los mazos para moler la pasta, del lado izquierdo dos hombre trabajan en la elaboración de la pasta, en la parte de abajo se ve un personaje que con un molde saca pasta de un recipiente, se observan diferentes utensilios para la elaboración del papel, al fondo el secado del papel colgándolo, en este diagrama se puede ver que la técnica introducida a Europa por los árabes es muy similar a la que llego a México en el siglo XVI.

**Imagen El papel de Xátiva**  
Robert I. Burns. S.I. (traducción de Rafael León) / Excm. Ayuntamiento de Xátiva (Delegación de Cultura) Sarq al-Andalus El Papel.htm

El papel llega a Europa a través de la ruta de la seda, Bagdad, Damasco, Egipto, Sudán, Fez, Ceuta, y particularmente a través de Toledo ya en España, para el siglo X y el XI ya aparecen Molinos de papel en Toledo, Sevilla y Córdoba, se establece en Játiva para el 1155 que es la fecha documentada del primer molino de papel en esta ciudad, a partir de ahí y durante mucho tiempo se convertirá en uno de los centros papeleros más importantes de Europa.<sup>260</sup>

<sup>259</sup> **Fundación Chile, LA CIVILIZACION DEL PAPEL: DEL PAPIRO A LA CELULOSA**, Fundación Chile y Ministerio de Educación de Chile, Chile 2006. Págs. 1-8

<sup>260</sup> **Hidalgo Brinquis M<sup>a</sup> del Carmen y Asenjo Martínez José Luis**, op.cit pág. 4



En esta ciudad existía todo lo necesario para producir el papel, campos de lino algodón y cáñamo, numerosos cuerpos de agua y manantiales, aunado a los conocimientos científico tecnológicos de los árabes se crea una región papelera similar o mas importante que las ubicadas en otras ciudades al norte de África, en la península arábica e incluso en la misma España, capaz de desplazar al papiro egipcio que hasta estas épocas era el mejor sustento conocido.

La principal causa del desarrollo del papel a través de los territorios árabes se debe a la necesidad que tenían los califatos de utilizarlo, el desarrollo del imperio árabe va de la mano de un exponencial desarrollo científico cultural, los centros de estudio y las principales capitales del imperio árabe, necesitan del papel<sup>261</sup>. Si pensamos en las necesidades de los centros culturales y políticos el papel es una parte fundamental de estos, por lo que las principales ciudades árabes tendrán en cercanía o en el mismo núcleo poblacional regiones completas dedicadas a la producción de papel, como ya se vio en el caso de Játiva.

Los árabes científicos y cultos desarrollan técnicas para mejorar la producción, sus excelentes conocimientos hidráulicos y agrícolas permiten el establecimiento de mejoras en la producción y la instauración de lugares específicos para esta producción.

Particularmente importante para este trabajo es la implementación de molinos hidráulicos para la producción de la pasta, siendo los árabes los primeros en utilizarlo, también el blanqueo de las fibras con cal, el encolado para facilitar la escritura, este lo hacían por medio de goma arábica, engrudo o almidón, incrementaron la utilización de fibras de distintos tipos, como el ramio el lino y el cáñamo, además de perfeccionar la forma de papel.<sup>262</sup>

En la reconquista los reinos católicos conservan los centros papeleros y los utilizan en su beneficio el gobierno español requería de grandes cantidades de papel, debido a que el proceso iniciado en la reconquista fue continuado con el descubrimiento de América, al aumentar los territorios también las necesidades aumentaron<sup>263</sup>.

Existieron dos caminos de introducción del papel en Europa, ambas rutas fueron reflejo del momento histórico que vivía el continente. El primero de ellos ya fue descrito a través de la ruta de la seda y a partir de la península arábica por el norte de África hasta España por el Sur, la otra por medio del intercambio comercial y cultural propiciado por las cruzadas y parte de la península arábica pasando por algunas regiones del norte de África y llegando directamente a Italia, desde donde se distribuye por el sur este de Francia y hacia el norte a través del mismo país para llegar al centro y norte de Europa.

Por algunas crónicas y en otros casos por los archivos municipales se establecen las fechas de fundación de los primeros molinos de papel en diversas partes de Europa, en España se encuentran los mas antiguos, después sigue Francia e Italia, como ya vimos la ruta que siguieron estos molinos fueron directamente desde Medio Oriente a través de los cruzados,

---

<sup>261</sup> Al igual que los romanos los árabes daban legitimidad a su imperio a través de la cultura y la ciencia, ambas actividades reflejadas en mejoras sustanciales en los modos de vida, durante la edad media los centros culturales europeos estuvieron en el oriente y en las zonas dominadas por los árabes principalmente las ciudades de Al andaluz donde Toledo fue una de las principales. Una situación similar se presentara en el siglo de oro español donde el imperio de Felipe segundo se apoya en el desarrollo cultural y científico, el papel es muy importante en este tipo de regimenes porque permite registrar los conocimientos y los adelantos logrados en papel recordemos los registros que hace Alfonso el sabio y estos registros son parte de los conocimientos dejados por los árabes en las zonas que los reinos cristianos iban recuperando.

<sup>262</sup> **Hidalgo Brinquis M<sup>a</sup> del Carmen y Asenjo Martínez José Luis**, *op.cit* pág. 4

<sup>263</sup> Desde su conquista en 1424, todos los territorios de la Corona de Aragón se abastecen ya de este papel.



solo un poco de tiempo antes de la invención de la imprenta los molinos de papel llegan a Europa Central y al Norte de Europa<sup>264</sup> donde el invento de la imprenta va a convertir al papel en un artículo de primera necesidad el cual transforma el proceso original, casi artesanal y lo comienza a tecnificar, se necesitaban grandes cantidades de papel para imprimir los libros y los textos que se requerían.

Ya en el siglo XVI con el descubrimiento de América se incrementan las necesidades de papel, España mantiene el control y el monopolio del papel gravándolo y controlando su fabricación, la cual se hacía en su mayoría en la zona de Cataluña y Aragón en los momentos de mayor producción España exportaba hacia México en la segunda mitad del siglo XVII desde Sevilla y Cádiz 34.983 balones de papel (un balón tenía 24 resmas y una resma 500 hojas) lo que nos da un aproximado de 420 millones de hojas<sup>265</sup>.

En América no se podría fabricar papel por lo que el establecimiento de molinos papeleros en el actual México se dio de manera tardía ya después de declarada la independencia, a excepción del molino de Culhuacan (1575) que fue administrado por los agustinos para suministrar de papel a sus centros educativos ubicados en la misma zona, su producción fue local y tenía como función la producción de papel para los catecismos salmos diccionarios y de más textos necesarios para la evangelización y para el aprendizaje por parte de los frailes de las lenguas locales.

### c. Procedimiento para obtener el papel.

El procedimiento para la obtención de papel a partir de los trapos y las fibras vegetales recupera ciertos aspectos de la obtención de papel de tipo más primitivo, en los que va implícita la molienda de las sustancias descritas. El sistema que se describirá a continuación muestra la inquietud de mecanizar los procesos más complicados y que requerían de mayor esfuerzo por parte del artesano, en este caso la molienda de las fibras, es conveniente aclarar que todos los procedimientos descritos en este trabajo son los que se empleaban en el virreinato.

El agua en el contexto del molino papelerero al igual que para otros tipos de ingenios debe de tener una infraestructura que permita la canalización y utilización en los diferentes tipos de usos ampliamente comentados, en el caso del lavado se requiere de dos tipos de canalización, la que alimenta las tinajas de lavado y la que permita el desagüe cuando ya se ha utilizado el agua, adicional a esto tendremos el agua para la maceración, el agua que mueve las ruedas hidráulicas, por lo que el agua que llega a un establecimiento de este tipo se divide generalmente en dos caminos, el que llega al interior del taller que proporciona el agua para los procesos en particular y el que se dirige a la zona donde se ubican las ruedas, que utilizara el agua como fuerza motriz, en el interior del taller debe existir un desagüe el cual por lo general lleva agua contaminada y en el otro caso el agua que ya movió la rueda debe regresar al río con el agua sin contaminar.

Esta infraestructura hidráulica necesaria en el interior de un molino de papel se magnifica cuando hablamos de una región completa en la que las materias primas requieren sus propias infraestructuras hidráulicas, de las que los molinos son solo una pequeña parte. El agua esta asociada de manera importante en la obtención de materias primas, particularmente en el caso de las plantaciones de donde se obtenían algunas de las fibras vegetales para algunos tipos de papeles, el papel como ya se ha visto se podía obtener de

<sup>264</sup> Ya se menciona Játiva España en 1155, Fabriano en Italia en 1276, Langedoc Francia 1350, Colonia Alemania 1390, Genept Países bajos 1428.

<sup>265</sup> Hidalgo Brinquis M<sup>a</sup> del Carmen y Asenjo Martínez José Luis, *op.cit* pág. 8





diferentes materiales, en el caso de los cultivos específicos para la obtención de las fibras vegetales, como el lino o el cáñamo requieren de riego para su desarrollo.

Por otra parte los trapos de algodón o de otras fibras ya procesados y los mismos materiales de fibras vegetales tienen que someterse a un lavado previo ya que llegan a la factoría, la mayoría de los trapos provenían de ropa y textiles ya usados que se desechaban por lo cual tenía que ser liberados de sustancias y accesorios que de quedarse en los pasos subsecuentes dañarían el proceso.

Estos trapos y fibras llegaban a una zona de la factoría donde se tenían que liberar de sustancias y partículas diferentes a la fibra que pudieran afectar la molienda en el caso de los trapos, botones o accesorios propios de la ropa, manchas, grasa etc. Las fibras se lavaban, para que quedaran libres de tierra y sustancias diferentes (arena, piedras) Los accesorios y botones que pueden existir en la ropa eran retirados de manera manual cuando quedaba la tela sola, se procedía a el lavado, con el cual se retiraban la manchas y sustancias impregnadas en los trapos, en este paso del proceso se utilizaba el agua como parte activa<sup>266</sup>

El siguiente paso después del lavado de los trapos es una trituración previa, los trapos se cortaban en pedazos o tiras que proporcionan mayor control en el momento de la molienda este mismo procedimiento se hace en el caso de las fibras vegetales, ambas operaciones generalmente se hacían a mano, con cuchillos o tijeras sobre soportes adecuados de madera bancos de corte en caso de los cuchillos; posterior al corte previo se colocan en contenedores para llevarlos a la maceración.

En este punto se cuenta con tiras o fragmentos de trazo o fibras vegetales que ya están limpios y fraccionados en pequeñas partes para llevarse a tinas en las que se colocaran en agua durante algún tiempo con este proceso se inicia la descomposición de las fibras y por medio del impregnado de agua se desgastan para que en la molienda se pueda lograr la pasta de manera mas rápida, estas materias primas en estado húmedo se pasan al machacado, es aquí en el machacado en donde entra el molino de papel.

El molino de papel es un mecanismo que utiliza el principio de percusión para realizar su trabajo, por lo que la transmisión del movimiento será a través de un eje horizontal con levas en su superficie, la rueda vertical se ubica en un extremo al igual que en las ferrerías, en un espacio arquitectónico particular a manera de corredor con muros de piedra conteniendo dicho espacio, la rueda puede ser gravitatoria o no, por lo que el canal de alimentación puede ir en la parte superior o solo estar ubicado en la parte baja con la pendiente suficiente para hacer rodar la rueda cuando circula el agua, el muro contiguo a la fabrica de papel esta perforado para que pase a través de el la prolongación del eje de la rueda, este eje es la parte mas importante en lo que respecta a la transmisión del movimiento, por lo que se debe de garantizar su giro sin vibraciones, los soportes son construidos en el origen sirviendo para esto en muchas ocasiones el mismo muro del taller y en su extremo final, ambos soportes son mas resistentes que el resto pudiendo hacerse de piedra o madera.

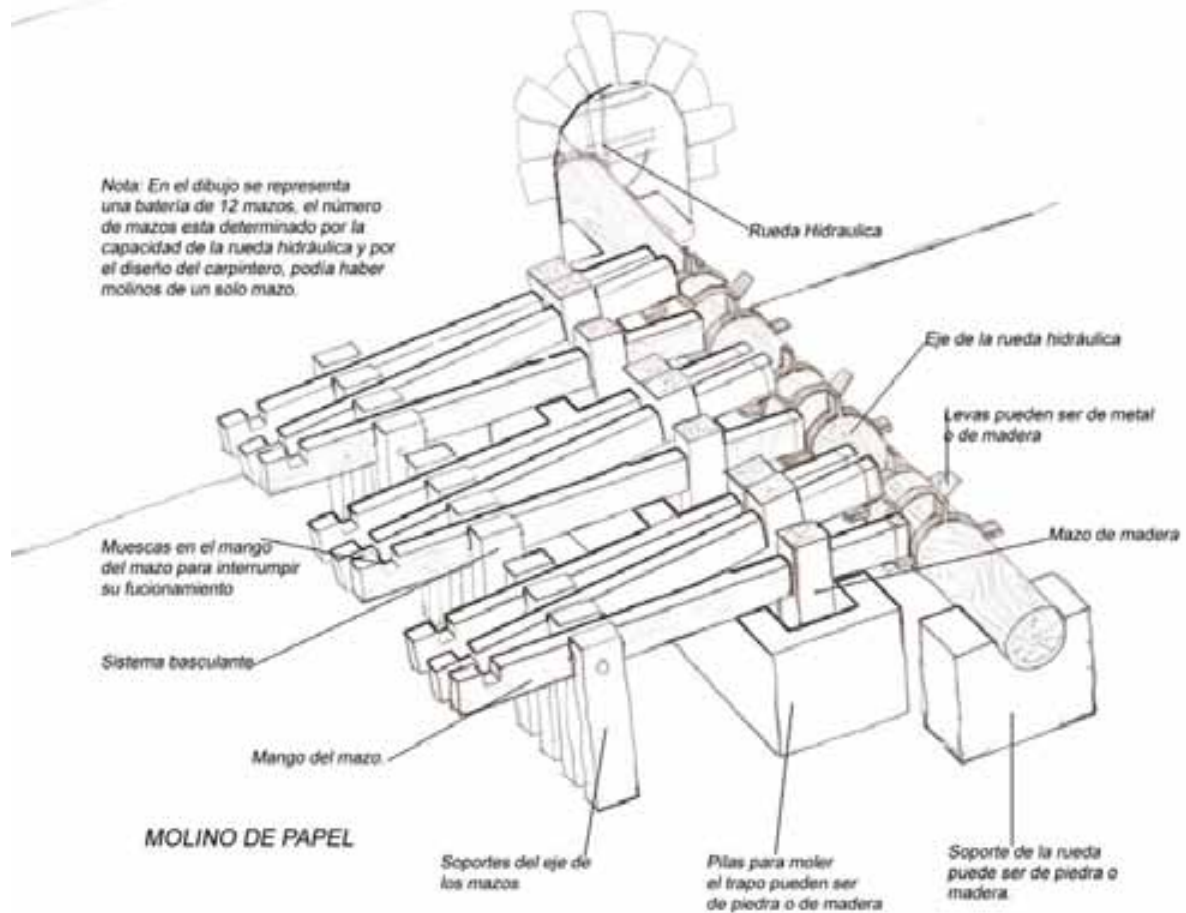
A lo largo de toda su longitud se pueden ubicar diferentes levas todas colocadas en diferentes partes de la circunferencia para evitar el golpeo al mismo tiempo de todos los

---

<sup>266</sup> En este mismo trabajo se ha hablado de los tres usos del agua, como fuerza motriz, como parte del proceso productivo y como elemento de consumo y limpieza, el lavado es una parte activa del proceso productivo del papel ya que por medio de este lavado se quitan las manchas que tiene el trazo que este procede de telas y ropa que ya fueron usadas.



mazos lo que provocaría una distribución de la fuerza en todos los mazos y un golpeo menor al que se necesita.



Batería de 9 mazos para moler trazo para el papel, *imagen Tarsicio Pastrana*

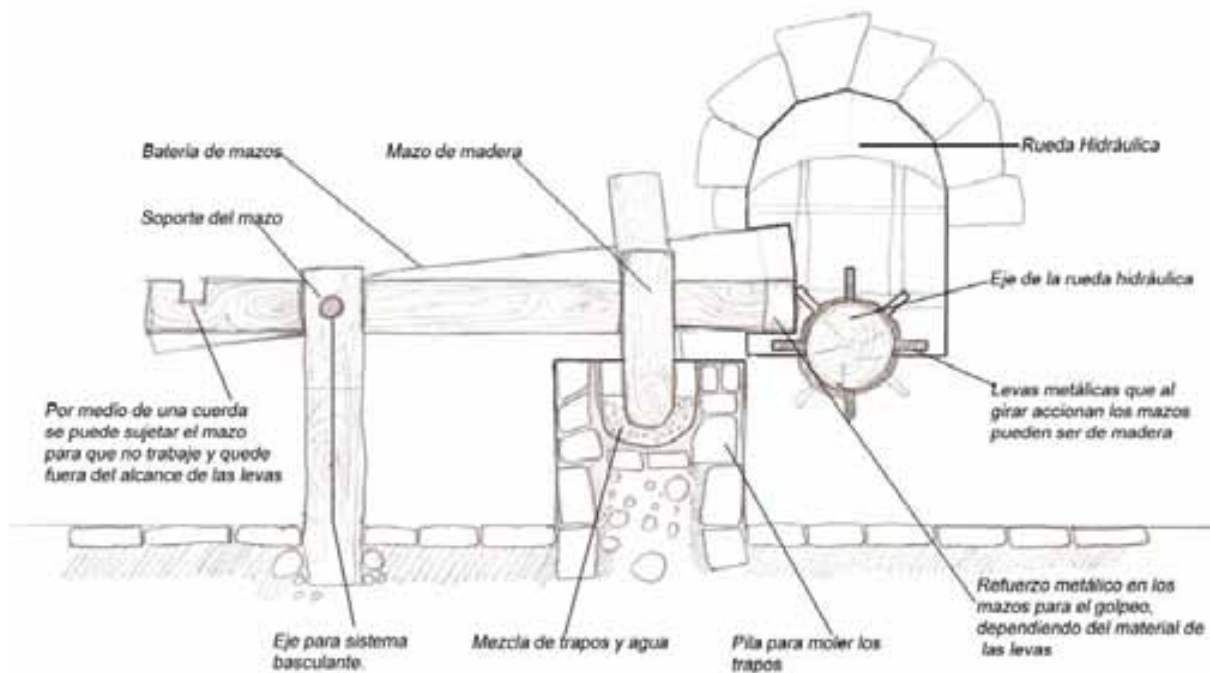
Esto en el caso de ser una batería de mazos ya que el molino puede funcionar con uno solo. Las zonas de fricción del eje principal tienen generalmente métodos refrigerantes ya que es la parte del mecanismo que se sujeta a mayor trabajo, el refrigerante puede ser agua que se agrega manualmente o por medio de algún canal realizado ex profeso.

Cuando la rueda gira el eje hace lo mismo y las levas comienzan a accionar los martillos, los cuales están realizados en madera con la cabeza de madera incrustada en el extremo opuesto del mango que queda del lado del eje, para poder realizar el golpeo los martillos son basculantes, lo que se logra con un apoyo central que les permite realizar el movimiento de sube y baja ya que ambos extremos están libres, en su estado natural de reposo el mazo estará permanentemente con la cabeza hacia abajo debido a que esta es la parte mas pesada, gracias a esta característica constructiva el mazo puede golpear en el mortero de la siguiente manera, la leva golpea el extremo opuesto al martillo una o mas veces en cada giro este golpeo en el extremo del mango provoca que la cabeza o mazo se eleve, cuando la leva ha dejado de hacer su efecto la cabeza cae pesadamente por gravedad dando un golpe.

La parte donde el mazo dará su golpe debe de tener la capacidad de contener una solución acuosa y al mismo tiempo contener el golpeo, por lo que se pueden construir de madera o piedra pero en ambos casos de manera robusta en el caso de la madera se debe de cuidar el junteo para evitar fugas de la solución acuosa entre las piezas de madera, para una batería de mazos el lugar donde cae el mazo es como un mortero en el que se ha terminado



de manera adecuada el interior, en este se colocan los trapos y o las fibras dependiendo el tipo de papel y se agrega agua.



**MOLINO DE PAPELA  
BASE DE BATERIA DE MAZOS DE  
MADERA.**

Corte de batería de 9 mazos para moler trajo para el papel, *imagen Tarsicio Pastrana*

El mazo comienza a golpear una y otra vez el contenido de las fibras con agua triturando a cada golpe, esta trituración en un principio provoca un lavado mas profundo del material por lo que el agua se va cambiando, conforme avanza la molienda el agua deja de ser retirada porque las partículas molturadas son tan pequeñas que ya forma una suspensión en el agua, formando una pasta, esta pasta se deja trabajar con el mazo hasta que se llega a la consistencia adecuada para retirarla, en esta parte el agua es muy importante, ya que el material a moler si se muele en seco se quemaría por la fricción, la suspensión se realiza en agua a través de la molienda de las fibras.

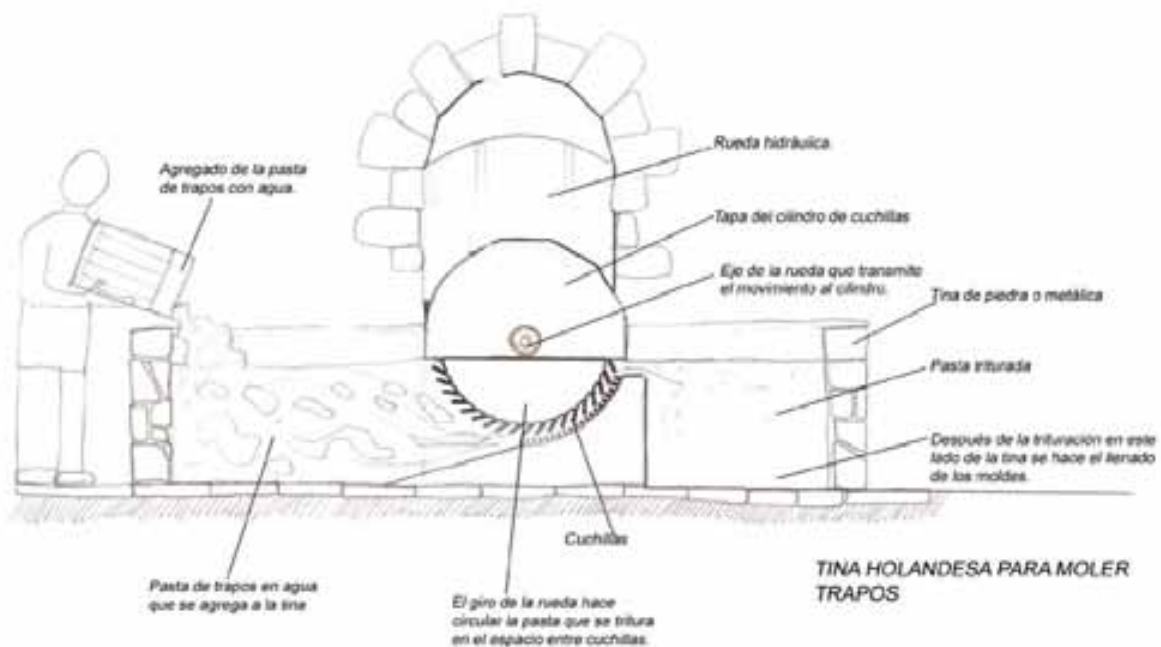
Las cabezas de los mazos pueden estar reforzadas con metal o suelen ser de madera mas resistente, debido a su constante trabajo el desgaste que pueden sufrir es mucho mayor. Existen molinos que la leva se acciona del mismo lado que el mazo por lo que el extremo opuesto únicamente sirve para colocar un eje que permite la acción pivotante del mango y el martillo, el mango se prolonga por encima de la cabeza del martillo y este eje que sobresale es en el cual el árbol de levas hace su trabajo.

Otra maquina de molienda accionada por fuerza hidráulica es la maquina holandesa, la cual fue creada en Holanda hacia finales del siglo XVIII, esta maquina consiste en una tina en la cual se ubica al centro un murete que la divide en dos pero que no llega a tocar los extremos de la tina, creando un deposito en forma de cero en cuyo centro se encuentra el murete.



Del murete a un extremo de la tina se ubica un rodillo de cuchillas que gira por medio de un eje que va sujeto a una rueda hidráulica este cilindro de cuchillas en su giro pasa muy cerca del fondo de la tina en donde se puede ubicar otro conjunto de cuchillas en la parte baja, el espacio entre el giro del cilindro y las cuchillas en el fondo es pequeño, el giro agita la mezcla y hace pasar las fibras por este espacio, a cada paso de las fibras se trituran cada vez mas, el giro del cilindro genera una circulación de la suspensión que gira en torno al murete al centro de la tina, pasando una y otra vez por este cilindro hasta que se obtiene la consistencia necesaria en la suspensión.

La maquina holandesa surgió del deseo de conjuntar en un mismo paso las dos partes iniciales del proceso, la creación de la pasta a través de la trituración y su posterior colocación en la tina desde donde se haría el moldeo en cualquiera de los casos anteriores la pasta tenía que llegar a la tina, estas tinas podían ser de madera o de piedra, la transmisión de la pasta se hacía de manera manual en el caso de las baterías de mazos o de manera automática cuando el rodillo holandesa se colocaba en ella.



Tina Holandesa para moler trapo, corte, *imagen Tarsicio Pastrana*

Es conveniente mencionar que antes de estas maquinarias tanto la Holandesa como las baterías de mazos el trapo, el cáñamo y el lino se molían utilizando las muelas de piedra de los molinos harineros, lo que provocaba que el molido no fuera uniforme, y la trituración no se llevaba a cabo de manera profunda, la utilización de molinos de piedra no permitía que la hidratación fuera la adecuada provocando que el papel fuera de manufactura gruesa y tosca, la hidratación en el proceso de molienda es básica debido a que si falta el agua la fricción puede alterar la naturaleza de las fibras que se están moliendo, el cambio hacia los métodos descritos permite que la pasta se obtenga por el machacado fino de las fibras y por la correcta hidratación el agregado del agua es muy importante dentro del proceso de obtención de la pasta de la que se obtendrá el papel.

Para agregar el agua a la mezcla se utilizaban depósitos que se podían ubicar en el interior o en caso de llevar un canal de agua para fuerza motriz por el interior de la factoría se tomaba directamente de este sitio.



Debemos recordar que la elaboración de la pasta requería de agua para conformarla pero también para que la molienda no se efectuara en seco ya que esta situación podía generar una fricción excesiva que quemaría la materia prima. Posterior a la molienda y ya con la pasta obtenida esta podía ubicarse en la tina de pasta en este sitio la pasta de agua contenía el granulado fino en estado de suspensión del producto de la molienda. De aquí se tenía que obtener el papel este tendría que liberar el agua que había funcionado como medio de suspensión. El Primer paso es la introducción de las formas o moldes en la tina para obtener una capa finísima de la suspensión.

El molde utilizado tenía el tamaño estándar de las hojas de papel del cual se hablara mas adelante, era como una charola de madera con la parte inferior porosa, la malla permitiría el paso del agua pero no de la suspensión, que al estar en un estado pastoso se quedaría sobre el molde, el papelerero introduce en la suspensión el molde y después lo mueve sobre la suspensión para hacer que esta se distribuya en toda el área.

Una vez obtenida la correcta distribución de la pasta de manera uniforme sobre el molde este se lleva hacia un sitio donde se pone para que al agua siga escurriendo, en algunos casos este es otro aditamento de la tina, sobre la que se pone un plano inclinado de madera para que la suspensión siga escurriendo y el agua que tiene partículas suspendidas no se desperdicie. Ya fuera el plano inclinado cuyo desagüe quedaba sobre la tina o los bastidores que por medio de poleas podían bajar o subir el papelerero buscaba no desperdiciar los excedentes de la pasta.

Es conveniente ampliar brevemente la descripción de algunos de los accesorios de las maquinas analizados que permitían este proceso de escurrimiento de excedentes, en unos de ellos una superficie de madera inclinada brevemente se colocaba en la lateral de la tina quedando parte de esta sobre la tina para lograr que el plano no tapara el lugar donde se sumergiría el molde, cuando el papelerero lograba distribuir adecuadamente la pasta sobre el molde colocaba el molde de manera lateral, la malla metálica del molde no quedaba sobre la superficie, inclinada lo que hubiera impedido que el agua escurriera, por lo que había un borde donde se colocaba un lado del molde y esto ayudaba a que no se pegara con el plano, en otro caso la tina de mayores proporciones tiene un bastidor sobre el que se colocan los moldes a escurrir sobre la tina, en este caso un juego de poleas y cuerdas permite regular la altura y la posición de este bastidor para ayudar con el secado preliminar.

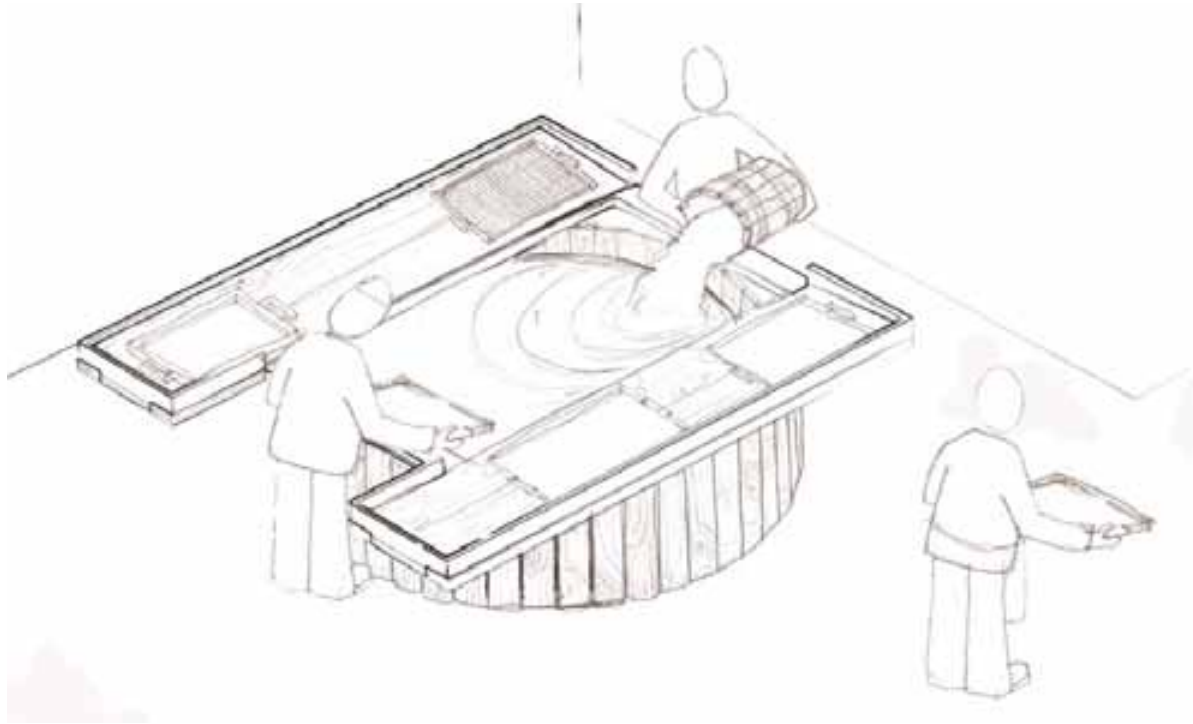
El molde se realiza de madera con dos agarraderas en los extremos cortos con borde perimetral de madera que determina el tamaño de la hoja, la base es una malla cerrada para permitir el paso del agua mas no de la suspensión que a la postre será la hoja de papel. En el inicio de este modo de producir el papel en China la malla era realizada con bambú.

El molde es la parte mas delicada de esta sección del proceso, en este se debe de distribuir la pasta para formar lo que será la hoja, es importante mencionar que la habilidad del papelerero se notaba en la manera de distribuir la pasta para que quedara uniforme sobre el molde, el siguiente paso era permitir que el agua escurriera para obtener una hoja que fuera manejable, si la hoja se retiraba muy fresca no tendría la suficiente cohesión para poderse manejar, por el contrario una hoja que se dejaba secar en el molde requería de mucho tiempo en el cual no se podía utilizar este para producir otra hoja.

Cuando la hoja se podía retirar se pasaba a la prensa de tornillo, para poder realizar este prensado se utilizaba la colocación de las hojas todavía húmedas entre lienzos de fieltro que eran colocados en zigzag, entre cada vuelta del fieltro se ubicaría una hoja, cuando se obtenía una sucesión de hojas alta se metía esta pila en la prensa y se aplicaba presión



suficiente para que la hoja soltara los restos de líquido que podía tener, esta operación se repetía varias veces para lograr que el agua se liberara de la hoja.



Tina de pasta de trapo para llenar moldes *imagen Tarsicio Pastrana*

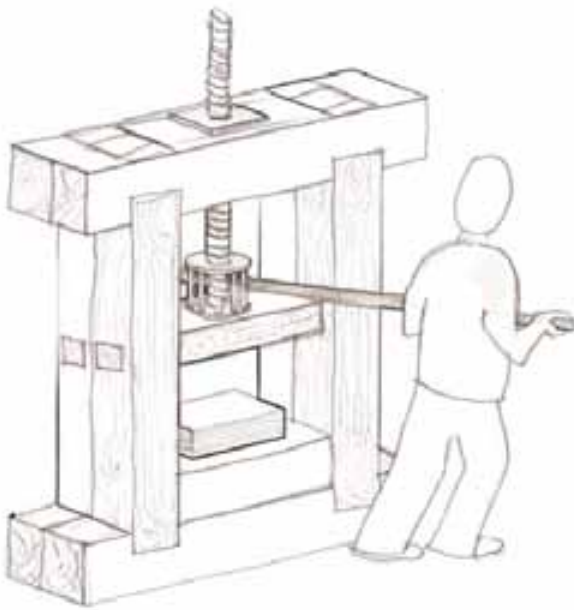
Este prensado se realizaba en un sentido y en otro, muchas veces el dibujo del fieltro se marcaba en la superficie de la hoja esta es la razón por la que las hojas se ubicaban en un sentido y en otro para ayudar al desvanecimiento de la marca del tejido.

Dependiendo del acabado que se le quisiera dar al papel era el número de prensados que se aplicaban, por ejemplo un papel mas rustico tendría menos prensados, un papel mas liso y mas fino tendría mayor numero.

Después del proceso de prensado la hojas se llevaban a una terraza donde se ubicaban varas de madera o cuerdas atravesando en el sentido corto de la habitación, con una ventilación cruzada para facilitar la circulación del aire por esta pero sin el rayo directo del sol y sin la exposición a la intemperie, en este lugar se colgaban las hojas para el ultimo secado con lo cual lograrían que perdieran toda la humedad que les quedara, esta parte del proceso también era muy importante, cualquier paso subsecuente requería que el papel estuviera seco totalmente esto solo se lograba en este cuarto de secado.

Esta sala lucía las cuerdas y las hojas colgadas similar a lo que en la actualidad seria un tendedero de ropa a diferencia de este el secado del papel se haría a cubierto, en muchos de los casos analizados esta terraza se ubicaba en la parte superior del molino de papel teniendo los muros abiertos para la circulación de aire con la posibilidad de obturar de alguna manera esta circulación y un techo para evitar la exposición directa a viento y al sol, pero sobre todo a una eventual lluvia que podía provocar que el papel se humedeciera y regresara a un estado similar al de la pasta de la cual provenía.





Prensa manual para papel después que la pasta secaba en el molde y esta se podía manejar sin romperse se pasaba al prensado, donde se colocaban las hojas entre lienzos de fieltro para terminar de secarla darle textura, en caso de que fueran papeles más burdos se prensaba con tela, si se quería satinar el papel se utilizaban las placas metálicas *imagen Tarsicio Pastrana*

#### d. Procedimientos adicionales.

Dependiendo del uso que se le daría al papel se requerían de procesos adicionales, recordemos que la materia prima del papel serían las fibras vegetales ya descritas, con lo que el papel tal cual no era adecuado para la escritura, los trapos de lana o algodón que podrían ser utilizados creaban un papel muy absorbente que provocaría que la tinta utilizada se diluyera haciendo la escritura ininteligible, para evitar esto el papel destinado para escritura se tenía que pasar por dos procesos más, el encolado y el satinado, el primero de ellos consistente en remojar las hojas en soluciones diluidas de cola animal con lo que se le confería una capa que cerraba los poros y sobre la cual la tinta se quedaba definida.

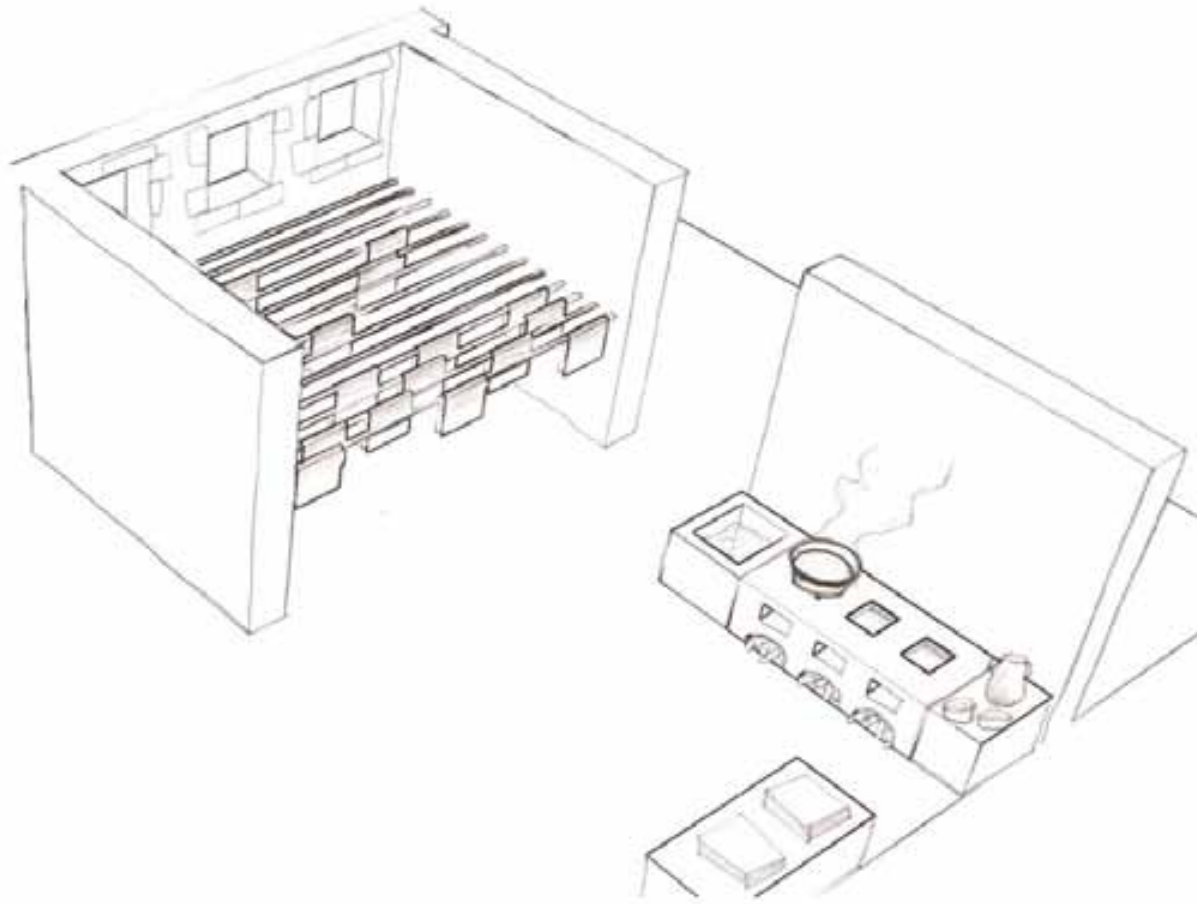
Para lograr esto en una sección del molino se colocaban hornos sobre los que se ponía un perol metálico con la cola diluida en agua hirviendo, cuando la mezcla estaba tibia el papel ya seco se sumergía una y otra vez, cuidando que la temperatura no desbaratara el papel, el cual después de los múltiples procesos de prensado y liberado del exceso de agua adquiriría una consistencia más fuerte y permitía el manejo y el tratamiento en la solución con cola, una vez encolado el papel se llevaba de nuevo al secadero para que la solución secase sobre la superficie.

La mayoría del papel estaba destinada a escritura con lo que casi todo el papel era pasado por el perol con cola para darle la consistencia adecuada a la superficie y esta pudiera recibir la tinta.

Más procesos de prensado en superficies diferentes al fieltro otorgaban otros acabados al papel y esto a parte del encolado permitía mejorar la superficie, el proceso de satinado consistía en colocar los papeles nuevamente en la prensa, pero esta vez en lugar de fieltros que absorbían el agua se colocan laminas de metal o de cartón liso, las hojas son colocadas entre laminas de metal y se someten a un prensado más intenso que en el caso de la extracción de la humedad, el papel se alisa, el procedimiento es similar, se colocan una y otra vez entre las laminas de metal, después se quitan las laminas de metal y se cruzan las hojas poniéndolas en un sentido y en otro, el papel brilla y cierra más el poro, si se requiere



de un papel mas rustico, el prensado es menor y la lamina de metal se sustituye por otro tipo de superficies, debemos recordar que al igual que con el fieltro, el dibujo del material que se coloca entre hojas puede ser marcado en el papel, por lo que para lograr los papeles mas lisos se usa como ya ha sido mencionado ampliamente las placas metálicas.



Parte final del proceso del papel del lado derecho el sitio donde se le agrega cola al papel para cerrar más su textura con las hornallas y la cola en el cazo donde se sumerge cada hoja de papal, de esta forma el papel no absorbía tanta tinta, de lo contrario la tinta se extendía y no era legible la escritura, del lado izquierdo la zona de tendido de las hojas con circulación cruzada de aire para el secado definitivo **imagen Tarsicio Pastrana**

Los tamaños de la hoja tenían que ver con el tamaño del molde, siendo la hoja el equivalente a la pieza completa obtenida en relación al tamaño del molde, las piezas se fraccionaban siempre en mitades de la anterior, creando la media hoja la cuarta la octava, siempre dividiendo el anterior tamaño en dos.

La ultima parte del proceso tenia que ver con la marca del molino similar a las marcas de agua, para este tenían otra prensa esta formada por un eje con un punto de apoyo y de uno de los lados una pieza de madera que terminaba en una punta en donde se ubicaba un grabado que sería del que se colocaría en la hoja, cada hoja se ponía sobre una superficie semidura y se bajaba la prensa para que esta dejara la marca sobre la hoja, al ser una marca en el papel no interfería con el uso que se la quisiera dar y de esta manera se obtenía una marca para determinar el origen del papel.

Esto era particularmente importante porque dependiendo de la región era la calidad del papel obtenido, variando según la materia prima los modos de fabricación, muchos papeles se volvían especialmente codiciados por lo que la marca era determinante para conferir





autenticidad. Similar a lo que ahora es la denominación de origen en las bebidas a base de alcohol.

Cuando el papel estaba marcado y seco se podía proceder a su comercialización. Para terminar y a manera de resumen es conveniente mencionar que existían básicamente dos maquinas hidráulicas que son el molino de mazos y la maquina holandesa, también dentro de las maquinas aunque ya no hidráulica podemos aumentar la prensa de tornillo y la prensa para las marcas del papel.

#### e. Arquitectura del molino de papel.

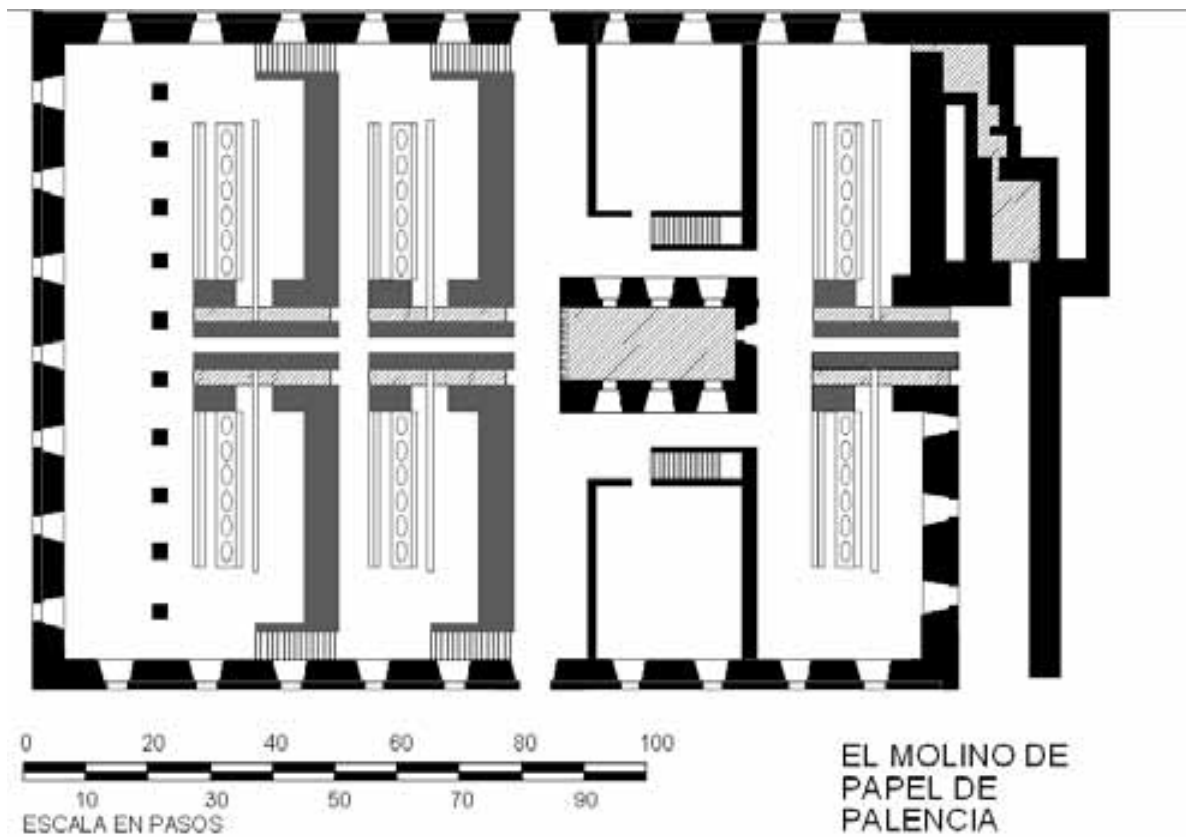


Plano del molino de Loreto *imagen Tarsicio Pastrana tomada de Loreto historia y Evolución de una fábrica de papel*

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 5. Huerta de la casa                 | 18. Corral para varias cosas                  |
| 9. Patio y asoleadero.               | 19. Toril para depositar el trigo que se lava |
| 12. Puerta que baja al Molino        | 20. Lavadero                                  |
| 13. Gradería principal.              | 21. Tránsito                                  |
| 14. Corredor grande... Mirador       | 22. Corral donde están los cubos              |
| 15. Prensa de dos cuartos.           | 23. Molino                                    |
| 16. Viviendas de la fábrica.         | 24. Portal del molino                         |
| 17. Gallinero con salida a la Huerta | 25. Caballerizas y machero                    |

De observar el plano y los locales, se puede deducir la existencia de los dos molinos mencionados en el libro, los locales para el molino harinero, patio y asoleadero, toril para depositar el trigo que se lava, lavadero, del molino de papel, la prensa de dos cuartos, las viviendas de la fábrica, el asoleadero, el patio, observamos el sistema hidráulico, los dos cubos, el río en la parte superior y algunas áreas comunes como el 18 que dice "corral para varias cosas".





En este ejemplo de molino de papel en Palencia España se observa achurado el sistema hidráulico, en negro los muros completos, en gris los muros que funcionaban como contención ya que se construyeron en terrazas para aprovechar el agua en diferentes baterías de mazos en el caso de este molino 6 baterías de 6 mazos cada una, es claramente visible el área de las baterías de mazos.  
**Imagen Tarsicio Pastrana obtenido en Ingeniería Hidráulica en Ultramar**



## 8. La máquina de la pólvora.

### a. Introducción

Para finalizar, hablare de uno de los ingenios más controlados por la corona, la fabricación de pólvora.

Por razones obvias este ingenio presentaba singular interés, la pólvora iba de la mano del control militar ya que las diferentes armas de fuego utilizaban la pólvora para funcionar, pero también para la construcción y ejecución de las obras de ingeniería, en la que se utilizaba para demoliciones. Ambas actividades de carácter estratégico, en cuanto a los militares aun cuando estos no estaban en un inicio constituidos oficialmente, existían necesidades para las armas de fuego que eran utilizados en defensa y control, y por los grandes proyectos muchas veces financiadas por el mismo gobierno.

Los permisos de funcionamiento y de instalación del ingenio que servía para su fabricación estuvieron controlados por la corona, porque era esta la que tenía que saber dónde y cuanto se producía, al mantenerla como un estanco, la corona también garantizaba incentivar o atenuar las actividades que se desarrollaban en torno a ella, es decir las fabricas se ubicarían solo en donde la corona lo deseara.

Las características productivas de la pólvora que deriva de la mezcla y molienda de materiales que una vez unidos son altamente peligrosos, configura los espacios arquitectónicos para la producción pero también sobre manera para mantener a resguardo y seguros tanto los ingredientes como el producto final, dentro de la molienda y la mezcla encontramos la incorporación de los molinos hidráulicos, los cuales tienen características particulares ya que la pólvora tenía que ser tratada con mucho cuidado, las instalaciones hidráulicas y los molinos son el corazón del establecimiento productor de la pólvora.

Posterior a la producción encontramos el almacenamiento de la pólvora, si bien la pólvora solo se producía en algunos lugares autorizados por la corona, el almacenaje y distribución también provoca espacios arquitectónicos particulares, insistimos que el configurador de esta situación es el almacenaje seguro y el control del producto.

Es esta sección final de las maquinas hidráulicas nos encontraremos con un proceso complicado, dividido en la obtención de diferentes productos que podían encontrarse en el mismo espacio o en otros mu particulares que configuraban en primer lugar la obtención de la materia prima y después la mezcla adecuada de estas materias primas en la pólvora, la corona sabía muy bien que el control de la pólvora rebasaba los aspectos comerciales para ubicarse en el rubro de producto estratégico por todo lo que conlleva.

### b. Historia de la Pólvora

La pólvora es un compuesto altamente flamable cuyos ingredientes principales se encuentran en la naturaleza, y que tuvo como principal fin la pirotecnia, la mezcla de los ingredientes 75% de nitrato potásico, un 15% de carbón y un 10% de azufre aproximadamente provocaba al momento de la combustión una liberación violenta y gases, un incremento del volumen y de la temperatura en pocos minutos. Cada componente tenía una función específica. El salitre aumenta la potencia y retarda la combustión, el azufre incrementa la inflamabilidad y el carbón acelera la combustión



Los materiales se dividen en dos por su tipo de explosión, detonadores que son de transformación instantánea y que se produce en la totalidad del explosivo, a consecuencia de esto no se puede controlar este proceso. Los otros son deflagradores", en los cuales el proceso es mas lento y se producen por capas, generalmente desde la superficie de él explosivo hacia el interior del mismo de modo controlado. Estos segundos son los de uso común en la artillería debido a que son mas controlables

Los inventores de esta mezcla fueron los chinos alrededor del siglo IX DC, insistimos que originalmente esta fue inventada con fines pirotécnicos, es decir en la coherería y los fuegos artificiales.

Al parecer son los árabes los primeros que la utilizan con fines bélicos, y las primeras aplicaciones tenían que ver con el deseo de tener más alcance en los proyectiles que se enviaban al campo enemigo, la artillería existía desde tiempo atrás, al parecer la raíz proviene del latín *artellarius* y ésta, a su vez, derivada de *arts*, arte que significa como vimos en el capítulo 1 técnica, estas máquinas primitivas buscaban arrojar sobre el enemigo proyectiles que causaran el mayor daño posible tanto al enemigo como a sus fortificaciones.

Existen referencias en escritos del siglo XIII mucho antes del empleo de la pólvora para fines bélicos en los cuales se le llama artilleros a los artesanos encargados de construir y operar ingenios, maquinas y carruajes para la guerra, carpinteros y herreros por su campo de aplicación eran conocidos como artilleros. Este dato es importante para separar al artillero de la pólvora, aunque después los artilleros serian los que utilizarían la pólvora en el manejo de armas de fuego en las guerras como una evolución de la actividad que les dio origen, son estos los que desarrollan también dichas armas, las primeras bombardas que son de mediados del siglo XIV son desarrollo de artilleros, que aplican el poder de la pólvora a las maquinas que ya venían construyendo y manejando.

Dentro de esta evolución del artillero y sus armas, las primeras referencias del uso de la pólvora las tenemos en las guerras entre árabes y cristianos en España, los árabes dueños de un vasto imperio tienen contacto con la pólvora y la aplican en proyectiles no únicamente para arrojarlos, también para que estos en el momento en que percusionan de manera violenta una superficie volaran en pedazos que al ser lanzados con tanta fuerza se convierten en proyectiles más pequeños, las crónicas que menciono se refieren a las batallas efectuadas por los moros de Mohamed IV de Granada contra las fronteras cristianas de Alicante y Orihuela, en el año 1331.

Narran las crónicas de la Plaza de Algeciras, sitiada por los castellanos de Alfonso XI (1342-1344),

*..tiraban [los árabes] muchas pellas [bolas] de hierro que las lanzaban con truenos, de los que los cristianos sentían un gran espanto, ya que cualquier miembro del hombre que fuese alcanzado, era cercenado como si lo cortasen con un cuchillo; y como quisiera que el hombre cayera herido moría después, pues no había cirugía alguna que lo pudiera curar, por un lado porque venían [las pellas] ardiendo como fuego, y por otro, porque los polvos con que las lanzaban eran de tal naturaleza que cualquier llaga que hicieran suponía la muerte del hombre.*

Aunque se asegura que desde 100 años antes los árabes ya utilizaban para fines militares la pólvora, es probable que tuvieran contacto con ella en las regiones asiáticas que ellos dominaban, no es de extrañar que ante el deseo de causar más daño y arrojar a mayor distancia los proyectiles se pensarán en aplicar la pólvora a estos fines.



La tradición de fabricación de pólvora heredada de los árabes a las regiones hispánicas se conservó durante la reconquista, ya que los españoles copiaron las nuevas técnicas y las incorporaron a sus repertorios de artillería y técnicas militares. Esta situación es lógica ya que ambos bandos guerreaban por el mismo territorio, los avances tecnológicos tenían que ser rápidamente incorporados para no entrar en desventajas con el otro bando en Castilla y Aragón se adoptó enseguida el invento, a partir de mediados del siglo XIV la Artillería se afianzó fuertemente y se comenzó a desarrollar entre los reinos Españoles.

Un adelanto de estas características rápidamente se esparce por toda Europa, se fabrica en Inglaterra en 1334 en Alemania en 1340. Durante el sitio de Pisa en 1403 la pólvora no solo se utilizó en artillería, se intentó llegar a la base de las fortificaciones para utilizarla como un demolidor de las defensas, a manera de los usos que posteriormente se le darían en la ingeniería civil para demoliciones, dado su carácter estratégico, ya para el siglo XVI la mayoría de los estados habían convertido la pólvora en un monopolio bajo el directo control de los respectivos gobiernos. Derivado de este monopolio los estados reglamentan su fabricación y uso.



La invención de la pólvora según Jacopo Coppi en la imagen podemos ver los diferentes procesos de la obtención de pólvora, de particular interés para este trabajo el molino del fondo, el cual es de pisones pero manual, enfrente de la rueda se puede ver una cruceta con las puntas de los rayos con contrapesos, los cuales servían para facilitar el giro que a su vez movería los mazos. **Imagen La invención de la pólvora según Jacopo Coppi 1523-1592 Palazzo Vecchio Florencia**

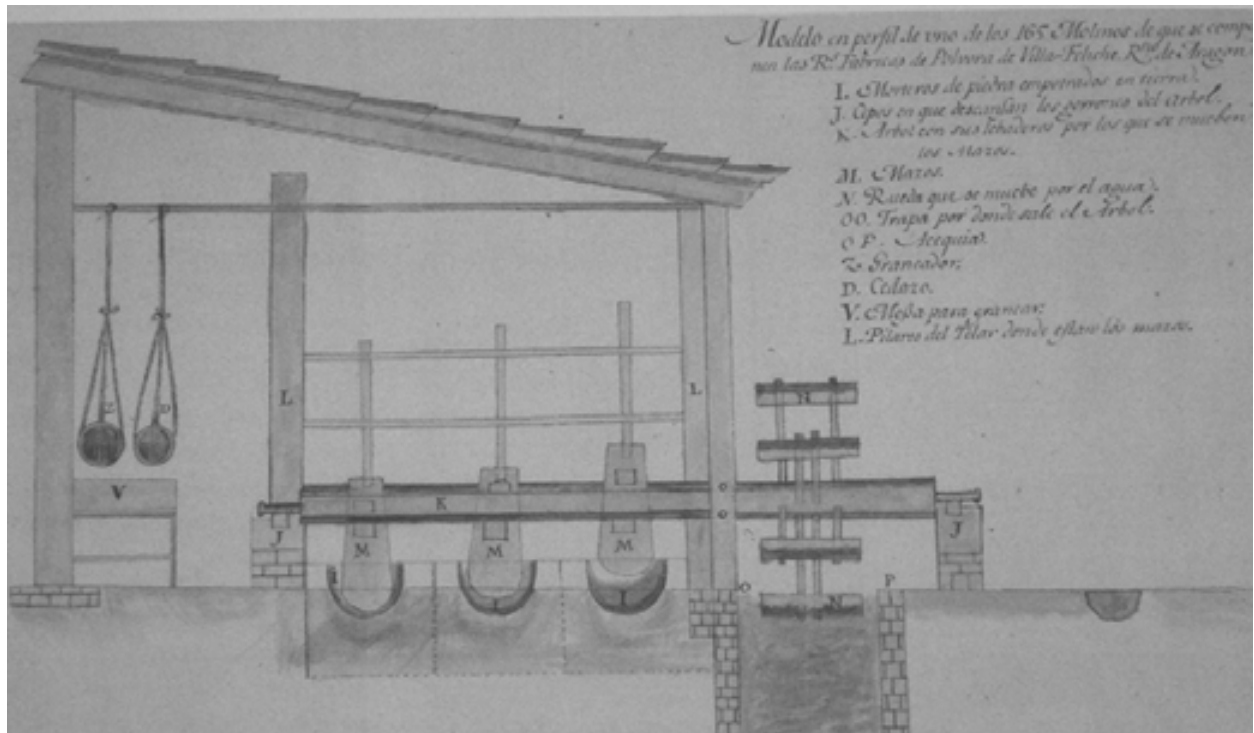
Entre los siglos XV al XVII se observa un amplio desarrollo de la tecnología aplicada a las armas de fuego, la pólvora confiere características adicionales que son aprovechadas para el desarrollo de armas más poderosas y más pequeñas mosquetes de uso individual que todavía se consideraban como un apoyo a las armas antiguas, de hecho en esos años era vil la utilización de armas de fuego en las batallas, ya que la honorabilidad marcaba que ganara no el que tenía la mejor arma si no el que era más fuerte y más hábil.

La fabricación de pólvora requería de la molturación de los ingredientes mencionados renglones arriba, que una vez unidos eran altamente explosivos, los molinos que en un principio eran manuales tenían que ser de materiales que al hacer percusión no produjeran chispas, existen dos imágenes que muestran el interior de los talleres en los que se producía la pólvora antes de la llegada de la ingeniería hidráulica, ambas están en la galería de los Uffizi en Florencia, y en



ellas se puede ver con claridad los molinos que eran accionados por ruedas de madera manuales, en la prolongación de la punta de los radios colocaban bolas de metal para que estos contrapesos hicieran más fácil el giro.

En dos procesos se comienza a utilizar la ingeniería hidráulica, en la mezcla la cual se hacía dentro de barriles que eran accionados por una rueda hidráulica y en el molido, que se efectúa por medio de pisones similares a los que se utilizan para la molienda de mineral pero de materiales menos duros para evitar las chispas y de menor velocidad, por lo mismo al ser el molino de madera y requerir de menos fuerza son molinos más pequeños.



Corte de los molinos hidráulicos de Villafeliche, observamos de izquierda a derecha, los cedazos para cribar la pólvora, los 3 mazos y los huecos donde muelen y hacen la mezcla de los ingredientes, del lado derecho la rueda.. **Imagen: molino de Villafeliche en Obras Hidráulicas en América Colonial**

En España se establecen varias fábricas de pólvora, la más célebre que sería utilizada como modelo para las fabricas americanas incluidas las de Nueva España se instalaron en Villafeliche Zaragoza, las razones de esta ubicación estratégica se encuentran mejor descritas en la página del propio ayuntamiento

*La fabricación de pólvora en Villafeliche comienza en el siglo XVI. La localidad contaba con minas de salitre y abundante cañamo para hacer carbón vegetal y fibra. Además, se encuentra en un valle cerrado, a resguardo del viento y relativamente cerca (170 kilómetros) de las minas de azufre de la localidad turolense de Libros. Con esas facilidades, en 1764 Villafeliche contaba con 165 molinos de pólvora, que llegaron a ser más de 200. El conjunto formaba las Reales Fábricas de Pólvora<sup>267</sup>*

<sup>267</sup> Información en la página de turismo de Zaragoza.

[www.turismodezaragoza.es/provincia/tradiciones.php?sitem=20&&ncode=80](http://www.turismodezaragoza.es/provincia/tradiciones.php?sitem=20&&ncode=80)



La importancia de estas fabricas radicaba en varias innovaciones que como ya mencione se dispersan por las posesiones españolas en ultramar, la primera y más importante era la incorporación de ingeniería hidráulica para la molturación, la segunda es la construcción de varios molinos pequeños aislados, de esta forma cuando uno explotaba no hacia volar a toda la planta, los molinos de pólvora estaban aislados y formaban pequeñas unidades productivas, cualquier accidente no paraba la producción.

Villafeliche se transforma radicalmente y toda su economía gira en torno a la producción de pólvora, existían varios alfareros en el pueblo que tenían como función principal la elaboración de los recipientes de barro en los cuales se transportaba y almacenaba la pólvora, cercano a Villafeliche se encontraban las regiones productoras de azufre y salitre, porque en la zona se producía el carbón, toda esta industria fue decayendo hasta que el ultimo molino fue cerrado en la segunda mitad del siglo XX.

### c. La pólvora en Nueva España

En Nueva España se tienen referencias de fabricación de pólvora, quizás la primera pólvora que se fabrica fue la que manda a hacer Cortés, para lo cual Pedro de Alvarado tiene que escalar el Popocatepetl para conseguir el azufre necesario.

*Hablando del estaño de Tasco, de que se sirvieron para fundir los primeros cañones, dice Cortés: y para el azufre, ya V:M: he hecho mención de una sierra que esta en esta provincia, que sale mucho humo: y de allí entrando un español 70 u 80 brazas, atado la boca abajo, se ha sacado con que hasta ahora nos habemos sostenido; ya de aquí adelante no habrá necesidad de ponernos en este trabajo, porque es peligroso; y yo escribo siempre que nos provean de España<sup>268</sup>*

Los españoles tienen que hacer armas de fuego, y por consiguiente necesitan pólvora que se fabrica con los materiales que obtienen, en el mismo libro que acabo de citar se habla de que en algunos pequeños volcanes que se encontraban en Tulyehualco también es posible obtener el azufre.



Fabricación artesanal de la pólvora antes de los molinos hidráulicos, al fondo se ve el molino de pisones con su cruceta para darle vueltas, en los muros se ven diversos accesorios que ayudan a la producción al frente se ve el cribado, al igual que en la pintura de Jacopo Coppi la cruceta para manejar el molino tiene en la punta de sus rayos esferas de hierro. **Imagen la fabricación de pólvora fresco en la galleria degli Uffizi por Bernardo Poccetti**

<sup>268</sup> **Villa Roiz Carlos**, POPOCATEPETL MITOS, CIENCIA Y CULTURA (UN CRATER EN ELTIEMPO), Plaza y Valdez Editores, México 1997 pág.153



Existe un antecedente, llamado tamal de tequezquite, que se preparaba de manera muy sencilla, mezclando el salitre que era muy abundante en las periferias de la zona de los lagos con cal, la mezcla resultante se colocaba en hojas de maíz a semejanza de los tamales de ahí provienen su nombre, su principal aplicación era para desprender grandes bloques de piedra, en el cual se hacía un barreno y este barreno se retacaba con tamales de tequezquite cuando estaba lleno el barreno se utilizaba agua que provocaba una reacción que expandía el material y provocaba la separación de la piedra fracturando en la zona del barreno.

La fabricación de pólvora debió de hacerse de manera artesanal en pequeños talleres hasta que se establece la llamada casa de la munición que muy probablemente estaba en el interior de la ciudad lo que la hacía bastante peligrosa, aunque la fabricación de la pólvora en este sitio debió de ser artesanal como la que ya comente en los frescos de la galería Ufizzi.

Esta casa es establecida en 1555 y debió de funcionar hasta comienzos del siglo XVII en el cual y acosta de la real hacienda se diseña y construye una fábrica de pólvora en Chapultepec.<sup>269</sup> Es interesante el hecho de que se coloca en un sitio estratégico para que cualquier incidente el cerro de Chapultepec sirviera de protección entre la fábrica de pólvora y la ciudad de México.

Los incidentes fueron muchos los accidentes provocaban daños en los caminantes y en las zonas aledañas, esta situación no fue exclusiva de la ciudad de México, para finales del siglo XVIII específicamente en 1764 se le encargo a Joseph Del Campillo director de la fabrica real de Villafeliche que elaborara un documento que sirviera de base para reformar las diferentes fabricas en América, los molinos de Chapultepec reciben este documento y se proyectan ampliaciones basadas en las innovaciones implementadas en Villafeliche, incluso vienen a trabajar a Nueva España dos alfareros que se dedicarían a elaborar las vasijas para contener y manejar la pólvora.<sup>270</sup>

A pesar de las reformas realizadas en la fábrica de Chapultepec, se decide construir una nueva, en el año de 1778, encomendándose la tarea a Miguel Constanzó, se emplaza en la zona de Santa Fe para aprovechar de la misma manera que otros ingenios las corrientes que descendían de la sierra de las cruces, es interesante que la nueva fábrica se construye desde inicio con las reformas ensayadas en Villafeliche sobre esta fábrica de Santa Fe existe una crónica de Humboldt que la visito:

*La fabrica Real de Polvoras, única que existe en Mexico, esta cerca de Santa Fe, en el valle de México, a tres leguas de la capital, rodeada de cerros; los edificios son my bellos; fueron contruidos en 1780según los planos de Constanzó, jefe del cuerpo de ingenieros, en un valle estrecho que suministra abundantemente el agua necesaria para el movimiento de las ruedas hidráulicas y a través el cual pasa el acueducto de Santa Fe. Todas las partes de las máquinas, principalmente las ruedas, cuyos ejes descansan en poleas de roce, lo mismo que las epicicloides de bronce que sirven para el juego de las baterías de pilón, están dispuestas con mucha inteligencia... Los edificios de la antigua fábrica de pólvora, establecida cerca del fuerte de Chapultepec, hoy día solo sirven para refinar el nitrato de potasa.*<sup>271</sup>

<sup>269</sup> **González Tascon Ignacio**, España 1992, *op.cit.* pág. 382

<sup>270</sup> **Keller Alexander G. y Silva Manuel**, *PROTOINDUSTRIA: UNA PERSPECTIVA DESDE LOS VEINTIUN LIBROS DE LOS INGENIOS Y LAS MAQUINAS TOMO 1 En Técnica e Ingeniería en España*, Real academia de ingeniería, Prensas universitarias de Zaragoza, Institución Fernando el católico España 2004, pág. 533

<sup>271</sup> **González Tascon Ignacio**, España 1992, *op.cit.* pág. 384





Humboldt nos permite analizar cómo era esa fábrica nueva que funcionaba con molinos hidráulicos y estaba ubicada en un sitio estratégico, como comentario adicional se puede mencionar que cuando se estaba construyendo la nueva fábrica los molinos de pólvora de Chapultepec sufrieron un accidente, esta es una de las razones que a juicio mío determinaron cancelar las funciones más peligrosas que se efectuaban en el viejo molino dejando solo parte del proceso en sus instalaciones.

#### d. Proceso de fabricación de la pólvora.

El procedimiento comenzaba con los procesos particulares de obtención de los materiales, para el salitre se tenían que seguir procedimientos para obtenerlo, en la obra de Bernardo Perez de Vargas De Re Metallica con fecha de 1568 se describe:

*Tomese esta tierra untuosa y salitrosa y echese en un cubo de madera un suelo de ella, y otro suelo o lecho de dos partes de polvo de cal viva, y tres de ceniza de encina o roble o quexigo, o alcornoqu, y así por sus lechos se hinche hasta la boca, de manera que si el vaso tiene de hondo doce palmos o medida le queda la una por hinchar, y este vacío se hincha de agua, y después de colada el agua se abra la canilla por abajo y se reciba el agua en un vaso.<sup>272</sup>*

Estas tierras se colaban constantemente en recipientes de barro o madera, con un lento goteo y la acumulación del agua en el recipiente se lograba que el agua disolviera la mayoría del salitre contenido en ellas, el agua que se pasaba constantemente de un recipiente a otro se iba concentrando en sales, para revisar el cambio de las tierras se hacía un experimento que la mayoría de nosotros realizamos en la primaria, se depositaba un huevo en el agua, si este se mantenía a flote significaba que las tierras tenían sales y por lo tanto el agua seguía concentrando sales, de lo contrario si el huevo se hundía se tenía que cambiar las tierras.

Sobre las tierras encontramos otra cita muy interesante en los 21 libros de los ingenios y las maquinas sobre la tierra que se coloca en los cajones de madera o en las vasijas de barro se dice lo siguiente *tierra raída de paredes donde hay inmundicias de personas y aun de animales, como es donde están los puercos e incluso de la tierra de las basuras que sacan de las casas<sup>273</sup>.*

El procedimiento restante era la paulatina concentración del agua que salía por los coladores, similar a lo que se hacía con los jugos de las mieles, el colocar el agua al fuego y concentrar el salitre se hacía de una a otra caldera, hasta que el agua restante completamente saturada se llevaba a los precipitadores que eran cubas de madera o barro donde se comenzaba a secar el agua concentrada y el salitre se depositaba en el fondo y el los cantos, conforme el agua bajaba por evaporación natural el borde y el fondo se llenaban de sales.

Los otros ingredientes eran el azufre, el cual tenía que ser buscado *en el exterior de áridos y secos e inmediatos a volcanes lejos de las tierras pantanosas<sup>274</sup>* sobre las particular adicionales que vienen en el azufre más adelante se menciona *se logra con el arte y el cuidado dejarlos perfectamente depurados para usar de ellos en la fábrica de pólvora<sup>275</sup>* este azufre tenía que ser depurado para que se encontrara en su estado puro a la hora de fabricar la pólvora.

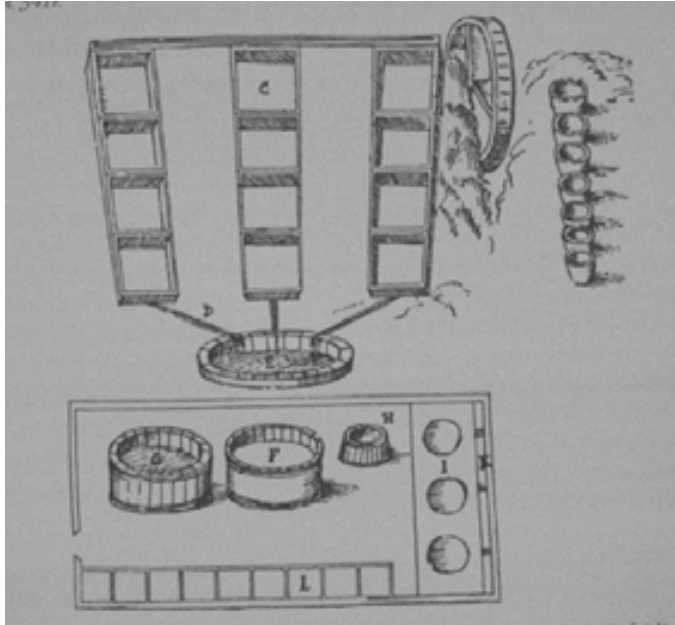
<sup>272</sup> Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores), *op.cit.* págs.. 328 y 329

<sup>273</sup> Keller Alexander G. y Silva Manuel, *op.cit.* pág. 542

<sup>274</sup> Chew Gutiérrez Karim, *ARQUITECTURA PARA LA FABRICACION, VENTA Y ALMACENAJE DE POLVORA tesis de Doctorado*, UNAM, México 2005, pág. 107 citas del AGN pólvora caja 16 exp. 5 fojas 42-68, México 1783

<sup>275</sup> *Ibid.* pag 107





Esquema de la obtención de salitres, en la parte superior las cajas para el colado de la tierra, en el círculo al centro se recoge el agua saturada de salitre, para después llevarlo a la serie de calderas que se ven en la parte de abajo y finalmente en la parte de abajo los recipientes para cristalizar el salitre, **imagen los veintiún libros de los ingenios y las maquinas**

Finalmente para el carbón se producía de la misma manera en que se produce para otros fines, se buscaba en la región una materia prima que se colocaba en hornos para que se redujera lo más posible y se adicionara a la mezcla, no se ahondara en el procedimiento de obtención del carbón, lo único que es conveniente mencionar es el hecho de que en Nueva España se empleara el sauce para producir este carbón, para concluir el tema del carbón mencionaremos una.

*El arte de carbonear es muy sencillo reduce a formar pirámides en forma de conos truncados en cuya parte superior se deja un respiradero o chimenea para que salgan, el agua, aceite y demás cuerpos volátiles en vapores, y varias aberturas a raíz del piso para facilitar la aspiración del aire y ha de mantener la combustión; se cubre la pila con una capa de tierra y se le da fuego<sup>276</sup>*

El proceso iniciaba con la molturación de los 3 ingredientes, las proporciones siempre fueron motivo de discusión variaron a través del tiempo y dependiendo del país, en el caso de la proporción utilizada en Nueva España se puede mencionar que era similar a la de Villafeliche, recordemos que estos molinos y sus procedimientos fueron los que se utilizaron para los modelos americanos, aunque antes del siglo XVIII la proporción debió de ser similar a las que se utilizaban en España ya que el aprendizaje del oficio era en España.

En cuanto a las proporciones encontramos en El arte de la Milicia de Diego García de Palacio

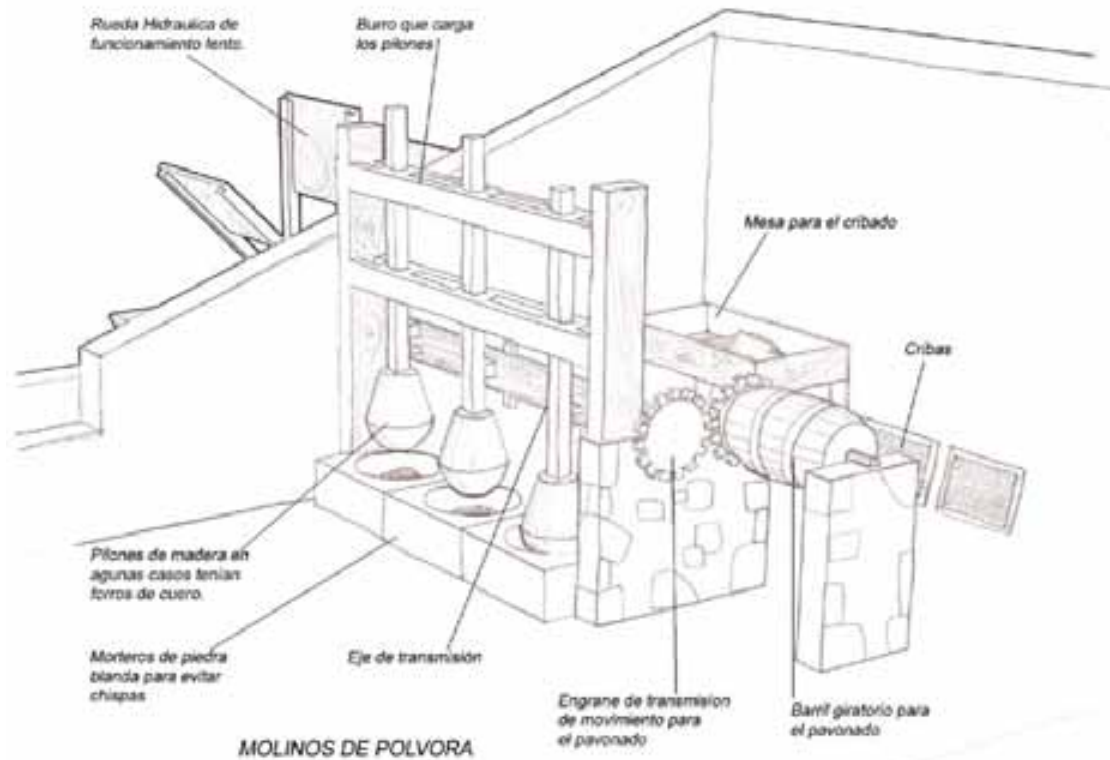
*Orden 1: tomarse han siete partes de salitre, bien refinado. Dos de azufre y una de carbón, y hacerse ha según el arte; y saldrá la mejor de las pólvoras comunes, siendo como han de ser los simples, bien preparados y buenos.<sup>277</sup>*

<sup>276</sup> *Ibíd.* pág. 107

<sup>277</sup> **García De Palacio Diego**, *EL ARTE DE LA MILICA DIALOGOS MILITARES DE LA FORMACION en historia de la ciencia en México siglo XVII*, **Trabulse Elias**, *op.cit* pag30



Existía una granulometría adecuada por lo que los materiales se molían de manera previa en molinos de piedra manuales de sangre, estos materiales se humedecían para formar una pasta que fuera menos riesgosa de manejar, posteriormente se llevaba a los molinos de pisones que también tenían la función de mezclar la pasta.



*Imagen: Tarsicio Pastrana*

En cuanto al molino de piedra era similar al que hemos estado viendo de rueda de canto movido por fuerza animal o humana. También podía haber variaciones del mismo, con piedra cilíndricas que giraban en una superficie dura.

El otro molino que completaba el proceso era el de pisones que funcionaba de manera similar al de pisones de mineral, con diversas modificaciones, en los modelos de Villafeliche encontramos molinos de dos o tres pisones, estos pisones de gran proporción eran de madera con percusiones lentas, es decir una rueda no muy grande que permitía un golpe de cada mazo por vuelta, las cabezas de los pisones se forraban de cuero y el mortero donde el pisón golpeaba era de piedra blanda, con la forma del recipiente redondeada esto con el fin de reducir al máximo el riesgo de explosión. Este molido y mezclado duraba alrededor de 8 días en los que se tenía que controlar la humedad de la pasta.

La innovaciones de seguridad tenían que ver con instalar estas pequeñas unidades del proceso de producción en cobertizos aislados, de esta forma la explosión de alguno de ellos no arrojaría gran cantidad de materiales, en el plano que se analiza al final de la sección de los molinos de Chapultepec, podemos observar dos tipos de molinos, el primero de ellos es de cubo lo que supone una instalación más antigua que las reformas citadas, también podemos ver unos cobertizos sin muros en donde se ubican los molinos que creo son los molinos nuevos.

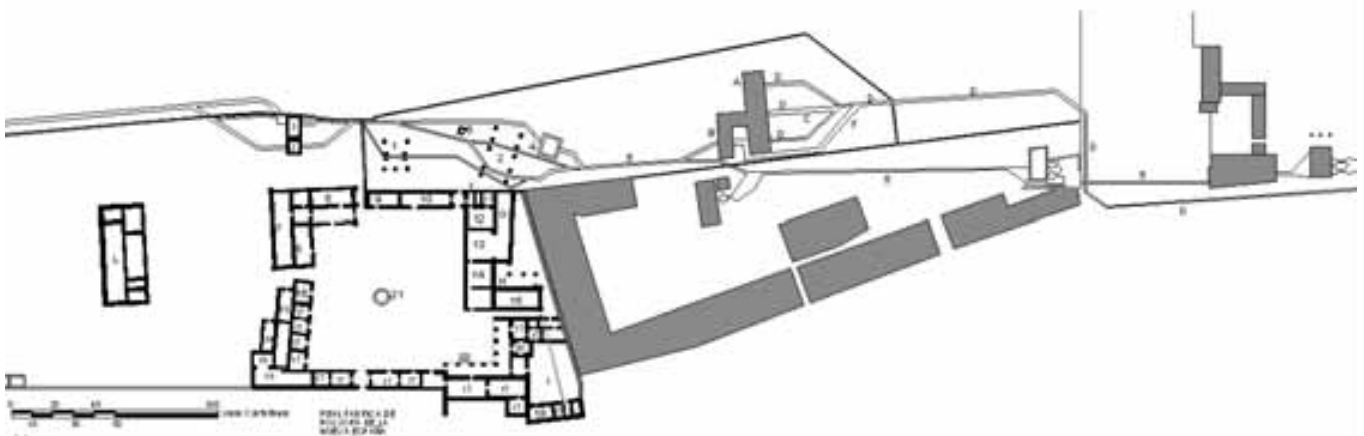


Estos tienen que estar junto a una acequia para que puedan mover las ruedas hidráulicas, estas ruedas de pocas paletas giraban de manera lenta y este giro se transmitía al eje en donde por cada pisón había una leva para que el golpeo fuera lento, esta molienda tiene como fin uniformizar los granos y mezclar perfectamente los ingredientes.

El siguiente paso, consistía en el cribado de la mezcla, para que esta fuera secando y separara los granos que todavía eran mayores de los requeridos, estos residuos que no pasaban por los cedazos se llevaban de nuevo al molino, la mezcla colada uniforme y seca se llevaba a secar en patios sobre mantas para obtener un secado perfecto debemos recordar que el granulado ya era uniforme.

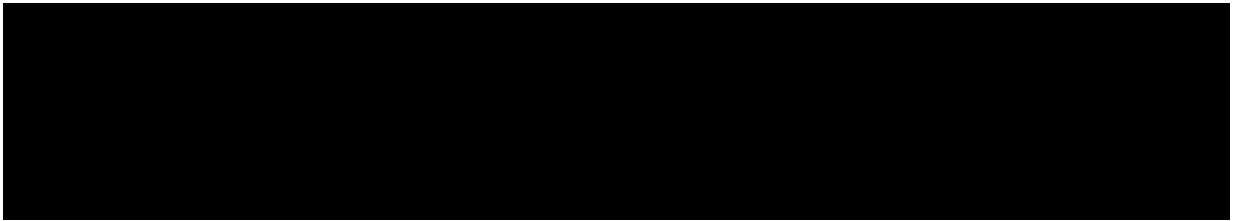
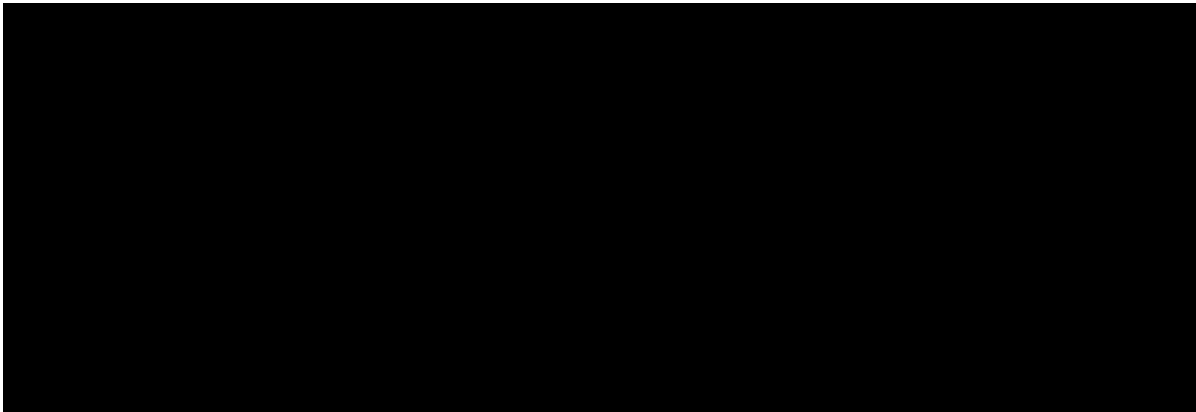
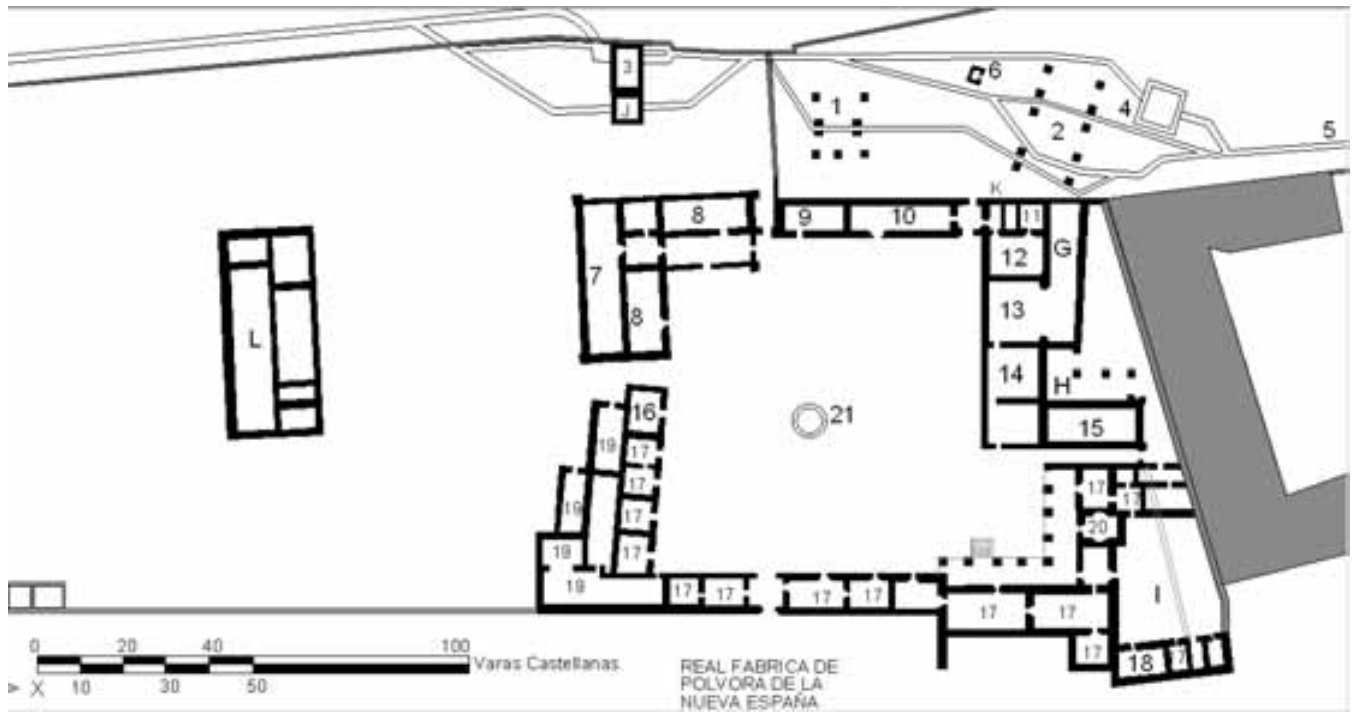
El proceso final requería de otro ingenio en el que se le agregaba parafina a todos los granos, este proceso se denominaba pavonado se hacía al interior de un barril de madera en el que se agregaba la parafina y el polvo, ese barril estaba sujeto a un engrane que era movido por el mismo eje que movía los pisones, en el interior se colocaban unas paletas que agitaban la mezcla, la seguridad radicaba en el manejo del polvo, el cual era en el interior del barril que era completamente de madera.

Finalmente se colocaba la pólvora en el interior de vasijas de barro para su manejo y comercialización, estas vasijas se hacían en la misma fábrica, tenían como fin mantener seca la pólvora ya que si se mojaba o se humedecía no funcionaria igual.



En la parte superior observamos el plan general de la Real Fábrica de Pólvora de la Nueva España y en la parte inferior un detalle ampliado del plano de arriba, en el conjunto podemos observar los conjuntos de molinos con sus cubos, en gris se puede apreciar el molino anterior, en muros blanco y negro las ampliaciones que serán descritas a detalle más abajo, es interesante el gran sistema hidráulico y como mencionamos a lo largo de la sección las implementaciones de seguridad separando los molinos del resto de la fábrica y estos entre sí aislados. **Imagen Tarsicio Pastrana en base al proyecto de tres nuevos molinos en la real fábrica de Pólvora de Nueva España de Joseph González.**





- A. Molino
- B. Atarjea para alimentar los molinos más abajo
- C. Cuajadera de salitre.
- D. Cobertizo sobre pilones para las hornillas de refino.
- E. Patio de las viviendas
- F. Bruñidor para los molinos viejos
- G. Oficina para calcinar salitre
- H. Granero.



---

**CAPITULO III: LOS INGENIOS DEL HOMBRE O LAS MAQUINAS QUE HACEN COSAS****1. La máquina de hacer azúcar.****a. Introducción.**

El azúcar fue junto con la minería las actividades más lucrativas de la época virreinal. A diferencia de otros procesos en los que el trabajo fue artesanal y de alguna manera adaptado a las características del trabajo existente, en ambos casos las transformaciones de los modos de producción y las técnicas los catapultaron hacia los establecimientos que más innovaciones de tipo preindustrial incorporaron, principalmente la producción de azúcar requirió de la mayor capacidad económica y productiva que se podía tener, en ambos casos, los principios de mejoramiento de la producción crearon innovaciones que los colocaban en el ámbito de las actividades industriales, las ganancias tendrían que ver con que tan exitoso era la implementación de mejoras productivas, que en la mayoría de los casos se aplicaban en máquinas.

Debido a que la fuerza motriz por excelencia en la época era la hidráulica, esta como en otros procesos analizados en este trabajo fue aplicada de manera sistemática a la producción de azúcar, si bien existían dos tipos de establecimientos, el artesanal y el industrial en el segundo las aplicaciones hidráulicas eran vitales, desde el proceso del riego hasta la elaboración del producto, como ya mencionamos la diferencia de uno y otro repercutió en la productividad.

No se concebía un ingenio exitoso sin la fuerza motriz del agua, de esta forma la complejidad se hizo más notoria, las máquinas que se movían con agua en los ingenios eran el corazón del mismo, y el agua era el segundo insumo más importante después de la misma caña, no solo como fuerza motriz, también como participante de la elaboración y muy importante por la cantidad tan elevada de agua que el cultivo necesita para desarrollarse adecuadamente. Es decir, el agua no solo se utilizaba como fuerza motriz, dentro del proceso de obtención del azúcar, y desde el riego de los campos era de vital importancia por lo que la infraestructura hidráulica no se circunscribía únicamente al movimiento de las ruedas hidráulicas.

En el caso de los ingenios azucareros, la cantidad de agua era mucho mayor que en otros, por lo que su ubicación siempre se vio determinada por esta situación a diferencia de otros establecimientos como en el caso de las haciendas de beneficio que en los sitios donde escaseaba el agua se sustituían las máquinas por molinos de sangre, la dependencia de la caña de azúcar de los climas caluroso y de la Abundancia de agua marcaba a también una dependencia al recurso como ningún otro ingenio. De tal importancia era el uso del agua y también la máquina que se movía con ella para el proceso de producción del azúcar que esta máquina daba nombre a todo el establecimiento, de esta forma se les conocía como ingenio azucarero o simplemente ingenio que en realidad y como ya lo hemos visto era el nombre de la máquina solamente.

Para desarrollar el tema de los ingenios hidráulicos utilizados en la elaboración del azúcar es importante dar un panorama de lo complejo del establecimiento para que se pueda analizar en su conjunto la utilización de la tecnología hidráulica en la construcción y operación de un ingenio azucarero.

Como ya se maneja en otras partes de este trabajo se planteará un panorama general de la historia del azúcar en Nueva España, la operación de los establecimientos el proceso de fabricación del azúcar para después hacer énfasis en la tecnología hidráulica aplicada a la



producción del azúcar que es la parte que mas compete a este trabajo y por lo cual será la que más se desarrolle.

### b. Historia del azúcar.

El origen de la caña de azúcar se sitúa después de muchas investigaciones en el archipiélago de melanesia, en Oceanía<sup>115</sup>, desde donde viaja hacia tierra firme y fue avanzando desde la costa occidental hasta la india en donde se popularizo su consumo, primero como un fruto dulce que se mascaba para extraerle el jugo, también fue utilizada como una planta de ornato.

De este sitio toma un doble camino, primero se arraiga en la India donde se comienza su cultivo a gran escala, por otra parte viaja al Norte hacia china. La caña de azúcar se menciona en antiguos textos mitológicos de esta región entre los años 100 y 800 a. C. posterior a estos entre 200 a. C. y 200 d. C. aparece en textos administrativos, Aunque el texto más antiguo donde se hace referencia a la caña es el Código de Manú, escrito alrededor del año 1000 AC, habla de la caña dulce y en su ley 341 del libro 8, dice: *"El Duidja que viaja y cuyas provisiones son muy mezquinas, si coge dos o tres cañas de azúcar o dos pequeñas raíces en el campo del vecino, no debe pagar tributo alguno"*. Y en el versículo 143, del libro 11, se dice: *"Por haber muerto toda clase de insectos que nacen en el arroz y en otros granos y en los líquidos como el jugo de la caña de azúcar"*<sup>116</sup>

La obtención del azúcar a partir de la caña se desarrolló de diferentes maneras en las regiones donde se cultivaba de esta manera se puede apreciar en cerámica china parte del proceso de molienda, en el 510 AC el rey Darío lleva el cultivo y la producción de azúcar a Persia, el primer contacto que tiene occidente con el azúcar y con la caña es por medio de la expedición de Alejandro magno en el tercer siglo AC, en ambos casos existe referencia, los soldados de Darío mencionaban la caña que produce Miel y los Griegos la denominaban sal de la india, se habla de la planta que produce una miel tan dulce como la de las abejas, aunque la planta era conocida no era trabajada en Europa.

En Egipto se producía un azúcar de baja calidad aunque se desarrollan sistemas para su clarificación, es importante mencionar que la obtención de las mieles sigue un proceso similar al que el hombre utilizaba en otras plantas para obtener sus concentrados, es decir, la misma técnica se utiliza en diferentes plantas y se perfecciona y particulariza con el tiempo.

Los Romanos y los griegos la conocen no obstante sigue siendo un producto muy caro considerado principalmente medicinal, son los Árabes que invaden la región de Persia en el 600 DC los que tienen contacto con los plantíos de azúcar y con el modo de producirla, por lo que el camino de ingreso del azúcar a Europa sigue dos rutas, la primera de la mano de los Árabes que la llevan a todo el Norte de África y la costa mediterránea de España en todos estos territorios árabes incluidas las islas del mediterráneo el clima es idóneo para el cultivo de la caña su explotación y producción acompañaba la complicada cocina árabe tan necesitada de especias pero sobre todo de sabores dulces. También los árabes perfeccionan los métodos de obtención, recordemos que son hábiles ingenieros y aplican sus técnicas a la producción.

La otra ruta es a través de la ruta de las especias, que se fortalece durante la edad media en la que el azúcar es conocida como la especia dulce era llevada en las mismas caravanas que

<sup>115</sup> **Crespo Horacio (director)**, *HISTORIA DEL AZUCAR EN MEXICO TOMO 1*, Fondo de Cultura Económica, México 1988, págs.21 y 22.

<sup>116</sup> **G. Bühler translation**, *SACRED BOOKS OF THE EAST (THE LAWS OF MANU) vol. 25*, Oxford, 1886. En <http://www.sacred-texts.com/hin/manu.htm>



llevaban el resto de los productos a Europa. Esta ruta lleva comercialmente el azúcar mas no los métodos de producción, las regiones de Europa donde se podía cultivar la caña estaban en su mayoría bajo dominio árabe, con el tiempo se exportan excedentes de las regiones árabes hacia el resto de Europa.

El modo predilecto de endulzar en Europa era a través de la miel de abeja, por lo que el azúcar siguió por mucho tiempo siendo un producto caro y raro. Durante toda la edad media el azúcar era un artículo de lujo mas considerado como medicinal, su alto precio le confería un valor alto dentro del mercado de las especias, aunque en muchas zonas que así lo permitieron principalmente en las regiones árabes se establecieron plantíos y fabricas.

Anterior a este proceso protoindustrial en España, el azúcar se trabajaba con técnicas similares a las que después analizaremos en este trabajo en el medio oriente,<sup>117</sup> existen referencias a su producción y a la manera de obtener las mieles de las que se procesaba el azúcar estas técnicas tienen su origen en los primeros sitios donde la caña se cultivaba con el fin de obtener la miel incluso el azúcar es un proceso adicional el hombre estaba acostumbrado a endulzar sus alimentos con mieles, naturales, las de los higos frutas, la miel de abeja etc., no es extraño pensar que el primer objetivo era la obtención de la miel de la caña posteriormente al procesar mas las mieles se obtiene el azúcar.

Las principales regiones azucareras se encontraban en Sicilia y en el sur de la península ibérica. El aumento en las zonas de cultivo no abarataba los costos, debido a lo complejo de la producción, basada en el refinamiento de los jugos que se extraían de la caña.

En la reconquista los españoles acostumbrados al consumo del azúcar siguen incentivando el cultivo de la misma, cuando se colonizan las islas canarias el cultivo de la caña es llevado a ellas, las otras islas del atlántico también son introducidas en el cultivo, como en Madeira, las Azores y las canarias. El paso de los cultivos mediterráneos a las regiones de las islas atlánticas lo efectúan los españoles y los portugueses, con este fenómeno se inicia un decaimiento de las plantas productoras en las riveras del mediterráneo a manos de las producciones en las islas, este fenómeno se repetirá con los plantíos den América, con lo cual el cultivo de la caña de azúcar y las fabricas van desapareciendo hasta quedar en zonas muy específicas.

La caña se difunde ampliamente en las islas Antillas, siendo el primer introductor de esta el mismo Colon en uno de sus viajes en 1494 *“Somos bien cierto como la obra lo muestra, que en esta tierra, así el trigo como el vino, nacerá muy bien; pero hace de esperar el fruto, el cual si tal será, como muestra la presteza del nacer del trigo y de algunos poquitos de sarmientos que se pusieron non fará mengua el Andaluza ni Sicilia aquí, ni en las cañas de azúcar, según unas poquitas que se pusieron han prendido”*<sup>118</sup> refiriéndose a las plantas que se trataban de aclimatar en la isla la española, trigo, vid y caña.

---

<sup>117</sup> Hemos mencionado que el procesamiento de las plantas para obtener los jugos era similar en origen, con el tiempo se diversifican y especializan, para la caña el triturado y molido para la obtención de los jugos y el posterior concentrado del jugo por medio de la cocción provocaban la obtención de mieles y jugos de los que se obtenían los productos necesarios. Al respecto está el origen latino de la palabra trapiche el cual proviene del latín trapettum, denominación que se daba a los antiguos molinos de aceitunas.

<sup>118</sup> **Fernández De Navarrete Martín**, *MEMORIAL DE CRISTOBAL COLON A LOS REYES CATOLICOS 30 DE ENERO DE 1494 EN COLECCIÓN DE LOS VIAJES Y DESCUBRIMIENTOS QUE HICIERON POR MAR LOS ESPAÑOLES DESDE FINES DEL SIGLO XVI*, Colección Navarrete tomo cuatro, Ed. Guaranía, Buenos Aires, 1945. pág. 229





Estas primeras muestras de caña no prosperan de manera global por las vicisitudes políticas a las que estuvo sometido el propio Colon unos cuantos años después ya entrado el siglo XVI se construyen los primeros ingenios y se comienza la producción de Azúcar en las Antillas, siendo esas islas las que dotarían de plantas a los virreinos españoles en América, de la misma manera de las islas portuguesas se llevaría la caña hacia Brasil su cultivo se vuelve masivo y los esclavos negros se vuelven expertos en el refinamiento del azúcar esto debido a que son llevados desde África para que trabajen en los ingenios. Este fenómeno sustituye paulatinamente a las poblaciones nativas de las islas por las de los esclavos negros.



Procedimiento antiguo para la obtención de azúcar. En primer plano del lado izquierdo el corte de la caña, después la molienda en molino de piedra se ve en la parte baja la rueda hidráulica que mueve la piedra; detrás del molino en el mismo plano el prensado del bagazo con prensa de viga, del lado derecho de la prensa el procesado de los jugos, después el llenado de las formas y al frente la obtención de los panes de azúcar, en el fondo se ven los campos cultivados de caña y la zafra **Gravado del siglo XVI Juan Stradamus nova reperta**

### c. Historia del azúcar en Nueva España.

Es en las Antillas, principalmente en Cuba donde Cortés conoce el cultivo de la caña de azúcar, a la postre él será el introductor de la planta en México. Al parecer el primer plantío está referenciado en la región de los Tuxtlas en Veracruz para 1524 de la misma manera el propio Cortés habla de la construcción de un ingenio para 1526<sup>119</sup>. El clima en México era propicio para introducir la caña de azúcar, además del clima los recursos hidráulicos tan importantes eran abundantes en las regiones con el clima propicio, esto provoca que empiecen a proliferar los plantíos, el propio Cortés en las tierras del marquesado introduce la caña y los ingenios para generar empresas productivas. En el valle de Cuernavaca los primeros ingenios fueron Axomulco y Amanalco ambos de 1535<sup>120</sup>

Las grandes plantaciones comienzan a aparecer, pero a consecuencia de la gran inversión que se tenía que hacer para echar a andar un ingenio los propietarios siempre fueron personas de altos recursos que no tenían problemas para hacer una inversión tan alta al inicio y esperar algún tiempo en el que la producción les permitía una recuperación de su capital inicial. Al respecto podemos mencionar *"El rendimiento económico de los ingenios era muy grande. Un ejemplo bastará: En Gran Canaria, un ingenio cuyo costo había sido de dos millones de maravedís, producía, un*

<sup>119</sup> Crespo Horacio, *op.cit.*

<sup>120</sup> Sharrer Tamm Beatriz, *AZUCAR Y TRABAJO TECNOLOGIA DE LOS SIGLOS XVII Y XVIII EN EL ACTUAL ESTADO DE MORELOS*, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México 1997, pág. 18



*año con otro, azúcar por valor de otros tantos, de los que setecientos mil servían para amortizar gastos y un millón trescientos mil revertían en beneficios del dueño, que así podía recuperar con rapidez el capital invertido. En otros casos observamos cómo las rentas permiten amortizar el capital invertido en dos, o a lo sumo en tres años...*<sup>121</sup>

No es de extrañar que con estas inversiones tan altas de inicio pocos fueran los que podían tener un ingenio operacional, pasando la primera etapa que se ha descrito en donde los ingenios pertenecían a los encomenderos viene una secesión de propietarios que aprovechando el auge de la caña quieren participar en esta industria tan productiva, las instituciones religiosas y los grandes inversionistas comienzan a participar.

El crecimiento de la producción fue tal que los costos se comenzaron a abaratar, y la corona vio con malos ojos una industria que se estaba fortaleciendo y que si continuaba con los niveles productivos que tenía pronto se iba a ver en la necesidad de exportar, se crean algunas normas para frenar esta producción y circunscribirla al consumo interno, la corona pensaba en todos sus territorios por lo que determino que el azúcar tenía que producirse en las Antillas las cuales no tenían ningún producto complementario al cual diversificar sus ingresos, sin embargo la Nueva España tenía principalmente la minería por lo que las reformas estaban encaminadas a hacer de la nueva España un país exportador de minerales.

Como primera orden se establece la prohibición de contratar mano de obra indígena para el trabajo en los ingenios, se permitía el uso del indígena en el cultivo pero solo con trabajo remunerado esto acota a los propietarios a contratar esclavos negros para el trabajo dentro del ingenio, lo que por consecuencia incrementa los costos de inversión, la segunda prohibición radica en la limitación de crecimiento en los plantíos de caña de azúcar. Con esta medida se pone límite a la expansión del cultivo cuya inmediata consecuencia sería la contracción del mercado del azúcar, por último se declara una prohibición a la exportación recordemos que la corona tenía el interés de que la zona exportadora fueran las islas antillanas. Para lograr que se respetaran estas prohibiciones se nombran veedores del azúcar, que visitaban los ingenios y los trapiches para supervisar el cumplimiento,

Estas reformas tuvieron una consecuencia inmediata, el mercado productivo se limito al autoconsumo, es decir el azúcar producida en nueva España se consumía en nueva España.<sup>122</sup>

Durante el virreinato sucedieron cambios tecnológicos que tenían como finalidad aumentar la producción lo que se consiguió con creces, en un inicio las plantaciones en islas como Cuba y Puerto Rico comenzaron a competir ampliamente con las plantaciones europeas y en las islas del atlántico, pero cuando la caña se populariza en Nueva España los precios del producto caen de una manera impresionante por diversas causas las dos más principales, que al aumentar las áreas cultivadas la recuperación era mayor, la molienda actividad que determinaba todo el proceso productivo no se paraba y se podía moler todo el año, y la mano de obra que al ser más barata y basándose en esclavos traídos del caribe que a su vez eran descendientes de los esclavos llevados desde África, hacen que el precio baje volviendo el azúcar un producto al alcance de más clases sociales.

<sup>121</sup> **Ledero Quesada Miguel A.** INTRODUCCION Y CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR EN CANARIAS en [www.mgar.net/azucar.htm](http://www.mgar.net/azucar.htm).

<sup>122</sup> **Von Wobeser Gisela,** LA POLITICA ECONOMICA DE LA CORONA ESPAÑOLA FRENTE A LA INDUSTRIA AZUCARERA EN LA NUEVA ESPAÑA (1599-1630) En *Política Española e Industria azucarera*, Estudios de Historia Novohispana, 9, México 1987, págs. 51-64



El impacto del azúcar americana fue profundo en el mundo, la mayoría del azúcar de exportación provenía de América con lo que los cultivos europeos caen en desuso al no poder competir con los bajos precios que se estaban generando, la consecuencia inmediata fue la disminución de plantíos y fabricas en Europa quedando en pocas zonas la producción azucarera y desapareciendo por completo en otras.

La introducción de tecnologías nuevas, las modificaciones a los cultivos, las obras de infraestructura necesarias para hacer funcionar las haciendas, y sobre todo los esclavos negros que dadas las condiciones establecidas por la corona comienzan a llegar en grupos cada vez mas numerosos configuran y reorganizan las regiones donde se cultivara la caña, transformando las costumbres regionales y la morfología de la región incluso la población sufre un proceso de mestizaje en el que participa el cada vez mas numeroso contingente de esclavos negros.

La producción de azúcar genera varios subproductos, entre ellos azúcar morena la cual estaba menos refinada, mieles y jugos para producir rones y aguardientes, en México el azúcar comienza a participar en la cocina de manera activa y surge toda una cultura del azúcar, la cual se arraiga fuertemente en el consumo popular, de ahí el pan dulce, los dulces tradicionales, algunos platillos y sobre todos platillos y dulces de fiesta por poner un ejemplo las calaveras de azúcar en las fiestas de muertos.<sup>123</sup>

Cuando los virreinos Americanos entran en el proceso de sus independencias el suministro de azúcar comienza a verse afectado se buscan sustitutos al azúcar de caña, el que tuvo más auge fue el azúcar de remolacha, a mediados del siglo XVIII un científico Alemán Andreas Marggraf demostró que los cristales dulces que se obtenían del jugo de remolacha eran iguales a los que formaban el azúcar de caña, en esos momentos el descubrimiento no tuvo tanto auge debido a que el suministro de azúcar americana estaba garantizado, a principios del XIX cuando las guerras Napoleónicas y las Guerras de Independencia bloquean estos suministros en 1811 se le presenta a Napoleón azúcar obtenida de la remolacha, inmediatamente manda a plantar alrededor de 32000 ha y construye fabricas de azúcar sustituyendo en pocos años el consumo de azúcar de caña por de remolacha, situación que se conservo hasta nuestros días en que el 90% del azúcar que se consume en Europa es producida en la región a partir de la remolacha.

#### **d. Proceso de producción del azúcar.**

El Uso del agua durante el proceso productivo del azúcar comienza en el cultivo, este requiere de un porcentaje de agua mayor que cualquier otro cultivo, situación ya conocida en el ámbito de este trabajo la cantidad de agua que se requiere y los diferentes pasos del proceso productivo en los que participa es la característica que define al cultivo de la caña de azúcar y a la producción de azúcar como diferentes y mas demandantes con respecto a otros cultivos y procesos preindustriales.

No es la única diferencia entre la caña y otros cultivos, por ejemplo una vez que ha crecido la caña las hojas de la misma dificultan el avance de los campesinos por los surcos por lo que los surcos son ubicados de manera que se pueda dar mantenimiento a la parcela si se deja crecer de manera silvestre una caña o un conjunto de cañas generan una gran cantidad de hojas que se entrelazan de manera natural y pueden impedir que el agua llegue a todas las plantas por

<sup>123</sup> Von Mentz Brígida, NOTAS SOBRE EL ESTUDIO DEL AZUCAR EN MEXICO FUENTES Y ALGUNOS PROBLEMAS INTERPRETATIVOS en América Latina en la Historia económica No11 Enero-Junio 1999, CIESAS, México 1999, pág. 22.



igual, provocando concentraciones diferentes y tamaños diferentes que repercute en calidades diferenciales a la hora de obtener los jugos, los surcos se ubicaban a una distancia equidistante, las sistemas de riego basados en técnicas prehispánicas, preponderaban el riego constante y uniforme de todas las plantas, esta situación como ya se menciona marco la división del trabajo mas importante, mientras que los indígenas naturales de la zona se encargaban del cultivo, los esclavos entrenados en las técnicas correspondientes se dedicaban a la producción en el ingenios.<sup>124</sup>

Como primer uso del agua en el orden de la producción esta el riego, las haciendas azucareras requerían de agua en abundancia la cual era tomada desde los ríos o manantiales, esto marca el destino productivo de regiones enteras como el actual estado de Morelos, en que las condiciones climáticas y topográficas permitían la abundancia de cursos de agua y manantiales desde los que se hacia la toma<sup>125</sup>, después el agua seguía varios caminos uno que se iba hacia el establecimiento de producción y del cual hablaremos mas tarde y otro que se destinaba a los campos, se debe tomar en cuenta que las extensiones de los campos de cultivo eran muy grandes, por lo que esta infraestructura de conducción y almacenaje tenia que tener un alcance mayor, también es necesario mencionar que gran parte de esta conducción tenia que ver con las técnicas prehispánicas de distribución del agua<sup>126</sup>

El inicio del proceso de obtención del azúcar tenía que ver con el cultivo de grandes extensiones pero también con el riego, la caña requería de mayor cantidad de agua que cualquier otro cultivo, encontramos que mientras una caballería de trigo ó maíz requería de 3 a 2 surcos de agua la de caña necesitaba de 4 a 5 estos requerimientos aunados con las necesidades de agua en el proceso productivo y para fuerza motriz determinaban una inversión muy fuerte en infraestructura hidráulica.

El riego con las técnicas prehispánicas, requería de un manejo de agua con una serie de canales que se construían fijos y semifijos, esta construcción se hacía desde el momento en que se preparaba el terreno para la siembra, lo cual se hacía de manera constante para garantizar producción de caña durante todo el año, la unidad básica de trazado era la suerte, la cual estaba formada por grupos de surcos que estaban separados por una vara entre sí, esta distancia permitía el adecuado mantenimiento y riego de las cañas de azúcar. Las tereas eran grupos de surcos que definían una unidad de trabajo, es decir cuántas tareas tenía que hacer cada peón.

Este trabajo inicial de trazado iba acompañado del trazado de los canales de agua que alimentarían la siembra, este trazo serviría para hacer los canales. En primer lugar existían dos canales de alimentación a cada suerte que como ya se dijo es el nombre que se le daba al sembradío de caña, estos dos canales eran el Apantle y el Tenapantle, en la siembra existía otro canal que recibía toda el agua excedente su nombre era la achololera, al centro de las suertes había canales de recepción que permitían que el agua no se estancara estos canales se llamaban milapantle.

---

<sup>124</sup> Como ya se menciona esto también se debía a las restricciones que la corona impuso a la industria novohispana mientras que los negros trabajaban en su mayoría en el interior del ingenio los indígenas tenían que ser remunerados y desarrollaron gran pericia en el cultivo de la caña, la cual como se verá en las siguientes hojas requería de cuidados excesivos para lograr las máximas prestaciones.

<sup>125</sup> La denominación de herido tiene que ver con una toma de la cual se obtiene el agua, es decir a un río se le hace una toma y desde esta se determina la cantidad de agua que se proporciona a una zona, esta medida como se vio en capitulo pasados en alguna medida hidráulica que permitiera el control sobre la merced de agua otorgada.

<sup>126</sup> Recordemos que debido a las restricciones que impuso la corona al uso de indígenas en el interior de los ingenios estos se circunscribieron al trabajo de sembradío de caña, no es de extrañar que las técnicas de riego fueran una amalgama entre las españolas que eran heredadas de los árabes y las prehispánicas.



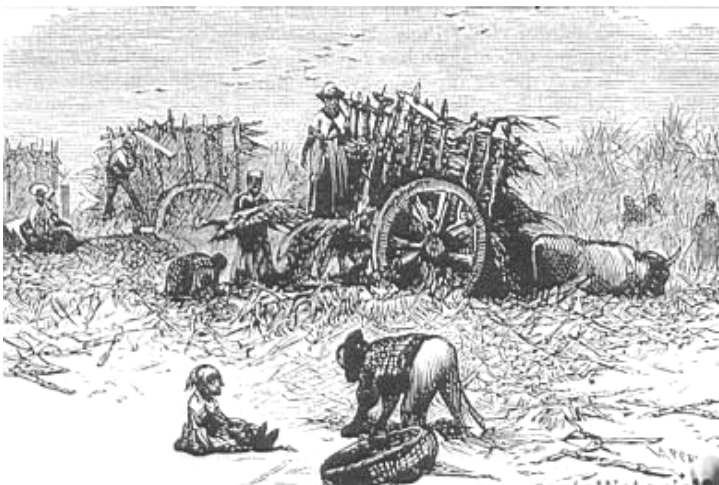
De la importancia del riego encontramos una cita extraída de las instrucciones:

*“Pongan todo cuidado en dar a su tiempo los riegos y las escardas de la caña, porque esta planta pide limpieza en el pie y mucho jugo por dentro, si le falta el riego en algunos tiempos, se añuda la caña, y tiene poco jugo; si no se escarda bien y no se le quita del pie todo el bagazo, allí se pudre este y cría gusano que subiendo a lo más blando mata la guía, y la caña se empalma, no crece más y pierde mucho dulce”<sup>127</sup>*

Lo que observamos es que el riego determinaba la calidad de la caña que se procesaría después. Aunado al riego encontramos otro tipo de cuidados, el clima calido y la abundancia de agua incentiva no solo el crecimiento de la caña también en etapas de desarrollo temprano del campo la hierba crece y como ya mencionamos las hojas de la propia caña también, generalmente en desorden y de manera caótica, por lo que una vez que el campo esta crecido las hojas se vuelven una dificultad para avanzar en su interior y para la distribución adecuada del agua. Además como vimos en las instrucciones, el crecimiento de las hojas de la caña en la base aunado a las yerbas ajenas puede favorecer el estancamiento del agua en la base pudriéndola y provocando el ataque de plagas.

Por lo que después del riego la siguiente actividad que sigue en importancia es el desyerbe, una vez que la caña crece y las hojas impiden que el sol llegue al suelo el desyerbe se deja de hacer y la única actividad constante es el riego, un dato muy importante es que el riego tiene que ser suspendido con uno a dos meses de anticipación para evitar que la caña este aguada, esta situación similar a la practica de escoger las fechas adecuadas para cortar un árbol con el fin de que la cantidad de agua y savia que este en sus interior sea menor y no afecte a la madera sobre todo en lo relativo a deformaciones y capacidad de carga, en el caso de la caña el agua que tan necesaria es en el proceso de desarrollo de la planta se debe de suspender si el agua se suspende el jugo se concentra lo que es benéfico para la refinación del azúcar, si la caña tiene mayor concentración de agua el proceso se ve afectado en lo relativo al sabor y la refinación.

El proceso de riego nos representa la construcción de canales, zanjas, compuertas, acueductos, represas depósitos etc. dependiendo de las características de cada sitio, estos como ya se menciona son de dos tipos, los que se hacen fijos y que generalmente contribuyen a acercar el agua a las zonas de utilización, y los que varían de acuerdo al trazado de cada campo de cultivo.



Gravado en el que se ve el proceso del corte de caña y la carga de la misma en los carros jalados por bueyes, este proceso se realizaba una y otra vez, hasta que se terminaba la cosecha, los niños caminaban atrás del carro para recoger las cañas que se caían en su camino al ingenio, **fuentes** [www.artehistoria.com](http://www.artehistoria.com)



Después de todas las actividades que se desarrollaban en el campo, la siguiente es la cosecha, llamada zafra la fecha era escogida con cuidado para que la caña estuviera lo mas seca posible, ya hemos hablado de la ausencia de riego para que la caña concentrara su jugo, de la misma forma la zafra tenia que ser realizada de manera rápida para conservar esta concentración y retrazar lo mas posible el proceso de fermentación que comenzaba de inmediato, a punta de machete se cortaba la caña cerca de la base y se cortaban las hojas que todavía estuvieran en la hoja, estas se apilan en una zona del campo y se prende fuego por eso durante la zafra se observan las fogatas enormes que iluminan las noches durante la cosecha.

Era importante quitar las hojas de la caña porque esto dificultaba la molienda, además de que ensuciaba el jugo adicional al método de quitarlas a punta de machete para colocar en los transportes únicamente cañas limpias existía el método de quemar la caña completa con un fuego controlado, con lo cual las hojas se quemaban y la caña no, esta situación alteraba el sabor de la caña por lo que a pesar de los múltiples cortes que sufrían los trabajadores al quitar las hojas se propicio que esta labor se hiciera una vez que se cortaba la caña.<sup>128</sup> En muchos casos las hojas y cogollos se utilizaban para alimentar a los animales que participaban del acarreo de la caña hacia la hacienda.

Las cañas cortadas cerca de su base y limpias de hojas y cogollo se agrupan en transportes, que trasladaban la caña hacia la refinería, para este fin se emplearon carretas jaladas por animales de tiro que seguían caminos entre los campos, la zafra siempre ha sido una actividad muy demandante, una vez cortada la caña es una carrera contra el tiempo porque la fermentación comienza de inmediato y esto puede provocar que el jugo este agrio y no sirva para producir azúcar, por lo que el corte es constante, posteriormente la limpieza y acumulación de cañas limpias en los transportes que hacen viajes constantemente entre el cultivo y la hacienda, para llevar las cañas, detrás de los carros van un grupo de muchachos que recogen todas las cañas que se van cayendo para regresarlas al transporte<sup>129</sup>

Además del desflemado, otra de las razones por las que se suspende el riego antes de la zafra es porque de esta forma se consolida el terreno, y los trabajadores pueden acceder a cualquier parte, de la misma forma las carretas no se atascan en los caminos, una vez que comienza la zafra la estructura del terreno que se ha descrito con anterioridad se rompe, es decir los canales y los surcos desaparecen bajo el avance de los trabajadores que cortan y de las carretas que acarrear la caña al ingenio.

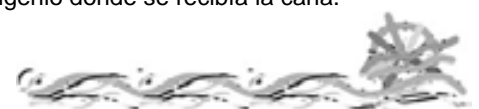
Una vez en el edificio de producción se descargaban los carros en una zona en particular que servia de almacenaje momentáneo, esta zona recibía la caña y la agrupaba por secciones para que de ahí se trasladara a los molinos, en Nueva España se le denominaba cañero en las Antillas batey<sup>130</sup>, estas grandes agrupaciones de caña tenían que ser controladas y ordenadas, para que se moliera la caña en el orden que llegara, recordemos que el proceso a partir de la zafra tenia que ser rápido, de lo contrario se agriaba la caña y por consiguiente el producto tenia mal sabor de esta zona se llevaba al primer paso ya dentro de la zona de producción.

Antes de la aparición de los ingenios de mazos que se describirán más adelante encontramos un procedimiento similar al utilizado para la obtención del aceite de oliva, recordemos también

<sup>128</sup> **Beatriz Sharrer Tamm**, *op.cit.* pág. 90

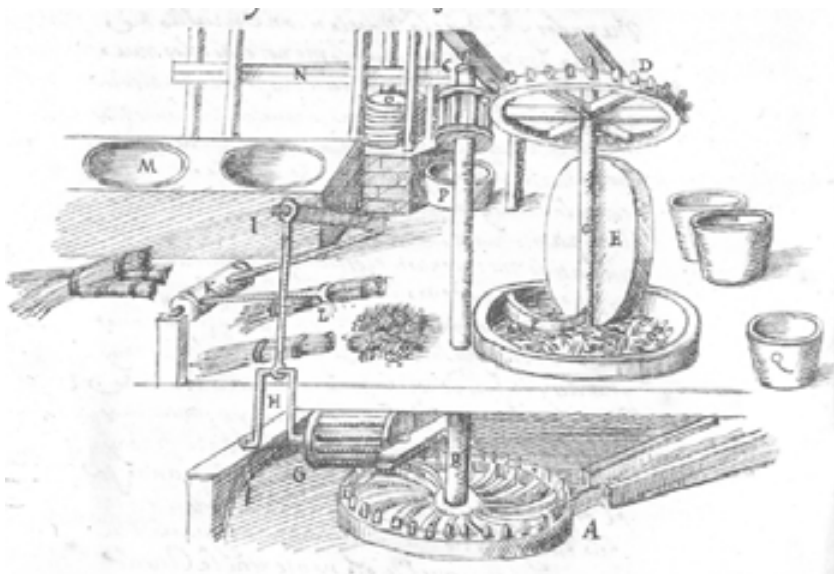
<sup>129</sup> *Ibíd.* pág. 91

<sup>130</sup> La palabra batey en lengua taina denominaba el espacio central de un poblado por lo general un espacio abierto rodeado de construcciones, esta analogía se lleva al espacio central del ingenio donde se recibía la caña.



el origen etimológico de la palabra trapiche que era la palabra para denominar los molinos de aceitunas, el primer paso era el corte de la caña en fragmentos pequeños, estos trozos se descascaraban con un molino cuya muela fuera de piedra, la fuerza motriz podía ser accionada por una rueda hidráulica o por animales y en algunos lugares por esclavos, generalmente el molino era de rueda vertical, de las que giran sobre su canto, El molino de piedra contaba con un delimitador de pretil para la contención en el interior de los jugos, los cuales eran guiados por medio de canales de madera hacia la refinería.

Las ruedas que movían estos molinos tenían que ser verticales, siendo las de cangilones muy útiles porque requerían menor cantidad de agua para moverse el movimiento podría ser generado por un almacenamiento superior de agua y una salida constante ya que el movimiento de la rueda requiere únicamente agua que caiga y la haga girar por gravedad la infraestructura hidráulica necesaria para hacerla andar se podía limitar a canales y tanques elevados. Por el contrario una rueda de paletas que requiere únicamente el giro a través de una corriente de agua era más sencilla ya que excluía los engranes de transmisión del movimiento que si requiere la de cangilones que al tener un giro lento necesita medios alternativos de modificación de la velocidad.



En el dibujo dentro del tratado del siglo XVI observamos el procedimiento inicial antes de la implementación de los molinos de mazos, al frente el corte de la caña por medio de una maquina que tal y como esta dibujada no funcionaria en la vida real, del lado derecho en primer plano la molienda de los trozos en un molino de piedra movido por un rodezno, al fondo a la izquierda la prensa de viga, delante de la prensa de viga las calderas para el refinado de los jugos.

**Fuente los 21 libros de los ingenios y las maquinas**

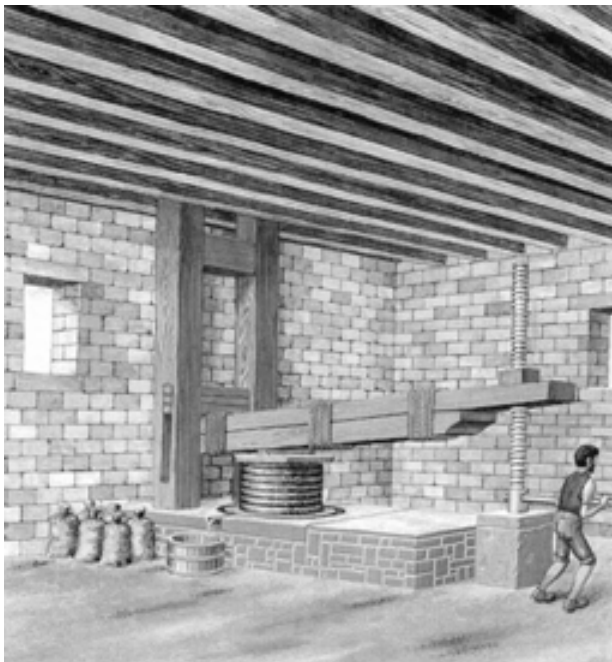
Las ruedas de paletas también son conocidas como Aceñas, en el caso de las aceñas se tenían que ubicar en el lecho de un río de corriente constante situación que no era muy común de encontrar, por lo que se supone que la mayoría de los ingenios hidráulicos en Nueva España se movían por medio de ruedas verticales accionadas por gravedad. Mientras hubiera recurso hidráulico abundante lo único que se tenía que hacer era llevar el agua de manera constante a la parte superior de la rueda. Después de esta molienda previa, descascarado y obtención de la pulpa se necesitaba prensar la pulpa para obtener todo el jugo que todavía quedaba en ella.

Para la prensa de tornillo que era el siguiente paso se llevaba los trozos machacados del molino hidráulico y esta se accionaba por medio de girar los mecanismos, también en la parte inferior había modo de recolectar los jugos para llevarlos a la refinación. Estas prensas a similitud de las que se utilizaban para la obtención de aceite de oliva eran de gran tamaño, en los inventarios analizados por Beatriz Sharrer encontró descripciones de prensas de entre 11 y



13 metros de largo<sup>131</sup> las cuales funcionaban con una gran viga de contrapeso que tenía un cilindro de madera con cuerda llamado husillo, que al girar subía y bajaba incrustado en un hueco con cuerda también, este giro para bajar y subir es el que ejercía presión y prensaba para extraer el máximo jugo posible del bagazo, estas prensas eran accionadas por bestias de tiro denominadas bueyes preneros que giraban en un sentido y otro alrededor de la prensa para hacerla bajar o subir.

Hasta este punto, el proceso es similar al de la producción de aceite de oliva, primero el machacado, después el prensado que extraía el aceite, en el caso particular de la caña de azúcar primero se machaca para dejar la pulpa sin cáscara y después esta se prensaba para obtener los jugos, que eran canalizados por medio de tuberías de madera hacia la sala de refinación, dejando en su primera etapa (la del molino de piedra) las cáscaras y en la segunda (la prensa) el bagazo completamente seco de la caña. El bagazo era utilizado en etapas tempranas para alimentar ganado y en mas tardías para alimentar las calderas.



La prensa de viga se utilizaba con un husillo el cual se giraba por medio de personas como se ve en el dibujo o animales en cuyo caso la base se interrumpe para permitir la circulación de los animales de tiro, esta imagen pertenece a la fabricación de aceite de oliva, la prensa se utiliza por el mismo peso de las vigas que van bajando sobre los espartos que prensan la pasta en este caso de la caña, el jugo sale por un lateral y se recolecta para llevar a la refinería. Es importante observar que el contrapeso en este caso realizado en una estructura de madera que se empotra en el piso y se apoya en el techo tiene una altura de unos 3 metros, en su conjunto las prensas de viga podían medir hasta 15 metros de largo y 3 de alto. **Imagen <http://www.sabor-artesano.com/prensa-viga-quintal.htm>**

Sobre este procedimiento encontramos dos descripciones, una se refiere a como se procesaba el aceite en Valencia y la otra en los 21 libros de los ingenios y las maquinas ambas son del siglo XVI:

*Las acarrean a una oficina, en la cual hay hombres que las reciben y cortan sobre pilones en pedazuelos como los dedos, otros las llevan a las piedras a trullar; otros las trullan; otros las llevan a la prensa; otros las prensan; otros llevan el zumo a las calderas*<sup>132</sup>

La otra viene acompañada de un dibujo en el que podemos observar todas las maquinas y al mismo tiempo el procedimiento para obtener el azúcar, aunque como se ha visto en varias fuentes el mecanismo que corta la caña que es propuesta e innovación del autor al proceso no podría funcionar de esa forma; la descripción es la siguiente refiriéndose a las cañas:

<sup>131</sup> **Beatriz Sharrer Tamm**, *op.cit.* pág. 98

<sup>132</sup> **González Tascón Ignacio**, *op.cit.* pág. 363 y **Viciana Rafael Martin De**, *CRONICA DE LA INCLITA Y CORONADA CIUDAD DE VALENCIA Y SU REYNO*, Universidad de Valencia, España 1980, págs. 26 y siguientes





*Después de cogidas las cortan en pedazos menudos y, después, las muelen en un ruello de piedra grandísimo que, a los menos, es de alto nueve palmos y de grueso uno, y este que sea de una piedra fuerte, y así se muele como se muelen las olivas... y después de molida se pone dentro de unas capachas de esparto y se prensa como se hace las olivas<sup>133</sup>*

Estas descripciones así como algunos grabados del procesamiento del azúcar nos hablan de que era el procedimiento utilizado durante el siglo XVI en Europa y en las islas del Caribe. Las desventajas del doble proceso era la tardanza y el traslado, es decir se tardan más en moler y obtener el jugo, como ya hemos visto la fermentación es casi instantánea, entre más tiempo dure la molienda mas se afecta el sabor, el otro inconveniente son las pérdidas en los traslados, el zumo se tiene que extraer del molino de piedra para llevarlo a la prensa, además de que para la molienda en la piedra se debe de aumentar un paso más que es el corte de la caña en trozos pequeños, estos procedimientos aumentaban el tiempo de procesamiento.

La primera innovación a este procedimiento tradicional fue el molino de dos mazos horizontales es polémica donde se origina, algunos autores mencionan Asia y otros mencionan Sicilia, no es tema de este trabajo ahondar en la polémica, por lo que hablaremos directamente de este molino de madera.

La producción de azúcar fue una de las actividades que mas se acercaron al comportamiento industrial que seria mas constante en los siguientes años, aunque la revolución industrial todavía estaba gestándose en Europa, al ser altamente rentable la producción de azúcar se buscaba la transformación de los sistemas tradicionales para obtener un mayor volumen de producción en menor tiempo. Esto es lo que origina los molinos de mazos para simplificar el proceso de molienda.

Debemos recordar que la actividad que marcaba los ritmos de toda la producción era la molienda de la caña, era tan importante la molienda que toda la organización del trabajo giraba en torno a ella. Caña que era cortada caña que tenía que ser molida y procesada porque se podrían alterar significativamente las propiedades del azúcar y los jugos si los tiempos no eran respetados, ya mencionamos que este proceso acelerado de producción comenzaba en el momento de la zafra.

El primer cambio significativo para la transformación del proceso tuvo que ver con la implementación de los trapiches de dos cilindros horizontales, esto facilitaba las cosas porque la transmisión del movimiento era directa, por medio de un eje que partía del centro de la rueda vertical hidráulica, y unos dientes ubicados en el cilindro motriz que provocaba el movimiento del otro cilindro, la caña se pasaba entre ambos cilindros y el mecanismo era tan eficaz, que se podía pasar entera y con cáscara y el jugo era obtenido sin necesidad de una molienda adicional.

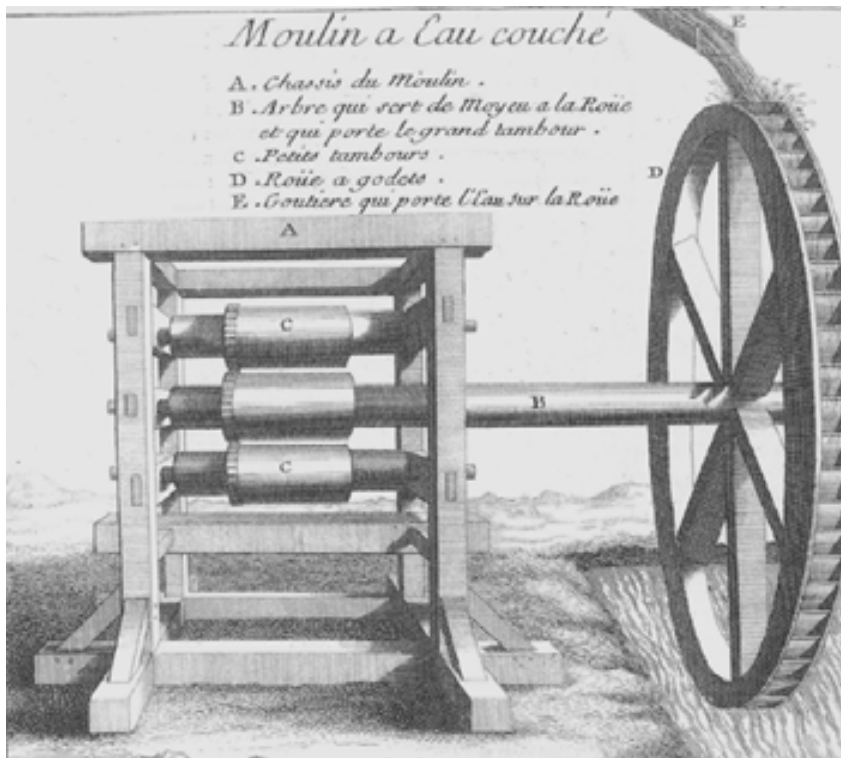
Para ser más claro, uno de los cilindros se ubicaba en la prolongación de la rueda hidráulica que tenía que ser vertical y por gravedad, este cilindro estaba montado sobre un burro de madera, tenía un engrane en uno de sus extremos que movía un cilindro ubicado por encima o por debajo del cilindro motriz y giraba accionado por el engrane, la caña se pasaba entera entre los dos cilindros con un operario de cada lado que recibía y regresaba este proceso se podía hacer varias veces hasta que la caña quedaba seca.

<sup>133</sup> Turriano Juanelo, *op.cit.* pág. 363



Con esto se elimina el corte de la caña, y la caña entera pasaba de los cañeros a la molienda, aunque existen fuentes que señalan que aunque se implemento el uso del molino de madera de dos cilindros se siguió prensando el zumo resultante, de esta forma se aumentaba la obtención de jugos, es importante notar que se conservo la prensa pero se eliminan los molinos de piedra, que requerían de mayor infraestructura para su funcionamiento.

El primer inconveniente que presenta este trapiche de dos cilindros horizontales, era la calibración de los cilindros, al ser el eje central de transmisión directa, la posibilidad de regular la separación entre los cilindros se limitaba demasiado, los giros excéntricos que podía tener el mecanismo afectaban inmediatamente a la molienda y lo mas grave es que el cilindro se rompía regularmente, esto a consecuencia de no poder regular la separación para cañas más gruesas, las maquinas se tenían que calibrar periódicamente para evitar estos inconvenientes y aun así se modificaban las distancias entre los cilindros con lo que se provocaban movimientos diferenciales y por lo tanto en una situación extrema la ruptura de los cilindros.



Molino de 3 mazos horizontales, este molino accionado por fuerza hidráulica, es un paso intermedio entre los métodos tradicionales de molino de piedra y prensa y los molinos de madera de 3 mazos verticales. **Imagen Jean Baptiste Labat Nouveau voyage aux Iles de l'amerique, Paris 1722**

Para hacer más productivo este tipo de molino se le colocan dos cilindros mas, uno por encima del central y otro por debajo ambos accionados por muescas que se colocan en el cilindro central, el nombre que se le daba a los cilindros es moledor.

Este molino de 3 moledores horizontales ayudaba a moler la caña de manera más rápida, se colocaban dos grupos de personas uno de cada lado y se pasaban las cañas una y otra vez por los espacios entre moledores, en este caso había dos, por ejemplo el grupo uno lo pasaba por arriba y el grupo dos lo recibía y lo regresaba por el de debajo de esta forma molían la caña; el inconveniente tenía que ver al igual que su antecesor con la calibración las cañas más gruesas podían forzar los moledores y romperlos, con lo cual toda la molienda tenía que ser parada.



Sobre la sustitución de molinos de piedra por molinos de madera encontramos en el Libro de Beatriz Sharrer la siguiente cita refiriéndose a un ingenio de Dominicos donde fue remplazado el molino de piedra por otro de madera:

*“El haber mudado la piedra con que se beneficiaba el dicho ingenio y fue por excusar el riesgo que evidentemente tenía la gente que en el asistía y haber hecho otra de madera y otra prensa que con más seguridad se puede beneficiar”<sup>134</sup>*

Antes de avanzar conviene hacer la aclaración sobre los términos trapiche e ingenio, para algunos autores la diferencia radica en la fuerza motriz<sup>135</sup>, el trapiche es un molino de sangre, el ingenio es una maquina hidráulica, aunque otra versión nos indica que la diferencia en el nombre radica en la organización y la producción, mientras que un trapiche es artesanal el ingenios es semi industrial indistintamente las maquinas ubicadas en el molino de la caña son el corazón del establecimiento, es notorio que todo el edificio productivo dedicado a la obtención del azúcar toma su nombre del sitio en el cual en ambos casos se lleva a cabo la actividad de la molienda.

También es importante hablar de la fuerza motriz un molino podía se accionado por medio del agua incorporando una rueda hidráulica a este molino o por medio de sangre animales de tiro o en algunos casos seres humanos, lo que provocaba instalaciones adicionales para tener animales de repuesto debido a que la molienda no podía suspenderse, los animales de refresco se traían desde los corrales para ser colocados y se llevaban los que ya estaban cansados para que estos estuvieran disponibles más adelante.

Los corrales y macheros tenían que ser mucho más grandes en las haciendas que contaban con este tipo de molinos, por otra parte se tenía que pensar en la subsistencia de los animales alimentarlos darles agua bañarlos etc., el problema principal radica en que todo ingenio requería de un contingente de bestias de tiro ya que durante la zafra estas eran utilizadas para acarrear la caña al cañero, para la molienda se requerían animales adicionales para poder utilizarlos en ambas actividades, las prensas en su momento también requirieron de bestias de tiro.

Otra característica de funcionamiento que se presenta en todo molino de sangre es la necesidad de una circulación de “fuerza motriz” en torno a la ubicación del molino esto también se repite en la prensa, se crea una circulación rítmica que impide que los operarios trabajen libremente, esta situación se corrige con los molinos hidráulicos, los cuales existieron tanto en el caso de los primitivos de piedra como en el caso de los más modernos de mazos.

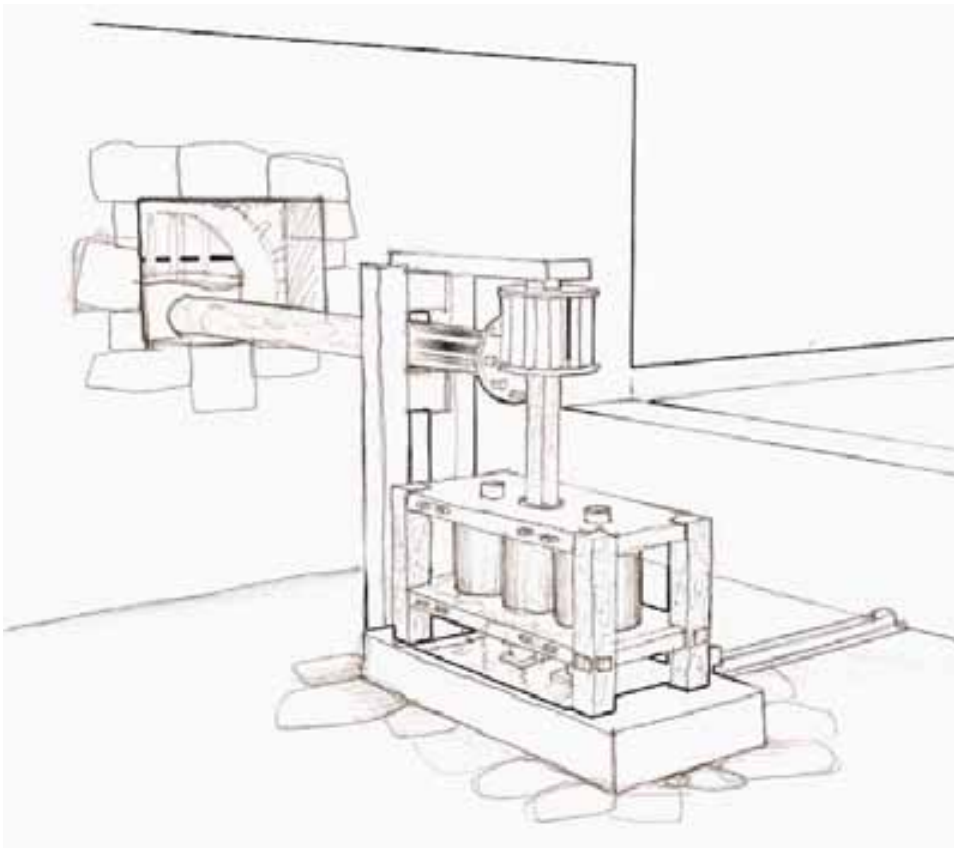
En el trapiche de mazos horizontales, las ruedas de transmisión de movimiento y los engranes superiores podrían ser accionados por animales de tiro que giraban constantemente como ya se menciono estos animales debían de cambiarse constantemente para que la baja del rendimiento físico no interfiriera en el ritmo de molienda en estos casos se hacia una circulación para los animales dejando un espacio periférico en torno a los mazos para los operarios que estaban constantemente moliendo, si el molino era de sangre el control de paro era más fácil con solo detener a los animales era suficiente los animales tenían un operario que los vigilaba azuzaba y detenía, en el caso de los molinos hidráulicos los mazos giraban constantemente y el control de paro era más difícil lo que ocasionaba accidentes con los operarios que tenían que manipular la caña entre los mazos y que en muchas ocasiones perdían un miembro atorado entre los cilindros, que no podían ser detenidos de manera inmediata.

<sup>134</sup> Beatriz Sharrer, *op.cit.* pág. 104

<sup>135</sup> Rendon Garcini Ricardo, *op.cit.*



Aunque en apariencia los mecanismos motrices solo modifican la fuerza de acción encontramos también la necesidad de transmitir el movimiento de diferentes maneras, los engranes para hacer funcionar el molino también se ven modificados si el molino era hidráulico el mecanismo de madera con el engranaje se ubicaba en la parte superior, dejando espacio para actividades en torno a la molienda, si el molino era de sangre la primer afectación tenía que ver como ya se menciono con un camino circular que rodeaba la zona del molino por el cual estarían circulando los animales de tiro, situación que dificulta el estarse acercando y controlar la molienda, estas situaciones que estaban reguladas por engranes o por animales de tiro fueron las primeras que se trataron de modificar con la implementación de los molinos de tres mazos por una parte se tenía que emplear un mecanismo de madera que permitiera su reparación de manera más sencilla y por otra una mejor configuración espacial para acelerar la molienda, también es importante mencionar que un paso previo entre los molinos verticales de tres mazos y los molinos de piedra fue el trapiche de mazos verticales del cual ya hemos hablado y que representaba algunos problemas de ajuste, rotura de cilindros y dificultad de controlar la molienda permanente.



Molino hidráulico de 3 mazos horizontales, su principal aportación es la calibración de los cilindros o moledores, que pueden regular la separación entre ellos, con el tiempo fueron incorporando piezas de metal, para las zonas de movimiento y para el encamisado de los cilindros que los volvía más resistentes y eficiente, en el caso de que estos molinos fueran de sangre en la parte alta del eje central se prolongaban maderas en diagonal hacia abajo en donde se sujetaban los animales de tiro, en el dibujo se observa después del muro la rueda hidráulica  
*imagen: Tarsicio Pastrana*

Para subsanar esta problemática se crea el trapiche de tres mazos verticales, la transmisión del movimiento tenía que hacerse desde un sistema de engranajes en la parte superior del trapiche lo que ayuda para que el marco de montaje de los cilindros sea más independiente y por medio de los tres cilindros (moledores) regular la separación, el cilindro central seguía manteniendo cierta rigidez ya que este es el que recibe la transmisión del movimiento, pero los otros dos se podían nivelar y desplazar horizontalmente, para evitar que giraran de manera excéntrica afectando el molino y la molienda, al modificar la distancia entre moledores también se permite moler caña más gruesa, la manera en que giraban los 3 cilindros era por medio de dientes



colocados en la superficie del cilindro en los 3 casos de esta forma en movimiento del primero (el central ) hacia mover a los otros dos en los extremos.

Los 3 cilindros van montados en un burro de madera que tiene en la parte superior “pasos” para los ejes de los 3 cilindros, estos en la parte de abajo en un banco de madera o de piedra acaban en punta (guijo) y esta a su vez sobre una pieza que está diseñada para recibir el giro, (chumacera) estas dos piezas tanto las puntas de los cilindros como las piezas de giro en muchos casos se hacían metálicas para facilitar el giro. En la parte superior existían en los pasos de los ejes para los cilindros laterales cuñas de ajuste que fijaban los cilindros en la distancia que se requiriera.

Desde épocas muy tempranas en Nueva España se tiene referencia de los encamisados metálicos a los moledores, tanto en el modelo horizontal como en el vertical, lo que facilitaba la molienda y permitía que los moledores duraran más.

Este molino permitía una molienda rápida debido a que se pasaba la caña de un lado a otro con dos operarios uno de cada lado, similar al molino de rodillos horizontales, pero con la ventaja de calibración que el otro no tenía con lo cual se lograba molienda de mayor rapidez, el primero la tomaba y la colocaba entre los mazos, el segundo la tomaba y la pasaba por el otro espacio, esto se hacía hasta que la caña dejaba de sacar jugo. Según Ignacio González Tascón el rendimiento del sistema molino de prensa y piedra en obtención de jugos de la caña era de 40 a 45% del jugo mientras que en los sistemas de molinos de madera llegaba hasta el 60% a 65%.<sup>136</sup>

Con este molino de 3 mazos las reparaciones eran más sencillas y se puede adaptar el mismo mecanismo a dos tipos de fuerza motriz, la hidráulica y la de sangre. Con la implementación de este trapiche se substituye la prensa y el molino, obteniendo en un solo proceso toda la molienda, al poder regular la separación entre moledores y hacer más fácil esta calibración la caña quedaba “seca” en el trapiche los operarios pasaban la caña una y otra vez hasta que el jugo dejaba de salir de ahí directamente el bagazo a secar para los usos que ya se mencionaron y los jugos a la refinería.

Este molino de mazos verticales de madera es descrito por el padre Jesuita Rafael Landivar:

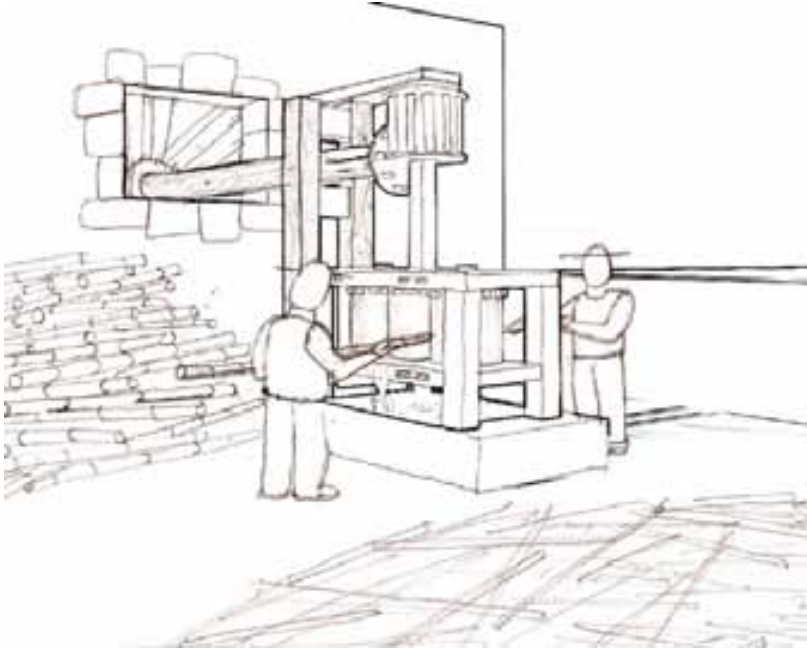
*Los cilindros de Roble del trapiche ofrecen accesos tan delgados, que el dorso del uno casi toca al de inmediato, de modo que girando puedan apretar el grueso de un dedo. El cilindro que surge de en medio del puente se eriza de dientes infrangible, con los cuales, al dar vuelta, haga girar simultáneamente a los otros. Aunque estos sobrepasan con su espigón los maderos de arriba, en que la maquina se apoya al moverse rápidamente el central, no obstante amenaza heder el techo de la casa con su eje alargado, tendido hacia lo alto.*

Aunque la descripción del padre Landivar se refiere a un trapiche de sangre, en la parte superior del eje es donde el mecanismo cambiaba, si era de sangre tenía los maderos que se prolongaban para amarrar a las bestias de tiro, en caso contrario en la parte superior encontramos los engranes que procedían del eje de la rueda hidráulica, y que hacían girar el cilindro central.<sup>137</sup>

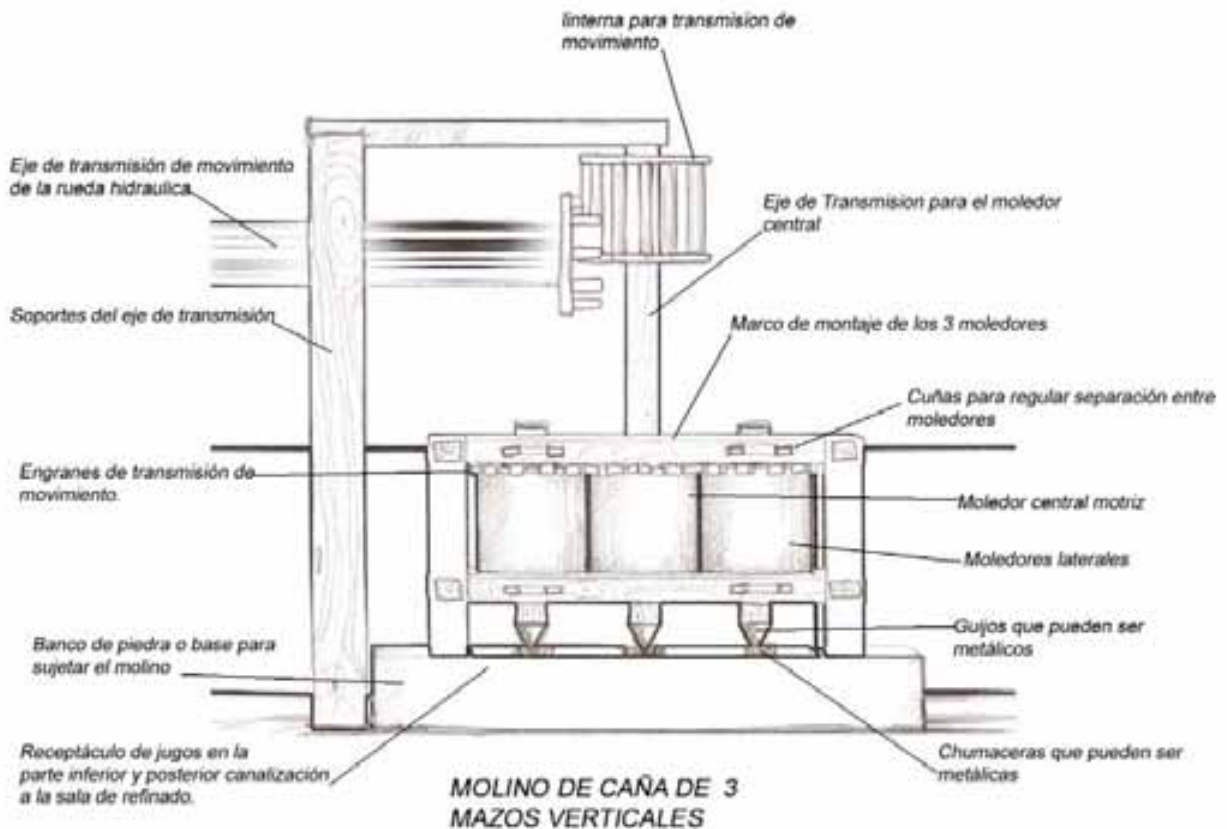
<sup>136</sup> Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores), *op.cit.* pág. 371

<sup>137</sup> Valdés Octaviano (prologo versión y notas), *POR LOS CAMPOS DE MEXICO (RUSTICATIO MEXICANA DE RAFAEL LANDIVAR* ,UNAM Biblioteca de estudiante universitario, México 1973, pág.107





En la esquina superior izquierda un esquema del uso del molino de madera, con dos operarios, del lado izquierdo del molino la caña sin moler de ese montón el operario uno toma la caña y la pasa por uno de los espacio entre cilindros, del otro lado el operario dos la toma y la regresa por el espacio contrario, esta operación se repite hasta que la caña deja de sacar jugo, entonces se arrojan los restos de la caña del lado derecho, los jugos escurren por el canal hacia la sala de calderas en este dibujo detrás del muro del fondo. En el esquema de la parte inferior de la hoja el molino de 3 mazos con sus partes **imagen: Tarsicio Pastrana.**



Con lo anterior podemos mencionar que gran parte del siglo XVI la molienda se hacía con piedra y prensa, después se introduce entre finales del XVI y el XVII el molino de mazos horizontales en sus dos modalidades 2 y 3 mazos aunque se continua con el uso de la prensa, finalmente para el siglo XVIII se usa el molino de 3 mazos verticales que será utilizado en sus dos modalidades hidráulico y de sangre para ser sustituido hasta la segunda mitad del siglo XIX por molinos metálicos<sup>138</sup>.

La parte medular de cualquiera de estos mecanismos la encontramos en los elementos que impiden las vibraciones cualquier vibración que provocara giros excéntricos o desajuste de las piezas de la maquinaria provoca funcionamiento incorrecto y a la postre roturas, esto se subsanaba con el ajuste periódico de las piezas, para lo cual dentro de los espacios de la fabrica tenía que haber un carpintero que se encargaba de mantener en funcionamiento los molinos y todos los instrumentos de madera que se utilizaban en el proceso de obtención del azúcar, el carpintero es una especialización del carpintero de lo prieto que al quedarse a trabajar de planta en el ingenio se especializa únicamente en estas maquinarias. Algunas de estas actividades adicionales de los carpinteros se encuentran en las instrucciones a los hermanos de los jesuitas

*Todos los días por la mañana los carpinteros recorren en el corral si hay alguna carreta desbaratada alguna buja floja o sincho y lo aderezan<sup>139</sup>*

Las partes metálicas que se agregan generan otro espacio arquitectónico adicional un taller de herrería, en la Hacienda, los talleres y los espacios están rotulados aunque esta construcción es visiblemente del XIX y escapa al ámbito de este trabajo los rótulos nos pueden dar un programa arquitectónico que nos habla de la complejidad y diversidad de técnicos que se requerían para hacer funcionar un espacio de este tipo, podemos observar carpintería y herrería, estos dos espacios relacionados directamente con el uso de la maquinaria. Otro artífice que tenía que existir en el ingenio era el pailero, el cual reparaba las calderas de cobre.

El trabajo de mantenimiento de esta maquinaria también estaba relacionado con la lubricación de las partes que así lo requirieran, la calibración y nivelación de rodillos, el cambio de piezas, la elaboración de piezas de repuesto en los diferentes talleres.

Posterior a la molienda, ya sea con el método de Molino de piedra y prensa, ingenios o trapiches se obtiene el jugo de caña que es canalizado a la sala de refinación este traslado se hacía de varias maneras, construyendo en torno a los molinos canales de madera para llevar los jugos hacia las áreas en que sería recolectado, o recolectándolo del área del molino directamente, la optimización ideal es el recorrido de estos jugos directo a las salas de calderas sin necesidad de intervención por parte de un operario

En esta etapa el subproducto principal es el bagazo formado por las cáscaras de la caña y su pulpa seca que como ya se menciona se lleva los asoleaderos para secarlo completamente y poder utilizarlo para alimentar los hornos de la refinería también llamada sala de calderas y alimentar a los animales de tiro que aunque los ingenios fueran hidráulicos se utilizaban para transporte de caña desde el campo

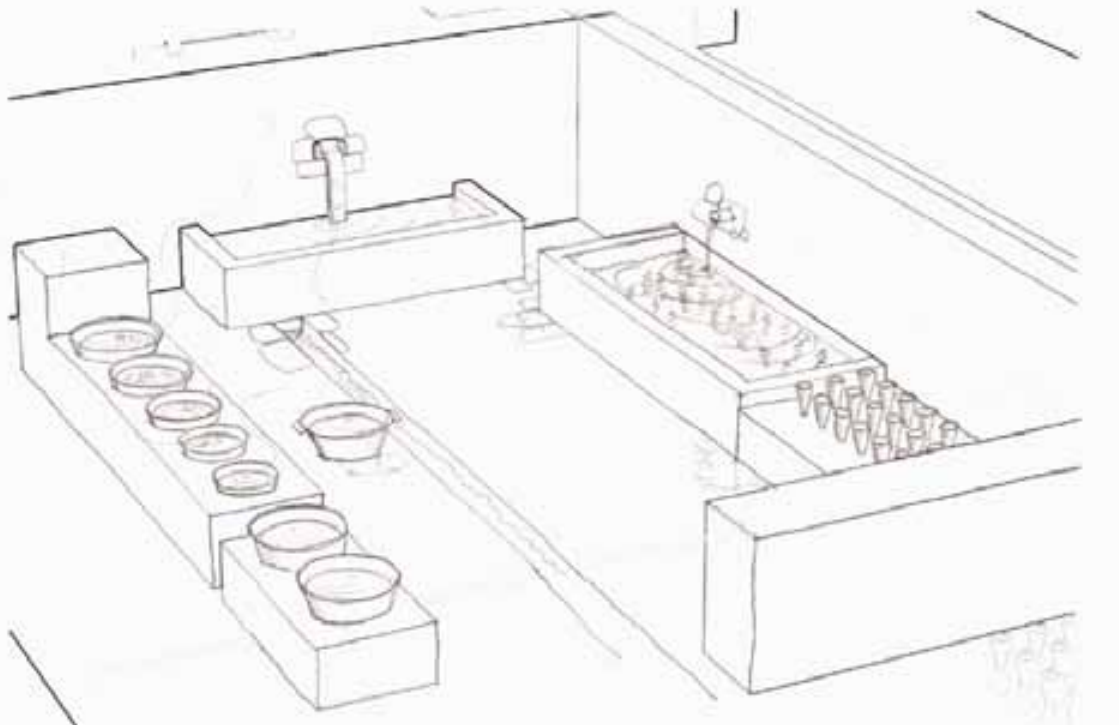
<sup>138</sup> **González Tascón Ignacio**, *op.cit.* pág. 367, Se menciona 1570 como la introducción de los molinos de madera difundiendo desde Brasil antes de eso, toda la molienda se hacía con piedra. También menciona que los artífices de esta rápida propagación son los Jesuitas que lo llevan desde Brasil a toda América.

<sup>139</sup> **Von Mentz Brígida**, *TRABAJO, SUJECION Y LIBERTAD EN EL CENTRO DE LA NUEVA ESPAÑA*, Miguel Ángel Porrúa-CIESAS, México 1999, pág. 216



En el inicio de los ingenios se deforestaron grandes cantidades de bosques para obtener la leña necesaria para los hornos, cuando el recurso para el combustible escaseo se requirió el suministro de áreas cada vez más alejadas por lo que la utilización del bagazo fue un alivio a este respecto, con la utilización de los bagazos y las cáscaras con esto se tenían dos mejoras, se eliminaban los residuos que de otra manera tendrían que acumularse en algún sitio y después serían desechados en el campo y se dejaba de tener dependencia a otro tipo de combustibles que comenzaron a escasear en la medida en que la deforestación avanzó.

El siguiente paso ya en las salas de calderas, era el inicio del procesamiento del jugo, por lo cual se requería de un conjunto de calderas que fueran disminuyendo en tamaño pero aumentando su temperatura, en los inicios de este proceso cada caldera tenía su hornilla y de hecho en México se utilizó este sistema durante casi todo el virreinato, cada caldera tenía una fuente calórica independiente de las otras, los jugos recolectados y puestos a hervir, en varios cazos, eran pasados de uno a otro por los que operaban en las casas de calderas que por lo general eran esclavos negros, esta circulación de jugos la hacían con unos cucharones muy grandes y a juicio del maestro del azúcar, el refinado se hacía de cazo en cazo y de hornilla en hornilla con lo que el gasto de combustible era mayor, ya que se requerían diferentes hornos para diferentes cazos.



En la parte superior se observa el recipiente que recibe los jugos desde la sala de molienda, este estanque también se denominaba canoa y podía estar hecho de madera recubierto su interior con placas metálicas, del lado izquierdo observamos la batería de cazos para ir procesando las miles, los últimos dos se llamaban enfriaderas, eran para entibiar la miel que se obtenía del último cazo también llamado tacho o tacha, el cazo en el piso servía para colocar las espumas y basurillas que se iban retirando de los diferentes recipientes del procesado, al fondo del lado derecho una piletta con agua y las formas de barro remojadas en el interior, del lado derecho de la piletta el tendal, utilizado para colocar las formas de barro con la miel que se acababan de llenar con miel y esperar a que la miel no estuviera tan líquida, por último al centro de la sala se ve un canal que servía para el escurrimiento del agua de lavado. **Imagen Tarsicio Pastrana.**





También en este proceso hubo algunas transformaciones estas mejoras vinieron de Jamaica, Lo que se implemento en jamaica tenia que ver con la colocación de los cazos en una batería y ubicándolos por tamaño para obtener mayor concentración del jugo, a esta sucesión de cazos que eran alimentados por un solo horno se le llamaba tren jamaiquino el cazo mas cercano al horno era también el ultimo, y el mas pequeño, es en donde el azúcar recibía su ultima refinación, alimentando el primer horno en donde también se encontraba el ultimo caso se calentaba toda una cámara que era sellada por los diferentes casos, la chimenea utilizada en el horno así como el cuerpo alargado de los diferentes hornos le confirió su nombre a este conjunto de cazos.<sup>140</sup>

Los jugos eran canalizados hacia las calderas que estaban ubicadas en batería empezando por la mas grande a la que se le sometía a poco calor y terminado en la mas pequeña pero también la que tenia mas cerca el calor.<sup>141</sup> En este recorrido por los diferentes cazos, el agua contenida en el jugo se evaporaba y se obtenía un jugo cada vez mas meloso y con menos cantidad de agua, al terminar de pasar por todos los recipientes el jugo estaba altamente concentrado dentro de estos procesos de refinado se obtenían mieles y subproductos, por ejemplo de los primeros recipientes se sacaban las espumas y las impurezas, al mismo tiempo de cada uno de los procesos siguientes se obtenían mieles que no se alcanzaban a integrar al jugo.

De la fermentación de las miles y los jugos se podía obtener ron y aguardiente, ambos productos estuvieron prohibidos mucho tiempo por lo que se fabricaban en destilerías clandestinas ubicadas dentro de los mismos ingenios, estas utilizaban las instalaciones hidráulicas para completar sus procesos, requerían del agua para sistemas de enfriamiento así como áreas de almacenaje propias, las prohibiciones vinieron de la corona para poder controlar el monopolio de las bebidas alcohólicas esta prohibición era ignorada ya que las bebidas alcohólicas eran ampliamente consumidas por los mismos trabajadores de las haciendas azucareras, siendo las haciendas azucareras establecimientos que intentaban optimizar todos los aspectos del proceso no desperdiciaban ninguno de los subproductos, obteniendo también parte de sus ingresos de la venta de estas bebidas en consumo local.

Las mieles no solo se utilizaban para producir bebidas alcohólicas, también se volvían a procesar dependiendo del grado de limpieza, o se daban de alimento al ganado, a los trabajadores y en la mayoría de los casos se vendías, para obtener ingresos extras.

La refinación sucesiva propiciaba la limpieza del azúcar, entre mas se refinara mas blanca seria, por lo que no siempre se producía azúcar blanca, las azucares mas oscuras tenían menor precio y eran productos del ingenio también dependiendo de los procesos que se completaban y los que no, esto también tenia que ver con el numero de refinaciones, es decir se extraías las mieles en los primeros cazos obtenías una azúcar mas “morena” que se dirigía a mercados con menor poder adquisitivo, el azúcar del ultimo cazo era el azúcar mas blanca. Para lograr este blanqueamiento no solo se recurría al refinado completo, también se agregaban lejías que después de una reacción química en los jugos provocarían azúcar mas blanca al final del proceso.

---

<sup>140</sup> La ventaja que tenia la batería llamada tren jamaiquino era un aprovechamiento del calor, con un solo horno y un ambiente sellado, el cual se sellaba con las propias calderas se alimentaba toda la batería, la tacha que era la última de las calderas y que además requería de más calor era la que tenía en su parte baja el fuego, de ahí se desplazaba por todas las calderas disminuyendo gradualmente la temperatura hasta llegar a la primera de las calderas cerca de la cual estaba la salida del humo.

<sup>141</sup> El tren jamaiquino no fue muy utilizado en Nueva España, como ya se menciona en el texto era más común que cada Caldera contara con un Horno, **Crespo Horacio**, *op.cit.* pág. 429



Este proceso al interior de la sala de calderas podía durar toda la noche ya que una vez empezada la molienda el refinamiento tenía que completarse, esta sala de calderas era la que peores condiciones de trabajo tenía, el calor extremo y los vapores que desprendían constantemente las calderas además de las jornadas de trabajo que podían durar toda la noche hasta que se agotara el jugo procedente de la molienda fue una de las aparentes razones por las que la corona prohibió el trabajo de indígenas en el procesamiento del azúcar, situación que como vimos con anterioridad tenía el objetivo de limitar el crecimiento de la industria del azúcar en Nueva España.

Las salas de calderas eran construcciones altas generalmente de piedra con los hornos adosados o en algunos casos con la estructura interior del tren jamaquino, con los chacuacos sobresaliendo en el lado de los hornos, ventilación en la parte superior para permitir la salida de los vapores y en muchos casos iluminación artificial por las razones ya expresadas.

También colocaban dos calderas mas que no estaban colocadas a fuego directo, una de ellas recibirá todas las espumas y basuras, así como parte de las mieles sin procesas de las primeras calderas, la otra le llamaban enfriadera y en ella se colocaba la miel ya lista para cristalizar para que se entibiara y pudiera ser agregada a las formas. La ultima caldera a fuego en donde se revisaba que la miel estuviera a punto recibía el nombre de tacho o tacha, de esta pasaba a la enfriadera y de esta a los moldes o formas.

El jugo y se vaciaba en los moldes estos moldes tenían en la parte inferior un tapón, eran de forma cónica y se colocaban sobre un purrón que era otro recipiente de barro que tendría como función recoger las miles no cristalizadas, el tapón se colocaba al principio para evitar que las mieles tibias escurrieran y se perdiera, ya que las formas eran cónicas y el tapón se encontraban en la parte superior del cono estas se ubicaban sobre el purrón con la parte angosta hacia abajo y el tapón puesto, con la parte más ancha del cono hacia arriba y abierta en esta y por medio de un cucharón se colocaban las mieles, cuando la forma estaba llena se colocaba sobre el tendal que era una superficie plana elevada del suelo donde se ponían en fila y esperaban su enfriamiento para llevarlas a la sala de purgar, hasta aquí era la labor que se desarrollaba en la sala de calderas.

Las formas tenían que estar saturadas de agua, para que no se pegara el pan de azúcar que se formaría, por lo que cercano a la zona de calderas estaba una tina con agua en donde las formas se la pasaban remojándose, tenía una doble función el lavado de las formas y la saturación del barro, de este sitio se tomaban para preparase y llenarse de miel. En muchos ingenios existían alfarerías que se dedicaban a la fabricación de formas y purrones que debido a su naturaleza se rompían constantemente.

Las salas de purgar eran sitios preparados para enfilear las formas y purrones y hacer trabajo con ellas, el molde y el azúcar debían de permanecer húmedos, para de esta forma favorecer el escurrimiento de mieles no cristalizadas, por lo que las salas de purgar o tenían ventanas, en el interior se trabajaba retirando los taponos cuando el azúcar ya estaba solida, colocando en la parte superior barro húmedo para que el escurrimiento del agua arrastrara mieles no cristalizadas e impurezas, el control de esta sala era muy importante porque en ella ya había productos terminado<sup>142</sup>.

<sup>142</sup> Brígida Von Metz, *op.cit.* pág.218



Después de un tiempo de dejarlos escurrir que podía llegar a los 45 días se recolectaban las mieles no cristalizadas, que se depositaban en un recipiente, de esta forma las mieles no cristalizadas se llevaban con la otras que ya se habían recolectado en las tachas con lo que se utilizaban para los subproductos ya mencionados, los panes ya escurridos se llevaban a los asoleaderos que generalmente eran salas en las que tenían que completar su proceso de secado pero ya a la luz del sol y con corrientes de aire, el único enemigo de este proceso era la lluvia por lo que los asoleaderos tenían parte de su estructura techada, o con techos corredizos para evitar que la lluvia dañara los panes.

Así de esta forma obtenemos espacios definidos que hacían mas complejo el sistema, la sala de purgar necesitaba un espacio muy grande en el cual colocar las formas con sus depósitos inferiores. Después de obtener las mieles y de endurecer los panes de azúcar se sacaban de molde y se colocaban en las áreas de secado que tenían que ser techadas pero permitir la circulación de aire cruzado para permitir que se siguieran secando los panes, entre mas secos mas blanca, porque las mieles que suelen ser de colores mas oscuros seguían escurriendo o en su defecto terminaban no contando, la selección final provocaba una separación de panes que tenía su principal repercusión en el precio de estos. De esta separación se obtenían diferentes calidades de azúcar.

En el mismo ingenio se podía determinar que tipo de producto se podía obtener, dependiendo del proceso al que se le sometía, el azúcar morena se obtenía de los jugos de la caña pero su refinado era menor que el de la azúcar blanca. Estas decisiones eran tomadas dentro del ingenio destinando algunas producciones a la obtención de azúcar de menos refinado, paradójicamente en el virreinato era un azúcar para gente de escasos recursos, actualmente el azúcar morena y otros productos no tan refinados se han vuelto mas populares por estar menos refinados y ser más saludables, después se llevaban al almacenaje, existían áreas donde se almacenaban los diferentes panes de azúcar que serían comercializados según su calidad en diferentes mercados.

Finalmente se debe mencionar que el agua no solo se utilizaba como fuerza motriz, era muy importante la limpieza, actividad fundamental porque cualquier residuo de una molienda anterior podía transformar el sabor del jugo de caña, el proceso de fermentación empezaba rápidamente, después de cada molienda y refinamiento del jugo antes de que llegara la nueva carga de jugos, el agua debía de pasar por los molinos, tachas, canales de madera y también por las formas de barro, si esta limpieza no se hacía adecuadamente los residuos que continuaban con su proceso de fermentación y que sería más acelerado que los nuevos materiales incorporados cambiarían el sabor del azúcar, estas necesidades repercutían en depósitos de agua en gran parte de los espacios arquitectónicos relacionados con la refinación, agua para dejarla circular por todas las instalaciones agua para sumergir las formas agua para limpiar.

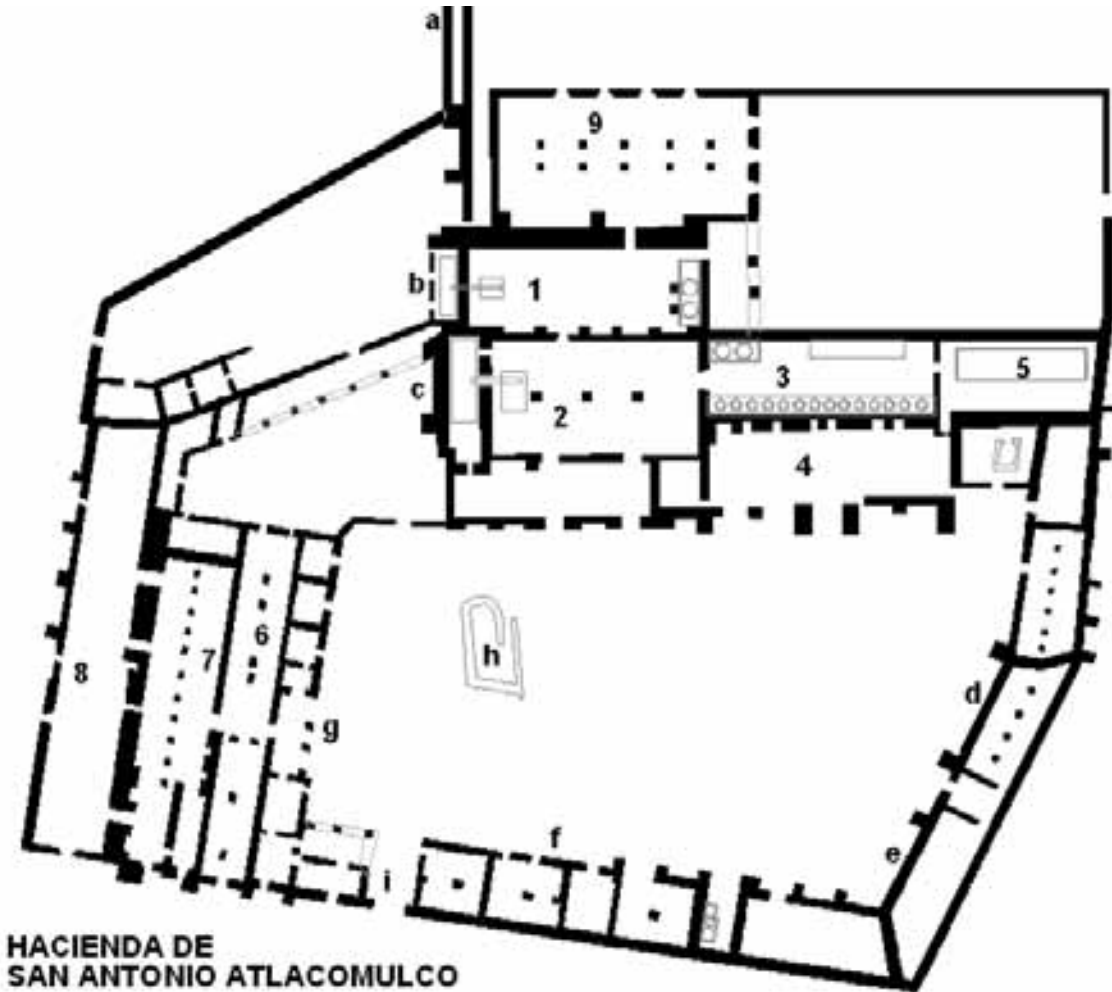
*Todos los lunes se hacen panelas de la miel de caña cuando hay... en el molino antes de moler, si no está lavado el molino y las canoas se lavan<sup>143</sup>*

---

<sup>143</sup> *Ibíd.* pág. 216



## e. Arquitectura del ingenio Azucarero



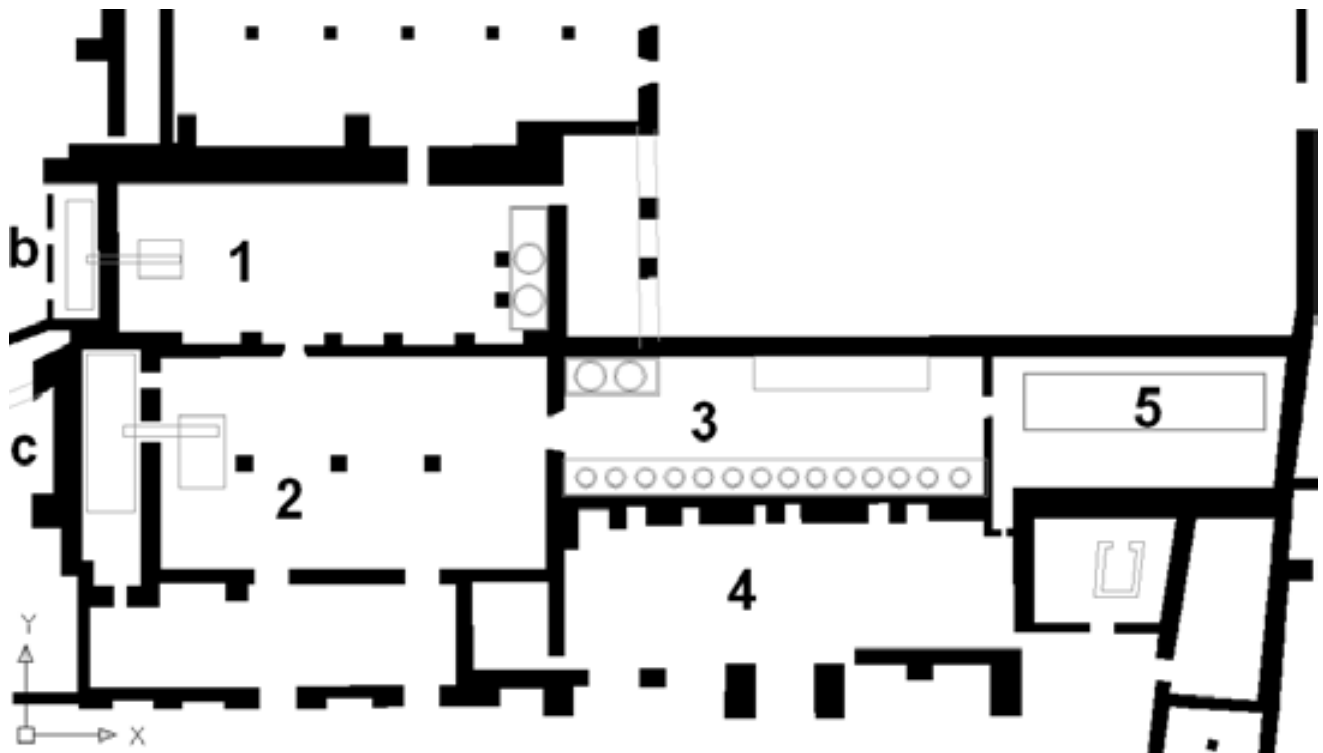
Planta Arquitectónica de la hacienda de san Antonio Atlacomulco a partir de un plano ordenado por Lucas Alamán en 1852 para el proyecto de una fábrica de Aguardiente *imagen: Tarsicio Pastrana*

Con Números están marcados lo locales que tienen que ver con el proceso productivo y en el orden en el que participan en este proceso:

1. Trapiche Nuevo: observamos la rueda hidráulica y el molino del lado izquierdo del espacio
2. Trapiche viejo, de mayor tamaño que el anterior, observamos el lugar en el que se ubica la rueda hidráulica y el molino
3. Sala de Calderas, como el punto 2 es el trapiche más antiguo observamos que la ubicación de esta sala es inmediatamente después al trapiche, con algún modo de llevar las mieles hacia esta sala probablemente un canal en medio de la sala
4. Sala de Hornallas para calentar las baterías de calderas y procesar las mieles.
5. Sala que probablemente tiene la pileta de las formas
6. Purgares, desde la sala 4 y después de terminar de escurrir las mieles mas liquidas se traen al purgar para que terminen de escurrirse las mieles
7. Purgar



8. Probable asoleadero una vez que las formas dejan de escurrir mieles se lleva al asoleadero para completar el secado y blanqueado.
9. Fabrica de aguardiente, nótese su ubicación junto a la zona de trapiches para recibir mieles de manera directa.
  - a. Acueducto de acceso
  - b. Rueda Hidráulica vertical del trapiche nuevo
  - c. Rueda Hidráulica vertical del trapiche viejo
  - d. Galerías para los trabajadores
  - e. Galerías para los trabajadores
  - f. Talleres (carpintería, herrería, fornería, pailería) ya se comento que los arreglos del ingenio se hacían en talleres ubicados en el interior del ingenio, la carpintería veía las maquinas y carretas además de las herramientas de madera, la herrería, las piezas metálicas en maquinas y la herramienta, la fornería hacia las formas de barro que constantemente se rompían, la pailería le daba mantenimiento a las calderas donde se procesaban los jugos.
  - g. Puerta de los purgares, el acceso a los purgares estaba controlado ya que en este sitio ya se encontraban productos finales que podían ser robados nótese en el plano que el mismo acceso sirve para los dos purgares y el asoleadero.
  - h. Bañadero de animales , aprovechando el desagüe de las ruedas hidráulicas



Planta Arquitectónica de la hacienda de san Antonio Atlacomulco a partir de un plano ordenado por Lucas Alamán en 1852 para el proyecto de una fábrica de Aguardiente ampliación de la zona productiva  
 imagen: Tarsicio Pastrana



1. Área de trapiche nuevo, en la parte contraria a la zona donde está el molino encontramos dos calderas que seguramente reciben las mieles del tanque, tanto de esta área como del área del trapiche viejo debe de existir comunicación con la sala de calderas circulaciones de personal y de agua para los lavados y de mieles para el proceso.
2. Área del trapiche viejo, la rueda determina la zona donde se encuentra el molino, del lado contrario se encuentra la sala de calderas, seguramente existe un conducto que lleva las mieles a esta sala.
3. La sala de calderas muestra del lado izquierdo las calderas que reciben las mieles, también podía ser un tanque de piedra o una caja de madera revestida de placas metálicas en el interior se le denominaba canoa, de este sitio pasaba a la batería de calderas, en la parte superior observamos lo que posiblemente es el tendal, lugar donde se colocaban las formas de barro después de ser llenadas para que escurrieran las ultimas mieles liquidas y se pudieran tapar y llevar al purgar.
4. La sala de hornallas coincide con toda la pared de la sala de calderas, para alimentar cada una por separado los chacuacos se encuentran sobre esta sala.
5. Esta sala puede tener una pileta donde se ponen a remojar las formas y de aquí perfectamente saturadas de agua llevarlas a la sala de caldera para ser llenadas con las mieles posteriormente llevarlas al purgar.

c y b Ruedas Hidráulicas del trapiche viejo y del nuevo, las ubicaciones de ambas ruedas nos indican que la alimentación de ambas ruedas es por la parte superior, es decir ambas son gravitatorias.



## 2. La máquina de batanar

### a. Introducción

El batan es una de las maquinas hidráulicas más interesantes por el contexto en que se desarrolla, no se puede concebir un batan sin pensar en la industria de la producción de telas y en todo el proceso desarrollado a partir de esta cadena productiva tan exitosa en Nueva España, el batan utilizaba el principio de percusión recordemos que los dos principios de molienda son la percusión y la fricción, en el caso del batan se utilizaba la percusión, aunque su objetivo no era moler las prendas de tela, si se puede mencionar que algunos se utilizaban para moler trapos y producir papel.

Recordemos que la aplicación de la rueda hidráulica tenía como función el facilitar las tareas más tediosas y tardadas que eran desarrolladas por el hombre, en este caso la parte más complicada de la producción de paños tenía que ver con el proceso del batanado, por consiguiente es necesario que se aplique la fuerza hidráulica a un trabajo tan arduo y laborioso, antes de la implementación de la rueda hidráulica, el batanado se hacía con los pies, en tinas enormes donde la gente con unos zapatos de madera se metía a pisar con fuerza sobre las telas, de ahí que en muchas zonas se le llame a los batanes pisones.

El batan está ligado a los cursos de agua, pero también a la producción de telas, que en Nueva España se desarrolla en los obrajes, encontramos entonces como parte de esta cadena productiva, el origen de la materia prima, en el caso del algodón las zonas productoras del algodón, en el caso de la lana las haciendas y ranchos productores de este material y cuando se tejió la seda los morales. Estos sitios son el origen de la cadena de producción, posterior a este sitio encontramos los obrajes que es el sitio donde se procesa la materia prima para obtener las telas, como parte del proceso de obtención de estas telas el batan.

Una región textilera debe de tener un centro productor de materia prima, el sitio donde se encuentren los obrajes para procesar esa materia prima y los batanes asociados a los obrajes como parte de la cadena de producción, esto aunado a la necesidad de agua utilizada de manera importante en varias partes del proceso, no únicamente como fuerza motriz, estos requerimientos colocan las zonas textiles en cercanía de centros urbanos pero principalmente en causas de agua cerca de estos centros urbanos.

Un análisis más profundo nos llevaría a determinar porque ciertas ciudades se desarrollan como centros textiles y otras no, dentro de este trabajo el objetivo principal es explicar el proceso completo de obtención de la tela dando énfasis en las partes de este que utilizan el agua como elemento fundamental, la descripción de la maquina hidráulica denominada batan será la parte más importante de la presente sección, considerando su importancia en conjunto con el obraje en ser antecedentes directos de las actuales zonas industriales del país. Las principales zonas obrajeras se transforman en zonas industriales actualmente.

Una vez más el desarrollo de esta sección seguirá el criterio ya especificado en otras partes de este trabajo, hablaremos del proceso de obtención, la historia y los elementos asociados pero fundamentalmente de los batanes y los obrajes como elementos de aplicación de la tecnología hidráulica.



## b. Historia

Los tejidos de fibras se desarrollan desde etapas muy tempranas, el hombre detecta que entrecruzando fibras naturales puede obtener artículos de uso vital. Los primeros artículos tejidos fueron de ramas y palma, con lo que se obtenía cestos esteras y lienzos que se utilizaban en diversos usos, posteriormente se empiezan a trabajar estos tejidos por medio de maquinas que se adaptan y facilitan el trabajo estas maquinas de desarrollo muy primitivo ayudaban a que este tejido fuera más fácil manteniendo fijo parte de las fibras así es como nacen los primeros telares.

Estos telares primitivos eran verticales y se colgaban las fibras de ramas de árboles a estas fibras se les colocaban contrapesos en su parte inferior, manteniendo las fibras tensas, estas fibras verticales se denominan urdimbre para la trama que es la fibra que se incorpora en el otro sentido se trabajaba por medio del entrecruzamiento de la fibra entre las que se mantenían verticales.<sup>144</sup>

El tejido obtenido se convirtió en uno de los objetos de primera necesidad, no solo para los utensilios que ya mencionamos, mas adelante con el desarrollo de fibras más complejas y más delgadas para la elaboración de telas que permitieron desarrollar vestidos. Las necesidades de tejidos más manejables generan la búsqueda de fibras que los pudieran proporcionar, de aquí se divide el tejido de fibras toscas que hasta la fechas se sigue utilizando para la creación de cestas, muebles y otros objetos de primera necesidad y la elaboración de tejidos más finos y manejables para crear en primera instancia ropa y después telas que se podían adaptar a diversas necesidades<sup>145</sup>.

El vestido comienza como un artículo de primera necesidad, después refleja el estatus social del que lo utiliza, se comienza a diferenciar el vestido entre los mas sencillos y funcionales que eran utilizados por las clases más bajas y que les permitían desarrollar sus actividades y los vestidos que son para las clases más altas que les permiten hablar de la riqueza y el poder que tienen, estos generalmente no eran para ser funcionales simplemente eran para ser exhibidos.

Esta migración de tejidos burdos hacia telas más refinadas en su elaboración tiene que ver con implementaciones en los telares que facilitaban la elaboración de los paños, también los hilos se volvían más delgados, por ejemplo el lino que se obtiene de una planta que crece en Egipto es tejida en telares para la obtención de telas ligeras que eran muy apreciadas entre los egipcios, estos tejidos generan telares más sofisticados siempre conservando los principios que le dieron origen.

Otra de las fibras naturales que se emplearon desde tiempo atrás para la confección de tejidos fue la lana que se obtenía del pelo de algunos animales, en especial de las ovejas.<sup>146</sup>

---

<sup>144</sup> EL mismo principio se conserva por miles de años, una parte del tejido se mantiene fija y la otra es la que se mueva para entrecruzarla la misma idea utilizan los telares modernos, la parte vertical que generalmente es la parte fija se denomina urdimbre la parte móvil que es la que se entrecruza en la otra será la trama.

<sup>145</sup> **R.J. Forbes**, *op.cit.* pág. 30

<sup>146</sup> No solo la oveja daba lana, cualquier animal cuyo pelo fuera susceptible de ser tejido y tuviera las propiedades necesarias para convertirse en tela fue tejido, en diversas partes del mundo una vez mas encontramos la obtención de hilos dependiendo de los ganados que se manejaban regionalmente, por ejemplo en Sudamérica las llamas y las vicuñas, en la península arábica el camello.





La lana se trabajo en muchos lugares entre ellos el medio oriente y más de manera tardía en algunas regiones de Europa. Las fibras de origen animal se trabajaban de similar manera en

diversas regiones del mundo, por ejemplo en el medio oriente la fibra que se tejía era a base de hilos de camello, en Sudamérica, las vicuñas y llamas siendo las fibras obtenidas de esta forma la materia prima para la elaboración de hilos que después se tejerían en los telares.

Los procedimientos de obtención de los hilos provenientes de fibras vegetales o animales es similar en todas las partes del mundo con esta práctica, es decir que a partir de las fibras naturales se logra un procedimiento similar en varias partes de mundo para convertirlas en hilos que puedan ser tejidos en telares.

Los hilos de origen vegetal también fueron muy comunes por ejemplo el ya mencionado lino y el algodón que dado su parecido con la lana se le llamaba lana de árbol<sup>147</sup>

Los pueblos de la antigüedad se dedicaron a producir telas en diversa formas, es curioso que el principio que da origen al telar se descubre en diversas partes del mundo, son de esas soluciones tecnológicas que se descubren en diversas zonas sin necesidad de que exista contacto entre ellas; por ejemplo en América las culturas prehispánicas tenían telares denominados de cintura para trabajar sus tejidos, en el territorio que ahora es México las mantas de algodón y las telas del mismo material que permitían fabricar vestidos eran muy apreciadas, además de que en esas regiones los tintes naturales le conferían características únicas a las telas obtenidas, por esa causa el tejido de algodón estuvo en manos indígenas aun después de la conquista.

La evolución del telar es en un inicio la evolución del tejido, lo importante era facilitar el entrecruzamiento de las fibras fueran estas de cualquier origen, cuando se domina esta parte surge la necesidad de hacer este trabajo de manera más rápida, después los excedentes son utilizados para el trueque. Esta gran necesidad para venta y comercio es la principal promotora de los cambios desarrollados en el telar, por el contrario, cuando esta necesidad no es tan apremiante los telares se mantienen de manera casera o artesanal sin cambio. Los primero telares fueron verticales y por medio de contrapesos mantenían la urdimbre recta, mientras que la trama era pasada de manera lenta entre ellos, este tipo de telar se mantiene vigente para producciones caseras durante muchos siglos por no requerir esta producción de mejoras.

Antes de la edad media el trabajo del tejido se realizaba de manera casera o artesanal los grandes talleres proliferan durante la edad media, en ella estos pequeños artesanos se empiezan a reunir en grupos para trabajar de manera conjunta y crear gremios de tejedores, el comercio de las fibras como el algodón y la lana se vuelve muy importante, muchas ciudades basaban parte de su economía en estos comercios y lo que se derivaba de ello.

El proceso de fabricación de los paños requería de varios trabajos que empezaban con los rebaños de ovejas, los pastores no solo obtenían dinero de la venta de la lana, también la leche y sus derivados, la carne y el cuero eran productos que podían comercializar, la lana tenía que ser cardada y hilada con lo que estas actividades también eran una división del trabajo en la que mucha gente se empleaba.

Los hilos ya trabajados se llevaban a los talleres donde se tejían en telares, esta tela tenía que ser golpeada para cerrar el tejido y hacer que se perdiera la trama para lograr telas más

---

<sup>147</sup> R.J. Forbes, *op.cit.* pág. 61



manejables y agradables al tacto así como de mejor calidad, este trabajo es el antecesor del batanado.

Se convierte la producción de paños en un factor determinante en el desarrollo de centros textiles, todo lo que se desarrolla en torno a esto crea centros conocidos a nivel mundial Flandes Inglaterra, España etc. No solo eso, las ovejas van evolucionando y se adaptan a las regiones donde son criadas, con lo que existen diferentes calidades de lana según la región de donde provenían las ovejas. La lana española se distribuye por los centros textiles de Europa donde cada región le confiere diferentes características a los productos finales.

Estos talleres conjuntos de la edad media se mezclan con las técnicas árabes en España para posteriormente crear los obrajes, lugares donde se trabajaba en conjunto la tela, estos establecimientos eran muy comunes en las zonas árabes incluida España en donde todos los pasos del proceso se convierten en cadenas productivas de gran importancia donde los batanes que ya se usaban desde la edad media proliferan en cercanía de regiones textiles.

### c. Historia en Nueva España

Estos obrajes herederos de los talleres textiles de la edad media son los que llegan a América traídos por los españoles, instalándose obrajes desde el mismo siglo XVI, el desarrollo de estos establecimientos en América se puede considerar precursora de las industrias, por el sistema de organización que se adquiere, los obrajes tenían que embonarse en una cadena productiva que dependía de la obtención de la materia prima para la creación de las telas, esto generó traer las ovejas, crear ranchos para la crianza de ovejas, al igual que España personas que prepararan el hilo, tintes, tejido etc., parte de estas actividades se hacían en los obrajes.



Dibujo de un obraje en el código Osuna, se ve el patrón dando indicaciones del lado derecho, el obraje se representa como un espacio cerrado con un telar y una rueca para hilar, del lado inferior derecho la materia prima la lana a granel que se toma para colocarse en la rueca **imagen: Códice Osuna lamina 38**

Las primeras ovejas llegan a América como avituallamiento de los barcos que transportaban a los nuevos pobladores, son embarcadas en Sevilla y Cádiz, o en su defecto en los puertos de reabastecimiento en las canarias, al llegar a las Antillas algunas llegan vivas y se aclimatan y empiezan a reproducirse, de ahí son llevadas a Nueva España a través de dos caminos, en la

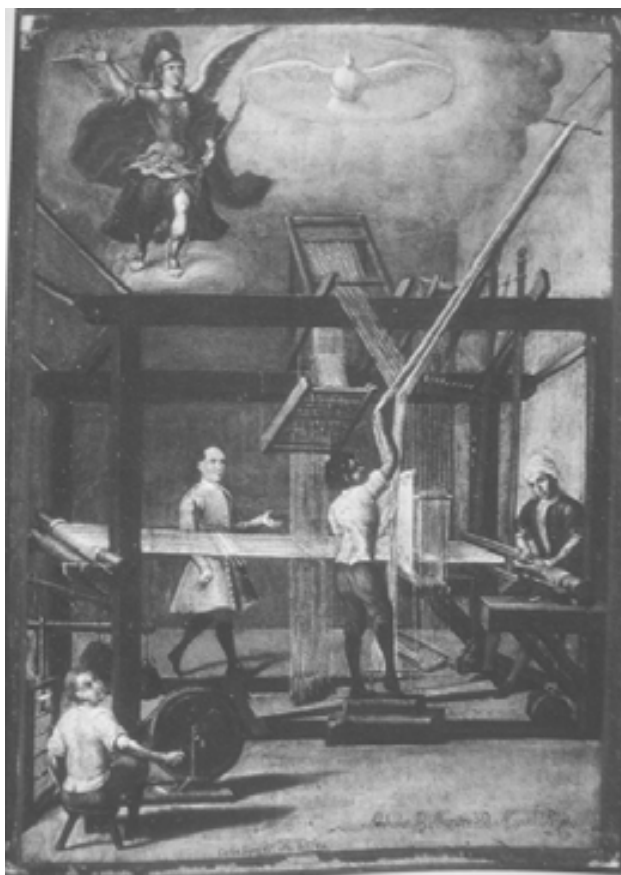


zona centro y Norte por el puerto de Veracruz y en la zona Sur por Centro América<sup>148</sup>. Las mercedes para cría de ganado menor proliferan, debido a la demanda de los obrajes.

En un obraje el conjunto de telares era lo que determinaba la producción. Los telares dependían de un suministro adecuado de hilos, y los hilos podían ser procesados en el obraje. Los obrajes en Nueva España han sido sujetos a múltiples estudios entre ellos el de su aportación en la estructura del trabajo y la composición social de los individuos que trabajaban en el.

Como negocio que contribuye al desarrollo de la economía virreinal podemos mencionar la siguiente relación de precios: *“una arroba equivale a 11.5 Kg. y una arroba de lana sucia a 2 A principios del siglo XVII costaba alrededor de 14 reales o 1.5 pesos, esta compra, de 19,550 Kg., debió costar unos 2,550 pesos”* Estos datos en relación a un obraje establecido en la ciudad de Tlaxcala en el siglo XVI<sup>149</sup>.

Más adelante en el mismo texto se hace la siguiente comparación con respecto al costo de un obraje: *“el costo del equipo de un obraje pequeño vendido en 1600 fue de 52 pesos, y constaba de tres telares de sayal, dos pares de cardas, seis tornos de hilar, una tina y una romana”*<sup>150</sup> La inversión de 52 pesos se podía recuperar rápidamente con la venta de las telas ya observamos que una venta de lana de 34 Arrobas podía cubrir el costo de los 52 pesos.



En esta imagen observamos el interior de un obraje, con un telar operado por dos personas, una rueca para hilar operada por un personaje más joven y de pie el patrón, interesante también es la representación del protectorado por parte del espíritu santo y San Miguel Arcángel, **Imagen: óleo sobre tela Carlos López, siglo XVIII colección museo Soumaya**

<sup>148</sup> **Perezgrovas Garza R,** *COMPARACION DE RECURSOS GENÉTICOS: EL BORREGO CHIAPAS (MÉXICO) Y LAS RAZAS AUTÓCTONAS DE ORIGEN ESPAÑOL* en *Archivos de zootecnia* vol. 47, núm. 178-179, Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas, México 2000, pág. 426.

<sup>149</sup> **Sanchez Verin Carlos Arturo Giordano,** *UN RECORRIDO POR LA PROVINCIA DE TLAXCALA A PRINCIPIOS DEL SIGLO XVII* en *Perspectivas Latinoamericanas No2*, Centro de Estudios Latinoamericanos de la Universidad Nanzan, Japón 2002, págs. 1-12

<sup>150</sup> *Ibíd.* págs. 1-12



Las necesidades de los obrajes generan establecimientos auxiliares que se apoyan en la industria del paño, ya mencionamos los ranchos ovejeros y también los porcinos, debido a que la manteca de cerdo se utilizaba para untar la lana y poderla hilar más fácilmente, los talleres domésticos de hilado y teñido, que como también ya vimos podían ser actividades concentradas en el interior del obraje y los batanes.

Hasta este punto no se ha mencionado ninguna vez la tecnología hidráulica, aunque en la introducción de este tema se menciona que parte del proceso de la obtención de telas tenía que ver con una máquina hidráulica llamada batan que es la que se describirá más ampliamente en la parte en donde se describe el proceso de obtención de la tela, el batan simplifica la operación de batanado que servía para cerrar el tejido de la tela y hacerla más resistente, así como liberarla de todas las sustancias ajenas a ella entre ellas la grasa de cerdo que se untaba en los hilos.

No solo el batan dependía del agua para funcionar, el proceso de la lana y del algodón requerían de agua para completarse. Lo que nos sitúa nuevamente en el uso del agua como motor de la máquina pero también el uso del agua como parte fundamental del proceso productivo en varios de sus pasos, los obrajes como establecimiento preindustrial necesitaban del agua, lo que significa una infraestructura de canalización y almacenaje si bien no tan compleja como en el caso de una hacienda azucarera si es una infraestructura que genera ciertos espacios y necesidades específicas de las cuales se hablara más adelante.

La diversificación del proceso productivo del paño genera la división del trabajo, ya habíamos hablado de los centros productores de la materia prima, como los ranchos y las haciendas, posteriormente se necesita hilar las fibras para obtener el hilo, este proceso se puede o no realizar dentro del obraje, anterior a esto se trabajaba de manera independiente, y era actividad común de las mujeres el hilado, en los obrajes era más común que la lana llegara en bruto y que en el interior de este se realizaran los procesos necesarios, es por eso que se considera al obraje como un precursor de las industrias porque podemos observar en él una organización incipiente derivada de una línea productiva

Del hilo todavía se puede pasar al teñido de este y ya que se tiene el hilo el tejido, después del tejido el batanado, los obrajes más complejos tenían en sus instalaciones un batan, esto no era lo más común, por lo que el batan era un establecimiento aparte que se ubicaba en la zona de los obrajes y que podía abastecer a más de uno, como se puede ver el proceso puede dividirse en varios técnicos y varios establecimientos.

Otra implementación hidráulica al proceso del tejido fue el telar hidráulico, hacia finales del virreinato se comenzó a utilizar la rueda hidráulica para mover los telares, por medio de una transmisión de movimiento a un eje y una banda que se podía quitar o poner para parar el movimiento cuando fuera necesario, aunque esto no fue lo más común debido a que el obraje como establecimiento comenzó a entrar en crisis desde el siglo XVII por la proliferación de talleres y artesanos caseros que trabajaban de manera individual en sus propias casas, como ya se hacía desde los inicios del virreinato con los tejidos de algodón.<sup>151</sup>

El obraje no solo era el taller de producción también tenía una organización particular que propició su decadencia, el personal del obraje se dividía en trabajadores libres y esclavos, además de que ha sido ampliamente investigado el trabajo que se le daba a los trabajadores

---

<sup>151</sup> **Urquiola Permisán José Ignacio,** *MANUFACTURA E INDUSTRIA TEXTIL EN EL MEXICO COLONIAL en América Latina en la historia económica No 4,* Publicaciones Instituto Mora, México 1994 pág. 20



del obrajes. Las condiciones de trabajo eran tan extremas que Humboldt las describe de la siguiente manera:

*“Hombres libres indios y hombres de color están confundidos como galeotes que la justicia distribuye en las fabricas para hacerles trabajar a jornal: unos y otros están medio desnudos, cubiertos de andrajos, flacos y desfigurados. Cada taller parece más bien una oscura cárcel: las puertas son dobles, están constantemente cerradas, y no se permiten a los trabajadores salir a casa: los que son casados solo los domingos pueden ver a su familia. Todos son castigados irremisiblemente si comenten la menor falta contra el orden establecido en la manufactura.”<sup>152</sup>*

Para finales del virreinato los establecimientos que sobrevivieron y que además fueron incorporando las mejoras hidráulicas en mas procesos sentaron los precedentes para el desarrollo tan importante que tuvo la industria textil en la época independiente pero sobre todo en la época porfiriana.

Existen ejemplos como las fabricas de Metepec en Puebla y la Trinidad en Tlaxcala que utilizaban el sistema hidráulico para transmitir energía a un eje que atravesaba la nave industrial en la cual los teleros se sujetaban por medio de una banda que se podía quitar y poner, de esta forma el telar era accionado por la fuerza hidráulica y el trabajador quedaba libre para aplicarse en el tejido.

#### **d. Proceso de obtención del paño**

El origen de las telas que se tejían y se tenían que abatanar estaba en los ranchos ovejeros, en el caso del algodón en las haciendas que lo producían, comencemos con la lana por ser esta más compleja en toda su línea productiva que el algodón y también porque el algodón estuvo más circunscrito a los tejedores domésticos y a los telares individuales.

La lana tiene características que la hacen muy especial y apta para la confección de paños que después se transformarían en ropa<sup>153</sup> Las ovejas Americanas se criaban a partir de las ovejas españolas, que principalmente eran de la raza merina, la cual se cree llega a España desde el norte de África y por las características de clima desarrollan una pelambre largo y rizado esta particularidad las hizo ser consideradas de las mejores del mundo, como ya hemos mencionado llegan a través de las islas atlánticas y después pasan por las Antillas, para ser llevadas expreso a América para iniciar con la producción.

Es importante mencionar que la producción de lana actualmente es muy diferente a la de aquella época, para empezar, la lana que era producida por la oveja se dividía en 2, uno era un pelo fino y pequeño que servía como aislante térmico y el otro la lana que es mayor en tamaño y mantenía seco al animal esta situación del doble pelambre se repite en otras razas, ya que se generan espacios de aire entre los dos tipos de pelo que mantiene una barrera térmica natural.

La lana cuenta con una grasa natural llamada lanolina que en pequeñas cantidades de humedad mantiene aislada la lana y por consiguiente seca la piel de la oveja, otra función importante de esta fibra más larga era abrigar al animal en época de frío porque la oveja no es

<sup>152</sup> **De Buen Lozano Néstor**, *EL TRABAJO ANTES DE LA REVOLUCION INDUSTRIAL en instituciones del derecho del trabajo y la seguridad social Instituto de Investigaciones Jurídicas Serie G: estudios doctrinales No 188*, Academia Iberoamericana de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social- UNAM, México 1997, pág. 25

<sup>153</sup> La fibra ovina desarrolla esenciales virtudes de abrigo, Observada al microscopio la lana se ve cual una superficie escamosa similar a la de una palmera. Característica que añadida a la natural ondulación del material fibrico, permite la existencia de numerosos intersticios con aire entre hebra y hebra, los que operan como aislante térmico



tan resistente a las bajas temperaturas y este pelo las mantiene seguras, actualmente los animales han sido cruzados y mejoradas por lo que no producen tanto pelo y producen mucha y mayor lana.

No debemos olvidar que la lana es la respuesta de la oveja a su baja resistencia al frío, lo que se ha ido revirtiendo sobre todo con la crianza de ovejas en zonas más cálidas y con el control de los rebaños, en la época del virreinato las ovejas aunque cambiaron su patrón de crecimiento y calidad de la lana por encontrarse en climas tan benignos como los de Nueva España seguían presentando esta característica de doble pelo descrita renglones arriba, aunque fueron cambiando con respecto a las ovejas europeas generando un tipo llamado oveja criolla muy similar al de origen, el cambio en el pelambre fue notado por los ovejeros y repercutió en menor producción de lana por oveja y en menor calidad del hilo producido<sup>154</sup>.

La trasquila de la oveja para quitarle su recubrimiento protector tiene que ver con la región en la que habitan, como ya se mencionó la oveja es un animal poco resistente al frío la defensa natural que han desarrollado a través del tiempo es su lana, en lugares fríos la trasquila solo se puede realizar una vez al año en el inicio de la época más templada, de esta forma la oveja tiene todo el año para desarrollar una vez más su pelambre con el cual se protegerá en la siguiente temporada de frío, por el contrario en las zonas templadas donde los inviernos son benignos la trasquila se realiza dos o más veces por año dependiendo de la velocidad de crecimiento de la lana<sup>155</sup>.

El rancho ovejero producía diferentes productos, el más importante para nosotros es la lana pero también obtenían sebo para la producción de velas y carne para el consumo, la piel era vendida para los curtidores, la leche para hacer quesos, y el excremento como abono, es de notar que en algunos casos principalmente en los ranchos administrados por los jesuitas, dentro del mismo rancho se completaban las cadenas productivas por ejemplo los ranchos ovejeros producían velas a partir del sebo que se obtenía del animal, de esta forma se vendía la vela y no el sebo.

Normalmente la oveja no es sacrificada porque constantemente está generando lana y la trasquila se convierte en la actividad de partida para la obtención de esta materia prima. Cuando se efectúa esta operación, la oveja es amarrada de las patas para poder maniobrarla rápidamente<sup>156</sup>, la lana así obtenida es llamada vellón y es retirada por medio de unas tijeras, el animal queda con la piel al descubierto y el operario junta los vellones en una zona para después transportarlos hacia los talleres, la llamada guarda de la lana esta compuesta de glándulas sebáceas y sudoríparas adicionadas con gran cantidad de lanolina cuya función ya fue descrita, la guarda funciona como tejido de sustento de la lana y esto permite hacerla más manejable, es por esa razón que cuando observamos el producto de la trasquila está montado en secciones grande similares a la piel.

El vellón obtenido es de diversas calidades y texturas incluso se diferencia en tonalidades y colores, a consecuencia que no todo el cuerpo del animal presenta el mismo tipo de fibra, en campo, se hacen las pacas que se transportan amarradas hacia el obraje a lomo de mula o en carretas<sup>157</sup> es importante mencionar que los vellones podían ser llevados tal cual a los obrajes

<sup>154</sup> Sanchez Verin Carlos Arturo Giordano, *op.cit.* pág. 10

<sup>155</sup> En México en la mayoría del territorio se podrían realizar más de una trasquila por año

<sup>156</sup> Actualmente existen dos métodos de trasquila, el tipo Australiano que no requiere de amarrar a la oveja, esta se monta y se detiene con las piernas para cortarle la lana, el método tradicional es cuando se amarran las patas para poder manejar mejor la oveja, en ambos casos los trabajadores más experimentados pueden trasquilar una oveja cada 2 minutos.

<sup>157</sup> Debemos recordar que la descripción de procedimientos tiene que ver con los métodos tradicionales,



para que todos los procesos fueran seguidos ahí de hecho era poco probable que los ranchos ovejeros tuvieran zonas dedicadas al tratamiento profundo de la lana. Sobre la cantidad de lana que produce cada oveja tiene que ver mucho con la raza a la que pertenece tomando en cuenta que las producciones actuales son mucho mayores que las del virreinato porque los animales actuales son cruzados y manipulados para producir más<sup>158</sup>

Al llegar al obraje o al sitio donde se hará el hilado se debe retirar todas las sustancias ajenas a la lana que no estén impregnadas en ella, piedras, tierra hierva, restos de madera etc. Este proceso se le llama esmoteada o escarmenado. Se realizaba con algunos peines o a mano retirando cuerpo extraños, visibles que no están adheridos a la lana.

Cuando los montones están libres de las sustancias descritas pasamos al lavado, en este punto tenemos el primer paso del proceso donde se usara el agua, como ha sido en todo proceso analizado recordemos que el agua es utilizada de tres maneras, como parte del proceso productivo como en este caso, como fuerza motriz y como insumo de las necesidades comunes en el espacio y los operarios.

Pensando en el lavado en los patios de los obrajes se ubicaban piletas que se llenaban de agua y permitían el lavado de los vellones, el cual tenía toda clase de manchas, orgánicas generalmente, sangre de la oveja, orina, lodo, heces, tierra grasas naturales etc, cuando este trabajo se hacia de manera domestica en las casas donde se preparaban los hilos también encontramos las piletas fijas o en su defecto tinas donde se pudiera hacer el lavado de los vellones.

Una de las sustancias que impregna el vello de la lana es la lanolina agregando algo a lo que ya se ha comentado sobre este aceite natural podemos decir que es muy importante para que las fibras estén sanas, por el contrario para la producción de lana no es tan benéfico debido a que este viaja a la punta de la fibra y provoca que se manche con todas las sustancias ya mencionadas que se combinan con el aceite y se arraigan en el vello. El lavado era importante para liberar estas manchas, y obtener los colores reales de la lana este lavado tenía que ser superficial para impedir que la absorción de agua fuera mayor y la lana se apelmazara situación que complicaría las actividades posteriores. La lanolina tenía que retirarse completamente para poder continuar con el proceso.

La ubicación de los obrajes cerca de los cauces de agua se debía a la necesidad del liquido para el llenado de las piletas en las que se hacia el lavado de los vellones el principal problema era que el agua ya utilizada se regresaba al mismo cauce, lo que la contaminaba, de la misma forma los obrajes se ubicaban cerca de los cauces de agua porque los batanes requerían de esta ubicación para su funcionamiento, el agua que el Batan dejaba de usar también se regresaba a la fuente contaminada.

El agua que se desechaba del obraje estaba impregnada con todas las sustancias liberadas por la lana la del batan llevaba fundamentalmente la grasa con al que se adicionaba el hilo, además de los materiales utilizados como jaboncillo, esta contaminación del agua generaba conflicto porque el agua se hacía inutilizable para ciertos fines, esto suscito pleitos que tenían que ser

---

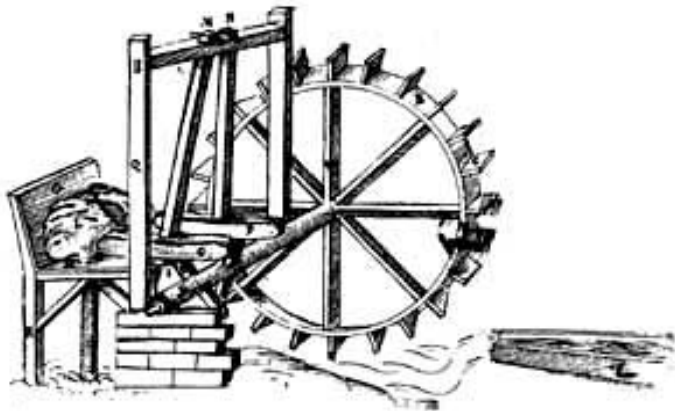
actualmente todos estos métodos son diferentes y están altamente tecnificados.

<sup>158</sup> Dentro de la producción lanar, hay diferencias entre las razas de ovejas por la cantidad y calidad de lana producida. Los ejemplares de la raza Merino, una de las más extendidas, producen entre 10 Y 18 kilogramos de lana. La oveja criolla, en el otro extremo, apenas llega a los dos kilos de lana por esquila. Las ovejas Merinas de esa época no producían tanta lana como ahora, incluso ya en América las ovejas por el clima produjeron menos cantidad.



decididos con las autoridades, por ejemplo en la ciudad de Toluca, el convento Carmelita era el último usuario del agua de un río que alimentaba desde su nacimiento a varias haciendas y obrajes, los carmelitas se aliaron a otros hacendados por que los obrajeros ejercían control del agua y a ellos les llegaba muy poca, debemos considerar también la calidad del agua que recibían al ser ellos los últimos usuarios en una larga cadena de obrajes y haciendas la real audiencia fallo a favor de los religiosos<sup>159</sup>.

Retomando el tema del lavado recordemos que la finalidad era la liberación de manchas, grasa y otras sustancias orgánicas adheridas al vellón el agua de este lavado era utilizada varias veces hasta que la concentración de estas sustancias impedía este lavado, esta agua era la que se regresaba a los ríos, posterior a ese lavado la lana se ponía a secar al sol en un espacio abierto.



Batan Hidráulico del siglo XVI, se observa una rueda que funciona por empuje de agua, es decir se coloca sobre la corriente y esta la hace girar, los dos mazos están sobre un sistema basculante que comparte el apoyo con el del eje de la rueda, finalmente observamos la tela y el cajón donde se abatana, **imagen los 21 libros de los ingenios y las maquinas SXVI**

El obraje requería de un patio donde poner a secar la lana después de este primer lavado, la lana ya seca y asoleada se llevaba a clasificar, en este proceso se dividía la lana por calidad y por el largo de sus fibras en esta clasificación se seleccionaba color, largo de la fibra y rizado esta clasificación era muy importante para cardarla o peinarla, la lana corta solo necesitaba de peinarse para evitar los nudos y los apelmazamientos, con lo que las fibras quedaban ubicadas en una sola dirección y acomodadas para pasar al hilado, el cardado era un proceso similar a diferencia del peinado requería de mayor tiempo y paciencia porque la lana estaba ensortijada en su calidad de vellón, con la carda, se pasaba por encima del vellón lo que permitía el peinado y acomodado de las fibras.

La carda era un cepillo de madera con dientes metálicos por los que se pasaba la lana para ir la acomodando y formar ovillos. Los ovillos eran el paso antecedente del hilado. Eran conjuntos de hebras de lana acomodados en una sola dirección y por características, estas hebras todavía no están hiladas.

Antiguamente al uso del torno de hilar y el hilado se hacía por medio de la rueca y el uso, las fibras tiene que ser hiladas y retorcidas porque su largo no permite que sean tejidas, al ir sacando la hebra para formar hilo y torcer estas hebras se obtenían hilos que posteriormente formaban madejas.

El uso de la rueca y el uso permita el hilado de una manera más domestica, con una mano se tomaba la rueca que era una vara que en su extremo superior tenía una hendidura donde se había colocado una borra de lana que ya estaba peinada o cardada, de esta con la mano que

<sup>159</sup> **Iracheta Cebecorta María del Pilar**, *EL APROVISIONAMIENTO DEL AGUA EN LA TOLUCA COLONIAL* en revista EHN No 25 Julio Diciembre, Colegio Mexiquense, México 2001, págs. 81-116





quedaba libre se tomaban hebras que se iban torciendo y alargando para obtener el hilo que se enrollaba en el uso, el torcido y alargado formaba hebras de hilo trenzado que después se podía torcer con otras para ir aumentando el grosor de los hilos.



Torno de hilar o rueca, en un taller textil en la crucecita Oaxaca la foto fue tomada en el año 2006, las técnicas son muy similares a las que hemos visto en imágenes anteriores durante el virreinato, el niño esta hilando a partir de 5 madejas de hilo que se pueden ver en el piso, de esta manera engrosa el hilo, esta operación que realiza ahora la hizo previamente para crear las madejas. **Imagen Tarsicio pastrana**

Con la implementación del torno de hilar el trabajo de torcer se hacía por medio de una rueda que se hacía girar y esta a su vez hacia girar el huso la rueca se ubicaba en el extremo de la rueda para de ahí ir jalando las hebras que se colocaban en el huso giratorio, de esta forma se obtenían los hilos<sup>160</sup>. Es importante mencionar que para poder hilar de manera más rápida y sencilla como ya se ha mencionado se untaba aceite a la hebra que generalmente era manteca de cerdo lo que la hacía más manejable y menos dispersa, el hilo que se obtenía de esta forma era un hilo engrasado que después se utilizaría para el tejido en el telar, este aspecto es muy importante porque parte del proceso del batanado era para eliminar estas grasas naturales de las fibras.<sup>161</sup> Los tintes naturales que eran los que se utilizaban teñían las madejas de hilo recién elaboradas, estos tintes, se obtenían de diversas sustancias todas de origen natural como la grana cochinilla para el rojo, el caracol púrpura para el morado, el añil para el azul entre otros, después de la tintura los hilos estaban listos para el tejido. En este punto hemos encontrado polémica sobre si el tinte se hacía antes o después de tejido, en la actualidad los hilos se tiñen antes de pasar al tejido.

El tejido se hacía en los telares y dependiendo de la cantidad de estos era la producción del taller, el tejedor era el trabajador más importante de los que se encontraban dentro del obraje,

<sup>160</sup> Alrededor de los siglos XIII y XIV se introduce en Europa el Torno de Hilar del cual no se ha determinado con exactitud su origen, algunos lo ubican en la india otros en la misma Europa, esta máquina permite al hilandero liberar la mano que sostenía la rueca, ya que esta se encuentra en el torno, desde el torno se enlaza la hebra con la mano hacia el uso que en este caso gira por medio de un pedal las dos manos están libres para ir jalando las hebras que se van torciendo, debido al giro constante y rápido los hilos pueden ser más finos y se mejoran los tejidos.

<sup>161</sup> Las grasas más comunes que se adicionaban a los copos para facilitar el hilado eran las mantecas y grasas de origen animal esta grasa no solo tenía la función ya comentada de facilitar el hilado, también protegía el hilo durante todo el proceso del tejido por esta razón durante el batanado se debe liberar la tela que estaba confeccionada con este hilo grasoso.



ya que su trabajo marcaba el ritmo de los demás, el ancho de la tela estaba determinado por el ancho del telar, el obraje como tal desapareció, pero en la actualidad podemos encontrar en varias regiones textiles en el país talleres cuya organización es muy similar a la que guardaba el obraje por supuesto que ahora son empresas familiares en las que los aspectos de condiciones de trabajo y demás situaciones ya mencionadas no existen, si sirven estos establecimientos para darnos una idea del tipo de trabajo y los tiempos que se llevaba cada actividad.

Los hilos de diferentes fibras, eran colocados en el telar donde se ajustaba y se trabajaban para obtener las piezas de tejido o paños de diferentes calidades según los hilos y el tipo de fibra del que procedían, los tramos así obtenidos no estaban listos aun para el uso normal, el tejido estaba abierto, flojo y grasoso a consecuencia de la incorporación de grasas y aceites que como ya se comento se agregaban a la fibra para facilitar el hilado.

Es aquí donde ingresa el batan parte fundamental de esta sección del trabajo, el batanado lograba por medio de golpes cerrar el tejido y volverlo más denso, otra utilidad del batanado tenía que ver con la limpieza de la tela, durante el proceso se agregaba agua que servía para refrigerar la tela y evitar su daño con el golpeo adicionando algunas sustancias a esta se lograba que la tela quedara libre de grasa y aceite.



Interior de un taller textil en el pueblo de la crucecita en Oaxaca la fotografía tomada en el 2006 nos puede dar idea del ambiente que se tenía en los obrajes **imagen Tarsicio Pastrana**

Para realizar este trabajo antes de la invención de la maquina hidráulica conocida como batan se utilizaba una gran tina de madera o pileta de alfarje donde se colocaban los paños doblados en agua, los pisoneros cuyo nombre derivaba de que iban a "pisar" la tela se ponían unos zapatos de madera para brincar encima de los paños mojados, otras variantes era el golpeo con mazos de madera en la misma tina, estas actividades se realizaban durante horas y eran extenuantes para la limpieza de la tela y aprovechando el medio acuoso y el trabajo de percusión, se le agregaba una sustancia a manera de detergente natural al agua para que las telas soltaran la grasa utilizada en el hilado<sup>162</sup>

<sup>162</sup> Barragán De La Rosa Francisco José, *BATANES Y BATANADO EN CORIA DEL RIO* en <http://www.coria-del-rio.es/batan.htm>, en este artículo se menciona la diferencia entre batanado a mano y con batan, el trabajo se realizaba con 3 operarios con jornadas diarias de 8 a 12 horas durante 5 días para batanar la pieza de paño de lana de 25 a 3 metros de largo por 2 de ancho, cuando se comienza a usar el batan el tiempo se reduce a un operario un día para el mismo volumen de tela.



Para sustituir este trabajo se crea el batan o pisón llamado pisón en recuerdo del origen de esta actividad que tenía que ver con el pisado de la tela. El batan es una maquina hidráulica muy sencilla que requería de una rueda que transmitía el movimiento directamente a un eje con levas, estas levas accionaban un par de mazos de madera que subían y bajaban alternadamente para golpear en un recipiente las telas que se encontraban humedecidas.

El batan como cualquier maquina donde el movimiento de rotación se transmite de manera directa sin necesidad de engranes o linternas requería de poco mantenimiento en su ajuste, la parte en la que más trabajo se tenía que poner era en la del soporte para los mazos, ya que estos se sometían a un golpeteo provocado por el girar constante de la rueda, definimos claramente tres partes en el batan, la primera, la rueda con sus soportes y su eje con levas que a su vez requería de sus respectivos soportes, la segunda el marco o banco de madera rígida y robusta para cargar los mazos que se estarían moviendo constantemente para provocar el golpeo, la tercera tenía que ver con el recipiente donde se ubicaría la tela para recibir los golpes de los mazos.

En cuanto a la rueda esta no requería de una corriente fuerte de agua, de hecho podía ser accionada por gravedad porque más que un movimiento rápido y enérgico requería de una fuerza constante, la velocidad era necesaria para aumentar el giro y de esta forma aumentar el número de percusiones por minuto que se trabajaban sobre el recipiente, los canales de alimentación podían llegar desde la parte superior para hacer girar la rueda de manera constante, debido a que la rueda transmitía su movimiento a un eje<sup>163</sup>, y que sobre este eje se colocaría el banco con los mazos, el batan se ubicaba de manera lateral al curso de agua, a diferencia de otras maquinas de agua que podían escoger el mejor sitio sobre la corriente de agua del río, el batan siempre estaría colocado de manera lateral a la corriente, ya fuera natural o artificial, la cercanía del batan con el agua estaba relacionada con el tamaño del eje, es lógico que esta distancia no fuera muy grande porque este eje tan grande provocaría si la madera del eje se comenzaba a pandear giros excéntricos que afectaban el rendimiento de la maquinaria. Por esta razón, se construían canales para llevar el agua hacia la rueda del batan y después llevarla de nueva cuenta al río.

Cuando la región batanera era importante y la producción de paños generaba una demanda fuerte en el uso del batan, una sola rueda podría tener una batería de mazos, no solamente dos como era lo común, podían existir más de un par y por consiguiente más de una pileta, solo se tenían que agregar mazos y colocar las levas correspondientes, siempre alternándose con respecto a la otra 90 grados, de esta manera el movimiento de los mazos no sucede al mismo tiempo. La cantidad de percusiones por minutos es de aproximadamente 40 dependiendo de la velocidad del giro y del número de levas en la circunferencia del eje.

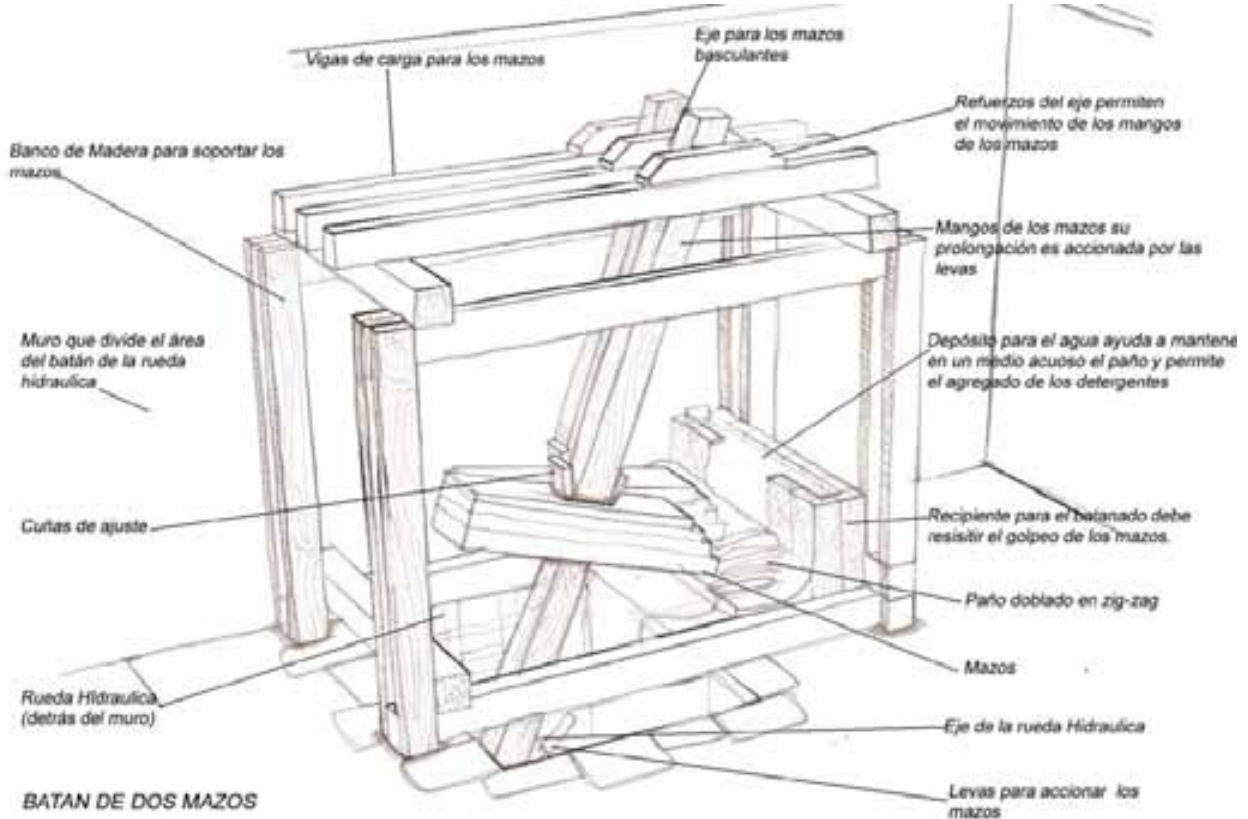
Sobre los extremos de este eje se colocaban las bases, las dos primeras a ambos lados de la rueda, una tercera al final del eje estas bases eran muy importantes, ya que independientemente del material piedra o madera se requería que soportaran correctamente el eje y permitieran su movimiento libremente, esta era la clave del funcionamiento optimo del batan, el giro del eje principal. Entre las bases mencionadas se ubican las levas que se colocan desfasadas en ambos sentidos, es decir ubicadas a diferente distancia de la rueda pero

---

<sup>163</sup> Las medidas aproximadas de las ruedas para los batanes van de los 2.5 a los 3 m ruedas más pequeñas no tendrían la fuerza para provocar el movimiento de los mazos y mas grandes crearían fuerza excesiva que no era lo más recomendable para el batanado.



también ensambladas perpendiculares entre sí, para que el golpeo de los martillos no fuera al mismo tiempo, a cada giro habría dos golpeos de los mazos o mas dependiendo del número de levas y de mazos.



Dibujo de un batán, se observa la parte inferior en la que se coloca el eje con las levas, al girar estas empujan los mazos que al verse liberados caen pesadamente sobre la caja en la que esta la tela, es importante mencionar que la Rueda se encontrara en un plano inferior al de la maquina, el mecanismo es de transmisión directa, muy sencillo de construir, el agua tiene que fluir por varias partes, una de ellas de vital importancia la caja donde está la tela, ya se menciona que si el batanado se hace en seco la tela se daña y se quema. **Imagen Tarsicio Pastrana**

Ya mencionamos la frecuencia de golpeo, la distancia entre levas debía de permitir que el mazo retornara a su lugar de origen, para iniciar un ciclo nuevo por lo que no podía haber más de dos levas para cada martillo por cada giro, esto podía ser modificado si la circunferencia del eje era más grande para permitir el regreso del martillo, aunque los batanes generalmente eran muy sencillos y sus ejes eran pequeños.

En la medida que este giro se efectuaba de manera rápida y fluida los martillos realizarían el trabajo de golpeo rápidamente. Para esto necesitaban que el martillo tuviera un mecanismo de vaivén que le permitiera por gravedad regresar a su posición original, la leva al girar forzaría que el martillo se elevara y cuando la leva dejaba de sostener al mazo este caía con fuerza sobre el recipiente, el banco rodeaba generalmente al eje y al recipiente, formado de 4 pies derechos y encima un marco que contenía un eje al centro sobre el que literalmente se colgaban los mazos la parte más importante y de más cuidado era la articulación del mazo que se hacía pasando la madera que conformaba el mango del mazo por una viga o madera con orificios, esto permitirá que tuviera un movimiento circular que ayudado por las levas se repetía hasta que se suspendiera la circulación de agua, esta pieza podía ser metálica aunque las de madera por estar el mazo colgado de la viga de soporte funcionaban bien.



Para construir los mazos se escogía madera pesada y densa, colocando una viga o pieza de madera en cuya punta inferior se colocaba un mazo generalmente trapezoidal la parte superior del mazo se colocaba en el sistema de vaivén para permitir su movimiento el conjunto de cada martillo podía alcanzar los 90 kilos que aunado al movimiento de la leva ejercía una fuerza similar de golpeo sobre la tela, esta era labor del batanero cuidar que la tela no resultara dañada por el golpeo excesivo y constante.

El recipiente podía contener los paños a los que se les debía agregar agua para que estuvieran mojados y facilitar así la liberación de grasas y aceites, adicional a esto se agregaban sustancias que variaban según la región en la que se realizara el batanado por ejemplo en muchos sitios se le colocaba tierra que ayudaba por las características regionales de la misma en el proceso, en México se usaban plantas y jabones, con el tiempo y ya que el jabón fue un artículo fabricado con más facilidad era el producto que más se agregaba, esta sustancia tenía como función liberar de grasa la tela.

La tercera parte importante del batan era el recipiente, que se colocaba de manera que uno de sus lados quedara perpendicular al movimiento del martillo se cuidaba constantemente por el batanero para mover el paño doblado en el interior, los paños se doblaban en zigzag los dobleces eran a cada vara, si recordamos que las telas median aproximadamente de 25 a 30 metros encontramos que la tela se doblaba aproximadamente entre 30 y 35 veces, este doblado se iba cambiando a lo largo del proceso del batanado además de cambiar la posición del paquete en la tina, esto con el fin de hacer el tundido más uniforme, evitando el daño a la tela, el golpeo constante sobre la tela y la falta de agua podía provocar daño irreversible.

El agua tenía varias funciones en este caso, ayudar al detergente natural a liberar los aceites y las grasas y evitar que el tejido se dañara por la fricción constante de los mazos sobre él, como parte importante del batan a la altura de este recipiente debía existir algún canal o elemento que ayudara a circular el agua tanto la de desecho como la que se colocaba nueva, para preparar la mezcla ya descrita, el agua tenía una importante función refrigerante, si por algún descuido la tela se secaba el golpeo y el calor generado por este la quemaba o la rompía, el batanado tenía que efectuarse en húmedo y en parte de ese líquido se agregaban las sustancias ya mencionadas.

La tina se podía ahuecar en un tronco y colocarse semi empotrada en el piso recordemos que debía soportar el golpeo de mazos que podrían llegar a pesar los 90 kilos, también era común que se fabricara de madera pero de igual forma se empotraba para que el empotre opusiera resistencia al golpeo y la tela fuera la que tuviera que absorber la energía generada por el golpeo y la reacción por el terreno que respaldaba la tina.

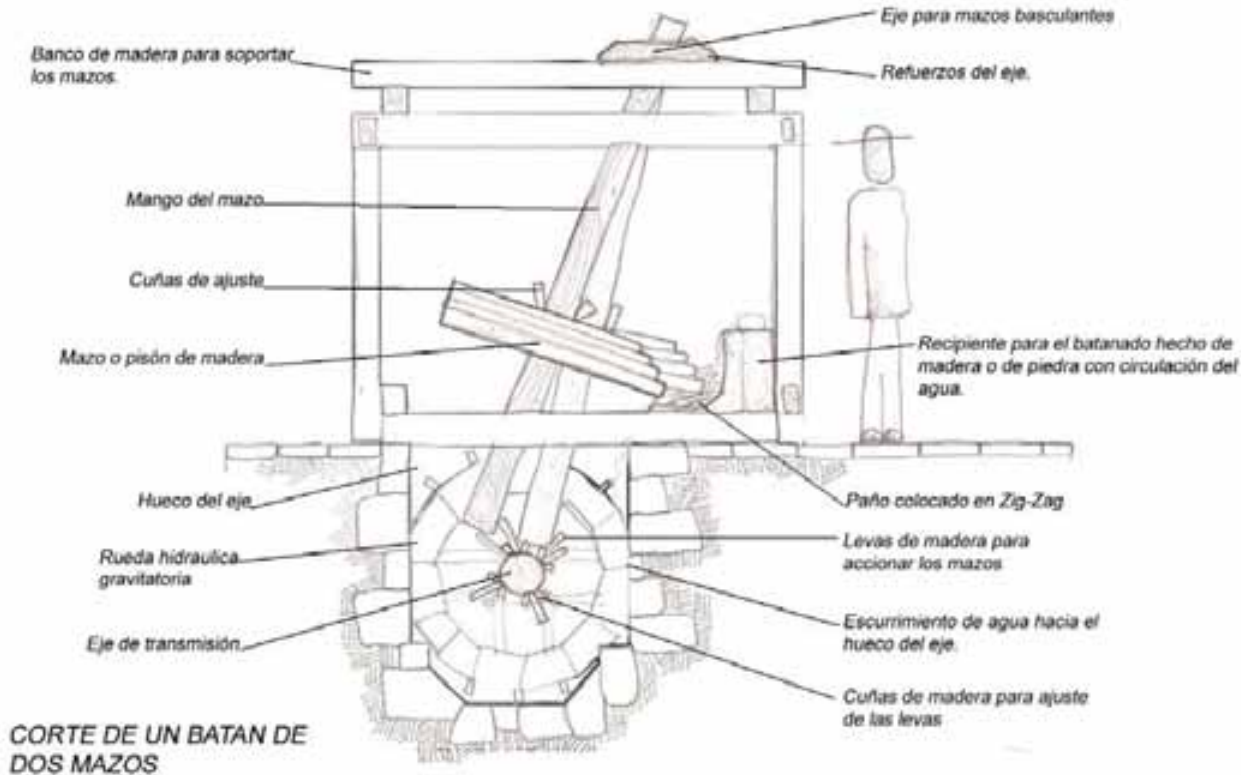
Ampliando el tema de los detergentes se habla en España de una tierra llamada jaboncillo que contiene en su composición agentes que ayudan a disolver las grasas y en México el fruto de la planta conocida como jaboncillo que se agregaba al agua con el mismo fin de la tierra que ya se describió, todos estos métodos artesanales terminan siendo sustituidos por el jabón<sup>164</sup>.

El batan podía ser parte del obraje pero también existían establecimientos independientes que se dedicaban únicamente al batanado pudiendo estos establecimientos dar abasto a una zona obrajera o a varios artesanos locales que trabajaban en sus casas.

<sup>164</sup> **González Tascon Ignacio**, *op.cit.* pág. 395



En muchos casos el espacio arquitectónico que cubría un batan era demasiado precario siendo pequeños cobertizos o locales de fabrica pobre, por lo que es difícil encontrar los vestigios de estos sitios, en el caso de la ciudad de Puebla encontramos que la región donde se establecieron la mayoría de los obrajes era en cercanía del río san francisco, actualmente este río esta entubado y corre por el subsuelo de una avenida, los obrajes subsisten con otros usos, pero los lugares donde estuvieron los obrajes no son claramente identificables, más aun si actualmente el río ya no corre a cielo abierto.



Alzado lateral de la máquina de un batan, observamos el sistema basculante montado sobre un soporte de madera, la rueda en la parte baja que transmite su fuerza a las levas que con su giro levantan los mangos del martillo, cuando la leva deja de sostener el mango este caerá pesadamente la tela, la labor del batanero será cuidar la tela, moverla periódicamente y mantenerla mojada además de agregar sustancias que funcionaran como jabón en el agua para lavar la tela. **Imagen Tarsicio Pastrana**

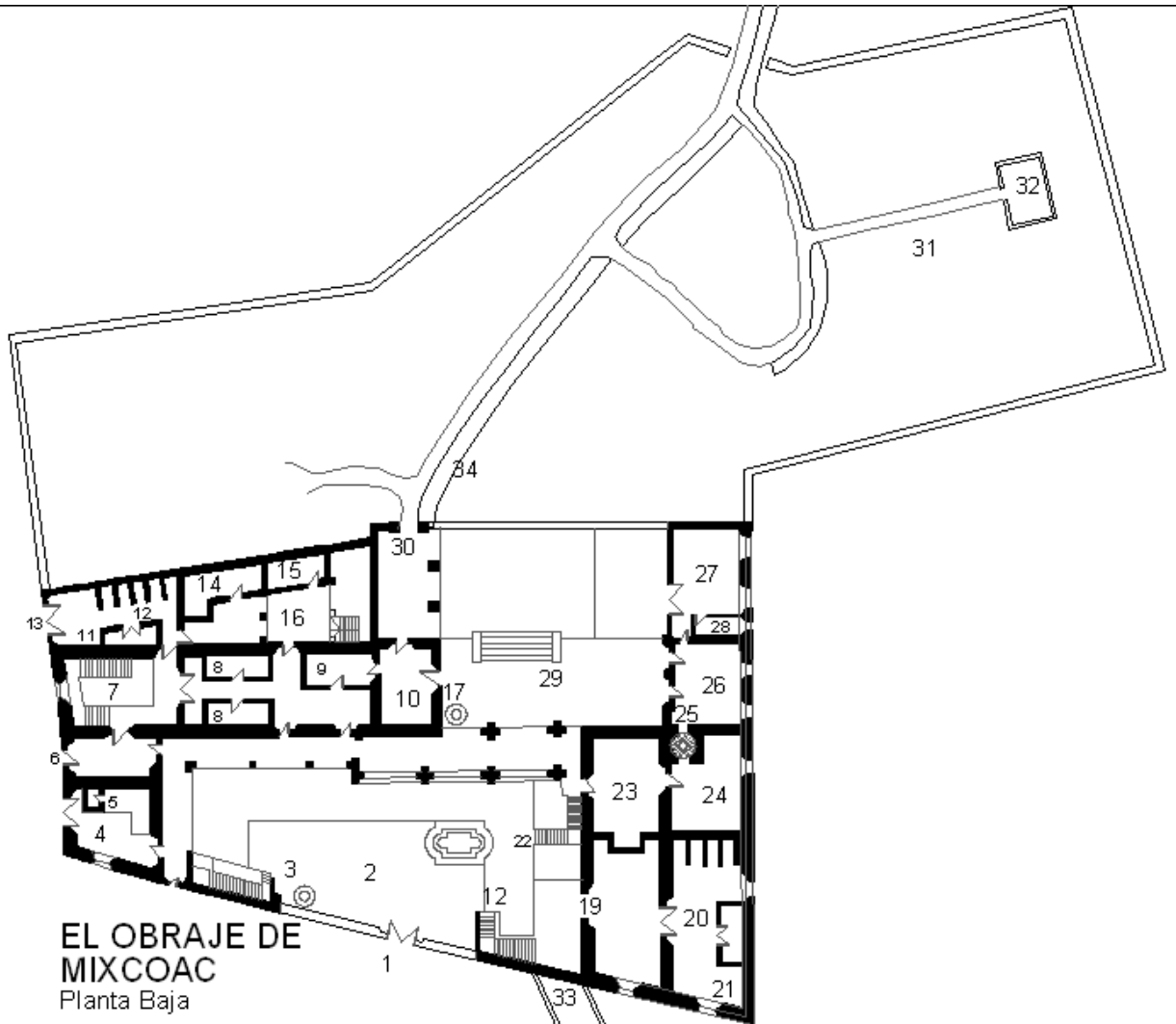
En esta zona de Puebla los franciscanos fueron los primeros en establecer una zona industrial aprovechando el agua del río esta subsistió durante mucho tiempo bajo el proceso que ya mencionamos de sustitución de zonas obrajeras y preindustriales por zonas industriales, las industrias se ubicaban en la rivera de este río y actualmente es posible encontrar los edificios en la zona del parían y alrededores del convento de San Francisco.

En el caso de la ciudad de México la región de batanes se encontraba hacia el poniente aprovechando las bajadas de los ríos desde las lomas de Santa Fe por ejemplo los batanes que estuvieron en Mixcoac, en Santa Fe y en la zona de Magdalena Contreras, aunque las zonas de obrajes más grande no se encontraban en la ciudad de México, estas estaban en Puebla de la cual ya se ha hablado brevemente, en Querétaro y Celaya, al mismo tiempo se desarrollan regiones para las ciudades principales, recordemos que un gran disparador de este desarrollo regional fueron los centros mineros y la necesidad que tuvieron de ser suministrados por ciudades aledañas este fue el caso de Querétaro y Celaya que suministraban a las regiones mineras hacia el Norte, Puebla y Querétaro también tenían un amplio mercado en la ciudad de México.



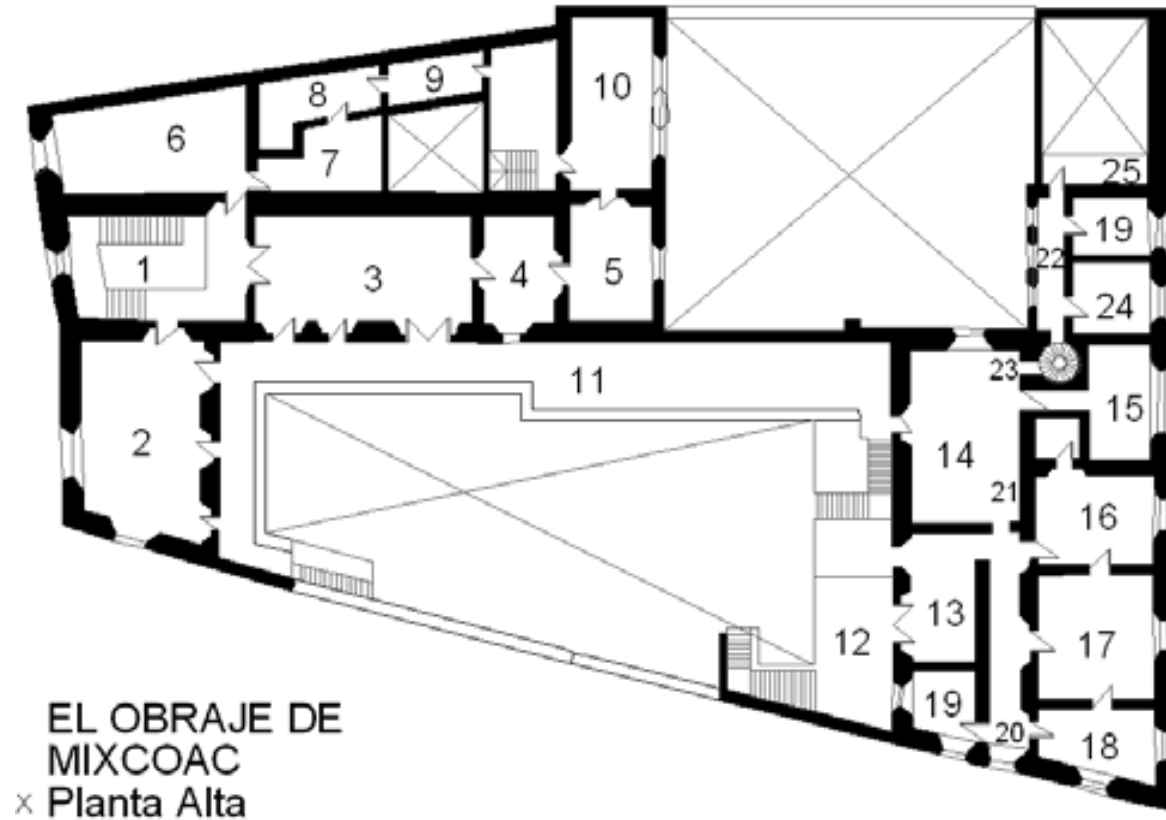
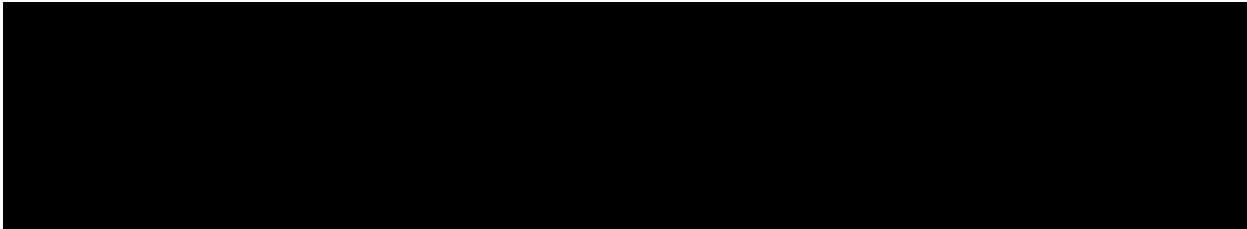
Posterior al batanado la tela ya podía ser comercializada para la producción de ropa, en los obrajes se realizaban trabajos preliminares, como el alisado de la tela el teñido o el cardado de la tela para eliminar las fibras que quedaban fuera del tejido, como punto final se preparaban para su comercialización, se producían los paños que eran enviados a los sastres para la realización de vestidos, también se producían jergas y otros tipos de tejidos que eran necesarios.

#### e. Arquitectura de los obrajes y los batanes.

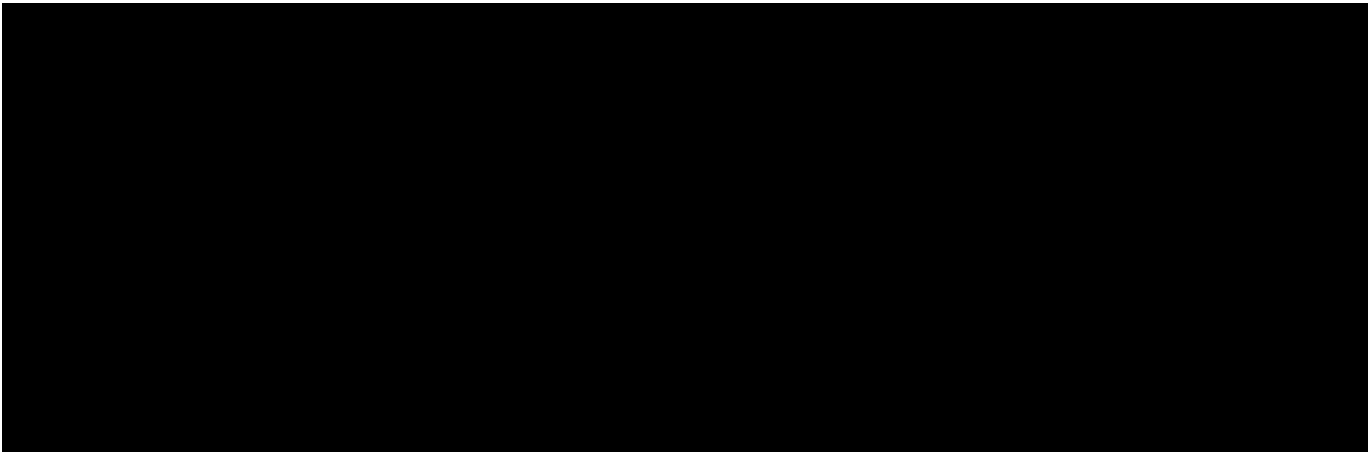


Planta Baja obraje de Mixcoac *imagen Tarsicio Pastrana obtenida de El obraje de Mixcoac en el siglo XVIII de Salvador Cárdenas Gutiérrez*





Planta Alta obraje de Mixcoac *imagen Tarsicio Pastrana obtenida de El obraje de Mixcoac en el siglo XVIII de Salvador Cárdenas Gutiérrez*





## El Batán de San Jacinto Hipótesis



Reconstrucción Hipotética del batán de San Jacinto en el actual San Ángel *imagen Tarsicio Pastrana en base a los datos en El obraje de Mixcoac en el siglo XVIII de Salvador Cárdenas Gutiérrez*

*La casa del batán perteneciente a don Francisco Antonio Casuso, regidor de esta Nobilísima Ciudad que estaba en los Altos de San Ángel, junto al pueblo de Atizapan( sic), se compone de zaguán y cochera, patio, un portal o corredor, sala con dos rejas, recamara y reja, otras cinco piezas con rejas y escalera a la azotea... y hornilla y otros dos cuartos, y otro que está afuera del zaguán, y en la azotea un mirador, todo lo cual esta fabricado con paredes de piedra y lodo, techos de vigas, enladrilladas las azoteas y pisos, con buenas puertas y ventanas<sup>165</sup>*

*La maquina estaba debajo de un jacal cargado sobre cinco pilastras de mampostería, al que se llegaba cruzando un puente sobre la acequia de donde se tomaba el agua para impulsar la rueda. Junto a este portal estaban dos caballerizas, un corral en el que se guardaban las mulas de carga y un pajar de madera, todo rodeado de frondosos ahuehuetes.<sup>166</sup>*

<sup>165</sup> Cárdenas Gutiérrez Salvador, *EL OBRAJE DE MIXCOAC EN EL SIGLO XVIII*, Universidad Panamericana, México 2002, págs. 88, 89 y 90

<sup>166</sup> *Ibíd.* pag 88,89 y 90



### 3. La máquina del hierro

#### a. introducción

Las ferrerías son los lugares donde se procesa a partir de su estado virgen el hierro, sus características fueron como en otros tipos de establecimiento estudiados cambiando a través del tiempo, Para ser preciso la ferrería tiene como objetivo fundamental el trabajo con el hierro, aunque el mismo método es aplicable a otros metales, de todos los tipos de ferrerías que existieron el análisis tendrá que centrarse en los que utilizan el agua como fuerza motriz; como particularidad las ferrerías de agua utilizaban para tres fines particulares no coincidentes el agua, el movimiento del mazo, el movimiento de los fuelles, y en el caso de utilizar las cajas de aire el agua para producir una corriente de aire que alimentara los hornos, la relación entre estos establecimientos y el agua fue similar a la de otros edificios de característica preindustriales el arduo trabajo que representaba la obtención del hierro fue disminuido en su participación física del operario a partir de la incorporación de maquinas hidráulicas dentro del proceso.

Una vez mas encontramos un proceso primario al que se le incorpora la fuerza del agua para facilitar ese esfuerzo, como veremos mas adelante el trabajo físico que requería un establecimiento de este tipo era extenuante aun con la ayuda del agua, al mismo tiempo otro aspecto digno de mención tiene que ver con la evolución que represento el uso del agua en la producción del hierro, desde el momento en que se incorporan las ruedas hidráulicas hasta que se comienzan a sustituir los fuelles accionados por agua por la llamada trompa de agua que tenia el mismo fin.

Las ruedas hidráulicas se incorporan a las ferrerías en más de un proceso, como se describirá mas adelante, y posterior a esto un artilugio que funciona a partir del agua permitía la circulación del aire a través del horno. en una primera etapa y antes de la obtención de metales por otros métodos en América se utilizaron las ferrerías para tal fin, fueron parte de las instalaciones que se encontraban dentro de las haciendas de beneficio y en muchas zonas los métodos de amalgamación por mercurio no pudieron sustituir a la obtención del mineral por el fundido.

En Nueva España estos establecimientos fueron utilizados para otros fines, no quiere decir que no existieran las ferrería en el virreinato, se les denominaban fundiciones en ellas se fundía el hierro y otros metales por medio de establecimientos similares a los de España

Es el caso de la fundición de Chicomuselo en Chiapas<sup>167</sup>, o la que construye y diseña Andrés Manuel del Río en Coalcoman Michoacán<sup>168</sup>, podemos encontrar de manera mas frecuente las fundiciones dentro de los procesos de obtención de mineral, los hornos utilizaban circulación de agua para obtener el flujo de aire que avivaba el fuego<sup>169</sup>, en otra sección analizaremos la minería y sus procesos relacionados con el agua, en este caso del análisis de las ferrerías por si solas, se analizara el funcionamiento, la maquina y los establecimientos, continuando con la misma metodología que el resto de este trabajo.

Encontraremos los espacios definatorios del género y su análisis se complementara a partir del proceso de la obtención del metal, este camino nos permite analizar parte por parte sus

<sup>167</sup> López Bravo Álvaro de la Cruz, Lee Whiting Thomas A., *LA FUNDICION COLONIAL DE CHICOMUSELO CHIAPAS en Memoria del primer congreso nacional de Arqueología Histórica*, CONACULTA INAH, México 1996, págs. 317-325

<sup>168</sup> Yanes Rizo Emma, *PASION POR LA TIERRA ANDRES MANUEL DEL RIO en Artes de México numero 86 una visión de la minería*, México 2007, págs. 48-55

<sup>169</sup> Las trompas de aire o bombas de aire que mediante el uso de corrientes de agua dirigían el aire fresco y húmedo hacia el horno están documentadas en la primera mitad del siglo XVI en México, principalmente en las haciendas de beneficio anteriores al método de patio.



componentes dentro del proceso y después obtener a partir de ese guión los espacios y maquinas participantes del proceso. Es importante hacer énfasis en que este análisis tiene

como objeto entender el origen de las fundiciones y como se incorpora el agua, para poder entender en el virreinato de donde provenían las técnicas de fundición, recordando siempre que las haciendas de beneficio contaban con parte de este proceso dentro de sus instalaciones.

### **b. Historia del hierro.**

La importancia del Hierro hasta nuestros días radica en sus características y sus propiedades que le proporcionan utilidad en muchos procesos actuales y antiguos, también es importante su abundancia es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, representando un 5% del total, de entre los metales solo es superado por el aluminio que es más abundante. Como dato adicional el núcleo de la Tierra está formado principalmente por hierro y níquel, generando al moverse un campo magnético.

El hierro y su producción marcaron toda una etapa prehistórica a la cual le da nombre, como sucedió con algunos otros materiales el hombre primero domina el fuego y después lo aplica a diversos materiales, de esta manera aplicándolo al mineral obtenido de manera natural encuentra que puede manejar y moldear las rocas a su conveniencia.

Supera al Bronce en dureza y en abundancia de yacimientos, recordemos que el bronce es una aleación y sus componentes son más escasos aunque son más fáciles de trabajar y fundir, otra ventaja del hierro sobre el bronce es su calidad de material puro, es decir que no tiene que controlarse un proceso de aleación, la razón por la que es más compleja la obtención del hierro está en la temperatura que debe de alcanzar para fundirlo alrededor de los 1500 °C la cual solo se obtiene si se aviva el fuego con aire constante, esta es la razón por la que los primeros procesos de trabajo en hierro no alcanzaban la fundición, únicamente la plasticidad necesaria para trabajarlo y moldearlo a gusto se han encontrado pruebas del uso del hierro, seguramente procedente de meteoritos, en el cuarto milenio antes de Cristo en Egipto y Mesopotamia entre el 2000 y el 3000 AC van apareciendo objetos de hierro que se distinguen del hierro de los meteoritos por la ausencia de níquel, lo que nos habla de una producción incipiente<sup>170</sup>.

Se considera a los hititas el primer pueblo en trabajar adecuadamente el hierro, hacia el año 1400 AC produciendo principalmente armas que les confirieron una ventaja regional que duro hasta que los otros pueblos comenzaron a trabajar el hierro también.

Aunque su principal aplicación era la fabricación de armas y herramientas también se han encontrado joyas, por ejemplo en algunas tumbas egipcias el hierro obtenido de los meteoritos era la principal fuente convirtiéndolo en un objeto muy preciado. Los límites de la edad de hierro varían considerablemente dependiendo de la cultura y la zona geográfica, como ejemplo podemos mencionar que mientras en Europa y Asia la mayoría de las civilizaciones conocieron esta edad, en América las culturas prehispánicas nunca la conocieron, aunque su desarrollo fue muy avanzado tanto técnica como socialmente en otras áreas.

Los conocimientos de la técnica de trabajo del hierro se generan en el medio Oriente y se diseminan por Europa por medio de las migraciones en este caso de tribus indoeuropeas a través del caucaso, posteriormente llegan a todos los rincones de Europa de la mano de los

---

<sup>170</sup> Esteller Lores Gabriel, *APUNTES HISTORICOS SOBRE LA SIDERURGIA DESDE EL DESCUBRIMIENTO DEL HIERRO Y EL DESARROLLO DE LAS PRIMERAS FUNDICIONES HASTA LOS ALTOS HORNOS* en revista de Técnica Industrial No 254 Septiembre 2004, España 2004, pág. 24



Celtas pueblo caracterizado por su excelente manejo de técnicas metalúrgicas este proceso de migración sucedió desde el 1200 AC y se desarrolla hasta época romana.

El proceso de transición entre el bronce y el hierro fue lento, pero en medio de este se descubrió el procedimiento llamado carburación por medio del cual se le añade carbón al hierro, este se obtenía en su estado natural el cual contenía muchos óxidos y escorias, dentro del proceso de calentado era golpeado para liberar la mayor cantidad de escoria y oxidando el carbono el golpeo tenía como fin además del descrito la obtención de formas más manejables para trabajarlas el proceso de golpeo se llama forjado, el hierro forjado tenía contenidos de carbón muy bajos con lo que no se lograba templar adecuadamente, para incorporar el carbón al hierro calentaban el hierro forjado con carbón vegetal, el cual empezó a acompañar el proceso desde la primera horneada al hacer esto lo sumergían en agua o aceite con lo que lograban una capa de acero en la parte superior del producto dureza y resistencia de esta forma comenzó a sustituir al bronce.

El hierro durante mucho tiempo fue forjado, para conferirle la forma deseada, algunos procesos como el templado también eran conocidos proceso por el cual por el cambio abrupto de temperatura se puede cambiar la estructura de las moléculas de hierro para hacerlo más resistente, el hierro forjado se utilizaba para obtener todo tipo de herramientas, armas y accesorios para la construcción, entre ellos, aldabas, bisagras, refuerzos, barandales, rejas, también servía con otros materiales para realizar recipientes, cofres, toneles etc.

Al parecer los primeros en fundir el hierro son los chinos en el año VI DC al obtener el hierro fundido se puede trabajar en aleaciones y colarlo para trabajarlo por medio de moldes, nace así el hierro colado, en la fundición del hierro se obtenía el material en estado puro y se seguía trabajando por medio de golpes, la fundición logró hacer más puro el material y darle características con las que se facilitaba su trabajo.

Durante los siglos XVI y XVII fueron célebres en Europa las fargues (forjas) catalanas y las ferrerías vascas<sup>171</sup> modelo para las que de manera muy limitada se instalarían en América durante el virreinato. La ferrería era el establecimiento que reducía el mineral a su estado más puro a partir del estado en que se encuentra en la naturaleza en estos establecimientos el objetivo principal era proporcionar una materia prima para las forjas que eran los sitios donde se trabajaba el hierro para convertirlo en objetos útiles, el desarrollo de estas a través del tiempo desarrollo varias secciones que en partes o completas fueron utilizadas dentro de otros procesos, como describiremos a detalles más adelante los hornos con torre de agua se utilizaron en el Nueva España en las fundiciones de mineral y en las haciendas de beneficio dependiendo del mineral que se deseaba trabajar.

La obtención del hierro se va diversificando y perfeccionando, cuando se agregan cantidades de carbón que no sobrepasen el 2.5% de obtiene Acero que es más resistente y que actualmente es la base de varias industrias, las ferrerías como establecimiento son precursores de las fundiciones, en las que se produce el material para su comercialización directamente, situación muchas ferrerías todo el proceso desde la obtención del mineral hasta la fabricación de utensilios.

De la importancia de la actividad, encontramos nombres y topónimos que han sobrevivido hasta nuestros días, herrero, Ferrero, Ferreira, Ferrón, Herrera etc., que habla de actividades y oficios. También los derivados del proceso nos proporcionan nombres de lugares, entre ellos el más celebre es el escorial, siendo las escorias los residuos de mineral restante del proceso de la obtención del hierro.

---

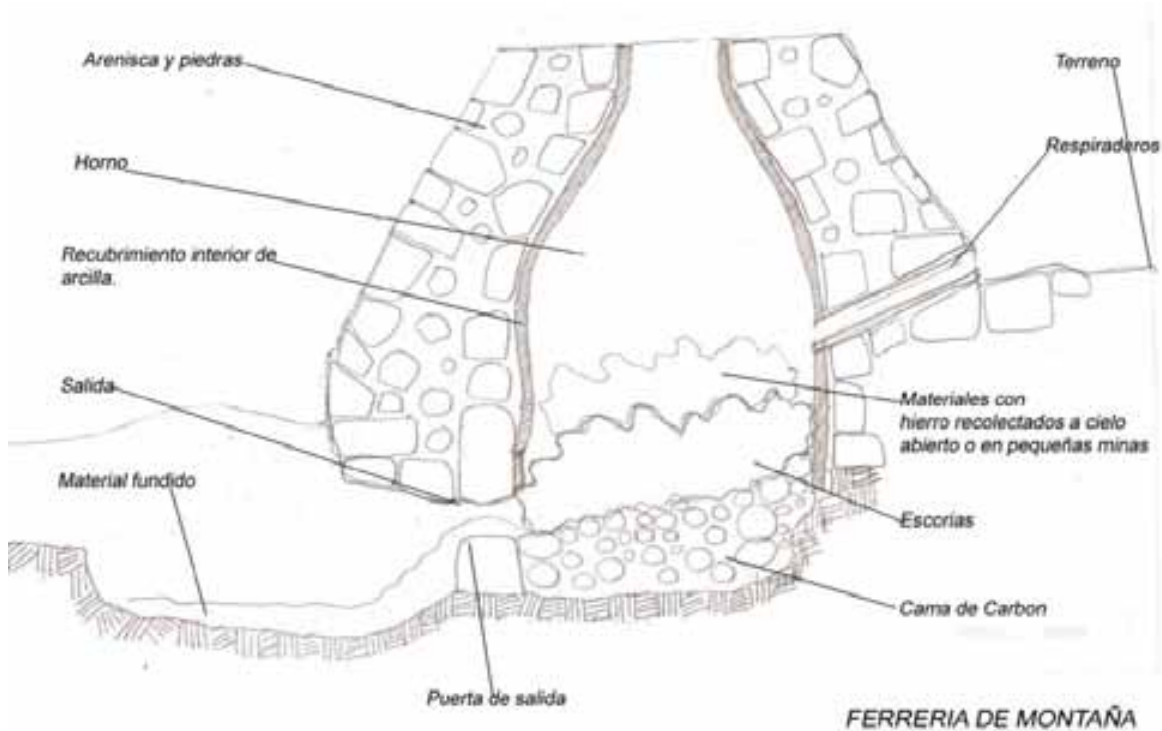
<sup>171</sup> *Ibíd.* pág. 25



### c. Evolución y desarrollo de las ferrerías.

Las primeras ferrerías que se utilizaron en España como tales fueron las denominadas de montaña o de aire a partir del siglo XI, para fundirse el hierro necesita de 1500 grados, temperatura que solo era posible alcanzar a través de avivar el fuego por medio de flujos de aire, de lo contrario el metal queda muy contaminado por las otras sustancias que lo acompañan y no se obtiene en su estado mas puro, para proporcionar este flujo de aire a la combustión se utilizaban fuelles que se hacían a partir de la piel de algunos animales, el tamaño era pequeño para permitirle al operario su manejo.

Otro medio era aprovechar el aire que circulaba de manera constante en algunos sitios que era canalizado hacia el interior del horno.



Corte de una Ferrería de Montaña, se denominaban así porque generalmente se construían en lugares donde existieran corrientes de aire que ayudaran a la combustión. **Imagen Tarsicio pastrana**

Este sistema se utilizaba de manera muy similar en las guayras incaicas, que eran pequeños hornos provistos de orificios que se colocaban en la parte alta de los cerros para que las corrientes de aire pasaran por ellas y facilitaran la reducción, el sistema de las guayras fue muy utilizado incluso por los españoles en el siglo SXVI hasta la llegada de métodos que permitieron aumentar el nivel de producción en el beneficio de minerales.

Esta es la razón por la que las llamadas ferrerías de montaña se ubican en las cimas de las montañas, en donde el aire corre de manera constante y permiten que por medio de dispositivos rudimentarios como cañas insertadas en los muros del horno se avive el fuego para obtener las temperaturas adecuadas.

Insertando cañas para soplar con la boca era un sistema que se utilizaba en la época prehispánica en México, en varios códices y crónicas<sup>172</sup> encontramos que el trabajo de

<sup>172</sup> **Dora M.K. de Grinberg, ¿QUE SABIAN DE FUNDICION LOS ANTIGUOS HABITANTES DE MESOAMERICA? PARTE 1 en Ingenierías, Enero-Marzo 2004, Vol. VII, No. 22, Sección de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, UNAM. México 2004, págs. 66-69**



fundición se realizaba por medio de pequeños hornos en los que se insertaban canutos para soplar y mejorar la combustión, es importante mencionar que este sistema prehispánico se



Imagen de orfebres prehispánicos fundiendo los metales en un horno portátil en el que se ve el material al rojo vivo en el interior, al que le tienen que insuflar el aire con la boca por medio de un carrizo **imagen: códice Florentino**

menciona por la similitud con los primeros procesos de obtención del mineral en las ferrerías de montaña tanto las guayras<sup>173</sup> como los hornos prehispánicos en México usaban técnicas que en un inicio utilizaron para la obtención del hierro

La ubicación de estas ferrerías no solo tenía que ver con la circulación del aire, también se requiera otros factores el primero de ellos era estar en cercanía de una zona boscosa, ya que a través de la madera se obtenía el carbón necesario para el horno, lo mas común es que el horno se construya en la cima de una loma boscosa en cuya base o parte media se obtiene el mineral que se va a trabajar.

Con respecto a la construcción de los hornos, estos no rebasaban los 3 metros de alto, con un diámetro de 1 metro y muros de piedra trabajada para poderse revocar en el interior con un aplanado de arcilla refractaria, esta construcción es semienterrada aproximadamente 50 cm. en el terreno, cerca de la base se colocaban unos orificio para meter las boquillas de los fuelles o las cañas y avivar el fuego por medios manuales o por la circulación del aire de manera natural.

Es lógico pensar que el inicio de estos hornos debió de ser una caseta de piedras y madera dentro de la cual se acumulaban las capas de mineral y carbón y al cual se prendía fuego para después encontrar los residuos en el fondo, con el tiempo la evolución del proceso proporciona los hornos que no dejaron de acompañar al proceso incluso en nuestros días.

En algunos lugares se colocaba junto al horno principal un horno secundario de menores dimensiones y con menos requerimientos en el que se pre calcinaban los materiales, el primer paso era la trituración de los metales y después este material triturado era colocado en el horno secundario, por medio de esta exposición al calor el metal generalmente obtenido en superficie y por lo mismo a base de óxidos de hierro comenzaba a perder el oxígeno lo que facilitaría su reducción en el otro horno al que se pasaba el mineral una vez completado el proceso de calcinación, el acomodo en el horno principal era alternando capas de material

<sup>173</sup> **Martínez De La Torre Cruz**, *EL SUDOR DEL SOL Y LAS LAGRIMAS DE LA LUNA: LA METALURGIA DEL ORO Y DE LA PLATA EN EL ANTIGUO PERU en Espacio, Tiempo y Forma, Serie VII, H.*" del Arte, t. 12, Perú 1999, págs. 11-24



triturado y calcinado y carbón, una vez hecho el acomodo se iniciaba la combustión que era vigilada y avivada constantemente.

En el proceso de reducción se obtenían escorias líquidas que se tenían que eliminar por medio de aliviaderos colocados en torno al horno, cuando la temperatura era la adecuada las partículas de hierro se liberan del oxígeno y se van uniendo entre sí formando una pasta que se denomina *Agoa*, la cual todavía necesita un proceso adicional para liberarla de escorias y suciedades adheridas, este procedimiento es el martilleo, que por medio de golpes la libera de sustancia ajenas y la hace más compacta, también por medio del golpeo se logra darle forma de barra o de lingote.

El trabajo de estas ferrerías demandaba muchos recursos físicos, por lo que se incorpora la rueda hidráulica a algunos de los procesos de obtención del hierro, en primer lugar se incorpora la rueda hidráulica para mover los fuelles y el mazo este proceso de sustitución que provoca la creación de las ferrerías denominadas de agua se da entre los siglos XIII y XIV de manera más masiva, aunque durante mucho tiempo en los siglos XV, XVI y XVII coexistieron ambos tipos de ferrerías que estaban condicionadas por el recurso hidráulico, donde este estaba presente se aplicaba donde no, se seguía utilizando la ferrería de aire.<sup>174</sup>



Grabado de una ferrería en la que se pueden observar los dos ingenios hidráulicos, el martinete en primer lugar accionado por una rueda hidráulica vertical y por medio de cigüeñales se accionan los barquines o fuelles que alimentan el horno que se ve a la izquierda. **Fuente grabado en la obra de Jacques Strada Frankfurt 1617**

Esta sustitución tiene varias consecuencias una de ellas tiene que ver con la ubicación las ferrerías ahora se tienen que construir cerca de la fuente de agua que será su alimentación, otra de las consecuencias tendría que ver la integración de diferentes procesos en el mismo establecimiento, en primer lugar la ferrería era el horno donde se obtiene el mineral en estado puro listo para trabajarse, el segundo establecimiento denominado mazo o martillo era el sitio donde estos minerales ya depurados eran trabajados por medio del golpeo para obtener piezas comerciales listas para llevarlas con el herrero que las convertiría en utensilios que se comercializarían.

Otra más tiene que ver con el incremento productivo, por lo general por medio de las ruedas hidráulicas se accionaban los fuelles y el martillo, ambos objetos crecieron en tamaño debido

<sup>174</sup> **Zabala Llanos Marta**, *FERRERIAS MUSEO, PATRIMONIO Y DIFUSION DE LA SIDERURGICA TRADICIONAL VASCA* en revista internacional de estudios vascos 52, 1, 2007 287-302, España 2007, págs. 287-302



a que con anterioridad el tamaño era limitado por la capacidad física del operario, limitante ahora rebasada, los fuelles se movían constantemente y de manera uniforme, el horno se hizo mas eficiente, el golpeo también se vuelve mecánico con lo que se controla mas el proceso de martilleo.

Por medio del agua y la circulación de esta por diversos conductos, también se logra con el tiempo sustituir los fuelles por una torre por la cual se hacia circular agua por conductos reducidos, el aire desplazado por esta circulación de aire era canalizado hacia el horno estas torres de aire son utilizadas para avivar los hornos.

#### **d. Procedimiento de obtención del hierro.**

Para ubicar una ferrería se requería fundamentalmente de 3 cosas, un cauce de agua, bosques cercanos para el material combustible ya sea carbón o leña y yacimientos del mineral de manera cercana<sup>175</sup> una vez elegida la zona donde se construiría la ferrería cerca del río se construye una presa o azud para almacenar agua, estas suelen ser construcciones no tan elaboradas y en algunas ocasiones se realizaban con el simple amontonamiento de piedras y maderas en la zona adecuada del río, el único propósito es mantener un flujo constante de alimentación hacia los canales de la ferrería.

La infraestructura hidráulica comienza en la presa y por medio de canales llega a la ferrería, los canales toman generalmente dos caminos, uno de ellos para llevar el agua hacia el sistema hidráulico y el otro para el sistema de lavado del mineral y refrigeración de las piezas en movimiento, el camino de agua hacia las ruedas tiene que llegar a un depósito ubicado en la parte superior de estas por lo que su altura tendrá que ser de aproximadamente 3 a 4 metros por encima del piso del área de trabajo<sup>176</sup>, para alimentar las ruedas por gravedad, recordemos que la alimentación de las ruedas por gravedad asegura su giro y lo mantiene constante.

Este depósito tiene que llegar por la parte superior de lo que llamaremos túnel hidráulico, confinado entre dos muros paralelos de piedra gruesos y resistentes que tienen como función absorber las vibraciones y mantener en su sitio las ruedas, uno de estos muros será coincidente con el área de trabajo de la ferrería, es decir que generalmente el túnel hidráulico corre paralelo al área de trabajo.

La primera parte en la obtención del hierro tenía que ver con su recolección la cual se hacia generalmente a cielo abierto, se cargaba en recuas y era transportado hasta la ferrería donde se colocaba en un depósito o al aire libre de la misma manera llegaba el carbón que se ubicaba en depósitos que estaban abiertos por una parte al exterior y por la otra al interior de la zona de trabajo donde se encontraba el horno, esta separación se tenía que realizar con muros gruesos para proteger el carbón de las chispas del horno y evitar los incendios que tan peligrosos eran. Ya hemos hablado de los muros del túnel hidráulico y ahora hablamos de los muros que dividen los depósitos de la zona de trabajo, encontramos que la construcción de una ferrería tiene que ser gruesa por cuestiones mecánicas y de seguridad, no tanto por la carga a la que se someterían los muros.

El material era distribuido en primer lugar a la zona de limpieza, donde era lavado en canales o depósitos de agua que se encuentran en el interior del establecimiento, el agua llegaba a la ferrería a través de canales que como ya se menciono venían desde el río, ya

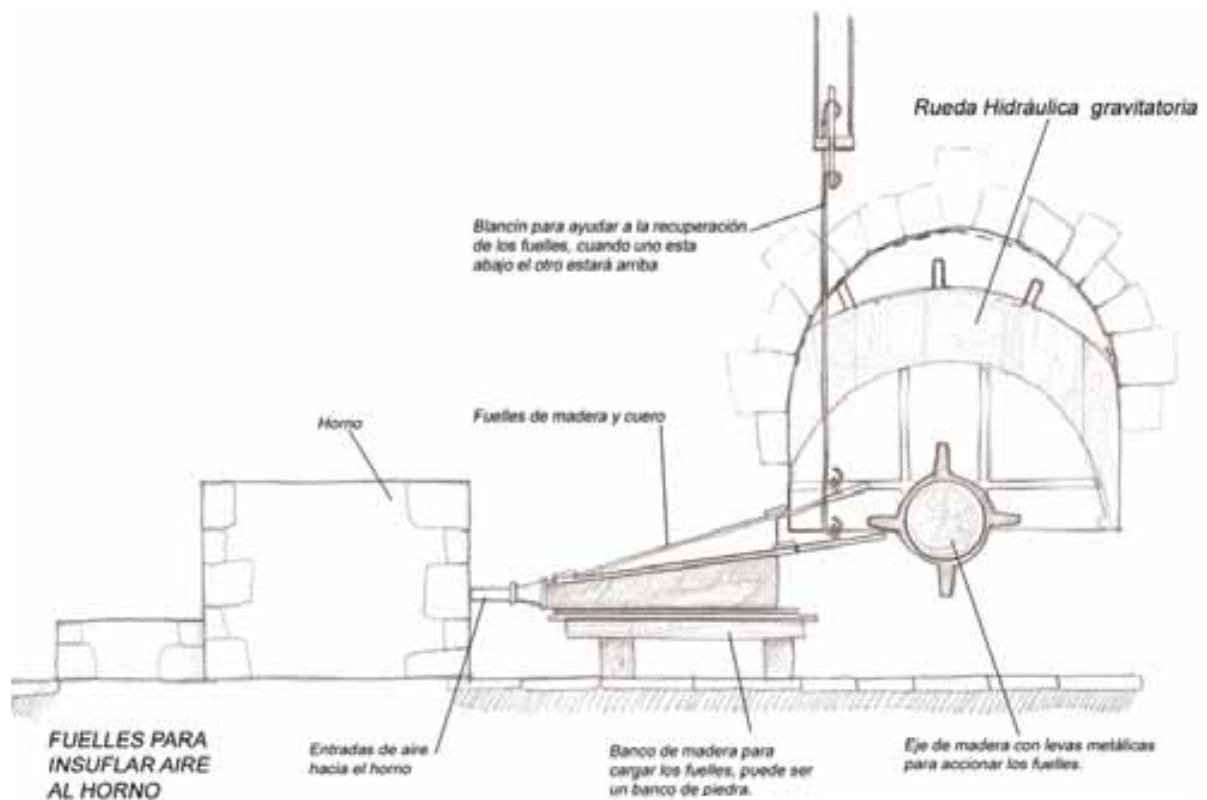
<sup>175</sup> **Ojeda San Miguel Ramón**, *RECURSOS TECNICOS E INFRAESTRUCTURA EN LAS FERRERIAS DE CASTRO SAMANO* en revista Euzkonew, Fundación Asmoz, España 2004, págs. 4y 5

<sup>176</sup> **Muguruza Montalbán Félix**, *APUNTES ETNOGRAFICOS DEL VALLE DE LAUDIO: FERRERIAS, CALEROS, MOLINOS Y NEVERAS* en 1º Concurso de "Trabajos de Investigación relacionados con Ludio-Llodio, Caja Vital Kutxa-Ayuntamiento. de Llodio y Diputación Foral de Álava. España 1996, pág. 13





hemos mencionado el depósito superior al túnel hidráulico, por lo que se puede dividir el sistema hidráulico en dos, el que se dirige hacia la fuerza motriz y el que se utiliza dentro del proceso de obtención del hierro, en el segundo caso encontramos el agua para limpieza del mineral, los canales o depósitos estaban separados debido a que el de la fuerza motriz generalmente esta a un nivel inaccesible para los trabajadores.



*Imagen Tarsicio Pastrana*

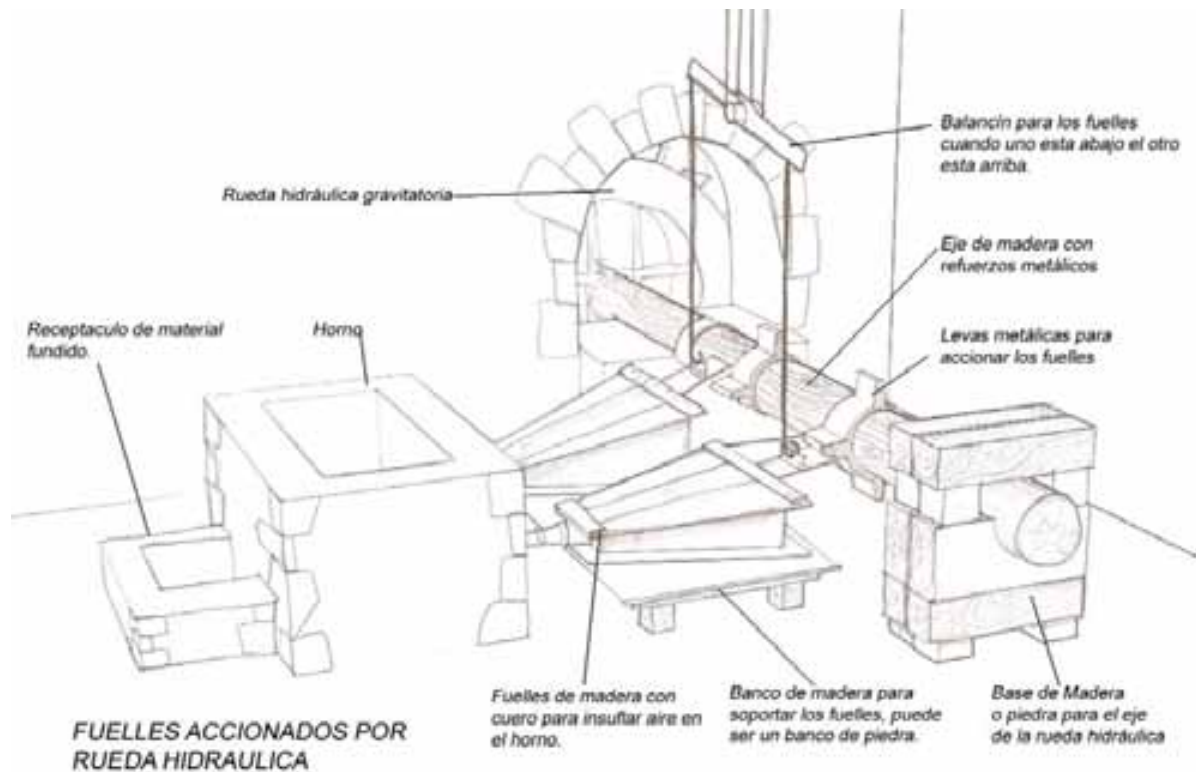
En esta parte del proceso se requiere de un flujo constante de aire al interior del horno, el cual se hacía en las herrerías de montaña por medio de fuelles de mano o de pie, con la rueda hidráulica se pueden crear fuelles mas grandes que mantengan un flujo de aire de mayor volumen que los de mano, para poder accionar los fuelles desde un movimiento giratorio que es el que genera la rueda hidráulica se tiene que hacer adaptaciones a la maquinaria.

En el túnel hidráulico se ubican dos ruedas una de las cuales servirá exclusivamente para accionar los fuelles, esta rueda recibe el agua desde el depósito superior, para hacerla girar por gravedad, a través del muro compartido pasa el eje que llega a los apoyos, es decir el eje de la rueda sirve para cargarla, por lo que su primer apoyo es en el muro mas extremo del túnel hidráulico el siguiente apoyo esta en el muro compartido y después encontraremos otros que tienen como fin dirigir el movimiento hacia los fuelles, los materiales de los que se hacían los fuelles eran las pieles y las madera, con refuerzos en zonas de movimiento y fricción.

El o los fuelles se ubican sobre una mesa o soporte de madera que los mantiene en su lugar con la salida del fuelle hacia el horno y el extremo opuesto del lado del eje, de la parte que da hacia el eje existe un dispositivo formado por un barrote basculante en la parte superior y que a la manera de un sube y baja esta ligado a cada extremo de los dos fuelles lo que provoca que cuando uno este cerrado expulsando el aire el otro este abierto llenándose de aire y viceversa, otro sistema es por medio de varillas rígidas sujetas a cada extremo de los fuelles las cuales van a una estructura de madera ubicada por encima de



ellos donde hay dos contrapesos, los cuales tienen como función regresar al fuelle hacia su estado de llenado del aire para iniciar un nuevo ciclo.



Ingenio hidráulico a base de fuelles para insuflar aire al horno, la rueda hidráulica acciona el eje con levas y estos accionan los fuelles, que al estar sujetos a un balancín cuando uno baja el otro sube, de esta forma toman aire y lo inyectan en el horno. **Imagen: Tarsicio Pastrana.**

El extremo del eje que coincide con la mesa de los fuelles tiene dos levas que al girar golpean al fuelle haciendo que expulse el aire que tiene en su interior para su llenado. Este sistema de contrapesos que ya hemos descrito tanto las levas como los contrapesos permiten el funcionamiento no simultáneo de los dos fuelles, las levas se desfasan en extremos opuestos de la circunferencia, así por cada golpe de uno de los fuelles habrá otro desfasado al otro fuelle, y los contrapesos funcionarán de manera similar, provocando un funcionamiento constante y por lo tanto un flujo de aire mayor y continuo.

Esto en una sucesión de ciclos que permite aumentar la temperatura de la combustión, para lograr mayores flujos de aire, se construyen fuelles de mayor tamaño, que almacenan más aire que puede ser expulsado alternativamente entre uno y otro.

Aunque es difícil observar fuelles en herrerías debido a lo perecedero de sus materiales constitutivos podemos encontrar funcionamientos análogos en los fuelles de alimentación de los órganos de viento, si bien la mayoría de ellos ya funcionan con bombas eléctricas todavía se pueden observar los fuelles sus manivelas para accionarlos y sus contrapesos.<sup>177</sup>

Otro accesorio para generar flujos de aire se relaciona con el principio de Bernoulli y se denomina según la región tromba de agua o torre de agua, también hornos de agua, este tipo de horno genera el flujo de aire sin necesidad de construir fuelles en México se han encontrado en la herrería de Chicomuselo pero principalmente en algunas crónicas de hornos

<sup>177</sup> En Tepetzotlán en el coro del templo junto al órgano se encuentra el fuelle que ahora ya no funciona porque se le adaptó una compresora de aire.



que se utilizaban para reducir minerales en la primera mitad del siglo XVI<sup>178</sup> de la minería hablaremos mas adelante.

Daniel Bernoulli, científico suizo, demostró que, *en un sistema con caudal constante, la energía se transforma de una forma u otra cada vez que se modifica el área de la sección transversal de la tubería.*

Con este principio científico se diseña una torre que utiliza un tubo (tubo de Venturi) a través del cual se hace circular agua, en la zona de la disminución del diámetro se ubican dos o más entradas de aire.

Esta disminución de la presión, hace que la presión atmosférica sea superior a la presión que existe en el diámetro disminuido de la torre, con lo que se produce una circulación de aire del exterior al interior por las entradas ya descritas este aire se mezcla con el agua que esta circulando, en la parte baja de la torre se hace una cámara en la que el chorro de agua choca contra una superficie plana en la que se separa el aire del agua, aunque el aire esta cargado de humedad, la parte baja de la superficie plana tiene un sifón que impide que el aire salga por esa zona y solo salga agua por la parte inferior, de manera lateral se ubica una o mas salidas de aire que se canalizan hacia la cámara del horno el aire cargado de humedad y con un flujo constante es favorable para la combustión.

La construcción de esta trompa de agua se hacia con piedra, los conductos de entrada de aire y salida del mismo se hacían con tubería de madera o barro la ubicación tiene que ser en el muro común, con un acceso por la parte superior desde el depósito de agua y con una salida hacia el túnel hidráulico ya que la circulación de agua es constante mientras el horno este en funcionamiento, cuando existía una torre de este tipo se eliminaba una de las ruedas conservándose únicamente la que movía el martillo.

Finalmente diremos sobre la torre de agua que tradicionalmente en España existían dos zonas productoras de hierro, Vizcaya y Cataluña al mantener la corona el monopolio real del hierro; el hierro que llega al principio a América procede de alguna de estas dos regiones, principalmente por medios de comunicación y facilidad de embarque el hierro era catalán, la diferencia principal entre estas dos regiones era la trompa de aire, mientras que los catalanes la utilizaban en sus ferrerías en Vizcaya era mas común el uso de fuelles o barquines no es de extrañar que una de las pocas ferrerías en México que se han encontrado y explorado tenga una torre para el aire en lugar de tener los fuelles<sup>179</sup>.

El uso del horno era constante, durante varias horas, aproximadamente los ciclos de producción de metal en el horno duraban 6 a 8 horas<sup>180</sup>, al termino de los cuales se tenia que hacer una nueva carga las cantidades de combustible que se empleaban eran muy grandes alrededor de 450 quintales de carbón por cada 100 quintales de hierro obtenido<sup>181</sup> Sabemos que cada cantidad de hierro obtenido necesitaba su peso multiplicado cinco veces y media de carbón u once si se trataba de leña.

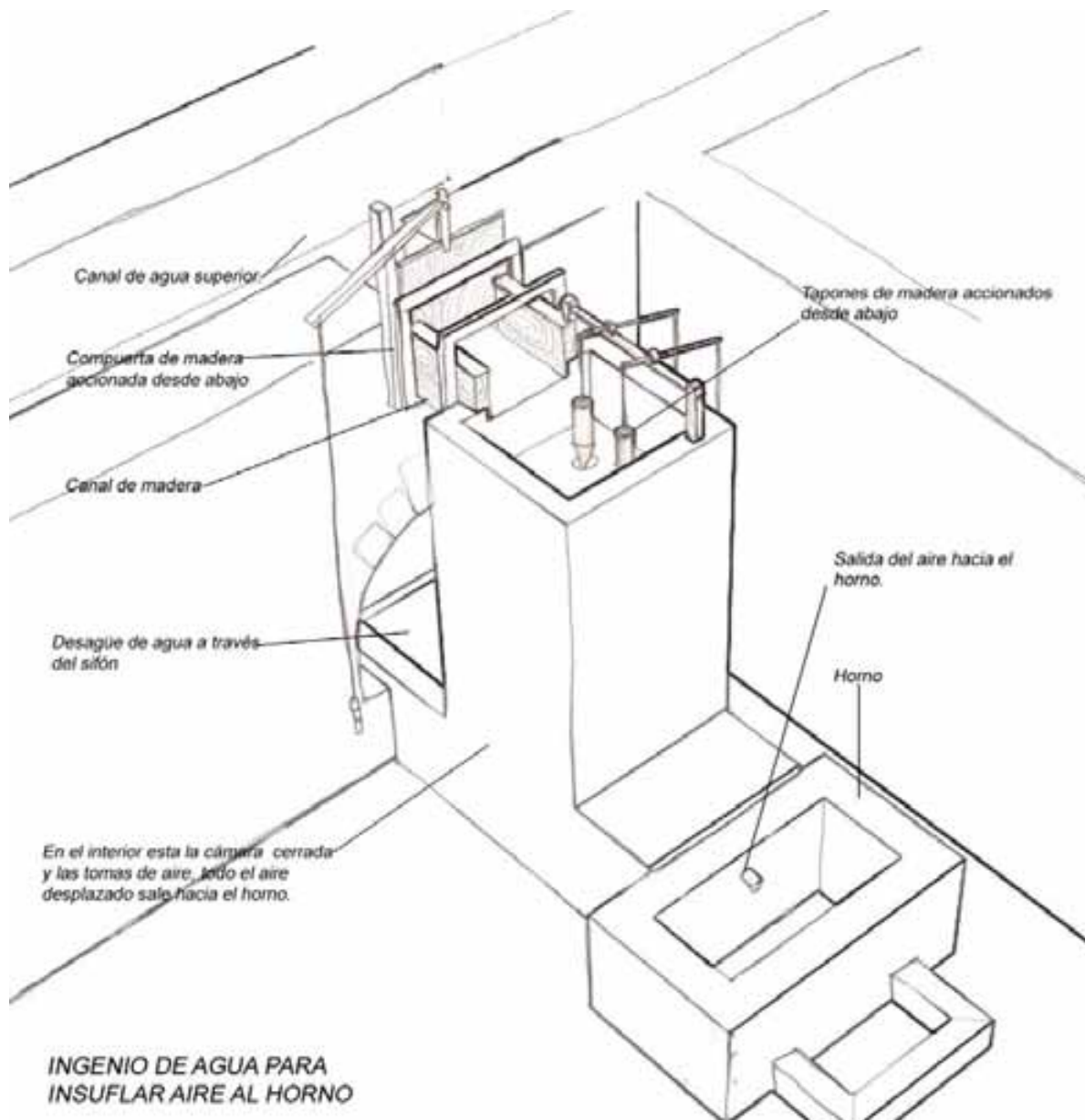
<sup>178</sup> **Ignacio González Tascon**, *op.cit* pág. 308

<sup>179</sup> **López Bravo Álvaro de la Cruz, Lee Whiting Thomas A**, *op.cit.* págs.317-325

<sup>180</sup> *Sin embargo, se alcanzaban los 1300-1400 grados de temperatura, y se necesitaban unas 5 ó 6 horas para separar el hierro de los residuos en Iraeta Usabiaga Ainara, EL PROCESO DE PRODUCCION DEL HIERRO en Euskonews no 87, Eusko Ikaskuntza, España 2000, págs. 1-12*

<sup>181</sup> El quintal corresponde aproximadamente a 45 kilos por lo que cada 4.5 ton de hierro requerían 20 ton de carbón





La trompa de aire aprovecha el principio de Bernoulli para generar una corriente de aire en el horno que está cargada de humedad ya que la corriente de aire desplazada por el agua se carga con esta y después por medio de un conducto desde la cámara interior pasa al horno, para más detalles ver el corte siguiente.

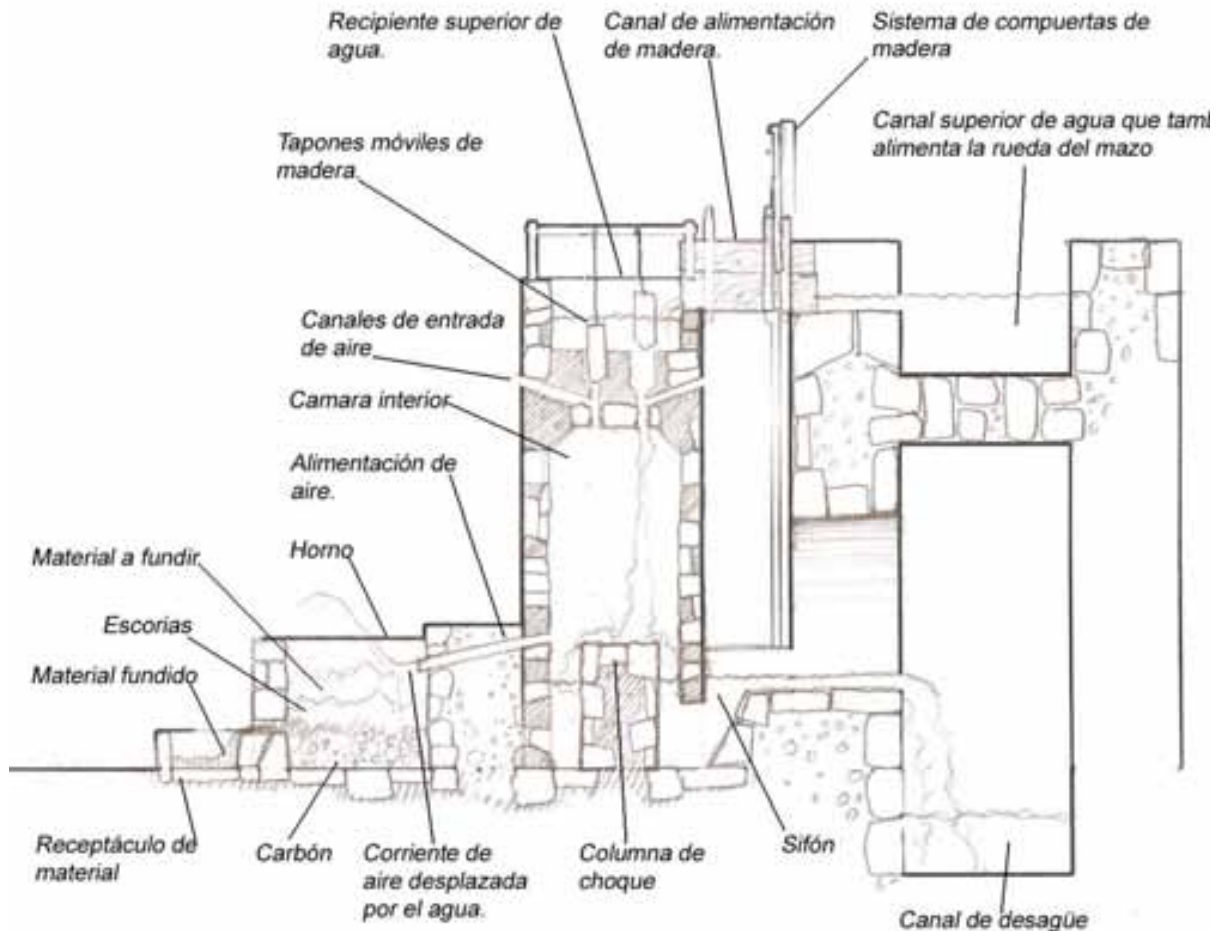
**Imagen Tarsicio Pastrana**

Al terminar la reducción el metal se encontraba en el fondo del crisol en formas irregulares y en estado blando por el calentamiento, de este sitio se sacaba para llevarlo al mazo con el mazo se terminarían de liberar las escorias que todavía pudieran existir y se compactaría el mineral para obtener las barras de hierro.

El mazo estaba formado por una rueda motriz el eje de transmisión, el brazo y la cabeza; la rueda se encontraba en el túnel hidráulico y de igual forma que la rueda de los fuelles su eje se cargaba en el muro extremo y después en el muro común, atravesando este último para ingresar en la sala de trabajo, el eje se apoyaba en su extremo en el interior de la sala de trabajo, este eje dependiendo del tamaño de la cabeza del martillo tenía que ser más robusto que el que transmitía el movimiento a los fuelles.



El martillo era una pieza de vital importancia dentro del proceso de fabricación de las herrerías, pues servía por una parte, para separar el hierro de las escorias, ya que estas van incrustadas dentro de la masa y a base de golpes sucesivos del martillo se compactaba dicha masa de hierro y se separaban las escorias, y por otra realizaba el desbaste y estirado en barras; finalmente se usaba para dar a estas barras la forma definitiva.<sup>182</sup>



INGENIO DE AGUA PARA  
INSUFLAR AIRE A LOS HORNOS

Corte de la trompa de aire, se puede observar los conductos superiores por los que circula el agua, los conductos laterales por los que entra el aire, la cámara donde choca el agua con la columna y los conductos de salida de aire y de agua, **imagen Tarsicio Pastrana**

El eje de madera tiene aproximadamente 5 a 6 metros de longitud y 60 cm. de diámetro para elegir la madera se escoge un árbol resistente dependiendo de las maderas de cada región y se corta en la época de secas para evitar que el tronco tenga humedad en extremo, se deja reposar con corteza durante 5 a 6 meses para luego darle forma y trabajarlo<sup>183</sup>.

En el extremo opuesto al de la rueda se ubicaban unas levas, las cuales tenían que ser de fierro y se incrustaban a razón de 4 en cada cuadrante de la circunferencia del eje, la manera mas funcional de hacerlo era por medio de una pieza realizada a la medida, esta pieza rodeaba toda la cabeza del eje y en cada cuadrante salían las levas de fierro consiguiendo 4 percusiones por giro, existían también los de dos percusiones por giro.

<sup>182</sup> **Morís Menéndez Valdés Gonzalo**, *INGENIOS HIDRAULICOS HISTORICOS MOLINOS, BATANES Y FERRERIAS en Ingeniería del Agua. Vol. 2 No. 4*, Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación E.T.S- Ingenieros Industriales de Gijón, Universidad de Oviedo, España 1995, págs. 14 y 15

<sup>183</sup> *Ibid.* págs. 14-15



El mango del martillo se hacía con las características similares a las del eje aunque de menor tamaño de unos 3 a 4 m y 40 cm. de diámetro con un apoyo al centro para hacerlo basculante, el apoyo del centro se hacía de manera que pudiera centrarse el martillo para ubicarlo en el área precisa del golpeo de las levas, con dos muretes a manera de poyos con canal al centro en el que entraba una pieza de fierro que se ubicaba al centro del mango del martillo, esta pieza hacía en forma de anillo con dos cilindros que salían en extremos opuestos descansaba en los canales de los muretes, en los extremos de estos canales se ubicaban cuñas que permitían el centrado.

El extremo del mazo que daba hacia las levas era reforzado por cinchos de fierro para que recibiera el golpeo de las levas por medio de este golpeo y el efecto basculante se provocaba un movimiento de martilleo en el extremo opuesto al del eje se insertaba la cabeza del martillo por medio de cuñas, algunas cabezas llegaban a pesar hasta 700 kilos<sup>184</sup>, en su estado de reposo la cabeza del martillo descansaba en un yunque de fierro ubicado en el suelo el cual tenía la altura correspondiente a una mesa de trabajo para que el Ferrero de pie pudiera trabajar las piezas con el golpeo del martillo. La pieza del yunque era una pirámide de fierro invertida que se incrustaba en otra pieza de madera para darle la altura requerida.

A mayor peso del martillo mas fuerza en el golpe, cuando la leva golpeaba el mango este se levantaba y después cuando la leva dejaba libre el mango este caía con la fuerza de su peso sobre el yunque donde el Ferrero colocaba el material caliente para darle forma, la habilidad del Ferrero tenía que ser alta para evitar accidentes en el uso del martillo.

En contra parte si se quería aun golpeo mas rápido se recurría a disminuir el peso de la cabeza del martillo y a aumentar las levas en el eje en caso de tener 4 levas el golpeo era de aproximadamente 120 percusiones por minuto, lo cual en algunos casos no era suficiente para trabajar el Hierro antes de que se enfriara, los mazos mas pequeños con 6 levas llegaban a 180 golpes por minuto suficiente para trabajar de manera rápida el metal caliente. En esta categoría entraba el martillo de la ferrería de Chicomuselo ya que en las excavaciones arqueológicas se encontró la cabeza con un peso de 90 kilos.

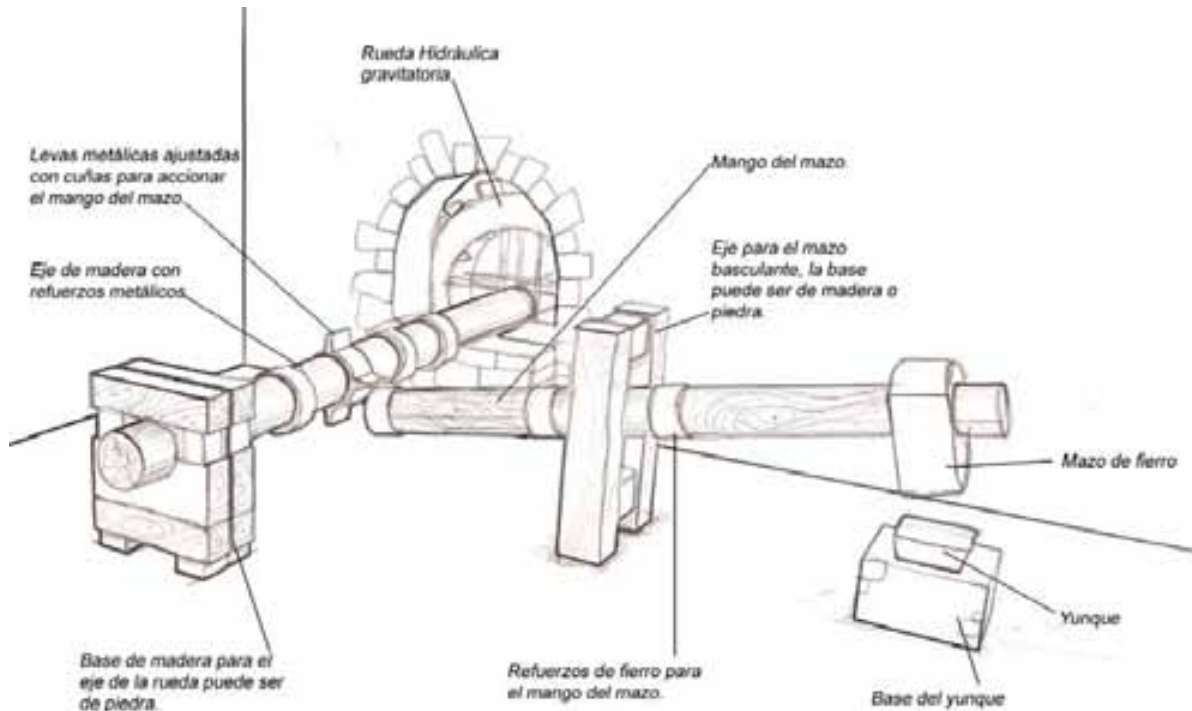
El operario llevaba el metal aun caliente y le daba forma por medio de los golpes de martillo, obtenía barras y lingotes que después eran enfriados para llevarlos con el herrero que tendría un horno o fragua este no requiera de altas temperaturas ya que la temperatura es diferente para trabajar el fierro que para fundirlo estos serian los dos establecimientos en los que se divide el trabajo en hierro en la región vasca.

Se dividían las ferrerías en dos, las mayores y las menores, en las mayores se obtenían el fierro a partir del mineral virgen y se le daba forma de barras, placas o lingotes, en las menores se le daba forma comercial al fierro y se trabajaba en herramientas y utensilios. Ya que las ferrerías menores no necesitaban de reducir el mineral sus hornos son menos complejos y requieren de menor infraestructura.

---

<sup>184</sup> El tamaño del martillo revela la cantidad de energía necesaria para levantarlo, las ruedas de las ferrerías eran generalmente de gravedad ya que esta es la forma de mantener constante el empuje y poder mover los martillos "el martillo de Agorregi tiene un peso de 700 kilos, razón por la cual se necesitan grandes cantidades de agua para ponerla a trabajar. Este martillo se destinaba a la pasta de hierro candente, lista para la fabricación de cualquier tipo de herramienta, que luego se llevaba a las pequeñas ferrerías". **Usabiaga Ainara Iraeta**, *op.cit.* págs.1-12





**MARTILLO HIDRAULICO, MARTINETE  
O MAZO DE FIERRO.**

Por último se debe de completar la descripción del sistema hidráulico ya que los depósitos que se ubicaban sobre el área de trabajo tenían que tener válvulas para obturar la circulación del agua desde el interior del área de trabajo.

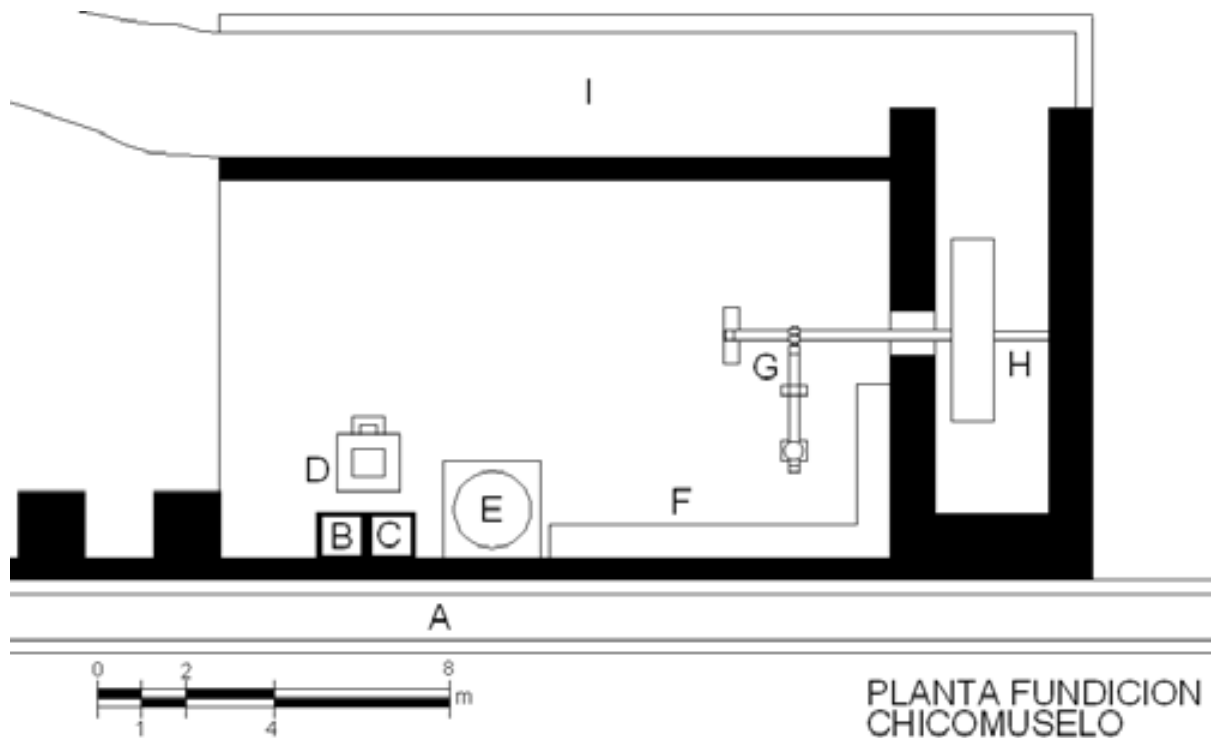
Esta era la única manera de detener las maquinas interrumpiendo el flujo del agua sobre las ruedas, para lo cual se construían compuertas sobre las ruedas que se accionaban por medio de palancas y cadenas desde el interior de la área de trabajo, para tal efecto el depósito en algunos casos se construía de madera sobre el túnel hidráulico con las salidas del agua en su parte inferior para alimentar las ruedas por gravedad, esta construcción tenía que hacerse cuidando que el canal de madera que a su vez era el depósito no tuviera fugas entre sus componentes.

En varias regiones de España principalmente en Oviedo al canal superior que fungía como depósito se le llamaba banzao, y se apoyaba entre los dos muros que contiene el túnel hidráulico, las ruedas se ubicaban en la parte baja de este depósito, se hacían al igual que las de otras maquinas hidráulicas con madera tratada para resistir la humedad y elegida entre las especies regionales que soportaban mas el trabajo físico, la madera tenía que ser dura y resistente a la humeada.

Las ruedas se construían de 1.5 a 2 metros de diámetro y de hasta 25 cm. de espesor con lo que tenemos las dimensiones del túnel hidráulico estaban dadas por las ruedas que recibirían el agua desde la parte alta, es importante notar que la mayoría de las ferrerías tendrán un canal superior con un orificio para dejar pasar el agua hacia abajo.



## e. Arquitectura de las ferrerías.

PLANTA FUNDICION  
CHICOMUSELO

Planta de La fundición colonial de Chicomuselo reconstrucción realizada en base a la interpretación de los datos en el artículo *la Fundición Colonial de Chicomuselo*, en el cual se describen los vestigios encontrados y sus dimensiones.  
**Imagen Tarsicio Pastrana**

Con letras están marcados lo locales que tienen que ver con el proceso productivo y en el orden en el que participan en este proceso:

- A. Acueducto elevado a 4.5 m sobre el nivel del área de trabajo
- B. Trompa de aire que desagua al mismo lado del acueducto
- C. Trompa de aire que desagua hacia la pileta de lavado
- D. Horno que funciona con el aire inyectado por medio de las trompas de aire
- E. Pileta de lavado
- F. Pretil de trabajo
- G. Martillo hidráulico
- H. Rueda hidráulica gravitatoria
- I. Canal de desagüe de la fundición

En Chicomuselo la parte Sur del área de trabajo es ocupada por el martillo hidráulico, las trompas de aire reducen el área que tendría que ser destinada a los barquines interesante es el doble canal uno para suministro y otro diferente para desagüe, aprovechando la pendiente natural del terreno, otro aspecto importante es la circulación del agua entre un canal y otro y en esa transición la ubicación de la rueda hidráulica.





#### 4. La máquina de los minerales

##### a. Introducción

La ingeniería hidráulica como aplicación tecnológica, tuvo un campo fértil en la minería, al ser esta una de las actividades más remuneradas y productivas en Nueva España, fue campo fértil para desarrollar la ingeniería como una herramienta para aumentar la producción y así aumentar las ganancias.

La minería y el beneficio de los minerales provocó un desarrollo tecnológico en la que Nueva España contribuye derivado de las aplicaciones y los ensayos producidos por la práctica a gran escala a muchas modificaciones y aplicaciones más eficientes de los métodos existentes, como el método de patio que si bien no fue creado en su totalidad en Nueva España si fue desarrollado y perfeccionado para su aplicación a gran escala en las haciendas de beneficio de la región de Pachuca por Bartolomé de Medina.<sup>185</sup> Siendo este uno de los primeros hispanos que desarrollan sus conocimientos de ingeniería en Minas Mexicanas.

Es la minería por razones obvias uno de los campos que debido a lo complejo de su situación en tierras Novo hispanas permite el desarrollo de la ingeniería, tres son los aspectos fundamentales en el desarrollo de la mineral y que propician el desarrollo a su vez de ingenieros mexicanos, la baja ley de los minerales en Nueva España, el desagüe de las minas y la molienda de los minerales.<sup>186</sup>

En cuanto al desagüe fundamental para aumentar el tiempo de vida de una mina, para rescatar minas abandonadas y para aumentar la producción, fue una aplicación de la ingeniería hidráulica básicamente, este factor sintetiza la actividad del ingeniero, las minas representaban diferentes problemáticas que se resolvían con diversas soluciones, dentro de este rubro encontramos el desagüe por tornos, por bombas tipo sifón, por galerías, por norias y por sistemas mixtos en donde más de una de las soluciones presentadas eran aplicadas.

Por poner un ejemplo las galerías requerían de la excavación de un socavón que llegaba a la mina desde una cota de terreno inferior, por este se desaguaba la mina, en la actualidad realizar correctamente un trabajo de este tipo requiere de instrumental de precisión que no existía en la época o que de existir su similar era mucho menos preciso la inversión de recursos en el rescate de una mina se veía recompensado con las ganancias que se podían obtener de ella.

En lo relativo a la molienda encontramos diversas aplicaciones tendientes a mejorar el proceso de reducción del mineral. En primer lugar dos máquinas hidráulicas funcionaban como molinos para la molienda de minerales, los de arrastre que funcionaban por medio de un rodezno, y los de piones que funcionan con rueda vertical gravitatoria, mucho más comunes que los

---

<sup>185</sup> **Sánchez Gómez Julián**, *LA MINERIA EN TECNICA E INGENIERIA EN ESPAÑA TOMO 1 EL RENACIMIENTO*, Real academia de ingeniería, Prensas universitarias de Zaragoza, Institución Fernando el católico España 2004, pág.469 *Aunque es preciso decir que si el procedimiento era conocido su entrada en la historia y en el proceso económico se produce en Nueva España donde pasa de ser una mera curiosidad a aplicarse a escala importante. Además, fue también allí donde se produjeron todos los perfeccionamientos e innovaciones que lo idearon adaptable a minerales o circunstancias ambientales muy diferentes hasta que a fines del siglo XVIII Von Born lo reintrodujo en Europa central.*

<sup>186</sup> **García Mendoza Jaime**, *DOS INNOVACIONES AL BENEFICIO DE PLATA POR AZOGUE* en *Revista de Estudios de Historia Novohispana* N° 19, Instituto de Investigaciones Históricas UNAM, México 1999, págs. 133-143.



primeros, ambos con el fin de triturar al mineral actividad fundamental en el método de patio para el beneficio del mineral.

Para resolver la problemática derivada de la baja ley de los minerales encontramos el método de patio perfeccionado a partir del método de canoas de Bartolomé Median que permitía el beneficio de plata de yacimientos de baja ley categoría en la que entraban la mayoría de las minas mexicanas.

En resumen la ingeniería hidráulica se utiliza en el diseño de maquinas de desagüe, para mover molinos de trituración y maquinas para facilitar las mezclas en el proceso de patio, el agua también es utilizada dentro de otros pasos del proceso, en las mezclas de los lodos durante la amalgamación, para el lavado del mineral y en algunos casos, compartiendo elementos con la ferrería para provocar aumento de temperatura dentro de los hornos cuando la fundición era el método de reducción, en otros casos donde los hornos no funcionaban por agua, aunque en menor escala las ruedas hidráulicas a modelo de las ferrerías podían utilizar fuelles. También aunque en menor escala el agua permitía la excavación en las minas especialmente en los terrenos que son fácilmente erosionables.

Siendo la minería la actividad mas lucrativa de la Nueva España no es raro pensar que de la misma manera en que se generaron ingresos extraordinarios, estos mismos ingresos podían ser puestos en servicio de la producción minera, las aplicaciones tecnológicas que se dividen fundamentalmente en dos ramas principales, las aplicaciones como parte del proceso normal de beneficio del mineral el cual comprendería los molinos y los sistemas para el beneficio entre los que se encontrarían los hornos, y en otro apartado los sistemas para mantenimiento y reapertura de minas.

En cuanto a los actores de la minería mexicana que trascendieron por sus aplicaciones a nivel mundial podemos encontrar al mismo Bartolomé Medina con el método de patio y ya en el ocaso del virreinato a Andrés del Río el cual es recordado a nivel mundial por el descubrimiento del Vanadio ambos hombres producto de una actividad que ha sido y sigue siendo de alto beneficio para México.

Por ser la minería una actividad que reúne varias aplicaciones hidráulicas se hablará en primer lugar de manera breve del panorama general de la minería virreinal y después se tratara el tema por cada uno de los ingenios mencionados, en los que conservaremos la estructura que hasta ahora se ha utilizado para tratar cada ingenio.

## **b. Historia de la minería.**

La actividad minera en el mundo comenzó desde el momento en que los materiales se tenían que extraer del subsuelo, no era lo mismo recoger materiales a cielo abierto que fue una de las actividades que se hicieron de manera primitiva para aprovecharlo por medio de transformarlas. La mina requiere de un trabajo extractivo, aunque al principio se cavara sobre la superficie y estas excavaciones fueran superficiales esta trabajo ya puede ser considerado como minería, los metales esencialmente eran buscados en una primera etapa para ser trabajados y en esa etapa primitiva el mineral se trabajaba de manera directa, traspasando las técnicas de trabajo de la madera y la roca a los minerales.<sup>187</sup>

<sup>187</sup> Sánchez Gómez Julián, *op.cit.* pág. 442



El descubrir que a diferencia de una roca el mineral podía calentarse para fundirse y ya en este estado moldearse permitió el diseño de armas y herramientas, el siguiente gran descubrimiento fue la fundición de minerales y la separación del mineral en estado puro, con esto el hombre dejo de depender de las fuentes del mineral en estado puro que eran escasas y comenzó a separar los minerales que se encontraban combinados con otros en la naturaleza, esta necesidad de obtención del mineral para la producción de minerales en estado puro y posteriormente su trabajo aumento las necesidades de recolectar mas materiales, es cuando el hombre comienza a excavar túneles para obtenerlo.

Los túneles tenían que ser cada vez mas profundos con la complejidad tecnológica que representaba cavar un túnel de estas características, es cuando se comienzan a aplicar elementos auxiliares para la explotación de las minas.

En España existe el sistema minero de las medulas, el cual fue explotado desde épocas muy antiguas, alcanzando su época de mayo explotación con los Romanos. Las medulas representan un sistema cuyo principal atractivo es la erosión de los materiales por medio de corrientes de agua, mostrándonos un sistema de explotación basado en la ingeniería hidráulica.

La circulación de agua a través de diferentes zonas provocaba túneles que servían para explotar el mineral, estas corrientes de agua se recuperaban en la parte baja del sistema donde se exploraba para encontrar en esta agua rodada los minerales, este sistema y su explotación intensiva a lo largo del tiempo provoco la transformación del paisaje de una manera impresionante siendo en la actualidad esta transformación el principal atractivo de la región<sup>188</sup>.

La ingeniería hidráulica se encuentra presente en el modo de manejar el agua, haciéndola circular por las zonas requeridas, creando obras hidráulicas de almacenamiento canalización, conducción y represas donde llegaba el agua y se asentaban los materiales necesarios. Aunque el motivo principal de este trabajo es las maquinas hidráulicas y su arquitectura cabe la mención a esta ingeniería hidráulica utilizada en la explotación de minas.

Por otra parte la minería se desarrolla en Europa de manera lenta, es hasta el renacimiento cuando la demanda de minerales cada vez es mayor por lo que comienza un desarrollo de técnicas añejas que tienen que ser mejoradas para aumentar los niveles de producción. La mayoría de las minas mas productivas de Europa se encontraban en la región central, más cercanas a Europa oriental y a la zona de los países bajos y Germania, no es de extrañar que los primeros ingenieros se desarrollaran en esa zona y después ya bajo el amparo del imperio español viajaran por las diferentes zonas mineras.

En España en 1555, se descubre la mina de Guadalcanal, por ordenes de Felipe segundo se trasladan a ella especialistas de todos los rincones del imperio de Italia, de América y de Flandes, con lo cual en el mismo sitio se ensayan y perfeccionan técnicas aprendidas e implementadas en todo el mundo, se trata de instaurar el método de patio importado de Nueva España, se colocan bombas de achique con los últimos adelantos de funcionamiento, los hornos ya son mejorados derivados de la experiencia de funcionamiento principalmente en el nuevo mundo.

---

<sup>188</sup> **Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores)**, *op.cit.* pág. 302, En algunas ocasiones cuando los terrenos que contenían el oro no eran muy consistentes se utilizaban los mismos procedimientos de derrumbe que los hispanorromanos emplearon en el bierzo leones en las medulas y en otros lugares descritos con detalle por Plinio el viejo en su historia natural.



Es Guadalcanal el lugar donde las técnicas de todo el mundo de la minería en el siglo SXVI convergen y se perfeccionan, cuando la mina decae en producción los especialistas que tuvieron oportunidad de incrementar los conocimientos comienzan a viajar a otras partes entre ellas a Nueva España este fue el laboratorio de la minería española en el siglo XVI.

### c. minería en Nueva España

De la época prehispánica en lo que ahora es México se tienen fuentes de la época de contacto que hablan de minas explotadas por los naturales, más interesante y que han arrojado mayor información están las exploraciones arqueológicas que se han hecho en regiones donde existían minas desde antes de la llegada de los españoles, como es el caso del bajo río Balsas y la sierra de Querétaro, lo que ha permitido por medio del hallazgo de múltiples objetos reconstruir como se explotaban las minas, como herramientas auxiliares en la extracción se contaban con martillos de piedra con mangos de madera, navajas de obsidiana, puntas de hueso, cucharones de barro y cuñas de madera entre otros.

Los túneles se iluminaban con teas de ocote y brea, los utensilios para la recolección eran bandejas de barro, canastos y cuerdas para la elevación de los mismos, para la trituración y separación de minerales había molinos a manera de morteros de piedra que se adosaban a las paredes de la mina o se construían móviles, esta operación ya se podía realizar en el exterior de la mina, además de múltiples objetos asociados a los mineros, vasijas de barro, dioses pequeños de barro y piedra entre otros<sup>189</sup>

En cuanto a las técnicas eran muy similares a las que con ligeras variaciones se han utilizado y se siguen utilizando en el mundo con los mazos se golpeaba la roca hasta desprender un fragmento, con las puntas de hueso y las navajas de obsidiana, se podía trabajar en grietas y fisuras.

Los cucharones servían para recoger objetos del suelo o que se desprendían de la zona de trabajo, finalmente León Portilla menciona otro muy interesante, se calentaba la piedra y luego se dejaba enfriar, a este proceso se podía ayudar por medio de mojar la piedra la cual bajo el cambio brusco de temperatura se tronaba o se fisuraba, en estas se introducían cuñas de madera y después se mojaban para provocar la fragmentación<sup>190</sup>, en los lugares donde el clima lo permitía se perforaba y se metía agua en la perforación o la grieta que en la noche con el frío al congelarse provocaba la fragmentación.

El beneficio de estos minerales se hacía por fundición, aquí cabe mencionar un método utilizado en Sudamérica denominado guairas del quechua huayra que significa aire viento consistía en hornos portátiles del tamaño suficiente para poder ser movidos con facilidad que eran ubicados en la parte alta de los cerros para que el viento al circular a través de ellos favoreciera la combustión aumentara la temperatura y se obtuviera la separación de los minerales, similares en su principio de funcionamiento a las ferrerías de viento de las que se ha hablado en otros capítulos de este trabajo.

<sup>189</sup> León Portilla Miguel, *MINERIA EN MEXICO ANTIGUO en Artes de México* número 86 una visión de la minería, México 2007, págs. 8-17

<sup>190</sup> *Ibíd.* págs. 8-17



Cuando llegan los Españoles aprovechan estos conocimientos de ubicación y explotación de minas por parte de los indígenas para localizar yacimientos de los minerales que a ellos les interesaban, el descubrimiento de minas en Nueva España configuro el territorio y gran parte de su poblamiento, el avance hacia el norte se hizo en gran medida sobre los caminos que unían los centros mineros con la capital del Virreinato. las minas de oro y plata colaboraron en varios aspectos, en primer lugar en ellas se fundamento la economía del virreinato, después se crearon poblados que tenían que ser comunicados con la capital y posteriormente con el puerto de Veracruz, es de esta manera que se crean insipientes redes comerciales que tienen que fortalecerse por la circulación de productos y personas, los centros mineros favorecen la colonización que sin ese incentivo no hubiera sido tan rápido ya que al haber interés la gente se moviliza hacia los centros mineros, dentro de esta circulación de personas encontramos una fuerte inmigración de especialistas principalmente flamencos y germanos<sup>191</sup> que llegan para hacer operacionales las minas en nueva España esta circulación de tecnología también es propiciada por el descubrimiento de las minas.

Con el descubrimiento en la segunda mitad del siglo XVI de las minas zacatecanas el camino de tierra adentro tenía que unir de manera segura el centro del virreinato con las minas recién descubiertas, podemos dividir la fundación de ciudades a lo largo del virreinato en 4 tipos, el primero fue la refundación de ciudades utilizando los centros urbanos principales de las culturas prehispánicas aprovechando el sistema de pueblos y ciudades existentes que no solo eran físicos también estaban subordinados a señoríos que a su vez pagaban tributo a la capital de los Mexicanos.

El segundo fue bajo la necesidad de fundar ciudades de españoles separadas de ciudades indígenas, estos casos los encontramos en las ciudades de Puebla y la de Morelia creadas en la región de influencia de dos ciudades con tradición fuertemente indígena, Tlaxcala y Patzcuaro respectivamente, cabe mencionar que este sistema se utilizo de manera temprana en toda la región mesoamericana.

El tercero lo encontramos con el sistema mixto de misión presidio con el cual se avanzo hacia las regiones del septentrión muchas de las fundaciones de misiones y presidios dieron origen a ciudades que se iban consolidando después, hasta estos 3 encontramos ciudades trazadas con cuidado bajo los preceptos urbanísticos en boga y que se pueden ver con mas detalle en las cartas de Felipe Segundo, con dotación de servicio obras de infraestructura planeadas separación de barrios etc.

En todas las regiones del virreinato existió otro tipo de fundación derivada de los descubrimientos mineros, estas generalmente se encontraban en zonas inaccesibles y en muchos casos lejos de las líneas de poblamiento que se han mencionado en los otros 3 casos estos descubrimientos y todo lo que conlleva su funcionamiento determino regiones enteras y aceleró el avance hacia ciertas zonas configurando zonas completas.

Una región minera se desarrollaba alrededor de la zona donde las minas existían, de esta forma la creación de ciudades rompía los esquemas establecidos urbanísticamente, las calles se adaptaban a la orografía debido a que las minas y sus comunicaciones entre ellas eran los ejes rectores de este desarrollo urbano las primeras casas eran las de los trabajadores de las minas las cuales se acomodaban junto a las veredas y donde la accidentada orografía lo determinaba, bajo estas circunstancias se creaban los núcleos de población mineros.

<sup>191</sup> Sánchez Gómez Julián, *op.cit.* pág. 450



Un elemento adicional del que se hablara mas adelante eran las haciendas de beneficio que eran los establecimientos encargados de la obtención del mineral en su estado mas útil, estas haciendas tenían que encontrarse cerca de la mina, por lo general y en un inicio se ubicaban en cercanía de las minas posteriormente se desarrollaban los poblados en torno a las minas y a las haciendas continuando con las directrices ya mencionadas, los caminos entre los poblados y la mina así como el trayecto de la mina a las haciendas de beneficio seguirían siendo los ejes rectores, esto le da la imagen que ahora conocemos de los centros mineros principales por poner algunos ejemplos encontramos Taxco en Guerrero y la ciudad de Zacatecas en el estado del mismo nombre.

Adicional a esto crecían otras ciudades y poblados que ubicados en zonas menos accidentadas desarrollaban industria y actividades agropecuarias que servirían para proporcionar los insumos de consumo necesarios en cualquier ciudad y que debido a las características del terreno que hemos mencionado no podían estar cerca de las minas, de este proceso se obtienen las configuraciones regionales, con ciudades mineras, ciudades proveedoras de insumos y caminos entre ellas, al ser zonas prosperas encontramos haciendas de diversos tipos, poblados mineros, ciudades proveedoras caminos y pueblos intermedios, este es el escenario principal del desarrollo de la ingeniería hidráulica aplicada en la minería que descansaba en los factores ya mencionados y que se incentivaba por los recursos aplicados por los dueños de las minas para aumentar las ganancias.

José de la Borda en Zacatecas efectúa un rescate que maravillo a sus contemporáneos y que le valió que lo denominaran el mejor minero del mundo<sup>192</sup>; dentro de las descripciones de las acciones que podemos encontrar esta la construcción de una mina de beneficio llamada la sauceda la compra de otra hacienda para tener grano para alimentar a sus trabajadores, la compra de otras haciendas de beneficio para incrementar la capacidad productora y la construcción de maquinas para el desagüe de las minas.

Se debe de recordar que José de la Borda llega a Zacatecas a rescatar minas que ya habían sido explotadas y que encontraban anegadas, las minas viejas eran por lo general muy profundas y se encontraban con el problema de inundarse constantemente al abandonarse las minas el nivel freático tomaba su nivel y la mayor parte de la mina quedaba bajo el agua lo importante de estos datos es que nos permiten imaginar la infraestructura que requería una región minera para funcionar, de esta infraestructura obtenemos el porque de estas ciudades y regiones, de la ingeniería aplicada a cada caso hablaremos mas adelante en esta sección.

En este panorama general se desarrollo la minería en Nueva España hago énfasis en que esta actividad al ser la primera generadora de exportaciones podía invertir muchos recursos en sus mejoras productivas dentro de estas encontramos gran parte de la ingeniera hidráulica, y sobre todo el diseño de maquinas que permitían facilitar los procesos mencionados a continuación describiremos los procedimientos de extracción y de beneficio.

---

<sup>192</sup> **Brading David A**, *LA PLATA ZACATECAS EN EL SIGLO XVIII en Artes de México numero 86 una visión de la minería*, México 2007, págs. 20-31



#### d. métodos de extracción

En primer lugar el camino que recorría el mineral desde su extracción hasta su beneficio era por los caminos y a lomo de mula, la extracción se hacía por medios conocidos y después se cargaban las recuas que eran llevadas a las haciendas de beneficio. Así describe el virrey Mendoza, Marqués de Montesclaros, el trabajo de la plata y el azogue en Potosí a comienzos del siglo XVII:

*“Tienen estas minas sus escalas o caminos desde la superficie a la profundidad, i por allí suben los indios las piedras en hombros, del metal que otros compañeros han despegado a punta de barreta, en cotamas, que son costales de pellejos a modo de zurrones; i en llegando arriba, ponen la carga que sacan de una vez en montones diferentes: a cada uno de éstos llaman mita, i al lugar donde los van asentando, cancha. De estas canchas se lleva el metal a los injenios, cargado en carneros de la tierra”.*

Aunque la descripción que estamos colocando se ubica en el virreinato del Perú el procedimiento era muy similar en México, las excavaciones se realizaban en primer lugar a cielo abierto, en una primera etapa, la cual se transformaba poco a poco en un sistema de túnel vertical con galerías horizontales, para realizar el ascenso y descenso del material se utilizaba un sistema de escaleras de muesca que se ubicaban en el tiro, a cada distancia se colocaban plataformas de madera para el descanso de los mineros que subían por las escaleras con el mineral.

Estos descansos podían limitarse a únicamente un madero atravesado, en la pared de la galería vertical se ubicaban descansos también excavados en el muro, el tenatero subía con un costal de mineral a sus espaldas que llegaba a pesar hasta 120 kilos, las escaleras no se encontraban alineadas, se alternaban con los descansos a uno y otro lado del tiro, de esta manera si alguno se caía no llegaba hasta el fondo de la galería lo que le hubiera ocasionado la muerte.

Una vez que el tenatero subía con el costal lo depositaba en las áreas correspondientes, en la parte superior se hacía un triturado previo de las rocas y se separaba el mineral, el de alta ley se iba directo al horno de fundición, el de baja ley se llevaba a beneficiar, esta actividad denominada pepena se realizaba en los patios de las minas en esta actividad era común encontrar empleadas mujeres, que se limitaban a realizar el separado de los minerales.

El transporte del mineral hacia las haciendas se hacía en recuas de mulas, por lo que los propietarios de minas que por consiguiente tenían haciendas de beneficio en cercanía de las miasmas invertían cantidades de dinero importantes en tener en buen estado los caminos, los cuales eran una extensión del proceso productivo que se realizaba en el interior.

#### e. Métodos de refinación

##### Método de fundición

Es el primer método que se utiliza en Nueva España, este se venía utilizando desde la edad media y como hemos visto con anterioridad es un método muy antiguo siendo la fundición de metales el primer método utilizado por el hombre, en la época de contacto y durante la primera mitad del XVI este fue el método a utilizarse.

En primer lugar se fundía el mineral que contenía la plata, esto se hacía en hornos diseñados para tal fin el mineral de plata era ubicado en el horno junto con plomo, este mineral lograba



una fusión con la plata la cual se lograba a la menor temperatura posible, al final de esta primera hornada se tenían piezas de una aleación entre la plata y el plomo.

Para eliminar el mineral de plomo del de la plata se colocaban en hornos mas pequeños que tenían que tener una corriente constante de aire, esto se lograba de dos maneras, por medio de fuelles o por medio de las trompas de aire ambas descritas en la sección de las ferrerías, y también ambos considerados ingenios hidráulicos antes de describirlos con mas detalle se tiene que aclarar que la función de insuflar aire en el horno permite que el plomo se oxide de esta forma se separa de la plata en forma de escorias porosas, la plata forma unas piñas que son separadas y que pueden fundirse para darles la forma deseada.

*Traída la piedra de las minas a las labores o casas de fundición, la lavan la quiebran con martillos , la muelen con una rueda como molino de aceite, la funden o derriten en el horno grande, sale un aplancha grande de plomo; esta, hecha pedazos , la funden o afinan en hornos pequeños, donde , derretida se va a derramando la escoria o greta y cae al fondo la plata; ya cuando tiene poca escoria, a lo ultimo, se limpia de repente aquella masa derretida sin tener encima ninguna de las manchas que antes tenia, quedando colorada y tersa, que es la señal de que esta a punto, y con esto sacan el tejó de plata, mas o menos grande, según la calidad de los metales. De la grasa o greta que arroja la plata, se vuelve a fundir y sacan plomo<sup>193</sup>*

La descripción del Fraile Ajofrín sobre las minas de Sumatlán en nueva España va acompañada de un dibujo muy interesante que nos muestra una hacienda de beneficio que utilizaba el método de fundición para procesar el mineral, otro dato interesante es que dentro de todos los hornos representados gráficamente se encuentran los dos tipos de hornos que requieren del agua para su funcionamiento, los hornos de fuelles los cuales son movidos por ruedas hidráulicas y los hornos con beneficio de agua que por medio de la circulación de agua hacen también circular el aire ambos son descritos con mas detalle en la sección correspondiente a las ferrerías.



En este dibujo se observan varios tipos de hornos, lo interesante es la especificación de hornos con ingenio de agua, los de barquines no está especificados si también son hidráulicos, Leyenda:

*I. Hornos pequeños para afinar, q. llaman Galeme, con fuelles. II. Hornos con beneficio de Agua en lugar de Fuelle. III. Horno de Cobar. IV. Horno castellano. V. Tarjea por dónde viene el agua.*

**Imagen Dibujo de Francisco Ajofrin sobre los hornos de las minas de Sumatlán en el siglo XVI en Ingeniería Española en Ultramar**

<sup>193</sup> González Tascon Ignacio, *op.cit.* pág. 308





Para que se pudiera utilizar el método de fundición en la obtención de la plata el mineral tenía que ser de alta ley de lo contrario no se lograba la mezcla con el plomo ya que el contenido de minerales diferentes a la plata era mayor que la plata en si, por otra parte la infraestructura necesaria para beneficiar el mineral era mínima basándose en infraestructura hidráulica y la construcción de los hornos, en comparación con otros métodos que requerían grandes obras de infraestructura se podía empezar a procesar el mineral con inversiones muy mínimas.

Como desventaja principal se encontraba la gran cantidad de combustibles que se necesitaban para que funcionaran los hornos, generalmente la madera o el carbón no eran un recurso abundante en los emplazamientos mineros, de tener este recurso en cercanía las haciendas de beneficio que utilizaban el método de fundición desforestaban rápidamente la zona ya que los hornos no eran el único sitio donde se utilizaba la madera, el traslado de la madera tenía que hacerse de regiones alejadas lo que encarecía el producto. Finalmente se puede mencionar que la obtención del mineral era ineficiente porque gran parte de la plata se perdía en los subproductos, de hecho al implantarse otros métodos como el de patio se beneficiaron las viejas escorias obteniéndose plata que ya se había desechado.

### **Método de patio**

El método de patio se basaba en la amalgamación de los metales con otros para poderlo separar y tenerlo puro, se debe de recordar que la calidad de los metales en América no era muy buena <sup>194</sup> la baja ley del mineral provoco el desarrollo de otros métodos diferentes a los que se venían aplicando en Europa antes de aplicar de manera masiva la amalgamación.

Se tuvo una época temprana en la que el beneficio de los minerales se realizo por medio de fundición, para 1550 en las minas de Pachuca Bartolomé de Medina (1497-1585), sevillano, avecindado en esa región pone en practica la amalgamación a gran escala, aunque el método ya existía se le atribuye a Nueva España y particularmente a este personaje el desarrollo y su aplicación a gran escala, de Nueva España pasa a Perú y a España.

El nuevo método permitió extraer una mayor proporción de plata del mineral, lo que provoco la explotación de antiguas minas abandonas y nuevas vetas que antes se consideraban malas. El procedimiento de patio para el beneficio de minerales permitía la obtención de plata de materiales de baja ley, no es de extrañar que el método se desarrollara principalmente en América ya que muchas de las minas proporcionaban materiales con bajo contenido de plata, otra de las características regionales que permitió que este método se arraigara es el bajo consumo de combustibles comparado con el beneficio del mineral en hornos, el cual provoco una deforestación intensiva de las zonas boscosas en torno a los centros mineros, en otros casos los sitios donde se descubrieron las minas carecían de este recurso lo que provocaba que la leña y el carbón fueran un insumo caro y difícil de conseguir, el método de patio disminuía considerablemente el uso de combustibles para el horno el cual de ser actor principal del proceso pasaba a serlo secundario.

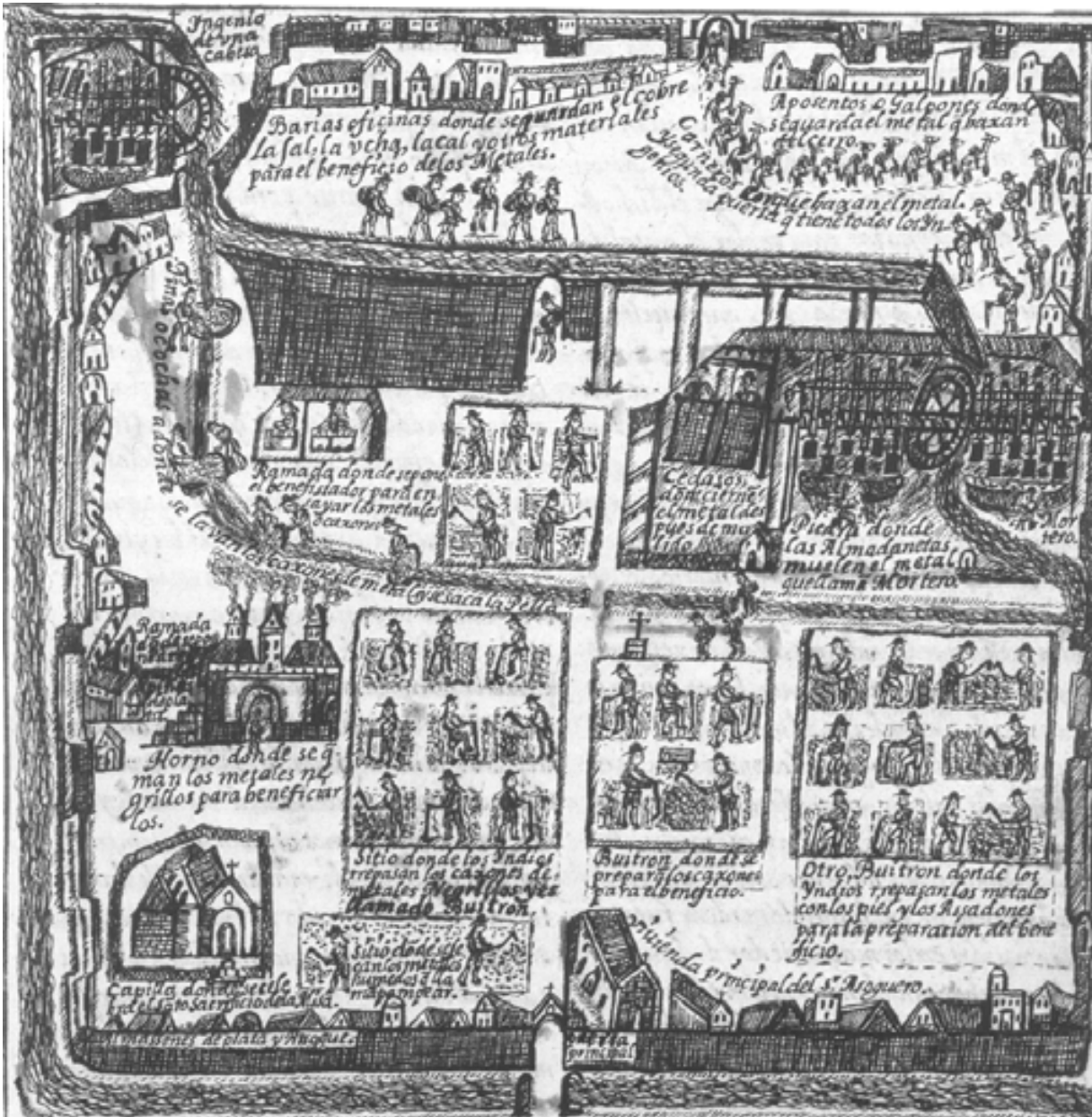
El proceso aprovechaba la capacidad que tiene el mercurio de fusionarse con la plata de esta forma y previa trituración de los minerales para que esta amalgamación fuera mas sencilla se separaba la plata y se obtenía pura no importando la calidad del yacimiento al final del proceso parte del mercurio podía ser recuperado y reutilizado. De su evolución de un sistema pequeño

---

<sup>194</sup> La cantidad de plata obtenida por metro cúbico de material era baja, a esto se le denominaba ley, los metales de mediana y baja ley no podían ser procesados por el método de fundición, ya que el material puro obtenido por ese método no era el suficiente para recuperar la inversión realizada.



que en un inicio se denominaba método de canoas al método de patio se encuentran más innovaciones que fueron incorporadas por los mineros mexicanos para aumentar la cantidad de mineral procesado<sup>195</sup>



Dibujo donde se observan todos los pasos del método de patio, en la parte superior la llegada del mineral a lomos de mula, la selección y posteriormente del lado derecho el molido con molino de almadenetos, a la izquierda del molino cernido y lavado del material, más abajo los cajones en el patio donde se mezcla el mineral molturado con el azogue operación llamada repaso la cual se hacía con los pies del lado izquierdo de los patos se encuentran los hornos donde se fundían las piñas obtenidas en el beneficio, algunos otros espacios son oficinas vivienda y capilla, además de que en la esquina superior izquierda un molino de una sola cabeza. **Imagen: ingenios mineraleros en la villa de Potosí Siglo XVIII Bartolomé de Arzans Orsua y Vela en Ingeniería española en ultramar**

<sup>195</sup> Principalmente el cambio radica en la eliminación de las cajas (canoas) para hacer las mezclas sobre la superficie enlosada de un patio, con esto se incrementa el volumen de la mezcla.



Del éxito de este método nos habla su vigencia de 300 años, todavía se seguía utilizando a mediados del siglo XIX hasta que otros métodos como el de cianurización lo fueron sustituyendo, otro aspecto distintivo en la elección de los métodos a utilizar tenía que ver con la cantidad de recursos que se podían emplear en la implementación de infraestructura para aplicar uno u otro método, esta claro que el método de amalgamación requería de gran inversión que quedaba circunscrita a las grandes haciendas de beneficio, propiedad de mineros con recursos económicos amplios, el método de fundición se siguió utilizando dependiendo de la ley del yacimiento y en haciendas de beneficio de menor producción.

Antes de mencionar y describir cada una de las partes de este proceso de obtención de la plata en donde los molinos hidráulicos tenían un papel importante se tiene que hablar de la materia prima para la obtención de plata por amalgamación el mercurio o azogue

Al popularizarse el método ya descrito el azogue fue el insumo mas importante por consiguiente, el mercurio se convirtió en el mineral maspreciado como insumo para la obtención de la plata, en dos lugares se extraía, en España en las minas de Almadén, en América en Huancavelica de espala provenía el mercurio utilizado en Nueva España ya que el de Huancavelica se uso para las minas del Potosí en el actual Bolivia esto permitió a la corona mantener el monopolio de la venta de mercurio hacia América dale un nuevo auge a la minería en Almadén cuya actividad y explotación a principios del siglo XVI era muy baja.

El mercurio se obtenía de las minas de cinabrio y requería de procesos peligrosos y complicados para su procesamiento, se debe de recordar la toxicidad del metal y su estado liquido a temperatura ambiente lo que propiciaba dificultades para procesarlo envasarlo y transportarlo, la ruta desde Almadén hasta la nueva España se cubría con recipientes especiales y complejos que tenían como objetivo su maniobrabilidad durante el largo trayecto y evitar las fugas del preciado componente; como primer paso se hacían bolsas de cuero que se ponían una dentro de la otra hasta sumar tres dentro de cada una de esta bolsas de cuero iban dos arrobas del metal, ( 23KG), estas bolsas de cuero se colocaban en barriles o cajas de madera que contenían un quintal ( 46KG) o quintal y medio por lo que cada barril o caja tendría en su interior 2 o tres bolsas de cuero, esto con el propósito de hacerlo manejable, el quintal o quintal y medio era el peso que un solo hombre podía manejar.<sup>196</sup>

El transporte se hacia en carretas o recuas de mulas en las zonas que correspondían a tierra, de Almadén a Sevilla, posteriormente en barco hasta Veracruz, donde se utilizaban carretas o recuas, mas común este segundo para llevarla a la capital y de ahí distribuirla. De la complejidad del transporte por tierra nos hablan los costos, que eran superiores en su transportación por tierra que en su viaje marítimo, el costo por tierra era de 5 pesos de Veracruz a México y de México a Zacatecas de 3 a 4 pesos, mientras que por mar era de dos a tres pesos por quintal<sup>197</sup>

El primer paso del método de patio era la molienda, era prioritario para poder realizar correctamente la amalgama que el mineral estuviera hecho harina, Joseph de Acosta en 1590 describe sobre el primer paso del método lo siguiente: *El metal se muele muy bien primero con los mazos de ingenios... y después bien molido el metal lo ciernen con unos cedazos de telas de alambre*<sup>198</sup>

<sup>196</sup> **Herrera Canales Inés**, AZOGUE Y PLATA UNA UNION FRUCTIFERA en Artes de México numero 86 una visión de la minería, México 2007,págs. 60

<sup>197</sup> *Ibíd.* pág. 60

<sup>198</sup> **Von Mentz Brígida**, TRABAJO, SUJECION Y LIBERTAD EN EL CENTRO DE LA NUEVA ESPAÑA, Miguel Ángel Porrúa-CIESAS, México 1999, págs. 194 y 196



otra crónica es la del virrey Mendoza, Marqués de Montesclaros, acerca del trabajo de la plata y el azogue en Potosí a comienzos del siglo XVII: *Ingenios son ciertas máquinas de madera cuyas ruedas, llevadas de golpe del agua, levantan unos mazos grandes, que por su orden vuelven a caer sobre el metal i le muelen hasta hacerle polvo; este polvo o harinas se van poniendo en hoyos cuadrados que llaman cajones,*<sup>199</sup>

Si el método de fundición requería de agua para accionar maquinas que ayudaban con los fuelles y las trompas de agua, el método de amalgamación requería de mayo infraestructura hidráulica, no solo para accionar las maquinas de molienda de las que estamos hablando, también como parte del proceso para lavado y mezclas como se observara mas adelante, por lo que la introducción del método nuevo repercutió en la incorporación de molinos y el modo de hacerlos funcionar.

Para finales del siglo XVI en Nueva España se encontraban 406 molinos de los cuales 167 eran hidráulicos y el resto de sangre la construcción de unos u otros dependía de la abundancia o carestía del recurso hidráulico, por ejemplo en la misma época en Zacatecas solo existían 65 molinos de mineral todos de sangre, mientras que en Pachuca había 59 molinos hidráulicos.<sup>200</sup>

Existían dos tipos de molinos hidráulicos para la molturación del mineral el de almadanetas y el de súchil o arrastre, el primero de ellos utilizaba el método de percusión el segundo por fricción en caso de no existir agua en abundancia como fue el caso de algunos centros mineros como Zacatecas se utilizaban los molinos de sangre al ser mas complejo el funcionamiento de los de almadanetas en caso de ser molinos de sangre se aplicaba los fuerza en molinos de arrastre. Otro tipo de mecanismo hidráulico del cual hablaremos mas adelante son unos molinetes a manera de revoladora que se utilizan en el lavado y separación de los lodos, según observaremos estos también podían ser accionados por ruedas hidráulicas, comencemos por los molinos de molturación.

### Molino de sangre

En el caso de los molinos de sangre que se utilizaban en lugares donde no existía el agua, tenían que basarse en una fuerza motriz diferente al agua su construcción y diseño estaba determinado por estos factores. Se colocaban sobre un patio enlosado un eje sobre el que giraba libremente un poste en cuya otra punta se encontraba una piedra que giraba sobre su canto, la prolongación del poste servia para ubicar la fuerza motriz, un animal de tiro, el patio enlosado servia como muela fija y la móvil trituraba a su paso el mineral que la losa evitaba que se perdiera en el terreno a este molino también se le podía construir un pretil para confinar el material molido, la evolución del mismo utilizaba un doble pretil, el primero de los cuales tenia el cedazo para que solo pasara hacia la zona de recolección el mineral con la granulometría adecuada aunque esta adaptación ya fue tardía se tienen fotografías de este tipo de mejora.

Dentro de las crónicas del padre Ajofrín encontramos la descripción muy escueta de uno de estos molinos relacionándolo con los molinos de hacer aceite los cuales aunque fueran hidráulicos generalmente eran de arrastre *Traída la piedra de las minas a las labores o casas de fundición, la lavan la quiebran con martillos, la muelen con una rueda como molino de aceite*<sup>201</sup>

<sup>199</sup> **Boccara Guillaume**, *COLONIZACION, RESISTENCIA Y MESTIZAJE EN LAS AMERICAS (SIGLOS XVI-XX)* tomo 148 de la serie *Travaux de l'Institut Francais d'Etudes Andines*, Abya Yala Publicaciones, Ecuador 2002, págs.143 y 144

<sup>200</sup> **González Tascon Ignacio**, *op.cit.* pág. 309

<sup>201</sup> *Ibíd.* pág. 309





Molino de sangre, en una hacienda de beneficio en Guanajuato, estos molinos se empleaban cuando el recurso hidráulico no era tan abundante como para mover los molinos de almadenetas, fueron más comunes en Zacatecas, donde el agua era escasa y se prefería su utilización en el proceso de amalgamación y para el lavado de mineral *imagen: www.raulybarra.com*

### Molinos e arrastre o de xuchil hidráulicos

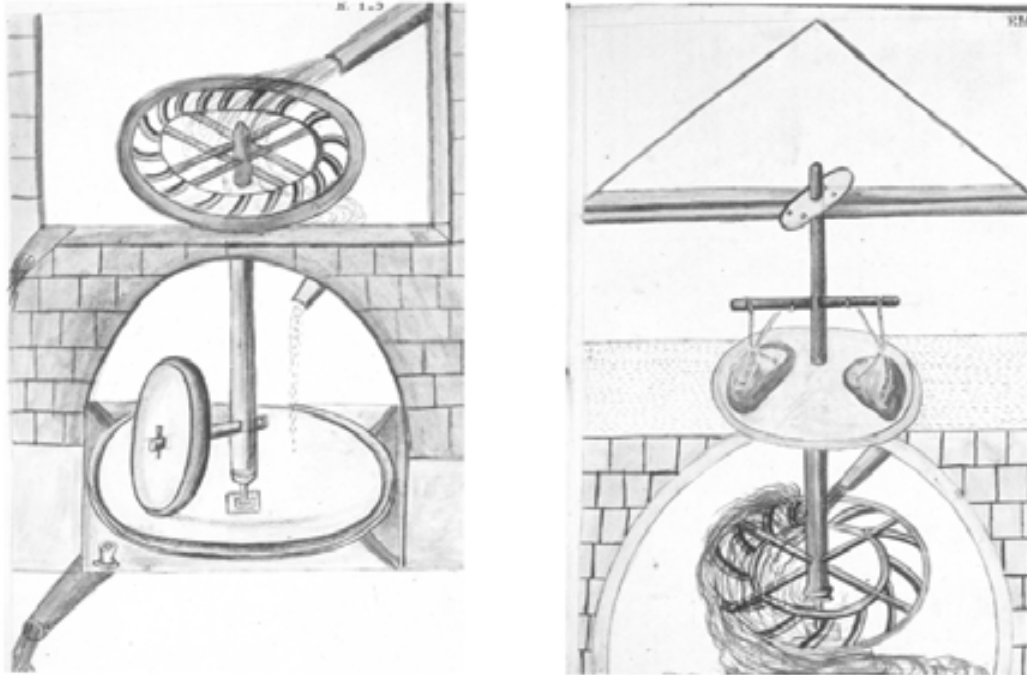
En esta modalidad de molinos de arrastre, encontramos los que funcionaban con un rodezno similar al de otras máquinas hidráulicas aunque de mayor tamaño<sup>202</sup>, el uso del rodezno y su mecanismo correspondientes es una de las máquinas hidráulicas más sencillas, ya que el movimiento se transmite directamente sin necesidad de engranes, a cada vuelta del rodezno una vuelta del eje, construir molinos de rodezno que además fueran de arrastre, originaba construcciones y espacios arquitectónicos muy similares a los de los molinos hidráulicos harineros, el rodezno tiene que ubicarse en la parte inferior del lugar donde se transmite el movimiento, lo que forzosamente propicia un espacio en dos niveles, la parte baja que denominamos parte húmeda tiene una bóveda en la que se encuentra el rodezno y en la que por medio de una caída de agua se hace girar la rueda, sobre la bóveda la cual es atravesada por el eje esta área de trabajo en la que se ubicaran las muelas de diferentes tipos.

En el área de trabajo sobresale del piso un eje vertical que es el que gira a cada movimiento del rodezno ubicado en la parte de abajo, en este eje se pueden ubicar por medio de un eje que salga de él una piedra que rueda sobre su canto, a manera de los molinos de sangre, se puede ubicar dos piedras encadenadas que a cada giro van rodando arrastrándose sobre la muela fija y en este arrastre triturando el mineral, dos piedras cónicas cuya superficie de contacto es mayor que la de una sola rueda horizontal, con la punta del cono fijada al eje del rodezno con lo cual giran sobre su canto, o dos piedras cilíndricas que también giran concéntricas al eje en movimiento por medio de un eje de madera hacia el eje en movimiento. Las piedras descritas

<sup>202</sup> Los rodeznos de los molinos de mineral llegaban a las 4 varas 3.3 m mientras que los rodeznos para molinos de harina no pasaban del 1.5m, Dato en ingeniería Española en Ultramar.



funcionan como piedras móviles y un poyo de piedra o el simple piso del área de trabajo pavimentado funciona como muela fija, para evitar la dispersión de la harina de mineral en toda el área de trabajo, se construye un pretil que confina el área de molido y desde el cual una vez detenido el movimiento se puede recoger el mineral triturado.

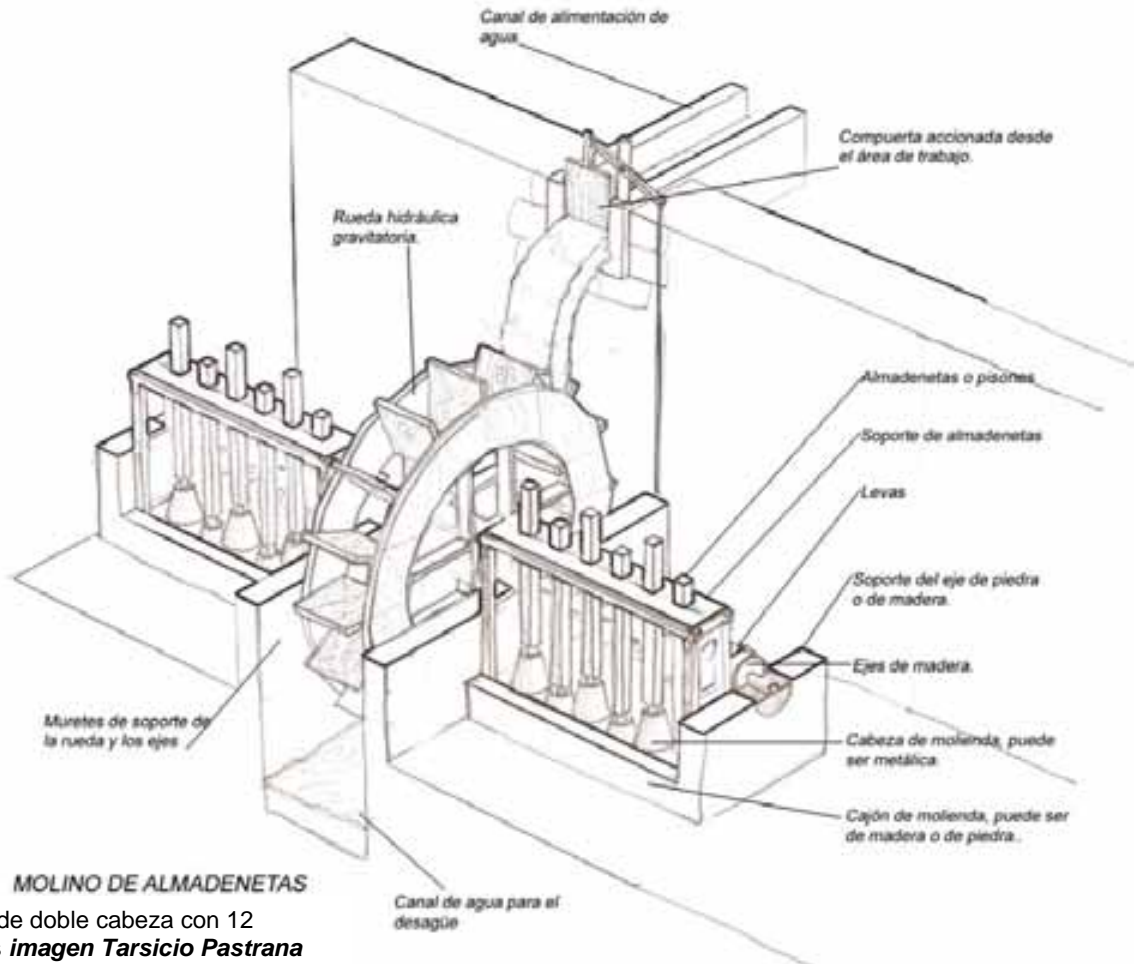


Los molinos de arrastre utilizan las muelas de piedra, por medio de molienda por fricción trituran el mineral, para accionarlos se utilizan ruedas hidráulicas, en los de la imagen se puede observar en ambos casos rodeznos, del lado izquierdo un rodezno superior con una muela de piedra giratoria colocada de canto, en el de la derecha dos piedras amarradas al eje que es accionado por un rodezno inferior que las hace girar, de esta manera por medio del arrastre de estas rocas se tritura el material, **imagen Colección Martínez Campañon, siglo XVIII en**

### Molinos de almadenetas

Utilizaban una rueda hidráulica vertical, que estaba sujeta a esfuerzos de gran magnitud, por lo que generalmente eran ruedas que funcionaban por gravedad, lo que garantizaba mientras no se interrumpiera el flujo hidráulico un movimiento constante, esta rueda vertical podía prolongar su eje en un sentido (molino de una cabeza, o en ambos (molino de dos cabezas), para efectos de esta descripción utilizaremos la prolongación del eje a ambos lados; este eje contaba con levas concéntricas pero ubicadas en diferentes posiciones de la circunferencia, hasta este punto se tiene la rueda al centro y el eje prolongado hacia ambos extremos con las levas en su superficie, en ambos extremos del eje se necesitan un par de pilares para evitar que los esfuerzos de la pieza de madera la torcieran y girara de forma excéntrica, de esta forma el eje esta apoyado en 3 puntos, los dos extremos y al centro en la rueda, ya que el eje gira sin esfuerzos de torsión se garantiza el trabajo eficiente de la maquina, para tal fin y considerando que la madera estará en contacto con el agua, se someten las maderas a tratamientos para saturarlas de humedad estos ejes también se refuerzan con cinchos metálicos





Se construye una estructura a ambos lados de la rueda en las cuales por medio de cuatro apoyos y unas guías todas de madera se pueden montar los mazos, en algunas fuentes se denomina a esta estructura el castillo, se requiere una fijación en la parte superior que permita el movimiento vertical y otra en la parte inferior para evitar movimientos fuera de la línea de acción, este soporte debe de tener la facilidad para extraer se ubicaban mazos colocados en la parte baja de un poste en cuya parte superior existía una protuberancia que era elevada a cada giro de la rueda, la elevación se terminaba al dejar la leva de cargar el poste, la caída por gravedad del mazo era la acción de percusión que molía el mineral. Este principio es similar a todos los molinos que utilizan el principio de la percusión para hacer su trabajo, el mazo tiene en su brazo una pieza que se acciona por medio de la leva en el eje que gira constantemente cuando esta leva deja de ejercer su presión sobre la pieza del brazo este cae por gravedad golpeando el material.

A cada uno de estos mazos se les denominaba cabezas o almadanetas, y para evitar la pérdida del material triturado se construía generalmente de cal y canto un recipiente sobre el que la acción de la cabeza hacia su trabajo, recordemos que las dos superficies que percusionan



tienen que ser mas duras que el mineral a moler, aunque las cabezas de los mazos se hacían de madera dura el secreto era la construcción de estos mazos en la parte mas resistente de la veta de la madera, la cual es mas resistente en un sentido que en otro, por otra parte se ponían en la parte baja del mazo placas y garras de fierro, siendo esto una de las partes mas complicadas del proceso por el suministro del material que se mantuvo como monopolio real, por lo que las cabezas y garras se tenían que hacer con material importado de España. estas zonas reforzadas de los mazos y el lugar donde se efectuaba la percusión estaban reforzados para este fin, la caja donde se realizaba el molido tenia la parte que recibía el golpe ( muela fija ) reforzada generalmente con un bloque de piedra resistente mas duro que el mineral a moler, con los que el triturado del mineral se hacia de manera mas rápida,

Existe un mecanismo para poder elevar el mazo por encima del eje de levas y así evitar que este accione el mazo con el fin de que se pueda sacar el mineral triturado o se pueda cargar nuevo. Otra manera de interrumpir el funcionamiento de la maquina para sacra el mineral era la interrupción del flujo de agua en la rueda, esto tenia la desventaja de suspender el trabajo en todos los mazos de la maquina. La rueda de estos molinos generalmente funcionaba por gravedad lo que hacia que el flujo de la corriente de agua fuera constante y por lo mismo la fuerza de giro siempre fuera la misma, con esto se garantizaba mientras las cabezas estuvieran en su lugar que estarían subiendo y bajando triturando el mineral.

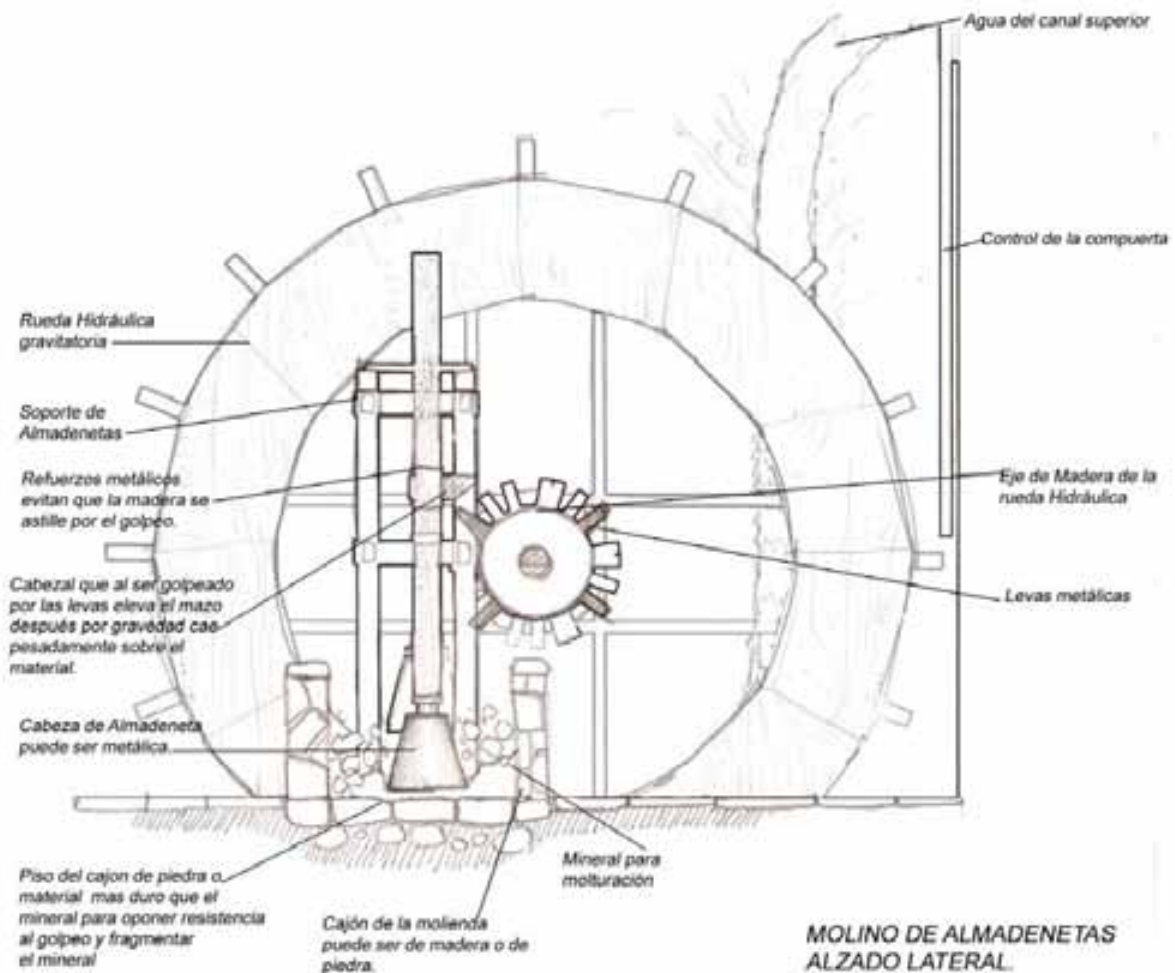


Imagen: Tarsicio Pastrana





En cualquiera de los tres tipos de molienda se obtiene un polvo que se cierne por medio de cedazos realizados con malla de hilo metálico y que marcaba la granulometría adecuada para llevarlo al siguiente paso del proceso, en este paso es donde aparecen los grandes patios que le dan nombre al procedimiento, como ya se dijo con anterioridad en un principio las mezclas subsecuentes al molido se realizaban en cajones de madera en los cuales se colocaban las harinas y se mezclaba con agua sal y azogue, por lo que al método de patio original de medina se le llamaba método de canoas, la necesidad de aumentar estos niveles de producción es lo que provoca que se acondicionen patios con extensas superficies para realizar las mezclas, en los patios se construían depósitos de grandes dimensiones conectados con infraestructura hidráulica básica de canales para agregar agua a las mezclas.

Los depósitos para la mezcla podían ser de varios tipos, los primeros utilizados eran los cajones de madera, los cuales podían llegar a ser de gran tamaño pero limitaban la producción de los lodos, en segundo lugar encontramos los depósitos contenidos con muretes de cal y canto, para mantener confinadas las mezclas, después los confinamientos temporales los cuales se mantenían en lo que la mezcla estaba fluida y después se eliminaban cuando la mezcla era pastosa, en cualquiera de los casos mencionados era de vital importancia mantener la mezcla en confinamiento para evitar la perdida del azogue otro dato importante tomando en cuenta el nombre del método es que independientemente del tipo de contención, los procedimientos se realizaban en un patio de gran tamaño.

En el patio donde se realizara el beneficio se colocaba la harina transportada desde las zonas de molienda y se agregaba agua para hacer una mezcla, posteriormente se agrega sal y azogue, al respecto recurrimos nuevamente a la descripción que del proceso hace José de Acosta, en la cual todavía se mencionan los cajones de madera:

*cernida que esta la harina del metal la pasan a unos cajones de buitrones, donde la mortifican con sal muera, echando cada cincuenta quintales de harina cinco quintales de sal, y esto se hace para que la sala desangre la harina de metal, del barro o lama que tiene, con lo cual el azoque recibe mejor a la plata.<sup>203</sup>*

Otra descripción es la del Virrey de Montesclaros que sobre la operación de incorporo dice lo siguiente:

*este polvo o harinas se van poniendo en hoyos cuadrados que llaman cajones, allí les echan azogue i otras mezclas convenientes para que de la lei, esto es despliegue la plata, i aquella piedra o tierra con que nació incorporada; i para conseguirlo mas brevemente se ayudan del fuego i calor que les encaminan por ciertos buitrones, aunque ya se tiene por mejor valerse del sol<sup>204</sup>*

Cabe aclarar que el incorporo requería de agregar a la mezcla el azogue o mercurio, paso subsecuente al ensalmoreado que es el agregado de la sal en un cantidad entre el 2 y 3 %, antes de agregar el mercurio las harinas ya tenían agua y sal<sup>205</sup>, logrando una pasta a la que se denominaba torta y que era la que se extendía en los patios, cuando las tortas estaban listas para recibir el azogue, había cambiado su consistencia fluida por una mas espesa, En los patios ya fuera en cajones de madera, depósitos permanentes de piedra o temporales con simples contenciones se preparaba el incorporo.

<sup>203</sup> José de Acosta siglo XVI en **Von Mentz Brígida, TRABAJO, SUJECION Y LIBERTAD EN EL CENTRO DE LA NUEVA ESPAÑA**, Miguel Ángel Porrúa-CIESAS, México 1999, págs. 194 y 196

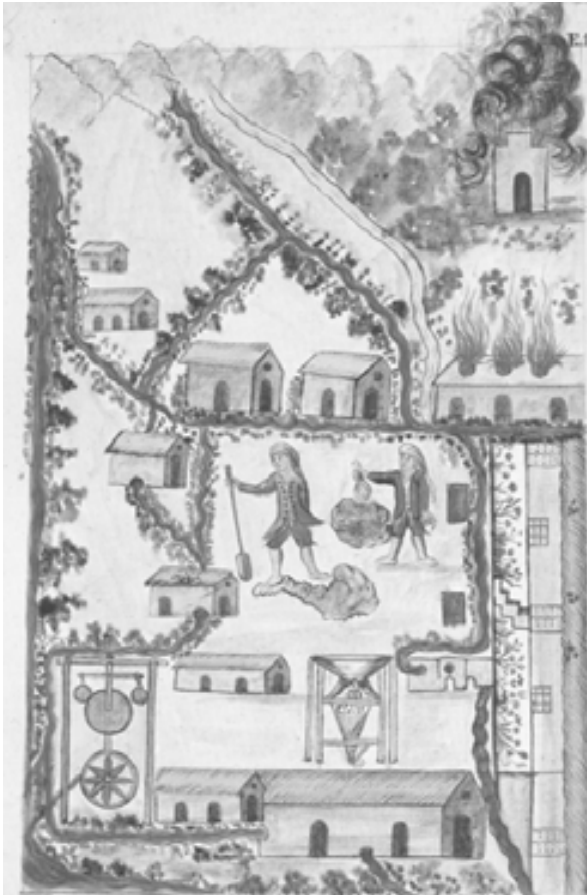
<sup>204</sup> Así describe el virrey Mendoza, Marqués de Montesclaros, el trabajo de la plata y el azogue en Potosí a comienzos del siglo XVII

<sup>205</sup> **Herrera Canales Inés**, *op.cit.* págs. 53-66



Para el incorporo se agregaba por parte del maestro de azogues el mercurio el cual consistía en una cantidad entre 6 y 8 veces la cantidad de plata que se pensaba obtener<sup>206</sup> esta cantidad determinada por el criterio y la experiencia del maestro de azogues cargo muy valorado dentro de las haciendas de beneficio; para hacer esta operación se colocaba el mercurio en telas en las cuales se exprimía, al pasar por la tela este se fraccionaba en pequeñas cantidades que permitía ser agregado de manera mas uniforme como si se tratase de un aspersor. *Esprimen luego con un lienzo de holanda cruda el azogue sobre el metal y sale el azogue como un rocío y así se van revolviendo el metal para que a todos el se comuniquen este rocío de azogue*<sup>207</sup>

Antes de pasar al repaso se incorporaban los magistrales los cuales se obtenían de tostar minerales de cobre y hierro para ser agregados en cantidades entre el 1 y 6% la función de estos era mejorar el proceso de amalgamación<sup>208</sup>, el repaso consistía en la mezcla de estos ingredientes hasta por 12 semanas, dependiendo de la cantidad, el repaso se hacia por medio de trabajadores que se metían en la mezcla que en algunas ocasiones les llegaba hasta las rodillas y se movían en ella para lograr la amalgama, también contaban con palas y azadones de madera con los cuales movían la mezcla desde las orillas de esta, este procedimiento era altamente toxico por lo que se fue sustituyendo por el repaso con animales y en algunos casos por maquinas que lograban que ni los animales ni las personas estuvieran en contacto con el mercurio.



En la imagen de la izquierda se observa el procedimiento del beneficio de patio, en primer lugar los molinos que en este caso son de dos tipo, uno de arrastre que observamos en la esquina inferior izquierda y varios que probablemente sean de almadenetas en el interior de las casas donde se ve que entra y sale el agua, al centro observamos dos personajes, el de la izquierda repasa los lodos con los pies y con una pala el de la derecha agrega el mercurio a la mezcla, del lado superior derecho encontramos dos tipos de horno, otra situación que se puede observar es la disposición arquitectónica de los espacios en torno al patio donde se hace el beneficio, características de las haciendas de beneficio por patio **imagen: Colección Martínez Campañón siglo XVIII**

<sup>206</sup> **González Tascon Ignacio**, *op.cit.* pág. 327

<sup>207</sup> **Von Mentz Brígida**, *TRABAJO, SUJECION Y LIBERTAD EN EL CENTRO DE LA NUEVA ESPAÑA*, Miguel Ángel Porrúa-CIESAS, México 1999, págs. 194 y 196

<sup>208</sup> **González Tascon Ignacio**, *op.cit.* pág. 327



El repaso como ya se menciono duraban hasta 12 semanas tiempo en el cual se tenían que realizar el movimiento de las tortas periódicamente, volteando la mezcla una y otra vez, la temperatura de la mezcla era de vital importancia para completar el proceso, por ello el maestro de azogues agregaba magistral para calentarla o cenizas y cal para enfriarla. Una vez que a juicio del maestro de azogues se había completado la amalgama los lodos que estaban compuestos por varias sustancias entre las que estarían materiales orgánicos, tierra, plata amalgamada mercurio sobrante minerales incorporados tenían que ser separados.

El siguiente paso consistía en lavar lo lodos lo cual se hacia en depósitos de madera grandes tinas fabricadas ex profeso o en recipientes a manera de piletas de cal y canto en los que los lodos se agitaban en agua por medio de molinos que podían ser accionados con energía hidráulica, estos molinos de menor tamaño tenían como función mantener en movimiento la mezcla por medio de este movimiento se separaba el mercurio no amalgamado y las amalgamas de plata de los lodos y residuos inútiles en la crónica del virrey de Mendoza encontramos lo siguiente;

*i cuando por las pruebas conocen que tiene estado, lo echan en unas tinas como medias pipas, i allí lo van lavando dentro de la tina a fuerza de brazos, con un molinete que es a la traza de rodezno. Suélese escusar parte del trabajo valiéndose del agua para rodar el molinete, i cuando se hace así lo llaman lavadero. Lavado el metal, sacan la plata i azogue en una pella, pónenla en un anjeo (aspecto de lienzo tosco), tuercen, golpean hasta que despide el agua i algo de azogue; luego lo meten en moldes i tornan a golpearla hasta que toma forma de piña*

Posterior al lavado los residuos que por gravedad quedan asentados en la parte baja de las tinas de lavado tienen que exprimirse nuevamente con lonas y telas para recuperar el mercurio no amalgamado y utilizarlo en un nuevo proceso y con el material restante colocarlo en unas vasijas de barro con gorro cónico llamadas desazogaderas que son unos alambiques de barro en los que por medio de calor y a consecuencia de que el mercurio tiene un punto de ebullición mas bajo que el de la plata se separan estos dos compuestos quedando en el fondo las piñas de plata porosa, los poros son los huecos que el mercurio deja en la plata.

Con las piñas porosas de plata pura se llevan a los hornos donde se funden para hacer lingotes que se llevan a la caja real para ensayarse y pagar el quinto real correspondiente.

*limpia pues que esta la plata y el azogue que ya ello reluce, despedido todo el barro y tierra, toman ese metal y echando un lienzo, exprímenlo fuertemente y así sale todo el azogue que no esta incorporado en la plata... y estando bien exprimida la pella, que queda, solo, es la sexta parte de la plata y las otras cinco son de azogue.*

*Y para apartar la plata del azoque, ponenlas en fuego fuerte donde las cubren con un vaso de barro de la hechura de los moldes de panes de azúcar, que son como caperuzones y cubrenlas de carbón y danles fuego con el cual el azogue se exhala en humo, topando con el caperuzón de barro, allí se cuaja y destila, como los vapores de la olla en la covertera, y un cañón da modo de alambique recibese todo el azogue que estila y tornase a cobrar, quedando la plata sola*



El procedimiento completo puede resumirse en el siguiente cuadro:

Fase	Desarrollo de la fase
<b>Molido</b>	Mediante el empleo de molinos hidraulicos, se pulverizaba el mineral de plata extraido de la mina.
<b>Incorpora</b>	Se llevaba la mena mineral molida ( <b>harina</b> ) a un gran espacio abierto pavimentado ( <b>patio o incorporadero</b> ) donde se le añadía agua, sal común y azogue, hasta conseguir una pasta uniforme.( <b>torta</b> ), hecho que se aceleraba andando encima de ella al mismo tiempo que se removía con palas ( <b>repaso</b> ). Cuando el especialista ( <b>azoguero</b> ) consideraba que el mercurio había incorporado la mayor cantidad de plata (el proceso denominado del <b>incorporo</b> se alargaba hasta tres meses según las condiciones del mineral y el clima), se procedía al lavado de la <b>torta</b>
<b>Lavado</b>	El lavado de la <b>torta</b> se realizaba en grandes recipientes con palas giratorias para separar la <b>lama</b> (tierra e impurezas) de la <b>pella</b> (masa de azogue y plata), es decir separar los elementos no metálicos de la amalgama.
<b>Filtración</b>	La <b>pella</b> (producto semilíquido) era entonces introducida en bolsas de lona para que por el líquido fluyera la mayor cantidad de mercurio. Lo que quedaba era una masa sólida ( <b>piña</b> ).
<b>Calentamiento</b>	La masa sólida ( <b>piña</b> ) se calentaba debajo de una campana ( <b>capellina</b> ) para que le mercurio se vaporizara y se recuperara por enfriamiento
<b>Fundición</b>	.La <b>plata pura</b> que quedaba se fundía para convertirla en barras de igual tamaño

Hubo otros métodos, como el de cazo y cocimiento que el español Alonso barba perfecciono en Perú a principios del siglo XVII es de mencionar que en la zona del Potosí y debido al clima mas frío que existía en esa región<sup>209</sup> se crea un sistema de amalgamación en caliente en calderas de cobre este es el procedimiento de cazo y cocimiento que en México no fue tan efectivo como era el de patio, es importante mencionar que ambas innovaciones se crean en América tanto la de Patio en México como la de cazo y cocimiento en Perú para adaptar a las condiciones regionales el método de amalgamación, ambas por hispanos que vienen a América a trabajar en las minas.

El otro método que es una variación del de cazo y cocimiento es el Método del barón Ignaz von Börn o de Beneficio de Börn que se caracterizaba por realizar la amalgama dentro de barriles con aspas internas que se movían por medio de ingeniería hidráulica las ventajas eran muchas, en primer lugar el procedimiento completo de amalgamación podía durar máximo 4 horas, la perdida de mercurio se reducía y la obtención de plata era mayor que en el método de patio que podía durar como ya se ha mencionado hasta 3 meses dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad del ambiente.

Dentro del procedimiento de de Börn se requería tostar el material que se introducía de esta manera en los toneles con gran cantidad de agua, el magistral y el azogue, la razón por la que este procedimiento no funciono en México fueron varias, la primera el combustible que se requería para tostar los minerales, si el método de patio había tenido tanto éxito era en parte porque a comparación del de fundición había reducido la cantidad de combustible necesario, en muchas regiones de México la leña y el carbón son un bien escaso.

<sup>209</sup> La altura de la ciudad de Potosí es de, por lo que el clima más frío hacia más lento el proceso de amalgamación por el método de patio



La otra situación tenía que ver con la ley del mineral, si bien en México la ley era baja, la cantidad existente del mineral era mucho mayor que en cualquier otra región, es decir, los volúmenes de material necesarios para obtener la plata eran muy grandes aunque el metal fuera tan abundante esto significaba que el proceso del material era en gran escala, lo que originaba que la cantidad que se pudiera procesar en los barriles del método Born fuera baja, si se deseaba aumentar la capacidad de procesamiento se requería de barriles enormes que tenían que ser movidos por grandes ruedas que pocos ríos en México podían mover, además de que las regiones mineras estaban en zonas donde los cursos de agua son escasos o irregulares, las expediciones alemanas que vinieron a México y a Perú a tratar de implantar el sistema hacia finales del siglo XVIII se convencieron de que ambas regiones tenían que seguir con sus métodos habituales.

En Nueva España el método por excelencia fue el de patio lo cual se comprobó a lo largo de 350 años de vigencia llegando a los principios del siglo XX.

#### f. Arquitectura de las haciendas de beneficio



Plano de una hacienda de beneficio ideal que nos sirve para ejemplificar los espacios arquitectónicos que se derivan del proceso de beneficio por el método de patio: *imagen en Amador Manuel., Tratado Práctico y Completo de Trabajos de Minas y Haciendas de Beneficio*



MODELO DE HACIENDA DE BENEFICIO

Lámina 4a. Escala 1:750 Mts



Imagen Elizabeth Lozada

En la parte superior del plano observamos un patio donde se recibe el material y se lava, del lado derecho esta la **noria** que proporciona de agua a toda la hacienda por medio de un canal que se ve del lado derecho, no confundir con el **cárcamo** que lleva toda el agua de desecho al **charco de Lamas** para que de ahí se pueda procesar nuevamente, las **caballerizas** y la **pajera** cierran el patio del **revolcadero**, la siguiente línea de espacios son los **molinos** las **resayas** y las **tahonas**, de esta zona sale el material molturado para pasar al **patio** que esta dividió en 8 zonas para diferentes secciones en diferentes procesos, en este patio se hace la mezcla, colocando el azogue, en la parte baja del plano están los **almacenes**, del lado izquierdo la **casa habitación**, con **cochera**, el grupo de oficinas entre los almacenes y la casa son el **ensaye** donde se ensayaba la plata para determinar su calidad, la **administración**, la **raya** donde se pagaba a los trabajadores y el zaguán principal

Del lado derecho del patio la zona de **lavaderos** con su depósito interior de agua, para lavar las piñas obtenidas en el patio en la zona baja del **bañadero y lavadero**, el cuarto de los **azogueros**, el **quemadero** y la **fabricación de barras**, en el extremo derecho los **hornos** donde estas piñas se funden para hacerlas lingotes en el espacio de **fabricación de barras**, una noria más arriba del **depósito de mangujas**, proporciona el agua necesaria, insistimos en el **cárcamo** que reúne toda el agua que puede contener metales y la lleva al charco de las menas donde se vuelve a procesar para recuperar lo que lleve de mineral.



### e. Máquina para desagüe de las minas.

Como ya se ha mencionado otro de los factores mas importantes y que requería de mayor cantidad de recursos fue el desagüe de minas, conforme pasaba el tiempo y una mina se volvía mas profunda, se corría el riesgo de que se inundara, la inundación de minas tenia que ver con varios factores los cuales no podían ser anticipados, en primer lugar el tipo de terreno, el cual podía propiciar fuertes filtraciones sobre todo en época de lluvias, en segundo los niveles freáticos de cada zona, que a consecuencia de bajar cada vez mas era mas probable encontrarse con dicho nivel<sup>210</sup>.

Cualquiera que fuera la causa la inundación de una mina era una autentica tragedia, que en la mayoría de los casos provoco a lo largo del XVI el abandono de minas que todavía eran muy productivas, proporcionando la oportunidad para que en el futuro se iniciaran rescates de minas por parte de mineros durante los siglos restantes del virreinato, muchos de estos rescates fueron celebres, como el que realizo Borda en Zacatecas que ya se ha mencionado, el de la mina del Moran en real del monte con el diseño de una bomba por parte del ingeniero Andrés Manuel del río en el siglo XVIII y la mina de rayas por parte de Juan Díaz de Bracamonte.

La técnica más efectiva aunque la más compleja de realizarse se trataba de un socavón, el cual tenia varias ventajas de completarse con éxito evitaría que la mina se inundara ya que se excavaba con la pendiente adecuada para que la salida del agua fuera por gravedad este mismo socavón permitía en algunos casos el acceso de los mineros a la zona de trabajo sin necesidad de subir por el tiro, reduciendo tiempos de traslado del mineral y ahorrando horas hombre. Las desventajas eran varias, los cálculos para hacerlos no siempre eran acertados, ya que se requería de una planimetría adecuada para iniciar los trabajos de excavación, que requerían de un estudio previo de superficie para determinar el punto posible de salida del agua. La inversión económica era muy fuerte, pocas personas lo podían realizar, el tiempo también era otro elemento en contra, generalmente la construcción de uno de estos socavones era tardada tiempo en el cual la mina no podía se explotada.

El socavón mas impresionante construido del cual se tiene noticia se efectuó en san Luís Potosí en 1617, con una longitud de 230 metros que permitió el rescate de varias minas en el cerro de San Pedro<sup>211</sup> aunque no es el único ejemplo de túneles practicados en Nueva España, por ejemplo un intento fallido de desagüe en Real del monte represento 9 años y un túnel de un kilómetro que no funciono, este mismo conjunto de minas lo tomo Pedro Romero de Terreros y con una inversión de un millón de pesos y la excavación de un túnel esta vez bien planeados se desago el sistema de minas que compenso con creces la inversión aplicada en su rescate.

Un ejemplo más fue en Tehuilotepic tardo 12 años en realizarse y llego a los 404 m una vez mas la inversión se veía recuperada rápidamente por las ganancias que se obtenían de las minas rescatadas.

Como se ha mencionado pocos mineros podían hacer las inversiones tan fuertes en el caso del desagüe pensando básicamente que durante los trabajos de rehabilitación no se tenían ganancias y que muchas veces se podía perder la inversión con un túnel que no cubriera con el objetivo para el cual había sido ideado, por esa causa se recurrió a maquinas que cubrieran este trabajo la mas sencilla de ellas eran los tornos, aunque su sencillez también significaba

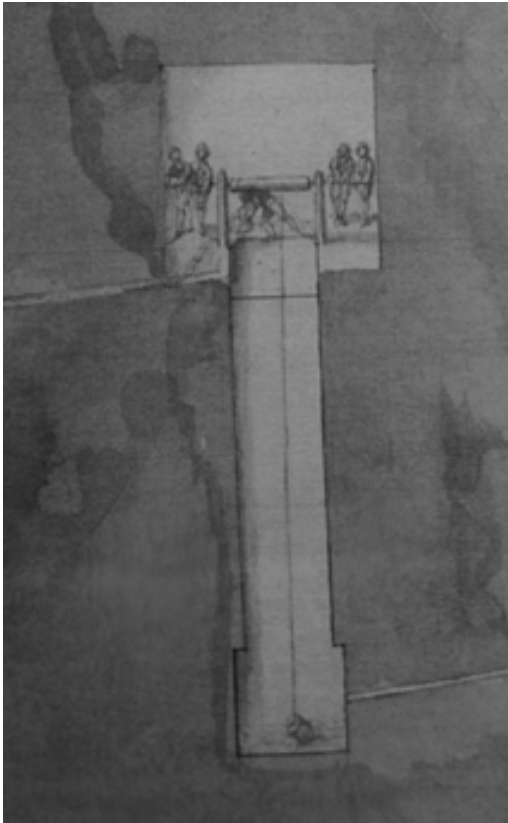
<sup>210</sup> **Trabulse Elías**, *DESAGUE DE MINAS EN LA NUEVA ESPAÑA en Artes de México numero 86 una visión de la minería*, México 2007, págs. 34-46

<sup>211</sup> *Ibíd.* págs. 34-46



una gran inversión en trabajo ( el o los hombres que lo tenían que accionar pasaban horas haciendo un trabajo extenuante) y un poco productividad en el desagüe de las minas.

El torno se conformaba de un mecanismo giratorio horizontal, un eje que se apoyaba por ambos lados y que era accionado por medio de una manivela que lo hacia girar, al cilindro de giro se sujetaba una cuerda que a cada giro de la manivela se iba enrollando, en la otra unta existía una bolsa grande de cuero llamada zaca que era elevada desde la parte baja hasta el sitio donde se encontraba el torno, este sistema requería de mas de un operario, ya que estos se repartían en el giro de la manivela y el vaciado de la bolsa de cuero, también 'por medio de este se lograba elevar el material desde la profundidad del tiro hasta la estación de trabajo formada por una plataforma donde se hacia el vaciado del material o del agua.<sup>212</sup>



Grupo de trabajo para desaguar minas, por medio de un torno y una zaca de cuero, de lado derecho se observa un canal de otro sistema similar, y del izquierdo se ve un conducto hacia otro sistema, es decir se desaguan las minas con sistemas escalonados de tornos y sacas, como el procedimiento era lento se subsanaba con equipos de trabajo numerosos **imagen torno de achicar minas en Almadén en técnica e ingeniería en España**

Esta situación de las estaciones de trabajo se determinaba por la altura y por la forma de la mina la cual era probable que en un solo tiro no pudiera extraer los materiales y el agua también a mayor altura mas esfuerzo de los operarios.

Otra de las maquinas que se empleaba para elevar el agua era la noria, la cual a diferencia del torno podía ser movida por animales de tiro, tenia la gran ventaja de que no requería de suspender el trabajo para descargar la zaca de agua es decir que la maquina giraba sin parar y sacaba agua sin detenerse<sup>213</sup>, las desventajas radicaban en el desgaste de la maquinaria y en el frecuente intercambio de animales de tiro los cuales no podían realizar el trabajo durante muchas horas. La noria consistía en una rueda vertical que en lugar de paletas tenia una

<sup>212</sup> **González Tascon Ignacio.** *op.cit.* pág. 306

<sup>213</sup> *Ibíd.* pág. 307

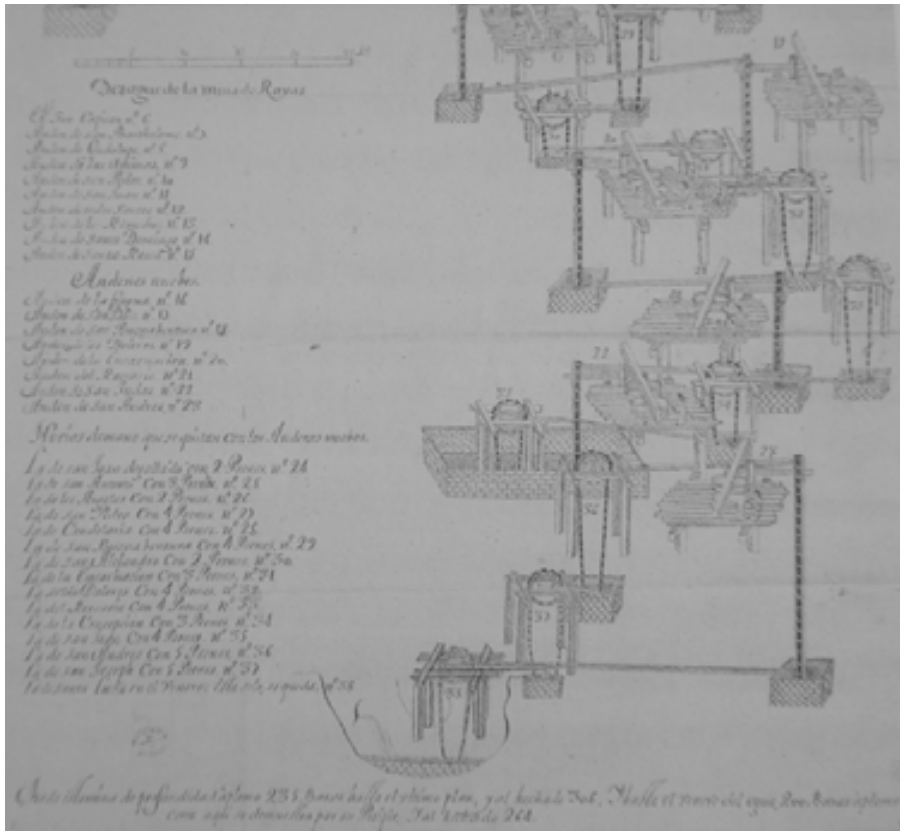




cadena en la cual se amarraban las zacas de cuero, esta cadena podía ser variable en el diseño dependiendo del nivel desde el cual se quería elevar el agua, el mecanismo de transmisión del movimiento de horizontal a vertical requería de una pieza llamada linterna la cual se ubicaba en la parte mas extrema del eje que movía la rueda.

La rueda se ubicaba sobre el tiro, y la cadena con las zacas colgaba hasta el área donde se extraía el agua, en la parte superior de la rueda vertical se colocaba un canal, la zaca de cuero al dar la vuelta vaciaba su contenido en este canal y bajaba nuevamente en el giro constante de la rueda, el eje de la rueda se tenía que apoyar fuertemente en obra de cal y canto o madera, la prolongación del eje de madera hacia un extremo en el que se ponía la linterna marcaba el área de trabajo, en este lugar un engrane horizontal con la cara horizontal sobre la linterna dentada era accionada por medio de la prolongación del eje hacia una pieza de madera que sujeta al engrane se prolongaba hacia un extremo donde se sujetaba al animal de tiro que al caminar en círculos hacia girar el engrane.

Sobre sistema completos de norias uno de los mas espectaculares es el que diseño Juan Díaz de Bracamonte para desaguar la mina de rayas que quedo inundada en 1694 debido a que el arroyo de rayas se salio de su curso inundando la mina, ante esta problemática los antiguos dueños los agustinos le venden la mina a su abogado.



Fragmento del plano del proyecto para desaguar las minas de rayas en Guanajuato, con conjuntos de norias y animales de tiro accionándolas para lo cual se construye una rampa de acceso y plataformas de trabajo, esta gran obra de ingeniería permitía desaguar la mina, también por medio de las rampas y del sistema de acceso de los animales se pudo sacar de manera más fácil el mineral a lomo de animal. **Imagen interior de la mina de rayas siglo XVIII en obras hidráulicas en América colonial**

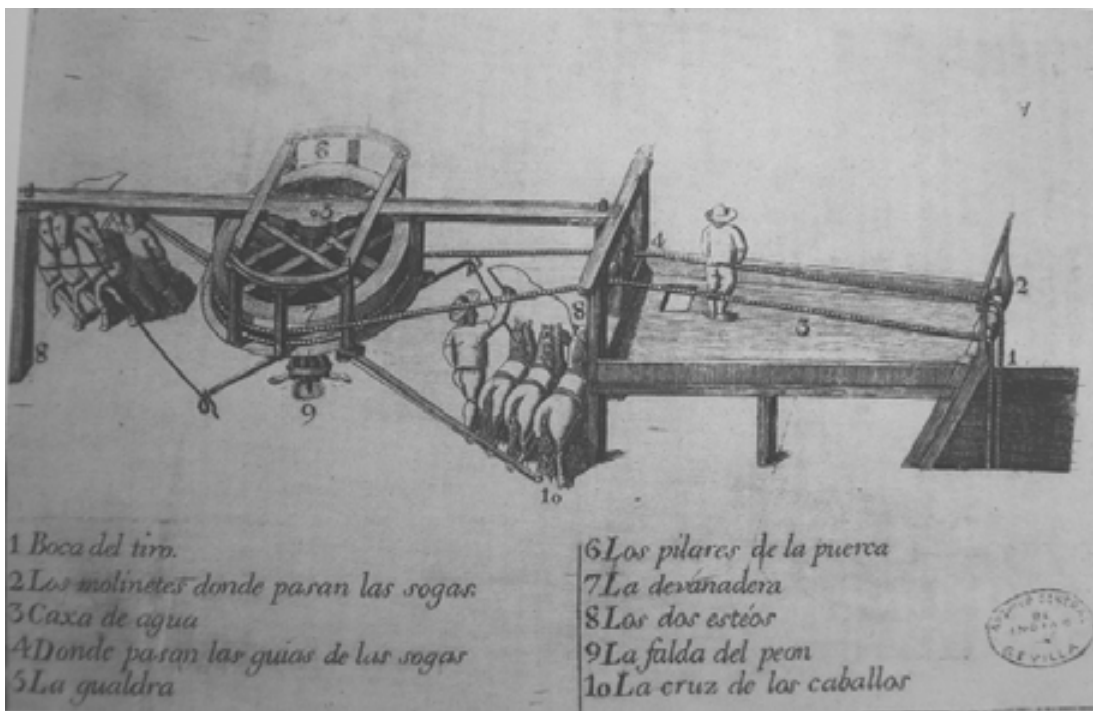
Para desaguarla diseñó un sistema de 8 norias subterráneas, para ubicarlas se diseñaron galerías que tenían que ser construidas en las profundidades de la mina en estas galerías se ubican nueve plataformas de madera cimentadas sobre pilotes de madera sobre la que se ubica la maquinaria, en cada una de estas plataformas había espacio para la máquina, el caballo, el giro del caballo y el peón que operaba la estación de trabajo, para el recambio de los animales se construyen rampas y galerías de acceso que tenían la doble función de permitir la circulación



de los animales de tiro en este caso caballos los cuales por las condiciones de trabajo en el interior de la mina tenían que ser cambiados periódicamente y de permitir que por medio de mulas se extrajera el mineral y se llevaran herramientas.

Para subsanar el mantenimiento constante de maquinaria y engranes de las norias Juan Díaz las manda a construir con madera de mezquite muy resistente disminuyendo el desgaste de los engranes y por consiguiente los tiempos muertos generados por el cambio de las piezas desgastadas o rotas, con estos implementos tecnológicos la mina de Rayas en Guanajuato era una de las mas modernas en su tiempo.<sup>214</sup>

La siguiente maquina de desagüe que trataremos son los malacates conocidos también como cabrestantes esta maquina servia de igual manera para elevar agua que para elevar material con el mismo principio que la noria. El nombre de malacate es náhuatl y se le asigno al cabrestante de una manera tan exitosa que el termino es utilizado incluso en Europa francisco Javier de gamboa auditor y personaje reconocido en la minería de la Nueva España decía sobre el termino lo siguiente *llamase la maquina de las ruedas malacate por el eje o devanadera en que los cordeles o sogas se enredan o desenredan al subir o baja. Dicese malacate en el idioma mexicano al huso con que se hila y de ahí se transfirió al de las minas*<sup>215</sup>



Diseño de un malacate para una mina publicada en la gaceta de México en 1788 observamos el sistema de elevación por medio de los mecanismos accionados por animales de tiro, que tenían que ser renovados constantemente para evitar el agotamiento **imagen en Técnica e Ingeniería en España**

El malacate era una maquina accionada por animales de tiro, que mediante el uso de poleas y cilindros accionaba el movimiento de cuerdas que elevaban las zacas o los recipientes en los que se podía elevar el material. El malacate constaba principalmente de dos estructuras, una

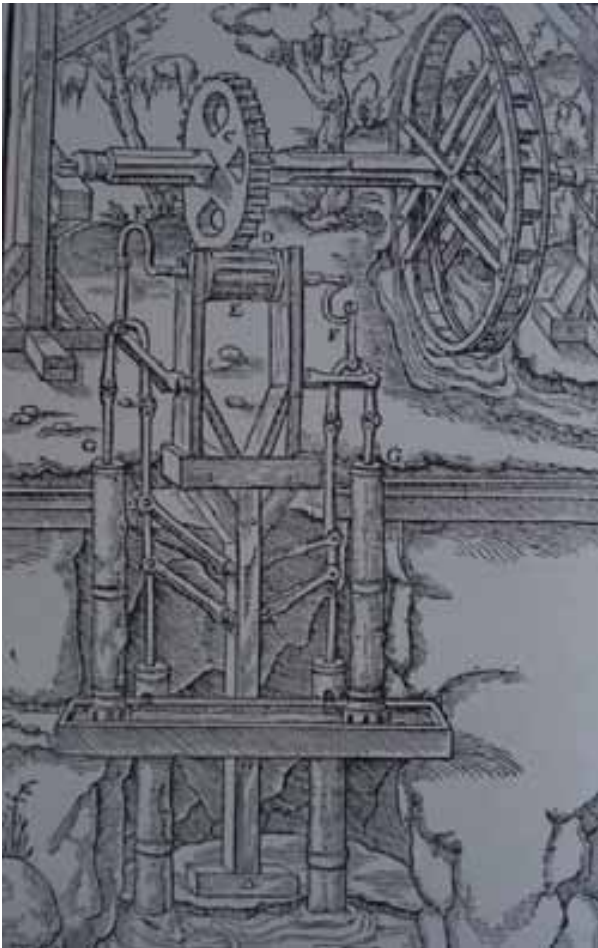
<sup>214</sup> *Ibíd.* pág. 340

<sup>215</sup> **Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores),** *op.cit* pág. 308



ubicada sobre el tiro y la otra a una distancia de aproximadamente 20 m en estructura a distancia se ubicaba una gualdra de gran tamaño apoyada en dos soportes uno e los cuales era solo para cargar la gualdra y el otro que se ubicaba del lado de la mina servia para ubicar cilindros para el giro de las cuerdas, al centro de la gualdra por medio de un eje horizontal se ubicaba el eje de una rueda que se apoyaba en su parte baja en una caja que permitía su giro y en la parte alta en la gualdra la rueda que mas bien era un cilindro permitía que se enrollara en ella una cuerda, el giro de este gran engrane se hacia por medio de animales de tiro, la cuerda se enrollaba en ella y pasaba por la estructura de apoyo ya descrita, para llegar a la segunda estructura que se ubicaba sobre el tiro de la mina en donde por medio de poleas facilitaban el giro de la misma en el caso de ser un malacate para extracción de agua existía una estructura auxiliar que permitía vaciar en un canal que a su vez iba a un deposito las zacas con agua que venían desde el tiro. La cuerda giraba en todo el sistema y podía a manera de noria tener un movimiento constante sin necesidad de cambiarse.

Los principales inconvenientes de los malacates era la rotura constante de las cuerdas y su bajo rendimiento para desaguar y elevar los materiales, situación que fue subsanada con la construcción de mas malacates, en algunos casos llegaron a operar simultáneamente 28 malacates los cuales se mantenían funcionando en las minas del conde de regla en la veta de la vizcaína en la zona de Pachuca y Real del Monte o los descritos por Gemelli Carreri en la mina de La trinidad en Pachuca en el siglo XVIII había en operación simultanea 16 malacates.<sup>216</sup>



Bomba de sifones en el tratado de Re Metálica de Agrícola estas bombas funcionaban a menos altura que las norias, pero eran muy eficaces y mas rápidas, utilizadas en conjunto con otras soluciones o para tiros pequeños.

***Imagen artes de México No 86***

<sup>216</sup> **Trabulse Elias**, *op.cit.* págs. 34-46



Finalmente las bombas de encañados que eran el sistema mas primitivo para el desagüe pero al mismo tiempo fue el primero en ser implementado ya se tiene conocimiento de las bombas que implementa cortes en las minas de Taxco similares a las que se utilizaban para achicar el agua en los barcos<sup>217</sup>

Estas bombas se hacían por medio del ahuecado de troncos en los cuales se colocaba un pistón también de madera, que era accionado en un movimiento de subir y bajar por medio de piezas de madera adaptadas al movimiento circular de unos engranes, en este movimiento vertical el pistón bajaba y cada que subía elevaba el agua que se introducía en el tubo por medio de una válvula en la parte superior del tubo de encañado existía otra válvula que daba a un canal que llevaba el agua a un deposito, para accionar el movimiento circular se acondicionaban manivelas que estaban fijas a una estructura similar a las de la noria, por medio del giro de animales se podía accionar estas bombas, en otros casos cuando esto era posible estas bombas se accionaban por medio de ruedas hidráulicas en ambos casos el sistema de engranaje era el que cambiaba, ya que los mecanismos de elevación de los pistones eran los mismos.

Estas bombas no podían elevar agua a mas de 9 metros por lo que si se requería de elevar agua a distancias mayores se tenían que construir sistemas de bombas con estaciones de descanso en los que se ubicaban varios de estos sistemas a lo largo de un tiro o de varios, el agua se elevaba de un deposito a otro hasta que llegaba a la bocamina y era canalizada hacia un deposito o a un río por medio de canales.

---

<sup>217</sup> **Sánchez Gómez Julio**, *op.cit*, pág. 451



## 5. Las maquinas que hacen harina

### a. Introducción.

En la introducción del presente capítulo menciono la importancia sobresaliente de los molinos por encima de otros ingenios, es importante la separación entre los ingenios que producen alimentos y los que producen objetos de primera necesidad, aunque los segundos producen insumos básicos, los primeros generan alimentos, la importancia de los que producen alimentos sobre los que producen objetos es obvia, mientras que los molinos harineros proliferan independientemente de las características de una región los segundos se localizan en zonas con vocaciones productivas y preindustriales.

Otra situación digna de mención tiene que ver con el principio de molienda aplicado al molino, este mismo principio ya mencionado de fricción o percusión y sus diversas soluciones son los generadores de los otros ingenios, en la mayoría de los casos los movimientos de otros ingenios aplican el principio de percusión para la obtención de sus productos esta es la razón por la que varios de los ingenios son conocidos como molinos de algo, molinos de aceite, molinos de papel, molinos de trapos, incluso molinos de hierro.

Antes de seguir hablando de los molinos harineros reiteramos los dos principios físicos fundamentales aplicados a la mayoría de los ingenios, la percusión y la fricción, ambos movimientos tienen que ver con los inicios de la molienda y sus caminos evolutivos diversos.

Existían dos maneras de moler: la primera por percusión, en el cual se ubicaba el material a moler en una superficie mas dura que el y con otro elementos de igual dureza que la base se golpeaba el material el cual iba disminuyendo el tamaño de sus partículas hasta obtener la granulometría deseada, el segundo por fricción, en el cual se ubica sobre una base de igual manera mas dura que el material a moler y con un elementos de cantos alisados se rueda sobre la base, este rodamiento fricciona el material entre las dos superficies duras y lo fractura obteniéndose la granulometría deseada.

Las culturas primitivas usaban piedra o madera para lograr estos fines y las herramientas diseñadas para tal fin se fueron configurando desde épocas muy tempranas, los materiales básicos eran las piedras, al golpear una con otra y colocar el material a molturar entre ella y al colocar una y rodar la otra encima ambos principios ya descritos son de vital importancia porque prevalecen en la mayoría de los ingenios básicos, los llamaremos así porque aplican de manera directa alguno de estos dos principios.

La percusión y la fricción se aplican a diferentes maquinas para obtener diversos productos, que son los ingenios de diferentes nombres, aunque en este trabajo se analizan por separado cada uno de ellos antes de mencionarlos por separado en esta introducción hablaremos de la denominación de molino, para diversos ingenios, como ya mencionamos por ejemplo, el batan también era llamado molino de trapos, el molino de papel es el ingenio productor de papel, los molinos de pólvora o el de minerales, el molino de fierro, en todos ellos pervive el nombre del ingenio que le da origen a todos los demás.

Centrándonos particularmente en los molinos harineros, empecemos retomando el origen de ellos de esta manera entenderemos mejor la evolución que siguieron lo básico dentro de la evolución del molino harinero es el producto que en el se obtiene, y este es la harina, que a su vez sirve para la producción de pan esta relación con la alimentación en particular con la alimentación por medio de granos, los cuales incluyendo sus derivados fueron y siguen siendo



el alimento básico de los diferentes pueblos de la tierra. Aunque todos los granos de diferentes partes del mundo fueron y son sometidos a procesos de molienda hablaremos en particular del trigo, de la mano de este grano esta la evolución de los primeros molinos harineros que derivarían en los molinos hidráulicos.

### **b. Historia de los molinos harineros**

En un inicio, el trigo se consumía directo de la espiga, en los procesos de recolección de las culturas primitivas y en su estado silvestre, después, al igual que con otros productos que acompañan al hombre en su evolución sean estos comestibles o no, el trigo paso por otros procesos, entre ellos la molturación para facilitar la ingesta de un grano que en la naturaleza se encuentra duro, esta molturación nos lleva a obtener harinas, la harina, podía ser de trigo, de cebada e incluso de legumbres, se mezclaba con agua en épocas mas tardías estas pastas de agua y grano molido se seguían consumiendo como es el caso del I puls o pulmentum, el alimento histórico de los romanos.

A estas mezclas de harina de diversos orígenes y agua se les aplico fuego obteniendo un pan primitivo, los primeros testimonios de la transformación del trigo en harina datan de hace más de dieciocho mil años, el pan era entonces muy diferente del actual una masa cocida que no se fermentaba similar en su forma a las galletas.

El paso mas importante para obtener pan fue descubrir la fermentación, Los egipcios son los que descubren como fermentar el pan alrededor del año 2600AC y comienzan a elaborarlo de diferentes maneras. De la forma de preparar el pan autores griegos y latinos nos dan muchos detalles Una vez molida y seca, la harina se cribaba, se mezclaba con un poco de levadura, agua y sal, se amasaba, se le daba forma y se cocía en el horno. Existía gran variedad de pan, dependiendo de la harina, del modo de prepara y de los que se le agregara al pan.

En los primeros tiempos del pueblo romano el pan se hacia en el interior de las casas (por las mujeres o por los esclavos), Los primeros panaderos surgen por el siglo V AC aunque durante toda la historia la practica de hacer el pan en el interior de la casa continuo vigente. Los patricios llegaron a tener esclavos únicamente dedicados a la elaboración del Pan. El lugar donde se conseguía el pan se denominaba pistrinum Este lugar era el horno profesional. En las antiguas tahonas era el mismo panadero quien molía el grano. De ahí la presencia de molinos al lado de los hornos.

No separemos el pan de los molinos porque este es el motivador principal de la creación y evolución del molino hidráulico, de la necesidad de obtener mayores volúmenes de material molturado en menor tiempo en primera instancia comienzan a crecer los molinos, recordemos que existían de dos tipos, de percusión y de fricción en ambos casos el aumento de tamaño también representaba dificultades para manejarlo, entre mas grandes las piedras mayor el esfuerzo para moverlo, en este punto es donde entra la rueda hidráulica, la cual tenia como objetivo evitar que el hombre hiciera ese trabajo, la incorporación es muy temprana se cree que las ruedas hidráulicas aplicadas a los molinos se encontraban desde mesopotamia,

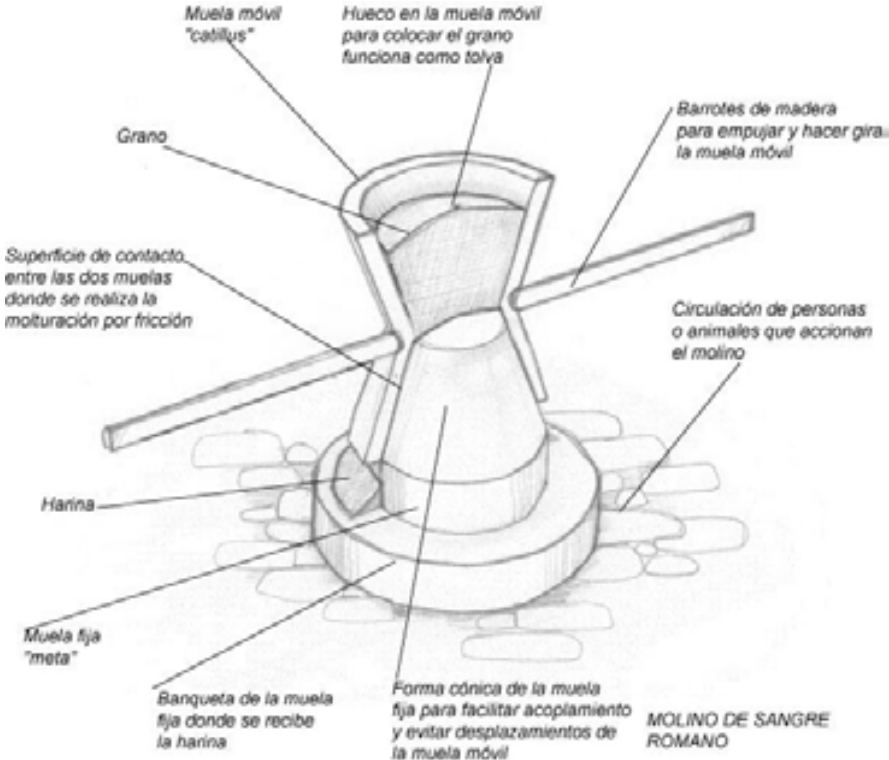
*“Dejad de moler, oh mujeres que trabajáis en el molino.  
seguid durmiendo, aunque los gallos canten la llegada del alba  
Demeter a ordenado a las ninfas del agua  
que hagan ellas vuestra tarea.  
Saltando en la rueda, hacen girar el eje  
que hace moverse las grandes piedras trituradoras”*



### Antipater de Tesalónica

Este verso de Antipater del 84 a. C demuestra que en Grecia ya se tenía conocimiento de la fuerza hidráulica para sustituir las labores del hombre en específico la molienda. El su libro X (siglo primero DC) Vitruvio nos describe el funcionamiento del molino de rueda vertical llamado aceña, que ya era conocido en el medio oriente en Persia y en las riberas del Mediterráneo Oriental antes de la Era Cristiana (siglo V a. C.).

El denominado molino de sangre no dejó de utilizarse y en algunos casos como al interior de las ciudades y lejos de los cauces de agua eran de uso más común, El molino primitivo romano consistía, esencialmente, en una parte fija, llamada meta, y una parte móvil, el catillus. Podían funcionar con la fuerza de los brazos o bien con tracción animal, utilizando asnos (mola asinaria) o caballos (mola iumentaria)<sup>218</sup>. Este tipo de molinos se siguió utilizando durante mucho tiempo sobre todo en las regiones que no contenían recursos hidráulicos. En la ciudad de Pompeya se encontraron los hornos y molinos de la ciudad, estos últimos de tracción manual o animal, en el puerto imperial de Ostia el descubrimiento fue similar, aunque existía el conocimiento de los molinos hidráulicos se necesitaba que el recurso estuviera cercano.



Molino de sangre romano, las piedras tanto la fija como la móvil se acoplaban perfectamente, de esta manera el espacio que quedaba entre ellas era aprovechado para por fricción moler el grano.

**Imagen Tarsicio Pastrana**

Otro impedimento para que el molino hidráulico se utilizara de manera más constante fue la enorme cantidad de mano de obra esclava que en flujo constante y consecuencia de las múltiples conquistas llegaban a las ciudades romanas, mientras hubo esclavos para mover los molinos no existió la necesidad de los molinos hidráulicos, esto no quiere decir que no existieran, los molinos del Janicullo en la colina del mismo nombre en Roma aprovechaban el agua Trajana para mover sus ruedas y tener una producción alta de harina.

<sup>218</sup> **González Tascon Ignacio**, *LOS MOLINOS HIDRAULICOS EN EL MUNDO ANTIGUO en Los molinos y las aceñas diversidad tipológica y criterios de emplazamiento*, arquitectura rural en Andalucía, España 2004, pág. 2



Los romanos son los que llevan el molino hidráulico a todos los territorios que dominaron, este molino era de rueda vertical (aceña), en algunos sitios se utilizaba el de rueda horizontal, que requería menores esfuerzos de mantenimiento por transmitir la fuerza directa hacia las piedras sin necesitar de engranes (cuya pieza principal se llamaba "linterna")

Incluso de la época Romana se han encontrado restos de varias factorías de harina, el cambio en el nombre de ser un simple molino a ser una factoría tiene que ver con el numero de pares de muelas, en los molinos del Janicullo que ya mencione había 6 aceñas, o en la factoría de Barbegal cerca de Arles al sur de Francia con 8 ruedas de 210cm cada una con una producción aproximada de 28 toneladas diarias.<sup>219</sup>

Con la invasión árabe en España el molino se ve enriquecido con nuevos elementos, ellos incorporan el sistema de molinos de cubo y modifican el uso que estaba generalizado en las aceñas haciéndose más popular el molino con rodezno, La palabra Aceña procede el árabe Al-saniya, en este caso la rueda o mecanismo que mueve el eje es vertical a la corriente del agua, en el molino es horizontal.

La aceña se ubicaba en los cauces principales de agua, siendo su producción mayor el molino requería de menos recursos hidráulicos, colocándose este en arroyos y pequeños cursos que en al mayoría de las veces requerían de obras complementarias para canalizar el agua y almacenarla, la aceña necesitaba mas recursos para ser construida, estos los proporcionaban los nobles y los ricos de la región y controlaban el uso de los molinos y las aceñas, En la época medieval, los campesinos estaban obligados a acudir al molino del señor y a pagar una determinada cantidad de grano o harina, llamada "*moltura*" en algunos lugares, y que más tarde en Castilla y León tomará el nombre de "*maquila*". Los árabes incorporan a la tradición hidráulica hispana muchos de sus conocimientos.

Con el paso de los tiempos el molino pasa a ser propiedad de órdenes religiosas, militares, abadías, señoríos laicos y cabildos o monasterios, que ejercían el monopolio del transporte del grano y de la harina. Desde el siglo V al siglo VIII, se extienden de manera general por toda la Península Ibérica.<sup>220</sup>

Por otra parte, la construcción y gestión de los molinos harineros dan lugar a toda una legislación que aparece tanto en los Fueros como en las distintas recopilaciones de leyes y ordenanzas con el fin de regular su funcionamiento. Por lo general la construcción de una aceña era complicada y requería de ciertas partes metálicas, por el contrario el molino podía ser reconstruido eliminando las partes metálicas y sustituyéndolas por madera podía ser construido en casi cualquier arroyo con mediano caudal o incorporando elementos que le permitieran su funcionamiento (canales, represas, embalse etc.) en su construcción participaban grupos de vecinos, que posteriormente se repartían proporcionalmente las horas de uso entre los siglos XI y XII se popularizo este sistema de propiedad, donde el molino era propiedad de varios que se repartían el tiempo de uso Se produce por tanto un fenómeno de mancomunación de los gastos de construcción y mantenimiento y como consecuencia se comparten también los tiempos de uso, este fenómeno también se exportará mas tarde al sistema de propiedad de la Aceña una vez que ha decaído el poder señorial.

<sup>219</sup> **Syson Leslie**, *BRITISH WATER MILLS*, BT Batsford LTD, Great Britaine 1965, pág 20

<sup>220</sup> **Leroux-dhys jean Francois**, *LAS ABADIAS CISTERCIENSES HISTORIA Y ARQUITECTURA*, Köneman, España 1999, pág. 46





De la importancia de los molinos y los ingenios derivados encontramos los tratados el ampliamente comentado los 21 libros de los ingenios y las maquinas en su libro XI habla de los diversos tipos de molinos y por fin en el siglo XVIII los ilustrados franceses los estudian y describen en la enciclopedia.

Los molinos hidráulicos pasan a América con los Españoles, anterior a esto en el territorio que ahora es México se molía por medio de dos instrumentos que persisten sin alteración después de tanto tiempo, el molcajete que utiliza el principio de percusión y el metate que usa el principio de fricción, ambos siguen siendo utilizados, con lo que se comprueba que los molinos primitivos siguen vigentes, aumentándose a su repertorio cada molino que se innova.

En nueva España se construyen molinos siguiendo las técnicas y costumbres tradicionales en España, el modo de administrarlos y otorgar las concesiones fue similar a los ya descritos, solo el virrey podía conceder permiso para la construcción de un molino, se otorgaba el herido de molino con una dimensión especificada en el documento (surco, buey etc.) y el sitio en que debían de tomar el agua, también en Nueva España los propietarios de los molinos eran nobles o personas de gran riqueza y el clero, solo ellos tenían los recursos necesarios para mantenerlos en operación, las ordenes mendicantes y los institutos religiosos fueron grandes constructores de molinos, al igual que en los monasterios cistercienses los conventos en Nueva España establecían panaderías y molinos en su interior, ejemplo de esto es el molino de cubo localizado en el convento Dominico de Cuilapan en Oaxaca un pequeño molino que evidencia como propósito de construcción el equipamiento del convento, caso contrario los molinos de Xuchimangas anexos a los colegios Jesuitas de Tepetzotlán, construidos además del autoconsumo para comerciar con los excedentes, mientras en Cuilapan es de un solo cubo con un par de muelas, en Xuchimangas son dos molinos, uno de 4 y otro de 2 cubos que en conjunto tenían 6 pares de muelas<sup>221</sup>

La molienda seguía siendo uno de los negocios más rentables y el estado analizaba y determinaba a quien otorgaría este poder, la concesión de un herido de molino otorgada por el virrey de Mendoza para el pueblo de Tepetzotlán se hace sobre un canal prehispánico de este herido de molino surgirán después los primeros molinos de Xuchimangas<sup>222</sup>, la autoridad esta muy involucrada en la concesión y revisión de los molinos. otros casos de la intervención del gobierno en los asuntos relacionados con los molinos se describe en el libro de Gloria Artis Espriu habla del un litigio establecido por Felipe Verasmendi propietario de la hacienda de Guadalupe en la que se encuentra un molino contra Andrés de Salcedo que solicita permiso para establecer un molino en Zinacantan, Verasmendi reclama por la proximidad del supuesto molino con el suyo argumenta que esto afectara la producción del suyo y que se debe de reconsiderar el otorgar el permiso<sup>223</sup>.

Tecnológicamente los molinos no habían sufrido transformaciones substanciales y siguieron así hasta finales del siglo XVIII, en que a consecuencia de la revolución industrial las piezas metálicas empiezan a sustituir a las piezas de madera, piezas como la rueda hidráulica se fabrican completas en metal; en esta etapa la rueda hidráulica fue un elemento incorporado a las nuevas industrias. En México en el siglo XVIII los molinos incorporan elementos físicos y administrativos de la etapa industrial que se estaba viviendo, se convierten en verdaderos monopolios que abarcan todas las etapas de la cadena productiva, adquieren el grano lo

<sup>221</sup> Pastrana salcedo Tarsicio, *op.cit.* pág. 20

<sup>222</sup> *Ibid.* pag 21

<sup>223</sup> Artis Espriu Gloria, *REGATONES Y MAQUILEROS EL MERCADO DEL TRIGO EN LA CIUDAD DE MEXICO EN EL SIGLO XVIII*, Colección Miguel Othon de Mendizábal ediciones de la casa chata, México 1986, pág. 19



maquilan, los almacenan y lo distribuyen; en algunos casos incluso se contaba con panaderías en las que la harina era transformada en pan, es el caso de la panadería propiedad de los jesuitas del colegio máximo de San Pedro y San Pablo, la harina llegaba de las haciendas cerealeras y molineras al almacén del colegio máximo, de ahí se distribuía y vendía en diferentes lugares, uno de estos era la panadería de su propiedad.

EN el siglo XIX en los alrededores de la capital de México existían los siguientes molinos: Santo Domingo y Valdez en Tacubaya, del Rey en Chapultepec, Blanco y Prieto en los Remedios, Río Hondo y Santa Mónica en Azcapotzalco, Del Moral y Socorro en Chalco, la blanca en Texcoco y Zavaleta en Ameca<sup>224</sup>, algunos de estos como el de Belem con toda la maquinaria metálica obteniendo con esto mejores rendimientos.

Los adelantos tecnológicos provocaron que este tipo de molinos desapareciera, los molinos actuales son grandes industrias que trabajan con otros tipos de energía como la eléctrica, y en las que se muelen toneladas de grano, su característica arquitectónica principal son los silos de almacenamiento, grandes cilindros de concreto que son visibles en el conjunto, los molinos hidráulicos no sobrevivieron a las transformaciones tecnológicas y a una demanda creciente, las grandes ciudades actuales requieren de volúmenes de harina proporcionales al número de habitantes la tecnología hidráulica no subsanaba estas necesidades, de todas las transformaciones que han afectado la evolución de los molinos uno de los más significativos en el siglo XX es la necesidad productiva, los molinos actuales son establecimientos industriales con organización de tipo empresarial que producen la harina de manera industrial se distribuye a diferentes sitios (panaderías, tiendas de autoservicio, tiendas locales) se envasa con diferentes capacidades y presentaciones.

### **c. Funcionamiento del molino harinero de rodezno.**

Los molinos tenían que ubicarse en una región hidráulica, en la mayoría de las ocasiones no estaban aislados, formaban parte de complejos sistemas hidráulicos que estaban formados por conjuntos de molinos a lo largo de la ribera de un cauce. El primer elemento del cual se forma el molino es una represa llamada "azud" que puede encontrarse en cercanía o un poco retirada de las instalaciones de molienda, la cual toma agua de un arroyo o cauce de agua y la almacena formando un estanque.

Los canales que salían de la azud, se construían de mampostería fuerte, y en algunas ocasiones excavados en el terreno estos canales distribuían el agua hacia los diferentes sistemas del complejo, en este caso al molino, este canal tenía en su trayecto piedras con muescas para la colocación de compuertas que desvían el curso del agua a otro canal secundario o para colocar rejillas que retienen la basura a lo largo del trayecto la pendiente de estos canales y los sistemas de compuertas eran cuidadosamente diseñados y estudiado previo a su construcción para favorecer siempre el flujo del agua y evitar estancamientos en el canal.

En la entrada del molino se colocaba la compuerta maestra que cerraba el paso del agua hacia las instalaciones, en el embalse se acumulaba el agua, esto tenía como función el tener una reserva del líquido o en el caso de no tener cubos generar presión para la entrada a las saetillas las cuales se colocaban directamente al costado del embalse, si el molino era de cubos, pero no contaba con embalse se procedía a abrir incisiones en la pared del canal, estas incisiones con

<sup>224</sup> Cossio José L., *GUIA RETROSPECTIVA DE LA CIUDAD DE MEXICO*, Espejo de obsidiana, México 1990 pag115



sus respectivas compuertas permitían el llenado de los cubos, al terminar el embalse o la sección del canal dónde se encontraban los cubos existía otra compuerta que reintegraba el agua a otro canal que la llevaría a su vez de vuelta al río o a otra área del sistema

El cubo es un elemento arquitectónico incorporado por los árabes a la tecnología de los molinos este fungía como deposito de agua, por lo general construidos al costado del embalse o del canal principal se controlaba su llenado por medio de compuertas, su construcción debía de ajustarse a ciertas reglas que de cumplirse garantizaban el correcto comportamiento del agua sobre todo en sus flujos y reflujos.

Los muros eran de piedra de considerable anchura dependiendo de las dimensiones del cubo y de su capacidad de almacenaje además de si iba a ser construido bajo tierra o en superficie; En la parte final del cubo se colocaba la saetilla, la base del cubo presentaba una inclinación hacia la boca de entrada del saetín el cual presenta un recorrido casi vertical y cuyo orificio de salida era menor que el de entrada, esto favorecía la presión del agua que aumentaba su fuerza al llegar al cárcavo, la salida de la saetilla contaba con una válvula que se podía accionar desde la sala de molienda para regular el flujo del agua que pegaba en el rodezno.

El edificio del molino se componía de dos áreas fundamentalmente, en la parte de abajo se localizaba el cárcavo sala abovedada para colocar la rueda o las ruedas del molino, la saetilla salía directamente a este sitio, en la parte superior se encontraba la sala de molienda donde se ubicaban las muelas y las áreas de manejo de grano y harina, en algunos casos había un tercer nivel en el que se encontraban las áreas de apoyo (caballerizas, almacén, bodega de herramientas, etc. ) y la vivienda del molinero.

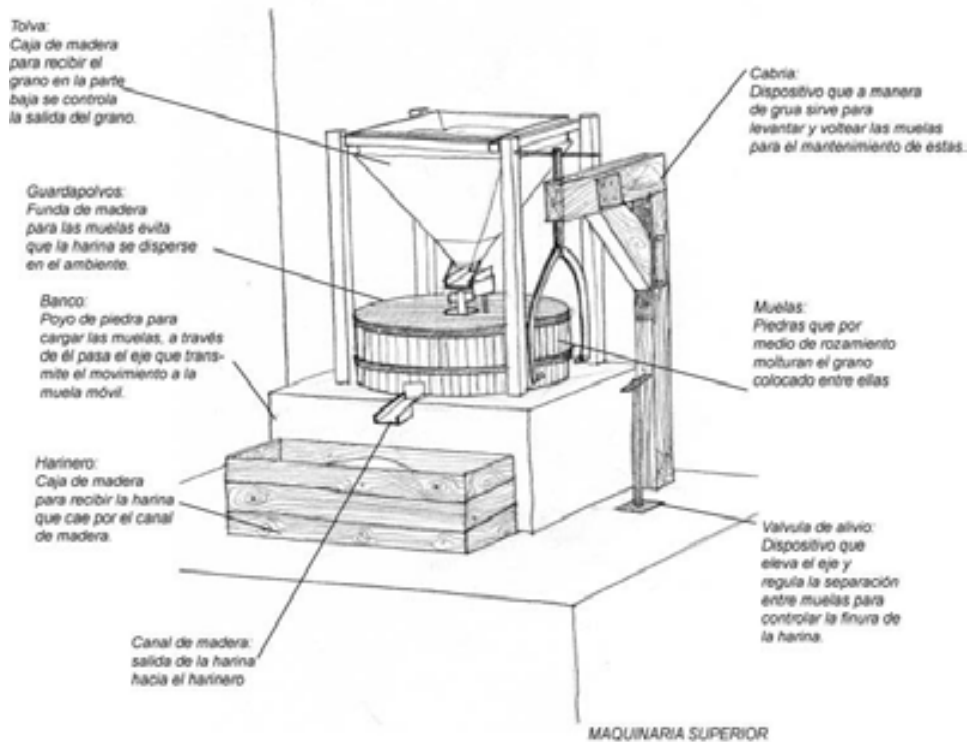
El rodezno se colocaba en el cárcavo sobre una viga o una base que se hundía en el piso, (que solía ser el terreno natural) y que permitía mantener la rueda fuera del agua para que girara libremente además de impedir movimientos laterales del rodezno. Esta viga tenía un mecanismo que se accionaba desde la sala de molienda y provocaba el desplazamiento vertical de la rueda.

Los rodeznos tenían un diámetro que oscilaba entre 80 y 160 cm su frecuencia de giro estaba en torno a 110 r.p.m., la velocidad era variable dependiendo del flujo del agua y de la presión de la misma en su parte inferior el rodezno contaba con una pieza, llamada gorrón o punta, que giraba sobre la rangua, encajada a su vez en la base, la base como ya se menciono podía ser una viga o estar directa al piso. El rodezno era de madera y estaba unido a un eje que giraba conforme la rueda era “herida” por el agua, posteriormente el agua seguía su curso salía del cárcavo y llegaba al socaz que era un canal de salida que la llevaba a otro molino o al río nuevamente. Una aportación de importancia hecha por los árabes al diseño de los rodeznos es la posibilidad de cambiar las cucharas o alabes de manera independiente de esta manera si se rompe uno se puede cambiar sin desmontar todo el rodezno.<sup>225</sup>

El eje del rodezno pasaba a través de la bóveda del cárcavo y por en medio de la piedra fija, para unirse a la piedra volandera, El movimiento circular del rodezno se transmite a la muela superior o volandera por medio de un eje de madera. El eje encaja en la piedra molar inferior o solera, con una pieza metálica y en la piedra superior con el palahierro que se conecta a la lavija, acoplada a la moledera, para transmitirle el movimiento a la misma.

<sup>225</sup> **Reyes Meza José Miguel**, *TECNOLOGIA Y ARQUITECTURA POPULAR en los molinos harineros en la provincia de Granada*





En los 3 tipos de molinos analizados, este conjunto superior es el que se mantiene sin cambios. **Imagen Tarsicio Pastrana**

Este conjunto de piedras (la fija y la volandera) eran en la mayoría de los casos colocadas sobre un banco hecho de mampostería para mantenerlas elevadas del piso de la sala de molienda<sup>226</sup>, se cubrían con una caja de madera denominada “guardapolvos” que impedía que la harina se mojara o se ensuciara y que tenía una sola salida en la parte frontal, al frente de la misma y a menor altura se colocaba el harinero que era un recipiente de madera que recibía la harina ya molida.

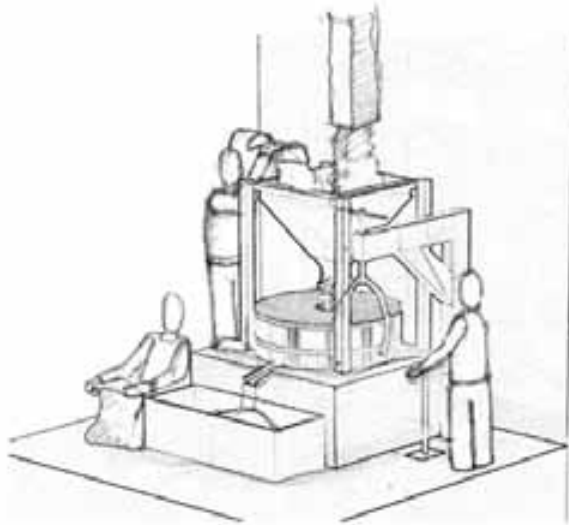
El diámetro de las piedras oscilaba entre 1,30 y 1,40 metros, los ojos de las muelas sobre unos 15 a 30 centímetros y su grosor entre 20 y 30, lo que nos da un peso aproximado del conjunto solera - volandera de unos 2000kg. Por supuesto que este peso necesitaba de un refuerzo extra en la estructura del cárcavo que lo soportaba, por lo general el techo del cárcavo se hacía en forma de bóveda para soportar este peso

El grano era depositado en la parte superior de la piedras en un recipiente llamado tolva, que se colocaba encima del guardapolvos o se sujetaba a una estructura de madera y quedaba independiente del guardapolvos, se podía regular la distancia entre la piedra volandera y la piedra solera con la llave de alivio que permitía al molinero regular con más precisión tanto la separación como la velocidad de las ruedas molederas la harina producto de esta regulación podía ser fina o gruesa, la primera para consumo humano la segunda para los animales.

<sup>226</sup> Escalera Javier y Villegas Antonio, *MOLINOS Y PANADERIAS TRADICIONALES*, Editora Nacional, España 1983, pág. 108



Para regular la cantidad de grano que se va a moler se dispone de un sistema de dosificación, en la base de la tolva y directamente sobre el ojo de la piedra y del guardapolvo había un canal que iba regulando el ingreso del grano a la molienda, por medio de un tensor, otro aditamento el "triqui-traque" que utiliza el movimiento del eje mediante una rueda dentada, produciendo un ruido que es la causa de su nombre se colocaba en eje del sistema y por medio de unas aspas golpea el canal esto provoca que el grano caiga en el interior del ojo; esto permite al molinero una cierta libertad. La cantidad de grano tiene que estar dosificada, ya que si es mucha puede salir sin moler o parar la maquinaria, y si es poca, gastar excesivamente las "muelas".



Trabajo en un molino harinero, se deposita el grano en la tolva, ya sea de forma manual o por medios gravitatorios, se regula la separación entre piedras así como la velocidad de giro del rodezno, finalmente se recoge en la parte frontal la harina y se llenan los sacos. **Imagen Tarsicio Pastrana**

La harina se vertía por un canal hacia el harnero donde se recogía para su posterior envasado en sacos y transporte, este harinero podía ser de madera, de piedra o en algunos casos se tendían paños en todo el perímetro de las muelas para recoger de esta forma la harina en todo el perímetro.<sup>227</sup>

Toda la estructura de madera, desde la tolva de entrada del grano hasta el canal de salida de la harina, se sometía a un movimiento vibratorio, que ayudaba a la entrada del grano y a verter la harina al harnero. Por último y antes de proceder a su envasado la harina era preparada eliminando posibles impurezas y granos no machacados adecuadamente. El cernido se realizaba manualmente con cribas o con un sistema mecánico accionado también por la energía proporcionada por el agua el cedazo que constaba de un rodillo con palas giratorio. una vez separados harina y salvado se envasaba en los sacos o costales.

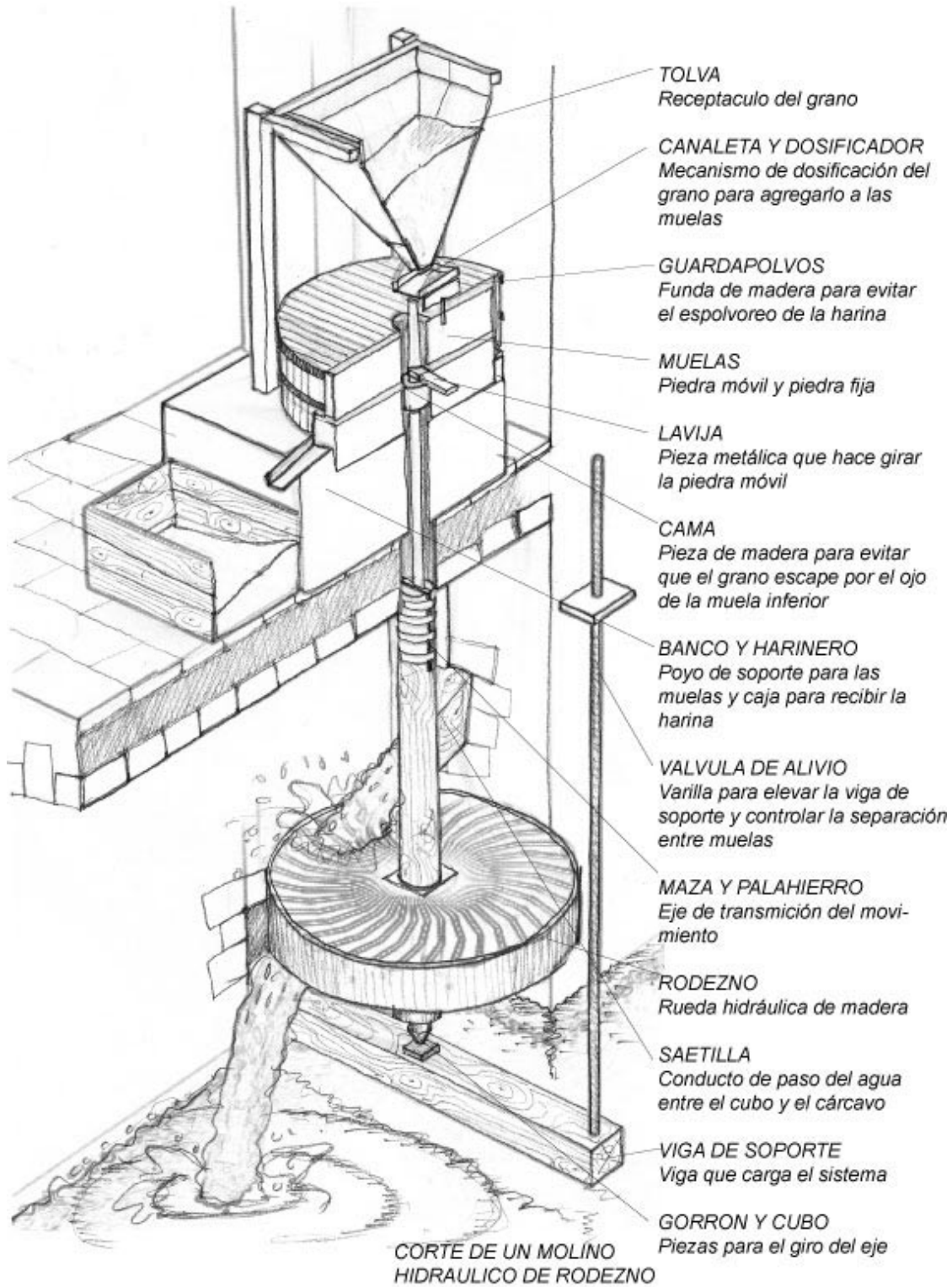
Las estrías de la muela superior se desgastaban por el uso y se tenían que cincelar periódicamente. Para mover y voltear la muela se contaba con el dispositivo llamado cabria. Sobre la estructura en la que descansaban las muelas se levantaba una percha en ángulo, reforzado con un cartabón. Al final del brazo de la percha se colgaba unas pinzas de hierro que se cogían a los orificios esculpidos en los laterales de la muela. Con el peso, las pinzas se cerraban sobre la muela. La muela era izada y volteada para proceder al repicado.

La labor de repicado se iniciaba levantando la volandera con la cabria voltearla y colocarla sobre un banco de madera. Con las herramientas adecuadas similares a las de los canteros, se

<sup>227</sup> Navarro Domínguez José Manuel, *MOLINOS HIDRAULICOS EN LA COMARCA DE LOS ALCORES en actas de los IX encuentros de Historia y Arqueología*, San Fernando Cádiz, España 1994.



reparaban las estrías, dándoles la forma, la profundidad y la dirección adecuada para mejorar el corte y la molturación. Este trabajo, que había que realizar regularmente en función de la carga del trabajo del molino, podía suponer al menos tres horas de labor para dejar en perfecto estado ambas piedras.



Sistema completo de un molino hidráulico de rodezno: *imagen Tarsicio Pastrana*



Las piedras, que podían ser de distintos materiales tenían unas dimensiones que oscilaban entre 90 y 140 cm. de diámetro y una altura entre 45 y 50 cm. aunque el desgaste producido por la molienda y el repicado reducía estas dimensiones, al final de su vida útil, a unos 20 cm. Las piedras se ceñían, para facilitar su manejo y el repicado, con unos zunchos de hierro a los que se practicaban dos orificios laterales para introducir los bulones que permitían sujetar las abrazaderas de la cabría.

Al margen del trabajo fundamental de reparación y mantenimiento de todas las piezas y componentes del molino harinero, su responsable también debía de hacerse cargo de la limpieza de las acequias del mismo para facilitar el máximo aprovechamiento del caudal de agua, no siempre abundante en todas las épocas del año.

El conjunto descrito es similar en todos los casos de molinos, la parte que se modifica es la ubicación o tipo de rueda hidráulica y la disposición de los elementos, otro tipo de variación es por la naturaleza del agua que moverá las ruedas, dentro de estas variaciones adicionalmente al molino de rodezno que acabamos de ver mencionaremos los de rodezno y los de mareas.

#### d. Molino de regolfo.

El molino de regolfo surge en sitio con ríos de gran caudal y mucha fuerza que corren por topografías planas, los ríos no son lo suficientemente grandes como para contener aceñas y tienen un caudal elevado para desaprovecharlo con los molinos de rodezno.

Según Nicolás García Tapia la palabra regolfo significa restaño equivalente a pararse en una corriente de agua tratar de cambiarla o oponer resistencia<sup>228</sup> esto en clara alusión al principio de funcionamiento del molino de rodezno que provoca resistencia al agua con la que trabaja.

No se ha aclarado con certeza el origen del molino de rodezno lo que es un hecho es que para el siglo XVI ya están representados en dos tratados de importancia que hablan de los molinos, uno de ellos el de los 21 libros de los ingenios y las maquinas y el otro sobre molinos de Francisco Lobato<sup>229</sup> se vuelven muy populares porque no requieren de obras adicionales sobre el río para tomar el agua, únicamente una canalización directa que provoca el ingreso de agua hacia el cilindro de piedra, también era común que en estos casos de corrientes abundantes los rodeznos se ubicaran junto al río con una derivación en forma de canal que los hería directamente. De esta forma se provoca el ingreso del agua hacia el cilindro donde esta contenido el rodezno y el llenado posterior de este cilindro.

Los molinos de regolfo aprovechan el principio de la fuerza centrífuga para aumentar la fuerza del giro, de la descripción anterior lo que cambia es la construcción del cárcavo, de igual manera el eje transmite directamente el giro hacia las piedras porque el rodezno se encuentra directamente por debajo de las piedras, adicional a esto el rodezno se ubica en el interior de un cubo de piedra, el rodezno ubicado dentro del cilindro de piedra funciona con el mismo principio de las turbinas de aire, el rodezno se construye con aspas alabeadas que oponen resistencia al agua.

Otro aspecto importante es que el rodezno es casi del mismo diámetro que el cilindro que lo contiene, de esta forma bloquea el paso del agua que se acumula en la parte de arriba del

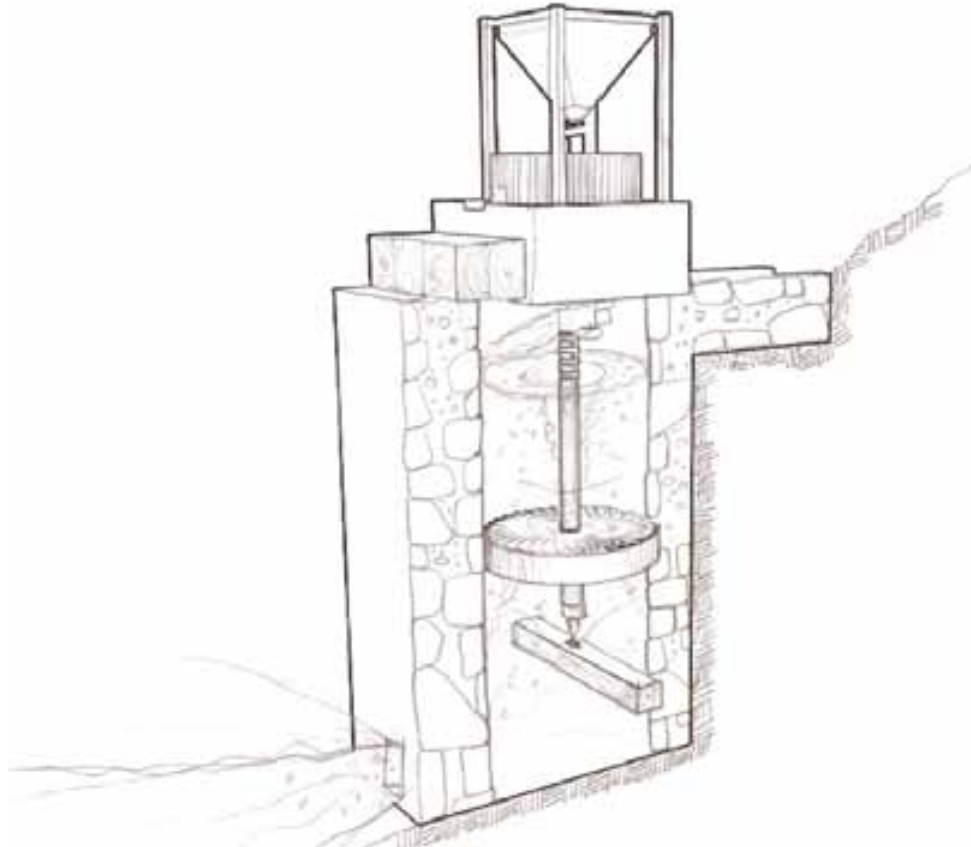
<sup>228</sup> **García Tapia N.**, *LOS MOLINOS EN EL MANUSCRITO DE FRANCISCO LOBATO SIGLOS XVI en Los molinos: cultura y tecnología*, Madrid, 1989, págs. 168-169.

<sup>229</sup> **Córdoba De la llave Ricardo**, *SOBRE EL ORIGEN Y DIFUSION DE LOS MOLINOS DE REGOLFO en III jornadas de molinología*,



rodezno y por gravedad y forma de diseño con los alavés colocados de manera correcta el agua que baja por gravedad hace girar la rueda.

En la parte superior del cilindro existe una entrada de agua que provoca que esta se acumule sobre el rodezno, haciéndolo girar, cuando el rodezno gira hace girar también el agua y esto provoca fuerza adicional, una vez utilizada por debajo del cilindro existe una salida del agua que se reincorpora al río nuevamente. Esta acumulación del agua y los remolinos de agua que se formaban le confieren su nombre de regolfo.



Molino de regolfo con el rodezno confinado, cuando el cilindro se llena de agua provoca un efecto similar al de una turbina aumentando la fuerza del giro, el rodezno y el cilindro de piedra se encuentran directamente por debajo de las muelas, la transmisión del movimiento es directa, no se necesita ningún sistema de almacenamiento cuando la corriente es fuerte y se toma directamente del río, de igual manera una vez que el agua ha cumplido con su función es regresada al cauce. *Imagen Tarsicio Pastrana.*

#### e. Molinos de marea.

El principio de funcionamiento de los molinos de mareas es el mismo que un molino hidráulico, la diferencia radica en el origen del agua de la fuerza motriz, en el caso de los molinos de mareas utilizan la fuerza del mar .por esta razón constituyen un ejemplo histórico de la arquitectura sostenible. Integrados en el medio natural, aprovechan los recursos que éste les ofrece para el normal desarrollo de sus actividades.

Estas adaptaciones que parten de la necesidad de acondicionar el espacio al entorno y hacerlo funcionar los convierten en uno de los ejemplos de arquitectura preindustrial más interesante,





adaptaciones en las que también radican sus diferencias con los molinos hidráulicos y que analizaremos por partes.

Esta situación del entorno costero también hace transformaciones en la arquitectura misma del molino, su ubicación en medio de una represa y por lo tanto rodeados de agua en cercanía con el mar, les transmite su primera necesidad principal, un paso sobre el agua para poder llegar a ella, otra característica es que se puede llevar el material de molienda y recoger el producto de la misma desde el mar razón por la que se tiene que tener espacios acondicionados para tal fin, de la misma forma el molinero de mar será diferente al de río, sus actividades de mantenimiento son diferentes marcadas en gran medida por el ciclo de las mareas de las cuales se obtiene la fuerza motriz necesaria.

Por otra parte la necesidad de localizar un terreno en el cual se pudiera construir una presa para que los flujos de la marea la llenara nos remite a sitios específicos de los litorales, donde las actividades complementarias como las salinas, la cría de peces y por supuesto la utilización de la marea para la molturación configura un conjunto de obras de ingeniería cuyo principal interés radica en el diseño de la obras hidráulicas que lo hacen posible, es decir la ingeniería hidráulica principalmente transforma los litorales que se prestan para ello y colocan estanques canales presas y edificios preindustriales para la producción generando con ello zonas de ingenios productivas a la orilla del mar

Aprovechando las características de la región subsisten y prosperan las comunidades apoyadas en las mejoras tecnológicas y sus aplicaciones. Por ejemplo la existencia de salinas y pueblos dedicados a estas ya existían en España desde mucho tiempo atrás en diferentes etapas de la historia, fenicio cartagineses, romanos, cristianos y musulmanes establecían poblados y colonias para la producción de sal estas unidades productivas que generaban colonias y poblados requieren de servicio básicos entre los que se encontraban los molinos.

Adicional a estos aspectos habrá que mencionar que la ingeniería hidráulica relacionada con el movimiento de las mareas requiere de análisis complementarios, en relación con la misma fuerza de la marea y sus momentos de mayor alcance, los canales, presas, estanques y demás elementos hidráulicos obedecen a los movimientos del mar además de las propias reglas de la hidráulica que son tomadas en cuenta para otros ingenios.

Por otra parte se debe de aclarar que es poco probable que estos molinos hayan existido en México, ya que el nivel entre la bajamar y la pleamar es muy poco tanto en el pacífico como en el golfo lo que dificulta la instalación de este tipo de establecimientos, por otra parte los cultivos asociados a la necesidad de molienda se localizaban lejos de la costa, la razón por la cual se mencionan dentro de este trabajo es para especificar una de las variantes relacionadas con la adaptabilidad al entorno que se originan a través de los molinos hidráulicos comunes, su descripción es importante para seguir entendiendo el funcionamiento de las maquinas hidráulicas que originan los ingenios y la diversidad que estas pueden alcanzar.

Antes de abordar el tema de la arquitectura y funcionamiento de los molinos de mareas es conveniente explicar como se ha realizado con otros ingenios en el presente capitulo los factores que lo hacen posible, en primer lugar el sitio o escenario por excelencia de los molinos de mareas en las costas, los estuarios y en segundo el fenómeno que permite el movimiento del agua y por consiguiente su utilización en este tipo de molinos: las mareas.

Las mareas tienen su origen en la fuerza de gravedad a la cual están sujetos todos los cuerpos de la tierra, en el caso del agua, la fuerza de atracción del sol y de la luna provocan los



cambios en el nivel del agua los cuales son mas notorios en el mar. Cuando el nivel del agua alcanza el mayor nivel en el día se llama pleamar, por el contrario cuando esta en el nivel mas bajo se llama bajamar, los ciclos de las mareas se repiten constantemente todos los días, lo único que cambia son los niveles máximos como veremos mas adelante, este ciclo se repite una vez cada 12 horas por lo que tenemos una bajamar cada 12 horas y una pleamar cada 12. Existen generalmente cuatro mareas de diferente nivel diariamente: 2 mareas altas y 2 mareas bajas. La diferencia entre la pleamar y la bajamar recibe el nombre de amplitud de marea. Cuando las gravedades del sol y la luna se juntan, es decir que su efecto se suma por estar mas cerca de la tierra se denomina marea viva que en la zona donde se efectuó la medición durante la marea viva podemos encontrar los máximos del lugar, en caso contrario cuando la gravedad del sol y la luna no están en su etapa de mayor influencia y por el contrario se contrarrestan se denomina marea muerta etapa en la que la diferencia entre la bajamar y la pleamar es mayor.<sup>230</sup>

Estas mareas se conjuntan con la orografía del litoral para producir marismas, rías o estuarios que son diferentes nombres para el mismo ecosistema, marisma es un lugar de la costa que durante la pleamar queda totalmente inundada en la etapa contraria durante la bajamar este mismo lugar queda seco, los ecosistemas en estos sitios son ricos en diversidad de flora y fauna, aprovechados en la antigüedad con diferentes obras hidráulicas para la producción de sal y para instalar molinos de mareas.

La historia de los molinos de mareas tiene un origen común con la anterior tratada, sobre los molinos en general especifiquemos algunas diferencias, en esencia el objetivo es el aprovechamiento de la energía generada por el cambio de nivel en las mareas. Las primeras referencias de este tipo de establecimiento se tienen en la edad media, en la costa sur de Inglaterra en el siglo XI, en la costa continental pero en la misma zona se extiende el uso de estos establecimientos, principalmente en la breña francesa en los países bajos, en Holanda y en el norte de España, cuyas referencias datan del siglo XII principalmente en la costa cantábrica como ya hemos visto la diferencia de mareas en esta zona del atlántico norte llega a ser de 8 a 13 metros en algunos lugares<sup>231</sup> lo que facilita el llenado del estero y posteriormente una mejor fuerza en el agua acumulada en el cambio de la marea. Esta diferencia en las mareas fue observada y aprovechada para la construcción de molinos de mareas, no es difícil establecer la relación entre el molino hidráulico y el de marea, el hombre requería en las zonas costeras de molinar grano, además las costas atlánticas del norte no son tropicales, lo que facilita la cercanía de los cultivos de grano con la costa, el diseño de los dispositivos para acumular el agua que a la postre darían su originalidad al molino de marea sobre el hidráulico fue obtenido en estas zonas como ya vimos.

Aunque en el mediterráneo esta diferencia en las mareas es menor se aprovecharon las diferencias para construir molinos que están ampliamente documentados, con información grafica (en Italia Los cuadernos de Mariano Jacopo II Taccola –fechado en 1438 y 1450– y en España Los dibujos de Francisco Lobato para Puerto Real en Cádiz, fechados entre 1545 y 1585).

---

<sup>230</sup> Todos los principios señalados para los efectos de la gravedad lunar sobre el océano pueden aplicarse al Sol, aunque su masa sea mayor (alrededor de 27 millones de veces la de la Luna) ya que está unas 400 000 veces más lejos, y por esta razón el efecto que la Luna ejerce sobre las aguas del océano es dos veces mayor que el provocado por el Sol. Las fuerzas de marea del Sol sólo representan el 46 por ciento en relación con las producidas por la Luna.

<sup>231</sup> En el estuario del río la Rance en Francia



Debido a las variaciones en el clima, a la ausencia de vientos en algunas zonas y a lo variable del caudal de ríos en otras, además de que en muchos casos la producción de los molinos de mareas era superior a la de los hidráulicos se comenzaron a llenar los litorales con este tipo de establecimiento desde las costas al sur de España hasta las de Holanda, también en Gran Bretaña y las islas alrededor de esta. En el sur de España los establecimientos se manejaron en conjunto con las salinas por ejemplo en Cádiz, en donde desde épocas tempranas se habían fundado colonias por parte de cartagineses para la explotación de la sal, en estos sitios se aprovechó la infraestructura existente y se acondicionaron molinos de mareas. Su decadencia como en el caso de otros ingenios viene con la revolución industrial y se acentúa en el siglo XIX donde nuevos modos de energía sustituyen a los anteriores.

Aunque la molienda en los molinos de mareas ya no se efectúa por razones ya analizadas se han construido centrales mareomotrices, que bajo el mismo principio de funcionamiento de los pequeños molinos de mareas hacen girar en lugar de rodillos turbinas para generación de electricidad, con lo que ahora en las costas en algunos lugares que se prestan para tal fin se produce energía eléctrica, la central mareomotriz más celebre de estas es la de la Rance en Francia.<sup>232</sup>

El sitio de la costa ideal para construir un molino de marea es la marisma, se requiere para el sitio exacto una ría donde el nivel de la marea en la pleamar sea de unos 2 metros mínimo sobre la bajamar, el estuario debe de tener cierta protección debido a que la maquinaria quedara expuesta hacia el lado del mar, de estar el molino directamente sobre el litoral, el constante oleaje y la fuerza de este terminaría por destruir y en el mejor de los casos desajustar la maquinaria.

Como elemento fundamental se debía de encontrar una zona del litoral que durante la marea alta quedara totalmente bajo el agua, en la marea baja debía de quedar sobre el nivel del mar, generalmente salientes y entrantes de un litoral con zonas de roca o arena un poco más altas que el nivel de la playa eran las más aptas, ya que estos quebrados del litoral y diferencias de nivel rompen las olas que no llegan al estuario con la misma fuerza que en la playa, en la entrante principal se construía un muro de mampostería que serviría de represa este muro es el elemento más importante del molino de marea, todo molino de marea tiene este muro que se convierte en un eje de composición espacial, funcional y estructural; este debe de reunir diversas características, la primera es que estructuralmente debe de contener el agua almacenada, la segunda permitir el tránsito de personas y en el mejor de los casos carretas por la parte superior, ya que será la comunicación desde tierra firme con el molino, ya que el edificio quedara construido en medio de la ría y el único medio para llegar a él es el muro que funcionara como puente, debido a su entorno acuático, también es posible llegar a él por medio de barcos lanchas y botes, que se convierten en auxiliares adecuados para el transporte de materia prima y de producto obtenido.

En cuanto a su forma no difieren demasiado de los molinos hidráulicos, por lo general los molinos de mareas son edificios rectangulares con su eje más largo paralelo al eje de este

---

232 En este lugar la amplitud de la marea es de 13.50 metros y el agua entra y sale del estuario a razón de 18 000 metros cúbicos por segundo, produciéndose un volumen útil de más de 170 millones de metros cúbicos; además, su depósito puede contener 184 millones de metros cúbicos de agua. Las instalaciones constan de cuatro partes principales: la represa, la central generadora de energía, las esclusas para la navegación y una serie de canales con válvulas reguladoras para acelerar el llenado y el vaciado del depósito, a través de un dique que une a las dos orillas que se encuentran a 750 metros de distancia. Cada una de las 24 máquinas generadoras de energía que quedaron instaladas en 1967 en el Rance, puede producir 10 000 kilowatts; por lo tanto, la producción máxima de potencia es de 240 000 kilowatts y en el año puede llegar alrededor de 670 millones de kilowatts-hora.



muro. por el flujo generado por el vaciado del agua de la presa generalmente son edificios mas grandes que los molinos hidráulicos normales.

El edificio del molino se compone mínimo de dos niveles, uno de ellos coincidente con el nivel superior del muro de contención y el otro un nivel mas abajo, en el que se ubicara la maquinaria, en esta parte se parece a los molinos hidráulicos normales, ya que los arcos de soporte que definen los cárcavos le confieren una vista característica, estos se encuentran del lado que da hacia el mar, en cada uno de estos se ubica la maquinaria.

Para construir el edificio se requiere que la parte que estará bajo el agua sea resistente, con las características similares a las de un puente en el sentido de resistencia al agua y materiales, se han encontrado menciones en las que se especifica que el basamento y los arcos se construyen de piedra marina denominada en México Mucara, o en otros casos de piedra resistente, con una cimentación profunda cuyo método constructivo de dique seco considero era similar al de los puentes.

Con respecto a este tipo de construcción de molino sobre una presa que aprovecha el desnivel del agua generado por el muro de obtención existen algunos modelos de molinos hidráulicos, la diferencia como ya se pudo deducir es que en el caso del molino de marea el agua tiene una circulación de lado a lado coincidente con el ciclo de la marea , a diferencia del molino hidráulico el cual se encuentran en el muro de contención de la represa y solo permite el vaciado en la dirección del molino, la maquinaria nunca se encontrara por debajo del nivel del agua y las compuertas de vaciado solo funcionan en un sentido, el molino de marea como parte importante de su funcionamiento esta compuerta basculante que ayuda al llenado y contiene el agua para canalizar su vaciado por la zona del molino como se describirá mas adelante.

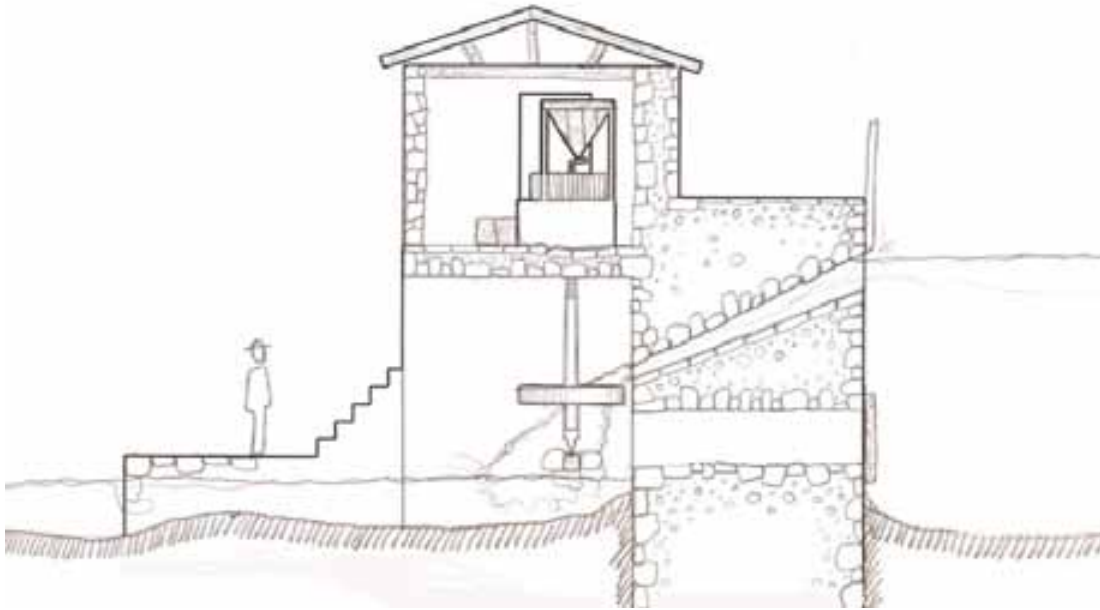
La parte mas interesante del mecanismo de función de un molino de mareas son las compuertas que se ubican en diferentes zonas y que tienen un mecanismo basculante que solo permiten el paso del agua cuando esta subiendo la marea con lo cual es estuario se llena, estas compuertas permiten el libre paso del agua, en el momento en que la marea comienza a cambiar de dirección la puerta se traba y bloquea el regreso del agua con lo que se queda llena la presa, la manera de moler era muy sencilla, en el muro de contención coincidente con cada uno de los cárcavos existen una tomas de agua con sus propias compuertas, estas compuertas se accionan desde el interior del molino y el agua por efecto del desnivel comienza el vaciado, en esta caída provocada se mueven los rodeznos que se ubican en cada cárcavo. Al garantizarse una presa llena dos veces al día los molinos de mareas pueden ser mas productivos que los hidráulicos pueden tener mayor numero de rodeznos y mantener una velocidad de molienda constante, no dependían de la estación de aguas ni del almacenaje extra en estanques, se tenia un control constante de la cantidad de agua que se tendría en almacenamiento y de la producción que se alcanzaría con esa agua.

Cuando se vacía por completo la presa se completa un ciclo que se inicia nuevamente con la marea alta ya que al subir la marea las puertas permiten el llenado de la presa que posteriormente se vaciara a través de los cárcavos del molino.

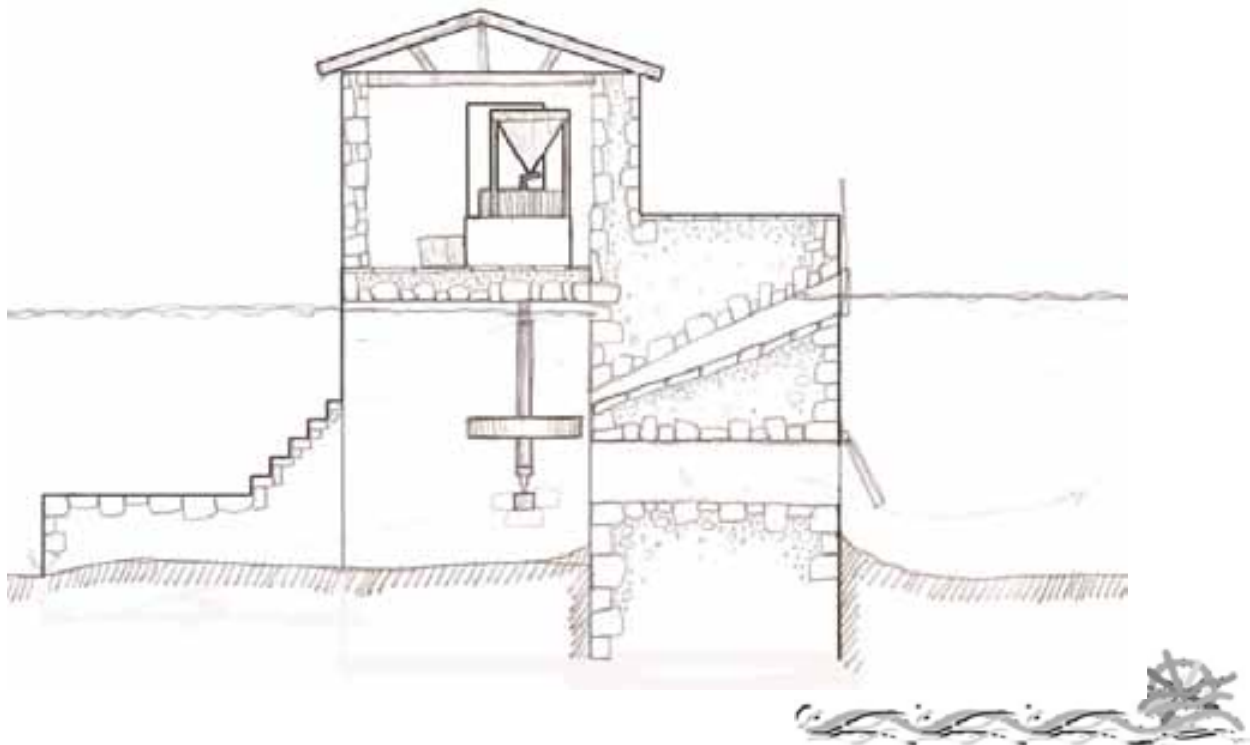
Como podemos deducir de la descripción anterior la maquinaria del molino queda bajo el agua durante el periodo de la marea alta, situación que le confiere diferentes características al mantenimiento de este tipo de molinos con respecto a los molinos hidráulicos, en estos además de las tareas ya conocidas como el picado de piedra se encuentra la limpieza periódica de los rodeznos que pueden atorar algas en sus mecanismos y obstaculizar el movimiento, también la



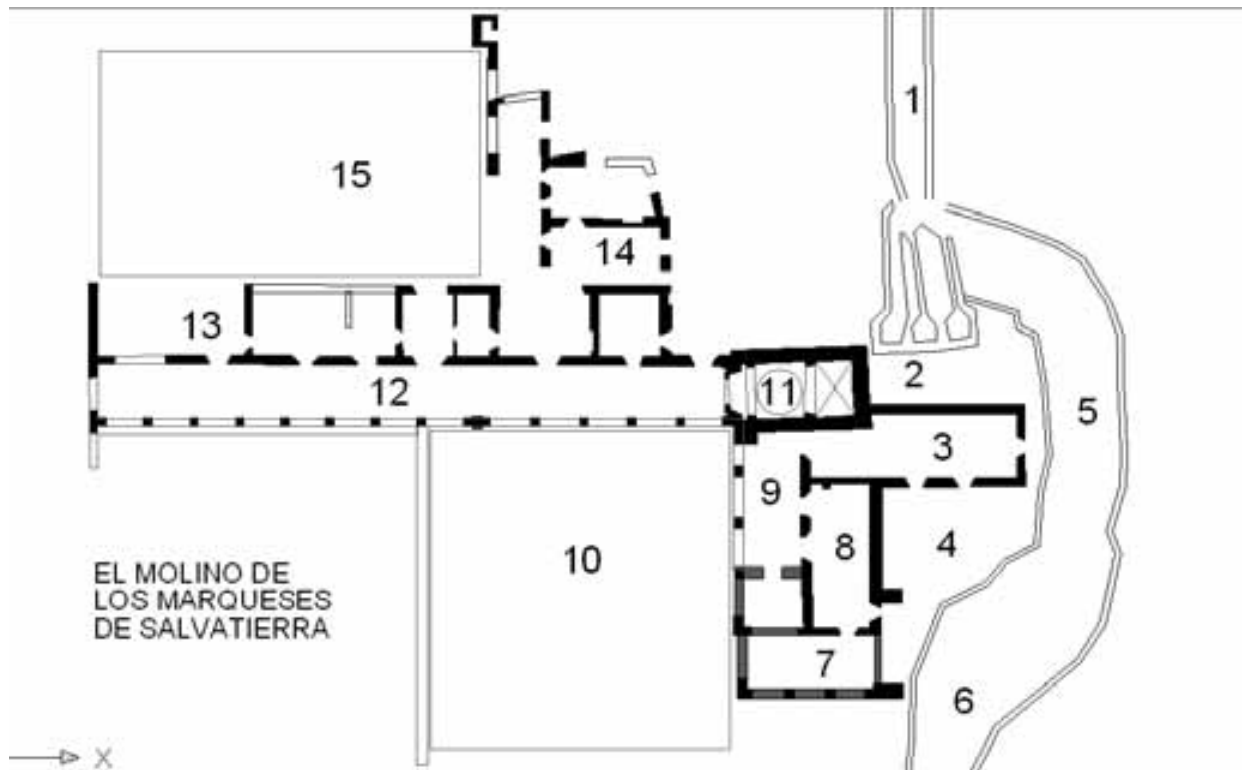
limpieza constante de las compuertas, debido a la circulación en dos direcciones del agua se acarrean materiales sólidos que puedan evitar el correcto funcionamiento de las puertas basculantes. Por otra parte hemos mencionado que estos ingenios se pueden ubicar en conjunto con otros, como las salinas, para lo cual se aprovecha de igual manera los movimientos de las mareas, mas adelante se hablara del funcionamiento de los canales para la obtención de sal.



En la imagen de arriba se observa el funcionamiento del molino de marea con la marea baja, dejando pasar el agua por las compuertas que permiten que esta haga funcionar los rodeznos, nótese la construcción del molino junto a la represa, también vemos el muelle en la parte de atrás, desde este sitio se puede embarcar o recibir productos, para llenar la represa se aprovecha la marea alta, la compuerta de llenado solo funciona en el sentido que permite que esta se llene, cuando cambia la marea se cierra dejando el agua en la represa, en la figura de abajo observamos el comportamiento durante la marea alta, cuando el ducto de llenado deja pasar el agua y la represa se llena, es importante notar que el muelle del molino así como la maquinaria principal quedan bajo el agua durante la marea baja. **Imagen: Tarsicio Pastrana**



## f. Arquitectura de los molinos



Planta del molino de los marqueses de Salvatierra en la ciudad de Salvatierra Guanajuato *imagen Tarsicio pastrana*

1. Canal de alimentación
2. Cubos del molino, por medio del numero de cubos se puede determinar cuántos pares de muelas hubo en el molino, por ejemplo en este se ven claramente 3 cubos.
3. El área de producción está junto a los cubos, ya que desde estos, se alimenta de agua los rodeznos que se ubican por debajo de la sala de trabajo o área de producción.
4. Desagüe del molino, después de herir los rodeznos, el área al frente y por debajo del área de producción recibe el agua que sale de los cárcavos, después esta agua tendrá que incorporarse de nuevo al canal
5. Canal de agua
6. Canal de agua después del desagüe, donde se incorpora el desagüe del molino.
7. Área de almacén y administrativa
8. Almacén
9. Pórtico de acceso al área de producción
10. Patio enfrente del área de producción, sirve como era y como asoleadero, para preparación del grano antes de molerlo.
11. Capilla
12. Pórtico principal
13. Área habitacional
14. Posible área de servicios
15. Patio interior.



## 6. La maquina del aceite de oliva

### a. Introducción

El aceite de oliva es un producto muy apreciado por el hombre, cultivado desde hace miles de años y trabajado para extraer a partir de la oliva su valioso aceite. Es muy probable que como dice Indro Montanelli en su libro Historia de Roma, uno de los primeros usos reales además del culinario del aceite obtenido directamente de la fruta, fuera untado para ayudar a la curación de las heridas provocadas por el sol, sin embargo casi paralelamente desde tiempos primitivos los usos fueron diversos, entre ellos el mas importante fue el alimenticio con el paso del tiempo se mantiene el uso cosmético, se agregan los curativos, el ritual, para la iluminación entre otros mas todos de vital importancia para las sociedades primitivas, a esto se agregan las cualidades descubiertas ya en el siglo XX y que lo hacen tan útil en el cuidado de las enfermedades relacionadas con la circulación, la tan elogiada dieta mediterránea le debe gran parte de sus virtudes a este aceite.<sup>233</sup>

La producción de aceite de oliva requería del machacado y molido de la aceituna para separar el aceite de la fruta, además de retirar la avellana del hueso que se consideraba malo consumirse, por lo que el principio básico de elaboración paso por la etapa primigenia de todos los procesos abordados, se molía con piedra igualo similar que se molía el papel, el trigo, y demás procesos que incluyen la molturación básica en su proceso inicial. Como segunda etapa los sistemas se van especializando y no es lo mismo mencionar un trapiche para producción de caña de azúcar que un molino aceitero aunque ambos en un origen utilizaron las mismas maquinarias.

Esto nos lleva a analizar el proceso en dos etapas la primera más primitiva y que es común en maquinaria a las etapas primitivas de los otros procesos y la segunda donde el molino aceitero adquiere características propias que lo hacen diferentes.<sup>234</sup> También es importante mencionar que existieron dos tipos de fuerza motriz (esto también es similar en todos los casos analizados) la fuerza humana o animal (molino de sangre) y la fuerza hidráulica aunque esta segunda fue mucho menos abundante que la primera es importante incluirla en nuestros análisis principalmente por encontrar este tipo de molinos aceiteros hidráulicos en los principales tratados hidráulicos de la época.

La especialización de la maquinaria y la aplicación de la fuerza hidráulica son los dos factores que determinan una evolución que continua hasta nuestros días, la diferencia es que la maquinaria a cambiado y se ha tecnificado, pero la producción de aceite de oliva es una de las actividades que continúan en muchas regiones sin alteración a través del tiempo aunque las

---

<sup>233</sup> El aceite de oliva fue utilizado como material combustible en lámparas, en los ritos religiosos a consecuencia de ser un producto tan valioso, los reyes príncipes y demás personajes de la nobleza tenían que ser ungidos con aceite de oliva, los difuntos, sus connotaciones rituales eran muchas, además de las practicas sus subproductos se utilizaban para aceitar maquinarias, hilar la lana, en el campo cosmético encontramos que el aceite era utilizado para perfumes, jabones etc., y finalmente y ampliamente comentado sus cualidades gastronomitas ayudando en la disminución de grasas en la sangre son muy conocidas. Es pues el aceite de oliva un producto muy valioso mas en la antigüedad que ahora pero conservando sus cualidades y siendo parte de la base alimenticia de muchos pueblos mediterráneos.

<sup>234</sup> Los procesos de obtención de diferentes productos que dependían de la molienda tienen que ver con la aplicación del molino de piedras primitivo, la cual duro con muy pequeñas variaciones por mucho tiempo hasta que se comenzó la especialización de la maquinaria y de los procesos, esta derivada de la experiencia de cientos de años y de la intención de aumentar la producción y mejorar el producto.



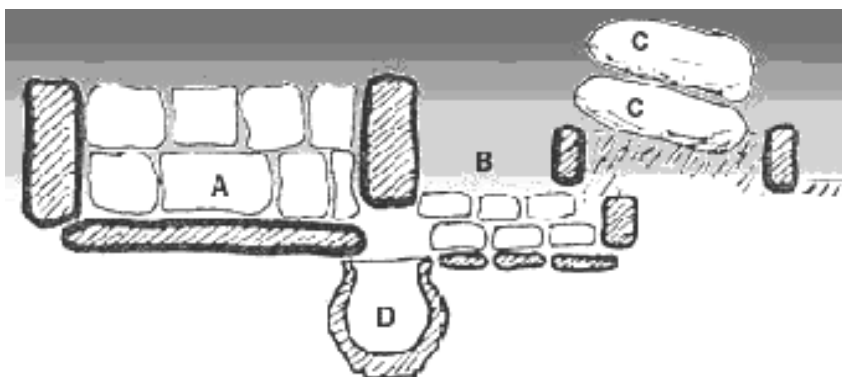
maquinas que apoyan su producción sean las que han ido evolucionando a través del tiempo conservando en esencia las mismas partes del proceso a través del tiempo.

Son estas maquinas en su etapa hidráulica virreinal las que se analizaran en este subcapitulo, enfocándonos principalmente en la etapa productiva en la que se empleaban estas, analizando los cambios principales y el funcionamiento de estos molinos aceiteros, recordando que su difusión en nueva España fue escasa.

#### a. Historia del aceite de oliva.

Se considera la zona de oriente medio como el origen de la producción de aceite de oliva, aproximadamente en el año 4000 AC en la zona mencionada se consumía un fruto aceitoso de un arbusto pequeño que se encuentra en toda el área mediterránea llamado oleastro que se puede considerar como un antecedente del olivo aunque su fruto no es tan aprovechable, una vez mas se menciona una región en especifico pero es común que en diversas partes se descubriera que el aceite de este fruto era muy nutritivo.

El olivo como se conoce al parecer fue una mezcla de arbustos de este tipo que se fue buscando con la finalidad de obtener el fruto mas aceitoso y de buen sabor. Estas mezclas se logran en el Medio oriente y se comienza su cultivo y explotación en forma muy temprana en Egipto, Palestina, las islas griegas y principalmente creta donde se sabe por evidencia arqueológica que la principal actividad de la isla era el cultivo del olivo, aunque se desconoce el origen exacto, se tienen antecedentes de cultivo del acebuche que es un arbusto salvaje que da una fruta similar a la oliva pero de diferentes características.<sup>235</sup>



En A se colocaban las aceitunas, los operarios estaban en B y colocaban los contrapesos de piedra C encima de las aceitunas que se iban prensando y se recogía el aceite en D. Prensa primitiva del segundo milenio antes de Cristo en Gezar Palestina

**Imagen**

<http://www.hojiblancaycordoliva.com/index.htm>

En los grandes imperios de la antigüedad incluida la cultura minoica el cultivo y comercialización del aceite represento un desarrollo económico y cultural de grandes proporciones. La importancia del aceite radicaba no solo en sus valores alimenticios, era utilizado como ya se ha mencionado en la medicina, cosmética, iluminación, rituales religiosos etc. transformándose en un artículo de primera necesidad.

Fueron los fenicios los que llevan el aceite por todo el mediterráneo, siempre su transportación de largas distancias se efectuó en ánforas de barro que tenían formas características según la región de producción de origen, esto sirvió para determinar calidades según orígenes, algo

<sup>235</sup> Barbancho Cisneros Francisco y Mataix Verdu Francisco, *EL ACEITE DE OLIVA EN LA ALIMENTACION MEDITERRANEA en aceite de oliva y salud 1er congreso de cultura del olivo*, Universidad De La Rioja, España 2007, págs. 708 y 709

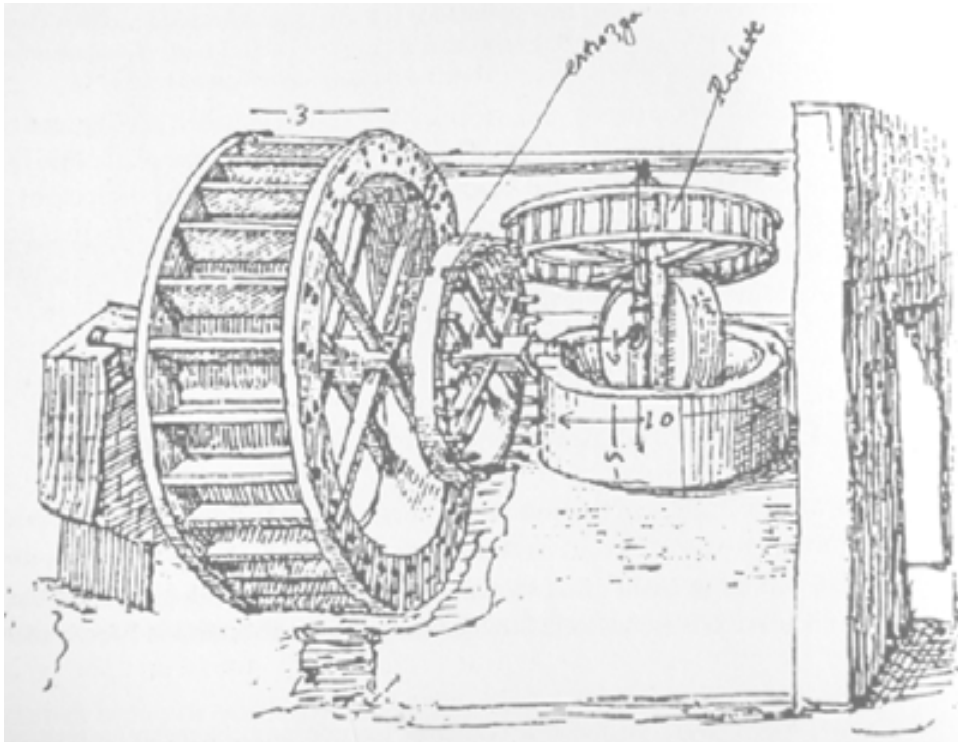




similar a las denominaciones de origen actuales.

Las ánforas eran tapadas por medio de un tapón de cerámica y una pasta de cal que se solidificaba, creando una superficie continua por la que no se podía escapar ninguna parte del liquido en los largos trayectos. El imperio Romano le dio a las rutas del aceite y a su consumo una importancia capital, debemos recordar que el consumo no era el único uso del aceite por lo que la metrópoli romana se convirtió en el primer centro receptor de aceite todas las colonias donde se producía, en Roma se creó una colina artificial en el sitio donde los pobladores iban a desechar las ánforas ya vacías, el comercio del aceite de oliva fue de vital importancia a lo largo del imperio Romano.

A la caída del imperio romano esta gran red establecida para el consumo y comercialización se desmorona, no así la costumbre de consumirlo, al convertirse en un artículo suntuoso su consumo se limitó de manera significativa a los ámbitos religiosos y a los grupos sociales que podían pagarlo, el pueblo empezó a sustituir el aceite por otro tipo de grasas principalmente animales. La excepción se presenta en el norte de África y el sur de España que al estar dominados por los árabes logran mantener y mejorar el sistema que existía durante la época romana incrementando y mejorando algunas partes del sistema productivo.



Molino aceitero hidráulico la rueda es vertical y transmite el movimiento a través de una serie de engranes a una piedra que gira en el interior de un recipiente de piedra donde se depositan las aceitunas, **imagen los 21 libros de los ingenios y las maquinas SXVI**

Para la cultura árabe el aceite también representaba limpieza y situaciones asociadas con sus ritos Litúrgicos en los cuales se tenían que ungir con aceite de oliva, situación conservada en el cristianismo en toda la edad media, los reyes tenían que ser ungidos, al igual que los recién nacidos. Para la iglesia no se podía prescindir del aceite y fueron unos de los principales consumidores en la época descrita.

Con el renacimiento y la mejora de los métodos de producción derivados de la inquietud



humana por conseguir mejoras el cultivo y producción se comenzaron a difundir por amplias zonas del mediterráneo y el aceite comenzó a venderse nuevamente a diferentes niveles de la población.

Con el descubrimiento de América y la constitución de virreinos en América se comienza el cultivo del aceite de oliva en América principalmente por las órdenes religiosas <sup>236</sup>ya que requerían de este para sus ceremonias. El cultivo del aceite de oliva se ve favorecido por el clima y por la situación de la Nueva España en la que se desarrolla la agricultura, los amplios recursos hídricos, el clima y las zonas de cultivo con buena tierra empiezan a favorecer la aparición de este y otros cultivos.

Al principio el cultivo de varias especies y su transformación en productos de primera necesidad fue incentivado por la corona entre estos productos estuvieron varios que en los siglos subsecuentes serian controlados y prohibidos por ejemplo el aceite de oliva. *Durante el siglo XVI, la propia Corona impulsó en las colonias un proceso de sustitución de importaciones de los principales bienes de consumo de las comunidades españolas asentadas en el Nuevo Mundo. Fue así como se inició la producción local de trigo, vino, aceite de oliva, y textiles en la Nueva España y Perú*<sup>237</sup>

La metrópoli desea mantener el monopolio en el cultivo para lo cual y ante el rápido desarrollo que estaba teniendo el cultivo y producción crea una prohibición para producirlo en América, Carlos IV firmara la Cédula Real del 17 de enero de 1774, por la que encargaba a todos los virreyes no plantar viñedos ni olivos en México. Unos años después motivado por el mismo deseo de frenar la industria del aceite de oliva, 1777 en la que ordenaba la completa destrucción de todos los olivos existentes en México. Cuando Humboldt visita la Nueva España solo había dos regiones con olivares en toda la cuenca de México, una era en Tacubaya el llamado olivar de los padres que pertenecía al clero secular y el otro en la zona de Tlahuac, la corona había cumplido con su objetivo.

El golpe fue determinante, incluso después de la independencia el cultivo no se retomo decayendo con el tiempo, el consumo del aceite no fue favorecido por lo que se sustituye con otros aceites y grasas, principalmente de origen animal, actualmente que se recomienda para una dieta mas sana el aceite tiene que ser importado a consecuencia de que la falta de costumbre en su consumo genero una industria interna débil. Por el contrario, los países exportadores del aceite entre los que se encuentra España, desarrollaron por medio de los métodos tradicionales de producción mejoras en maquinaria y equipo con lo que la producción de diferentes aceites se realiza de manera fácil y rápida, el método se conserva intacto a través del tiempo lo que ha ido cambiando son las maquinas y los accesorios, el análisis de las maquinas que compiten a la época del virreinato en América es el que se describirá en la siguiente parte del trabajo.

---

<sup>236</sup> Las zonas oliveras en La ciudad de México son claramente distinguibles por conservar su nombre ahora en las colonias de las periferias, un ejemplo de esto es el Olivar de los Padres y el olivar del conde, ambos en la zona poniente de la ciudad que coincide con la zona de molinos y batanes de la ciudad, esta región contaba con varios escurrimientos de agua que bajaban de la sierra y hacían propicia la zona para todo tipo de establecimientos preindustriales entre los que se cuentan los olivares con sus establecimientos anexos de producción de aceite de oliva, también el nombre de olivar de los padres nos habla de la propiedad de estos una orden religiosa que en un inicio eran los únicos que tenían los conocimientos técnicos y los recursos para poner en marcha un cultivo de estas características. En el atrio del convento de Tzin Tzun Tzan encontramos olivos de 500 años que se atribuye fueron plantados por Vasco de Quiroga.

<sup>237</sup> **Márquez Graciela**, *MONOPOLIO Y COMERCIO EN AMERICA LATINA SIGLOS XVI-XVII*, Centro de Estudios Económicos El colegio de México, México 2001, pág. 25



**b. Obtención del aceite de Oliva.**

Ya comentamos que el olivo proviene de un arbusto silvestre que se fue domesticando y cruzando para obtener las variedades que se conocen los campos de cultivo del aceite de oliva con sus hileras de árboles acomodados de manera tan meticulosa son un acompañante permanente del sitio donde se elabora el aceite, a diferencia de otros tipos de cultivo, la aceituna tiene que ser procesada de manera inmediata porque su proceso de fermentación empieza inmediatamente además de ser muy rápido, al ser un fruto con una cantidad elevada de agua esta se combina con los agentes del medio ambiente y con las características propias del fruto para producir una fermentación rápida, el aceite que no se puede combinar con el agua como es sabido, se oxida rápidamente cambiando las características que lo distinguen.

La aceituna se procesa el mismo día del corte para evitar tanto la fermentación como la oxidación todo esto con la finalidad de preservar el sabor y la calidad del aceite. Es por esta razón que la parte inicial del proceso de fabricación es la recolección rápida del fruto y posterior a esta una selección para escoger desde el mismo momento de la observación en el árbol los frutos más aptos para la molienda del día.

Cuando el aceitero recolecta la aceituna lo hace por medio de un proceso selectivo, con las que a simple vista considera que ya están listas para pasar al establecimiento donde se molerá llamado almazara, esta recolección puede ser a mano o por medio de rasquetas<sup>238</sup>. Se recolectan las aceitunas sin dejar al árbol completamente sin frutos, seleccionándolas según su proceso de maduración de esta forma se dejan algunos frutos para la recolección siguiente, siempre debe de haber frutos para recolectar así la producción no depende exclusivamente de la cosecha, la cosecha de las aceitunas en diferentes grados de maduración proporciona diferentes tipos de aceite, la aceituna negra, produce un aceite, la verde otro y la blanca otro.

El proceso de cosecha es similar al que se llevaba a cabo hace miles de años, por ejemplo la aceituna de mesa se recolecta primero que la aceituna para aceite, esto reafirma la idea de una cosecha de varios meses en las que se va seleccionando el fruto dependiendo del uso que se le dará y del tipo de aceite a obtener.<sup>239</sup>

El ciclo del fruto comienza al finalizar el invierno, con una floración total a finales de Mayo, y a partir de ahí alrededor de 2 meses y medio para la obtención de los primeros frutos maduros, las cosechas se realizan en el verano y se cargan las almazaras de aceitunas que de esta manera comienzan a producir aceite, el ciclo termina a mediados del invierno con los aceites producidos y el descanso de la almazara.<sup>240</sup>

Una de las consecuencias directas de esta recolección y a su vez de la situación de rápida fermentación que sufre la aceituna es la ubicación de la almazara junto al campo de producción, en el caso de otros productos a transformar como ya se vio con la lana los diferentes pasos del proceso de producción pueden estar alojados en diferentes espacios que no necesariamente estarán juntos, en el caso de los ingenios y las aceitunas sus molinos tendrán que estar junto al

<sup>238</sup> Accesorio que a manera de rastrillo permite recolectar las aceitunas que ya están maduras y que no pueden ser alcanzadas con la mano.

<sup>239</sup> **Barbancho Cisneros Francisco y Mataix Verdu Francisco**, *op.cit.* pág. 717

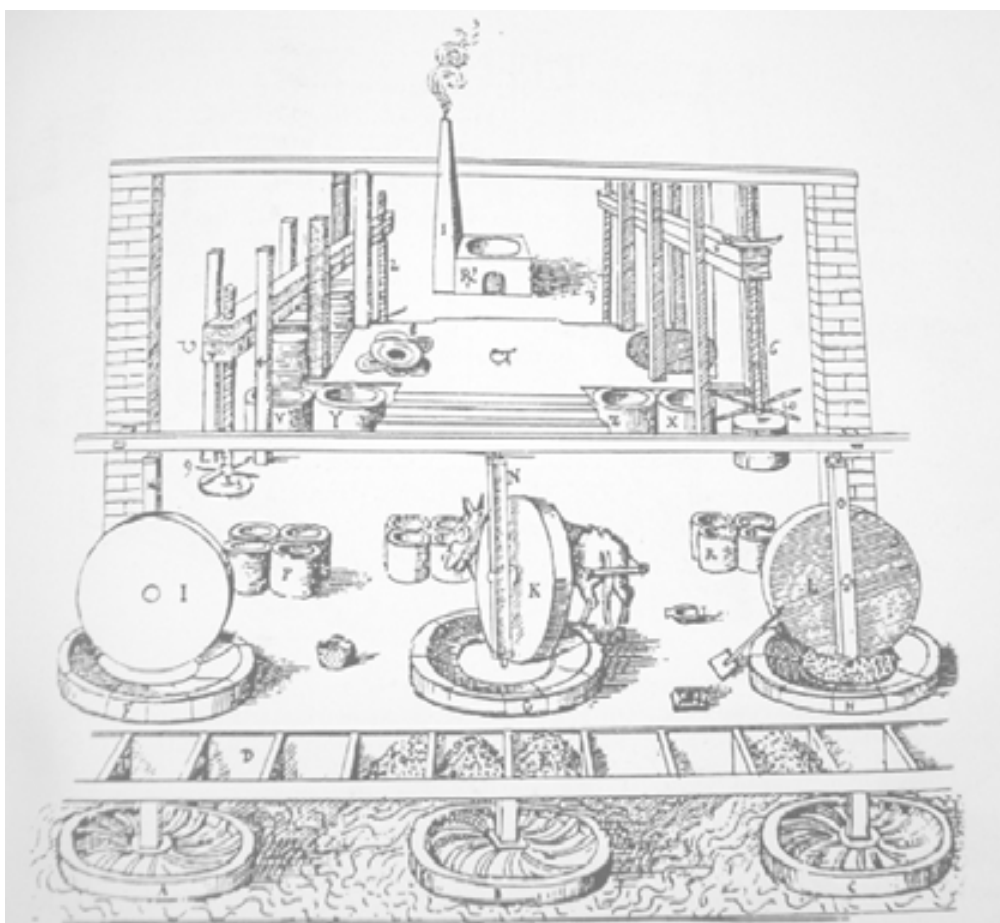
<sup>240</sup> **L. Ravett A. Matías**, *CARACTERIZACION DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGENES DE CATAMARCA ARGENTINA FISIOLOGIA Y FENOLOGIA DE LA INOLICION*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Catamarca, Argentina. Istituto di Ricerche sulla Olivicoltura, C.N.R., Perugia, Italia.



campo de cultivo.

Sobre el rendimiento de un campo de cultivo, se tienen los siguientes datos, el olivo se planta en la actualidad como mínimo a cada 7 metros, esto con la finalidad de que los vehículos motorizados puedan entrar entre las hileras de arboles y puedan ayudar en las diferentes partes del cultivo y la cosecha, anteriormente la misma función la tenían las carretas esta distancia facilita el desarrollo de los arboles que se podan para tener frondas extendidas cercanas al nivel del piso, con esta medida obtenemos 225 árboles por Hectárea pudiendo llegar hasta los 400 si se acortaba la distancia entre ellos a 5 metros, de cada árbol se obtienen dependiendo de las sequias y la cantidad de lluvia de 15 a 25 kilos de aceituna.<sup>241</sup>

El rendimiento de la aceituna es de aproximadamente 20% es decir que cada kilo puede producir 200ml y en una almazara se pueden moler y procesar 100kg al día, una almazara que produce para un campo de una hectárea trabajaría de 57 a 100 días al año dependiendo de la cantidad y calidad de la aceituna, esta medida es un dato cuantificable, aunque los campos no eran de una sola hectárea eran de mucho mas.<sup>242</sup>



Producción de aceite de oliva en el siglo XVI, se observa al frente 3 molinos hidráulicos uno de ellos puede ser usado de manera indistinta con un animal de tiro o con el rodezno, en la parte frontal se ven los depósitos de aceitunas, después de los 3 molinos los recipientes donde se coloca la pasta que se lleva a las prensas que están ubicadas en la parte de atrás, en la parte central de las prensas las esteras de esparto donde se prensa la pasta, al centro los recipientes que reciben el aceite y al fondo la hornilla para procesar los residuos de la pasta y obtener otros tipos de aceite. **Imagen los 21 libros de los ingenios y las maquinas**

Una vez que se llega a la almazara con los recipientes llenos de fruto la aceituna como primer paso se debe de lavar y clasificar, al necesitar de grandes cantidades de agua se requiere un recipiente o pileta que permita la manipulación de las aceitunas por una persona y los sistemas

<sup>241</sup> Foro de Trebujena sobre el cultivo del olivo, registro de preguntas y respuestas en la página Trebujenet: [http://www.trebujena.net/el\\_olivo](http://www.trebujena.net/el_olivo)

<sup>242</sup> *Ibíd.*



de canales para conducir el agua hacia este recipiente, encontramos el agua como participante directo, la aceituna se lava para eliminar las sustancias ajenas que al molerse podrían transformar el sabor del aceite, esta situación genera un espacio arquitectónico donde la aceituna espera a ser lavada y donde antes del lavado se separa, la separación se realiza en primera instancia por colores y tamaños, además de retirar todo material orgánico que no deba de molturarse hojas ramas tierra piedras , esta separación tiene como objetivo obtener un producto uniforme en el momento de molerlo. De los diferentes tipos de aceituna se obtienen diferentes tipos de aceite

Debemos recordar que gran parte de la producción se destina a la fabricación de aceite, pero el fruto del olivo se utiliza para ser consumido en su estado de fruto, para cocinar platillos para aderezar alimentos, esta separación determinaba los mejores frutos para la obtención del aceite, por el contrario algunas de las aceitunas eran desechadas pero se utilizaban para alguno de los usos descritos.

El espacio requerido generalmente es cerrado para que la aceituna no este al rayo del sol, en el libro La aceituna, limpia y lavada, no debe permanecer más de 48 horas sin moler porque podría fermentar y afectaría a la calidad del aceite<sup>243</sup>.se menciona un periodo máximo de 48 horas entre la recolección y la molienda, en cualquiera de los dos casos se requiere de espacio de transición y espacio de limpieza, en algunos lados es un patio junto al que se tiene acceso a las piletas de agua para el lavado.

Una vez liberado de sustancias ajenas el fruto, se procede a la molturación, en primera instancia la aceituna es cuidada para no trozarla antes de la molienda debido a que cualquier aceituna herida deja escapar su aceite y el agua por la herida comenzando la fermentación de manera más rápida y agriando toda la producción de aceite, este cuidado se realiza desde el momento de la recolección y en todo el manejo, separación, lavado y transporte al molino.

Siendo la molturación una de las partes mas importantes pero al mismo tiempo mas arduas el hombre empezó desde épocas muy antiguas a generar maquinas que le ayudaran con esta tarea, los primeros molinos eran de piedra y no había distinción en el producto que se molería en el, para después en una primera etapa de especialización técnica separar molinos según el material a molturar.

Los primeros molinos fueron morteros de piedra o de madera, se colocaban las aceitunas en el receptáculo del mortero para que por medio de la fuerza humana se formara la pasta en el interior de la cual se extraía el aceite, el primer molino mas tecnificado aunque no diferenciado por el material a molturar seria el de rueda vertical sujeta al centro de un espacio circular por un eje este ya lo hemos visto en otras partes de este trabajo y es el más primitivo de todos, el siguiente paso es la incorporación de la rueda hidráulica en el caso de que eso fuera posible, el aceite se convierte en un artículo de primera necesidad que no solo se fabrica en sitios donde hubiera agua.

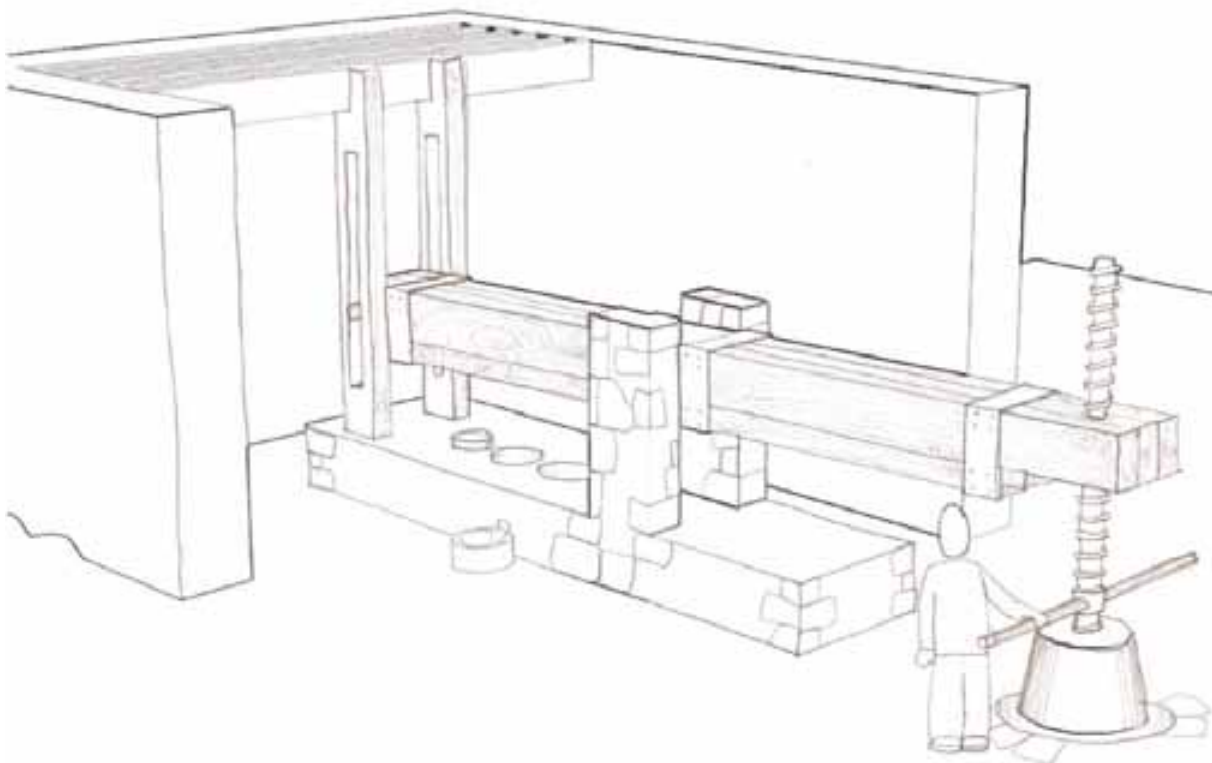
Si fuera el agua la principal fuerza motriz los engranes serian los encargados de transmitir el giro a la piedra que se mantiene horizontal y que rodara sobre su canto una y otra vez sobre el fruto hasta trozarlo y formar la pasta, en esta pasta la cáscara el liquido y el aceite se unen con la avellana del hueso para formar la pasta mencionada, materia prima ya transformada<sup>244</sup>.

<sup>243</sup> La almazara y el proceso de obtención del aceite de oliva virgen en <http://www.cerespain.com/almazara.html>

<sup>244</sup> En el tratado de los 21 libros de los ingenios y las maquinas, se ilustra un molino de aceite que tiene la



Algunos de los molinos más antiguos de los que se tiene referencia trabajaban con una prensa de madera y piedra, con el principio de prensado de la oliva para extraer el aceite. Aunque con el tiempo se van dividiendo los tipos de molienda fundamentalmente porque la rotura de un hueso implicaba el cambio del sabor del aceite, se realiza una primera molienda en la que se obtiene una pasta.



Prensa de viga *imagen Tarsicio Pastrana*

En esta molienda primera es donde se van separando los huesos para evitar que al pasar a la prensa los huesos se prensen, esto también determina el diseño del molino, ya que la piedra debe de tener la fuerza necesaria para machacar sin romper el hueso eso también modificaría el sabor del aceite. Reafirmando la idea el molino de sangre o hidráulico de piedra vertical fue uno de los primeros utilizados para producir el aceite.

Las dificultades que podrían mostrar los molinos de estas características por su poca superficie de molturación<sup>245</sup> las necesidades de machacar mas aceitunas con el giro y los inconvenientes de ajuste de las piezas móviles generan cambios en los molinos como ya se ha mencionado en otros trabajos los cambios tecnológicos son generados por necesidades de producción

---

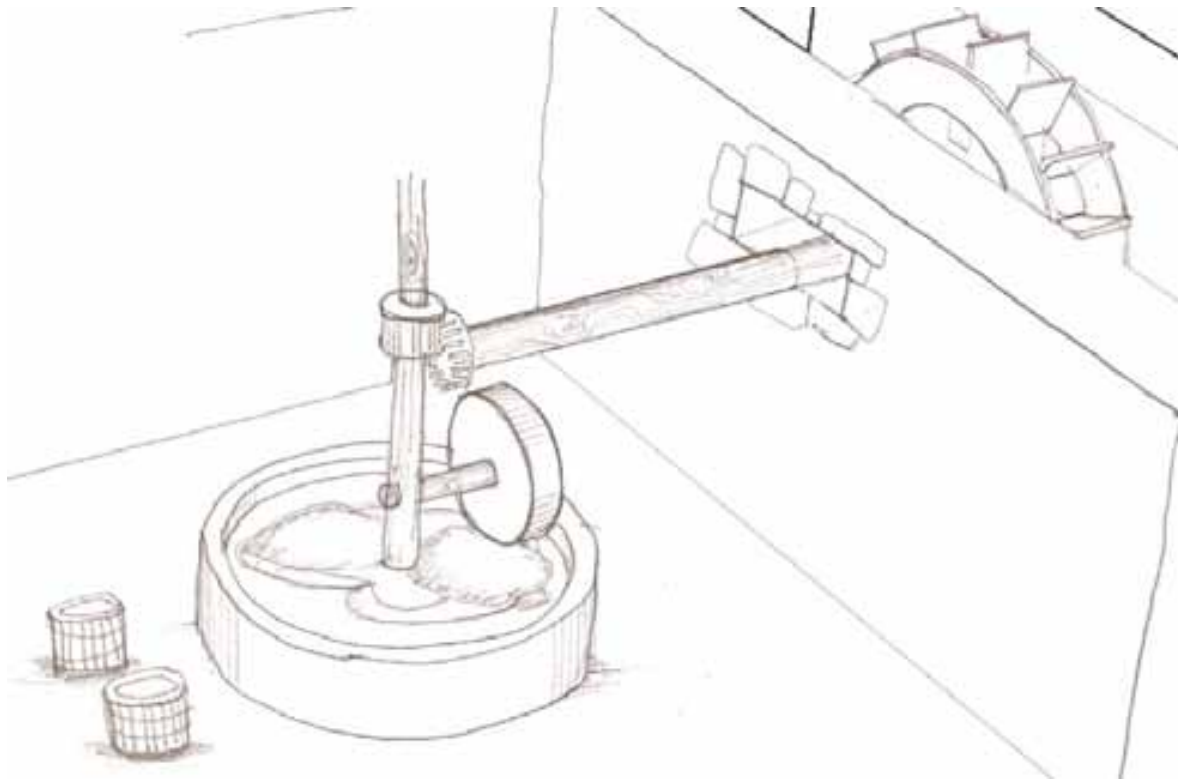
doble fuerza motriz, pudiendo ser movido por un rodezno o por un animal de tiro.

<sup>245</sup> Estos molinos solo podrían molturar una pequeña cantidad de material debido a que el contacto de un círculo (piedra del molino) con una línea recta (pavimento del piso) solo se efectúa en un punto, el cual era ampliado por la superficie de rodamiento y el ancho de la piedra, sin embargo esto sigue siendo una superficie pequeña para las necesidades de molturación.



mayores, en el caso de los sistemas caseros- artesanales permanecerán inmutables a través de milenios, las necesidades de producción derivadas de lo comercial son las que exigen las implementaciones tecnológicas.

Para la molturación de las aceitunas se conocen varios molinos, el primero y mas primitivo ya lo mencionamos era la piedra de moler granos colocada de manera vertical que podía ser accionado por fuerza hidráulica o fuerza animal, después estos se modifican derivado de la necesidad de aumentar la superficie de contacto entre la piedra móvil y la fija, es cuando se obtiene el molino de dos piedras cónicas este es el que mas se utilizó hasta la mecanización del proceso ya en épocas tardías.



Molino hidráulico de piedra para aceitunas *imagen Tarsicio Pastrana*

Este está formado por dos piedras cónicas colocadas de canto y unidas en el centro por un eje que se prolonga hacia la parte superior para ser encajado en un engrane del cual sale el eje para la rueda hidráulica<sup>246</sup> o para sujetar la collera de los animales, la facilidad de este molino sobre el anterior es el control que se puede tener del giro del eje, y la transmisión de este giro a las dos piedras unidas al centro del eje por cuerdas o elementos metálicos, el labrado de estas piedras tenía que ver con el tamaño que barrería, es decir un cuerpo cónico girara de manera concéntrica hacia un punto determinado, al colocar dos piedras una en un extremo del eje y la otra en frente se logra barrer con la superficie de molienda una área igual a la medida de la cara inclinada que termina en la punta del cono, pasada una pequeña área que quedaría sin barrer se hace un canal recolector.

<sup>246</sup> Es importante mencionar que era más común el uso del molino de sangre que el hidráulico aunque se encuentran tratados hidráulicos donde se describen los molinos para aceitunas accionados por ruedas hidráulicas de diversos tipos, entre ellas las de rodezno.



Este cambio significo mayor superficie de barrido y por lo pronto mayor área de molturación. Con este tipo de molinos encontramos que la producción de material molturado en el primer molino rondaba las 8 a 15 fanegas diarias<sup>247</sup>

Otra manera de hacer el molino era con una plataforma de piedra sobre la que giraran las piedras cónicas en el perímetro de la plataforma que es de forma circular se encuentra un canal igualmente perimetral donde se recoge le pasta generada por la molturación. En todos estos casos descritos el eje superior se inserta en una pieza denominada linterna sobre la que se pueden derivar los ejes engranes que son movidos por la rueda hidráulica o el bastón que se fija a la collera del animal.

Del canal perimetral por medio de conductos se llega a los depósitos de la pasta (si estos existieran) y de ahí se lleva a la prensa de tornillo, generalmente los aceiteros sacan el aceite del canal perimetral por medio de recipientes, aunque no era difícil encontrar canales forjados para canalizar y acumular la pasta producida, conocida con el nombre de orujo.

Debido a la naturaleza del aceite y a lo valioso de este se trataba de no desperdiciar material, por lo que las superficies de escurrimiento tenían que ser de una piedra poco absorbente y en muchos casos se trataba con algún recubrimiento que cerrara los poros de estas superficies, de la misma manera que se hacia con las ánforas que recibirían la producción final.

La pasta obtenida y de la cual ya se retiraron los huesos se pasa a la prensa de tornillo , en la cual bajo una presión muy fuerte se exprimen los tramos y trozos de fruto y se obtiene agua, aceite y bagazo, esta separación se realiza a través de la presión y la separación se realiza por medios físicos ya que los subproductos son de diferentes densidades, quedando el aceite flotando en la superficie de la pasta, el agua en la mayor parte de esta y en el fondo los restos de fruto tronzados. Las prensa de tornillo no solo se utilizan en la obtención de aceite, también con ligeras variaciones las podemos observar en el proceso del papel y en los procedimientos primitivos de obtención de azúcar

Otros métodos de prensado muy utilizado y que es anterior a la utilización de la prensa de tornillo son las prensas de viga que consisten en una viga de madera de grandes proporciones algunas llegan a medir hasta 12 o 14 metros largo por 3 de alto, que se encuentran fijas a un banco de madera que le genera un punto de equilibrio en el centro o cargado hacia uno de los extremos permitiendo el movimiento bascular de la viga en cuyo extremo s encuentra un martillo también de madera que cae sobre un recipiente que contiene las aceitunas, mismo principio de los molinos que funcionan con mazos como los batanes y los molinos de papel, pero con un contrapeso y un tornillo para que todo el peso de la prensa cayera sobre la pasta y se pudieran separar sus diversos componentes con este método se prensa la pasta aprovechando el peso de la viga y del mazo<sup>248</sup>.

Las torres de las almazaras son comunes para el prensado, aplicando grandes presiones se obtiene la separación de las sustancias, la pasta prensada se separa en los componentes que contiene.

---

<sup>247</sup> Según este dato de molienda continúa el cual no se ejecutaba de esa manera estaría en los 500 kilos de aceituna al día, esta molienda se veía fragmentada por la situación de moler solo lo que se va a prensar en esos momentos que es el siguiente paso después del primer molino.

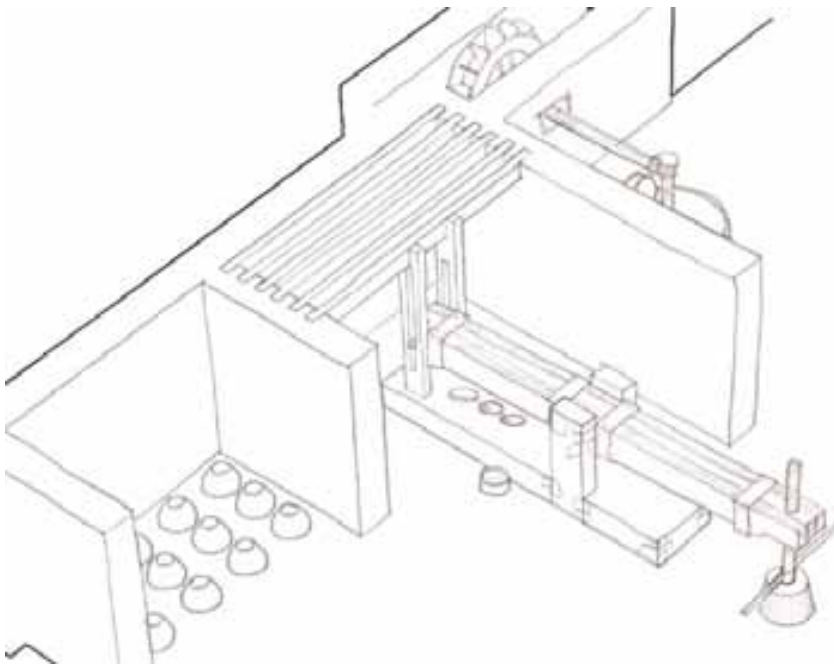
<sup>248</sup> **Cara Barrionuevo Lorenzo y López Rodríguez María Juana**, *UN CAPITULO CASI OLVIDADO EN LA HISTORIA ALHAMEÑA LAS ALMAZARAS Y EL ACEITE* en el *Eco de Alhama No4*, España 1997, pág. 4





Tanto la prensa de husillo como la prensa de viga tienen como objetivo aplicar la mayor presión posible sobre la pasta para extraer todo el aceite posible, los componentes del líquido restante son los que interesan a los aceiteros porque entre estos se encuentra el aceite de la oliva. El producto obtenido era diverso, las calidades del aceite tenían que ver con el número de prensadas y con el procesamiento de los residuos, el mejor por supuesto es el de la primera prensada, posterior existían más prensadas que determinaban el cambio de la calidad, hasta llegar al procesamiento de los residuos de la pasta que provocaba otro tipo de aceites (el de alpechín y el de orujo).

De hecho como ya se menciona en la sección que habla del azúcar y tomando en cuenta que arqueológicamente se tienen pruebas de que la fabricación de aceite de oliva se muy anterior al de la caña se determina que el proceso primitivo de obtención del azúcar a partir de la caña fue derivado de aplicar el proceso ya conocido de obtención del aceite a la caña, al igual que el molino de granos que es el más primitivo fue aplicado a diversos materiales por molturar, la caña fue tratada con el procedimiento que ya se conocía para la obtención del aceite, posteriormente se fue especializando según la experiencia y las características de la caña aunque reiteramos que en el origen tenían el mismo procedimiento de obtención.<sup>249</sup>



Almazara, al fondo el molino hidráulico, en medio la prensa de viga y en primer plano las tinajas semi enterradas para guardar el aceite *imagen Tarsicio Pastrana*

Retomando el tema posterior al prensado la pasta se separaba siendo sus principales componentes el agua, aceite flotando en su superficie y bagazo y restos de aceituna en el

<sup>249</sup> Tomando como referencia el molino de azúcar ilustrado y explicado en el tratado de los 21 libros de los ingenios y las maquinas observamos los procedimientos del aceite de oliva en la obtención del azúcar, la caña molturada para obtener una pasta y la prensa para extraer el jugo de la caña de la pasta, los procesos posteriores de refinado solo son particulares a la obtención de azúcar.



fondo<sup>250</sup>, esta separación se hacía por medio de decantación.

El proceso más tedioso era la decantación, realizada en tinajas que se enterraban a diferentes alturas a través de las cuales por medio de ranuras se podía ir pasando de una tinaja a otra siempre la parte que quedaba más alta, al ser el aceite la parte flotante esta iba pasando de una a otra en este proceso se liberaban las impurezas que se iban depositando por gravedad en el fondo de las tinajas, los filtrados que se realizaban esporádicamente se hacían a través de mantas de algodón y paños de tejido muy cerrado.

Uno de los subproductos de este proceso de obtención del aceite era el aceite de orujo, el cual se obtenía del hervido de los residuos del prensado, la diferencia entre un aceite y el otro radica en la refinación, el aceite de oliva es virgen porque se obtiene en frío a través del prensado, en el caso del orujo se tiene que hervir el residuo para obtener el aceite que haya quedado en sus partes.

Al retirar el aceite de la superficie debe de pasar por procesos de filtrado para separar las partículas que pudieran ir flotando en el aceite los filtrados se realizaban con telas de tejido muy cerrado de algodón que se colocaban en la boca de los recipientes cuando el aceite era vaciado de unos a otros, esta separación de sustancias producto de los prensados se realizaba por sedimentación, decantación, o filtrado el reposo permitía la maduración del aceite y la sedimentación de los cuerpos que estuvieran flotando en el aceite que se iban al fondo, en ambos casos se pasaba de un depósito a otro.

Cuando se obtiene el producto se coloca el aceite en ánforas de barro para poderlo transportar. Los colores de los aceites hablaban de su origen y de que tipo de aceituna procedían. El aceite de aceituna verde la cual no está madura todavía es de color verde dorado, el aceite de aceituna madura negra es dorado, de esta forma por el color se identificaban.

Finalmente antes de la distribución las ánforas de barro eran grabadas con los símbolos de la región productora de aceite, las formas de barro las vasijas y demás elementos contenedores tenían diferentes formas según la región de la que procedían, una situación en común era la colocación de una tapa de cerámica sellada con una mezcla de cal que solidificaba y creaba un recipiente cerrado, entre la forma de la vasija y las marcas de fábrica se obtenía un mayor control y se sabía la región de origen con lo que también se sabía los diferentes sabores del olivo.

Las vasijas se podían acomodar por su forma, era tan común el transporte y el uso de estas vasijas que en roma cerca del foro Boario se formó una colina artificial que no existía a partir de la acumulación de vasijas y restos de estas en una zona de los foros que era el tiradero popular de las vasijas que ya estando vacías no tenían otro uso, con el tiempo esta superficie fue tan extensa que formó la colina, la cual con el abandono se cubrió de vegetación, esta colina llamada el monte testaccio es una fuente documental de primer nivel del tipo y la procedencia del aceite de oliva que se consumía en Roma de los 40 millones de ánforas que se han localizado el 50% de las marcas procede de Hispania.<sup>251</sup>

<sup>250</sup> Estos deshechos eran aprovechados para diferentes usos el principal de ellos era la alimentación de ganado, además de que los residuos podían procesarse para obtener otro tipo de aceite.

<sup>251</sup> **Garrido González Luis**, *EL ACEITE EN ESPAÑA ORO VERDE* en La aventura de la Historia páginas 68-75



## c. Arquitectura de los molinos de aceite.



La almazara de las  
haciendas de olivar  
del Aljarafe Sevilla

Planta arquitectónica de un molino de aceitunas *imagen Tarsicio Pastrana tomada de Arquitectura Rural Dispersa Sevilla La almazara de las haciendas de olivar del Aljarafe*

1. Área de almacenamiento y recepción de aceituna
2. Área del molino de aceitunas
3. Área de la prensa de viga
4. Área de decantación y almacenaje de producto final
5. Pozo de agua y sistema hidráulico
6. Muela de piedra
7. Alfarje de piedra para molturación
8. Sistema motriz del molino
9. Agua caliente
10. Torre de contrapeso para la prensa de viga
11. Capilla de la prensa lugar donde está el contrapeso y los empotres
12. Zona de prensado
13. Pocillo para recibir el aceite
14. Deposito del orujo prensado
15. Prensa de viga y depósitos de decantación del aceite
16. Husillo
17. Tinajas de almacenaje y decantación.



## 7. La máquina de hacer papel

### a. introducción.

La fabricación de papel estaba circunscrita a su producción en la península Ibérica, este como otros productos estaba sujeto a monopolio por parte de la corona, esta es la razón principal por la que no existieron fabricas de papel en México durante el periodo virreinal exceptuando un caso, el molino de papel de Culhuacan diseñado, construido y operado por los agustinos para complemento del convento de su orden de la misma localidad, este convento era particular por ser considerado un centro de aprendizaje y enseñanza actividades para las que se construye el molino de papel, es decir no existía el interés de establecer una industria papelerera en el virreinato, a consecuencia de que este articulo no era de primera necesidad, por lo menos para la población, por el contrario lo era para los aspectos de gobierno y administrativos, por lo que la importación de papel desde la península ibérica fue constante.

En el caso de la tecnología hidráulica que se aplica al papel es muy interesante la parte denominada molino de papel, que una vez mas como en otros casos analizados este ingenio le da nombre a todo el estableciendo dedicado a la producción de papel, así cuando se dice el molino de papel se esta hablando de toda la factoría y no nada mas de la maquina principal. Retomando el tema del molino como maquina, esta era movida generalmente por la fuerza hidráulica, tenia como fin la trituración de las fibras para producir la pasta que como veremos a lo largo del tema era la parte inicial del proceso, su principio de funcionamiento era la percusión. Hacia el siglo XVIII se inventa el molino holandés<sup>252</sup>, que también era accionado por fuerza hidráulica, aunque por su temporalidad es poco probable que durante el virreinato existiera una maquina de estas características en México.

Finalmente otra maquina importante aunque esta no era movida por la fuerza hidráulica era la prensa con la que se le daba acabado al papel, por lo que para hablar del molino de papel tendremos que explicar todo el proceso para insertar adecuadamente la tecnología hidráulica en el, parecido a la producción de lana y otros procedimientos analizados el agua no solo se utiliza como fuerza motriz también como parte importante del proceso por lo que su inclusión dentro de la factoría representa un sistema de almacenaje y canalización que tendrá que ser mencionado.

Esto nos divide las aplicaciones tecnológicas en lo relativo a la hidráulica en tres ramas principales, el agua como motor de las maquinas o mejor dicho el agua como fuerza y energía, el segundo el agua que participa del proceso productivo, ya sea como elemento componente o como complemento y el tercero como el agua de consumo para actividades personales de los obreros pero que no tienen que ver con el proceso de obtención del producto ( limpieza, consumo, cocina etc.) aunque esta división no es muy común en el virreinato si podemos considerar que estas obras de canalización y almacenaje no solo suministraba al establecimiento preindustrial.

### b. Historia del papel.

Es una necesidad del hombre desde que se empiezan a utilizar códigos cifrados para registrar eventos y un sustento para recibir esos códigos, esta necesidad tan fuerte de

---

<sup>252</sup>En el siglo XVIII Surge la maquina holandesa que ayudaba en el proceso de molienda, aunque en muchos molinos se encontraron ambas maquinas, se puede considerar que además de las baterías de mazos y de la prensa existían las maquinas holandesas, como ya se menciona en otros procesos analizados en el inicio de la producción papelerera los trapos se molían en molinos harineros ya fuera hidráulicos o de sangre para después irse especializando y tecnificando en sus propias maquinas y molinos.



registro de la historia y de los hechos ha permitido conocer la vida antes de nuestras vidas, y aunque ahora el papel y de hecho los medios electrónicos nos muestran la cara mas amable y mas practica del dicho sustento en el pasado se tuvieron que generar diversas técnicas para crear estos materiales.

El primero y más sencillo fue la piedra, en la piedra se labraban los símbolos que contaban las historias, esto fue muy bueno para las generaciones precedentes porque la piedra es un material muy perdurable. Los petroglifos se labraban en la piedra y las piedras se colocaban en lugares donde se pudieran observar para que estos registros estuvieran al alcance de todos (por lo menos la información que podía ser publica). El uso de la piedra generaba otro tipo de problemas que saltan a la vista, por ejemplo, el manejo de una piedra de 3 metros de alto no era una situación fácil, esta piedra podría servir para el registro de información extraordinaria y que se quisiera perpetuar, por el contrario este sustento se limitaba para información mas generalizada y de uso diario<sup>253</sup>

Esta situación se vio resuelta en lugares donde no había piedra con las tablillas de barro, como en Mesopotamia, que contaba con la escritura cuneiforme y el sustento de esta escritura fueron las tablillas de barro que se podían manejar y transportar de manera mas sencilla lo que ponía el invento de la escritura al servicio de cosas mas comunes, inventarios, registros administrativos de población, cuestiones administrativas se plasmaban en las tablas que aun cuando mejoraban sustancialmente en relación con la piedra seguía siendo un medio incomodo para almacenarse conservarse y transportarse<sup>254</sup>.



Dibujo en cerámica China de una tina llena de pasta de papel y el papelero metiendo un molde para obtener el papel, al fondo se ven las pilas de producto terminado **imagen: El diseñador, Diseño Industrial, Gráfico y Digital**  
<http://www.atikoestudio.com/disenador/industrial/materiales/papel/historia%20del%20papel.htm>

De la naturaleza del sustento se desarrolla el tipo de escritura, de esto uno de los mejores ejemplos es la escritura cuneiforme, ya que al tener la necesidad de trabajar con incisiones en el barro es mas fácil que el instrumento para escribir sea una pequeña rama con punta que provoca con el paso del tiempo una escritura basada en el uso de este instrumento sobre el sustento, al ser difícil el trazo de líneas curvas se eliminan o nunca se usaron hasta

<sup>253</sup> Las culturas precolombinas grababan en piedra hechos que querían perpetuar, las estelas mayas son representaciones fechadas de eventos importantes, la colocación de estas estelas en lugares públicos expresan el deseo de sus fabricantes de lograr un alcance masivo.

<sup>254</sup> Las tablillas de barro se manejaban en diversos tamaños y podían ser almacenadas de una forma mas practica que la piedra, por el contrario el material es mas perecedero, la gran ventaja de Mesopotamia es el clima extremadamente seco y que ha permitido la conservación de las tablillas a lo largo de miles de años.



llegar a la escritura conocida<sup>255</sup>. De la misma forma el uso de pincel permite escrituras más estilizadas y representaciones graficas basadas en un deseo por representar la realidad, ejemplos de esto Egipto, las culturas prehispánicas de México y los símbolos estilizados de la escritura en lugares como China y Japón.

La necesidad de crear un sustento delgado que pudiera ser doblado enrollado y fuera ligero creó en diversas partes del mundo soluciones parecidas con diferentes tipos de plantas, el machacar una fibra vegetal para luego aplanarla es el principio que hasta la fecha rige al papel, en Egipto fue el papiro, realizado a partir de la planta del mismo nombre que crece en las márgenes del Nilo se obtenía de la medula del tallo de la planta la cual está formada por membranas concéntricas enrolladas una sobre otra, estas se separaban y se colocaban sobre una plataforma de madera, después se repetía el proceso en el sentido opuesto similar a la trama de un tejido la hoja que se obtenía se aglutinaba con agua limosa que se obtenía también del Nilo, finalmente prensaba y se golpeaba para darle el espesor correcto<sup>256</sup>, se pulía con aceite de cedro aplicado con brochas de cola de caballo.

Por otra parte el pergamino es una piel de animal sin curtir y sin pelo, cuyo proceso parte de la limpieza correcta, la maceración en agua de cal, prensada y alisada, su producción le da nombre a la ciudad de Pergamo en Asia menor donde se producían de excelente calidad y desde donde se exportaron a Europa, la persistencia del pergamino llegó hasta el nacimiento del papel<sup>257</sup>

En México el papel Amate se produce a partir de las cortezas y raíces de ciertas especies de árboles que eran cortadas en su cara interna en forma de tiras, estas eran aplanadas sobre una superficie plana, después que se obtenían las tiras se sobreponían unas con otras colocando las tiras en un sentido y otro a manera de lo que hacían los egipcios con las tiras del papiro para darle más consistencia al papel, el aglutinante era la misma savia del árbol de la cual estaban impregnadas las tiras.

El amate se dejaba secar para el paso final el cual tenía que ver con un proceso de pulido realizado con piedras lisas que se pasaban una y otra vez sobre el papel.<sup>258</sup> Algunos de los papeles antiguos tenían como principio como ya se ha visto con el papiro y el amate el laminado de pulpas o pastas vegetales obtenidas a partir de plantas existentes en su entorno.

Este principio de pulpa laminada que es en esencia el origen del papel se volvió obsoleto cuando el papel comenzó a ser un artículo de primera necesidad y se necesitaba una producción masiva en China se había utilizado el papel pero no como sustento para recibir escritura, estos papeles eran decorativos y para envolver, se cree que esta fue la razón por la cual en el 105 DC en China y cubriendo las demandas de un gobierno con varios procesos burocráticos que requerían de registro se crea la técnica para obtener papel de fibras vegetales de diferentes orígenes. Bajo encargo del emperador, Ts'ai lun desmenuza corteza de morera, fibras de bambú, cáñamo, redes de pescar viejas y vestidos usados en

<sup>255</sup> **Ramírez Alvarado María del Mar**, *LA REPRODUCCION DE LA IMAGEN Y SU IMPACTO EN LA CONSTRUCCION DE NUEVAS REALIDADES: HISTORIA DEL PAPEL Y DE LA IMPRENTA EN EL CONTINENTE AMERICANO* en *Ámbitos revista andaluza de comunicación* No 13 y 14, Universidad de Sevilla, España 2005, págs. 248 y 249

<sup>256</sup> **Hidalgo Brinquis M<sup>a</sup> del Carmen y Asenjo Martínez José Luis**, *EL PAPEL 2000 AÑOS DE HISTORIA EXPOSICION ITINERANTE DE LA ASOCIACION HISPANICA DE HISTORIADORES DEL PAPEL*, Asociación Hispánica de Historiadores del Papel, España 1998, Pág. 2

<sup>257</sup> *Ibid.* pág. 3

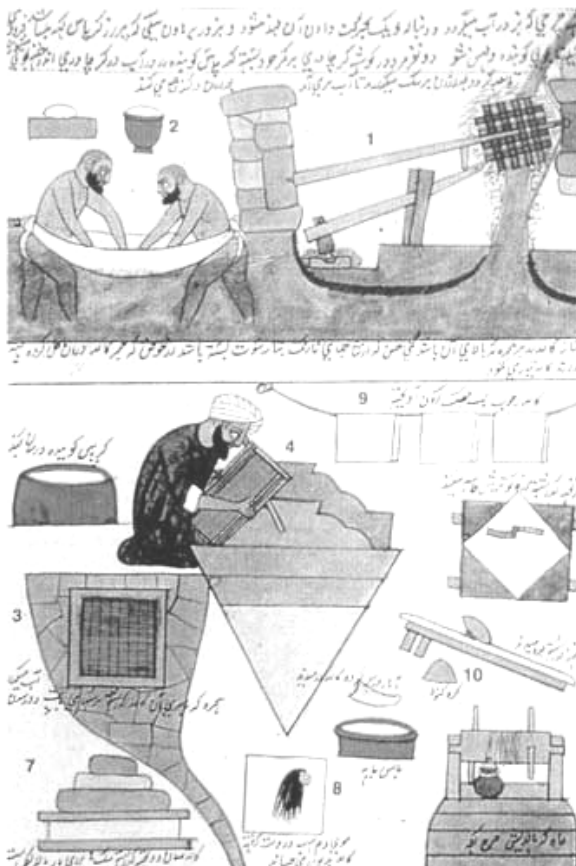
<sup>258</sup> **Ortega Rodrigo y Domínguez Minerva**, *EL PAPEL AMATE* en *Eara códice boletín* 17 Octubre 2006, Encuadernadores Artesanales de la República Argentina, Argentina 2006, págs. 1 y 2



una tina con agua donde las deja macerar para después pasarla a otra y molerla a golpes, la pasta así creada la pone sobre una rejilla posiblemente de bambú la deja secar y obtiene el papel que una vez seco demostró que podía seguir unido.<sup>259</sup>

El principio ensayado era el que con diferentes variaciones se usaría a través del tiempo, el molido de los trapos combinada con ciertas fibras vegetales creaba una pulpa suspendida en agua que se sometía a procesos de laminado y secado que se explicaran ampliamente mas adelante y que proporcionaba un papel mas manejable y sobre todo mas fácil de producir, los chinos guardaron el secreto durante mucho tiempo, los que llevaron la técnica de producción a Europa

Fueron los árabes que en la etapa de expansión de su imperio tuvieron contacto con regiones de China de donde obtuvieron la técnica para la obtención de papel, específicamente en la ciudad de Sarmakanda en el 751DC durante la batalla de Telas se captura a dos papeleros que para preservar su vida dan a conocer el secreto que tan bien guardado había sido, inmediatamente establecieron molinos de papel en Bagdad en el 795DC y el norte de África en Egipto para el 800DC.



Dibujo que muestra la técnica árabe para obtener papel, en la parte superior observamos el molino hidráulico y los mazos para moler la pasta, del lado izquierdo dos hombre trabajan en la elaboración de la pasta, en la parte de abajo se ve un personaje que con un molde saca pasta de un recipiente, se observan diferentes utensilios para la elaboración del papel, al fondo el secado del papel colgándolo, en este diagrama se puede ver que la técnica introducida a Europa por los árabes es muy similar a la que llego a México en el siglo XVI.

**Imagen El papel de Xátiva**  
Robert I. Burns. S.I. (traducción de Rafael León) / Excm. Ayuntamiento de Xátiva (Delegación de Cultura) Sarq al-Andalus El Papel.htm

El papel llega a Europa a través de la ruta de la seda, Bagdad, Damasco, Egipto, Sudán, Fez, Ceuta, y particularmente a través de Toledo ya en España, para el siglo X y el XI ya aparecen Molinos de papel en Toledo, Sevilla y Córdoba, se establece en Játiva para el 1155 que es la fecha documentada del primer molino de papel en esta ciudad, a partir de ahí y durante mucho tiempo se convertirá en uno de los centros papeleros más importantes de Europa.<sup>260</sup>

<sup>259</sup> **Fundación Chile, LA CIVILIZACION DEL PAPEL: DEL PAPIRO A LA CELULOSA**, Fundación Chile y Ministerio de Educación de Chile, Chile 2006. Págs. 1-8

<sup>260</sup> **Hidalgo Brinquis M<sup>a</sup> del Carmen y Asenjo Martínez José Luis**, op.cit pág. 4



En esta ciudad existía todo lo necesario para producir el papel, campos de lino algodón y cáñamo, numerosos cuerpos de agua y manantiales, aunado a los conocimientos científico tecnológicos de los árabes se crea una región papelera similar o mas importante que las ubicadas en otras ciudades al norte de África, en la península arábica e incluso en la misma España, capaz de desplazar al papiro egipcio que hasta estas épocas era el mejor sustento conocido.

La principal causa del desarrollo del papel a través de los territorios árabes se debe a la necesidad que tenían los califatos de utilizarlo, el desarrollo del imperio árabe va de la mano de un exponencial desarrollo científico cultural, los centros de estudio y las principales capitales del imperio árabe, necesitan del papel<sup>261</sup>. Si pensamos en las necesidades de los centros culturales y políticos el papel es una parte fundamental de estos, por lo que las principales ciudades árabes tendrán en cercanía o en el mismo núcleo poblacional regiones completas dedicadas a la producción de papel, como ya se vio en el caso de Játiva.

Los árabes científicos y cultos desarrollan técnicas para mejorar la producción, sus excelentes conocimientos hidráulicos y agrícolas permiten el establecimiento de mejoras en la producción y la instauración de lugares específicos para esta producción.

Particularmente importante para este trabajo es la implementación de molinos hidráulicos para la producción de la pasta, siendo los árabe los primeros en utilizarlo, también el blanqueo de las fibras con cal, el encolado para facilitar la escritura, este lo hacían por medio de goma arábica, engrudo o almidón, incrementaron la utilización de fibras de distintos tipos, como el ramio el lino y el cáñamo, además de perfeccionar la forma de papel.<sup>262</sup>

En la reconquista los reinos católicos conservan los centros papeleros y los utilizan en su beneficio el gobierno español requería de grandes cantidades de papel, debido a que el proceso iniciado en la reconquista fue continuado con el descubrimiento de América, al aumentar los territorios también las necesidades aumentaron<sup>263</sup>.

Existieron dos caminos de introducción del papel en Europa, ambas rutas fueron reflejo del momento histórico que vivía el continente. El primero de ellos ya fue descrito a través de la ruta de la seda y a partir de la península arábica por el norte de África hasta España por el Sur, la otra por medio del intercambio comercial y cultural propiciado por las cruzadas y parte de la península arábica pasando por algunas regiones del norte de África y llegando directamente a Italia, desde donde se distribuye por el sur este de Francia y hacia el norte a través del mismo país para llegar al centro y norte de Europa.

Por algunas crónicas y en otros casos por los archivos municipales se establecen las fechas de fundación de los primeros molinos de papel en diversas partes de Europa, en España se encuentran los mas antiguos, después sigue Francia e Italia, como ya vimos la ruta que siguieron estos molinos fueron directamente desde Medio Oriente a través de los cruzados,

---

<sup>261</sup> Al igual que los romanos los árabes daban legitimidad a su imperio a través de la cultura y la ciencia, ambas actividades reflejadas en mejoras sustanciales en los modos de vida, durante la edad media los centros culturales europeos estuvieron en el oriente y en las zonas dominadas por los árabes principalmente las ciudades de Al andaluz donde Toledo fue una de las principales. Una situación similar se presentara en el siglo de oro español donde el imperio de Felipe segundo se apoya en el desarrollo cultural y científico, el papel es muy importante en este tipo de regimenes porque permite registrar los conocimientos y los adelantos logrados en papel recordemos los registros que hace Alfonso el sabio y estos registros son parte de los conocimientos dejados por los árabes en las zonas que los reinos cristianos iban recuperando.

<sup>262</sup> **Hidalgo Brinquis M<sup>a</sup> del Carmen y Asenjo Martínez José Luis**, *op.cit* pág. 4

<sup>263</sup> Desde su conquista en 1424, todos los territorios de la Corona de Aragón se abastecen ya de este papel.





solo un poco de tiempo antes de la invención de la imprenta los molinos de papel llegan a Europa Central y al Norte de Europa<sup>264</sup> donde el invento de la imprenta va a convertir al papel en un artículo de primera necesidad el cual transforma el proceso original, casi artesanal y lo comienza a tecnificar, se necesitaban grandes cantidades de papel para imprimir los libros y los textos que se requerían.

Ya en el siglo XVI con el descubrimiento de América se incrementan las necesidades de papel, España mantiene el control y el monopolio del papel gravándolo y controlando su fabricación, la cual se hacía en su mayoría en la zona de Cataluña y Aragón en los momentos de mayor producción España exportaba hacia México en la segunda mitad del siglo XVII desde Sevilla y Cádiz 34.983 balones de papel (un balón tenía 24 resmas y una resma 500 hojas) lo que nos da un aproximado de 420 millones de hojas<sup>265</sup>.

En América no se podría fabricar papel por lo que el establecimiento de molinos papeleros en el actual México se dio de manera tardía ya después de declarada la independencia, a excepción del molino de Culhuacan (1575) que fue administrado por los agustinos para suministrar de papel a sus centros educativos ubicados en la misma zona, su producción fue local y tenía como función la producción de papel para los catecismos salmos diccionarios y de más textos necesarios para la evangelización y para el aprendizaje por parte de los frailes de las lenguas locales.

### c. Procedimiento para obtener el papel.

El procedimiento para la obtención de papel a partir de los trapos y las fibras vegetales recupera ciertos aspectos de la obtención de papel de tipo más primitivo, en los que va implícita la molienda de las sustancias descritas. El sistema que se describirá a continuación muestra la inquietud de mecanizar los procesos más complicados y que requerían de mayor esfuerzo por parte del artesano, en este caso la molienda de las fibras, es conveniente aclarar que todos los procedimientos descritos en este trabajo son los que se empleaban en el virreinato.

El agua en el contexto del molino papelerero al igual que para otros tipos de ingenios debe de tener una infraestructura que permita la canalización y utilización en los diferentes tipos de usos ampliamente comentados, en el caso del lavado se requiere de dos tipos de canalización, la que alimenta las tinajas de lavado y la que permita el desagüe cuando ya se ha utilizado el agua, adicional a esto tendremos el agua para la maceración, el agua que mueve las ruedas hidráulicas, por lo que el agua que llega a un establecimiento de este tipo se divide generalmente en dos caminos, el que llega al interior del taller que proporciona el agua para los procesos en particular y el que se dirige a la zona donde se ubican las ruedas, que utilizara el agua como fuerza motriz, en el interior del taller debe existir un desagüe el cual por lo general lleva agua contaminada y en el otro caso el agua que ya movió la rueda debe regresar al río con el agua sin contaminar.

Esta infraestructura hidráulica necesaria en el interior de un molino de papel se magnifica cuando hablamos de una región completa en la que las materias primas requieren sus propias infraestructuras hidráulicas, de las que los molinos son solo una pequeña parte. El agua esta asociada de manera importante en la obtención de materias primas, particularmente en el caso de las plantaciones de donde se obtenían algunas de las fibras vegetales para algunos tipos de papeles, el papel como ya se ha visto se podía obtener de

<sup>264</sup> Ya se menciona Játiva España en 1155, Fabriano en Italia en 1276, Langedoc Francia 1350, Colonia Alemania 1390, Genept Países bajos 1428.

<sup>265</sup> Hidalgo Brinquis M<sup>a</sup> del Carmen y Asenjo Martínez José Luis, *op.cit* pág. 8



diferentes materiales, en el caso de los cultivos específicos para la obtención de las fibras vegetales, como el lino o el cáñamo requieren de riego para su desarrollo.

Por otra parte los trapos de algodón o de otras fibras ya procesados y los mismos materiales de fibras vegetales tienen que someterse a un lavado previo ya que llegan a la factoría, la mayoría de los trapos provenían de ropa y textiles ya usados que se desechaban por lo cual tenía que ser liberados de sustancias y accesorios que de quedarse en los pasos subsecuentes dañarían el proceso.

Estos trapos y fibras llegaban a una zona de la factoría donde se tenían que liberar de sustancias y partículas diferentes a la fibra que pudieran afectar la molienda en el caso de los trapos, botones o accesorios propios de la ropa, manchas, grasa etc. Las fibras se lavaban, para que quedaran libres de tierra y sustancias diferentes (arena, piedras) Los accesorios y botones que pueden existir en la ropa eran retirados de manera manual cuando quedaba la tela sola, se procedía a el lavado, con el cual se retiraban la manchas y sustancias impregnadas en los trapos, en este paso del proceso se utilizaba el agua como parte activa<sup>266</sup>

El siguiente paso después del lavado de los trapos es una trituración previa, los trapos se cortaban en pedazos o tiras que proporcionan mayor control en el momento de la molienda este mismo procedimiento se hace en el caso de las fibras vegetales, ambas operaciones generalmente se hacían a mano, con cuchillos o tijeras sobre soportes adecuados de madera bancos de corte en caso de los cuchillos; posterior al corte previo se colocan en contenedores para llevarlos a la maceración.

En este punto se cuenta con tiras o fragmentos de trazo o fibras vegetales que ya están limpios y fraccionados en pequeñas partes para llevarse a tinajas en las que se colocaran en agua durante algún tiempo con este proceso se inicia la descomposición de las fibras y por medio del impregnado de agua se desgastan para que en la molienda se pueda lograr la pasta de manera mas rápida, estas materias primas en estado húmedo se pasan al machacado, es aquí en el machacado en donde entra el molino de papel.

El molino de papel es un mecanismo que utiliza el principio de percusión para realizar su trabajo, por lo que la transmisión del movimiento será a través de un eje horizontal con levas en su superficie, la rueda vertical se ubica en un extremo al igual que en las ferrerías, en un espacio arquitectónico particular a manera de corredor con muros de piedra conteniendo dicho espacio, la rueda puede ser gravitatoria o no, por lo que el canal de alimentación puede ir en la parte superior o solo estar ubicado en la parte baja con la pendiente suficiente para hacer rodar la rueda cuando circula el agua, el muro contiguo a la fabrica de papel esta perforado para que pase a través de el la prolongación del eje de la rueda, este eje es la parte mas importante en lo que respecta a la transmisión del movimiento, por lo que se debe de garantizar su giro sin vibraciones, los soportes son construidos en el origen sirviendo para esto en muchas ocasiones el mismo muro del taller y en su extremo final, ambos soportes son mas resistentes que el resto pudiendo hacerse de piedra o madera.

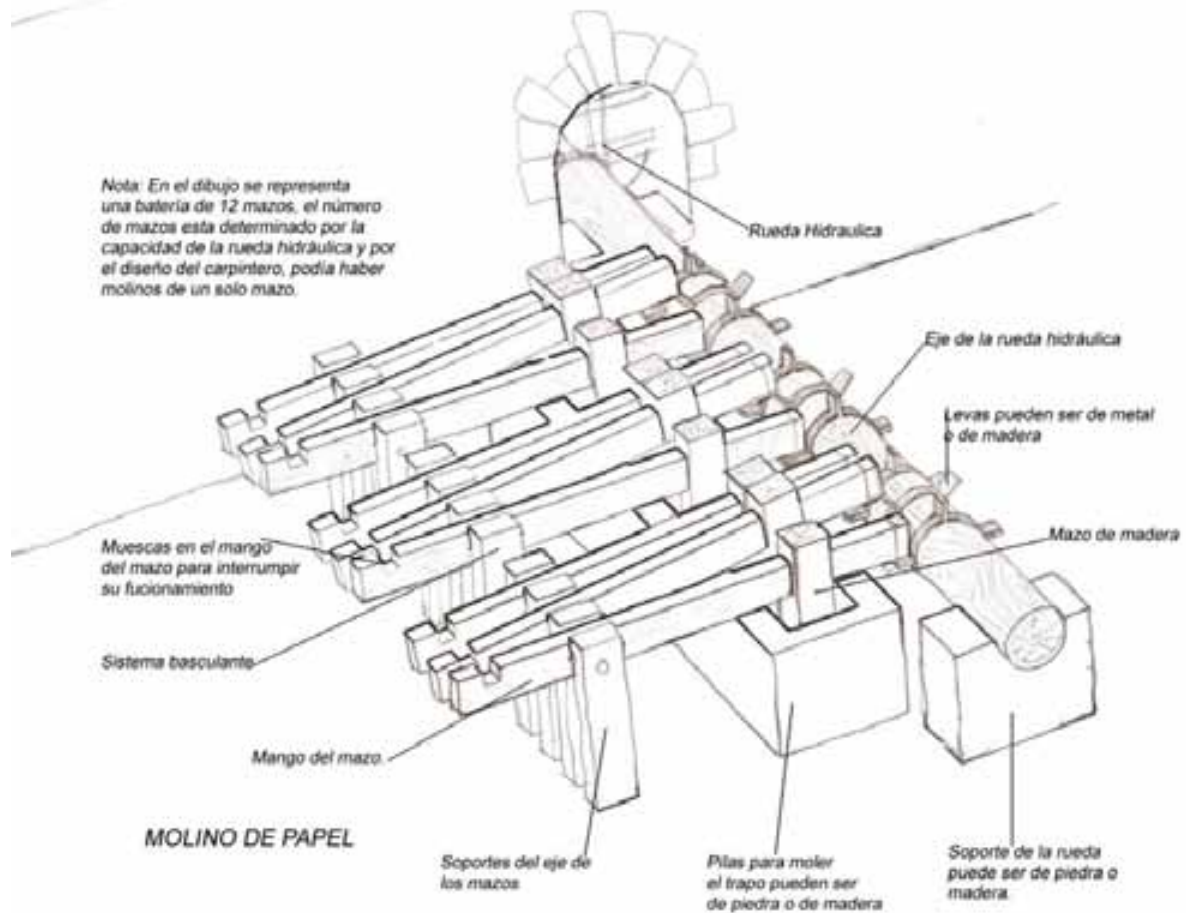
A lo largo de toda su longitud se pueden ubicar diferentes levas todas colocadas en diferentes partes de la circunferencia para evitar el golpeo al mismo tiempo de todos los

---

<sup>266</sup> En este mismo trabajo se ha hablado de los tres usos del agua, como fuerza motriz, como parte del proceso productivo y como elemento de consumo y limpieza, el lavado es una parte activa del proceso productivo del papel ya que por medio de este lavado se quitan las manchas que tiene el trazo que este procede de telas y ropa que ya fueron usadas.



mazos lo que provocaría una distribución de la fuerza en todos los mazos y un golpeo menor al que se necesita.



Batería de 9 mazos para moler trapo para el papel, *imagen Tarsicio Pastrana*

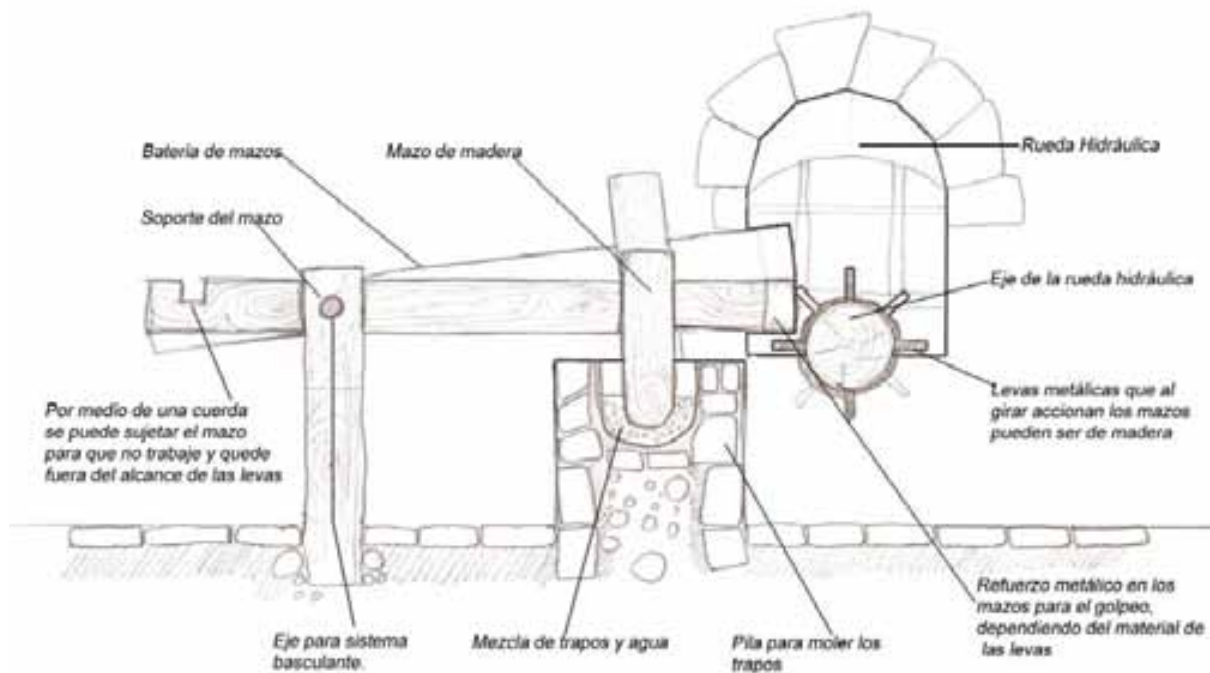
Esto en el caso de ser una batería de mazos ya que el molino puede funcionar con uno solo. Las zonas de fricción del eje principal tienen generalmente métodos refrigerantes ya que es la parte del mecanismo que se sujeta a mayor trabajo, el refrigerante puede ser agua que se agrega manualmente o por medio de algún canal realizado ex profeso.

Cuando la rueda gira el eje hace lo mismo y las levas comienzan a accionar los martillos, los cuales están realizados en madera con la cabeza de madera incrustada en el extremo opuesto del mango que queda del lado del eje, para poder realizar el golpeo los martillos son basculantes, lo que se logra con un apoyo central que les permite realizar el movimiento de sube y baja ya que ambos extremos están libres, en su estado natural de reposo el mazo estará permanentemente con la cabeza hacia abajo debido a que esta es la parte mas pesada, gracias a esta característica constructiva el mazo puede golpear en el mortero de la siguiente manera, la leva golpea el extremo opuesto al martillo una o mas veces en cada giro este golpeo en el extremo del mango provoca que la cabeza o mazo se eleve, cuando la leva ha dejado de hacer su efecto la cabeza cae pesadamente por gravedad dando un golpe.

La parte donde el mazo dará su golpe debe de tener la capacidad de contener una solución acuosa y al mismo tiempo contener el golpeo, por lo que se pueden construir de madera o piedra pero en ambos casos de manera robusta en el caso de la madera se debe de cuidar el junteo para evitar fugas de la solución acuosa entre las piezas de madera, para una batería de mazos el lugar donde cae el mazo es como un mortero en el que se ha terminado



de manera adecuada el interior, en este se colocan los trapos y o las fibras dependiendo el tipo de papel y se agrega agua.



**MOLINO DE PAPELA  
BASE DE BATERIA DE MAZOS DE  
MADERA.**

Corte de batería de 9 mazos para moler trajo para el papel, *imagen Tarsicio Pastrana*

El mazo comienza a golpear una y otra vez el contenido de las fibras con agua triturando a cada golpe, esta trituración en un principio provoca un lavado mas profundo del material por lo que el agua se va cambiando, conforme avanza la molienda el agua deja de ser retirada porque las partículas molturadas son tan pequeñas que ya forma una suspensión en el agua, formando una pasta, esta pasta se deja trabajar con el mazo hasta que se llega a la consistencia adecuada para retirarla, en esta parte el agua es muy importante, ya que el material a moler si se muele en seco se quemaría por la fricción, la suspensión se realiza en agua a través de la molienda de las fibras.

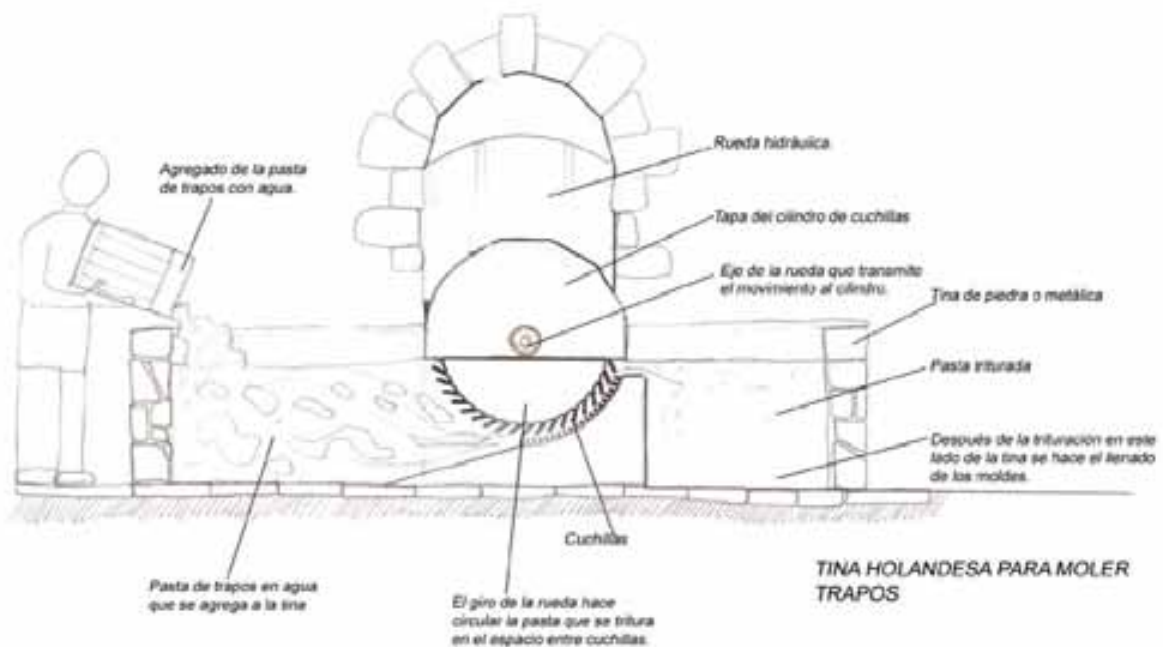
Las cabezas de los mazos pueden estar reforzadas con metal o suelen ser de madera mas resistente, debido a su constante trabajo el desgaste que pueden sufrir es mucho mayor. Existen molinos que la leva se acciona del mismo lado que el mazo por lo que el extremo opuesto únicamente sirve para colocar un eje que permite la acción pivotante del mango y el martillo, el mango se prolonga por encima de la cabeza del martillo y este eje que sobresale es en el cual el árbol de levallas hace su trabajo.

Otra maquina de molienda accionada por fuerza hidráulica es la maquina holandesa, la cual fue creada en Holanda hacia finales del siglo XVIII, esta maquina consiste en una tina en la cual se ubica al centro un murete que la divide en dos pero que no llega a tocar los extremos de la tina, creando un deposito en forma de cero en cuyo centro se encuentra el murete.



Del murete a un extremo de la tina se ubica un rodillo de cuchillas que gira por medio de un eje que va sujeto a una rueda hidráulica este cilindro de cuchillas en su giro pasa muy cerca del fondo de la tina en donde se puede ubicar otro conjunto de cuchillas en la parte baja, el espacio entre el giro del cilindro y las cuchillas en el fondo es pequeño, el giro agita la mezcla y hace pasar las fibras por este espacio, a cada paso de las fibras se trituran cada vez mas, el giro del cilindro genera una circulación de la suspensión que gira en torno al murete al centro de la tina, pasando una y otra vez por este cilindro hasta que se obtiene la consistencia necesaria en la suspensión.

La maquina holandesa surgió del deseo de conjuntar en un mismo paso las dos partes iniciales del proceso, la creación de la pasta a través de la trituración y su posterior colocación en la tina desde donde se haría el moldeo en cualquiera de los casos anteriores la pasta tenía que llegar a la tina, estas tinas podían ser de madera o de piedra, la transmisión de la pasta se hacía de manera manual en el caso de las baterías de mazos o de manera automática cuando el rodillo holandesa se colocaba en ella.



Tina Holandesa para moler trapo, corte, *imagen Tarsicio Pastrana*

Es conveniente mencionar que antes de estas maquinarias tanto la Holandesa como las baterías de mazos el trapo, el cáñamo y el lino se molían utilizando las muelas de piedra de los molinos harineros, lo que provocaba que el molido no fuera uniforme, y la trituración no se llevaba a cabo de manera profunda, la utilización de molinos de piedra no permitía que la hidratación fuera la adecuada provocando que el papel fuera de manufactura gruesa y tosca, la hidratación en el proceso de molienda es básica debido a que si falta el agua la fricción puede alterar la naturaleza de las fibras que se están moliendo, el cambio hacia los métodos descritos permite que la pasta se obtenga por el machacado fino de las fibras y por la correcta hidratación el agregado del agua es muy importante dentro del proceso de obtención de la pasta de la que se obtendrá el papel.

Para agregar el agua a la mezcla se utilizaban depósitos que se podían ubicar en el interior o en caso de llevar un canal de agua para fuerza motriz por el interior de la factoría se tomaba directamente de este sitio.



Debemos recordar que la elaboración de la pasta requería de agua para conformarla pero también para que la molienda no se efectuara en seco ya que esta situación podía generar una fricción excesiva que quemaría la materia prima. Posterior a la molienda y ya con la pasta obtenida esta podía ubicarse en la tina de pasta en este sitio la pasta de agua contenía el granulado fino en estado de suspensión del producto de la molienda. De aquí se tenía que obtener el papel este tendría que liberar el agua que había funcionado como medio de suspensión. El Primer paso es la introducción de las formas o moldes en la tina para obtener una capa finísima de la suspensión.

El molde utilizado tenía el tamaño estándar de las hojas de papel del cual se hablara mas adelante, era como una charola de madera con la parte inferior porosa, la malla permitiría el paso del agua pero no de la suspensión, que al estar en un estado pastoso se quedaría sobre el molde, el papelerero introduce en la suspensión el molde y después lo mueve sobre la suspensión para hacer que esta se distribuya en toda el área.

Una vez obtenida la correcta distribución de la pasta de manera uniforme sobre el molde este se lleva hacia un sitio donde se pone para que al agua siga escurriendo, en algunos casos este es otro aditamento de la tina, sobre la que se pone un plano inclinado de madera para que la suspensión siga escurriendo y el agua que tiene partículas suspendidas no se desperdicie. Ya fuera el plano inclinado cuyo desagüe quedaba sobre la tina o los bastidores que por medio de poleas podían bajar o subir el papelerero buscaba no desperdiciar los excedentes de la pasta.

Es conveniente ampliar brevemente la descripción de algunos de los accesorios de las maquinas analizados que permitían este proceso de escurrimiento de excedentes, en unos de ellos una superficie de madera inclinada brevemente se colocaba en la lateral de la tina quedando parte de esta sobre la tina para lograr que el plano no tapara el lugar donde se sumergiría el molde, cuando el papelerero lograba distribuir adecuadamente la pasta sobre el molde colocaba el molde de manera lateral, la malla metálica del molde no quedaba sobre la superficie, inclinada lo que hubiera impedido que el agua escurriera, por lo que había un borde donde se colocaba un lado del molde y esto ayudaba a que no se pegara con el plano, en otro caso la tina de mayores proporciones tiene un bastidor sobre el que se colocan los moldes a escurrir sobre la tina, en este caso un juego de poleas y cuerdas permite regular la altura y la posición de este bastidor para ayudar con el secado preliminar.

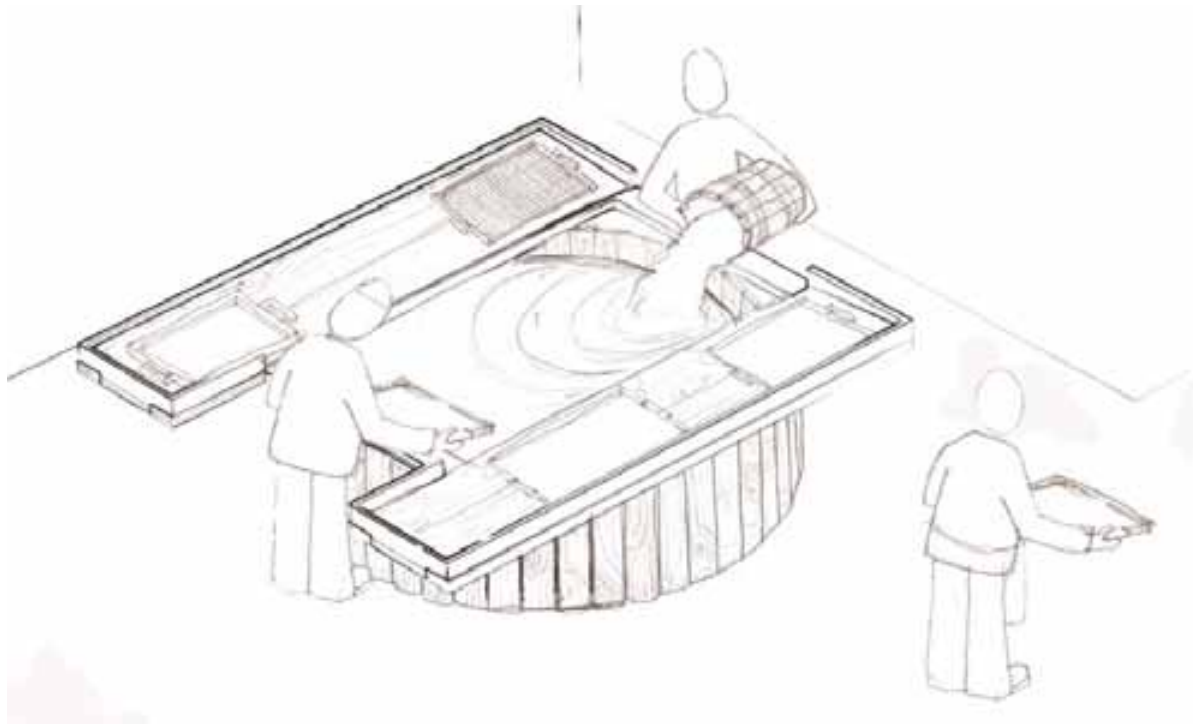
El molde se realiza de madera con dos agarraderas en los extremos cortos con borde perimetral de madera que determina el tamaño de la hoja, la base es una malla cerrada para permitir el paso del agua mas no de la suspensión que a la postre será la hoja de papel. En el inicio de este modo de producir el papel en China la malla era realizada con bambú.

El molde es la parte mas delicada de esta sección del proceso, en este se debe de distribuir la pasta para formar lo que será la hoja, es importante mencionar que la habilidad del papelerero se notaba en la manera de distribuir la pasta para que quedara uniforme sobre el molde, el siguiente paso era permitir que el agua escurriera para obtener una hoja que fuera manejable, si la hoja se retiraba muy fresca no tendría la suficiente cohesión para poderse manejar, por el contrario una hoja que se dejaba secar en el molde requería de mucho tiempo en el cual no se podía utilizar este para producir otra hoja.

Cuando la hoja se podía retirar se pasaba a la prensa de tornillo, para poder realizar este prensado se utilizaba la colocación de las hojas todavía húmedas entre lienzos de fieltro que eran colocados en zigzag, entre cada vuelta del fieltro se ubicaría una hoja, cuando se obtenía una sucesión de hojas alta se metía esta pila en la prensa y se aplicaba presión



suficiente para que la hoja soltara los restos de líquido que podía tener, esta operación se repetía varias veces para lograr que el agua se liberara de la hoja.



Tina de pasta de trapo para llenar moldes *imagen Tarsicio Pastrana*

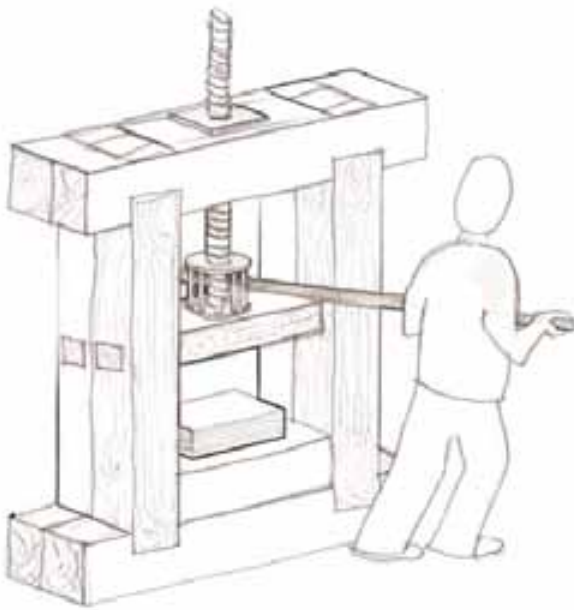
Este prensado se realizaba en un sentido y en otro, muchas veces el dibujo del fieltro se marcaba en la superficie de la hoja esta es la razón por la que las hojas se ubicaban en un sentido y en otro para ayudar al desvanecimiento de la marca del tejido.

Dependiendo del acabado que se le quisiera dar al papel era el número de prensados que se aplicaban, por ejemplo un papel mas rustico tendría menos prensados, un papel mas liso y mas fino tendría mayor numero.

Después del proceso de prensado la hojas se llevaban a una terraza donde se ubicaban varas de madera o cuerdas atravesando en el sentido corto de la habitación, con una ventilación cruzada para facilitar la circulación del aire por esta pero sin el rayo directo del sol y sin la exposición a la intemperie, en este lugar se colgaban las hojas para el ultimo secado con lo cual lograrían que perdieran toda la humedad que les quedara, esta parte del proceso también era muy importante, cualquier paso subsecuente requería que el papel estuviera seco totalmente esto solo se lograba en este cuarto de secado.

Esta sala lucía las cuerdas y las hojas colgadas similar a lo que en la actualidad seria un tendedero de ropa a diferencia de este el secado del papel se haría a cubierto, en muchos de los casos analizados esta terraza se ubicaba en la parte superior del molino de papel teniendo los muros abiertos para la circulación de aire con la posibilidad de obturar de alguna manera esta circulación y un techo para evitar la exposición directa a viento y al sol, pero sobre todo a una eventual lluvia que podía provocar que el papel se humedeciera y regresara a un estado similar al de la pasta de la cual provenía.





Prensa manual para papel después que la pasta secaba en el molde y esta se podía manejar sin romperse se pasaba al prensado, donde se colocaban las hojas entre lienzos de fieltro para terminar de secarla darle textura, en caso de que fueran papeles más burdos se prensaba con tela, si se quería satinar el papel se utilizaban las placas metálicas *imagen Tarsicio Pastrana*

#### d. Procedimientos adicionales.

Dependiendo del uso que se le daría al papel se requerían de procesos adicionales, recordemos que la materia prima del papel serían las fibras vegetales ya descritas, con lo que el papel tal cual no era adecuado para la escritura, los trapos de lana o algodón que podrían ser utilizados creaban un papel muy absorbente que provocaría que la tinta utilizada se diluyera haciendo la escritura ininteligible, para evitar esto el papel destinado para escritura se tenía que pasar por dos procesos más, el encolado y el satinado, el primero de ellos consistente en remojar las hojas en soluciones diluidas de cola animal con lo que se le confería una capa que cerraba los poros y sobre la cual la tinta se quedaba definida.

Para lograr esto en una sección del molino se colocaban hornos sobre los que se ponía un perol metálico con la cola diluida en agua hirviendo, cuando la mezcla estaba tibia el papel ya seco se sumergía una y otra vez, cuidando que la temperatura no desbaratara el papel, el cual después de los múltiples procesos de prensado y liberado del exceso de agua adquiría una consistencia más fuerte y permitía el manejo y el tratamiento en la solución con cola, una vez encolado el papel se llevaba de nuevo al secadero para que la solución secase sobre la superficie.

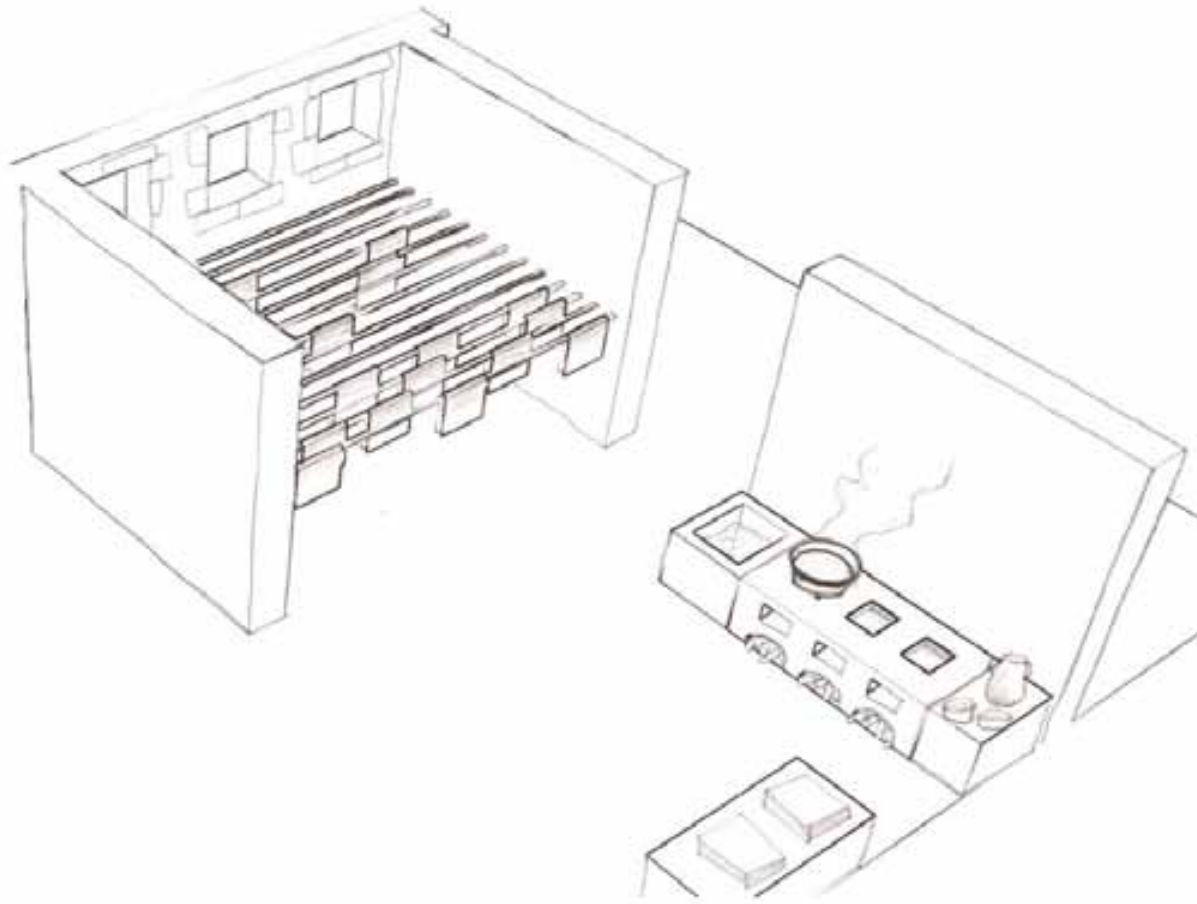
La mayoría del papel estaba destinada a escritura con lo que casi todo el papel era pasado por el perol con cola para darle la consistencia adecuada a la superficie y esta pudiera recibir la tinta.

Más procesos de prensado en superficies diferentes al fieltro otorgaban otros acabados al papel y esto a parte del encolado permitía mejorar la superficie, el proceso de satinado consistía en colocar los papeles nuevamente en la prensa, pero esta vez en lugar de fieltros que absorbían el agua se colocan laminas de metal o de cartón liso, las hojas son colocadas entre laminas de metal y se someten a un prensado más intenso que en el caso de la extracción de la humedad, el papel se alisa, el procedimiento es similar, se colocan una y otra vez entre las laminas de metal, después se quitan las laminas de metal y se cruzan las hojas poniéndolas en un sentido y en otro, el papel brilla y cierra más el poro, si se requiere





de un papel mas rustico, el prensado es menor y la lamina de metal se sustituye por otro tipo de superficies, debemos recordar que al igual que con el fieltro, el dibujo del material que se coloca entre hojas puede ser marcado en el papel, por lo que para lograr los papeles mas lisos se usa como ya ha sido mencionado ampliamente las placas metálicas.



Parte final del proceso del papel del lado derecho el sitio donde se le agrega cola al papel para cerrar más su textura con las hornallas y la cola en el cazo donde se sumerge cada hoja de papel, de esta forma el papel no absorbía tanta tinta, de lo contrario la tinta se extendía y no era legible la escritura, del lado izquierdo la zona de tendido de las hojas con circulación cruzada de aire para el secado definitivo **imagen Tarsicio Pastrana**

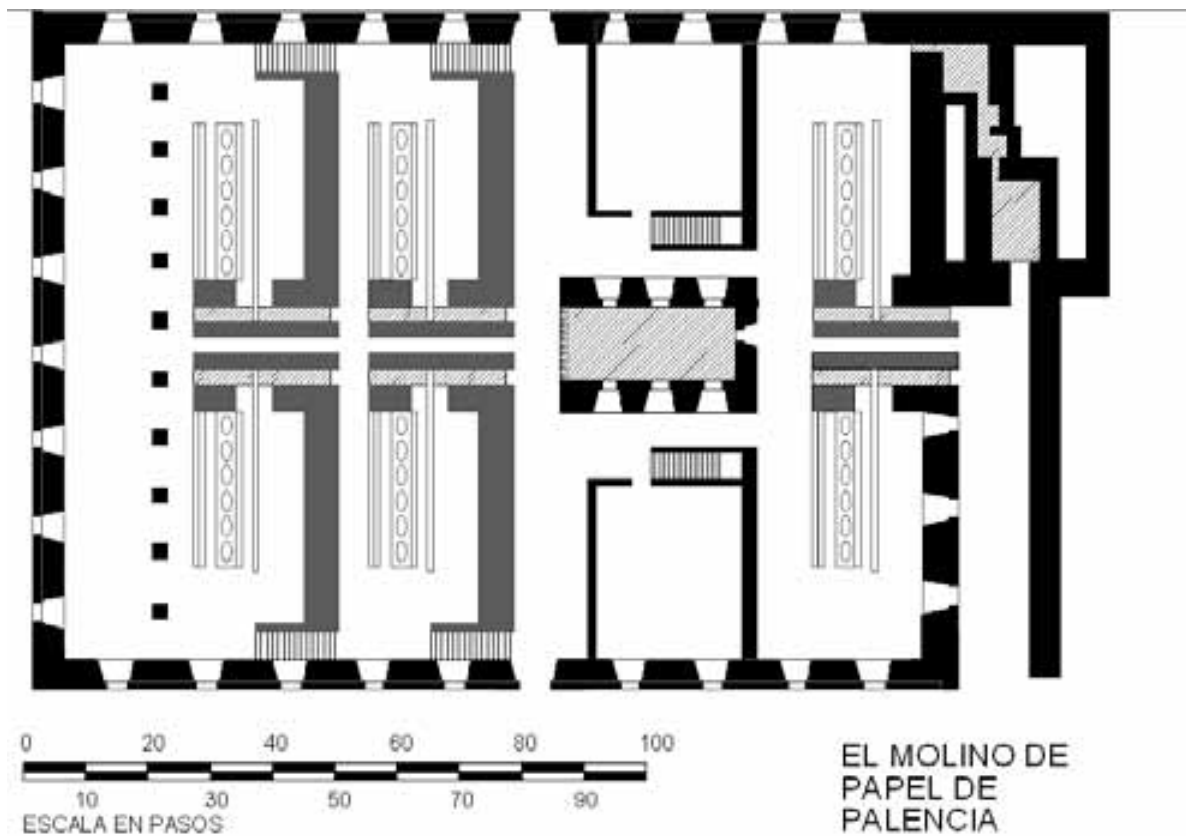
Los tamaños de la hoja tenían que ver con el tamaño del molde, siendo la hoja el equivalente a la pieza completa obtenida en relación al tamaño del molde, las piezas se fraccionaban siempre en mitades de la anterior, creando la media hoja la cuarta la octava, siempre dividiendo el anterior tamaño en dos.

La ultima parte del proceso tenía que ver con la marca del molino similar a las marcas de agua, para este tenían otra prensa esta formada por un eje con un punto de apoyo y de uno de los lados una pieza de madera que terminaba en una punta en donde se ubicaba un grabado que sería del que se colocaría en la hoja, cada hoja se ponía sobre una superficie semidura y se bajaba la prensa para que esta dejara la marca sobre la hoja, al ser una marca en el papel no interfería con el uso que se la quisiera dar y de esta manera se obtenía una marca para determinar el origen del papel.

Esto era particularmente importante porque dependiendo de la región era la calidad del papel obtenido, variando según la materia prima los modos de fabricación, muchos papeles se volvían especialmente codiciados por lo que la marca era determinante para conferir







En este ejemplo de molino de papel en Palencia España se observa achurado el sistema hidráulico, en negro los muros completos, en gris los muros que funcionaban como contención ya que se construyeron en terrazas para aprovechar el agua en diferentes baterías de mazos en el caso de este molino 6 baterías de 6 mazos cada una, es claramente visible el área de las baterías de mazos.  
**Imagen Tarsicio Pastrana obtenido en Ingeniería Hidráulica en Ultramar**



## 8. La máquina de la pólvora.

### a. Introducción

Para finalizar, hablare de uno de los ingenios más controlados por la corona, la fabricación de pólvora.

Por razones obvias este ingenio presentaba singular interés, la pólvora iba de la mano del control militar ya que las diferentes armas de fuego utilizaban la pólvora para funcionar, pero también para la construcción y ejecución de las obras de ingeniería, en la que se utilizaba para demoliciones. Ambas actividades de carácter estratégico, en cuanto a los militares aun cuando estos no estaban en un inicio constituidos oficialmente, existían necesidades para las armas de fuego que eran utilizados en defensa y control, y por los grandes proyectos muchas veces financiadas por el mismo gobierno.

Los permisos de funcionamiento y de instalación del ingenio que servía para su fabricación estuvieron controlados por la corona, porque era esta la que tenía que saber dónde y cuanto se producía, al mantenerla como un estanco, la corona también garantizaba incentivar o atenuar las actividades que se desarrollaban en torno a ella, es decir las fabricas se ubicarían solo en donde la corona lo deseara.

Las características productivas de la pólvora que deriva de la mezcla y molienda de materiales que una vez unidos son altamente peligrosos, configura los espacios arquitectónicos para la producción pero también sobre manera para mantener a resguardo y seguros tanto los ingredientes como el producto final, dentro de la molienda y la mezcla encontramos la incorporación de los molinos hidráulicos, los cuales tienen características particulares ya que la pólvora tenía que ser tratada con mucho cuidado, las instalaciones hidráulicas y los molinos son el corazón del establecimiento productor de la pólvora.

Posterior a la producción encontramos el almacenamiento de la pólvora, si bien la pólvora solo se producía en algunos lugares autorizados por la corona, el almacenaje y distribución también provoca espacios arquitectónicos particulares, insistimos que el configurador de esta situación es el almacenaje seguro y el control del producto.

Es esta sección final de las maquinas hidráulicas nos encontraremos con un proceso complicado, dividido en la obtención de diferentes productos que podían encontrarse en el mismo espacio o en otros mu particulares que configuraban en primer lugar la obtención de la materia prima y después la mezcla adecuada de estas materias primas en la pólvora, la corona sabía muy bien que el control de la pólvora rebasaba los aspectos comerciales para ubicarse en el rubro de producto estratégico por todo lo que conlleva.

### b. Historia de la Pólvora

La pólvora es un compuesto altamente flamable cuyos ingredientes principales se encuentran en la naturaleza, y que tuvo como principal fin la pirotecnia, la mezcla de los ingredientes 75% de nitrato potásico, un 15% de carbón y un 10% de azufre aproximadamente provocaba al momento de la combustión una liberación violenta y gases, un incremento del volumen y de la temperatura en pocos minutos. Cada componente tenía una función específica. El salitre aumenta la potencia y retarda la combustión, el azufre incrementa la inflamabilidad y el carbón acelera la combustión



Los materiales se dividen en dos por su tipo de explosión, detonadores que son de transformación instantánea y que se produce en la totalidad del explosivo, a consecuencia de esto no se puede controlar este proceso. Los otros son deflagradores", en los cuales el proceso es mas lento y se producen por capas, generalmente desde la superficie de él explosivo hacia el interior del mismo de modo controlado. Estos segundos son los de uso común en la artillería debido a que son mas controlables

Los inventores de esta mezcla fueron los chinos alrededor del siglo IX DC, insistimos que originalmente esta fue inventada con fines pirotécnicos, es decir en la cohertería y los fuegos artificiales.

Al parecer son los árabes los primeros que la utilizan con fines bélicos, y las primeras aplicaciones tenían que ver con el deseo de tener más alcance en los proyectiles que se enviaban al campo enemigo, la artillería existía desde tiempo atrás, al parecer la raíz proviene del latín *artellarius* y ésta, a su vez, derivada de *arts*, arte que significa como vimos en el capítulo 1 técnica, estas máquinas primitivas buscaban arrojar sobre el enemigo proyectiles que causaran el mayor daño posible tanto al enemigo como a sus fortificaciones.

Existen referencias en escritos del siglo XIII mucho antes del empleo de la pólvora para fines bélicos en los cuales se le llama artilleros a los artesanos encargados de construir y operar ingenios, maquinas y carruajes para la guerra, carpinteros y herreros por su campo de aplicación eran conocidos como artilleros. Este dato es importante para separar al artillero de la pólvora, aunque después los artilleros serian los que utilizarían la pólvora en el manejo de armas de fuego en las guerras como una evolución de la actividad que les dio origen, son estos los que desarrollan también dichas armas, las primeras bombardas que son de mediados del siglo XIV son desarrollo de artilleros, que aplican el poder de la pólvora a las maquinas que ya venían construyendo y manejando.

Dentro de esta evolución del artillero y sus armas, las primeras referencias del uso de la pólvora las tenemos en las guerras entre árabes y cristianos en España, los árabes dueños de un vasto imperio tienen contacto con la pólvora y la aplican en proyectiles no únicamente para arrojarlos, también para que estos en el momento en que percusionan de manera violenta una superficie volaran en pedazos que al ser lanzados con tanta fuerza se convierten en proyectiles más pequeños, las crónicas que menciono se refieren a las batallas efectuadas por los moros de Mohamed IV de Granada contra las fronteras cristianas de Alicante y Orihuela, en el año 1331.

Narran las crónicas de la Plaza de Algeciras, sitiada por los castellanos de Alfonso XI (1342-1344),

*..tiraban [los árabes] muchas pellas [bolas] de hierro que las lanzaban con truenos, de los que los cristianos sentían un gran espanto, ya que cualquier miembro del hombre que fuese alcanzado, era cercenado como si lo cortasen con un cuchillo; y como quisiera que el hombre cayera herido moría después, pues no había cirugía alguna que lo pudiera curar, por un lado porque venían [las pellas] ardiendo como fuego, y por otro, porque los polvos con que las lanzaban eran de tal naturaleza que cualquier llaga que hicieran suponía la muerte del hombre.*

Aunque se asegura que desde 100 años antes los árabes ya utilizaban para fines militares la pólvora, es probable que tuvieran contacto con ella en las regiones asiáticas que ellos dominaban, no es de extrañar que ante el deseo de causar más daño y arrojar a mayor distancia los proyectiles se pensarán en aplicar la pólvora a estos fines.



La tradición de fabricación de pólvora heredada de los árabes a las regiones hispánicas se conservó durante la reconquista, ya que los españoles copiaron las nuevas técnicas y las incorporaron a sus repertorios de artillería y técnicas militares. Esta situación es lógica ya que ambos bandos guerreaban por el mismo territorio, los avances tecnológicos tenían que ser rápidamente incorporados para no entrar en desventajas con el otro bando en Castilla y Aragón se adoptó enseguida el invento, a partir de mediados del siglo XIV la Artillería se afianzó fuertemente y se comenzó a desarrollar entre los reinos Españoles.

Un adelanto de estas características rápidamente se esparce por toda Europa, se fabrica en Inglaterra en 1334 en Alemania en 1340. Durante el sitio de Pisa en 1403 la pólvora no solo se utilizó en artillería, se intentó llegar a la base de las fortificaciones para utilizarla como un demolidor de las defensas, a manera de los usos que posteriormente se le darían en la ingeniería civil para demoliciones, dado su carácter estratégico, ya para el siglo XVI la mayoría de los estados habían convertido la pólvora en un monopolio bajo el directo control de los respectivos gobiernos. Derivado de este monopolio los estados reglamentan su fabricación y uso.



La invención de la pólvora según Jacopo Coppi en la imagen podemos ver los diferentes procesos de la obtención de pólvora, de particular interés para este trabajo el molino del fondo, el cual es de pisones pero manual, enfrente de la rueda se puede ver una cruceta con las puntas de los rayos con contrapesos, los cuales servían para facilitar el giro que a su vez movería los mazos. **Imagen La invención de la pólvora según Jacopo Coppi 1523-1592 Palazzo Vecchio Florencia**

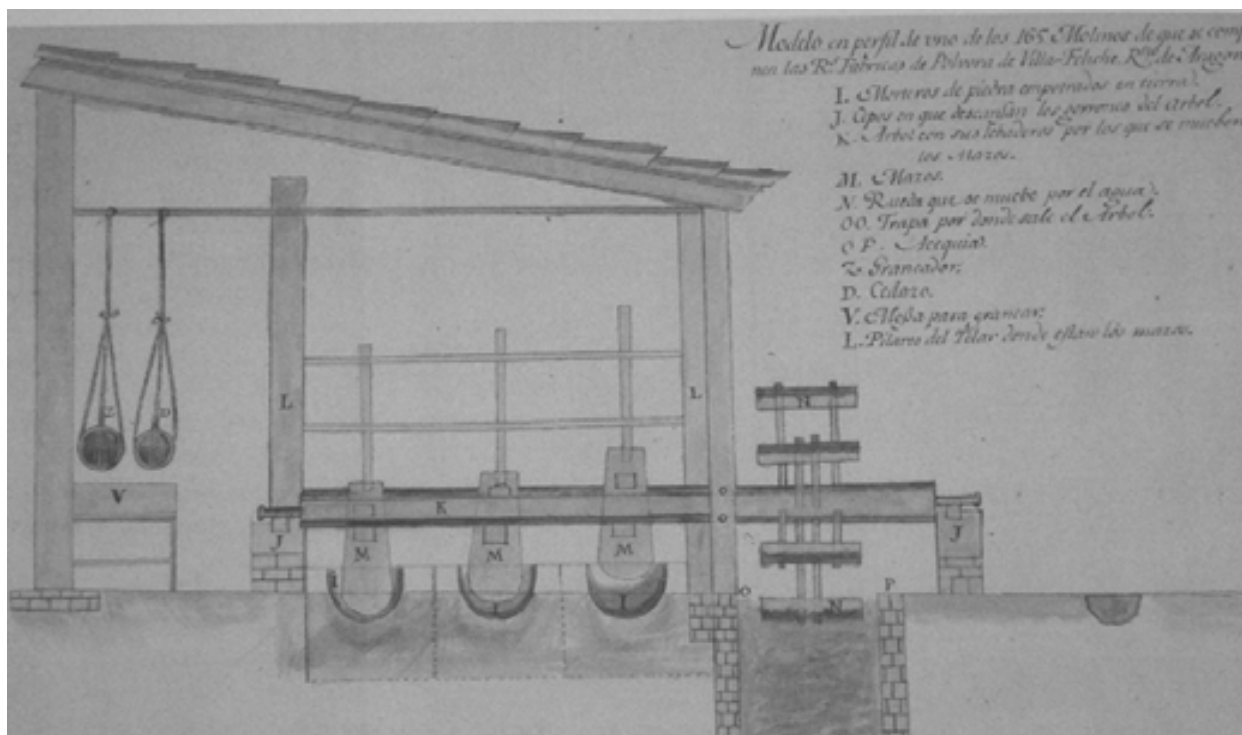
Entre los siglos XV al XVII se observa un amplio desarrollo de la tecnología aplicada a las armas de fuego, la pólvora confiere características adicionales que son aprovechadas para el desarrollo de armas más poderosas y más pequeñas mosquetes de uso individual que todavía se consideraban como un apoyo a las armas antiguas, de hecho en esos años era vil la utilización de armas de fuego en las batallas, ya que la honorabilidad marcaba que ganara no el que tenía la mejor arma si no el que era más fuerte y más hábil.

La fabricación de pólvora requería de la molturación de los ingredientes mencionados renglones arriba, que una vez unidos eran altamente explosivos, los molinos que en un principio eran manuales tenían que ser de materiales que al hacer percusión no produjeran chispas, existen dos imágenes que muestran el interior de los talleres en los que se producía la pólvora antes de la llegada de la ingeniería hidráulica, ambas están en la galería de los Uffizi en Florencia, y en



ellas se puede ver con claridad los molinos que eran accionados por ruedas de madera manuales, en la prolongación de la punta de los radios colocaban bolas de metal para que estos contrapesos hicieran más fácil el giro.

En dos procesos se comienza a utilizar la ingeniería hidráulica, en la mezcla la cual se hacía dentro de barriles que eran accionados por una rueda hidráulica y en el molido, que se efectúa por medio de pisones similares a los que se utilizan para la molienda de mineral pero de materiales menos duros para evitar las chispas y de menor velocidad, por lo mismo al ser el molino de madera y requerir de menos fuerza son molinos más pequeños.



Corte de los molinos hidráulicos de Villafeliche, observamos de izquierda a derecha, los cedazos para cribar la pólvora, los 3 mazos y los huecos donde muelen y hacen la mezcla de los ingredientes, del lado derecho la rueda.. **Imagen: molino de Villafeliche en Obras Hidráulicas en América Colonial**

En España se establecen varias fábricas de pólvora, la más célebre que sería utilizada como modelo para las fabricas americanas incluidas las de Nueva España se instalaron en Villafeliche Zaragoza, las razones de esta ubicación estratégica se encuentran mejor descritas en la página del propio ayuntamiento

*La fabricación de pólvora en Villafeliche comienza en el siglo XVI. La localidad contaba con minas de salitre y abundante cañamo para hacer carbón vegetal y fibra. Además, se encuentra en un valle cerrado, a resguardo del viento y relativamente cerca (170 kilómetros) de las minas de azufre de la localidad turolense de Libros. Con esas facilidades, en 1764 Villafeliche contaba con 165 molinos de pólvora, que llegaron a ser más de 200. El conjunto formaba las Reales Fábricas de Pólvora<sup>267</sup>*

<sup>267</sup> Información en la página de turismo de Zaragoza.

[www.turismodezaragoza.es/provincia/tradiciones.php?sitem=20&&ncode=80](http://www.turismodezaragoza.es/provincia/tradiciones.php?sitem=20&&ncode=80)



La importancia de estas fabricas radicaba en varias innovaciones que como ya mencione se dispersan por las posesiones españolas en ultramar, la primera y más importante era la incorporación de ingeniería hidráulica para la molturación, la segunda es la construcción de varios molinos pequeños aislados, de esta forma cuando uno explotaba no hacia volar a toda la planta, los molinos de pólvora estaban aislados y formaban pequeñas unidades productivas, cualquier accidente no paraba la producción.

Villafeliche se transforma radicalmente y toda su economía gira en torno a la producción de pólvora, existían varios alfareros en el pueblo que tenían como función principal la elaboración de los recipientes de barro en los cuales se transportaba y almacenaba la pólvora, cercano a Villafeliche se encontraban las regiones productoras de azufre y salitre, porque en la zona se producía el carbón, toda esta industria fue decayendo hasta que el ultimo molino fue cerrado en la segunda mitad del siglo XX.

### c. La pólvora en Nueva España

En Nueva España se tienen referencias de fabricación de pólvora, quizás la primera pólvora que se fabrica fue la que manda a hacer Cortés, para lo cual Pedro de Alvarado tiene que escalar el Popocatepetl para conseguir el azufre necesario.

*Hablando del estaño de Tasco, de que se sirvieron para fundir los primeros cañones, dice Cortés: y para el azufre, ya V:M: he hecho mención de una sierra que esta en esta provincia, que sale mucho humo: y de allí entrando un español 70 u 80 brazas, atado la boca abajo, se ha sacado con que hasta ahora nos habemos sostenido; ya de aquí adelante no habrá necesidad de ponernos en este trabajo, porque es peligroso; y yo escribo siempre que nos provean de España<sup>268</sup>*

Los españoles tienen que hacer armas de fuego, y por consiguiente necesitan pólvora que se fabrica con los materiales que obtienen, en el mismo libro que acabo de citar se habla de que en algunos pequeños volcanes que se encontraban en Tulyehualco también es posible obtener el azufre.



Fabricación artesanal de la pólvora antes de los molinos hidráulicos, al fondo se ve el molino de piones con su cruceta para darle vueltas, en los muros se ven diversos accesorios que ayudan a la producción al frente se ve el cribado, al igual que en la pintura de Jacopo Coppi la cruceta para manejar el molino tiene en la punta de sus rayos esferas de hierro. **Imagen la fabricación de pólvora fresco en la galleria degli Uffizi por Bernardo Poccetti**

<sup>268</sup> **Villa Roiz Carlos**, POPOCATEPETL MITOS, CIENCIA Y CULTURA (UN CRATER EN ELTIEMPO), Plaza y Valdez Editores, México 1997 pág.153





Existe un antecedente, llamado tamal de tequezquite, que se preparaba de manera muy sencilla, mezclando el salitre que era muy abundante en las periferias de la zona de los lagos con cal, la mezcla resultante se colocaba en hojas de maíz a semejanza de los tamales de ahí provienen su nombre, su principal aplicación era para desprender grandes bloques de piedra, en el cual se hacía un barreno y este barreno se retacaba con tamales de tequezquite cuando estaba lleno el barreno se utilizaba agua que provocaba una reacción que expandía el material y provocaba la separación de la piedra fracturando en la zona del barreno.

La fabricación de pólvora debió de hacerse de manera artesanal en pequeños talleres hasta que se establece la llamada casa de la munición que muy probablemente estaba en el interior de la ciudad lo que la hacía bastante peligrosa, aunque la fabricación de la pólvora en este sitio debió de ser artesanal como la que ya comente en los frescos de la galería Ufizzi.

Esta casa es establecida en 1555 y debió de funcionar hasta comienzos del siglo XVII en el cual y acosta de la real hacienda se diseña y construye una fábrica de pólvora en Chapultepec.<sup>269</sup> Es interesante el hecho de que se coloca en un sitio estratégico para que cualquier incidente el cerro de Chapultepec sirviera de protección entre la fábrica de pólvora y la ciudad de México.

Los incidentes fueron muchos los accidentes provocaban daños en los caminantes y en las zonas aledañas, esta situación no fue exclusiva de la ciudad de México, para finales del siglo XVIII específicamente en 1764 se le encargo a Joseph Del Campillo director de la fabrica real de Villafeliche que elaborara un documento que sirviera de base para reformar las diferentes fabricas en América, los molinos de Chapultepec reciben este documento y se proyectan ampliaciones basadas en las innovaciones implementadas en Villafeliche, incluso vienen a trabajar a Nueva España dos alfareros que se dedicarían a elaborar las vasijas para contener y manejar la pólvora.<sup>270</sup>

A pesar de las reformas realizadas en la fábrica de Chapultepec, se decide construir una nueva, en el año de 1778, encomendándose la tarea a Miguel Constanzó, se emplaza en la zona de Santa Fe para aprovechar de la misma manera que otros ingenios las corrientes que descendían de la sierra de las cruces, es interesante que la nueva fábrica se construye desde inicio con las reformas ensayadas en Villafeliche sobre esta fábrica de Santa Fe existe una crónica de Humboldt que la visito:

*La fabrica Real de Polvoras, única que existe en Mexico, esta cerca de Santa Fe, en el valle de México, a tres leguas de la capital, rodeada de cerros; los edificios son my bellos; fueron contruidos en 1780según los planos de Constanzó, jefe del cuerpo de ingenieros, en un valle estrecho que suministra abundantemente el agua necesaria para el movimiento de las ruedas hidráulicas y a través el cual pasa el acueducto de Santa Fe. Todas las partes de las máquinas, principalmente las ruedas, cuyos ejes descansan en poleas de roce, lo mismo que las epicicloides de bronce que sirven para el juego de las baterías de pilón, están dispuestas con mucha inteligencia... Los edificios de la antigua fábrica de pólvora, establecida cerca del fuerte de Chapultepec, hoy día solo sirven para refinar el nitrato de potasa.*<sup>271</sup>

<sup>269</sup> **González Tascon Ignacio**, España 1992, *op.cit.* pág. 382

<sup>270</sup> **Keller Alexander G. y Silva Manuel**, *PROTOINDUSTRIA: UNA PERSPECTIVA DESDE LOS VEINTIUN LIBROS DE LOS INGENIOS Y LAS MAQUINAS TOMO 1 En Técnica e Ingeniería en España*, Real academia de ingeniería, Prensas universitarias de Zaragoza, Institución Fernando el católico España 2004, pág. 533

<sup>271</sup> **González Tascon Ignacio**, España 1992, *op.cit.* pág. 384



Humboldt nos permite analizar cómo era esa fábrica nueva que funcionaba con molinos hidráulicos y estaba ubicada en un sitio estratégico, como comentario adicional se puede mencionar que cuando se estaba construyendo la nueva fábrica los molinos de pólvora de Chapultepec sufrieron un accidente, esta es una de las razones que a juicio mío determinaron cancelar las funciones más peligrosas que se efectuaban en el viejo molino dejando solo parte del proceso en sus instalaciones.

#### d. Proceso de fabricación de la pólvora.

El procedimiento comenzaba con los procesos particulares de obtención de los materiales, para el salitre se tenían que seguir procedimientos para obtenerlo, en la obra de Bernardo Perez de Vargas De Re Metallica con fecha de 1568 se describe:

*Tomese esta tierra untuosa y salitrosa y echese en un cubo de madera un suelo de ella, y otro suelo o lecho de dos partes de polvo de cal viva, y tres de ceniza de encina o roble o quexigo, o alcornoqu, y así por sus lechos se hinche hasta la boca, de manera que si el vaso tiene de hondo doce palmos o medida le queda la una por hinchar, y este vacío se hincha de agua, y después de colada el agua se abra la canilla por abajo y se reciba el agua en un vaso.<sup>272</sup>*

Estas tierras se colaban constantemente en recipientes de barro o madera, con un lento goteo y la acumulación del agua en el recipiente se lograba que el agua disolviera la mayoría del salitre contenido en ellas, el agua que se pasaba constantemente de un recipiente a otro se iba concentrando en sales, para revisar el cambio de las tierras se hacía un experimento que la mayoría de nosotros realizamos en la primaria, se depositaba un huevo en el agua, si este se mantenía a flote significaba que las tierras tenían sales y por lo tanto el agua seguía concentrando sales, de lo contrario si el huevo se hundía se tenía que cambiar las tierras.

Sobre las tierras encontramos otra cita muy interesante en los 21 libros de los ingenios y las maquinas sobre la tierra que se coloca en los cajones de madera o en las vasijas de barro se dice lo siguiente *tierra raída de paredes donde hay inmundicias de personas y aun de animales, como es donde están los puercos e incluso de la tierra de las basuras que sacan de las casas<sup>273</sup>.*

El procedimiento restante era la paulatina concentración del agua que salía por los coladores, similar a lo que se hacía con los jugos de las mieles, el colocar el agua al fuego y concentrar el salitre se hacía de una a otra caldera, hasta que el agua restante completamente saturada se llevaba a los precipitadores que eran cubas de madera o barro donde se comenzaba a secar el agua concentrada y el salitre se depositaba en el fondo y el los cantos, conforme el agua bajaba por evaporación natural el borde y el fondo se llenaban de sales.

Los otros ingredientes eran el azufre, el cual tenía que ser buscado *en el exterior de áridos y secos e inmediatos a volcanes lejos de las tierras pantanosas<sup>274</sup>* sobre las particular adicionales que vienen en el azufre más adelante se menciona *se logra con el arte y el cuidado dejarlos perfectamente depurados para usar de ellos en la fábrica de pólvora<sup>275</sup>* este azufre tenía que ser depurado para que se encontrara en su estado puro a la hora de fabricar la pólvora.

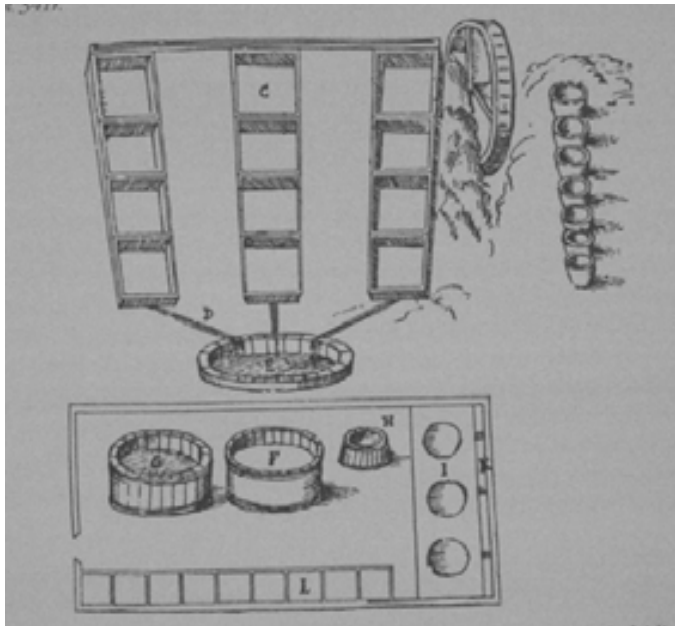
<sup>272</sup> Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús (Directores), *op.cit.* págs.. 328 y 329

<sup>273</sup> Keller Alexander G. y Silva Manuel, *op.cit.* pág. 542

<sup>274</sup> Chew Gutiérrez Karim, *ARQUITECTURA PARA LA FABRICACION, VENTA Y ALMACENAJE DE POLVORA tesis de Doctorado*, UNAM, México 2005, pág. 107 citas del AGN pólvora caja 16 exp. 5 fojas 42-68, México 1783

<sup>275</sup> *Ibid.* pag 107





Esquema de la obtención de salitres, en la parte superior las cajas para el colado de la tierra, en el círculo al centro se recoge el agua saturada de salitre, para después llevarlo a la serie de calderas que se ven en la parte de abajo y finalmente en la parte de abajo los recipientes para cristalizar el salitre, **imagen los veintiún libros de los ingenios y las maquinas**

Finalmente para el carbón se producía de la misma manera en que se produce para otros fines, se buscaba en la región una materia prima que se colocaba en hornos para que se redujera lo más posible y se adicionara a la mezcla, no se ahondara en el procedimiento de obtención del carbón, lo único que es conveniente mencionar es el hecho de que en Nueva España se empleara el sauce para producir este carbón, para concluir el tema del carbón mencionaremos una.

*El arte de carbonear es muy sencillo reduce a formar pirámides en forma de conos truncados en cuya parte superior se deja un respiradero o chimenea para que salgan, el agua, aceite y demás cuerpos volátiles en vapores, y varias aberturas a raíz del piso para facilitar la aspiración del aire y ha de mantener la combustión; se cubre la pila con una capa de tierra y se le da fuego<sup>276</sup>*

El proceso iniciaba con la molturación de los 3 ingredientes, las proporciones siempre fueron motivo de discusión variaron a través del tiempo y dependiendo del país, en el caso de la proporción utilizada en Nueva España se puede mencionar que era similar a la de Villafeliche, recordemos que estos molinos y sus procedimientos fueron los que se utilizaron para los modelos americanos, aunque antes del siglo XVIII la proporción debió de ser similar a las que se utilizaban en España ya que el aprendizaje del oficio era en España.

En cuanto a las proporciones encontramos en El arte de la Milicia de Diego García de Palacio

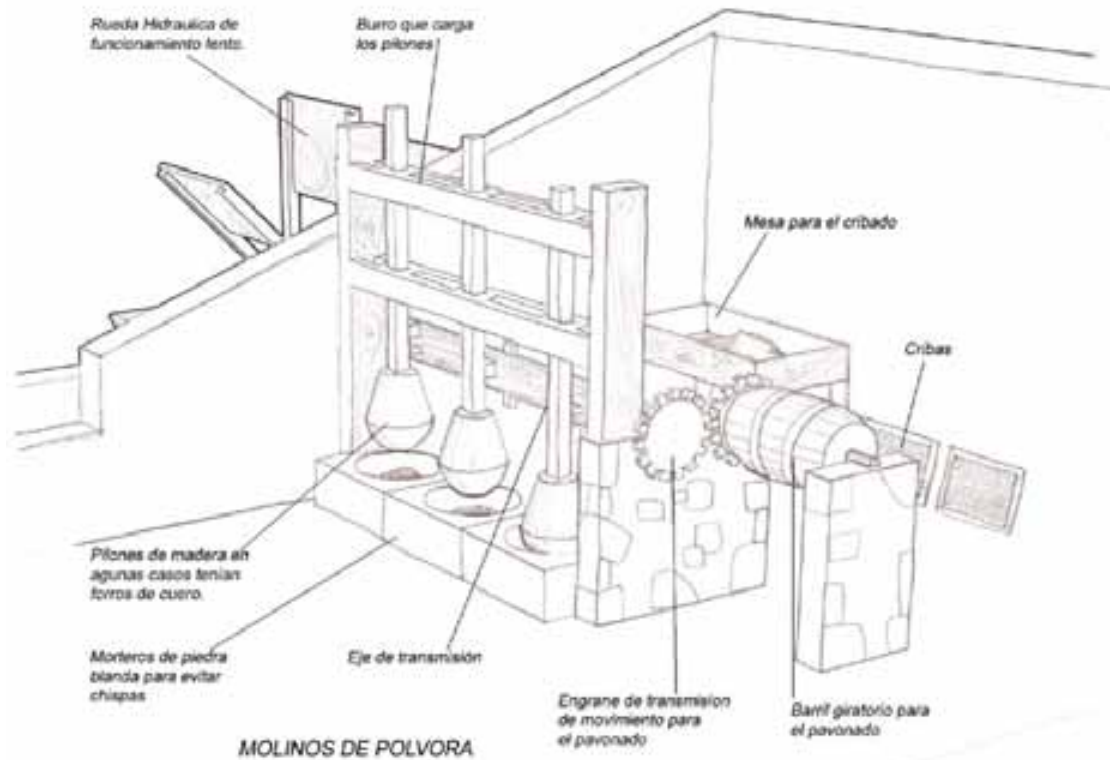
*Orden 1: tomarse han siete partes de salitre, bien refinado. Dos de azufre y una de carbón, y hacerse ha según el arte; y saldrá la mejor de las pólvoras comunes, siendo como han de ser los simples, bien preparados y buenos.<sup>277</sup>*

<sup>276</sup> *Ibíd.* pág. 107

<sup>277</sup> **García De Palacio Diego**, *EL ARTE DE LA MILICA DIALOGOS MILITARES DE LA FORMACION en historia de la ciencia en México siglo XVII*, **Trabulse Elias**, *op.cit* pag30



Existía una granulometría adecuada por lo que los materiales se molían de manera previa en molinos de piedra manuales de sangre, estos materiales se humedecían para formar una pasta que fuera menos riesgosa de manejar, posteriormente se llevaba a los molinos de pisonos que también tenían la función de mezclar la pasta.



*Imagen: Tarsicio Pastrana*

En cuanto al molino de piedra era similar al que hemos estado viendo de rueda de canto movido por fuerza animal o humana. También podía haber variaciones del mismo, con piedra cilíndricas que giraban en una superficie dura.

El otro molino que completaba el proceso era el de pisonos que funcionaba de manera similar al de pisonos de mineral, con diversas modificaciones, en los modelos de Villafeliche encontramos molinos de dos o tres pisonos, estos pisonos de gran proporción eran de madera con percusiones lentas, es decir una rueda no muy grande que permitía un golpe de cada mazo por vuelta, las cabezas de los pisonos se forraban de cuero y el mortero donde el pisón golpeaba era de piedra blanda, con la forma del recipiente redondeada esto con el fin de reducir al máximo el riesgo de explosión. Este molido y mezclado duraba alrededor de 8 días en los que se tenía que controlar la humedad de la pasta.

La innovaciones de seguridad tenían que ver con instalar estas pequeñas unidades del proceso de producción en cobertizos aislados, de esta forma la explosión de alguno de ellos no arrojaría gran cantidad de materiales, en el plano que se analiza al final de la sección de los molinos de Chapultepec, podemos observar dos tipos de molinos, el primero de ellos es de cubo lo que supone una instalación más antigua que las reformas citadas, también podemos ver unos cobertizos sin muros en donde se ubican los molinos que creo son los molinos nuevos.

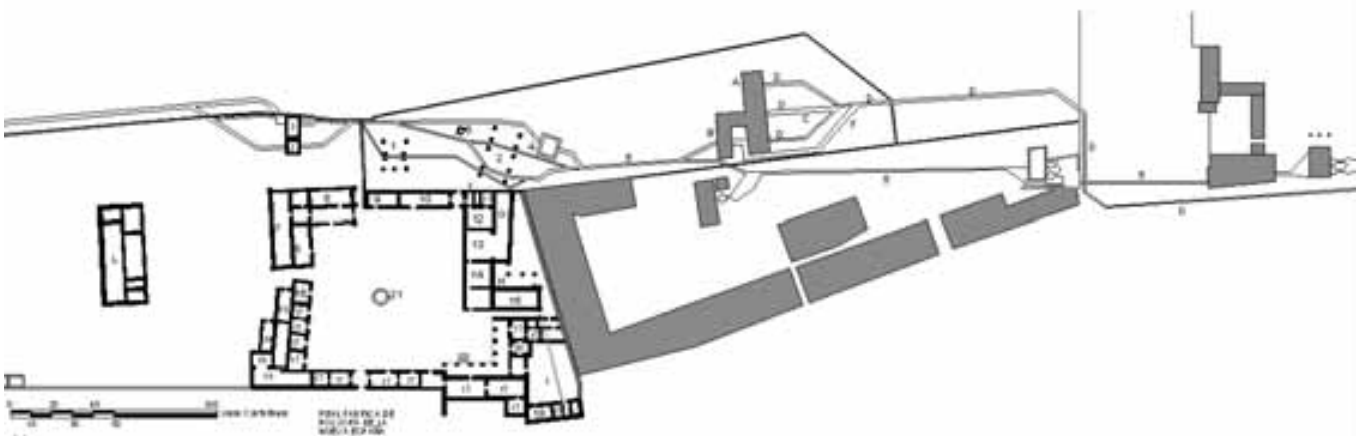


Estos tienen que estar junto a una acequia para que puedan mover las ruedas hidráulicas, estas ruedas de pocas paletas giraban de manera lenta y este giro se transmitía al eje en donde por cada pisón había una leva para que el golpeo fuera lento, esta molienda tiene como fin uniformizar los granos y mezclar perfectamente los ingredientes.

El siguiente paso, consistía en el cribado de la mezcla, para que esta fuera secando y separara los granos que todavía eran mayores de los requeridos, estos residuos que no pasaban por los cedazos se llevaban de nuevo al molino, la mezcla colada uniforme y seca se llevaba a secar en patios sobre mantas para obtener un secado perfecto debemos recordar que el granulado ya era uniforme.

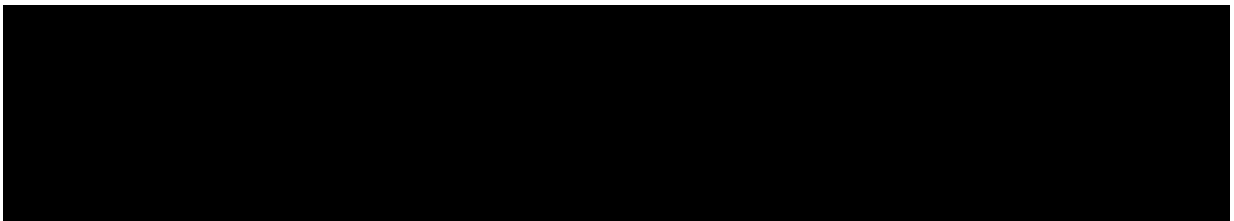
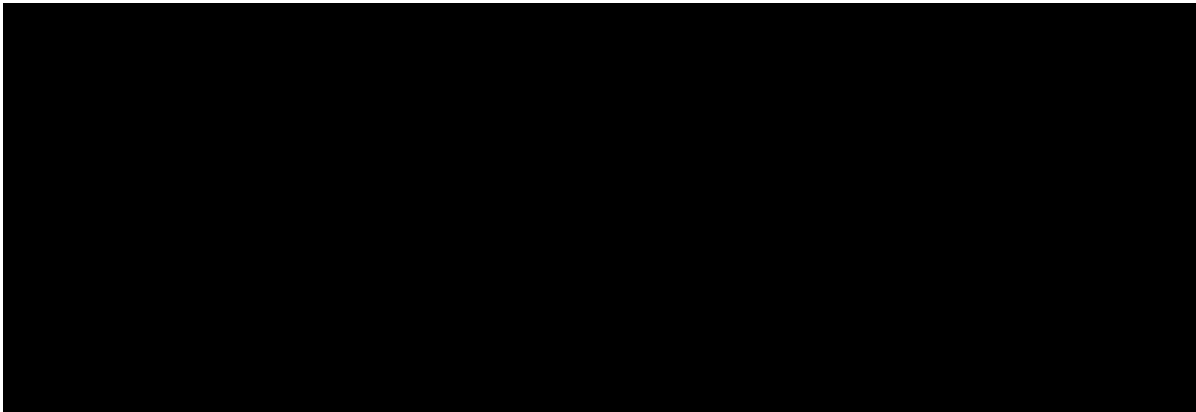
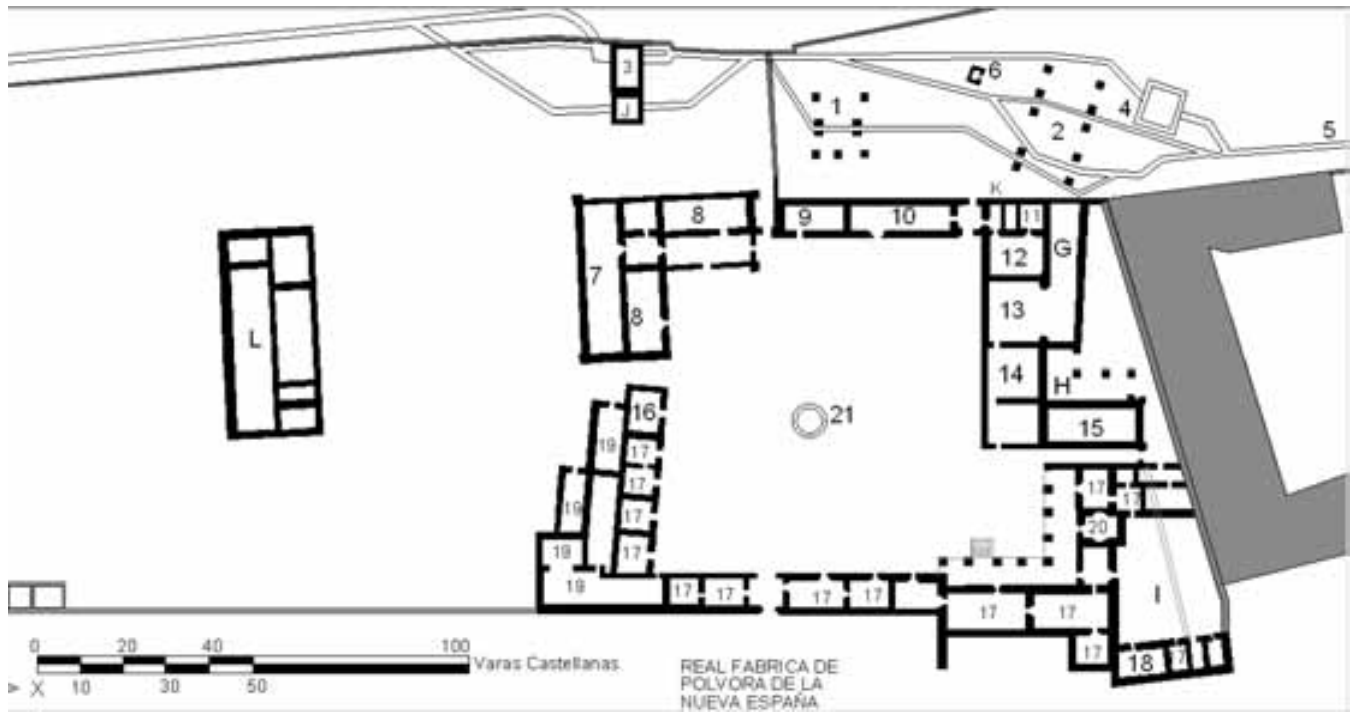
El proceso final requería de otro ingenio en el que se le agregaba parafina a todos los granos, este proceso se denominaba pavonado se hacía al interior de un barril de madera en el que se agregaba la parafina y el polvo, ese barril estaba sujeto a un engrane que era movido por el mismo eje que movía los pisones, en el interior se colocaban unas paletas que agitaban la mezcla, la seguridad radicaba en el manejo del polvo, el cual era en el interior del barril que era completamente de madera.

Finalmente se colocaba la pólvora en el interior de vasijas de barro para su manejo y comercialización, estas vasijas se hacían en la misma fábrica, tenían como fin mantener seca la pólvora ya que si se mojaba o se humedecía no funcionaria igual.



En la parte superior observamos el plan general de la Real Fábrica de Pólvora de la Nueva España y en la parte inferior un detalle ampliado del plano de arriba, en el conjunto podemos observar los conjuntos de molinos con sus cubos, en gris se puede apreciar el molino anterior, en muros blanco y negro las ampliaciones que serán descritas a detalle más abajo, es interesante el gran sistema hidráulico y como mencionamos a lo largo de la sección las implementaciones de seguridad separando los molinos del resto de la fábrica y estos entre sí aislados. **Imagen Tarsicio Pastrana en base al proyecto de tres nuevos molinos en la real fábrica de Pólvora de Nueva España de Joseph González.**





- A. Molino
- B. Atarjea para alimentar los molinos más abajo
- C. Cuajadera de salitre.
- D. Cobertizo sobre pilones para las hornillas de refino.
- E. Patio de las viviendas
- F. Bruñidor para los molinos viejos
- G. Oficina para calcinar salitre
- H. Granero.



## CONCLUSIONES

El ingeniero era cualquier persona que aplicaba los adelantos tecnológicos, y los cambios tecnológicos hablan del desarrollo de una civilización, La ciencia y su principal aplicación, la tecnología son indicadores del grado de evolución de una sociedad, por consiguiente en este punto radica la importancia de la ingeniería, la ingeniería es la aplicación de la tecnológica en soluciones que sirven, que funcionan que son prácticas.

En un inicio de la profesión, el ingeniero era cualquier persona que tuviera una base de conocimientos científicos que le permitiera idear, imaginar o ingeniar la mejor solución para resolver una problemática, y en este marco es cuando el técnico se vuelve completamente útil a varios fines, por ejemplo el interés por parte de los estados de hacer obras que como ultimo beneficio repercutan en la población general, pero como primera importancia permitan organizar, controlar defender y atacar regiones completas.

Los imperios más importantes basan su poderío en una justificación casi divina, aunque de manera terrenal esta justificación se mueve en el ámbito de los adelantos tecnológicos, se tiene el derecho de llevar el estilo de vida más avanzado a otras regiones, es en esta época donde el ingeniero comienza el camino de la especialización, las ramas en las que se divide la ingeniería al principio, por practica y por ejecución no por planeación son la ingeniería civil y la ingeniería militar, el segundo con tintes secretistas, ya que sus soluciones repercutían en la correcta defensa o ataque, el otro ingeniero, el que trabaja en lo civil llevara a todas las personas beneficios, diseñara, caminos, puentes, incluso ciudades, ingenios que es el producto por excelencia de un ingeniero, las maquinas que permiten disminuir trabajo para el hombre y aumentar productividad.

Dentro de estas dos grandes ramas existen otras más, los ingenieros hidráulicos trabajaran en suministros de agua, sistemas de riego, elevación, diseño y construcción de ingenios para diferentes fines, hablábamos de los ingenios para establecimientos pre industriales, que fueron el motivo fundamental de este trabajo; de la importancia de la ingeniería nos habla la evolución que tuvo y sus deferentes áreas de especialización, estos ingenieros que brincaban de un campo a otro y que podían hacer casi cualquier cosas se especializan, dividiéndose en lo civil y lo militar, 500 años después, son tantas las ingenierías que perderíamos gran parte de estas conclusiones intentando enumerarlas, el camino del ingeniero como especialista es el camino de la ingeniería.

No solo en Europa existía la ingeniería, en las culturas prehispánicas también se hacían obras de ingeniería, con diferentes fines, por ejemplo debido a que la mayoría de los pueblos en lo que ahora es México eran sociedades agrícolas la ingeniería prehispánica se circunscribe al control de los recursos hidráulicos principalmente para consumo y riego.

También aunque no son muy conocidas hubo obras de carácter monumental, cuyas técnicas de ejecución se combinan con las hispanas para gestar la que será la ingeniería hidráulica virreinal, en su carácter más evolucionado los Mexicas a la llegada de Cortes habían logrado un dominio y control de la región lacustre de la cuenca del México con sistemas de calzadas y diques para regular los niveles, separación de aguas saladas y dulces, suministro de agua dulce a la ciudad lacustre, sistemas de riego y de control de agua en medio de los lagos, así como las celebres chinampas sistemas de crecimiento territorial sobre el agua que también proporcionaban abundantes cosechas.



Estas obras monumentales y las técnicas de construcción se mezclan de manera magistral con las técnicas españolas, logrando soluciones igual de grandiosas en los años de amalgamación de ambas culturas.

El capítulo 2 está dedicado al periodo en que nace nuestra propia ingeniería durante el virreinato, esta amalgama comienza en el uso de la ingeniería durante la guerra de conquista, es decir los primeros ingenieros eran militares a las ordenes de Cortes que hacen obras de ingeniería para el avance y control militar en estas nuevas tierras, entre ellas se puede mencionar la mas celebre, la construcción de los bergantines para sitiara la ciudad, la destrucción del acueducto de Chapultepec, la construcción de algunas fortificaciones.

En el periodo de transición entre la guerra y la paz, los actores van cambiando, en la paz se requiere de reconstruir ciudades, diseñar otras, con todo lo que conlleva, suministros de agua, evacuación de agua, ingenios para la construcción y por consiguiente ingenios para comenzar a sacar las riquezas que la tierra tenia y solo se tenían que transformar, los especialistas van cambiando ahora serán hombres de paz, los actores fundamentales de esta época, son algunos frailes, ya que los especialistas que llegan de Europa se quedan en las ciudades importantes y en sus regiones periféricas, los frailes tocan cada rincón cada lugar, con una amalgama interesante, son al mismo tiempo, arquitectos, urbanistas, religiosos y por supuesto ingenieros.

Cubren los nuevos territorios y los transforman haciendo una evaluación inicial, donde se requiere de riego diseñan los sistemas, donde habrá que poner molinos, trapiches etc. Incluso son los primeros en fabricar papel con fines evangelizadores, el papel de Culhuacan se utiliza para hacer catecismos principalmente, hacen aceite para sus ceremonias, configuran las regiones para dar una vocación productiva, llevan el agua a las poblaciones para evangelizar por la salud, por la limpieza. Sobre todo construyen, construyen los proyectado con ayuda de las manos indígenas y estas manos indígenas llevan sus propias técnicas dando origen a esta ingeniería mestiza.

La proyección era muy importante, el agua responde a las leyes de la naturaleza, por lo que un ducto mal planeado no llevaría el agua a donde se le necesitara, el diseño de los caminos de agua requería de la elección de la fuente y el punto de destino, para lo cual se utilizaban instrumentos topográficos con el mismo procedimiento de funcionamiento de los actuales pero sin los adelantos tecnológicos, para trazar y comprobar que las cotas del terreno ayudarían a que el recorrido del agua sea el adecuado, las técnicas de trazado si siguen siendo casi las mismas, las triangulaciones y la topografía así como la geometría son los aspectos fundamentales de estas técnicas de trazo y nivelación, una buena nivelación nos permite sabe si el agua llega de manera natural, si esto es así después se tendrán que proyectar acueductos, cajas de agua, derivadoras, presas, canales y depósitos entre otras obras.

El destino final del agua para los limites de este trabajo eran los ingenios, el capítulo 3 toma los ingenios y los analiza uno por uno mostrando la arquitectura como una resultante del proceso de producción y del funcionamiento del ingenio en si.

El azúcar fue tan importante que la corona la bloquea para que su crecimiento como industria no genere una industria fuerte y exportadora, los virreinos eran territorios españoles y el plan general que la corona tenia para todo el imperio tenía que ser más importante que el que cada territorio tuviera para sí, el azúcar es plantada por Cortes en América comenzando una carrera de éxitos y adelantos tecnológicos, hemos mencionado que las únicas dos actividades que





demandaron una inversión constante en desarrollo debido a las altas ganancias que se podían obtener eran el ingenio azucarero y la minería. a diferencia del ingenio azucarero la minería si fue incentivada, para España Nueva España tenía que ser un proveedor de plata, lo demás se circunscribe al consumo interno, aunque con lo que no contaba la corona era con el amplio gusto dulce de los mexicanos, el azúcar de autoconsumo era muy superior a la de cualquier otro país, por lo que la industria se fortalece y crece, los establecimientos proliferan según la cercanía con los mercados, entre las regiones azucareras más importantes la del actual estado de Morelos era una de las más fuertes ya que contribuye al consumo de la capital del virreinato.

El ingenio azucarero es de los pocos que a lo largo del virreinato sufre cambios derivado de las mejoras productivas, se debe de producir más y mejor lo que nos incorporan los nuevos molinos hidráulicos que en otras regiones del mundo se diseñaba, años después de la independencia estos molinos siguen transformándose y la industria sigue creciendo hasta que México se convierte en uno de los principales productores mundiales de azúcar.

El batán era otra máquina inserta en un proceso más grande, el de la producción de textiles, los textiles se producen en los obrajes, en donde se trabaja de manera muy similar a la que estos establecimientos tuvieron en la época de su nacimiento durante la dominación árabe y la edad media en el resto de Europa, la máquina del batán hidráulico es de las más sencillas que había, por lo que el batán pocas veces estaba en el interior del obraje, varios obrajes tenían en cercanía un batán para darles servicio, ambos establecimientos requerían de agua en abundancia, el obraje para sus procesos y los batanes para su movimiento, además de que el lavado de la tela que se efectuaba en el batán también requería del agua.

De las ferrerías podemos hablar de los sistemas hidráulicos encaminados a insuflar aire a los hornos, las ferrerías no fueron muy abundantes, aunque se encontraron las de Chicomuselo en Chiapas y la instalada por Andrés del Río en Michoacán en Coalcomán ambas utilizando las trompas de agua para insuflar aire a los hornos, en las exploraciones arqueológicas de Chicomuselo también se encontró el mazo o martinete hidráulico, es decir que los componentes de las ferrerías también los vamos a encontrar en las fundiciones dentro de las haciendas de beneficio, como en sumatlan con los hornos de agua de los que hablamos en el trabajo.

La minería aplicó la ingeniería en varios factores, primero en el desagüe de las minas para lo cual los implementos fueron varios y contribuyeron a desaguar algunas minas que se habían agotado por llegar a grandes profundidades el constante flujo de agua desde el interior ayudaría a que la mina siguiera siendo explotable de ahí la importancia de los sistemas de elevación de agua para la explotación minera, por otra parte en los métodos de refinación encontramos los molinos de mineral paso previo al de amalgamación para la obtención de plata, como en otros casos los molinos podían ser de sangre más comunes en los lugares donde no había tanta agua y los hidráulicos que aprovechaban la abundancia del recurso.

La proliferación en zonas mineras de las haciendas de beneficio para obtener el mineral, en México de baja ley pero muy abundante nos habla de un desarrollo tecnológico constante, en ambos rubros descritos, el desagüe de las minas y el beneficio de minerales, estos métodos estuvieron casi sin cambios hasta finales del siglo XIX, en el caso del método de patio y a principios del XIX para los métodos de desagüe en los que aparecen las bombas de vapor.

Los molinos harineros son de los pocos ingenios que están encaminados a la producción de un artículo de primera necesidad, de esta variante encontramos que se esparcen por todos los



núcleos urbanos, no importando la vocación de cada una de estas regiones. De todas las familias de molinos que se pueden encontrar hablamos en el trabajo de los molinos de rodezno, los más abundantes de los 3, los de regolfo que aprovechaban las fuerzas centrifugas del agua y los de mareas que aprovechaban como ahora lo hacen las centrales mareomotrices la diferencia de nivel generada entre la pleamar y la bajamar. El Molino desarrolla tantas tipologías debido a su carácter de fundamental en la vida común, produce harina que después se convertirá en pan, esto es muy importante, y el molino se tendrá que adaptar a diversas regiones, escapan a los límites del trabajo pero existen también molinos de aire, de sangre, y dentro de los hidráulicos encontramos los que son movidos por aceñas además de los ya descritos.

El aceite de oliva tuvo diversas prohibiciones para limitar su desarrollo, en los primeros años del virreinato este desarrollo estuvo incluso incentivado en conjunto con otros productos que después serían monopolio real, por ejemplo la seda, los vinos y el ya mencionado aceite de oliva, la prohibición para el cultivo de la oliva llegó hasta la segunda mitad del siglo XVIII por lo que se tuvieron más de doscientos años sin prohibición en los que el desarrollo de los olivares y las almazaras fue abundante, en la región de la cuenca de México la zona de olivares era hacia Tacubaya, región con amplios recursos hidráulicos, aunque no encontramos una mención particular al uso de los molinos hidráulico si encontramos varias que hablan de los molinos de aceite sin especificar la fuerza motriz, supongo que no sería desaprovechada si se contaba con ella y en abundancia como era la citada zona de Tacubaya; incluso en las ordenanzas para carpinteros de lo prieto entre las cosas que tienen que saber hacer se encuentra una prensa de viga que se utilizaba en la producción de aceite.

El papel también sufrió monopolio real, por lo que al primer molino de papel de América no le siguieron muchos, hasta que a finales del XVIII se puede hacer papel y una de las principales fábricas que existieron fue la de Loreto, que en combinaba el uso de sus máquinas, se habla de que en la zona existió un batán que compartía instalaciones y en los planos analizados se observa la coexistencia del molino de trigo con el de papel, el molino de papel de Culhuacán fue el primero en Nueva España es de mediados del siglo XVI, diseñado como parte de un conjunto agustino planeado y concebido para la evangelización.

Finalmente la Pólvora, debido a su carácter estratégico se convierte en monopolio real, la corona estaba al tanto de quien fabricaba porque solo ellos daban el permiso para ello, las instalaciones debían de estar lejos de las poblaciones y en sitios donde un accidente no causara daños en su circunferencia el molino de pólvora parecido al de minerales tenía diferentes medidas de seguridad, cada molino se aislaba de los otros, la construcción que lo envolvía debía de ser de materiales sencillos no robustos de esta manera ante una explosión los proyectiles que volaran no serían tan dañinos, en el plano de la fábrica de Chapultepec observamos la coexistencia de los molinos de pólvora con los de trigo, haciendo énfasis en lo que mencionamos en estas conclusiones cuando hablábamos de la oliva, la región del poniente de la cuenca contaba con muchos recursos hidráulicos y las pendientes adecuadas, es por eso que esta región es en la que se concentran la mayoría de los establecimientos preindustriales de la época virreinal.

Los caminos de la ingeniería hidráulica virreinal son los caminos de los principales productos fabricados en Nueva España y de sus espacios arquitectónico, el agua era no solo recurso de subsistencia también era recurso de producción, los técnicos que tenían que diseñar los caminos del agua, que llevarían esta hasta los ingenios eran los ingenieros, y el gran constructor de ingenios en lo que respecta a la maquinaria era el carpintero de lo prieto, el



ingeniero también planeaba el espacio arquitectónico que apoyaría los procesos y que resguardaría las maquinas y sus partes.

Las similitudes con la época actual salvando las proporciones son muchas, los ingenieros trabajan en las industrias tratando de mejorar los procesos productivos, diseñando maquinas y diseñando espacios arquitectónicos, por supuesto que en la actualidad cada una de estas ramas tiene una especialización; los combustibles que generan el movimiento de las maquinas se han diversificado de manera asombrosa, aunque a favor del agua diremos que el movimiento de las maquinas no generaba contaminación, los carpinteros de lo prieto fueron cambiando por los herreros y después los mecánicos, cuando las piezas de madera se sustituyen por las de metal y después por mecanismos más complejos.

Antes como ahora, la importancia de conocer las maquinas hidráulicas y su proceso de producción es grande, ya que son estas maquinas y sus procesos lo configuradores del espacio arquitectónico que se genera en torno a ellos, estos configuradores espaciales y su conocimiento nos permiten conservar de manera más adecuada los espacios que todavía sobreviven como registro histórico de la ingeniería y la producción, elementos de gran importancia para el desarrollo de cualquier sociedad, la historia de los ingenios y sus espacios es necesaria para el conocimiento del desarrollo tecnológico que ha vivido México y que vivió a lo largo del virreinato.



## BIBLIOGRAFIA

- **Aguiló Miguel**, LA ALHAMBRA COMO LUGAR en *Ingeniería Hispano Musulmana XII curso de verano de ingeniería Civil Toledo 8 al 15 de Julio de 2002*, Colección ciencias humanidades e ingeniería, Colegio de ingenieros de caminos canales y puertos, España 2003
- **Amador Manuel.**, *Tratado Práctico y Completo de Trabajos de Minas y Haciendas de Beneficio*. Edit. Águila 12-México, 1901.
- **Artis Espriu Gloria**, *REGATONES Y MAQUILEROS EL MERCADO DEL TRIGO EN LA CIUDAD DE MEXICO EN EL SIGLO XVIII*, Colección Miguel Othon de Mendizábal ediciones de la casa chata, México 1986
- **Ávila García Patricia (editora)**, *AGUA, CULTURA Y SOCIEDAD EN MEXICO*, El colegio de Michoacán Instituto Mexicano de Tecnología del agua, México 2002
- **Báez Macías Eduardo (Introducción, Notas y versión paleográfica)**, *OBRAS DE FRAY ANDRES DE SAN MIGUEL*, Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Investigaciones Estéticas, México 1969
- **Barbancho Cisneros Francisco y Mataix Verdu Francisco**, *EL ACEITE DE OLIVA EN LA ALIMENTACION MEDITERRANEA en aceite de oliva y salud 1er congreso de cultura del olivo*, Universidad De La Rioja, España 2007
- **Bernis Margarita**, LA CIENCIA HISPANO ARABE en *Temas españoles nº 235*, Publicaciones Españolas, España 1956
- **Boccaro Guillaume**, *COLONIZACION, RESISTENCIA Y MESTIZAJE EN LAS AMERICAS (SIGLOS XVI-XX) tomo 148 de la serie Travaux de l'Institut Francais d'Etudes Andines*, Abya Yala Publicaciones, Ecuador 2002
- **Brading David A**, *LA PLATA ZACATECAS EN EL SIGLO XVIII en Artes de México numero 86 una visión de la minería*, México 2007
- **Cámara Muñoz Alicia**, *LA PROFESION DE INGENIERO EN TECNICA E INGENIERIA EN ESPAÑA TOMO 1 EL RENACIMIENTO*, Real academia de ingeniería, Pressas universitarias de Zaragoza, Institución Fernando el católico España 2004
- **Camarero Concepción Bullón, Campos Jesús ( Directores)**, *OBRAS HIDRAULICAS EN AMERICA COLONIAL (Catalogo de la exposición del mismo nombre)*, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, CEHOPU, Madrid 199
- **Cara Barrionuevo Lorenzo y López Rodríguez María Juana**, *UN CAPITULO CASI OLVIDADO EN LA HISTORIA ALHAMEÑA LAS ALMAZARAS Y EL ACEITE en el Eco de Alhama No4*, España 1997
- **Carballal Staedtler Margarita y Flores Hernández María**, *ELEMENTOS HIDRAULICOS EN EL LAGO DE MEXICO-TEXCOCO EN EL POSCLASICO en Arqueología Mexicana*, volumen XII núm. 68, México julio agosto 2004
- **Castañeda Delgado, Paulino**, *LA TEOCRACIA PONTIFICAL EN LAS CONTROVERSIAS SOBRE EL NUEVO MUNDO Serie C. Estudios Históricos Núm. 59*, UNAM Instituto de Investigaciones Jurídicas, México 1996
- **Chanfon Olmos Carlos (coordinador)**, *LA SOCIEDAD NOVOHISPANA en Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Mexicanos volumen II el periodo virreinal Tomo I el encuentro de dos universos culturales*, UNAM Fondo de Cultura Económica, México 1997
- **Comez Rafael**, *ARQUITECTURA Y FEUDALISMO EN MEXICO LOS COMIENZOS DEL ARTE NOVOHISPANO EN EL SIGLO XVI*, UNAM Instituto de Investigaciones Estéticas, México 1987
- **Córdoba De la llave Ricardo**, *SOBRE EL ORIGEN Y DIFUSION DE LOS MOLINOS DE REGOLFO en III jornadas de molinología*
- **Corona Leonel**, *HISTORIA DE LA TECNOLOGIA EN MEXICO en colección Enrique Semo (coord.) Historia Económica de México*, Océano-UNAM, México 2004.
- **Cortes Hernán**, *SEGUNDA CARTA DE RELACION en Cartas de Relación colección Sepan Cuantos No 7*, Editorial Porrúa, México 2005
- **Cossio José L.**, *GUIA RETROSPECTIVA DE LA CIUDAD DE MEXICO* , Espejo de obsidiana, México 1990

- **Crespo Horacio (director)**, *HISTORIA DEL AZUCAR EN MEXICO TOMO 1*, Fondo de Cultura Económica, México 1988
- **De Basalencque Diego**, *LOS AGUSTINOS, AQUELLOS MISIONEROS HACENDADOS*, Cien de México, CONACULTA, México 1985
- **De Buen Lozano Néstor**, *EL TRABAJO ANTES DE LA REVOLUCION INDUSTRIAL en instituciones del derecho del trabajo y la seguridad social Instituto de Investigaciones Jurídicas Serie G: estudios doctrinales No 188*, Academia Iberoamericana de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social- UNAM, México 1997
- **De Rojas Cristóbal**, *TEORIA Y PRACTICA DE FORTIFICACION CONFORME LAS MEDIDAS Y DEFENSAS DE ESTOS TIEMPOS*, Madrid 1598.
- **Del Barrio Lorenzot Francisco**, *ORDENANZAS DE GREMIOS DE LA NUEVA ESPAÑA*, Secretaria de Gobernación- Dirección de talleres gráficos, México 1920
- **Del Castillo Díaz Bernal**, *HISTORIA VERDADERA DE LA CONQUISTA DE LA NUEVA ESPAÑA en Colección Sepan Cuantos No 5*, Editorial Porrúa, México 2005
- **Dora M.K. de Grinberg**, *¿QUE SABIAN DE FUNDICION LOS ANTIGUOS HABITANTES DE MESOAMERICA? PARTE 1 en Ingenierías, Enero-Marzo 2004, Vol. VII, No. 22*, Sección de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, UNAM. México 2004
- **Duran Juan Manuel, Escobar Antonio y Sánchez Martin (editores)**, *EL AGUA EN LA HISTORIA DE MEXICO*, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades Universidad de Guadalajara El Colegio de Michoacán, México 20
- **Escalera Javier y Villegas Antonio**, *MOLINOS Y PANADERIAS TRADICIONALES*, Editora Nacional, España 1983
- **Escarre Nuria, Castellano I. Solé y Castellano Chris**, *LAS SETENTA MARAVILLAS DEL MUNDO ANTIGUO: LOS GRANDES MONUMENTOS Y COMO SE CONSTRUYERON*, Blume, Barcelona 2001
- **Esteban Piñeiro Mariano**, *INSTITUCIONES PARA LA FORMACION DE LOS TECNICOS EN TECNICA E INGENIERIA EN ESPAÑA TOMO 1 EL RENACIMIENTO*, Real academia de ingeniería, Pressas universitarias de Zaragoza, institución Fernando el católico España 2004
- **Esteller Lores Gabriel**, *APUNTES HISTORICOS SOBRE LA SIDERURGIA DESDE EL DESCUBRIMIENTO DEL HIERRO Y EL DESARROLLO DE LAS PRIMERAS FUNDICIONES HASTA LOS ALTOS HORNOS en revista de Técnica Industrial No 254 Septiembre 2004*, España 2004,
- **Fabricas de Papel de Loreto y Peña Pobre SA**, *LORETO HISTORIA Y EVOCULION DE UNA FABRICA DE PAPEL*, Editorial Cultura, México 1957
- **Fernández Dávila Enrique, Gómez Serafín Susana**, *PRIMER CONGRESO NACIONAL DE ARQUEOLOGIA HISTORICA MEMORIA*, Conaculta INAH, México 1999.
- **Fernández De Navarrete Martin**, *MEMORIAL DE CRISTOBAL COLON A LOS REYES CATOLICOS 30 DE ENERO DE 1494 EN COLECCIÓN DE LOS VIAJES Y DESCUBRIMIENTOS QUE HICIERON POR MAR LOS ESPAÑOLES DESDE FINES DEL SIGLO XVI*, Colección Navarrete tomo cuatro, Ed.Guaranía, Buenos Aires, 1945
- **Forbes R. J.** *HISTORIA DE LA TECNICA*, Fondo de Cultura Económica, México 1958
- **Frank Sear**, *ROMAN ARCHITECTURA*, Routledge, London 1998
- **Fundación Chile**, *LA CIVILIZACION DEL PAPEL: DEL PAPIRO A LA CELULOSA*, Fundación Chile y Ministerio de Educación de Chile, Chile 2006.
- **G. Bühler translation**, *SACRED BOOKS OF THE EAST (THE LAWS OF MANU) vol. 25*, Oxford, 1886.
- **Gallo Moreno Isaac**, *ARS MENSORIA LA DIOPTRA en Nuevos Elementos de ingeniería romana*, Junta de Castilla y León Colegio de Ingenieros T.de O.P., España 2006
- **Gallo Moreno Isaac**, *TOPOGRAFIA ROMANA en Elementos de Ingeniería Romana Libro de ponencias Congreso Europeo "las Obras Publicas Romanas"*, España 2004

- **García Mendoza Jaime**, *DOS INNOVACIONES AL BENEFICIO DE PLATA POR AZOGUE* en *Revista de Estudios de Historia Novohispana* N° 19, Instituto de Investigaciones Históricas UNAM, México 1999
- 
- **García Tapia N.**, *LOS MOLINOS EN EL MANUSCRITO DE FRANCISCO LOBATO SIGLOS XVI* en *Los molinos: cultura y tecnología*, Madrid, 1989
- **García Tapia Nicolás y Carrillo Castillo Jesús** *TECNOLOGIA E IMPERIO INGENIOS Y LEYENDAS DEL SIGLO DE ORO*, colección novatores editorial Nivola libros y ediciones, España 2002
- **Garrido González Luis**, *EL ACEITE EN ESPAÑA ORO VERDE* en *La aventura de la Historia*
- **Gómez de Orozco Federico** (selección Introducción y notas), *CRONICAS DE MICHOACA*, UNAM, México 1991
- **González Lobo Carlos**, *LA OBRA DE FRAY FRANCISCO DE TEMBLEQUE EN LA REGION DE ZEMPOALA-OZUMBA, El acueducto y los arcos de Tepeyahualco* en *Bitácora arquitectura* No 12, Facultad de Arquitectura UNAM México 2004
- **González Tascon Ignacio**, *INGENIERIA ESPAÑOLA EN ULTRAMAR SIGLOS XVI-XIX VOLUMEN 1*, Centro de Estudios de Obras Públicas y Urbanismo-Centro de Estudios y Experimentación de Obras Publicas-Ministerio de Obras Públicas y Transporte-Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Tabapress, España 1992
- **González Tascon Ignacio**, *LOS MOLINOS HIDRAULICOS EN EL MUNDO ANTIGUO* en *Los molinos y las aceñas diversidad tipológica y criterios de emplazamiento*, arquitectura rural en Andalucía, España 2004
- **Herrera Canales Inés**, *AZOGUE Y PLATA UNA UNION FRUCTIFERA* en *Artes de México* numero 86 una visión de la minería, México 2007
- **Herrera Canales Inés**, *AZOGUE Y PLATA UNA UNION FRUCTIFERA* en *UNA VISION DE LA MINERIA ARTES DE MEXICO* No86, México 2007
- **Hidalgo Brinquis M<sup>a</sup> del Carmen y Asenjo Martínez José Luis**, *EL PAPEL 2000 AÑOS DE HISTORIA EXPOSICION ITINERANTE DE LA ASOCIACION HISPANICA DE HISTORIADORES DEL PAPEL*, Asociación Hispánica de Historiadores del Papel, España 1998
- **Iracheta Cebecorta María del Pilar**, *EL APROVISIONAMIENTO DEL AGUA EN LA TOLUCA COLONIAL* en revista *EHN* No 25 Julio Diciembre, Colegio Mexiquense, México 2001
- **Iraeta Usabiaga Ainara**, *.EL PROCESO DE PRODUCCION DEL HIERRO* en *Euskonews* no 87, Eusko Ikaskuntza, España 2000
- **Kashyapa A. S. Yapa**, *INGENIERÍA PREHISPÁNICA AMERICANA Y SUS LECCIONES PARA HOY (Ponencia al 49o Congreso Internacional de Americanistas*, Quito, Ecuador, Julio 1997)
- **Kubler George**, *ARQUITECTURA MEXICANA DEL SIGLO XVI*, Fondo de Cultura Económica, México 1983
- **L. Ravett A. Matías**, *CARACTERIZACION DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGENES DE CATAMARCA ARGENTINA FISIOLOGIA Y FENOLOGIA DE LA INOLICION*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Catamarca, Argentina. Istituto di Ricerche sulla Olivicoltura, C.N.R., Perugia, Italia.
- **Lenz Hanz**, *HISTORIA DEL PAPEL EN MEXICO Y COSAS RELACIONADAS 1525-1950*, Miguel Ángel Porrúa, México 2001.
- **Leon Battista Alberto**, *LOS DIEZ LIBROS DE ARQUITECTURA TRADUCIDOS DE LATIN A ROMANCE*, Casa de Alonso Gómez Impresor, Madrid 1582,
- **León Portilla Miguel**, *MINERIA EN MEXICO ANTIGUO* en *Artes de México* numero 86 una visión de la minería, México 2007
- **Leroux-dhys jean Francois**, *LAS ABADIAS CISTERCIENSES HISTORIA Y ARQUITECTURA*, Köneman, España 1999

- **Lomelí Icaza Leonardo**, *DE AGUA Y ARQUITECTURA NOVOHISPANA en Bitácora arquitectura 16*, Facultad de Arquitectura UNAM, México 2007
- **López Bravo Álvaro de la Cruz, Lee Whiting Thomas A.**, *LA FUNDICION COLONIAL DE CHICOMUSELO CHIAPAS en Memoria del primer congreso nacional de Arqueología Histórica*, CONACULTA INAH, México 1996
- **Loyola Vera Antonio**, *SISTEMAS HIDRAULICOS EN SANTIGAO DE QUERETARO, SIGLOS XVI-XX HISTORIOGRAFIA QUERETANA TOMO 5*, Gobierno del Estado de Querétaro, México 1999
- **Magnusson Roberta J.** *WATER TECHNOLOGY IN THE MIDDLE AGES*, The Johns Hopkins University Press Baltimore and London, USA 2001
- **Mark Robert**, *TECNOLOGIA ARQUITECTONICA HASTA LA REVOLUCION CIENTIFICA ARTE Y ESTRUCTURA DE LAS GRANDES CONSTRUCCIONES*, Akal Textos de Arquitectura, España 2002
- **Márquez Graciela**, *MONOPOLIO Y COMERCIO EN AMERICA LATINA SIGLOS XVI-XVII*, Centro de Estudios Económicos El colegio de México, México 2001
- **Martínez De La Torre Cruz**, *EL SUDOR DEL SOL Y LAS LAGRIMAS DE LA LUNA: LA METALURGIA DEL ORO Y DE LA PLATA EN EL ANTIGUO PERU en Espacio, Tiempo y Forma, Serie VII, H." del Arte, t. 12*, Perú 1999
- **Martínez Henrico**, *REPERTORIO DE LOS TIEMPOS E HISTORIA NATURAL DE ESTA NUEVA ESPAÑA*, cien de México CONACULTA, México 1992
- **Martos Quezada Juan**, *LEGISLACION DEL AGUA EN LA ESPAÑA MUSULMANA en Ingeniería Hispano Musulmana XII curso de verano de ingeniería Civil Toledo 8 al 15 de Julio de 2002*, Colección Ciencias Humanidades e Ingeniería Colegio de ingenieros de Caminos Canales y Puertos, España 2003
- **Merlo Juárez Eduardo y Quintana Fernández José Antonio**, *LAS IGLESIAS DE LA PUEBLA DE LOS ANGELES*, UPAEP, México 2004
- **Moreno Toscano Alejandra**, *EL SIGLO DE LA CONQUISTA LA PRIMERA SOCIEDAD COLONIAL en Historia General de México tomo 2*, SEP- El Colegio de México, México 1981 México
- **Morís Menéndez - Valdés Gonzalo**, *INGENIOS HIDRAULICOS HISTORICOS MOLINOS, BATANES Y FERRERIAS en Ingeniería del Agua. Vol. 2 No. 4*, Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación E.T.S.-Ingenieros Industriales de Gijón, Universidad de Oviedo, España 1995
- **Muguruza Montalbán Félix**, *APUNTES ETNOGRAFICOS DEL VALLE DE LAUDIO: FERRERIAS, CALEROS, MOLINOS Y NEVERAS enl 1º Concurso de "Trabajos de Investigación relacionados con Ludio-Llodio*, Caja Vital Kutxa, Ludio Udala / Ayto. de Llodio y Diputación Foral de Álava. España 1996
- **Navarro Domínguez José Manuel**, *MOLINOS HIDRAULICOS EN LA COMARCA DE LOS ALCORES en actas de los IX encuentros de Historia y Arqueología*, San Fernando Cádiz, España 1994.
- **Neri Vargas Gaudencio**, *TEPOTZOTLAN MONOGRAFIA MUNICIPAL*, instituto Mexiquense de cultura, México 1999
- **Ojeda San Miguel Ramón**, *RECURSOS TECNICOS E INFRAESTRUCTURA EN LAS FERRERIAS DE CASTRO SAMANO en revista Euzkoneu*, Fundación Asmoz, España 2004
- **Ortega Rodrigo y Domínguez Minerva**, *EL PAPEL AMATE en Eara código boletín 17 Octubre 2006*, Encuadernadores Artesanales de la República Argentina, Argentina 2006
- **Ortiz Macedo Luis**, *LA HISTORIA DEL ARQUITECTO MEXICANO SIGLOS XVI-X*, Grupo editorial Proyección de México, México 2004
- **Ortiz y Sáenz José**, *LOS DIEZ LIBROS DE ARQUITECTURA DE M.VITRUVIO POLION TRADUCIDOS DEL LATIN Y COMENTADOS*, Imprenta Real, Madrid 1787
- **Palerm Ángel**, *DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS REGADIOS PREHISPANICOS EN EL AREA CENTRAL DE MESOAMERICANA en Agricultura y Civilización en Mesoamérica de Ángel Palerm y Eric Wolf*, SEP colección Septentas 32, México 1972

- **Palerm Viqueira Jacinta y Chavez Araiza Carlos**, *MEDIDAS ANTIGUAS DE AGUA en Revista Relaciones Estudios de Historia y Sociedad Vol. XXIII, 92*, Colegio de Michoacan, México 2002
- **Pastrana Salcedo Tarsicio**, *MOLINOS HIDRAULICOS HARINEROS MOLINOS DE XUCHIMANGAS tesis de maestría*, UNAM, México 2004
- **Perezgrovas Garza R**, *COMPARACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS: EL BORREGO CHIAPAS (MÉXICO) Y LAS RAZAS AUTÓCTONAS DE ORIGEN ESPAÑOL en Archivos de zootecnia vol. 47, núm. 178-179*, Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas, México 2000
- **Pineda Mendoza Raquel**, *ORIGEN VIDA Y MUERTE DEL ACUEDUCTO DE SANTA FE*, Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Investigaciones Históricas, México 2000
- **Quintanilla José Luis y Gregorio Bañales Javier del Vigo**, *RUTA DE LAS MINAS Y FERRERIAS*, Diputación Foral de Bizkaia-Departamento de Cultura y Dirección de Deportes y Juventud, España
- **Ramírez Alvarado María del Mar**, *LA REPRODUCCION DE LA IMAGEN Y SU IMPACTO EN LA CONSTRUCCION DE NUEVAS REALIDADES: HISTORIA DEL PAPEL Y DE LA IMPRENTA EN EL CONTINENTE AMERICANO en Ámbitos revista andaluza de comunicación No 13 y 14*, Universidad de Sevilla, España 2005
- **Reyes Meza José Miguel**, *TECNOLOGIA Y ARQUITECTURA POPULAR en los molinos harineros en la provincia de Granada*
- **Rodríguez Sala María Luisa**, *LETRADOS Y TECNICOS DE LOS SIGLOS XVI Y XVII*, Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Investigaciones Sociales, México 2002
- **Rojas Rabiela Teresa** *LAS CUENCAS LACUSTRES DEL ALTIPLANO CENTRAL en Arqueología Mexicana*, volumen XII núm. 68, México julio agosto 2004
- **Rojas Rabiela Teresa**, *LAS OBRAS HIDRÁULICAS MESOAMERICANAS EN LA TRANSICIÓN NOVOHISPANA en XIII Economy History congreso Sesión 17 trasferencia de técnicas, modos de producción y usos del agua en Europa y América Latina desde la antigüedad hasta el siglo XX*, Buenos Aires Argentina 2002
- **S. P. Scott (Traductor)**, *THE VISIGOTHIC CODE: (FORUM JUDICUM) ,Book VIII: Concerning Acts of Violence and Injuries Title IV: Concerning Injury to Animals, and Other Property, Ley Antigua XXVIII*, The Boston Book Company, USA 1910 en The Library of Iberian Resources on line
- **Sala Catalá José**, *CIENCIA Y TECNICA EN LA METROPOLIZACION DE AMERICA*, Theatrum Machinae colección de historia de las técnicas, ediciones 12 calles Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España 1994
- **Salazar González Guadalupe (coordinadora)**, *ESPACIOS PARA LA PRODUCCION OBISPADO DE MICHACAN*, Universidad Autónoma de San Luis Potosí CONACYT Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México 2006.
- **San Nicolás, F Laurencio**, *ARTE Y USO DE ARQUITECTURA*, España 1639
- **Sanchez Gomez Julian**, *LA MINERIA EN TECNICA E INGENIERIA EN ESPAÑA TOMO 1 EL RENACIMIENTO*, Real academia de ingeniería, Prensas universitarias de Zaragoza, Institución Fernando el católico España 2004
- **Sanchez Verin Carlos Arturo Giordano**, *UN RECORRIDO POR LA PROVINCIA DE TLAXCALA A PRINCIPIOS DEL SIGLO XVII en Perspectivas Latinoamericanas No2*, Centro de Estudios Latinoamericanos de la Universidad Nanzan, Japón 2002
- **Sandre Osorio Israel**, *DOCUMENTOS SOBRE POSESION DE AGUAS DE LOS PUEBLOS INDIGENAS DEL ESTADO DE MEXICO SIGLOS XVI AL XVIII*, CIESAS-Archivo Histórico del Agua- Comisión Nacional del Agua- el colegio Mexiquense, México 2005
- **Scala Giovanni**, *GEOMETRIA PRATTICA*, Impresión Giovanni Martinelli, Roma 1603
- **Semo Enrique (coordinador)**, *SIETE ENSAYOS SOBRELA HACIENDA MEXICANA 1780-1880 en Colección Científica No 55 SEP-INAH*, México 1977
- **Sharrer Tamm Beatriz**, *AZUCAR Y TRABAJO TECNOLOGIA DE LOS SIGLOS XVII Y XVIII EN EL ACTUAL ESTADO DE MORELOS*, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México 1997,



- **SILVA Suárez Manuel**, *SOBRE TECNICA E INGENIERIA: EN TORNO A UN EXCURSUS LEXICOGRAFICO* en *Técnica e ingeniería en España*, Real academia de ingeniería, Pressas universitarias de Zaragoza, institución Fernando el católico España 2004
- **Syson Leslie**, *BRITISH WATER MILLS*, BT Batsford LTD, Great Britaine 1965, pág 20
- **Trabulse Elías**, *DESAGUE DE MINAS EN LA NUEVA ESPAÑA* en *Artes de México numero 86 una visión de la minería*, México 2007
- **Trabulse Elias**, *HSTORIA DE LA CIENCIA EN MEXICO ESTUDIO Y TEXTOS SIGLO XVI*, Conacyt Fondo de Cultura Económica, México 1985.
- **Trabulse Elias**, *HSTORIA DE LA CIENCIA EN MEXICO ESTUDIO Y TEXTOS SIGLO XVI*, Conacyt Fondo de Cultura Económica, México 1985.
- **Urquiola Permisán José Ignacio**, *MANUFACTURA E INDUSTRIA TEXTIL EN EL MEXICO COLONIAL* en *América Latina en la historia económica No 4*, AMERICA LATINA EN LA HISTORIA ECONOMICA NUMERO 4, Publicaciones Instituto Mora, México 1994
- **Valdés Octaviano (prologo versión y notas)**, *POR LOS CAMPOS DE MEXICO (RUSTICATIO MEXICANA DE RAFAEL LANDIVAR* ,UNAM Biblioteca de estudiante universitario, México 1973
- **Viciano Rafael Martín De**, *CRONICA DE LA INCLITA Y CORONADA CIUDAD DE VALENCIA Y SU REYNO*, Universidad de Valencia, España 1980
- **Von Mentz Brígida**, *NOTAS SOBRE EL ESTUDIO DEL AZUCAR EN MEXICO FUENTES Y ALGUNOS PROBLEMAS INTERPRETATIVOS* en *América Latina en la Historia económica No11 Enero-Junio 1999*, CIESAS, México 1999
- **Von Mentz Brígida**, *TRABAJO, SUJECION Y LIBERTAD EN EL CENTRO DE LA NUEVA ESPAÑA*, Miguel Ángel Porrúa-CIESAS, México 1999
- **Von Wobeser Gisela**, *LA POLITICA ECONOMICA DE LA CORONA ESPAÑOLA FRENTE A LA INDUSTRIA AZUCARERA EN LA NUEVA ESPAÑA (1599-1630)* En *Política Española e Industria azucarera*, Estudios de Historia Novohispana, 9, México 1987
- **Yanes Rizo Emma**, *PASION POR LA TIERRA ANDRES MANUEL DEL RIO* en *Artes de México numero 86 una visión de la minería*, México 2007
- **Zabala Llanos Marta**, *FERRERIAS MUSEO, PATRIMONIO Y DIFUSION DE LA SIDERURGICA TRADICIONAL VASCA* en *revista internacional de estudios vascos 52, 1, 2007 287-302*, España 2007,
  - 
  -

#### PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS Y FUENTES DE IMÁGENES

*El papel de Xátiva*, Robert I. Burns. S.I. (traducción de Rafael León) / Excm. Ayuntamiento de Xátiva (Delegación de Cultura) Sarq al-Andalus *El Papel*. [html/servicios.laverdad.es/murcia\\_agua/cap8.5.htm](http://servicios.laverdad.es/murcia_agua/cap8.5.htm)

Papelero Chino *El diseñador, Diseño Industrial, Gráfico y Digital*  
<http://www.atikoestudio.com/disenador/industrial/materiales/papel/historia%20del%20papel.htm>

**Barragán De La Rosa Francisco José**, *BATANES Y BATANADO EN CORIA DEL RIO* en <http://www.coria del rio.es/batan.htm> ,

*Una dulce historia la del azúcar* Carlos azcoytia .  
<http://www.historiacocina.com/historia/articulos/azucar.html>

AZUCAR [http:// www.sacred-texts.com/hin/manu.htm](http://www.sacred-texts.com/hin/manu.htm)

Imagen pintura de cortes joven fuente [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

Puente sobre el rin [www.historialago.com/leg\\_01100\\_ingenieria\\_01.htm](http://www.historialago.com/leg_01100_ingenieria_01.htm)

Columna de trajano [www.artehistoria.com](http://www.artehistoria.com)

Foto de Texcoco [www.panoramio.com/photo/4967359](http://www.panoramio.com/photo/4967359)

Ingenio de Juanelo turriano [http://circuloavalon.blogspot.com/2007\\_12\\_01\\_archive.html](http://circuloavalon.blogspot.com/2007_12_01_archive.html)

El nilómetro de la isla de rodas (El Cairo,Egipto).[www.artehistoria.jcyl.es/historia/obras/9131.htm](http://www.artehistoria.jcyl.es/historia/obras/9131.htm)

La presa romana de Proserpina [www.traianus.com](http://www.traianus.com)

Imagen Avicena [www.afghanland.com/history/ibnsina.html](http://www.afghanland.com/history/ibnsina.html)

[http://www.granadarustica.com/La\\_Alhambra.jpe](http://www.granadarustica.com/La_Alhambra.jpe)

Iberian resource on line <http://libro.uca.edu/>

Medallas Carlos V [www.fuenterrebollo.com](http://www.fuenterrebollo.com)

Egipto [www.piramides.org](http://www.piramides.org)

La fotografía muestra el castellum divisorium localizado en Nîmes, Francia  
<http://www.ancientworlds.net/aw/Places/Property/909464n>.

Escuadra romana de agrimensor del museo de coblence Obtenida en La Topografía Romana de Isaac moreno gallo en libro de ponencias del congreso de las obras públicas romanas 2004 <http://traianus.rediris.es/topo01/>  
Monumento a Alonso García Bravo en la Plaza del mismo nombre en la ciudad de México  
<http://www.flickr.com/photos/etowerszonephotos>

Agustinos constructores de conventos.

<http://www.boletinguadalupano.org.mx/boletin/articulos/agustino.htm>

Ledero Quesada Miguel A. INTRODUCCION Y CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR EN CANARIAS en [www.mgar.net/azucar.htm](http://www.mgar.net/azucar.htm).

<http://www.mgar.net/azucar.htm>

Prensa de aceite <http://www.sabor-artesano.com/prensa-viga-quintal.htm>

ACEITE DE OLIVA [www.adec.net.ar/CaracterizacionAceites](http://www.adec.net.ar/CaracterizacionAceites)

Foro de Trebujena sobre el cultivo del olivo, registro de preguntas y respuestas en la página Trebujenat:  
[http://www.trebujena.net/el\\_olivo](http://www.trebujena.net/el_olivo)

La almazara y el proceso de obtención del aceite de oliva virgen en <http://www.cerespain.com/almazara.html>.

Imagen <http://www.hojiblancaycordoliva.com/index.htm>

## GLOSARIO

El glosario de términos que se incluye en el presente trabajo se baso en la elección de varias palabras que se emplearon en la redacción y que tienen que ver con la ingeniería hidráulica y su aplicación, en primer lugar las definiciones se basaron en el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia de la Lengua Española, esto con el fin de encontrar las etimologías que nos hablan del origen de la palabra las siglas que especifican esta fuente es (DLE) otra fuente elegida para completar las definiciones fue el libro de Ignacio González Tascón Ingeniería Española en Ultramar con las siglas (IEU), para algunos términos más se empleo como fuente el glosario Hidráulico del DR Leonardo Icaza cotutor de esta tesis, este glosario se encontró en el libro de Sistemas Hidráulicos en Santiago de Querétaro siglos XVI-XX de Antonio Loyola Vera, esta fuente se marca con las iniciales del DR Icaza (LIL), para todas las medidas hidráulicas, de áridos, y de tierras, se empleo el texto de Iris E. Santa Cruz F y Luis Giménez-Cacho García Pesas y Medidas las pesas y medidas en la agricultura y publicado en siete ensayos de la hacienda mexicana 1780-1880 coordinado por Enrique Semo del numero 55 de la colección científica del departamento de investigaciones Históricas del INAH las siglas que identifican esta fuente son (PYM), los textos que no tienen siglas son míos basados en la investigación que dio origen a esta tesis.

## A

**ABREVADERO** (De abrevar). (Del latín. *abbiberāre*, de *bibēre*, beber).

Estanque, pilón o paraje del río, arroyo o manantial a propósito para dar de beber al ganado DLE

**ACEBUCHE** (Del árabe. hispánico. *azzabbúg*).

1. olivo silvestre.
2. Madera de este árbol. DLE

Olivo silvestre que se encontraba en Europa antes de la introducción de la especie de la cual se extrae el aceite de oliva.

**ACEÑA** (Del árabe hispánico. *assánya*, y este del árabe. clásico. *sāniyah*, elevadora). DLE

Rueda hidráulica que se coloca en el cauce de un río y funciona por arrastre,

**ACEQUIA**

(Del árabe. hispánico. *assáqya*, y este del árabe. clásico. *sāqiyah*, irrigadora).

1. f. Zanja o canal por donde se conducen las aguas para regar y para otros fines. DLE

**ACHOLOLERA**

Zanja que recoge el acholole, acholole. (Del nahua *achololiztli*, agua que salta).

1. en México. Agua sobrante que rebosa del surco. DLE

Surco profundo utilizado para recoger el excedente de agua en un sistema de riego en una suerte o

tendida, para después canalizarla nuevamente al apantle. IEU

**ACORDELAR**

(Del catalán. *cordell*).

1. Cuerda delgada.
1. Medir algún terreno con cuerda o cordel.
2. Señalar con cuerdas o cordeles en el terreno líneas o perímetros. DLE

Según Galván medida de longitud de 50 varas equivalente a 41.90m utilizada para la medida de terrenos y derivado el nombre de la cuerda con la que se efectuaba esta medida,

**ACUEDUCTO.**

(Del latín *aquaeductus*). Que significa camino de agua

1. Conducto artificial por donde va el agua a lugar determinado, y especialmente el que tiene por objeto abastecer de aguas a una población. DLE

**ADEMAR**

Acción de colocar ademes

**ADEME**

(Del árabe. hispánico. *addí'ma*, y este del árabe clásico. *di'mah*).

1. En las minas, madero que sirve para entibar.
2. Cubierta o forro de madera con que se aseguran y resguardan los tiros, pilares y otras obras en los trabajos subterráneos. DLE

Madera que refuerza excavaciones, galerías y tiros de minas, generalmente vigas o troncos que se colocan de lado a lado generando resistencia a los empujes naturales del terreno.

### **AGRIMENSOR**

(Del latín. Agrimensor y este de agrimensura. De latín agrimensura).

1. Arte de medir tierras.

1. Persona perita en agrimensura. DLE

Nombre antiguo del topógrafo, el agrimensor se encargaba de la medida de tierras

### **AIRADO DEL GRANO**

Dentro de la preparación del grano previo a la molienda, se encuentra un proceso que era muy importante, el airado del grano, el cual se efectuaba después del lavado y se hacía en conjunto con el secado al sol, este proceso era muy importante porque de esta forma se conseguía un estado de humedad óptimo en el grano, para que la harina fuera de buen sabor.

### **ALABES.**

Palas o cucharas de madera con forma curvada que se colocaban en el rodezno con una ligera inclinación para que el chorro de agua pegara en ellos y por medio de la resistencia que estos opusieran se haría girar la rueda hidráulica y por consiguiente accionar el ingenio.

### **ALARIFAZGO**

Oficio del alarife DLE

### **ALARIFE**

(Del árabe hispánico. *al'arif*, y este del árabe. clásico. *'arif*, experto en obra pública).

1. m. Arquitecto o maestro de obras DLE

Según Ignacio González Tascon en América el Alarife era el encargado de las obras hidráulicas desde su concepción, pasando por la ejecución y su reparación y mantenimiento, en términos más generales perito en construcción.

### **ALBAÑAL**

(Del árabe. hispánico. *alballá'a*; literalmente, tragona).

1. Canal o conducto que da salida a las aguas inmundas.

2. Depósito de inundicias. DLE

### **ALBARRADA**

Del árabe. hispánico. y este del latín *parata*).

1. Pared de piedra seca.

3. Cerca o valladar de tierra para impedir la entrada en un trozo de campo.

4. Cerca o muro de protección en la guerra. DLE

En el caso de la ingeniería hidráulica dique o muro que se construye en el agua para separación y contención de aguas.

### **ALBARRADON**

Albarrada de gran tamaño IEU como el denominado albarradón de Nezahualcoyotl que partía el lago mayor de la cuenca de México en dos secciones y que recorría desde Atzacolco en el Norte hasta

Iztapalapa en el Sur, posteriormente el albarradón de San Lázaro cumplía con la misma función.

### **ALBERCA**

(Del árabe. hispánico. *albirka*, y este del árabe. clásico. *birkah*).

1. Depósito artificial de agua, con muros de fábrica, para el riego.

2. poza (balsa para empozar el cáñamo). DLE

Termino de origen árabe para designar los depósitos de agua que generalmente se utilizaban para riego

### **ALCANTARA**

(Del árabe. hispánico. *Alqán'tara*, este del árabe clásico. *Qan'tarah*, y este quizá del griego *καπτρον*, centro de círculo) DLE

Se denominaba alcántara a los puentes de cantería que estaban contruidos a partir bóvedas IEU

### **ALCANTARILLA**

Diminutivo de alcántara se denomina alcantarilla a los ductos subterráneos que llevaban aguas sucias este conducto generalmente contaban con bóveda

### **ALFARJE.**

(Del árabe. hispánico. *alfárs*, y este del árabe. clásico. *farš*, lecho o tapiz que lo suple).

1. Piedra baja del molino de aceite.

2. Pieza o sitio donde está el alfarje. DLE

Obra de madera o piedra para cargar las muelas, y elevar estas del nivel del piso de la sala de molienda, también denominado banco o poyo, consistía en una plataforma de piedra o de madera que presentaba una superficie plana en la parte superior, algunas veces con una incisión para empotrar la muela fija y de esta forma impedir su movimiento.

### **ALIDADA**

(Del árabe. hispánico. *al'idáda*, y este del árabe. clásico. *'ilādah*).

1. f. Regla fija o móvil que lleva perpendicularmente y en cada extremo una pínula o un anteojo. Acompaña a ciertos instrumentos de topografía y sirve para dirigir visuales.

### **ALJIBE**

(Del árabe. hispánico. *aljúbb*, y este del árabe. clásico. *jubb*).

1. cisterna (depósito subterráneo de agua).

2. Depósito destinado al transporte de un líquido. DEL En el caso de la ingeniería Hidráulica depósito subterráneo que se utilizaba para almacenaje de agua de lluvia.

### **ALMADENETA**

Pieza de hierro o bronce que se coloca en la cabeza del mazo para la trituración del mineral en los procesos de amalgamación.

### **ALMAZARA**

(Del árabe. hispánico. *alma'sárabea*, y este del árabe. clásico. *ma'sarah*).

1. Molino de aceite. DLE

Nombre del establecimiento en el que se hacia el aceite de oliva.

#### **ALPECHIN**

(Del árabe. hispánico. *alpič ín*, este del mozárabe. *péč*, alquitrán, y este del latín. *pix*, *picis*, pez, con el sufijo. romance -ín).

1. Líquido oscuro y fétido que sale de las aceitunas cuando están apiladas antes de la molienda, y cuando, al extraer el aceite, se las exprime con auxilio del agua hirviendo.DLE

El alpechín se procesaba para obtener un aceite de diferentes características que el de oliva, generando un tipo diferente, el aceite de alpechín, considerado de menor calidad que el aceite de oliva.

#### **ANFORA**

(Del latín. *amphōra*, y este del griego. *ἀμφορεύς*, vaso grande de dos asas).

1. Cántaro alto y estrecho, de cuello largo, con dos asas, terminado en punta, y muy usado por los antiguos griegos y romanos.

2. Medida antigua de capacidad, equivalente, entre los romanos, a 26,2 l. DLE

Depósitos de barro para decantar y poner a reposar el aceite de oliva.

#### **ANIMA**

Derivado de alma, embolo de las bombas de encañados

#### **APANTLE**

(Del nahua *atl*, agua, y *pantli*, hilera, fila).

1. México. Acequia para regar. DLE canal principal de riego

#### **APANTLE MADRE**

Canal de riego que alimenta varios apantles

#### **ÁEA DE SERVICIO O ÁREA DE TRABAJO.**

Dependiendo del ingenio es el área donde se realiza la mayoría del trabajo en torno a la maquina hidráulica, área para la maquina hidráulica y las actividades complementarias

#### **ARCA DE AGUA**

Caja de agua desde donde se distribuye por varios conductos el agua en el interior de las ciudades, es el equivalente al castellum aquae romano

#### **ARCADUZ**

(De *alcaduz* del árabe hispánico. *alqadús*, este del árabe. clásico. *qādūs*, y este del griego. *καδος*, tonel, cántaro DLE

Caño o tubería por donde fluye el agua , también se le denomina de esta manera a los recipientes que se colocan en una rueda y sirven para elevar el agua (cangilones)

#### **ARROBA**

(Del árabe. Hispánico. *arrúb*, y este del árabe clásico. *rub*, cuarta parte).

1. Peso equivalente a 11,502 kg.

2. En Aragón, peso equivalente a 12,5 kg. DLE

#### **ARSENAL**

Ver atarazana.

#### **ARTESA.**

(De origen incierto)

1. Cajón cuadrilongo, por lo común de madera, que por sus cuatro lados va angostando hacia el fondo.

Sirve para amasar el pan y para otros usos. DLE

Caja de madera con sus paredes inclinadas a manera de pirámide truncada invertida, para contener materiales, en el caso de los molinos se podía utilizar para recibir grano, o para manejar la harina

#### **ASOLEADERO**

Derivado de la palabra sol, área en un ingenio azucarero donde los panes de azúcar se colocan al sol para blanquearlos.

#### **ATARAZANAS**

(Del árabe. hispánico. *ādarassán'a*, este de *dár assiná'a*, y este del árabe. clásico. *dārassinā'ah*, casa de la industria).

1. Arsenal de embarcaciones

2. Establecimiento militar o particular en que se construyen, reparan y conservan las embarcaciones, y se guardan los pertrechos y géneros necesarios para equiparlas.

3. Depósito o almacén general de armas y otros efectos de guerra. DLE

Las atarazanas en la ciudad de México fueron construidas por órdenes de Cortés para resguardar los 13 bergantines que sirvieron para sitiar la ciudad por agua, dadas sus características arquitectónica era la única construcción construida como fortificación en el siglo XVI.

#### **ATARJEA**

(Del árabe. hispánico. *attašyí'*, y este del árabe. clásico. *tašyī'*, acompañamiento).

1. Caja de ladrillo con que se visten las cañerías para su defensa.

2. Conducto o encañado por donde las aguas de la casa van al sumidero. DLE

#### **AZOGUE O MERCURIO**

(Del árabe. hispánico. *azzáwq*, este del árabe. clásico. *zāwq* o *zā'ūq*, y este del pelvi *zīwag*).

1. Quím. Mercurio.DLE

Nombre que se le daba al mercurio en la época del virreinato, el azogue fue uno de los principales insumos para lograr el beneficio de la plata por el método de patio, por lo tanto fue monopolio de la corona española.

#### **AZOLVE.**

(De azolvar Deriva del árabe hispánico. *súl'b*, duro).

1. Cegar o tupir con alguna cosa un conducto.

1. México. Lodo o basura que obstruye un conducto de agua. DLE

En Nueva España azolvar fue un término utilizado para definir el proceso por el cual se pierden las pendientes en una conducción o depósito de agua, desazolvar era la limpieza de esta conducción y depósito para lograr su óptimo funcionamiento.

#### **AZUCAR**

Del árabe hispánico. *assúkkar*, este del árabe clásico. *sukkar*, este del griego *σάκχαρι*, y este del pelvi *šakar*).

1. Cuerpo sólido cristalizado, perteneciente al grupo químico de los hidratos de carbono, de color blanco en estado puro, soluble en el agua y en el alcohol y de sabor muy dulce. Se obtiene de la caña dulce, de la remolacha y de otros vegetales. Según su estado de pureza o refinación, se distinguen diversas clases. DLE

#### **AZUCAR MORENA**

Azúcar obtenida en alguno de los pasos intermedios del proceso de refinación, esta era de menor costo que el azúcar blanco, tenía color oscuro. Porque no había perdido completamente las mieles sin cristalizar

#### **AZUCAR BLANCA**

Azúcar cuyo proceso de refinación se lleva a cabo completamente era el azúcar que alcanzaba mayor precio en el mercado, era completamente blanca ya que al completar su proceso de refinación perdía todas las mieles sin cristalizar, además de ser sometida a procesos de secado y blanqueado.

#### **AZUD**

(Del árabe. hispánico. *assúdd*, y este del árabe. clásico. *sudd*).

1. Máquina con que se saca agua de los ríos para regar los campos. Es una gran rueda afianzada por el eje en dos fuertes pilares, y la cual, movida por el impulso de la corriente, da vueltas y arroja el agua fuera.

2. Presa hecha en los ríos a fin de tomar agua para regar y para otros usos. DLE

#### **AZUDA**

Ver azud, según Ignacio González Tascon el azud es una presa de escasa altura desde la cual se derivan canales para llevar el agua a los ingenios o sistemas de riego y la azuda es la maquina que eleva el agua como se ha descrito en la definición de Azud

## **B**

#### **BALANCIN**

(Del diminutivo de balanza de pesar).

1. Madero que se atraviesa paralelamente al eje de las ruedas delanteras de un carruaje, fijándolo en su punto medio a la tijera, y por los extremos a los del eje mismo, con dos hierros que se llaman guardapolvos.

5. m. Biela de las máquinas de vapor.

6. m. En los motores de explosión, barra o varilla que, unida a un eje, sirve para regular los movimientos a través del taqué.

7. mecedora.

8. En los jardines, playas, terrazas, etc., asiento colgante cubierto de toldo.

9. m. Barra de madera o metal apoyada en equilibrio en su punto medio, de forma que quienes se sitúan en sus extremos suben y bajan alternativamente. DLE  
Pieza utilizada en los fuelles hidráulicos para provocar que tengan funcionamiento dispar, es decir cuando uno inyecta el aire el otro se esté llenando, con el fin de lograr un funcionamiento constante, el balancín se acompaña de dos barras que provocan el llenado de los fuelles al sujetarlos por la parte más alejada a la boca de inflación.

#### **BALDES**

(De origen incierto posible Francés antiguo *Baldret*)

1. Piel de oveja curtida, suave y endeble, empleada especialmente para guantes. DLE

Desde el punto de vista de la ingeniería Hidráulica cuero blando del que se realizaban las bolsas de los fuelles para insuflar aire, también recipiente de cuero blando en el que se transportaba el azogue.

#### **BALON**

(Del aumentativo en desuso. de *bala* y este del francés *balle*, y este del franco *balla*, pelota)

1. Proyectil de forma esférica o cilíndrico-ovejuna, generalmente de plomo o hierro.

2. Fardo apretado de mercaderías, y en especial de los que se transportan embarcados.

3. Atado de diez resmas de papel. DEL

También medida de papel utilizada en el virreinato

#### **BANCO**

(Del francés antiguo. *bank*, y este del germano. \**banki*).

1. Asiento, con respaldo o sin él, en que pueden sentarse varias personas.

2. Madero grueso escuadrado que se coloca horizontalmente sobre cuatro pies y sirve como de mesa para muchas labores de los carpinteros, cerrajeros, herradores y otros artesanos. DLE

Obra de madera o piedra para cargar o sostener algo, en los molinos harineros las muelas, en el caso del batan los mazos, en los molinos de almadenetas las cabezas.

#### **BANZAO**

Depósito de agua a presión para alimentar las ruedas hidráulicas de los martillos y fuelles en una ferrería, depósito ubicado sobre las ruedas hidráulicas en las ferrerías y suele ser de piedra o madera IEU

#### **BAÑO**

(Del latín *balnĕum*).

1. Acción y efecto de bañar.

2. Acción y efecto de someter el cuerpo o parte de él al influjo intenso o prolongado de un agente físico, ya sea calor, frío, vapor, sol, lodo, etc.
3. Agua o líquido para bañarse.
4. Pila que sirve para bañar (lavar todo el cuerpo o parte de él).
5. cuarto de baño. DLE

#### **BARRIL**

(Como barrica, de origen desconocido.)

1. Recipiente de madera o de metal que sirve para conservar, tratar y transportar diferentes líquidos y géneros.
2. Vaso de barro, de gran vientre y cuello estrecho, en que ordinariamente tienen los segadores y gente del campo el agua para beber. DLE

#### **BARQUIN**

(Del latín. *folis vervecinus*, odre de morueco) DLE

Fuelles de gran tamaño que se accionaba por rueda hidráulica en las ferrerías

#### **BARQUINERA**

Juego de barquines IEU

#### **BATAN**

(Quizá del árabe. hispánico. *batán*).

1. m. Máquina generalmente hidráulica, compuesta de gruesos mazos de madera, movidos por un eje, para golpear, desengrasar y enfurtir los paños.
2. m. Edificio en que funciona esta máquina DLE

#### **BERGANTIN**

(Del francés. *brigantin* o del catalán. *bergantí*, y estos del italiano. *brigantino*).

1. Buque de dos palos y vela cuadra o redonda. DLE Para ejecutar la toma de Tenochtitlán Cortés construye 13 bergantines para sitiarse la ciudad por agua, los construye en la región de Tlaxcala hace pruebas de flotación, los desarma, los transporta a Texcoco, los arma y construye un canal de 2 km para botarlos en la laguna.

#### **BOMBA DE ENCAÑADOS**

Debe su nombre a los caños que se ahuecan en los cuales se mete un embolo llamado anima que al subir y bajar causa un vacío que succiona el agua, su capacidad de succión estaba limitada por la altura de los encañados los cuales no podían extraer agua de grandes profundidades.

#### **BOMBA HIDRAULICA**

Denominación genérica para toda máquina que eleva el agua por encima del nivel base

#### **BRAZA**

Medida equivalente a dos varas 1.67m

#### **BRAZADA CUBICA**

Medida de volumen en la que se vendía la piedra 4.707m<sup>3</sup>

#### **BUEY**

Medida hidráulica cuya data es de una vara por lado el flujo es de 9331.20 litros por minuto

#### **BUITRON**

Lugar donde se colocan los cajones que contienen el mineral de plata en espera de ser beneficiados por azogue IEU

#### **BURRO**

Del latín. *burrīcus*, *burīcus*, caballejo).

1. asno (animal solípedo).
2. Armazón compuesta de tres maderos que, unidos y cruzándose en ángulos agudos hacia su parte superior, forman una especie de trípode que sirve a los carpinteros para apoyar en ella la madera que labra. DLE

Utilizado para montaje de las secciones de la maquina, similar en uso a lo que sería el banco de madera, armazón de madera para cargar los mazos que generalmente son basculantes.

#### **BUSA**

Tubo de chapa gruesa por el que se introduce el viento generado por las maquinas soplantes (fuelles o Trompas de agua) en el horno IEU

## **C**

#### **CABALLERIA**

Dotación de tierra para un soldado de acaballo en Nueva España tenía unas dimensiones de de 100 pies por 200 pies que corresponde a 1568m<sup>2</sup>. Este solar urbano se acompañaba de tierras de cultivo fuera de la ciudad. IEU

#### **CABALLERIA DE TIERRA**

Medida de tierra 1104 x 552 varas PYM

#### **CABEZA**

En los molinos de minerales, conjunto de mazos movidos por las levas colocadas en el eje de una rueda vertical. IEU

#### **CABRIA**

(Del latín. *caprĕa*, cabra).

1. f. Máquina para levantar pesos, cuya armazón consiste en dos vigas ensambladas en ángulo agudo, mantenidas por otra que forma trípode con ellas, o bien por una o varias amarras. Un torno colocado entre las dos vigas y una polea suspendida del vértice reciben la cuerda con que se maniobra el peso. DLE A finales del siglo XIX principios del XX se incorpora una grúa para poder mover las piedras y facilitar esta que era una de las tareas más arduas del trabajo del molinero, a un costado del banco se coloca una grúa realizada con dos vigas de madera y n refuerzo diagonal, en el extremo de ella un tornillo metálico y dos piezas de metal semicirculares que abrazaban la piedra, al elevar el tornillo las piezas sujetadas al canto de las piedras comenzaban a hacer presión, y de esta forma podía ser elevada, en los extremos de las piezas se colocaban unos pernos que entraban en unos orificios practicados para este fin en la piedra o

se colocaban en unos orificios sobre una banda metálica que rodeaba la piedra, por medio de los pernos se podía girar la piedra sin ningún problema para ubicarla en un costado y poder hacer el trabajo de picado.

#### **CADENA**

(Del latín. *catēna*).

1. f. Serie de muchos eslabones enlazados entre sí. Se hacen de hierro, plata y otros metales o materias.  
2. f. cadena de agrimensor. 1. f. La de metal y de eslabones largos unidos cada uno al siguiente por una anilla. Ordinariamente tiene diez metros de largo y cada pieza uno o dos decímetros. Suele usarse para las mediciones topográficas DLE

#### **CAJA DE AGUA**

Recipiente artificial construido de diversos materiales que sirve para contener momentáneamente el agua y que tiene la función de repartir el líquido en volúmenes definidos y cuya ubicación obedece a la fuente de abastecimiento. LIL

#### **CAJALES**

En una rueda de madera de un engranaje, los dientes de madera que van colocados perpendicularmente a su plano IEU

#### **CALDERA**

(Del latín. *caldaría*).

1. Recipiente de metal, grande y semiesférico, que sirve comúnmente para poner a calentar o cocer algo dentro de él.  
2. Recipiente metálico dotado de una fuente de calor, donde se calienta el agua que circula por los tubos y radiadores de la calefacción de un edificio. DLE

#### **CALIZ**

Extremo final de una cañería por la que sale el agua, termino derivado del latín calix tubería calibrada de bronce o plomo sellada exteriormente que se instalaba en los domicilios de los usuarios, el diámetro del cáliz determinaba el gasto al que tenía derecho el usuario IEU

#### **CALVA**

En los molinos de pólvora parte del mazo que golpea la pasta, su acabado redondeado sin clavos y sin piezas de unión, evitaba que una chispa quemara la pólvora. IEU

#### **CAMA**

Pieza de madera o metálica que sirve para cerrar el ojo de la muela fija y de esta forma impedir que el grano se escape por esta zona y caiga al cárcavo perdiéndose. La pieza de madera era un cilindro cortado por la mitad en cuyo centro se realizaba un saque cilíndrico para el paso del eje, esta era colocada un poco a presión con el ojo, mas no con el eje que tendría que girar libremente, otra variante de esta pieza es un plato metálico que se coloca en el

ojo y que al centro de este tiene un orificio para el paso del eje.

#### **CAMON**

Cada una de las piezas curvas que componen los dos anillos laterales de las ruedas hidráulicas o de carro y en los que se sujetan las paletas o remos IEU

#### **CANAL**

(Del latín. *canālis*).

1. Cauce artificial por donde se conduce el agua para darle salida o para otros usos. DLE

#### **CANGILONES**

(Quizá del latín. *congĭus*, congio y este del latín *congĭus*. Medida antigua para líquidos, octava parte del ánfora romana, y equivalente a unos tres litros.)

1. Recipiente grande de barro o metal, principalmente en forma de cántaro, que sirve para transportar, contener o medir líquidos.

2. Vasija de barro o metal que sirve para sacar agua de los pozos y ríos, atada con otras a una maroma doble que descansa sobre la rueda de la noria.

3. Cada uno de los recipientes de hierro que forman parte de ciertas dragas y extraen del fondo de los puertos, ríos, etc., el fango, piedras y arena que los obstruyen. DLE

Cada uno de los recipientes de diversos materiales que se colocan en una rueda y que sirven para elevar el agua o para por medio de gravedad hacerla girar, véase arcaduz

#### **CANOA**

(De origen. taíno).

1. f. Embarcación de remo muy estrecha, ordinariamente de una pieza, sin quilla y sin diferencia de forma entre proa y popa. DLE

Tronco cortado por la mitad y ahuecado utilizado para canalizar agua, en los procesos de obtención del azúcar era la pieza que recibía las miles desde la molienda, y en el caso del procedimiento de beneficio eran los depósitos de madera en los que se hacía el incorporo y por consiguiente la amalgamación antes de que se realizara a gran escala en los patio originando el método de patio.

#### **CAÑERO**

Patio o sección del patio principal de un ingenio donde se pone la caña que llega del campo, de este sitio pasara a la molienda.

#### **CAÑO**

(De caña).

1. Tubo corto, particularmente el que forma, junto con otros, las tuberías.

2. Tubo por donde sale un chorro de agua u otro líquido, principalmente el de una fuente.

3. Chorro de agua u otro líquido. DLE

#### **CÁRCAVO**

En la parte más baja del edificio del molino se encuentra una zona donde se ubica el rodezno, esta



comúnmente es de piedra y esta techada con una bóveda, de cañón corrido, uno de los lados carece de muro por este lado saldrá el agua una vez que haya movido el rodezno, en el extremo opuesto se encuentra un muro que divide el cárcavo del cubo, en este se encuentra la saetilla que es el conducto que permite la llegada de agua desde el cubo hasta el cárcavo, en ambos muros se construyen mechinales para apoyar la viga de soporte o viga marrana en la que se apoyara el rodezno, en algunos casos esta viga no existe, por lo que el eje se prolonga por debajo del rodezno para apoyarse en el suelo del cárcavo. Debido a la naturaleza de trabajo de este espacio es común que se construya de piedra, siendo en muchos casos esta zona la única de piedra en toda la construcción del molino.

#### **CARCEL**

Ranuras verticales por donde se deslizan los tablones en una compuerta. IEU

#### **CARDADO**

(De cardo). (Del latín. *cardus*).

1. Planta anual, de la familia de las Compuestas, que alcanza un metro de altura, de hojas grandes y espinosas como las de la alcachofa, flores azules en cabezuela, y pencas que se comen crudas o cocidas, después de aporcada la planta para que resulten más blancas, tiernas y sabrosas.

1. Preparar con la carda una materia textil para el hilado.

2. Sacar suavemente el pelo con la carda a los paños, felpas u otros tejidos.

3. Peinar, cepillar el pelo desde la punta hasta la raíz a fin de que, al alisar ligeramente su superficie, quede hueco. DLE

Parte importante del proceso previo al hilado en el cual la lana es separada por calidades para facilitar su configuración en hilos.

#### **CARGA**

Medida de áridos que corresponde a 2 fanegas, 4 medias, 8 cuartillas, 24 almudes y 96 cuartillos equivale a 181.63 lt. PYM

#### **CARPINTERO**

(Del latín. *carpentariŭs*, derivado. del celtolatino. *carpentum*, carro en forma de cesto).

1. Persona que por oficio trabaja y labra madera, ordinariamente común DLE

#### **CARPINTERO DE LO BLANCO**

Oficial carpintero especializado principalmente en cubiertas de madera, alfarjes, artesonados.

#### **CARPINTERO DE LO PRIETO**

Oficial Carpintero especializado en maquinas para ingenios, aceñas, linternas, prensas, carretas, rodeznos, norias etc.

#### **CARPINTERO DE RIVERA**

Oficial Carpintero especializado en la construcción de navíos

#### **CASTILLO**

Aparejo de madera que sirve para sostener la rueda y sus mazos en un molino de mineral IEU

#### **CAZ**

(Del latín calix vaso para beber y tubo y cañería para conducir el agua)

Canal que se hace junto a los ríos para sangrarlos y llevar por el agua o para regar las tierras que están en las cercanías o para accionar los ingenios. LIL

#### **CAZO**

(Quizá del bajo. latín. *cattŭa*).

1. Recipiente de cocina, de metal, porcelana, etc., generalmente más ancho por la boca que por el fondo, pero a veces cilíndrico, con mango y, por lo general, un pico para verter.

2. Utensilio de cocina que consta de un recipiente semiesférico con mango largo y que se destina a transvasar alimentos líquidos o de poca consistencia de un recipiente a otro. DLE

#### **CEDAZO**

(Del latín. *saetacĕum*, cribo de seda).

1. Instrumento compuesto de un aro y de una tela, por lo común de cerdas, más o menos clara, que cierra la parte inferior. Sirve para separar las partes sutiles de las gruesas de algunas cosas, como la harina, el suero, etc.

2. Cierta red grande para pescar. DLE

Malla de material resistente que se coloca en los canales de agua para evitar que basura y objetos flotantes pasen a los depósitos o a los ingenios

#### **CELEMIN**

(Quizá del árabe. hispánico. \**samaní*, de un octavo).

1. Medida de capacidad para áridos, que tiene 4 cuartillos y equivale en Castilla a 4,625 l aproximadamente.

2. Porción de grano, semillas u otra cosa semejante que llena exactamente la medida del celemín.

3. Medida antigua superficial que en Castilla equivalía a 537 m<sup>2</sup> aproximadamente, y era el espacio de terreno que se consideraba necesario para sembrar un celemín de trigo. DLE

#### **CEÑO**

(Del latín. *cingŭlum*, ceñidor).

1. Cerco o aro que ceñe algo. DLE

Pieza metálica que sirve para sujetar diferentes piezas de madera en la maquinaria de un ingenio hidráulico

#### **CEPO**

(Del latín. *cippus*).

1. Instrumento hecho de dos maderos gruesos, que unidos forman en el medio unos agujeros redondos,

en los cuales se aseguraba la garganta o la pierna del reo, juntando los maderos. DLE

Yugo de madera que sirve para evitar que los martillos y mazos elevados por medio de levas se salgan de su caja en las maquinas hidráulicas

#### **CERNIDOR**

(Del latín. *cernĕre*, separar).

1. Separar con el cedazo la harina del salvado, o cualquier otra materia reducida a polvo, de suerte que lo más grueso quede sobre la tela, y lo sutil caiga al sitio destinado para recogerlo. DLE

#### **CERNIR**

(Del latín. *cernĕre*, separar).

1. Separar con el cedazo la harina del salvado, o cualquier otra materia reducida a polvo, de suerte que lo más grueso quede sobre la tela, y lo sutil caiga al sitio destinado para recogerlo. DLE

#### **CIMBA**

Soga, maroma o crizneja empleada en las norias para soportar el rosario de cangilones IEU

#### **CINCHOS**

(Del latín. *cingŭlum*, ceñidor).

1. Faja ancha, de cuero o de otra materia, con que se suele ceñir y abrigar el estómago. DLE

Soleras metálicas utilizadas en las muelas para facilitar su manejo, se hicieron más populares con la incorporación de las cabrias a los molinos, debido a que este cincho rodeaba por el canto la muela y en estos se hacían los orificios necesarios para que la muela pudiera cargarse con la cabria, en el caso de las muelas que se hacían de varias partes, el cincho ayudaba a mantener unidos estos pedazos y que pudieran trabajar juntos a la hora del giro. En otros aspectos el cincho metálico es utilizado para sujetar partes de la maquinaria del molino, es el caso de la palahierro que se incrusta en la maza de madera, la zona de empotre era reforzada con cinchos metálicos que apretaban la madera y mantenían al palahierro en su lugar.

#### **CISTERNA**

(Del latín. *cisterna*).

1. Depósito subterráneo donde se recoge y conserva el agua llovediza o la que se lleva de algún río o manantial. DLE

#### **CODO O MEDIA**

Medida lineal equivalente a ½ vara o .419m PYM

#### **COGOLLO**

(Del latín. *cucullus*, capucho, voz de origen. celta; *cochull*).

1. Parte interior y más apretada de la lechuga, la berza y otras hortalizas.

2. Brote que arrojan los árboles y otras plantas.

3. m. Parte alta de la copa del pino. DLE

#### **COMPUERTA**

Dispositivo de obturación ubicado en sitios estratégicos sobre los canales y acequias para manejar los flujos de agua en un sistema hidráulico. Desde un canal principal se podría obturar el agua hacia canales secundarios, se podía accionar un ingenio o regar un campo, las compuertas generalmente eran de madera, y para el siglo XIX se comenzaron a hacer con dispositivos que facilitaban su manejo, como tronillos para su elevación rieles metálicos para que corrieran más fácilmente en lugar de los de piedra en los que corría la compuerta de madera.

#### **CORDEL**

Ver acordelar, el cordel era una medida de longitud de 50 varas

#### **CORREDERA**

El nombre que se le daba a la muela móvil, la que se encontraba en la parte superior. Esta muela era la que giraba sobre la muela fija que se ubicaba en la parte inferior para diferenciarla de la muela fija tendríamos que buscar el lavijero, que era la muesca que se forjaba en la parte inferior para situar la parte superior del eje, de esta forma se le transmitía el giro de la rueda a la muela.

#### **COROBATE**

Instrumento de nivelación, empleado ya en época romana, formado por una pieza horizontal de madera con mirillas de referencia y plomadas y nivel de agua para su nivelación. IEU

#### **CRIADERO GANADO MAYOR**

Medida agraria formada por un cuadrado de 2500 varas de lado equivalente a 438.9 Ha PYM

#### **CRIADERO GANADO MENOR**

Medida agraria por un cuadrado de 1666.7 varas de lado equivalente 195.07Ha PYM

#### **CRIBADO**

(Del latín. *cribrāre*).

1. Limpiar el trigo u otra semilla, por medio de la criba, del polvo, tierra, neguilla y demás impurezas.

2. Pasar una semilla, un mineral u otra materia por la criba para separar las partes menudas de las gruesas.

3. Seleccionar rigurosamente. DLE

#### **CRIBAR**

De criba).

1. Cuero ordenadamente agujereado y fijo en un aro de madera, que sirve para cribar. También se fabrica de plancha metálica con agujeros, o con red de malla de alambre.

2. Cada uno de los aparatos mecánicos que se emplean en agricultura para cribar semillas, o en minería para lavar y limpiar los minerales. DLE

#### **CUADERNO**

(Del latín. *quaterni*).

1. Conjunto o agregado de algunos pliegos de papel, doblados y cosidos en forma de libro.

2. Libro pequeño o conjunto de papel en que se lleva la cuenta y razón, o en que se escriben algunas noticias, ordenanzas o instrucciones. El cuaderno de millones, de la Mesta. DEL.

Medida antigua del papel compuesta de 5 hojas PYM

#### **CUARTA**

Medida lineal equivalente a la cuarta parte de la vara o sea 0.2095m PYM

#### **CUARTILLO**

Medida árida que equivale a 12 cuartillos y equivale a 22.701 l PYM

#### **CUBETE**

Espacio circular en el que esta contenido el rodezno en un molino de regolfo

#### **CUBO**

(De cuba). (Del latín. *cupa*).

1. Recipiente de madera, que sirve para contener agua, vino, aceite u otros líquidos. Se compone de duelas unidas y aseguradas con aros de hierro, madera, etc., y los extremos se cierran con tablas. También se hace modernamente de chapa metálica.

1. Recipiente de madera, metal u otra materia, por lo común de forma de cono truncado, con asa en la circunferencia mayor, que es la de encima, y fondo en la menor. 6. m. Estanque que se hace en los molinos para recoger el agua cuando es poca, a fin de que, reunida mayor cantidad, pueda mover la muela. DLE

Estructura de piedra generalmente cilíndrica que servía para almacenar agua y aumentar la presión de esta al momento de atravesar la saetilla, y de esta forma accionar la rueda hidráulica horizontal. El cubo es una incorporación árabe a los molinos de rodezno, el molino de cubo se construía en lugares donde el flujo de agua no era tan regular, al ser un elemento extra de almacenamiento podemos encontrarlo en regiones con estas características, para llenar el cubo se contaba con una alimentación directa desde un canal o depósito, se ubicaba una compuerta o rebosadero que permitía el llenado, el tiempo de llenado era similar al tiempo que el cubo tardaba en vaciarse, por consiguiente entre más grande el cubo más tiempo de molienda proporcionaba, si la alimentación se dejaba abierta el tiempo de molienda podía ser constante hasta que el operario interrumpiera el flujo de agua por medio de la válvula de la saetilla, o por medio de interrumpir el flujo de agua hacia el cubo, de esta forma el agua descendería hasta dejarlo vacío. La construcción de un cubo debía de dar como resultado una fábrica fuerte y resistente, debido a los esfuerzos a los que se sometería el cubo al estar lleno de agua, los cubos se podían hacer exentos, sobre tierra, parcialmente

enterrados o totalmente enterrados que era lo más común.

#### **CUCHARAS**

De cuchar).

1. Utensilio que se compone de una parte cóncava prolongada en un mango, y que sirve, especialmente, para llevar a la boca los alimentos líquidos o blandos. (Del latín. *cochleāre*).

1. Medida antigua de granos, equivalente a la tercera parte de un cuartillo.

2. Cantidad de grano que cabía en esta medida. DLE

Se le denomina cucharas a las palas del rodezno, estas comúnmente son de madera aunque pueden ser de otros materiales como el fierro, las palas estaban ligeramente inclinadas para aumentar la oposición del rodezno al chorro de agua y de esta forma incrementar la fuerza del giro, las cucharas podían estar curvadas, en algunos casos podían ser cambiadas sin necesidad de desarmar todo el rodezno, esto era muy útil en el caso de que se tuviera que cambiar una cuchara rota. También se les denomina alabes

#### **CUÑAS**

(De cuño Del latín. *cunĕus*, *cuña*).

1. Pieza de madera o de metal terminada en ángulo diedro muy agudo. Sirve para hender o dividir cuerpos sólidos, para ajustar o apretar uno con otro, para calzarlos o para llenar alguna raja o hueco.

2. Objeto que se emplea para estos mismos fines.

3. Piedra de empedrar labrada en forma de pirámide truncada.

1. m. Troquel, ordinariamente de acero, con que se sellan la moneda, las medallas y otras cosas análogas.

2. m. Impresión o señal que deja este sello. DLE

Pedazos de madera con forma triangular que permite sujetar o fijar por medio de la introducción de estas en una hendidura objetos determinados, en el caso de los molinos, varias cosas eran sujetadas con cuñas, por ejemplo, el cubo en la viga de soporte y el rodezno a la maza, la fijación por medio de cuñas debía de ser lo suficientemente firme para absorber los esfuerzos generados durante el giro pero no debían de ser fijaciones permanentes, para en caso de mantenimiento o sustitución de piezas permitir el retiro de las mismas.

#### **CURSOS DE AGUA**

En este trabajo se le denomina curso de agua a los sitios por los que el agua fluye, en el caso específico de los molinos hidráulicos los cursos de agua son los ríos, arroyos riachuelos de los que se toma el agua para llevarla por medio del canal de alimentación a los depósitos, embalses, cubos etc. cuando hablamos de un curso de agua irregular nos referimos a la cantidad de agua que lleva, que no siempre será

constante, dependiendo de la época del año y principalmente de las lluvias, alterando la cantidad de agua que se puede tomar del curso de agua, lo que es de vital importancia en el funcionamiento de un molino hidráulico, si el curso del agua era irregular los molineros tenían que adaptarse construyendo obras de almacenamiento extras para garantizar el flujo de agua al molino.

## CH

### **CHIFLON**

Encañado de madera por donde cae el agua a una rueda hidráulica también llamado saetín IEU

### **CHIMBO**

En las herrerías tapón que da acceso al agua desde el depósito a la rueda motriz IEU

### **CHUMACERA**

(Del portugués. *chumaceira*).

1. Pieza de metal o madera, con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria. DLE

## D

### **DATA DE AGUA**

(Del latín. tardío [*charta*] data, propiamente 'documento dado', es decir, extendido, otorgado, palabra que en las escrituras latinas precede a la indicación del lugar y la fecha).

1. Nota o indicación del lugar y tiempo en que se hace o sucede algo y especialmente la que se pone al principio o al fin de una carta o de cualquier otro documento.

2. Tiempo en que ocurre o se hace algo.

3. Abertura para desviar de un embalse o de una corriente de agua parte de su caudal. DLE

### **DECANTACION**

(Del latín. *decantatio*, -ōnis).

1. f. Acción y efecto de decantar

(De de- y canto, ángulo, esquina).

1. Separar un líquido del pozo que contiene, vertiéndolo suavemente en otro recipiente.

2. Quím. Separar sustancias no miscibles de diferente densidad en un medio líquido. DLE

### **DECEMPEDA**

Literalmente 10 pies se denomina de esta manera a la pértica o estadal que sirve para medir y que era utilizada para mediciones topográficas, era una regla de aproximadamente 2.8m que se colocaba en el terreno.

### **DEDO**

(Del latín. *digitus*).

1. Cada uno de los cinco apéndices articulados en que terminan la mano y el pie del hombre y, en el mismo o menor número, de muchos animales.

2. Medida de longitud, duodécima parte del palmo, que equivale a unos 18 mm. DLE

### **DEPÓSITOS**

(Del latín. *depositum*).

1. Acción y efecto de depositar.

2. Cosa depositada.

3. Lugar o recipiente donde se deposita. DLE

Un deposito es el lugar en el que se almacena o se coloca algún material, en el caso de los molinos y de los sistemas hidráulicos, al referirnos a un deposito estamos hablando de sistemas de almacenamiento de agua, los cuales eran colocados en sitios estratégicos para garantizar el suministro de agua en diferentes zonas. Los depósitos de agua eran construidos para garantizar el flujo constante de agua a las zonas requeridas, no es un elemento exclusivo de los molinos, se pueden encontrar los depósitos en los poblados en el interior de grandes edificios, en las huertas o en otros ingenios que necesitaran del agua. Sus nombres pueden ser variados, los estanques, las cisternas, los aljibes, pueden ser considerados depósitos de agua que complementan los sistemas hidráulicos regionales de los que se ha hablado en este trabajo.

### **DEPÓSITOS CALCÁREOS**

Se refiere a los residuos que deja el agua sobre las superficies, están compuestos por sales que van conformando con el tiempo grandes acumulaciones que pueden llegar a obstaculizar el funcionamiento del rodezno, en el caso de que se acumularan entre las cucharas podían llegar a cerrar los huecos, esto era aplicable a la salida de la saetilla y a zonas dentro del cárcavo. Para retirarlos de la madera era suficiente con golpearlos, en la piedra era más difícil, porque la adherencia era mayor, en el caso de los cárcavos con golpear las zonas que tenían los depósitos lograban retirarlos, en el caso de rodeznos de piedra se tenía que tener más cuidado porque el golpeo podía fracturar el rodezno de piedra.

### **DESAGÜADERO**

Canal para evacuar las aguas

### **DESAGÜE**

Lugar por el que se evacua el agua de un sitio, generalmente es agua que ya no será utilizada en el sitio del cual se está evacuando. Los desagües han sido tradicionalmente asociados a aguas negras o inservibles, en el caso de los molinos el desagüe de un molino podía ser la alimentación de un molino más abajo. Un depósito tiene su desagüe para mantenimiento del mismo por medio del cual permiten que quede completamente vacío.

### **DESAGÜE DEL MOLINO**

El desagüe del molino se encuentra posterior a los cárcavos, es el lugar que acumula el agua de todos los cárcavos y después la canaliza a su siguiente

destino, en muchos casos el desagüe del molino daba directamente al río, en otros el desagüe se transforma en un túnel para permitir la salida del agua, ya hemos mencionado que un desagüe podía ser la alimentación del siguiente molino. El mantenimiento de esta zona es muy importante, debido a su naturaleza podía llegar a acumular sedimentos arrastrados por el agua lo que llegaba con el tiempo a alterar los niveles de trabajo, si se afecta su principal cualidad que es la evacuación del agua ya utilizada, los cárcavos se inundarían y los rodeznos podían quedar bajo el agua lo que afectaría su giro, alterando el rendimiento y por lo tanto la molienda. El mantenimiento consistía en limpiarlo y conservar los niveles de trabajo adecuados, impidiendo su azolve.

### **DESFLEMADO**

(De flegma).

1. Mucosidad pegajosa que se arroja por la boca, procedente de las vías respiratorias.
2. Uno de los cuatro humores en que la medicina antigua dividía los del cuerpo humano. DLE

### **DIOPTRA**

(Del latín. dioptra, y este del gr. *διπτρα*, instrumento para hacer mediciones a distancia).

1. pínula. (Del latín. *pinnŭla*).
1. Tablilla metálica que en los instrumentos topográficos y astronómicos sirve para dirigir visuales por una abertura circular o longitudinal que tiene.
2. alidada. (Del árabe. hispánico. al'idáda, y este del árabe. clásico. 'idādah).

1. Regla fija o móvil que lleva perpendicularmente y en cada extremo una pínula o un antejo. Acompaña a ciertos instrumentos de topografía y sirve para dirigir visuales. DLE

### **DIQUE**

(Del neerlandés. dijk).

1. Muro o construcción para contener las aguas. Muro fabricado en un curso o embalse de agua ya sea natural o artificial para contener las aguas y permitir su almacenaje. DLE

### **DIQUERO**

Especialista en construcción de diques

### **DOSIFICADOR DE GRANO**

Esta pieza se ubicaba en la entrada del ojo, existe una prolongación de la parte metálica del eje (llamada palahierro) que sobresale de la muela móvil, en la parte superior de esta pieza se colocaban accesorios que giraban con el eje y que en cada vuelta le daba un golpe a la canaleta de dosificación (ver Trique traque). La canaleta se coloca en la parte inferior de la tolva, esta tiene un dispositivo que permite regular su inclinación, con lo cual se regulaba la entrada de grano en la canaleta y por consiguiente en el ojo de la muela, otro dispositivo

se ubicaba en la salida de la tolva, en el cual una lamina podía girar regulando la abertura de esta salida, esta lamina tenía un tornillo ubicado en la lateral de la tolva, al darle vuelta el espacio de salida era menor o mayor.

## **E**

### **EJE O ÁRBOL**

Es el eje de movimiento, está formado generalmente por una pieza de madera que transmite el giro de la rueda hidráulica al resto de la maquinaria, en el caso de los molinos hidráulicos harineros está formado por la maza en la parte inferior que generalmente es de madera y en la que se incrusta el rodezno, esta maza tiene una punta metálica llamada gorrón que se coloca en la parte baja y facilita el giro, en la parte superior se coloca el palahierro, pieza metálica, que tiene accesorios para montar la muela móvil, además de prolongarse por encima del lavijero para poder adaptar un dispositivo dosificador.

**EMBALSE NATURAL** Es un espacio en el curso de agua en el cual de manera natural se estanca el agua en estos sitios se podían hacer las tomas y heridos de agua. algunas veces los hombres acumulaban materiales como piedras y ramas para provocar el estancamiento y poder llevar el agua al canal.

### **EMBORRADO**

(Del latín. Burra y este Del latín. *burrĭcus*, *burĭcus*, caballo).

1. Cordera de un año.
2. Parte más grosera o corta de la lana.
3. Pelo de cabra de que se rellenan las pelotas, cojines y otras cosas.
4. Pelo que el tundidor saca del paño con la tijera.
5. Pelusa que sale de la cápsula del algodón.

Se refiere a liberar de borra los paños DEL

Operación que consiste en hacer pasar la lana untada en aceite por las cardas de madera con puntas de alambre que la dejaban cada vez más fina. De modo que la lana se convertía en una pieza alargada, mullida y uniforme.

### **ENSALMORADO**

(Del latín. sal).

1. f. Sustancia ordinariamente blanca, cristalina, de sabor propio bien señalado, muy soluble en agua, crepitante en el fuego y que se emplea para sazonar los alimentos y conservar las carnes muertas. Es el cloruro sódico; abunda en las aguas del mar y se halla también en masas sólidas en el seno de la tierra, o disuelta en lagunas y manantiales. DLE

El ensalmorado agregaba sal a los montones de mineral triturado que se mezclaba con agua y formaba un lodo la cantidad de sal que generalmente se empleaba era de 2.5, a 3 libras por quintal (1

quintal=100 libras), y se traspaleaban los montones. Este proceso es previo al incorporo que agrega el azogue

### **ERAS**

Del latín. *arĕa*).

1. Espacio de tierra limpia y firme, algunas veces empedrado, donde se trillan las mieses.
2. Cuadro pequeño de tierra destinado al cultivo de flores u hortalizas. DLE

Espacio ubicado al frente de los sitios de almacenamiento generalmente pavimentados en el que se hacía el trabajo de separado del grano, por diferentes medios, uno era el aventado con el cual arrojaban la espiga al aire y la paja era movida por el viento, el grano al ser más pesado caía al suelo, el otro era el paso de animales de tiro por la era estos con sus pesuñas hacían la división entre paja y grano, los molinos en los que se hacía el trabajo del grano contaban con una era.

### **ESCAMOTEADO**

(De origen incierto).

1. Nudillo o granillo que se forma en el paño, y se quita o corta con pinzas o tijeras.
2. Partícula de hilo u otra cosa semejante que se pega a los vestidos o a otras partes. DLE

Procedimiento por el cual se quitan las pelusas y otros residuos en el paño, este procedimiento se hacía por medio de tijeras o pinzas para dejar limpio el paño.

### **ESCORIA**

(Del latín. *scoria*).

1. Sustancia vítrea que sobrenada en el crisol de los hornos de fundir metales, y procede de la parte menos pura de estos unida con las gangas y fundentes.
2. Materia que, al ser martilleada, suelta el hierro candente.
3. Lava porosa de los volcanes.
4. Residuo esponjoso que queda tras la combustión del carbón. DLE

Residuos de las ferrerías que se esparcían por el piso y que en la actualidad sirve para identificar los sitios donde se ubicaron este tipo de edificios.

### **ESCUADRA DE TOPOGRAFO**

Instrumento de topografía con forma de cilindro y ranuras ubicadas a cada 90 y 45 grados a través de los cuales se pueden tirar líneas y ubicar puntos, el cilindro estaba hecho para ubicarlo encima de un bordón de madera.

### **ESMOTEADO**

(De origen incierto.).

1. Nudillo o granillo que se forma en el paño, y se quita o corta con pinzas o tijeras.
2. Partícula de hilo u otra cosa semejante que se pega a los vestidos o a otras partes. DLE

Ver esmoteado

### **ESTADAL**

(De estado). (Del latín. *status*).

1. Situación en que se encuentra alguien o algo, y en especial cada uno de sus sucesivos modos de ser o estar.

1. Medida de longitud que tiene cuatro varas, equivalente a 3,334 m.

2. Cinta bendecida en algún santuario, que se suele poner al cuello.

3. Estado (medida longitudinal correspondiente a la estatura de un hombre). DLE

### **ESTANQUE**

(De estancar). (Del latín. vulgar *extancāre*, y este del celta *\*ektankō*, fijar, sujetar).

1. Detener y parar el curso y corriente de un líquido.
2. Prohibir el curso libre de cierta mercancía, concediendo su venta a determinadas personas o entidades.

1. Balsa construida para recoger el agua, con fines utilitarios, como proveer al riego, criar peces, etc., o meramente ornamentales.

### **ESTRÍAS DE LA MUELA**

Incisiones practicadas en las muelas para facilitar la molturación del grano, estas debían de hacerse según la tradición con un sistema de menor a mayor, las menores van desembocando en mayores hasta que se llega a unas cuantas principales que llevan el grano molido al extremo, el grabado de estas incisiones se hacía en diferente sentido en la muela fija y en la móvil, de esta forma estas se encontrarían en el movimiento circular y provocarían un efecto de tijera que tronzaría el grano.

## **F**

### **FANEGA**

(Del árabe. hispánico. *faniqa*, medida de áridos, y este del árabe. clásico. *faniqah*, saco para acarrear tierra).

1. Medida de capacidad para áridos que, según el marco de Castilla, tiene 12 celemines y equivale a 55,5 l, pero es muy variable según las diversas regiones de España.

2. Porción de granos, legumbres, semillas y cosas semejantes que cabe en esa medida. DLE

Medida de áridos contiene 48 cuartillos es ½ carga y equivale a 90.8lt. para el peso variaba según el producto pero se considera 37.394kilos para el trigo y 46.024 para el maíz PYM

### **FERRERIA**

(De Ferrero sustantivo en desuso de. herrero. Del latín. *ferrarius*).

1. Hombre que tiene por oficio labrar el hierro.

1. Taller en donde se beneficia el mineral de hierro, reduciéndolo a metal. DLE

Ferrería hidráulica, Establecimiento que a base de ingenios hidráulicos reducía el mineral para obtener barras y en algunos casos productos transformados del hierro.

#### **FERRERÍA DE MONTAÑA**

Ferrería primitiva que se ubicaba en la cima de las montañas para aprovechar el aire que soplaban de manera natural en el interior de los hornos.

#### **FORMAS**

(Del latín. *forma*).

1. Configuración externa de algo.

2. Modo de proceder en algo.

3. Molde en que se vacía y forma algo. DLE

Molde de barro en el que se vaciaba la meladura del jugo del azúcar concentrado para formar el pan de azúcar, este tenía que estar previamente humedecido para evitar que el pan de azúcar se pegara al barro.

#### **FUELLE**

(Del latín. *foliis*).

1. Instrumento para recoger aire y lanzarlo con una dirección determinada, que esencialmente se reduce a una caja con tapa y fondo de madera, costados de piel flexible, una válvula por donde entra el aire y un cañón por donde sale cuando, plegándose los costados, se reduce el volumen del aparato. DLE

El fuelle se utilizaba en la herrería para insuflar aire en el interior del horno, para el caso de otro tipo de hornos como los de fundición también se utilizaba aunque era más común que el fuelle accionado por una rueda hidráulica se utilizara en las herrerías.

#### **FUENTE**

(Del latín. *fons, -ntis*).

1. Manantial de agua que brota de la tierra.

2. Aparato o artificio con que se hace salir el agua en los jardines y en las casas, calles o plazas, para diferentes usos, trayéndola encañada desde los manantiales o desde los depósitos.

3. Obra de arquitectura hecha de fábrica, piedra, hierro, etc., que sirve para que salga el agua por uno o muchos caños dispuestos en ella.

#### **FUNDO LEGAL**

Es la porción de terreno que asigna la ley para el establecimiento de un pueblo. Está formado por un cuadrado de 1200 varas por lado, que tiene una superficie de 1 440 000 varas o sea 101.12 Ha PYM

## **G**

#### **GALERIA FILTRANTE**

(En bajo. latín. *galilaea*, pórtico, atrio y Filtrar).

1. Hacer pasar un fluido por un filtro.

2. Seleccionar datos o aspectos para configurar una información.

1. Pieza larga y espaciosa, con muchas ventanas, o sostenida por columnas o pilares, que sirve para pasear o para colocar en ella cuadros, adornos y otros objetos.

2. Corredor descubierta o con vidrieras, que da luz a las piezas interiores de las casas.

3. Colección de pinturas.

4. Estudio de un fotógrafo profesional.

5. Camino subterráneo que se hace en las minas para descanso, ventilación, comunicación y desagüe.

6. Camino que se hace en otras obras subterráneas.

DEL

Las galerías filtrantes se construyen para captación de agua subterránea, la cual luego es canalizada por la misma galería y llevada a un depósito.

#### **GORRÓN**

(De guarro).

1. Guijarro pelado y redondo.

4. Espiga en que termina el extremo inferior de un árbol vertical o de otra pieza análoga, para servirle de apoyo y facilitar su rotación. DLE

Pieza metálica a manera de punta similar a las actuales plumadas, colocada en el extremo inferior de la maza para facilitar el giro, se acompañaba del cubo pieza metálica sobre la que giraba el gorrón el cubo se colocaba en la viga de soporte, el contacto entre el gorrón y el cubo era mínimo al ser dos piezas metálicas el giro era más libre. Este procedimiento se repite en varios ingenios, para hacer girar de manera fácil y sin oposición los ejes de transmisión.

#### **GRANO**

(Del latín. *granum*).

1. Semilla y fruto de las mieses, como el trigo, la cebada, etc.

2. Semilla pequeña de varias plantas. Grano de mostaza, de anís DLE

Medida de agua y de peso, en el caso del peso correspondía a .05gr PYM

#### **GROMA**

Consistía en 2 brazos (de aproximadamente 1 m. de longitud) cruzados perpendicularmente. Estos brazos iban atados a una tabla que se balanceaba fijada a un cuerpo de madera. Junto al pie del operario estaba el ferramentum, un "pie de hierro" que tenía cuatro grandes alas para dotarla de estabilidad, y una punta aguda al final para clavarla en el suelo si era necesario. Del final de cada uno de los cuatro extremos colgaba una cuerda con o sin plumada. Había una quinta plumada que iba atada al umbilicus soli (el centro de la cruz) y servía para situar el instrumento sobre el punto base para la medición.

La groma se utilizaba para observar y establecer líneas directas y ángulos rectos. El topógrafo

observaba la diagonal a través de un par de cuerdas para proyectar rectas o trazar líneas perpendiculares a la línea definida por el par de plomadas, trabajando sólo en el plano horizontal sin considerar las diferencias de cota.

#### **GUARDAPOLVOS**

Caja de madera con la que se tapaban las muelas para evitar que se escapara la harina entre las muelas, en un inicio estos guardapolvos comenzaron siendo tejidos de palma o telas con las que se cubrían las muelas, posteriormente evolucionaron a cajas de madera con dos orificios, el que coincidía con el ojo de las muelas para alimentar la moltura y el de salida para que la harina obtenida saliera por el frente.

#### **GUAYRA**

Horno de montaña similar a las ferrerías de montaña que se utilizaba en América del sur para fundir metales, utilizando el aire natural para incrementar la temperatura del horno.

#### **GUIJO**

(De guija Quizá del latín. tardío [petra] aquilea, piedra aguda, derivado. de *aquileus*, aguijón, y este del latín. *aculeus*).

1. Piedra lisa y pequeña que se encuentra en las orillas y cauces de los ríos y arroyos.

1. Conjunto de guijas, que se emplea para consolidar y rellenar los caminos.

2. gorrón (espiga debajo de un eje vertical).

3. Pequeño canto rodado. DLE

El guijo era una pieza metálica que se ubicaba debajo de los gorriones de los cilindros en los molinos de caña para que los moledores giraran fácilmente.

## **H**

#### **HACIENDA DE BENEFICIO**

(Del latín. *facienda*, de *facere*, lo que ha de hacerse Del latín. *beneficium*).

1. Bien que se hace o se recibe.

2. utilidad (provecho).

4. Acción de beneficiar (minas).

1. Finca agrícola.

2. Conjunto de bienes y riquezas que alguien tiene.

DLE

Hacienda de Beneficio es la hacienda en donde se llevaba a cabo el beneficio de los minerales. Se ubicaban cerca de los centros mineros.

#### **HARINA**

(Del latín. *farīna*).

1. Polvo que resulta de la molienda del trigo o de otras semillas.

2. Este mismo polvo despojado del salvado o la cascarilla.

3. Polvo procedente de algunos tubérculos y legumbres. DLE

#### **HARINA FINA**

Harina obtenida con el máximo de tiempo de molienda y con el procedimiento completo, se regulaba la separación entre muelas

#### **HARINA GRUESA**

Harina obtenida con el procedimiento parcial de molienda o regulando la separación entre muelas, esta harina era de menor costo.

#### **HARINERO**

Caja de madera o algún otro material en el que se recogía la harina que salía del la molienda, en muchos casos era un espacio acondicionado en el piso, en el que se extendían telas o tapetes de manta y en ellos se recibía el producto, en otros casos se condicionaba en el mismo banco de soporte, construyendo con el mismo material un espacio en el que se recibía el producto. el harinero tenía otra función muy importante, permitir que la harina se enfriara para que no fuera guardada caliente, lo que podía provocar el desarrollo de plagas la harina se acumulaba y pasado un tiempo el molinero la recogía del harinero.

#### **HERIDO**

Del latín. *ferire*).

1. Dañar a una persona o a un animal produciéndole una herida o una contusión.

2. Romper un cuerpo vegetal.

3. Dar contra algo, chocar con ello. DLE

Nombre que se le daba a la acción del agua sobre el rodezno, herir la rueda era el chorro que golpeaba con fuerza el rodezno para hacerlo girar. También se utilizaba este nombre para denominar la concesión de aguas que se hacía o para ser mas específico la toma de agua que el gobierno autorizaba, el nombre deriva probablemente de la zanja o canal que se hacía para tomar el agua del curso y llevarla a donde se deseara.

#### **HORNO**

(Del latín. *furnus*).

1. Fábrica para caldear, en general abovedada y provista de respiradero o chimenea y de una o varias bocas por donde se introduce lo que se trata de someter a la acción del fuego.

2. Montón de leña, piedra o ladrillo para la carbonización, calcinación o cochura. DLE

Los hornos en muchos casos acompañaban a los molinos, debido a que en estos se podía fabricar el pan, el horno es un espacio cerrado con una salida entrada al frente por la que se puede meter y sacar el pan, una salida en la parte superior para permitir el escape gradual del calor y del humo provocado por el material que se está consumiendo en la parte baja, y un espacio inferior donde se ubica la leña o



material que al quemarse proporciona el calor necesario. En el caso de las ferrerías es el sitio donde se reduce el mineral, para las haciendas de beneficio por función o las de beneficio de patio, utilizaban los hornos para fundir el mineral.

**INCORPORO** (Del latín. *incorporāre*).

1. Agregar, unir algo a otra cosa para que haga un todo con ella. DLE

Procedimiento por el cual se agregaba el azogue a los lodos que tenían el mineral molido con agua, el mercurio se agregaba colocándolo en una manta y luego exprimiendo esta para que el mercurio se pulverizara y se incorporara de manera más gradual

**INGENIERO**

(Del latín. *ingenium*).

Persona que aplica su ingenio, como profesión y en el ámbito de este trabajo individuo que aplica sus conocimientos científico tecnológicos y los aplica. Es el creador de ingenios y obras de ingeniería en general.

**INGENIO**

1. Facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad.

2. Individuo dotado de esta facultad. Comedia famosa de un ingenio de esta corte.

3. Intuición, entendimiento, facultades poéticas y creadoras.

4. Industria, maña y artificio de alguien para conseguir lo que desea.

6. m. Máquina o artificio mecánico. DLE

En el ámbito de este trabajo maquina diseñada por el hombre para facilitar un trabajo del uso del ingenio surge el termino ingeniero

**INGENIO DE AGUA**

Véase ingenio hidráulico

**INGENIOS HIDRÁULICOS**

Se le denomina ingenios hidráulicos a las maquinas que son diseñada por los ingenieros que utilizan la fuerza motriz del agua para moverse de esta manera se facilita el trabajo y se aumenta la producción.

## J

**JAGUEY**

1. Nombre genérico de varias especies de árboles americanos grandes de la familia de las Moráceas, de hojas alternas y brillantes y fruto generalmente pequeño muy parecido al higo.

2. Balsa, pozo o zanja llena de agua, ya artificialmente, ya por filtraciones naturales del terreno. DLE

Del Caribe xaguey, charcc del taino de Santo Domingo, cisterna o aljibe, Deposito artificial de agua, consistente en una excavación, cuya entrada es una plano inclinado, de modo que puedan abrevar los animales, recipiente construido artificialmente para captar y almacenar agua y que consta por lo general de una superficie colectora un deposito un dique una compuerta y un medidor de nivel. LIL

## L

**LABOR**

(Del Latin. *labor, -ōris*).

1. f. Acción y efecto de trabajar.

2. f. Adorno tejido o hecho a mano, en la tela, o ejecutado de otro modo en otras cosas. U. m. en pl.

3. f. Obra de coser, bordar, etc.

4. f. Labranza, en especial la de las tierras que se siembran. Apl. a las demás operaciones agrícolas, u. m. en pl. DLE

**LANOLINA**

(Del inglés. *lanoline*).

1. Sustancia análoga a las grasas, que se extrae de la lana del cordero y se utiliza para la preparación de pomadas y cosméticos. DLE

Esta sustancia tiene que ser eliminada de la lana antes de proceder a su hilado, por lo cual se tiene que lavar.

**LAVADERO**

(Del latín. *lavāre*).

1. Limpiar algo con agua u otro líquido.

1. Lugar utilizado habitualmente para lavar.

2. Sitio especialmente dispuesto para lavar la ropa.

3. Pila de lavar la ropa.

4. Instalaciones para el lavado o preparación de los minerales. DLE

**LAVADERO PARA EL GRANO**

Dentro del proceso de obtención de la harina sitio donde se lava el grano antes de pasarlo a la molienda

**LAVADO DEL GRANO**

Procedimiento por el cual se lava el grano para pasarlo a molienda y que no lleve sustancias ajenas que pueden modificar el sabor de la harina.

**LAVIJA**

(Del latín. *clavicŭla*, llavecita).

1. Trozo cilíndrico o ligeramente cónico de madera, metal u otra materia apropiada, que se encaja en un taladro hecho al efecto en una pieza sólida. DLE

Pieza metálica que se coloca en la parte superior del eje para depositar en ella la muela móvil, en la parte inferior de la muela móvil existe una incisión donde se incrusta la lavija esta pieza gira con el eje y hace girar la muela móvil. Esta pieza también sirve para elevar y regular la separación entre las dos muelas, al elevar todo el sistema con la válvula de control

### **LAVIJERO**

Incisión en la parte inferior de la muela móvil que sirve para colocarla sobre la lavija y hacerla girar a cada giro del eje. El lavijero es particular de la muela móvil, la muela fija no necesita lavijero debido a que no presenta movimiento.

### **LEGUA**

Medida lineal se divide en dos medias y cuatro cuartos tiene 100 cordeles o 5000 varas la legua equivale a 4190m PYM

### **LETRINA**

Del latín. *latínrina*).

1. Retrete colectivo con varios compartimentos, separados o no, que vierten en un único tubo colector o en una zanja, empleado aún en campamentos, cuarteles antiguos, etc.
2. Lugar sucio y asqueroso.
3. Lugar destinado en las casas para verter las inmundicias y expeler los excrementos.

### **LEVAS**

Del latín. *elevāre*).

1. levantar (mover hacia arriba).
2. levantar (impulsar hacia cosas altas).
3. levantar (esforzar, vigorizar). DLE

Salientes de un eje que gira que al golpear una saliente en un elemento como un mazo puede levantarlo o empujarlo y este por gravedad golpea en una superficie determinada. Las levas son utilizadas en varios ingenios, como los batanes, los de almadenetas, los molinos de papel, las ferrerías entre otros.

### **LIMON O REAL**

Medida hidráulica de 1/8 de naranja. Consiste en una figura rectangular de 2 dedos de largo y uno de ancho don una superficie de dos dedos es decir 0.306m<sup>2</sup> el limón proporcionaba 8.1 litros por minuto PYM

## **M**

### **MACHERO**

(De macho).

1. Planta de alcornoque.
  2. Alcornoque que no está todavía en explotación.
  3. México. Corral para machos (mulos). DLE
- Corral en donde se guardan los mulos, utilizados para las recuas y en algunos lados para los procesos industriales

### **MAGISTRALES**

Del latín. *magistrālis*).

1. Perteneciente o relativo al ejercicio del magisterio.
4. Dicho de un instrumento: Que sirve de término de comparación, por su perfección y exactitud, para los ordinarios de su especie.

7. Mezcla de óxido férrico y sulfato cúprico, resultante del tueste de la pirita cobriza, y que se emplea en el procedimiento americano de amalgamación para beneficiar los minerales de plata. DLE

Los magistrales se agregaban después del incorporo para facilitar la amalgamación de la plata era uno de los pasos del proceso de beneficio.

### **MALACATE**

(Del nahua *malacatl*, huso, cosa giratoria).

Máquina a manera de cabrestante, muy usada en las minas para sacar minerales y agua, que tiene el tambor en lo alto, y debajo las palancas a las que se enganchan las caballerías que lo mueven. DLE

### **MANGO DE MARTILLO**

(Del latín. *manīcus*).

Parte alargada o estrecha con un extremo libre, por el cual se puede agarrar un instrumento o utensilio. (Del latín. tardío *martellus*).

1. Herramienta de percusión, compuesta de una cabeza, por lo común de hierro, y un mango. DLE  
Se le denomina mango de martillo a la pieza que golpean las levas en el martinete hidráulico y que por medio de un sistema basculante eleva y al caer sobre el yunque lo golpea.

### **MANO**

Del latín. *manus*).

1. Parte del cuerpo humano unida a la extremidad del antebrazo y que comprende desde la muñeca inclusive hasta la punta de los dedos. 9. f. Instrumento de madera, hierro u otra materia, que sirve para machacar, moler o desmenuzar una cosa.
10. Rodillo de piedra que sirve para quebrantar y hacer masa el cacao, el maíz, etc.
12. En el obraje de paños, cardas unidas y aparejadas para cardarlos. 15. f. Conjunto de cinco cuadernillos de papel, o sea, vigésima parte de la resma. DLE

### **MAQUINA HOLANDESA**

Tina metálica con cuchillas en la parte baja y un eje que se accionaba con una rueda hidráulica que movía un cilindro en cuya cara había cuchillas que coincidían con las cuchillas de la parte baja de la tina, los trapos pasaban una y otra vez por estas cuchillas y se formaba la pasta, la misma tina servía para el moldeo del papel, esta máquina se introduce a partir de la segunda mitad del siglo SXVIII.

### **MAQUINARIA INFERIOR**

Es la parte de la maquinaria que se ubica en la bóveda del cárcavo, esta parte de la maquinaria está en contacto con el agua se compone de la viga de soporte, la maza y gran parte del palahierro (aproximadamente 2/3 del eje forman parte de la maquinaria inferior, y solo la parte superior del eje entra en la sala de molienda), el rodezno y las

válvulas que obturan la entrada de agua por la saetilla y la que eleva la viga de soporte.

#### **MAQUINARIA SUPERIOR**

Es la parte de la maquinaria que se ubica en la sala de molienda, está en contacto con el grano y es donde se produce la harina, está formada por las dos muelas, el guardapolvo, la tolva, el triquitraque o dosificador del grano, la cabria, el harinero y el guardapolvo, esta zona no está en contacto con el agua.

#### **MARTILLO**

(Del latín. tardío *martellus*).

1. Herramienta de percusión, compuesta de una cabeza, por lo común de hierro, y un mango. DLE

En la ferrerías uno de los ingenios hidráulicos que servían para procesar el mineral y obtener el hierro, se colocaba en un mango basculante y por medio de una rueda cuyo eje tenía levas, se golpeaba el martillo que se elevaba y después caía pesadamente en un yunque bajo el cual se golpea el material recién salido del horno para darle forma y liberarlo de la escoria.

#### **MAZA**

(Del latín. vulgar. *\*mattĕa*).

1. Arma antigua de palo guarnecido de hierro, o toda de hierro, con la cabeza gruesa.

2. Instrumento de madera dura, parecido a la maza antigua de combate, que sirve para machacar el esparto y el lino, y para otros usos.

3. Pelota gruesa forrada de cuero y con mango de madera, que sirve para tocar el bombo.

4. Pieza de madera o de hierro que en el martinete sirve para golpear sobre las cabezas de los pilotes. DLE

#### **MAZOS**

(De maza).

1. Martillo grande de madera. DLE

En el caso de ingenios que utilizan martillos para golpear el mazo es la cabeza del martillo, también se le denomina maza, esto siempre y cuando sea de madera

**MERCED** (Del latín. *merces,-ēdis*).

1. Premio o galardón que se da por el trabajo.

2. Dávila o gracia de empleos o dignidades, rentas, etc., que los reyes o señores hacen a sus súbditos.

3. Beneficio gracioso que se hace a alguien, aunque sea de igual a igual. DLE

Se le denominaba merced a la concesión que otorgaba el gobierno sobre el uso de agua o de tierras

#### **METODO DE FUNDICION**

Método de beneficio de minerales que se basaba en la alta ley de los metales extraídos, el método consistía en la fundición del mineral para obtener la plata, en el método de fundición existían diferentes

tipos de horno. El nombre provenía del paso más importante dentro de este método es la fundición de los triturados en los hornos de ahí el nombre.

#### **METODO DE PATIO**

Método de beneficio que se basaba en la baja ley de los minerales extraídos por lo cual se trituraban y se amalgamaban en los patios por medio de la mezcla con el azogue. El nombre proviene de los grandes patios que tenían que ser enlosados para hacer la amalgama en ellos.

#### **MILAPANTLE**

Zanjas transversales al apantle que se trazan a veces para regar directamente sin pasar por las tendidas próximas al apantle las tendidas más alejadas del apantle y así economizar agua. IEU

#### **MINA**

(Del francés. *mine*).

1. Criadero de minerales de útil explotación.

2. Excavación que se hace para extraer un mineral.

3. Paso subterráneo, abierto artificialmente, para alumbrar o conducir aguas o establecer otra comunicación.

4. Nacimiento u origen de las fuentes. DLE

#### **MOLDE**

(Del catalán. antiguo. *motle*).

1. Pieza o conjunto de piezas acopladas en que se hace en hueco la forma que en sólido quiere darse a la materia fundida, fluida o blanda, que en él se vacía, como un metal, la cera, etc.

2. Instrumento, aunque no sea hueco, que sirve para estampar o para dar forma o cuerpo a algo; p. ej., las letras de imprenta, las agujas de hacer media, los palillos de hacer encajes, etc. DLE

#### **MOLEDOR**

(Del latín. *molĕre*).

1. Quebrantar un cuerpo, reduciéndolo a menudísimas partes, o hasta hacerlo polvo.

2. Exprimir la caña de azúcar en el trapiche. DLE

#### **MOLIENDA**

(Del latín *molenda*, cosas que se han de moler).

1. Acción de moler, especialmente el grano.

2. Porción o cantidad de caña de azúcar, trigo, aceituna, chocolate, etc., que se muele de una vez.

3. Temporada que dura la operación de moler la aceituna o la caña de azúcar. DLE

#### **MOLINO DE ALMADENETEAS**

Molino de mazos con cabeza de hierro y mango de madera que son accionados por levas y empleados en la trituración de los minerales. IEU

#### **MOLINO DE ARRASTRE**

Molinos empleados en la trituración principalmente de minerales se compone de rodezno y generalmente piedras encadenadas al eje al girar el eje las piedras se arrastran sobre una piedra solera,

en el arrastre trituran los minerales o cualquier material colocado entre ellos.

#### **MOLINO DE DOBLE CABEZA**

Es el nombre que se le da en los molinos de almadenetos a la hilera de mazos que se coloca de cada lado, siendo el molino de una cabeza el que tiene mazos en un solo lado de la rueda y el de doble cabeza el que tiene mazos a ambos lados.

#### **MOLINO DE MAZOS**

Se le denomina molino de mazos al que muele por el principio de percusión, con un mecanismo de levas que eleva el mazo y lo deja caer sobre un mortero en el que está la sustancia que debe ser molturada.

#### **MOLINO DE PAPEL**

Ingenio a base de baterías de mazos de madera que tritura los trapos remojados para lograr la pasta en suspensión que es la base de fabricación del papel.

#### **MOLINO DE PISONES PARA POLVORA**

Este molino tenía los mazos de madera modificados para evitar las chispas que podían encender todo el material y provocar explosiones su principio de funcionamiento era por golpeo sobre morteros blandos, la cabeza del mazo que se denomina calva se redondeaba y se hacía sin ninguna protuberancia, en algunos casos se cubrían de cuero, ya que su función además de granular era mezclar los ingredientes.

#### **MOLINO DE RAMPA**

Es el molino que no tiene cubo, para lo cual se construye una rampa que lleva el agua hasta la saetilla, por medio de esta rampa se logra la presión suficiente para que el agua atraviese la saetilla y accione el rodezno

#### **MOLINO DE UNA CABEZA**

Ver molino de doble cabeza

#### **MOLINO MÍNIMO**

Este término es utilizado en este trabajo para nombrar los molinos hidráulicos compuestos por un solo par de muelas, con un solo cárcavo y un solo cubo.

#### **MOLINOS DE RODEZNO**

Molino hidráulico cuya rueda hidráulica está en posición horizontal, transmitiendo el movimiento directamente a la muela, sin necesidad de engranes, a cada giro de la rueda un giro de la muela, este tipo de molinos eran más sencillos de construir y de mantener que los de rueda vertical, podían ubicarse en regiones con cauces irregulares.

#### **MOLINOS DE SANGRE**

Este nombre se les daba a los molinos que eran movidos por animales o personas, estos molinos se utilizaban con diferentes modalidades en los sitios donde no había agua para mover las ruedas. Estos molinos se utilizaban para diversos tipos de molienda, incluso se utilizaron hasta el siglo XX en las

haciendas de beneficio, para triturar los minerales. El más común de ellos era una rueda de canto a través de la cual se pasaba un larguero de madera que se prolongaba a ambos lados de la rueda de piedra, en el centro se sujetaba a una columna y en el otro extremo se sujetaban los animales o las personas que la hacían girar.

#### **MOLINOS DE VIENTO**

Es el molino que es accionado por un generador eólico, la diferencia con los hidráulicos era el sentido de la maquinaria, mientras que en los molinos hidráulicos la maquinaria que acciona las muelas se encuentra abajo en el cárcavo, en un molino o de viento la maquinaria se ubica en una sala por encima de las muelas, el eje que hace girar la muela móvil se prolonga hacia arriba y por medio de engranes se conecta con las aspas, el movimiento de las aspas es transmitido a un eje horizontal que necesita de una linterna y algunos engranes para transmitir el movimiento hacia el eje vertical que a su vez lo transmite a la muela móvil.

#### **MOLINOS ENCADENADOS**

Se le denomina a los molinos hidráulicos que están ubicados en un solo sistema, utilizando el mismo curso de agua o ubicando los cubos después de los desagües de esta forma el agua que sale de uno es utilizada en el siguiente y así sucesivamente hasta que la pendiente se termina y no es posible construir más molinos, para encadenar los molinos se necesitaba una pendiente prolongada donde construir los diversos molinos y las obras hidráulicas para llevar el agua de uno a otro. Es importante mencionar que la condición es que el agua que sale de uno sea aprovechada por el siguiente.

#### **MOLINOS HIDRÁULICOS**

Son los molinos que utilizan ruedas hidráulicas para ser accionados, dentro de los molinos hidráulicos existen varias divisiones, la primera de ellas tiene que ver con la rueda, ene. Caso de las ruedas horizontales se denominan molinos de rodezno, cuando las ruedas son verticales se les denomina molinos de aceña o aceña solamente. Las siguientes divisiones se refieren a los sistemas de alimentación, en el caso de las aceñas puede ser desde abajo por gravedad desde arriba o en la parte media, para los rodeznos pueden ser de cubo, de rampa o de regolfo

#### **MOLTURACIÓN**

(Formación culta sobre moler).

1. Acción y efecto de moler granos o frutos. DLE

#### **MUELA FIJA**

(Del latín. *mola*).

1. Disco de piedra que se hace girar rápidamente alrededor de un eje y sobre la solera, para moler lo que entre ambas piedras se interpone.

2. Piedra de asperón en forma de disco, que, haciéndola girar, se usa para afilar herramientas. DLE  
**MUELA MÓVIL**

Piedra para moler que se mueve sobre la piedra fija, en los procesos de molienda se necesitan dos piedras, una fija y una móvil, la móvil es la que percusiona o fricciona sobre la fija, entre estas dos superficies se reduce el tamaño de las partículas para molturar.

## **MUELAS**

# N

## **NARANJA**

Unidad hidráulica es el agua que pasa por una sección de 8 dedos de largo y dos de ancho, lo que proporciona un caudal de 1.14litros por segundo PYM

## **NIVEL**

Del italiano nivelo y este del latín *libella* dim de libra peso o balanza, instrumento que sirve para pbtener las cotas del terreno

## **NIVEL DE TRANCO**

Nivel utilizado para obtener las cotas altimétricas del terreno, basado en 3 piezas de madera unidas como una gran letra A, su nombre deriva del paso que da un hombre con una pierna adelante y otra atrás

## **NORIA**

(Del árabe. hispánico. *na'úra*, y este del árabe. clásico. *nā'ūrah*, infl. por acequia y acenia).

1. Máquina compuesta de dos grandes ruedas engranadas que, mediante cangilones, sube el agua de los pozos, acequias, etc.

2. Pozo formado en forma comúnmente ovalada, del cual se saca el agua con la máquina. DLE

## **NORIA DE ROSARIO**

Maquina de movimiento rotatorio, accionada por tornos o malacates, en la que un rosario de piezas de cuero se mueve en torno a una rueda y por medio de la cadena llega a gran profundidad extrayendo el agua. IEU

## **NORIA DE SANGRE**

Noria para elevar el agua de un pozo que es accionada por animales IEU

# O

## **OBRAJES**

1. Obra hecha a mano o con una máquina.

2. Oficina o lugar donde se labran paños y otras cosas para el uso común. DLE

## **OJO DE LA MUELA**

Orificio en la muela que la atraviesa de extremo a extremo a través del cual cruza el eje el diámetro varía entre los 10 y 20 cm., ambas muelas requieren

de tener ojos, en el caso de la muela superior, o muela móvil es la parte por la que el grano ingresa al sistema, en el caso de la muela inferior se requiere de cubrir este espacio ya que al ser coincidentes el grano podría ingresar por el ojo de la muela inferior y llegar hasta el cárcavo. En la cara baja de la muela móvil, además del ojo se encuentra el lavijero, esto le da característica a esta muela

## **ORUJO**

(De *borujo* Del latín. \**volucŭlum*, envoltura).

1. Hollejo de la uva, después de exprimida y sacada toda la sustancia.

2. Residuo de la aceituna molida y prensada, del cual se saca aceite de calidad inferior.

1. burujo (de lana o de masa).

2. Masa que resulta del hueso de la aceituna después de molida y exprimida. DLE

Residuo de la molienda de la oliva que se utilizaba para hervirlo y exprimirlo una vez más y lograr un aceite mas, el cual se vendía como aceite de orujo, adicional a esto los residuos se utilizaban para alimentar el aganado.

# P

## **PAJA**

(Del latín. *palĕa*).

1. Caña de trigo, cebada, centeno y otras gramíneas, después de seca y separada del grano.

2. Conjunto de estas cañas. De agua.

1. Medida antigua de aforo, que equivalía a la decimosexta parte del real de agua, o poco más de dos centímetros cúbicos por segundo. DLE

Medida hidráulica que se considera como la unidad de medida de las marcadas o reparticiones de agua urbana; es una figura cuadrada de ¼ de pulgada o 1/3 de dedo por lado produce por minuto .45l de agua PYM

## **PALAHIERRO**

Pieza de hierro con forma de pala de la cual toma su nombre, que se incrusta en la parte superior de la maza, ambas piezas juntas forman el eje. En la parte superior del palahierro se ubica la lavija para apoyar la muela superior y en el extremo mas alto un brazo que funciona para golpear la canaleta y dosificar el grano ( ver triquitraque), este pieza se incrusta en una incisión que se practica en la parte superior de la maza, para sujetarla se aplican anillos de metal que se remachan, también es posible fijarla por medio de cuñas, es muy importante la fijación de esta pieza para evitar excentricidades y afectar el giro, lo que repercute en el proceso de molienda.

## **PALETAS DE MADERA**

Las secciones de la rueda hidráulica, que van del centro al extremo y que sirven para oponer

resistencia al chorro de agua y hacer girar a la rueda, también se les puede llamar alabes y tienen diferentes formas, los más primitivos son pedazos de madera rectos, algunos son curvos y otros más están inclinados para oponer más resistencia al chorro.

#### **PALMO**

(Del latín. *palmus*).

1. Distancia que va desde el extremo del pulgar hasta el del meñique, estando la mano extendida y abierta.
2. Medida de longitud de unos 20 cm, que equivalía a la cuarta parte de una vara y estaba dividida en doce partes iguales o dedos. DLE

#### **PAN DE AZUCAR**

(Del latín. *panis*).

1. Porción de masa de harina, por lo común de trigo, y agua que se cuece en un horno y sirve de alimento.
2. Masa muy sobada y delicada, dispuesta con manteca o aceite, que se usa para pasteles y empanadas.
3. Masa de otras cosas, en forma de pan DLE

El pan de azúcar era la presentación con la cual se comercializaba el producto, se le denominaba de esta manera por tener la forma de un pan pero compuesto de azúcar.

#### **PANADERÍA**

El lugar donde se fabrica el pan, la relación con los molinos siempre ha sido estrecha, en el caso de las panaderías romanas estaban anexas a un molino de sangre, en muchos casos las panaderías estuvieron anexas o cercanas a los molinos, en el caso de los molinos en conventos que eran para autoconsumo estaban cercanos a las panaderías para llevar la harina

#### **PANELA**

(De pan).

1. Bizcocho de forma prismática.
3. Azúcar mascabado en panes prismáticos o en conos truncados. DLE

#### **PAPEL**

(Del catalán. *paper*, y este del latín. *papȳrus*).

1. Hoja delgada hecha con pasta de fibras vegetales obtenidas de trapos, madera, paja, etc., molidas, blanqueadas y desleídas en agua, que se hace secar y endurecer por procedimientos especiales. DLE

#### **PAPEL AMATE**

(Del nahua *amatl*).

1. Árbol de la familia de las Moráceas, que abunda en las regiones cálidas de México. El jugo lechoso se usa como resolutivo. Hay dos especies: el blanco y el negro.
2. México. Pintura hecha sobre la albura del amate. DLE

En México se utilizaba el amate para hacer un papel a base de fibras machacadas

#### **PAPIRO**

(Del latín. *papȳrus*, y este del gr. *πάπυρος*).

1. Planta vivaz, indígena de Oriente, de la familia de las Ciperáceas, con hojas radicales, largas, muy estrechas y enteras, cañas de dos a tres metros de altura y un decímetro de grueso, cilíndricas, lisas, completamente desnudas y terminadas por un penacho de espigas con muchas flores pequeñas y verdosas, y toda ella rodeada de brácteas lineales que se encorvan hacia abajo, como el varillaje de un paraguas.
2. Lámina sacada del tallo de esta planta y que empleaban los antiguos para escribir en ella.
3. Manuscrito en papiro. DLE

#### **PAR DE MUELAS**

Se le denomina así al número de muelas que trabajan en conjunto con esta denominación también se podía conocer la capacidad del molino "tiene 3 pares de muelas" lo que significaba el número de maquinarias, es importante subrayar que se agrupan en pares porque es la manera en que trabajan, las muelas no trabajan de manera unitaria, necesitan estar en pares, una muela fija y una móvil.

#### **PASTA**

(Del latín. *pasta*).

1. Masa hecha de una o diversas sustancias machacadas.
6. Masa que resulta de macerar y machacar trapos, madera y otras materias para hacer cartones y papel. DLE

#### **PATIO PARA EL TRABAJO DEL GRANO**

En este trabajo hemos denominado así al área en la que se hacen varios procesos de la preparación del grano, por ejemplo el aventado para separación de partículas, el lavado para limpieza, el airado y el secado al sol, esta superficie de trabajo debería de ser pavimentada o muy bien compactada, de lo contrario estos trabajos no podían ser realizados. Un área de trabajo ideal se compondría de un pavimento, un canal o piletas para el lavado del grano, un área de soleamiento, y tendría que estar cerca de la bodega de granos y del molino. Es importante aclarar que no todos los molinos contaban con esta área debido a que muchos clientes podían llevar el grano preparado, también es común hallar zonas o patios adaptados que no reúnen las características mencionadas pero que se puede trabajar en ellos.

#### **PAVONADO**

(Del latín. *pavo*, *-ōnis*).

3. Capa superficial de óxido abrillantado, de color azulado, negro o café, con que se cubren las piezas de acero para mejorar su aspecto y evitar su corrosión. DLE

Procedimiento por el cual la pólvora se coloca en un barril con parafina para cubrir las partículas de pólvora y evitar que manchen tanto, el pavonado es el proceso final de la obtención de pólvora.

#### **PEINADO**

(Del latín. *pecten*, *-inis*).

1. Utensilio de madera, marfil, concha u otra materia, provisto de dientes muy juntos, con el cual se desenreda y compone el pelo.
2. carda (para limpiar y separar unas fibras de otras)

DLE

Procedimiento por el cual se separan las diferentes calidades de lana para hilarla posteriormente.

#### **PERGAMINO**

(Del latín. tardío *pergamīnum*; este del latín. *pergamēna*, y este del gr. *περγαμην*, literalmente, 'de Pérgamo', porque en esta ciudad se preparaban las pieles para escribir).

1. Piel de la res, limpia del vellón o del pelo, raída, adobada y estirada, que sirve para escribir en ella, para forrar libros o para otros usos. DLE

#### **PICADO DE LAS MUELAS**

Tarea por la cual el molinero valiéndose de herramientas similares a las del cantero traza unos surcos de diferentes profundidades en la piedra, esto con el fin de que al girar una sobre la otra rompan los granos en estas estrías, el trabajo de picado era uno de los más arduos de la actividad molinera, requería de voltear la piedra móvil trabajar sobre de ella, el trabajo de molienda provocaba la erosión de estas estrías que se tenían que rebajar nuevamente por medio del picado, sin estas estrías una muela empezaría a tallar con la otra y la harina podría incluir arena que desgastaba los dientes. Hacia finales del siglo XIX se comenzó a utilizar la cabria para voltear y manejar las muelas.

#### **PIE**

(Del latín. *pes*, *pedis*).

1. Extremidad de cualquiera de los dos miembros inferiores del hombre, que sirve para sostener el cuerpo y andar. 15. m. Medida de longitud usada en muchos países, aunque con varia dimensión DLE  
Medida lineal que equivale a 12 pulgadas o 16 dedos, es decir 0.279333m PYM

#### **PIEDRAS FRANCESAS**

Se le denomina así a un tipo de muelas que se comenzaron a construir en Francia, de material más duro y muchas veces no monolítico, estas piedras ya venían con la lavija incluida y con un anillo para poder ser manejadas de manera más practica en la cabria, las ventajas se veían en el desgaste, el cual era más lento con lo que el trabajo de picado de muela se prolongaba mas. El anillo que las rodeaba tenía una doble función, permitir el manejo de la muela por medio de la cabria y mantener unidas las

piezas de la muela en el caso de que esta no fuera monolítica. En la parte superior tenía espacios para colocar pesos y de esta forma nivelarla perfectamente sobre la muela fija, si este nivelado no era el adecuado la piedra se desgastaría de manera desigual provocando daños a la misma.

#### **PILA**

(Del latín. *pila*, mortero).

1. Pieza grande de piedra o de otra materia, cóncava y profunda, donde cae o se echa el agua para varios usos.
2. Pieza de piedra, cóncava, con su pedestal de la misma materia, y tapa de madera, que hay en las iglesias parroquiales para administrar el sacramento del bautismo.

#### **PISCINA**

(Del latín. *piscīna* .y este del latín piscis pez)

1. Estanque destinado al baño, a la natación o a otros ejercicios y deportes acuáticos.
2. Estanque que se suele hacer en los jardines para tener peces. DLE

#### **PISONES**

(De pisar, apretar).

1. Instrumento pesado y grueso, de forma por lo común de cono truncado, que está provisto de un mango, y sirve para apretar tierra, piedras, etc.
2. Mazo del batán. DLE

#### **POLVORA**

(Del latín. *pulvis*, *-ēris*, polvo).

1. Mezcla, por lo común de salitre, azufre y carbón, que a cierto grado de calor se inflama, desprendiendo bruscamente gran cantidad de gases. Se emplea casi siempre en granos, y es el principal agente de la pirotecnia. Hoy varía mucho la composición de este explosivo. DLE

#### **POTRO DE MADERA**

Eran unos burros de madera que se colocan junto al banco para apoyar las muelas en diferentes procesos, ya sean de mantenimiento o de picado, con la cabria se levantaba la muela móvil y se giraba para colocarse sobre el potro de madera y de esta forma hacer el picado, estos accesorios eran móviles, no estaban fijos debido a que solo se utilizaban para el picado y el mantenimiento, mientras estas tareas no se estuvieran realizando los potros estorbarían al proceso de la molienda.

#### **POYO**

(Del latín. *podium*).

1. Banco de piedra, yeso u otra materia, que ordinariamente se fabrica arrimado a las paredes, junto a las puertas de las casas de campo, en los zaguanes y otras partes. DLE

#### **PRENSA DE HUSILLO**

(Del catalan. *premsa*).

1. Máquina que sirve para comprimir, cuya forma varía según los usos a que se aplica (Del diminutivo. de huso).

1. Tornillo de hierro o madera que se usa para el movimiento de las prensas y otras máquinas. (Del latín. *fusos*).

1. Instrumento manual, generalmente de madera, de forma redondeada, más largo que grueso, que va adelgazándose desde el medio hacia las dos puntas, y sirve para hilar torciendo la hebra y devanando en él lo hilado. DLE

#### **PRENSA DE TORNILLO**

1. Pieza cilíndrica o cónica, por lo general metálica, con resalte en hélice y cabeza apropiada para enroscarla. (Del latín. *tornus*, y este del gr. *τοπος*, giro, vuelta).

1. Máquina simple que consiste en un cilindro dispuesto para girar alrededor de su eje por la acción de palancas, cigüeñas o ruedas, y que ordinariamente actúa sobre la resistencia por medio de una cuerda que se va arrollando al cilindro. DLE  
Prensa que se utiliza para prensar el papel al final y darle textura y terminar el secado.

#### **PRENSA DE VIGA O HUSILLO**

Prensa que utiliza una viga como contrapeso y tiene un husillo para que por medio del tornillo inclinarla para prensar entre la viga y una base resistente el material a prensar. Se prensaba la moltura de la aceituna para obtener el aceite, también antes de los trapiches de madera y molinos de cilindros prensaban los cortes de caña para extraer el jugo de caña.

#### **PRESA**

(Del latín. *prensa*, de *prendere*, coger, agarrar).

1. Acción de prender o tomar algo.
2. Cosa apresada o robada.
3. Animal que puede ser cazado o pescado.
4. Acequia o zanja de regar.
5. Muro grueso de piedra u otro material que se construye a través de un río, arroyo o canal, para almacenar el agua a fin de derivarla o regular su curso fuera del cauce. DLE

#### **PRIMER TERCIO**

Denominación del área más cercana al ojo de la muela, en este se rompe la cáscara del grano y se empuja hacia el segundo tercio, las estrías que se labraban sobre la superficie de la muela se hacían de diferentes formas según el conocimiento que se tenía del proceso de molienda, las estrías del primer tercio capturan los granos para guiarlos hacia las líneas principales donde se romperá y molerá.

#### **PROTOINDUSTRIAL**

(Del latín. *Industria* y Del griego. *πρωτο-*, primero).

1. Maña y destreza o artificio para hacer algo.

2. Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales

1. Indica prioridad, preeminencia o superioridad. Protomártir, protomédico, prototipo. DLE

Termino utilizado para designar los establecimientos que desarrollan actividades de tipo industrial antes de la revolución industrial, generalmente la fuerza motriz es hidráulica

#### **PURGAR**

(Del latín. *purgare*).

1. Limpiar, purificar algo, quitándole lo innecesario, inconveniente o superfluo DLE

Sala en la que se colocan las formas y los purrones para que escurran las mieles no cristalizadas este espacio tenía que tener un control estricto porque en este sitio estaban las formas con productos casi terminados, de esta sala se liberaban los panes y se mandaban al asoleadero.

#### **PURRONES**

Es el receptáculo de barro que se coloca debajo de la forma para recopilar las mieles no cristalizadas en el proceso de obtención del azúcar

## Q

#### **QUINTAL**

(Del árabe. hispánico. *qintár*, este del siriaco *qantirā*, y este del latín. *centenarium*, centenario).

1. Peso de 100 libras equivalente en Castilla a 46 kg aproximadamente.

2. Pesa de 100 libras. DLE

Unidad de Peso tiene 4 arrobas, 100 libras, 1600 onzas y equivale a 46.0246 kg PYM

## R

#### **REBOSADERO**

1. Sitio u orificio por donde rebosa un líquido.

(Del latín. *reversare*).

1. Dicho de una materia líquida: Derramarse por encima de los bordes del recipiente que la contiene DLE

Dispositivo que sirve para controlar el llenado con agua de un deposito, para que los excedentes sean canalizados hacia un sitio en particular.

#### **RECIPIENTE**

(Del latín. *recipiens*, *-entis*, de *recipere*, recibir).

1. Que recibe.

2. Utensilio destinado a guardar o conservar algo.

3. Cavidad en que puede contenerse algo.

4. Vaso donde se reúne el líquido que destila un alambique. DLE



### **REMOLACHA**

(Del italiano. *ramolaccio*, este del latín. *armoracium*, y este del galo *are more*, cerca del mar; conferido al alemán. *meerrettich*, rabaniza, literalmente, rábano de mar).

1. Planta herbácea anual, de la familia de las Quenopodiáceas, con tallo derecho, grueso, ramoso, de uno a dos metros de altura, hojas grandes, enteras, ovales, con nervio central rojizo, flores pequeñas y verdosas en espiga terminal, fruto seco con una semilla lenticular, y raíz grande, carnosa, fusiforme, generalmente encarnada, que es comestible y de la cual se extrae azúcar.

2. Esta raíz. DLE

La remolacha se procesaba para obtener azúcar, principalmente en el siglo XIX a consecuencia de la independencia de la mayoría de las naciones americanas que eran las principales proveedoras del azúcar hacia Europa, el comercio se vio afectado por lo que en Francia se buscó la manera de sustituir el producto.

### **REPASO**

De repasar.

1. Volver a pasar por un mismo sitio o lugar. U. t. c. intr.

2. Esponjar y limpiar la lana para cardarla después de teñida. DLE

En el proceso de beneficio de metales, es el paso siguiente al incorporo por medio del repaso se logra la amalgamación, esta consiste en pasar con animales sobre los lodos para lograr la mezcla, en un inicio este procedimiento se realizaba por medio de trabajadores descalzos metidos en los lodos, esto fue perjudicial para la salud por la exposición de mercurio por esta causa se utilizaron animales y después azadones y rastrillos.

### **REPRESA**

Del latín. *repressus*, contenido, de *reprimere*, contener).

1. Acción de represar (recobrar).

2. Obra, generalmente de cemento armado, para contener o regular el curso de las aguas.

3. Lugar donde las aguas están detenidas o almacenadas, natural o artificialmente. DLE

Termino referido a Presa de almacenaje de agua, también abrazadera de tubería según LIL

### **RESMA**

(Del árabe. hispánico. *rízma*, y este del árabe. clásico. *rizmah*, paquete).

1. Conjunto de 20 manos de papel. DLE

Unidad de medida de papel que contiene 20 manos o 500 hojas PYM.

### **RODEZNO**

(Del latín. *\*roticinus*, de *rota*, rueda).

1. Rueda hidráulica con paletas curvas y eje vertical.

2. Rueda dentada que engrana con la que está unida a la muela de la tahona. DLE

Se le denomina rodezno a la rueda hidráulica que está en posición Horizontal y transmite su giro directamente a un eje sin necesidad de engranes, utilizada en diversos ingenios.

### **RODEZNO DE PIEDRA**

Existen rodezno de piedra con los mismos principios del rodezno de madera, no se usaron demasiado porque presentaban desventajas considerables, la primera de ellas era el peso, era un rodezno muy pesado y se necesitaba de mayor fuerza en el chorro de agua para hacerlo girar, la segunda era los sedimento calcáreo que se iban acumulando en la superficie, estos no podían ser retirados de manera fácil como se hacía en los rodezno de otros materiales, se corría el riesgo que con los golpes se rompiera el rodezno.

### **RODEZNO METÁLICO**

Otro material de uso común sobre todo a finales del XIX y principios del XX fue el rodezno de metal, este presentaba mayores ventajas que los de madera debido al control que se podía tener al fabricarlo y montarlo, este nunca se deformaba y su giro era mas controlado, estos se incorporan y se ajustan con diversas piezas metálicas, lo que nos da control sobre el ajuste del giro, estos ajustes duraban mas tiempo y era más eficiente el proceso de molienda, las desventajas estaban en el costo y en la fabricación, mientras que un rodezno de madera era de fabricación mas artesanal uno metálico necesitaba de más precisión.

### **RUECA**

(Del germano. *\*rökko*).

1. Instrumento que sirve para hilar, y se compone de una vara delgada con un rocambo hacia la extremidad superior.

2. Vuelta o torcimiento de algo. DLE

### **RUEDA HIDRAULICA**

Del latín. *rota*).

1. Pieza mecánica en forma de disco que gira alrededor de un eje. DLE

Rueda que se acciona por medio de la fuerza del agua incidiendo en ella y que sirve para accionar ingenios hidráulicos.

## **S**

### **SAETILLA**

(Del diminutivo en. Desuso. De saeta).

1. Manecilla del reloj.

2. En una brújula, flecha que se vuelve hacia el polo magnético.

(Del latín. *sagitta*).

1. Arma arrojadiza compuesta de un asta delgada con una punta afilada en uno de sus extremos y en el opuesto algunas plumas cortas que sirven para que mantenga la dirección al ser disparada DLE Paso en forma de pirámide truncada que une el cubo con el cárcavo, a través de esta circula el agua que accionara la rueda. Del lado del cubo el conducto tiene mayores dimensiones que del lado del cárcavo, esto con el fin de aumentar la presión de salida y por lo tanto la fuerza con la que el agua hace girar la rueda, existe una válvula para obturar el paso del agua, por medio de esta se puede parar el trabajo de molienda, o permitir el vaciado del cubo sin que se gire la rueda esto es necesario para labores de mantenimiento. El hueco forjado con piedra en la base del cubo se le cubría con madera, para que las paredes interiores se conservaran mejor y el agua circulara con mayor celeridad.

#### **SALA DE LA INDIA**

De esta manera se le denominaba en época romana al azúcar, por proceder de esa región, fue considerada una especie más.

#### **SALA DE CALDERAS**

En los ingenios azucareros es la sala donde se encuentran las baterías de calderas en las cuales se va concentrando el jugo de la caña para llegar a miel y después producir el azúcar.

#### **SALA DE LABOR**

Dependiendo del ingenios y del tipo de máquina, la sala de labor es la zona donde se encuentran las maquinas, con la salvedad de que esta parte de la máquina es la que interactúa con el operario, es decir la parte motriz y la de los engranes en caso de haberlos no está en la sala de labor salvo cuando los mecanismos así lo consideran.

#### **SALA DE MOLIENDA**

Es la sala donde se encuentra la maquinaria superior, en ella se lleva a cabo el proceso de molienda, en este el molinero coloca el grano en las tolvas, regula la separación entre muelas, deja enfriar la harina, envasa la harina y trabaja en la criba, la separación y el mantenimiento de las muelas y la maquinaria superior, esta por lo general es un espacio vacío donde solo encontramos la maquinaria en número coincidente con el de los cárcavos que se encuentren en la parte inferior.

#### **SECADO DEL GRANO**

Proceso por el cual se deja secar al sol el grano para eliminar la humedad que pudo haber adquirido en los diferentes procesos en los que tiene contacto con el agua, entre ellos el lavado, para tal efecto se extendía el grano en el patio de trabajo sobre telas para que el sol y el aire lo secaran, después de este proceso el grano podía ser envasado para esperar su

turno o llevado directamente a las tolvas para ser molido

#### **SEGUNDO TERCIO**

Sección de la cara de una muela en la que el grano es molido, se ubica entre el primero y tercer tercio, al ser la parte media del recorrido del grano por las estrías es la sección donde el trabajo más pesado de la molienda se realiza. La denominaron era utilizada también para el picado de las muelas, recordemos que este “estriado” de las muelas se hacía de diferentes profundidades y espesores dependiendo del tercio de la muela donde se estuviera trabajando.

#### **SISTEMAS DE MOLINOS**

Denominamos en este trabajo de esta forma a los molinos encadenados, que comparten el agua con un ingenioso sistema de canales que toma el agua del desagüe de un molino para llevarla a los cubos de los siguientes, estos sistemas eran muy comunes, aprovechando las pendientes naturales de los terrenos y los cauces de agua podían hacer funcionar muchos molinos con el mismo recurso, esto también se hace extensivo a otros tipos de ingenios hidráulicos.

#### **SITO DE GANADO MAYOR**

Medida agraria formada por un cuadrado de 2500 varas de lado equivalente a 438.9 Ha PYM

#### **SITIO DE GANADO MENOR**

Medida agraria por un cuadrado de 1666.7 varas de lado equivalente 195.07Ha PYM

#### **SOCAVON**

(De socavar De so y cavar).

1. Cueva que se excava en la ladera de un cerro o monte y a veces se prolonga formando galería subterránea.

1. Excavar por debajo algo, dejándolo en falso. DLE

#### **SOLAR**

(De suelo).

1. Casa, descendencia, linaje noble. Su padre venía del solar de Vegas.

2. casa solar.

3. Porción de terreno donde se ha edificado o que se destina a edificar.

4. Suelo de la era. DLE

Se llama a cualquier porción de terreno cuya superficie es menor que la de una suerte de tierra (10.6881Ha) o que la cuarta parte del área de una caballería. PYM

#### **SOLAR PARA CASA MOLINO O VENTA**

Medida agraria formada por un cuadrado de 50 varas de lado cuya superficie es de 2500 varas o .1755 Ha PYM

### **SOLERA**

(Del latín. *solaria*, de *solum*, suelo).

1. Madero asentado de plano sobre fábrica para que en él descansen o se ensamblen otros horizontales, inclinados o verticales.
2. Madero de sierra, de dimensiones varias según las regiones.
3. Piedra plana puesta en el suelo para sostener pies derechos u otras cosas semejantes.
4. Muela del molino que está fija debajo de la volandera.
5. Suelo del horno.
6. Superficie del fondo en canales y acequias. DLE

### **SUERTE**

(Del latín. *sors*, *sortis*)

14. Parte de tierra de labor, separada de otra u otras por sus lindes DLE

Medida de agraria que mide 552 varas por 276 cuya superficie es de 152 352 varas es igual a la cuarta parte de la caballería y equivale a 10.6881 HA PYM

### **SURCO**

(Del latín. *sulcus*).

1. sustantivo en desuso de. Surco. Usado. en León y en algunos lugares de América. (De sulco).
1. Hendidura que se hace en la tierra con el arado.
2. Señal o hendidura prolongada que deja una cosa que pasa sobre otra DLE

Medida hidráulica unidad de medida de las distribuciones de agua rustica es una figura rectangular el lado mayor es de 6 pulgadas u ocho dedos el menor de 4.5 pulgadas o seis dedos la superficie es de 27b pulgadas cuadradas o 48 dedos equivale a .0146m<sup>2</sup> y produce 194,4 lt por minuto PYM

## **T**

### **TAMAL DE TEQUEZQUITE**

(De *tequesquite*. del nahua *tequizquitl*, piedra eflorescente. Salitre de tierras lacustres y Del nahua *tamalli*. Especie de empanada de masa de harina de maíz, envuelta en hojas de plátano o de la mazorca del maíz, y cocida al vapor o en el horno. Las hay de diversas clases, según el manjar que se pone en su interior y los ingredientes que se le agregan.) DLE

El tamal de tequezquite se hacía con el salitre envuelto en hojas de maíz, se utilizaba para demoliciones, se retacaba el tamal en una hendidura se le agregaba agua y se esperaba a que reaccionara con esta aumentando su volumen y tronando la piedra

### **TENAPANTLE**

Canal paralelo y muy próximo al apantle provisto de compuertas que permiten cortar el paso de las aguas en tramos cortos recibe el agua del apantle y lo

distribuye en los surcos que constituyen las tendidas. IEU

### **TENATERO**

(Del nahua *tanatli*).

1. Lío, fardo, envoltorio.
  2. Mochila, zurrón de cuero o de palma. DLE
- Se le denominaba Tenatero al que subía de la mina con un fardo de mineral en la espalda.

### **TENDAL**

(De *tender* Del latín. *tendĕre*).

1. Desdoblar, extender o desplegar lo que está cogido, doblado, arrugado o amontonado
1. Toldo (cubierta de tela para hacer sombra).
2. Conjunto de cosas tendidas para que se sequen DLE

Sitio dentro del ingenio azucarero colocado cerca o dentro de la sala de calderas para colocar las formas de barro a las que se les acaba de verter la miel y esperar a que escurra el excedente.

### **TERCER TERCIO**

Zona de la muela en la que el grano roto y machacado se afina para convertirse en harina, es el tercio que se encuentra en el perímetro la zona más alejada del ojo.

Después de que se ha fabricado la harina y que termina de afinarse en este tercio, es expulsada por el perímetro.

### **TINA DE PASTA**

(Del latín. *tina*).

1. tinaja (vasija grande de barro).
2. Vasija de madera, de forma de media cuba.
3. Vasija grande, de forma de caldera, que sirve para el tinte de telas y para otros usos.
4. Pila que sirve para bañarse todo el cuerpo o parte de él. DLE

Tina en la que se colocaba la pasta de papel después de salida del molino, en esta se llenaban los moldes para producir el papel.

### **TINAJAS**

(Del latín. *\*tinacŭla*, de tina).

1. Vasija grande de barro cocido, y a veces vidriado, mucho más ancha por el medio que por el fondo y por la boca, y que encajada en un pie o aro, o empotrada en el suelo, sirve ordinariamente para guardar agua, aceite u otros líquidos. DLE

### **TIRO**

(De tirar y este de origen incierto)

18. Pozo abierto en el suelo de una galería DLE

### **TOLVA**

(Del latín. *tubŭla*, tubo).

1. Caja en forma de tronco de pirámide o de cono invertido y abierta por abajo, dentro de la cual se echan granos u otros cuerpos para que caigan poco a poco entre las piezas del mecanismo destinado a

triturarlos, molerlos, limpiarlos, clasificarlos o para facilitar su descarga.

2. En los cepillos o urnas, parte superior en forma de tronco de pirámide invertido y con una abertura para dejar pasar las monedas, papeletas, bolas, etc. DLE Caja de madera para depositar el grano, en el caso de los molinos esta caja tiene forma de pirámide truncada invertida, la parte más ancha está abierta hacia arriba para recibir el grano, la parte más cerrada se coloca directamente sobre algún dosificador para que el grano salga a través de ella.

#### **TORNO DE HILAR**

(Del latín. *filāre*).

1. Reducir a hilo el lino, cáñamo, lana, seda, algodón, etc. DLE

Maquina por medio de la cual se logra hilar la lana formando madejas de hilo, la maquina tiene una rueda que tuerce las hebras y las trenza en un hilo.

#### **TRAPICHE**

(Del mozárabe. *trapič*, y este del latín. *trapētum* o *trapētus*, molino de aceite).

1. Molino para extraer el jugo de algunos frutos de la tierra, como la aceituna o la caña de azúcar. DLE Denominación que se le daba a los molinos, principalmente a los que servían para moler la caña, como se explica en el texto la diferencia entre ingenio y trapiche varia de autor a autor.

#### **TREN JAMAQUINO**

Construcción con un solo horno y varios cazos que se utilizaba en las Antillas para que por medio de ese único horno se calentaran todos los cazos del proceso de refinación del azúcar.

#### **TROMPA DE AGUA**

Ingenio de agua que aprovechando el principio de Bernulli insufla aire en el interior del horno, por medio del desplazamiento de aire generado por la circulación de agua.

## V

#### **VÁLVULA**

(Del latín. *valvŭla*, diminutivo. de valva, puerta).

1. Mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema.

2. Mecanismo que impide el retroceso de un fluido que circula por un conducto. DLE

#### **VÁLVULA DE ALIVIO**

Válvula que permitía la separación entre las muelas en un molino harinero, esto con el fin de controlar la separación entre las muelas y por consiguiente la calidad de la harina que se producía.

#### **VÁLVULA DE LA SAETILLA**

Válvula que obturaba el agua que hería el rodezno

#### **VARA**

(Del latín. *vara*, travesaño).

1. Rama delgada.

2. Palo largo y delgado 5. Medida de longitud que se usaba en distintas regiones de España con valores diferentes, que oscilaban entre 768 y 912 mm. DLE En el caso de Nueva España la vara era de .838, contiene 3 pies o 4 palmos. PYM

#### **VARA CUADRADA**

Medida de área que contiene una vara por lado. PYM

#### **VELLONES**

(Del latín. *vellus*).

Conjunto de la lana de un carnero u oveja que se esquila. DLE

Los vellones se agrupaban después de la esquila para formar las pacas que de esta forma se transportaba la lana a los obrajes

#### **VENTANA DE ILUMINACIÓN**

Abertura que se construye generalmente en las salas de labor de los ingenios para tener iluminación natural en la sala de trabajo.

#### **VENTANA VIGÍA**

Ventana que se construía en el muro para que desde el interior del molino se observara el llenado del cubo.

#### **VIGA DE SOPORTE, O VIGA MARRANA**

## Y

#### **YUNQUE**

Del latín. *incus*, *-ūdis*).

1. Prisma de hierro acerado, de sección cuadrada, a veces con punta en uno de los lados, encajado en un tajo de madera fuerte, y a propósito para trabajar en él a martillo los metales. DLE

Pieza de metal que se ubica en las herrerías para que el martillo hidráulico golpee en él y se pueda forjar el metal caliente en formas comerciales.

## Z

#### **ZACA DE AGUA**

1. En las minas, odre con que desaguan los pozos. DLE

#### **ZAFRA**

(Del árabe. hispánico. *sáfra*, y este del árabe. clásico. *safrah*, viaje, por el que hacían los temporeros en época de recolección).

1. Cosecha de la caña dulce.

2. Fabricación del azúcar de caña, y, por ext., del de remolacha.

3. Tiempo que dura esta fabricación.

4. Escombros de una mina o cantera. DLE

**ZANJA**

(De zanjar de *sanjar*. Del francés antiguo. *jansier*, rajar, y este del grecolatino. *Charassāre* Hacer cortaduras en la carne.)

1. Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra para echar los cimientos, conducir las aguas, defender los sembrados o cosas semejantes.
2. Arroyada producida por el agua corriente. DLE

# ANEXO 1 CRITERIOS DE CALCULO RELACION ENTRE LA MAQUINA Y EL ESPACIO ARQUITECTONICO.

## CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DE LOS PARAMETROS DE LAS MAQUINAS HIDRAULICAS VIRREINALES.

El funcionamiento hidráulico de las máquinas virreinales presentadas en este trabajo fue fundamental para los diferentes procesos productivos ya descritos. Es importante destacar la importancia de la utilización de la fuerza hidráulica para la optimización de los procesos productivos.

Los principios básicos en los que se basa el funcionamiento de estos sistemas de producción, son los principios de la mecánica clásica y que se fundamentan en las Leyes de Newton, es decir, la fuerza o energía que se obtiene al utilizar la gravedad y las masas de los cuerpos, así como las aceleraciones y velocidades que son capaces de desarrollar los mismos.

Los principales parámetros mecánicos como son, velocidad, fuerza y potencia se obtienen al aplicar los principios de la hidráulica a canales, vertedores, máquinas hidráulicas y transitorios, que han sido desarrollados durante muchos años y que son aplicables en la actualidad para el diseño hidráulico de los proyectos hidroeléctricos, ya que como se observa en este trabajo, estas máquinas funcionan con la fuerza motriz que se genera al utilizar al agua como generador de energía.

La energía que transmite el agua hacia las ruedas de madera depende de varios factores:

Para estimar los parámetros mecánicos que determinan la potencia o energía que transmiten las ruedas de madera, se han utilizado las expresiones o ecuaciones siguientes:

-Ecuación de continuidad o de Bernoulli, que considera la presión hidrostática o carga hidráulica que depende de la diferencia de niveles o gradiente hidráulico; la velocidad y las pérdidas de energía por fricción entre el fluido y la superficie de la conducción.

(1)

-Ecuación de Manning

(2)

Para el suministro de energía hidráulica es importante considerar el gasto o caudal, que se determina tomando en los siguientes valores o coeficientes: el coeficiente de rugosidad o coeficiente de Manning, que es un parámetro que considera la fricción que se genera entre el agua y la superficie de contacto o canal vertedor; el radio hidráulico que depende de la sección transversal del canal vertedor y que se define como el área mojada ente el perímetro mojado. En esta ecuación es muy importante considerar la pendiente que tiene el canal vertedor para poder determinar el caudal. Como se puede observar en esta expresión, el tirante o nivel de agua en el canal es una variable que define el gasto suministrado o vertido.

-Ecuaciones de turbinas

Es importante mencionar que para obtener los valores presentados en la tabla anexa, se han aplicado los principios del funcionamiento hidráulico de una turbina, donde además de considerar el gasto y la energía que trasmite el agua, también se han aplicado otros conceptos adicionales para poder determinar la fuerza o potencia que son capaces de transmitir estas ruedas de madera. Estos datos o valores adicionales a considerar son la geometría de la rueda, el peso propio de la misma, la velocidad angular y la potencia generada.

Es importante mencionar que se han tenido que suponer la geometría final de las ruedas para poder hacer un comparativo con la geometría de alguna turbina hidráulica (tipo Pelton o tipo Francis) y así poder obtener valores aproximados de velocidades y fuerzas, para que finalmente se calcule la capacidad de carga o potencia que son capaces de transmitir estas máquinas hidráulicas del período virreinal a los diferentes dispositivos mencionados en este trabajo.

Para determinar la capacidad de carga o potencia final de estas máquinas se asignaron valores de eficiencia hidráulica cercanos al 60% de la fuerza directa que trasmite la rueda de madera.

## MATERIALES

La madera era la materia prima fundamental del carpintero de lo prieto "el hacedor de ingenios", esta debía reunir dos características fundamentales, dureza para resistir el trabajo mecánico al cual se sometería y resistencia al agua, ya que estarían en contacto permanente con ella, y esta generalmente en muchos tipos de madera provoca deformaciones que impedirían que el trabajo se realizara adecuadamente.

Las maderas se dividen en dos: angiospermas y gimnospermas siendo las primeras las que se adaptan mejor a la construcción de ingenios. La característica de las maderas angiospermas radica en la configuración de su estructura a través de anillos lo que hace que tanto los vasos comunicantes como la estructura fundamental de carga sean muy favorables, la absorción de agua es mínima, la resistencia del material es mayor, estas características son de vital importancia ya que al estar en contacto permanente con el agua esta puede provocar deformación e incrementos en el peso propio de la madera que altere el funcionamiento del ingenio, caso contrario de algunas maderas gimnospermas, los vasos de absorción fomentan que se absorba mayor cantidad de agua, por consiguiente pueden incrementar su peso hasta en un 200% , de igual manera su estructura la hace menos resistente al trabajo.

Para la fabricación de ingenios se utilizaban maderas de dureza superior y resistencia al agua como el roble, el encino y algunas maderas locales, por ejemplo la de chicozapote, es importante determinar que maderas existían regionalmente para ver cuales reunían las características necesarias. Para efecto de los cálculos siguientes se tomo un peso de 750kg m<sup>3</sup> más 250 kgm<sup>3</sup> de agua absorbida, haciendo los cálculos con una tonelada por m<sup>3</sup>. Como referencia se anexa la tabla en la que se pueden ver algunas maderas y su peso por metro cubico marcando en negrillas las que reunían características para su utilización en la construcción de ingenios.

1. Pino común	.36-.76 Kg/dm <sup>3</sup>
2. Pino negro	.38-.74 Kg/dm <sup>3</sup>
3. Abeto	.32-.62 Kg/dm <sup>3</sup>
4. Álamo	.45-.70 Kg/dm <sup>3</sup>

5. Roble	.71-1.07 Kg/dm <sup>3</sup>
6. Encina	.95-1.2 Kg/dm <sup>3</sup>
7. Haya	.60-.90 kg/dm <sup>3</sup>
8. Nogal	.60-.81 kg/dm <sup>3</sup>

## CALCULOS

El primer interés en la elaboración de las tablas siguientes fue encontrar una relación entre las dimensiones de las ruedas hidráulicas y las capacidades de producción, determinantes del espacio arquitectónico. Es común que en los espacios arquitectónicos preindustriales la maquina al ser de madera ya no exista, el análisis de los espacios productivos gira en torno a la capacidad de producción de estas maquinas, al flujo de agua, al tamaño de la rueda, la intención es a partir de los restos visibles, el castillo donde estaba montada la rueda, el tamaño de los canales de alimentación de la rueda determinar su capacidad de producción, esto nos ayuda a determinar el tamaño del resto de la maquina y su posición en el espacio, áreas de producción y su relación, las tablas permiten una mejor lectura del espacio arquitectónico y esto a su vez nos permite entender los elementos de configuración, punto de partida de cualquier proyecto de recuperación.

Otra consideración importante es el peso propio de la rueda, el cual como ya se menciona se calcula en base a una densidad de una tonelada por metro cubico de madera, para así restar a la capacidad de trabajo el peso propio de la rueda y encontrar la capacidad final, otro dato importante son las revoluciones por minuto, con lo cual nos hacemos idea de la frecuencia del golpeo o del giro elementos fundamentales en la lectura de funcionamiento de la maquina.

Un dato adicional es la utilización de flujos de agua en surcos que era una de las medidas más comunes para este fin, adicional a esto se coloca su equivalencia en litros x segundo.

**TABLA 1 Ingenio Azucarero**

Ingenio	Diametro de la rueda en metros	Gasto lt/seg	Gasto en surcos	Tirante en metros	Revoluciones por segundo	Fuerza Total Ton	Peso propio de la rueda toneladas	Fuerza final Tonelada
Azucar	2	9.7	3	1.5	0.304	0.584	0.314	0.27
	2.5	9.7	3	1.5	0.38	0.73	0.49	0.24
	3	9.7	3	1.5	0.45	0.876	0.989	-0.113
	3	19.4	6	1.5	0.45	1.752	0.989	0.763
	4	19.4	6	1.5	0.608	2.336	2.13	0.206

Los diámetros analizados muestran una disminución de la eficiencia a partir del aumento en el tamaño, hasta llegar a la rueda de 3 metros con suministro de 3 surcos que da como resultado un numero negativo, por lo que se deduce que una rueda del tamaño indicado con un flujo de 3 surcos no se movería, por lo cual se duplica el flujo y encontramos de nuevo en la rueda de 4 metros una disminución de la eficiencia del sistema, el dato interesante en la rueda mas optima de la muestra ( la de 3 metros con el flujo de 6 surcos) es las revoluciones por minuto y la capacidad final, esta rueda giraba .45 de vuelta por segundo y tenía una capacidad de carga de 763 kilos, la transmisión de este esfuerzo a los mazos de un trapiche dependía del engranaje, que podía hacer girar más rápido los cilindros, la capacidad es grande a uso constante podía moler caña continuamente sin problemas de rotura de los cilindros.



TABLA 2 Batán

Ingenio	Diametro de la rueda en metros	Gasto lt/seg	Gasto en surcos	Tirante en metros	Revoluciones por segundo	Fuerza Total Ton	Peso propio de la rueda toneladas	Fuerza final Tonelada
Batanes	1.8	6.5	2	1	0.26	0.96	0.153	0.80
	1.2	6.5	2	1	0.17	0.64	0.068	0.57
	1.5	6.5	2	1	0.21	0.8	0.14	0.6
	2.5	6.5	2	1	0.36	1.33	0.49	0.8

Las ruedas de los batanes eran más chicas porque su capacidad final de carga necesaria no era muy alta, el principio de funcionamiento como ya se vio se basaba en la colocación de levas para elevar mazos que después golpearían la tela, en este caso, el análisis se hizo con varias ruedas la más grande de las cuales es de 2.5m el tirante de agua se considero para una rueda de gravedad, aunque también era muy común que la rueda del batan funcionara por arrastre. La rueda más eficiente fue la de 1.8 para el flujo de 2 surcos de agua en el caso de las revoluciones por segundo encontramos .26. Utilizando el típico batan de doble mazo, con una rueda de 1.2, encontramos que los mazos considerando las pérdida de fuerza en los mecanismos como las levas y otras partes del mecanismo podían ser de 150 kg cada uno, un mazo de roble de este peso seria de aproximadamente 40 x 40 x 120 cm, y la frecuencia de golpeo de cada mazo con cuatro levas en la circunferencia del eje seria de 48 percusiones por minuto por cada mazo, es decir 96 percusiones por minuto en el sistema.

TABLA 3 Ferrerías

Ingenio	Diametro de la rueda en metros	Gasto lt/seg	Gasto en surcos	Tirante en metros	Revoluciones por segundo	Fuerza Total Ton	Peso propio de la rueda toneladas	Fuerza final Tonelada
Ferrerías	2	16.2	5	1.5	0.192	0.928	0.314	0.614
	2.5	16.2	5	1.5	0.24	1.16	0.49	0.67
	3	16.2	5	1.5	0.288	1.392	0.98	0.412
	3.5	16.2	5	1.5	0.336	1.624	1.34	0.284

El caso de la ferrería es similar al del batan con la diferencia de que existe un único mazo y este es de fierro, la rueda debe levantar un mazo que generalmente alcanza grandes pesos, por ejemplo en el caso de la fundición de Chicomuselo en Chiapas la cabeza del martillo ronda los 80 kg. En los casos de análisis la rueda más eficiente con 5 surcos fue la de 2.5 metros, su capacidad de carga es de 670 kg, lo que nos indica restando las pérdidas de eficacia de los mecanismos que el conjunto de eje levas mango de martillo y martillo no podía pasar de los 360 kg, en el caso de las ferrerías y debido al peso se colocaban refuerzos metálicos y levas del mismo material para aumentar la vida del mecanismo. La rueda daba un giro cada 4 segundos, si consideramos la colocación de 4 levas había un golpe cada segundo, el martillo golpearía el yunque 60 veces en un minuto.

Tabla 4 Ingenios de moler mineral

Ingenio	Diametro de la rueda en metros	Gasto lt/seg	Gasto en surcos	Tirante en metros	Revoluciones por segundo	Fuerza Total Ton	Peso propio de la rueda toneladas	Fuerza final Tonelada
Metales	2	23	7	1	0.28	0.85	0.314	0.536
	2.5	23	7	1	0.35	1.06	0.49	0.57
	3	23	7	1	0.42	1.28	0.98	0.3
	4	23	7	1	0.56	1.7	2.13	-0.43

En este caso los molinos de almadenetas tenían que por medio de levas levantar y dejar caer mazos que tenían cabezas de metal para la trituración de los minerales, los ejes se acomodaban de un lado de la rueda si este era de una cabeza o a ambos lados si este era de dos, en la rueda más eficiente, la de 2.5 metros con un gasto de 7 surcos la capacidad de carga era ya con las perdidas del mecanismo de 360 kg, si lo dividimos en dos nos da 180 kg, por cabeza, en el caso de 12 almadenetas 6 de un lado y 6 del otro encontramos que el sistema no puede accionar por lado más de 2 almadenetas al mismo tiempo, por lo que cada uno de estos mazos incluido el peso del eje podría ser de 90 kg, 180 kg si fuera de una sola cabeza.

Tabla 5 Ingenios para producir harina

Ingenio	Diametro de la rueda en metros	Gasto lt/seg	Gasto en surcos	Tirante en metros	Revoluciones por segundo	Fuerza Total Ton	Peso propio de la rueda toneladas	Fuerza final Tonelada
Molinos	1	9.7	3	0.7	0.31	0.44	0.109	0.331
	1.2	9.7	3	0.7	0.39	0.528	0.068	0.46
	1.5	9.7	3	0.7	0.47	0.66	0.14	0.52
	2	9.7	3	0.7	0.78	0.88	0.314	0.566

Los molinos harineros se calcularon por medio de un rodezno de transmisión directa, es decir a una vuelta de la rueda una vuelta del eje, esto reduce la perdida en el mecanismo y nos traduce capacidades de carga casi integra, en estos casos se deben de mover piedras, lo que nos da un parámetro de cálculo muy estable considerando pesos medios para las piedras de unos 2000 a 3000 kg m<sup>3</sup>, en esta ocasión no se tomo el rodezno más eficiente se tomo uno que era de uso más común, el de 1.5, el cual giraba a .47 de vuelta por segundo y desplazaba 520 kilogramos, colocando un pequeño factor de pérdida de eficacia del 20% encontramos una capacidad de 400 Kg aproximadamente con el peso de la muela y el eje, considerando 2000 KG por metro cubico en el peso de la piedra la piedra podía tener una dimensión de 1 metro de diámetro por 20 cm de espesor, dando un giro cada 2 segundos.

Tabla 6 Ingenios para producir aceite

Ingenio	Diametro de la rueda en metros	Gasto lt/seg	Gasto en surcos	Tirante en metros	Revoluciones por segundo	Fuerza Total Ton	Peso propio de la rueda toneladas	Fuerza fina Tonelada
Olivas	1.5	16.2	5	1	0.285	0.69	0.14	0.55
	2	16.2	5	1	0.38	0.92	0.314	0.606
	3	16.2	5	1	0.57	1.38	0.98	0.4
	3.5	16.2	5	1	0.665	1.61	1.34	0.27

El molino de aceitunas desplazaba una muela de piedra para la trituración previa de la aceituna, antes del prensado, en el caso de la tabla de análisis encontramos que la rueda más eficiente era la de 2 metros con un gasto de 5 surcos, con una capacidad de carga aplicados los factores correspondientes de 350 kilogramos, esto nos representa una piedra de un metro de diámetro por 20 cm de espesor, aunque las formas podían variar a troncocónicas o de mayores espesores ya que los molinos de aceite requerían mayor superficie de molturación, también es importante recordar que en el caso de los molinos de aceite la muela está colocada de canto y existe un engranaje que transforma el giro horizontal en uno vertical.

**Tabla 7 Ingenios para producir papel**

Ingenio	Diametro de la rueda en metros	Gasto lt/seg	Gasto surcos en	Tirante en metros	Revoluciones por segundo	Fuerza Total Ton	Peso propio de la rueda toneladas	Fuerza final Tonelada
Papel	2	16.2	5	1	0.32	0.89	0.314	0.576
	2.5	16.2	5	1	0.4	1.11	0.49	0.62
	3	16.2	5	1	0.48	1.335	0.98	0.355
	4	32.4	10	1	0.85	3.9	2.13	1.77

El ingenio de papel cuenta con una batería de mazos accionada por un eje con varias levas, la rueda más eficiente fue la de 4 metros con 10 surcos de agua de suministro, se colocó esta porque según Ignacio González Tascon el ingenio de Culhuacan tenía una rueda de unos 5 metros, de esta forma el cálculo nos indicara aproximadamente el nivel de producción que tenía este molino del siglo SXVI. La capacidad de carga de este ya con los factores analizados es de una tonelada, si se divide entre una batería de 12 mazos encontramos que con 4 levas por mazo colocadas en diferentes posiciones se accionarían al mismo tiempo máximo 4 mazos por lo que cada uno de estos con el peso del eje podía llegar a los 250 kilos hablando de madera los mazos podían ser similares a los del batan analizado líneas arriba, esto también nos habla de que pudo ser más grande la batería de mazos.

**Tabla 8 Ingenios para producir pólvora**

Ingenio	Diametro de la rueda en metros	Gasto lt/seg	Gasto surcos en	Tirante en metros	Revoluciones por segundo	Fuerza Total Ton	Peso propio de la rueda toneladas	Fuerza final Tonelada
Polvora	1.5	9.7	3	1	0.075	0.41	0.14	0.27
	2	9.7	3	1	0.1	0.55	0.314	0.236
	3	19.4	6	1	0.25	1.64	0.98	0.66
	3.5	19.4	6	1	0.34	1.9	1.34	0.56

La pólvora utilizaba el mecanismo del molino para triturar y disminuir el tamaño de las partículas que la componen pero sobre todo para mezclar los ingredientes, por lo que su capacidad era mucho menor que los otros ingenios. En este caso las ruedas más eficientes fueron la de 1.5 metros con 3 surcos y la de 3 metros con 6 surcos, desplazando la primera 190 kilogramos, si lo dividimos entre el número de calvas probable, tomando el ejemplo de los molinos de Villafeliche que sirvieron de modelo para los de Nueva España cada maza de madera podía pesar 60 kilogramos, estas ruedas giraban muy lento porque su funcionamiento era por arrastre, una vuelta cada 10 segundos, en ese mismo periodo se accionaban una vez cada uno de los mazos, es decir en un minuto un sistema de 3 mazos golpeaba 18 veces la mezcla en 3 morteros.

## ANEXO 2 TABLA DE LOS INGENIEROS

Como ya se vio a lo largo de la tesis los ingenieros fueron especialistas que abarcaban diferentes áreas de la ciencia y las convertían en aplicaciones tecnológicas, en este anexo 2 se coloca una tabla con algunos de los ingenieros y sus tipos de obra, en el caso de que se encontraran los datos se colocan fechas de nacimiento y muerte y lugar de nacimiento, para los confines de este trabajo es importante la ubicación de los técnicos y especialistas, porque aunque de manera incipiente en el rango temporal de esta tabla se observa cierta especialización que comenzaba a marcar las ramas en las que después se dividiría la ingeniería ya como profesión, otra mención importante es que se le dio prioridad a las obras hidráulicas, por ser el motivo de elaboración de esta tesis.

Nombre	Nacimiento/ Muerte	Formacion	Principales Obras	Tratados
Antonelli Juan Bautista	Gaeto Italia 1527-Toledo 1588	Ingeniero Militar	Navegacion del Tajo entre Toledo y Lisboa 1580  Navegación del Duero Caminos y puentes entre Toledo y Lisboa Alicante, torre de Santa Faz del 1575 Alicante castillo fortaleza de Bernia Fortificación de Peñíscola en el Reino de Valencia 1578  Tortosa, mapa del área de Alfaques Castillo de Benidorm y torre vigia de Santa Faz 1575  Castillo de Santa Barbara Alicante 1562	
Antonelli Bautista	Gatteo Italia 1547 Madrid 1616	Ingeniero Militar	Fortificaciones del Morro y la Punta en la ciudad de la Habana 1593  San Pedro de las Rocas en Santiago de Cuba. Fuerte de Cojimar La habana Fortificación de Santo Domingo en Republica Dominicana Murallas de Cartagena de Indias	
Antonelli Garavelli Cristobal	Gatteo Italia 1550	Ingeniero Militar	Presa de Tibi en Alicante  Suministro de Agua a Valladolid 1608 Puerto de los Alfaques en el Delta del Ebro Puerto de Arezo en Gibraltar Proyecto del pantano de alicante 1590 Defensas de Gibraltar	
Fray Ambrosio Mariano Azaro	Napoles ?España?	Carmelita	Proyecto del canal navegable en Jerez 1581    Acueducto de Cadiz Estudio y proyecto	

Nombre	Nacimiento/ Muerte	Formacion	Principales Obras	Tratados
Giovanni Battista Calvi	Caravagio Italia 1500 Perpiñan Francia 1565	Ingeniero militar	Murallas y baluartes de Ibiza  Castillo de San Felipe en Menorca Ciudadela de Rosas 1555 Fortificaciones en Barcelona Defensas de Baleares	
Fray Juan Vicencio Casale		Carmelita	Fuerte de cabeza Seca en Portugal 1590  Fuerte de San Felipe de Setubal	
Juan de Cereceda		Ingeniero hidraulico	Suministro de Agua a Oviedo 1582	
Jerónimo de Ayanz y Beaumont	Navarra 1553 y Madrid 1613	Inventor, Cosmografo, Musico, Pintor y militar	Maquina de vapor para desaguar las minas 1606  48 privilegios de invencion 1606	
Pedro Esquivel	De Alcala de Henares 1570	Sacerdote, Matematico Cosmografo	Acequia Imperial de Aragón sistema hidraulico y de riego	
Pedro Juan de Lastanosa	Aragón	Ingeniero Hidraulico	Acequia imperial desde el Ebro sistema de suministro de agua y de riego 1565	<i>Los 21 Libros de los Ingenios y las maquinas</i>
Cristobal Lechuga y García	Baeza España (1556)  La Mamora Marruecos (1622)	Ingeniero Militar	Fuerte de Fuentes 1605 en el lago de Como, con molino acueductos y cisternas  Revision de defensas en Lombardia 1605  Creacion de la escuela de fortificacion en Milan en 1604 de la que fue primer director Fuerte de San Felipe de la Mamora 1614	<i>Discurso del capitán Cristóbal Lechuga en que trata del cargo de maestro de campo general y de todo lo que de derecho le toca en el exercito 1603</i> <i>Discurso que trata de la Artillería y de todo lo necesario a ella, con un tratado de fortificación y otros advertimentos. Dirigida al Rey N.S.» 1611</i>
Bernardino de Mendoza	1540-1604	Licenciado en Arte y Filosofia Ingeniero Militar		<i>Comentario de lo sucedido en los Países Bajos desde el año 1567 hasta el de 1577</i>  <i>Teórica y práctica de la guerra</i>
Fray Pedro de Meza	Segovia ?	Jeronimo	Sistema Hidráulico de Segovia Reparacion 1483	
Alonso de Meza		Ingeniero Hidraulico	Suministro de agua desde el Júcar hasta Valencia 1501	
Juan de Oviedo	España Brasil 1625	Ingeniero Militar	Obras para evitar las inundaciones en Sevilla  Fortificaciones en Bahía de Todos los Santos Fortificaciones en Brasil	
Beneddeto de Ravenna		Ingeniero militar	Fuerte de Berlanga  Castillo de Villalpando Recinto fortificado de Melilla Ciudadela de Rosas Fortaleza de Mazagón Fortificación de Perpiñan	

Nombre	Nacimiento/ Muerte	Formacion	Principales Obras	Tratados
Cristobal de Rojas	Toledo 1555	Arquitecto Ingeniero Militar	Fortificación de Cadiz Fuertes en Gibraltar, Ceuta 44 Torres en la costa de Andalucía 1613 Fuerte Felipe III en La Marmora	<i>Teoría y práctica de la fortificación 1598</i> <i>Sumario de la Milicia antigua y moderna... 1607</i> <i>Compendio y breve resolución de Fortificación... 1613</i>
Juan Bautista de Toledo	Madrid 1515-1567	Arquitecto Ingeniero hidraulico Escultor	Trazo original del Escorial 1559 su discípulo en esta obra era Juan de Herrera Sistema Hidraulico del Palacio Real de Aranjuez Jardines del Palacio Real de Aranjuez Suministro hidráulico del Escorial Casa de campo y Alcazar de Madrid Sistema hidraulico de la granjilla de la fresnada 1563	
Pedro Luis de Escrive	España	Ingeniero Militar	Fuerte de L'Aquila Fuerte de San Telmo en Napoles	<i>Apología en excusación y favor de las fabricas del Reino de Napoles 1538</i>
Firrufino, Julio Cesar	Italia	Ingeniero Militar		<i>El perfeto artillero : theorica y pratica, 1648</i>
Antonio Ferramolino	Italia SXVI	Ingeniero Militar	Fortificación de la ciudad de Sicilia Fortificación de La Goleta Fuerte San Angelo Fuerte San Elmo	
Fratin Peleazzo y Jorge	Italianos	ingenieros militares	Reino de valencia y en Baleares Puente de Zuazo en Cadiz Murallas de Ibiza	
Juan Galvez	Español	Ingeniero Hidraulico	Suministro de Agua a Valladolid 1514-1519	
Juan Gómez de Mora	Madrid, 1586 Madrid 1648	Arquitecto y pintor	Maestro mayor del Alcazar de Madrid 1610 Sistema Hidraulico de los jardines del Alcazar Finalizacion de la Plaza Mayor 1619 La Cárcel de Corte de Madrid 1629 La Casa de la Villa 1645	
Vespasiano Gonzaga	1531-1591	Ingeniero Militar y Humanista	ciudad de Sabbioneta en Italia Cartagena de Levante fortificaciones Fuertes en la costa valenciana puertos africanos de Oran y Mazalquivir	
Juan de Herrera	1530-1597 España		Monasterio del Escorial Alcazar de Toledo ( fachada) Lonja de Sevilla	<i>Libro del saber de astronomía</i> <i>discurso sobre la figura cubica</i>
Pietre janson	Holandés	Diguero	Presa de Ontigola en Aranjuez Estanques en la Granjilla	
Juanelo Turriano	Italia 1501- Toledo 1585	Relojero ingeniero	Ingenios para elevar el agua al alcazar de Toledo Maquina de distribución de agua para el sistema de la Granjilla	

Nombre	Nacimiento/ Muerte	Formacion	Principales Obras	Tratados
Juan Bautista Lavarra			Navegación del Duero 1600	
Juan Pedro Livadote	Italiano	ingeniero militar	Sistemas de Alcantarillado en la Villa de Madrid Sistemas Hidraulicos de abastecimiento en la Villa de Madrid Acequia de Aranjuez hacia el Tajo Trazas para las torres defensivas entre Gibraltar y Ayamonte	
Jeronimo Marqui		Ingeniero militar	Camino entre Pamplona y Egui en Guipuzcoa Torres defensivas en la costa de barcelona	
Juan Martinez	español	Albañil	Muelle de san Leandro en Cartagena	
Francisco Sanchez	Español		Sistema Hidraulico de captación conducción y fuente grande en la villa de Ocaña 1578	
Juan Sanz de la Paza	Español		Sistema hidraulico de Olarín a San Sebastian 1566	
Juan Francisco Sitton	Italiano	Ingeniero Hidraulico	estudio y proyecto para finalizar la acequia imperial 1566 Sistema de riego y acequia de Colmenar en la región de Aranjuez	
Tiburcio Spannocchi	Siena Italia 1541 Madrid España 1606	Ingeniero militar	Obras Hidraulicas para evitar Inundaciones periódicas en Sevilla. Fuenterrabía, Guetaria, Pasajes y San Sebastián. Trazas para la construcción de fuertes en el estrecho de Magallanes 1581. La fortificación de la Ciudad de Cádiz 1587. Punta del Judío, Cartagena de Indias 1588. La ciudadela de Jaca para la protección de Aragón 1592	<i>Trascripción del Reconocimiento de Gibraltar y Tarifa (1603). la descripción del Valle de Arán</i>  <i>Descripción de las Marinas de todo el Reino de Sicilia</i>
Leonardo Turriano			Muelle de la Isla de La Palma 1584 Proyecto Canal de Guadalete 1624	<i>Descripción de las islas canarias</i>  <i>Descripción de las plazas de Orán y Mazarquivir, en materia de fortificar</i>
Vedel Pierre	Francia ?- España 1561	Ingeniero Hidraulico	Sistemas de desagüe y protección hidraulica en Daroca 1555 Acueducto de los arcos de Teruel Sistema de suministro de Agua a Teruel 1537 Suministro a Celadas	
Juan De Velez	España	ingeniero hidraulico	Suministro de Aguas a Cuenca	
Yuza y Mahoma	Musulmanes	Ingenieros Hidraulicos	Suministro de Agua de la Huerta de las marinas a valladolid 1496-1500	