

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



ANALISIS COMPARATIVO DE ESPECIFICACIONES
PARA EQUIPOS DE BOMBEO EN UNA
PLANTA DE PAPEL

ARTURO VALTIERRA VAZQUEZ
CESAR GARCIA ROJAS

INGENIERO QUIMICO

M-23771

1980



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.

A mi querido padre, Sr. César García Gandoval
y a mi adorada madre, Gra. Francisca Fojas de
García a quienes con sus sacrificios, sus preo-
cupaciones y sus sabios consejos que me supie-
ron dar desde las primeras letras hasta la ob-
tención de este grado.

Con eterno agradecimiento.

A DIOS

A mi esposa Lupita y a mis hijas Candy y
Faby, que han motivado mi vida para una
constante superación y que son mi máximo
orgullo.

Con todo mi amor.

A mis hermanos .

Rosaura	Antonio
Jorge	Frida
Fernando	Lourdes
Yolanda	

A Toñita

A mis tios y primos.

A quienes agradezco sus palabras de estímulo para la terminación de esta Tesis.

A la FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS.

A todos mis MAESTROS.

A mis amigos y compañeros en general.

Con todo mi agradecimiento al Ing. Vladimir Estivil R. que desinteresadamente colaboró y ayudó para la realización de esta tesis.

A Worthington de México S.A. que mucho ha influido en mi formación profesional, a mis compañeros y amigos pero en forma especial al Ing. Javier Alvarez F.

A MIS QUERIDOS PADRES:

Por su admirable interés
y anhelo para que yo real
lizara una carrera.

A MI QUERIDA ESPOSA E HIJO:

En reconocimiento a su apoyo
y los momentos felices que -
me han brindado.

A MIS HERMANOS:

Con admiración y respeto.

A MIS AMIGOS:

Con agradecimiento por
la ayuda para la culmi
nación del presente.

I N D I C E

<u>CAPITULO</u>		<u>PAGINA</u>
I	INTRODUCCION	1
II	GENERALIDADES	4
III	DESCRIPCION DE ESPECIFICACIONES	17
IV	BOMBEO EN LA FABRICACION DE PAPEL	24
V	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	40
VI	ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO	47
VII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
VIII	BIBLIOGRAFIA	60

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

En la actualidad, el desarrollo de las técnicas aplicadas a los procesos, así como las especificaciones de los mismos, requieren que los equipos de bombeo sean más sofisticados y satisfactorios; es por ello que se han formado asociaciones de Ingeniería para la investigación de proyectos y la estandarización de los equipos y sus materiales.

Existe una diversidad de equipos de bombeo y diferentes clasificaciones de ellas; motivo por el cual, en éste trabajo solamente enfocaremos en análisis económico al tipo más empleado en la industria, siendo éste la bomba centrífuga y nos referimos en particular a su uso en la fabricación de papel.

La fabricación de pulpa y papel es una de las industrias más antiguas y más grandes del mundo. Es difícil comparar en tamaño ésta industria con otras, debido a los múltiples usos tanto de la pulpa como del papel y a la acumulación de valores de los muchos productos hechos con éstos materiales básicos. Al costo de la pulpa usada en la fabricación de papel, debe adicionarse el valor del papel manufacturado, así como el precio del producto acabado, el cual puede ser un libro, una revista, una caja, una bolsa, un paquete de artículos de papelería ó un periódico.

La industria del papel tiene un record de tremendo crecimiento detrás de ella y un potencial casi ilimitado para su futuro desarrollo. Pocas in--

industrias de tan gran historial se pueden jactar de una rapidéz de desarrollo tan sólido en términos de tonelaje de producción y de consumo de productos.

Es interesante hacer notar que el consumo de papel aumentará de un 60% a 100% en los próximos 25 años, según predicciones basadas en estimaciones de población, en los nuevos productos y los nuevos usos que se están desarrollando.

Para una clase de papel a producir existirá un proceso para su obtención, situándose entre los métodos clásicos de fabricación de pasta mecánica y de pulpa química, los cuales emplean fundamentalmente, ya sea energía mecánica ó química para la separación de las fibras. Estos procedimientos requieren desplazar los materiales empleándose para ésta función el equipo de bombeo que cumpla lo más satisfactoriamente las condiciones establecidas.

La selección de la mejor bomba para cada trabajo, es una combinación de experiencia, buen juicio y conocimiento de las bombas que están disponibles. Muchas bombas pueden reunir un conjunto particular de condiciones, pero se tendrá una que será la más apropiada para las necesidades de toda la operación y el punto de vista económico. Para llegar a ésta selección es necesario tener completas las condiciones de servicio, incluyendo todos los datos, tales como servicio continuo ó intermitente; servicio interior ó intemperie; variación en capacidades, presiones y temperaturas, y tipo de motor; condiciones que también afectan el diseño y construcción de la bomba. Un buen axioma a seguir es que la bomba seleccionada debe reunir todos los lineamientos necesarios tanto mecánicos como hidráulicos.

En virtud de que las industrias requieren cada día de un desarrollo constante, en todas las líneas de su proceso; al Ingeniero Químico le impera la necesidad de conocer una amplia gama de elementos, tanto químicos como físicos, indispensables para la superación y perfeccionamiento en sus ---

métodos de operación, producción, estimación, mantenimiento, compras, ventas, organización, dirección, etc., para realizar una actividad adecuada y eficiente dentro de la empresa.

Es por eso que el objetivo de la tesis desea proporcionar una idea de los aspectos básicos que contribuyen a la elección más apropiada del equipo de bombeo, de acuerdo a sus materiales de construcción considerándose la ingeniería del sistema óptima y confiable.

En primer lugar, se describe el equipo de bombeo según su clasificación tradicional a el proceso para la fabricación de papel y los requisitos mínimos de selección de la bomba de acuerdo a las características del líquido a manejar.

Posteriormente, en base a la experiencia de los fabricantes y lo que recomiendan los organismos establecidos, se efectuarán los cálculos necesarios y lineamientos a seguir para la evaluación y así dar una sugerencia respecto al equipo adecuado a emplear.

C A P I T U L O I I

G E N E R A L I D A D E S

La evolución de los sistemas de bombeo permitió a la civilización alejarse de los ríos y manantiales y desarrolló bastas zonas de terreno que anteriormente eran inhabitables.

Los antiguos Chinos y Egipcios mejoraron los ingenios entonces conocidos para movimiento ó elevación de agua. Arquímedes de Siracusa en Sicilia, fué el hombre de ciencia y matemático más famoso de la antigüedad; sus descubrimientos fueron tan fundamentales, que se relacionan con todas las ramas de la ciencia moderna, no obstante no tuvo empacho en aplicar sus conocimientos a problemas prácticos, además de inventar la polea y diseñar ingeniosas máquinas de guerra, su nombre se relaciona con el tornillo de arquímedes una especie de bomba hidráulica.

El agua puede elevarse a un nivel más alto haciendo girar sencillamente el tornillo. Antes de Arquímedes se desconocía el empleo del tornillo como sujetador, ó para aplicar fuerza mecánica, y probablemente su invento sugirió esos usos.

En 1840 Henry R. Worthington inventó la bomba de vapor de acción directa. Desde entonces el progreso experimentado ha convertido las bombas en una necesidad de la vida moderna,

Pocas máquinas ó herramientas han tenido una historia más larga al servicio del ser humano que las bombas.

Cada uno de los procesos industriales que precede nuestra civilización -- está relacionado con el transporte de fluidos.

Así es que la bomba, que es el medio mecánico para realizar éste transporte es una parte esencial en los procesos. El crecimiento y desarrollo de éstos procesos está relacionado íntimamente con el desarrollo y las mejoras de los equipos de bombeo.

Se estima que hoy en día la bomba centrífuga cuenta con no menos del 75% de la producción total mundial de bombas. La misma ha pasado por desarrollos que la han hecho más eficiente, más confiable, más rápidamente adaptable a un rango de servicio en constante crecimiento.

CLASIFICACION DE BOMBAS

Antes de hablar y definir cuales son los puntos ó partes del proceso, se presenta un resumen simple a las características de cada uno de los tipos de bombas que se encuentran con mayor frecuencia en el mercado.

Básicamente, una bomba es una máquina diseñada para añadir energía a un fluido.

El esquema siguiente muestra una amplia clasificación de las bombas. Existen muchas variantes y modificaciones en éstos tipos básicos.

DESPLAZAMIENTO
POSITIVO

ALTERNATIVAS

{ PISTON
EMBOLO
DIAFRAGMA

Pueden ser de di--
seño Simplex ó ---
Multiplex.

ROTATIVAS

{ ENGRANES
TORNILLO
PALETAS
LEVAS
LOBULOS

NEUMATICAS

CENTRIFUGAS

{ FLUJO RADIAL
FLUJO AXIAL
FLUJO MIXTO

Pueden ser de -
uno ó varios pa
sos e impulsor-
abierto ó cerra
do.

BOMBAS ALTERNATIVAS

Estas bombas están incluidas en las de desplazamiento positivo y su funcionamiento es sencillo ya que utilizan un pistón ó un émbolo para realizar el trabajo.

Los trabajos que normalmente desempeñan éstas bombas son los de inyección de agua a altas presiones y el traseiego de líquidos.

Existen dos tipos de bombas en ésta clase, las de acción directa movidas por vapor y las bombas de potencia. Las bombas de acción directa se fabrican de un pistón de vapor y un pistón de líquido que se denominan ---- simplex; y de dos pistones de vapor y dos de líquido conocidos como ---- duplex. Las bombas duplex de acción directa es la combinación de dos bombas, una colocada al lado de la otra, en tal forma que abriendo la válvula de la línea de admisión de vapor funciona una; otra por la alternada distribución de vapor por medio de unas válvulas de distribución a los cilindros de vapor, los émbolos de los cilindros de vapor están montados en vástagos que son comunes a los émbolos de los cilindros de agua correspondientes, los cilindros de vapor son siempre de mayor diámetro que los de agua.

Se utilizan para alimentación a calderas, manejo de lodos, bombeo de aceite. Las bombas de émbolo se utilizan para presiones más altas que las que pueden desarrollar las bombas de pistón. Las bombas de potencia generalmente utilizan una fuente de energía externa como es un motor eléctrico que transmite su movimiento por medio de bandas ó directamente acoplado a un reductor de velocidad, lo cual hace que el gasto sea constante. Todas éstas bombas tienen una válvula de alivio en la descarga, con objeto de proteger la bomba y su tubería.

BOMBAS ROTATIVAS

Las bombas rotativas se caracterizan por la diversidad de tipos de diseños diferentes existentes en el mercado. Muchos de ellos han de ser realmente ingeniosos y a juzgar por los cientos de patentes expedidos en éste tipo de bombas; vamos a limitarnos en lo que sigue a las más comunes.

Las bombas de engranes externos es probablemente el tipo más empleado, -- conducen el líquido por el espacio entre los dientes de los engranes siguiendo una trayectoria circular, hacia afuera están constituidas de dos engranes (inducido y motriz) que giran alojados con una tolerancia muy estrecha dentro del cuerpo de la bomba. Los tipos de engranes pueden ser de dientes rectos, helicoidal sencillo ó doble helicoidal "Herringbone", con la succión por un lado y la descarga por el otro. Al igual que las bombas alternativas, las bombas rotativas tienen una válvula de alivio en la descarga para proteger la bomba y su tubería.

En las bombas de engranes internos el líquido es desplazado entre un engrane con dientes cortados por su parte interior (incluido) los cuales encajan con un engrane cortado externamente, además se utiliza entre ellos una pieza fija en forma de media luna para evitar que el líquido regrese al lado de la succión.

Las bombas de tornillo están constituidas de (uno, dos ó tres tornillos) inducidos en espiral que giran excéntricamente en un alojamiento fijo. El líquido fluye entre la rosca de los tornillos a lo largo de los ejes de estos.

Las bombas lobulares son semejantes a las de engranes externos. Se construyen en dos y cuatro lóbulos con grandes desplazamientos por vuelta y -

finalmente están las bombas tipo Paletas, donde el líquido es atrapado entre dos aspas las cuales al girar lo conducen con fuerza hacia la descarga de la bomba.

Estas bombas generalmente consisten de un cuerpo fijo que contiene engranes, aspas, levas, tornillos, etc., construídos ya sea en hierro, acero y bronce; por lo general se utilizan para manejar líquidos viscosos, cualquier líquido que esté libre de sólidos abrasivos, además proporcionan un flujo continuo independiente de las presiones variables de descarga.

La mayoría de las bombas son autocebantes y su aplicación principal está en el manejo de procesos químicos, alimentación de aceite a quemadores, manejo de grasas y gases licuados y una variedad de servicios industriales.

BOMBAS CENTRIFUGAS

Como en cualquier otra bomba las del tipo centrífuga convierten la energía proporcionada por una máquina motriz, como un motor eléctrico, turbina de vapor ó motor de combustión interna, en energía interna del líquido que se bombea, ésta energía interna del líquido se manifiesta como energía de velocidad ó de presión ó como ambas a la vez.

Una bomba centrífuga está constituida de un elemento fijo y otro giratorio pudiendo incluir en el elemento fijo la caja de empaques y los anillos de desgaste y el elemento giratorio, el impulsor montado sobre la flecha; analizando el funcionamiento de las mismas tenemos:

CARCAZA - dirige el flujo del fluido a la salida del impulsor, por el diseño propio transforma la energía cinética a energía de presión,

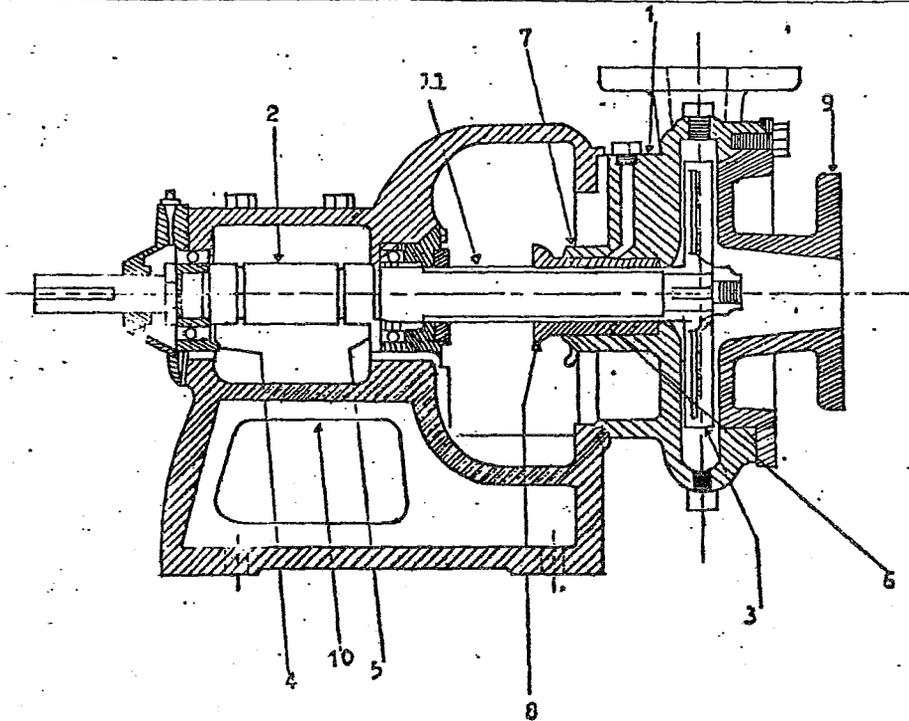
IMPULSOR - imparte energía de velocidad al fluido como resultado de la fuerza centrífuga con que el impulsor gira.

FLECHA - transmisora de la potencia que hace accionar al impulsor,

CAJA DE EMPAQUES O ESTOPERO - es un mecanismo que limita el goteo entre la flecha y la carcaza, no es usualmente una parte separada aunque puede estar constituida de lo siguiente:

- a) empaquetadura (reduce el goteo entre el interior y el exterior de la carcaza).
- b) prensa estopas (mantiene la posición y el ajuste de la empaquetadura).
- c) jaula de sello (suministra una distribución adecuada del medio sellante alrededor de la sección de la flecha que pasa a través de la caja de empaque).
- d) anillos de desgaste (minimiza la recirculación interior teniendo éstas partes superficies de desgaste reemplazables, permite el renovar el claro entre ellos y el impulsor con el cual se mantiene alta la eficiencia de la bomba.

CORTE SECCIONAL DE BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL



PARTES PRINCIPALES

1. Carcasa
2. Flecha de la Bomba
3. Impulsor
4. Cojinete axial
5. Cojinete radial
6. Impaquetadura
7. Jaula de sello
8. Prensaestopas
9. Cabeza de succión
10. Soporte
11. Camisa de flecha.

TIPOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS

Las bombas centrífugas se pueden dividir en diferentes tipos, básicamente la división incumbe al propio impulsor especificando la relación de la dirección del flujo en el impulsor con respecto a los ejes de rotación; así las pueden tener impulsor de flujo radial, impulsor de flujo axial ó impulsor de flujo mixto el cual es una combinación de los dos primeros. Estos impulsores pueden además ser del tipo cerrado, abierto ó semiabierto.

Otra división corresponde a la dirección del flujo hacia el impulsor, así los impulsores pueden ser de doble succión cuando el fluido se encamina hacia el impulsor simétricamente a partir de ambos lados ó simple succión ó impulsor con una entrada en un lado.

La división de las bombas centrífugas en base al tipo de carcaza se tienen dos grandes grupos: bombas de carcaza tipo voluta y bomba tipo turbina ó difusor, en ambos casos la carcaza puede ser partida axialmente ó radialmente.

Siendo necesario conocer las características de cada uno de los tipos de bombas, se hace una descripción de su funcionamiento considerando la dirección del flujo con respecto a los ejes de rotación.

- 1.- BOMBAS DE FLUJO RADIAL
- 2.- BOMBAS DE FLUJO AXIAL O PROPELA
- 3.- BOMBAS DE FLUJO MIXTO
- 4.- BOMBAS TIPO TURBINA

1).- BOMBAS DE FLUJO RADIAL:

Se incluyen en ésta clase las bombas tipo voluta y las del tipo difusor.- Las bombas tipo voluta están constituidas principalmente por el impulsor de un cierto número de álabes que gira solidario con flecha, la carcasa que se expande progresivamente en tal forma que la velocidad del fluido se reduce gradualmente. En su funcionamiento el líquido entra en dirección axial a través del eje del impulsor para pasar por los pasajes del mismo y descargar en la cámara circundante. Se construyen para manejar pequeños y grandes gastos que contengan partículas en suspensión de pequeño diámetro además pueden construirse de uno ó varios impulsores (bombas-multipaso) dependiendo de la carga manométrica.

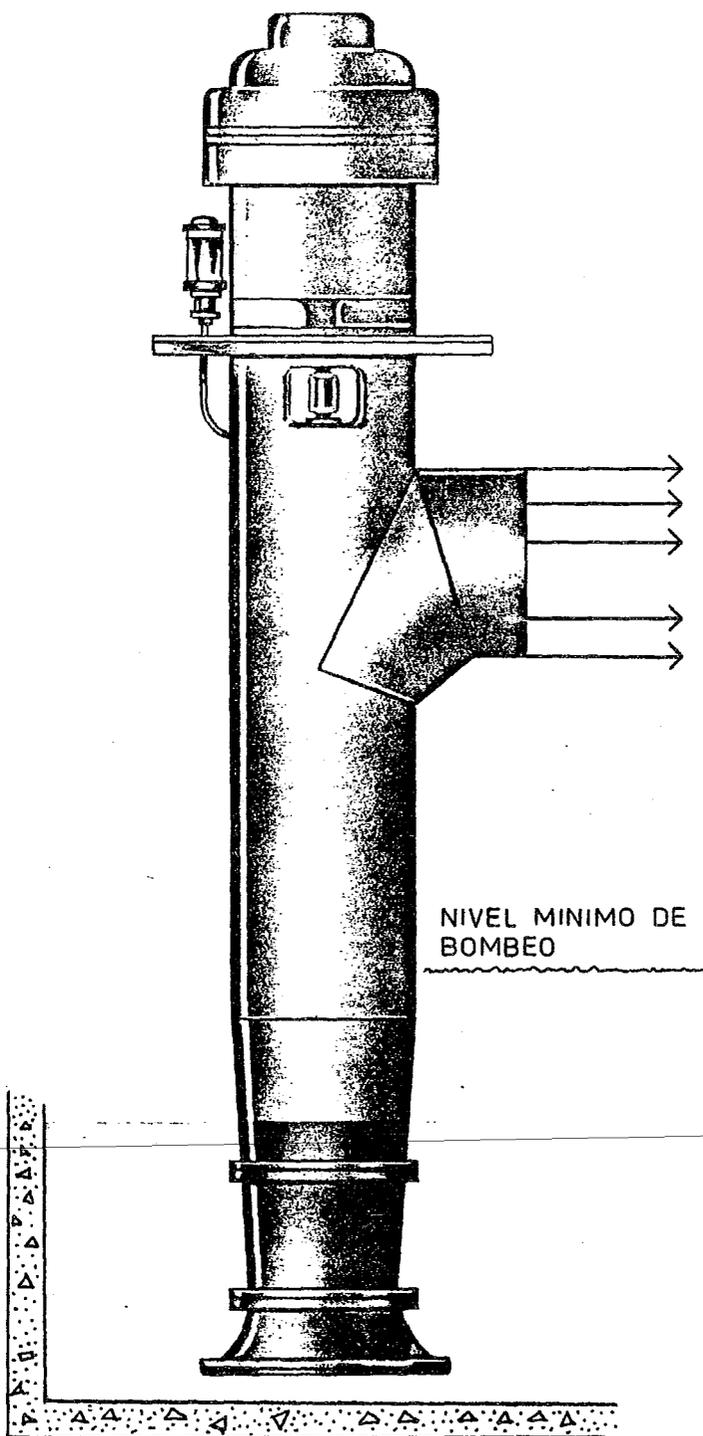
Las bombas tipo difusor se construyen igual que las bombas tipo voluta -- con la única diferencia de que contienen una corona directriz ó corona de álabes direccionarios estacionarios que rodean al impulsor, que transforma la energía cinética comunicada por el impulsor en energía de presión -- ya que la sección de paso aumenta en ésta corona en la dirección de flujo.

2).- BOMBAS DE FLUJO AXIAL O PROPELA:

Las bombas de flujo axial desarrollan su carga por la acción de impulsor-- ó álabes sobre el líquido al girar el impulsor que tiene la forma de hé-- lices y son adecuados para grandes caudales ya que pueden manejar hasta - 4 M3/seg. y pequeñas cargas manométricas de 9 metros de columna de agua - por paso además de que tienen una eficiencia de 73 a 84%. El diámetro de la succión es el mismo que el diámetro de la descarga, admite el paso de sólidos en suspensión hasta de 3.0 cm. de diámetro, se utilizan por lo ge-

neral en sistemas de irrigación y drenaje.

BOMBA TIPO PROPELA PARA CARCAMO



3).- BOMBAS DE FLUJO MIXTO:

Las bombas de flujo mixto desarrollan su carga manométrica por una parte por la fuerza centrífuga y por otra por el impulso de los álabes del impulsor sobre el líquido, en éstas bombas el diámetro de descarga de los impulsores es mayor que el de succión.

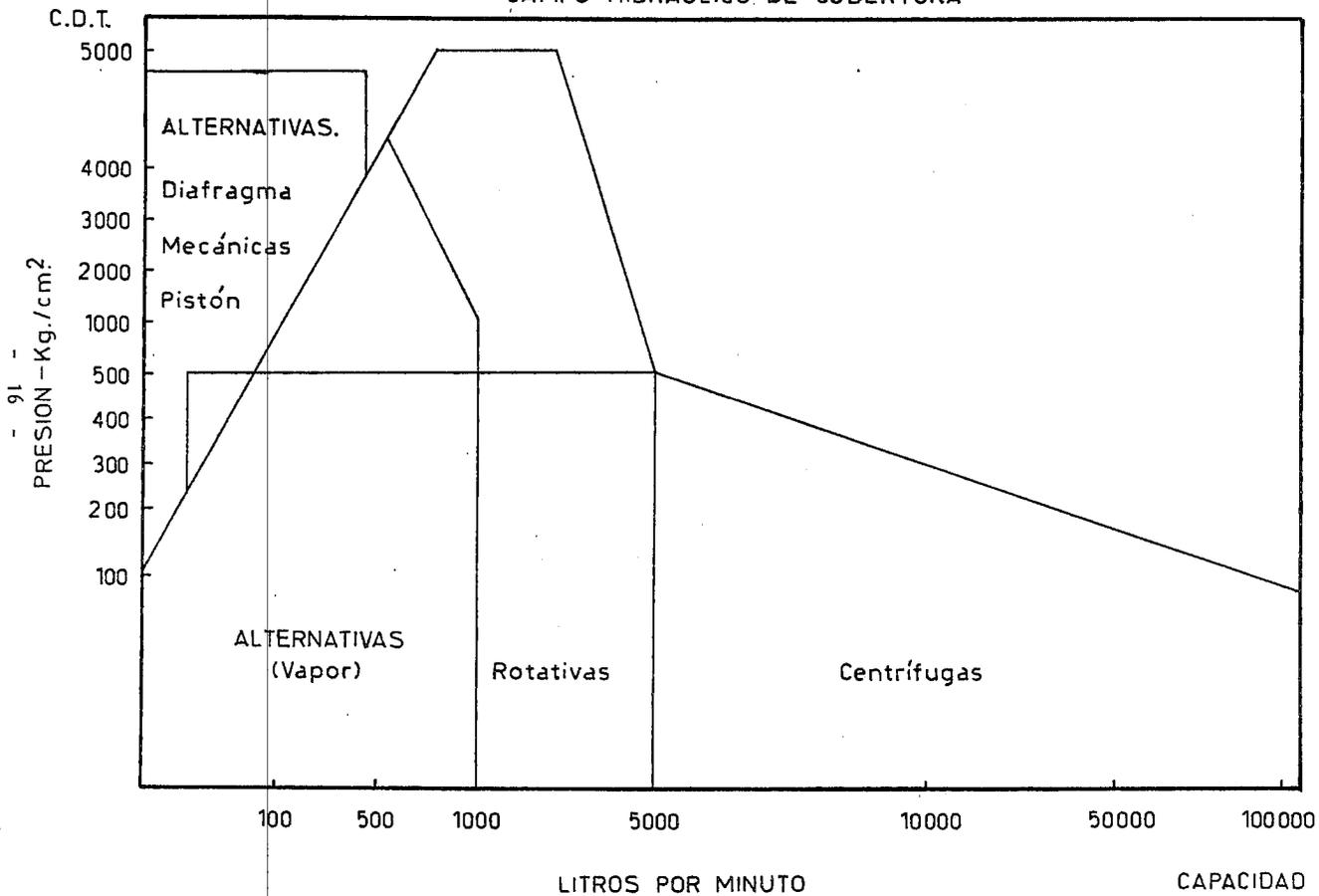
4).- BOMBAS TIPO TURBINA:

En ésta subdivisión se incluye la bomba tipo turbina para pozo profundo, es de construcción vertical lo cual reduce mucho espacio y requiere de una cimentación sencilla; la bomba centrífuga vertical tipo turbina está diseñada para operar en pozos profundos, tanques, cárcamos, etc., consta de tazones con impulsores cerrados ó semi-abiertos el que puede ser de uno ó varios pasos colocados en una misma flecha que depende de las condiciones específicas de capacidad, carga y velocidad de operación. El cuerpo de tazones se conecta al cabezal de descarga por medio de una columna de descarga en la que se encuentra la flecha.

CAMPO HIDRAULICO DE COBERTURA

Se tienen zonas de superposición entre las bombas centrífugas, rotatorias y alternativas puesto que existe una diversidad de diseños en tamaños de dichas bombas que cubren un mismo rango de capacidades y presiones (ó alturas) y en éstos casos la viscosidad del líquido, sólidos en suspensión, etc. dan la norma para la selección del tipo de bomba. A continuación indicamos el campo de cobertura de éste tipo de bombas presentando sus condiciones de capacidad y altura.

CAMPO HIDRAULICO DE COBERTURA



C A P I T U L O I I I

DESCRIPCION DE ESPECIFICACIONES

En abril de 1917 se formó la primera sociedad de la industria de bombeo - debido a la necesidad urgente de resolver problemas de ingeniería causa-- dos por el número de compañías constructoras de bombas centrífugas que -- proliferaron sin un incremento correspondiente en diseñadores conocedores y experimentados, ésto originó una organización para la discusión y solu-- ción de problemas técnicos relacionados con el equipo de bombeo, ésta --- organización fué formada por el más grande fabricante de bombas bajo el - nombre de Instituto Hidráulico. Se desarrollaron normas y se publicaron-- por éste Instituto a fin de codificar experiencias de perfeccionamiento, - hoy al mismo tiempo que la actividad ha crecido, la ingeniería tiene un - básico interés.

Las más importantes manifestaciones de éste interés aparece en el desarro-- llo de códigos, conferencias sobre ingeniería, patrocinio de cooperativas sobre investigación de proyectos.

En 1921 se publica la primera edición, a partir de ésta fecha en adelante se efectúa una completa revisión de la edición precedente incluyendo las-- nuevas normas.

Todo el texto es checado con exactitud, claridad y concordancia con los - modernos conceptos de la ingeniería hidráulica. Este trabajo es elabora--

do por comités técnicos integrados por ingenieros especializados en forma particular de los diferentes tipos de bombas.

Los comités y asociaciones formados han publicado las especificaciones en los códigos como una ayuda para la obtención de los mínimos requerimientos del diseño y materiales de construcción de la bomba centrífuga para su conocimiento en común por el fabricante, el usuario y consultores ya que éstas normas no intentan impedir la adquisición del equipo fuera de especificaciones.

La industria petrolera desarrolló los bien conocidos standards: A.P.I. -- (Instituto Americano del Petróleo). Si bien éstas normas no incluyen recomendaciones sobre dimensiones externas de bombas, son bastante completas y han acumulado el conocimiento y experiencia de los fabricantes y -- usuarios. La industria química desarrolló los standards A.V.S. (Standards Americanos Voluntarios) que incluyen dimensiones externas de bombas como se especifican en las normas ANSI, en otras áreas se están estudiando -- otras normas.

El desarrollo de las normas tienen una fase de gran importancia como es -- la estandarización la cual tiende a simplificar la manufactura y montaje de la bomba considerando básicamente los siguientes conceptos:

1.- FLEXIBILIDAD DE ADAPTACION.

Su diseño básico puede solidificarse fácilmente para muchos servicios específicos en diversos materiales.

2.- SENCILLEZ.

La sencillez del diseño es de importancia primordial por tres razones, en primer lugar disminuye el costo porque reduce el número de piezas, en segundo para evitar el desalineamiento es preciso contar con la mínima can-

idad de piezas y tercero el mantenimiento se simplifica extraordinariamente.

El enfoque de los puntos anteriores es el de obtener provecho objetivo -- del tamaño económico del lote para el mantenimiento de niveles de inventarios satisfactorios controlando la inversión en refacciones y material de reparación de acuerdo con los requerimientos de producción y mantenimiento.

El mantenimiento debe realizarse en una contribución significativa al --- control económico de inventarios de refacciones ó existencia (existencia-económica óptima). La familiaridad del mantenimiento con el equipo es la clave para la estandarización por tal motivo se debe efectuar con efectividad el mantenimiento preventivo y correctivo así como la adecuada especificación del personal.

El mantenimiento preventivo es la inspección periódica de los activos y - del equipo de la planta para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción y depreciación perjudicial. El mantenimiento correctivo implica el mejoramiento de diseño y mejores materiales de - construcción.

3.- FORTALEZA.

Es la consideración esencial para una vida prolongada y libre de desgaste

4.- MATERIALES DE CONSTRUCCION.

La selección del material es fundamentalmente en base al fluido a manejar que se supone conocido, determinados líquidos originan problemas especiales y en éstos casos el fabricante de la bomba puede ayudar con su experiencia, generalmente se utiliza hierro fundido, acero, bronce y acero -- inoxidable, también pueden ser considerados el aluminio y aleaciones espe

ciales resistentes a la corrosión.

5.- SENCILLEZ DE INSTALACION.

Este aspecto tiende a incluir los requerimientos de intercambiabilidad--- dimensional y razgos de diseño para facilitar la instalación y manteni--- miento.

A continuación se presenta la tabla I mostrando los materiales más comúnmente utilizados en la industria del papel así como la metalurgia recomendada por los diferentes códigos en la tabla II.

T A B L A I

CLAVE DE MATERIALES	I	II	III	IV	V
CARCAZA	FE.FO.	FE.FO.	BRONCE	FE.FO.	AC.INOX.
IMPULSOR	FE.FO.	BRONCE	BRONCE	AC.INOX.	AC.INOX.
ANILLO DE CARCAZA	FE.FO.	BRONCE	BRONCE	FE.FO.	AC.INOX.
FLECHA	ACERO	ACERO	ACERO	ACERO	AC.INOX.
CAMISA DE FLECHA	ACERO	BRONCE	BRONCE	AC.INOX.	AC.INOX.
PRENSA ESTOPAS	FE.FO.	BRONCE	BRONCE	FE.FO.	AC.INOX.

- I - BOMBA TODA DE FIERRO FUNDIDO
- II - BOMBA CON CARCAZA DE FIERRO FUNDIDO E INTERNOS DE BRONCE
- III - BOMBA TODA DE BRONCE
- IV - BOMBA CON CARCAZA DE FIERRO FUNDIDO CON INTERNOS DE ACERO INOXIDABLE.
- V - BOMBA TODA DE ACERO INOXIDABLE (considerando los aceros 416,304 y 316).

T A B L A II

SELEC. DE MAT.	ASTM	CODIGOS ACI	AISI	CORRESPONDENCIA COMERCIAL
1	A 48 clase 20, 25, 30, 35, 40 y 50.	-	-	Hierro gris (f <u>ie</u> rro fundido).
2	B 143, 1B y 2a.	-	-	Bronce.
3	A216-WCB	-	1030	Acero al carbón
4	A217-C5	-	501	Acero al 5% Cr.
5	A216-CA 15	CA-15	410	Acero al 13% Cr.
6	A296-CB30	-	-	Acero al 20% Cr.
7	A296-CC50	CC50	446	Acero al 28% Cr.
8	A296-CF8	CF8	304	Acero austenítico 18-8 A. Inox. 304
9	A296-CF8M	CF8M	316	Acero austenítico al molibdeno 18-8 A. Inox. 316
10	A296-60T	CN-7M	-	Aleaciones de ace ros para condici <u>o</u> nes de corrosivi- dad severas.
11	-	-	-	Aleaciones de ni- quel.
12	-	-	-	Hierro fundido al alto silicio.
13	-	-	-	Hierro fundido -- sustenítico.
14	-	-	-	Aleaciones niquel Cobre.
15	-	-	-	Niquel.

- A.- BOMBA TODA DE BRONCE
- B.- BOMBA CON INTERNOS DE BRONCE
- C.- BOMBA TODA DE HIERRO

C A P I T U L O I V

BOMBEO EN LA FABRICACION DE PAPEL

Antes de que el papel se inventara el hombre esculpía sus anotaciones en piedra, las escribía en lápidas de arcilla ó en papiro y pergamino.

El papiro fué el precursor del papel el cual se hacía en Egipto desde épocas tan remotas como el año 2400 A.C., se preparaba descortezando las fibras gruesas de la planta del papiro dejándolas entrecruzadas sobre una su superficie dura y lisa posteriormente se comprimen hasta formar una hoja.

El descubrimiento del arte de fabricar papel pertenece a los chinos, no se conoce con exactitud la fecha pero se cree que haya sido en el año 105 D.C ya que durante ése tiempo TS' AI LUN a quien se le acreditaba éste invento informó él mismo al emperador.

Se piensa que las primeras hojas de papel se hicieron hasta cierto punto a partir de fibras vegetales tales como las de bambu y la corteza interna -- del árbol de moras, se agregan desperdicios de tela mojados en agua formándose una masa fibrosa a la cual se le deja secar dando como resultado la -- primera hoja de papel.

En el año 704 los árabes conocieron éste proceso para posteriormente difundirlo a toda Europa, los árabes introdujeron ciertas mejoras siendo la más importante la substitución de trapos de lino por fibras de madera.

En el año 1805 los moros en España manufacturaron papel hecho en Europa; a los españoles se les atribuye una mejora muy importante que es el uso de molinos de agua para accionar elementos trituradores en lugar de la ener--

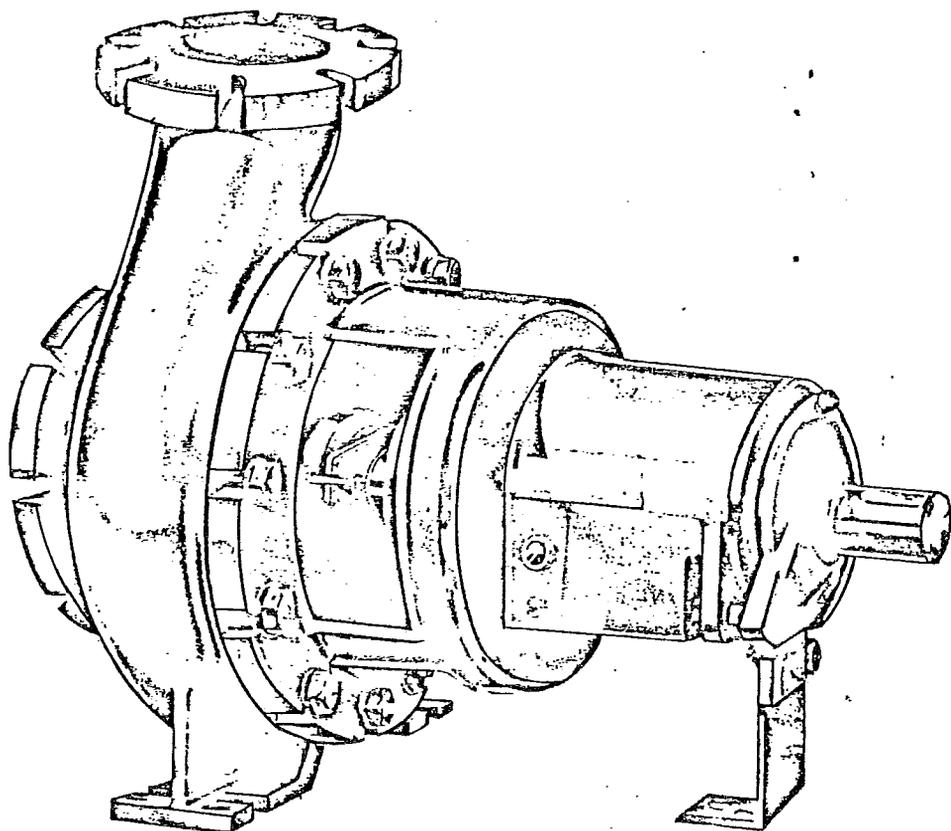
gía manual usada inicialmente. Italia al igual que Francia aprendió de -- España el arte de la elaboración del papel durante el año 1200, a los ho-- landeses pertenece el honor de haber inventado la pila batidora en una for-- ma sustancialmente igual a la usada hoy en día, éste invento se realizó -- por el año de 1950.

Por los años de 1800 hasta los cuales se ha seguido aquí el desarrollo del arte de la fabricación de papel todo el papel que se elaboraba era hecho - a mano es decir el depósito del material fibroso a partir del estado acuo-- so se llevaba a cabo sobre un molde de alambre ó colador manipulado por el operario.

Basados en los desarrollos de las máquinas impresoras, hacia fines del si-- glo XVIII se hicieron esfuerzos para superar las limitaciones de tamaño -- impuestas por el uso de un molde manual y para proyectar una máquina que - produjera el papel en hojas ó rollos de longitud prácticamente ilimitada.

En 1798 en Francia Louis Robert inventó la máquina de hacer el papel en -- forma contínua , por razones económicas la patente de ésta máquina fué ven-- dida a los hermanos Four Drynier los cuales la mejoraron logrando un entre-- lazamiento más adecuado de las fibras.

El invento de la máquina fué el mayor acontecimiento individual en la his-- toria de la fabricación del papel, sin él no hubiera habido oportunidad pa-- ra el desarrollo de la maquinaria y de las técnicas distintivas de los si-- glos XIX y XX.



BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL TIPICA
PARA EL MANEJO DE PASTA O PULPA DE
MADERA HASTA 6% DE CONSISTENCIA

PROCESOS DE FABRICACION DE PULPA

Hace poco más de un siglo que la industria papelera comenzó a usar la madera como materia prima, se tienen registros acerca de los diferentes procesos para obtener pulpa a partir de madera, actualmente los principales tipos de pulpa son los siguientes:

- 1.- PULPA MECANICA
 - a) Pulpa mecánica ordinaria
 - b) Pulpa semiquímica

- 2.- PULPA QUIMICA
 - a) Pulpa al sulfito (proceso ácido)
 - b) Pulpa a la sosa (proceso alcalino)
 - c) Pulpa al sulfato ó kraft (proceso alcalino)
 - d) Pulpa al sulfito neutro (proceso alcalino)

a).- PULPA MECANICA ORDINARIA: conocida también como pasta madera y es la que se obtiene mediante la reducción de troncos forzados hidráulicamente contra un molino de piedra natural ó sintética, de superficie rugosa hasta la obtención de una pasta ó pulpa. La acción de moler es perpendicular a los hilos de madera conservando la piedra siempre húmeda.

b).- PULPA SEMIQUIMICA: ésta es la producida en un proceso similar al anterior con excepción de que los troncos son tratados previamente con vapor y alcali antes de ser sometidos a la molienda.

PULPA QUIMICA

Este tipo de pulpa proviene de la digestión de las astillas de madera ó las fibras de algún otro material empleado en un recipiente sometido a altas temperaturas y presiones. Además un licor formado por diferentes --- substancias químicas cuya variedad da lugar a los diferentes procesos que enseguida se mencionan:

a).- PULPA AL SULFITO: éste es un tipo de pulpa química obtenida mediante la digestión realizada a un licor ácido a alta temperatura, éste licor esencialmente es una mezcla de bisulfito de calcio, magnesio, sodio ó --- amonio en solución más dióxido de azufre siendo empleado para procesar es pecies de madera que contienen resinas en pequeñas cantidades.

b).- PULPA A LA SOSA: éste proceso de pulpa química depende del hecho de que un alcali cáustico a alta temperatura puede disolver todos los consti tuyentes de la madera u otro material empleado excepto la celulosa deján- dola utilizable para hacer papel. El licor de cocimiento (sosa cáustica)- se efectúa mezclando hidróxido de sodio, carbonato de sodio en un tanque- caustificador filtrando posteriormente para asegurar la pureza. Los di-- gestores están cubiertos con tabiques de carbón y la digestión lleva cer- ca de ocho horas a presiones superiores de 9 Kg/cm².

Al final se baja la presión y la pasta resultante es drenada, lavada y -- blanqueada quedando el licor con materia orgánica y carbonato de sodio en solución. Cuando el licor se concentra por evaporación la materia orgá-- nica es quemada recobrando una ceniza negra fundida la cual disuelta en - agua forma licor verde llamado así por su color, el carbonado de sodio -- presente en sosa cáustica queda nuevamente listo para ser cargado al di-- gestor como licor blanco.

c) PULPA AL SULFATO O KRAFT: éste proceso químico es otro de los procesos alcalinos, llamado así porque el alcalí que se pierde durante el ciclo de operación es recuperado por sulfato de sodio. El proceso al sulfato difiere del de la sosa porque en su licor de cocción utiliza sulfuro de sodio junto con hidróxido de sodio.

d) PULPA AL SULFITO NEUTRO SEMIQUIMICO: éste proceso no ha sido utilizado generalmente es conocido como SNS utilizando sulfito de sodio y carbonato de sodio en solución como licor de cocimiento, aquí se reducen notablemente los problemas de corrosión debido a que la solución es prácticamente neutra.

FABRICACION DEL PAPEL

Se tratará de analizar el proceso simplificado de la elaboración del papel detallando sólo los aspectos a los que se refiere éste trabajo los cuales se pueden resumir en las siguientes etapas:

1.- Para la fabricación de pulpas químicas los troncos de madera se descortezan ya sea a mano ó mecánicamente y se convierten en astillas para lograr una saturación rápida y completa con los licores de cocción.

2.- Estas astillas se llevan por medio de transportadores desde los silos de almacenamiento hasta los digestores a los cuales se alimenta la cantidad máxima de ellas, al mismo tiempo se agrega el licor de cocción.

3.- Las astillas de madera se cuecen durante el tiempo por prescrito bajo las condiciones apropiadas de presión y temperatura, al cocerse la madera

se destilan los constituyentes volátiles los cuales se condensan para venderse como subproductos.

4.- Al final se la cocción la pulpa y el licor dentro del tanque de descarga se soplan, el vapor a presión en el digestor es el propulsor de ésta descarga y hace que el digestor quede limpio, listo para otra cocción. El vapor de la descarga se utiliza en calentar el agua para uso de la fábrica.

5.- En el tanque de descarga quedan la pulpa y el licor negro que contienen los reactivos de cocción gastados así como la lignina y otros sólidos extraídos de la madera. La pulpa y el licor negro se diluyen con licor negro y se bombean pasando por los separadores de nudos a los lavadores de pulpa sucia en donde el licor que contienen los residuos solubles de la cocción se separan de la pulpa de lavado.

6.- La pulpa lavada se depura entonces y se envía a la planta de blanqueo ó a la fábrica de papel, parte del licor negro se usa como diluyente para el licor de cocción y para la suspensión de pulpa sucia, el resto se manda a la unidad de recuperación de la fábrica de pulpa en donde se regeneran los productos químicos usados en la digestión.

7.- Una vez obtenida la pulpa y dependiendo de la calidad del papel que se quiera se procederá al blanqueo, del cual pasa al proceso de refinación en donde se reduce el material grueso a partículas de menor tamaño que se pueda usar como pulpa, se agregará resina para bajar la absorvencia, sulfato de aluminio para hacer un tanto impermeable el producto final, tinturas para colorear el papel, óxido de titanio para aumentar su capacidad etc.

La pasta pasa al jordan (inventado por Joseph Jordan en 1860) el cual es un aparato de forma cónica consistente de una cámara y pistón. La pulpa viaja por la presión ejercida desde el extremo menor del cono hasta el otro extremo, aquí pasa a la caja de pulpa desde la cual se distribuye -- pasando a la tela fourdrinier en donde se succiona agua, siendo levemente agitada para lograr el entrelazamiento de las fibras para producir una -- hoja fuerte y uniforme. En ésta zona de succión la pulpa pierde desde el 10% al 75% de agua, ya en los rodillos de succión la pulpa húmeda sigue -- por la banda sinfin hasta los rodillos secadores , al final el agua con-- tenida es de aproximadamente 8% en peso así la hoja después de pasar por los tambores de rodillos secadores pasa a los rodillos de presión de cuya separación depende el espesor del producto final.

Al pasar entre éstos rodillos se produce fricción que se traduce en calor que aunado a la acción pulidora de los rodillos da al papel su fineza.

Posteriormente el papel se forma en grandes rollos que serán cortados como se desee.

En la figura No. 1 se muestra el diagrama esquemático del proceso para la obtención del papel indicando la aplicación del equipo de bombeo en la fabricación del mismo.

Como complemento se dá un diagrama de flujo para la producción de papel -- conteniendo los diferentes procesos de elaboración (ver figura No. 2).

La aplicación del equipo de bombeo dentro de la producción útil de una -- planta de papel requiere de un conocimiento exacto de los pasos a seguir -- en el movimiento de fluidos utilizados así como la efectividad para mane-- jar grandes volúmenes.

Para la elaboración de papel las clases de líquidos a manejar en general -- son pocos, los principales son:

- Agua de servicio
- Agua de fabricación
- Licor de cocimiento
- Ingredientes químicos
- Licor negro
- Licor verde
- Resinas y
- Colorantes

Considerando lo anterior, el equipo de bombeo lo podemos especificar por el servicio que va a realizar, el líquido bombeado y sus características:

La Tabla III describe el servicio del líquido y sus propiedades, es de su poner que debido al servicio a que está destinado cada uno de los fluidos sus propiedades variarán un poco de uno a otro así como las cantidades -- que tendrán que ser manejadas.

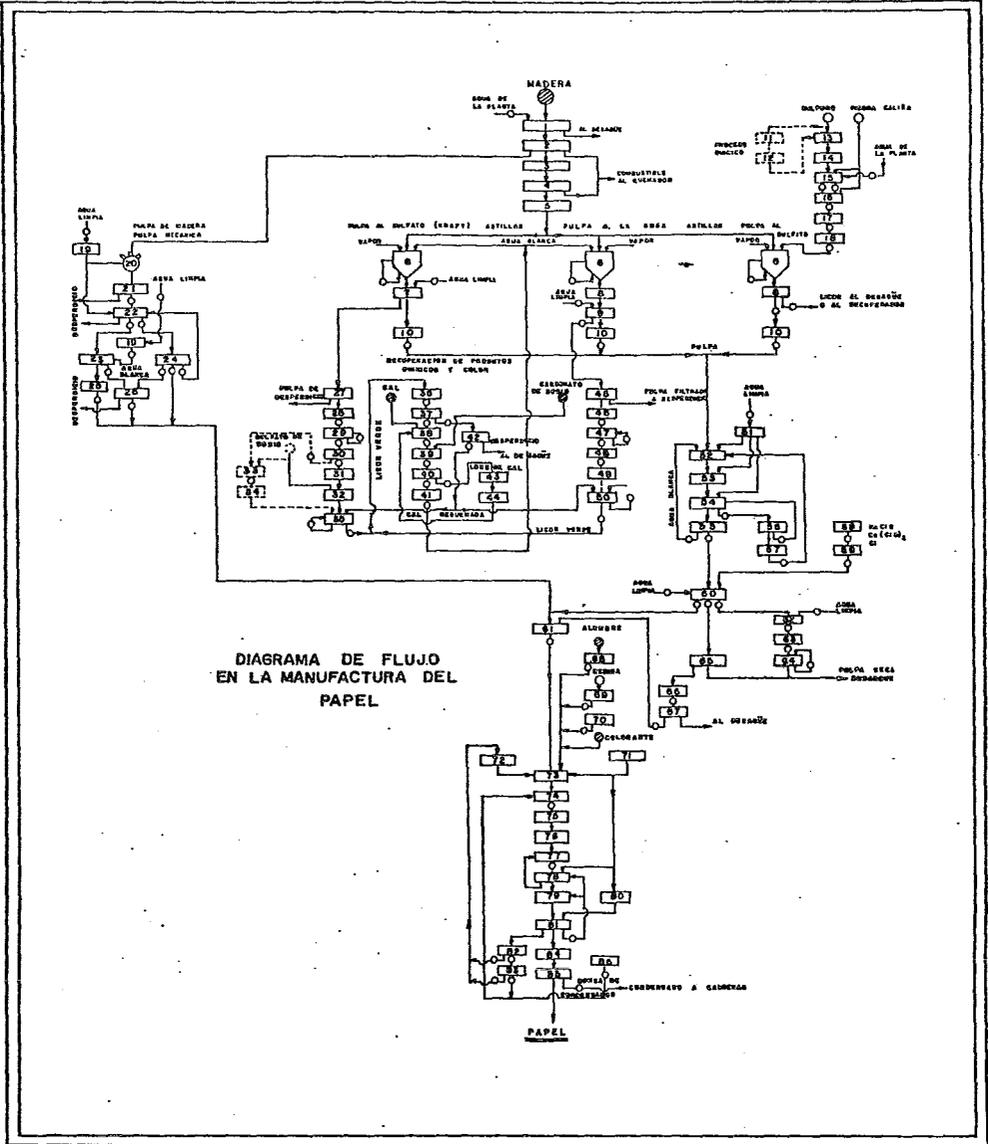


DIAGRAMA DE FLUJO EN LA MANUFACTURA DEL PAPEL

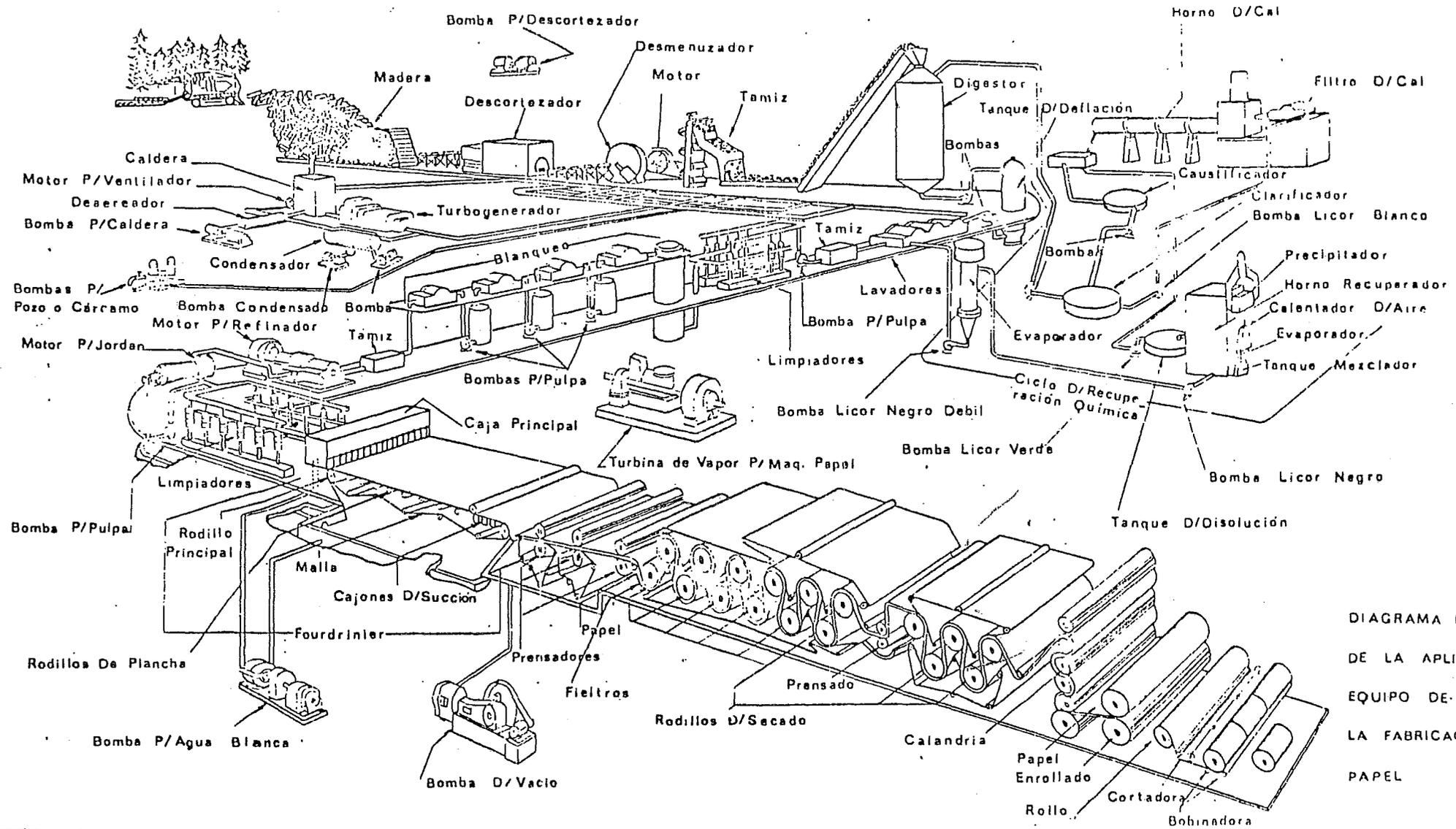


DIAGRAMA ESQUEMATICO
 DE LA APLICACION DE
 EQUIPO DE BOMBEO EN
 LA FABRICACION DEL
 PAPEL

DIAGRAMA DE FLUJO

- 1 .- Lavado
- 2 .- Descortezado
- 3 .- Desmenuzado
- 4 .- Criba de astilla
- 5 .- Almacenaje de astillas
- 6 .- Digestor
- 7 .- Difusor
- 8 .- Tanque de refinación
- 9 .- Tanque de lavado
- 10.- Caja de alimentación
- 11.- Crisol
- 12.- Alimentación de sulfuro
- 13.- Quemador de sulfuro
- 14.- Enfriador de gases
- 15.- Torre de ácido débil
- 16.- Torre de ácido fuerte
- 17.- Recuperador
- 18.- Acumulador
- 19.- Regadera
- 20.- Molino
- 21.- Tamiz de astilla
- 22.- Tamiz fino
- 23.- Máquina de humedecido
- 24.- Espesador
- 25.- Pulpador
- 26.- Economizador
- 27.- Filtro de licor negro

- 28.- Depósito de líquido débil
- 29.- Evaporador
- 30.- Depósito
- 31.- Horno rotativo
- 32.- Horno de fundición
- 33.- Tanque de mezclado
- 34.- Quemador
- 35.- Tanque disolvente
- 36.- Depósito de licor verde
- 37.- Clarificador
- 38.- Tanque de remojo
- 39.- Caustificador
- 40.- Clarificador de agua blanca
- 41.- Depósito de agua blanca
- 42.- Lavado de sedimentos
- 43.- Filtro y lavado
- 44.- Quemador de cal
- 45.- Depósito de licor negro
- 46.- Depósito de licor negro débil
- 47.- Evaporador
- 48.- Depósito
- 49.- Horno rotativo
- 50.- Filtrado de cenizas negras
- 51.- Regadera
- 52.- Separador de nudos
- 53.- Escofina
- 54.- Tamiz fino
- 55.- Controlador de espesor
- 56.- Restos
- 57.- Refinador
- 58.- Tanque disolvente

- 59.- Depósito de licor
- 60.- Blanqueador .
- 61.- Caja de almacenamiento de rellenos
- 62.- Lavadora
- 63.- Materia prima
- 64.- Secador de pulpa
- 65.- Máquina humedecedora
- 66.- Cárcamo de agua blanca
- 67.- Economizador
- 68.- Tanque disolvente de alumbre
- 69.- Cocedor de resina
- 70.- Almacenamiento de arcilla
- 71.- Tanque de agua limpia
- 72.- Tanque de agua blanca
- 73.- Batidor
- 74.- Depósito de pulpa
- 75.- Caja de flujo
- 76.- Máquina jordan
- 77.- Caja alimentadora
- 78.- Caja principal
- 79.- Tamiz
- 80.- Lavadora
- 81.- Máquina de papel
- 82.- Cárcamo de agua blanca
- 83.- Economizador
- 84.- Rollos
- 85.- Secadores
- 86.- Agitador

TABLA III

N ^o	EQUIPO DE BOMBEO	DESC. LIQ.	TEMP. MAX °F	GE.	VISC. CPS.	PH
1	Bomba alimenta-- ción al descorte-- zador.	Agua a alta - presión.	70	1	1	7.0
2	Bomba alimenta-- ción a calderas.	Agua	250	1	1	7.0
3	Bomba de conden-- sados.	Condensado	220	.96	1	6.5- 7.5
4	Bombas vertica-- les de pozo pro-- fundo o cárcamo.	Agua fresca	70	1	1	7.0
5	Bomba licor de - cocimiento.	Licor blanco	180	1.39	1	Alca lino
6	Bomba soplado de pulpa del diges-- tor.	Pulpa	220	1.1	1	10.5- 11.0
7	Bomba tanque de descarga	Pulpa y licor negro.	180	1.1	4.0	10 - 11.0
8	Bomba de conden-- sado combinado-- de evaporadores	Licor negro débil	220	1.03	1	10.0- 10.5
9	Bomba pulpa la-- vada y blanquea-- da.	Pulpa kraft 3-4%	170	1.1	1	10
10	Bomba licor de blanque.	Agua blanca clorada con sosa.	160	1	1	6.0- 6.5

Nº	EQUIPO DE BOMBEO	DESC. LIQ.	TEMP. MAX. °F	GE.	VISC. CPS.	PH
11	Bomba agua blanca	Agua blanca con dióxido de carbono.	-	1	1	Alca lino
12	Bomba agua blanca recuperada de máquina de papel.	Agua blanca	150	1	1	4.5- 5.0
13	Bomba de sedimien <u>tos</u> .	Sedimentos	150	1	1	4.5
14	Bomba sulfato de aluminio.	Alumbre	75	1.12	1	Acid.
15	Bomba de resina	Resina	180	1	1	Acid.
16	Bomba ácido sulfámico.	Acido sul- fámico.	150	1.1	1	Acid.
17	Bomba para almidón.	Almidón	160	-	-	6.5- 7.0
18	Bomba preparación de colores.	Colorantes	100	1	1	Neutr
19	Bombas recupera- ción de reactivos	Licor verde	205	1.25	.9	Alca lino
		Sosa cáustica al 50% ó menor	100	1.5	1	Alca lino
		Licor blanco	180	1.39	1	Alca lino

C A P I T U L O V

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fabricación de pulpa de papel es una de las industrias más antiguas y más grandes del mundo donde se pueden seguir prácticamente todos los procesos conocidos aunque los máximos rendimientos y ventajas de índole económico se obtienen con los procesos alcalinos.

La selección del equipo de bombeo puede ser complicada por la diversidad de líquidos a ser manejados y los requerimientos de su propia instala -- ción, razón por la cual los conceptos siguientes han sido delineados como una guía en la selección de los diversos tipos de bombas. El primer-paso es listar las condiciones bajo las cuales la bomba será requerida - para operar (condiciones de operación y servicio), siendo éstas:

- 1.- Líquido a bombear
- 2.- Capacidad requerida
- 3.- Cabeza diferencial ó de descarga
- 4.- Altura de succión ó cabeza de succión (sumar la altura ó restar la - cabeza de succión de la descarga para obtener la cabeza diferencial)
- 5.- Temperatura del líquido bombeado
- 6.- Densidad relativa del líquido
- 7.- Viscosidad del líquido a la temperatura de bombeo
- 8.- Efecto de la corrosión del líquido (PH)
- 9.- Abrasividad del líquido
 - a).- Porcentaje en peso de sólidos
 - b).- Tamaño de sólidos
- 10.-Tipo de potencia disponible

Es importante que todos los datos proporcionados anteriormente sean determinados con exactitud ya que éstos factores decidirán el tamaño y tipo de la bomba requerida.

El segundo paso es definir la bomba seleccionando a partir de la siguiente clasificación general el tipo requerido:

1.- CENTRIFUGAS: bombas empleadas para el manejo de grandes ó pequeños -- volúmenes corrosivos y/o abrasivos ó líquidos no lubricantes.

a).- Impulsor cerrado (IC), servicio general de líquidos corrosivos -- claros, volátiles, no abrasivos.

b).- Impulsor semi-abierto (ISA), servicio general de líquidos corrosivos claros ó con pequeños sólidos en suspensión, no abrasivos, volátiles, manejo de 0.75 a 1% de consistencia.

c).- Impulsor abierto (IA), servicio general de líquidos claros ó con sólidos en suspensión, poco abrasivos, no abrasivos, volátiles, manejo hasta de 6% de consistencia.

2.- ROTATORIAS: éstas bombas son adecuadas para manejar líquidos que tengan una propiedad lubricante tales como aceite, tintas y líquidos de alta viscosidad tales como alquitrán, asfalto ó melaza. Si el período de vida no es factor determinante las bombas rotatorias pueden también ser consideradas para el manejo de líquidos con poco valor lubricante. Entendiéndose que ésto reducirá la vida útil del equipo de bombeo y tendrá que ser reemplazada frecuentemente.

3.- RECIPROCANES: éstas bombas son particularmente adecuadas para manejar pequeños volúmenes a altas presiones, líquidos viscosos ó no viscosos cuando hay líquidos corrosivos ó abrasivos éste tipo de bombas no son una buena selección.

4.- POZO PROFUNDO O CARCAMO (vertical tipo turbina): éstas bombas son las más adecuadas para el bombeo desde el pozo ó cárcamo ó para el manejo de fluidos volátiles ó calientes.

TABLA DE SELECCION Y RECOMENDACIONES DEL EQUIPO DE BOMBEO EN EL PROCESO

La aplicación correcta del equipo de bombeo dentro del proceso de elaboración del papel requiere que éste desempeñe la función específica para la que fué seleccionada y en el área de operación indicada, ya que toda fábrica de pulpa y papel está dividida en varias secciones para una mejor organización y un mejor control además de realizarse en cada área una labor determinada.

A continuación procedemos a la formación de la tabla de selección y aplicación de los equipos de bombeo para manejar los diferentes fluidos existentes en la manufactura del papel, indicándose el área de operación, el servicio, el líquido y sus características y el tipo de bomba seleccionada con la metalurgia adecuada. Lo reunido aquí es una serie de experiencias obtenidas a lo largo de diversas aplicaciones y las experiencias de algunos consumidores de éstos equipos así como por las aplicaciones clásicas que se deben efectuar con el objeto de tener una idea concreta de las diferentes áreas y presentar en forma ordenada los conceptos incluidos en la tabla de selección, éstos seguirán y corresponderán a la sección y número siguiente:

1.-DESCORTEZADO.

- 1.- Area de descortezado
- 2.- Desmenuzado
- 3.- Criba de astillas
- 4.- Acueducto: recibe la bomba de pozo profundo

II .-PLANTA DE PULPA.

- 5 .- Almacén de astillas
- 6 .- Manejo de astillas
- 7 .- Cocido, lavado y tamizado
- 8 .- Blanqueo
- 9 .- Evaporación
- 10.- Manejo de químicos
- 11.- Caustificación

III.-MAQUINA DE PAPEL.

- 12.- Almacén de pulpa
- 13.- Preparación de pasta
- 14.- Máquina de papel
- 15.- Máquina de recubrimiento
- 16.- Preparación de recubrimiento
- 17.- Area de acabado

IV .-SERVICIOS.

- 18.- Casa de fuerza (calderas, compresores)
- 19.- Almacén de combustible (diesel para emergencia)
- 20.- Almacén de agua
- 21.- Subestación eléctrica
- 22.- Taller de mantenimiento y *Herramientas*
- 23.- Caseta de vigilancia
- 24.- Edificio de oficinas
- 25.- Patios

De las áreas antes mencionadas, las áreas 2, 4, 12, 17, 19, 21, 22, 23, -
24 y 25 no requieren de equipo de bombeo ya que cuentan con agua de la --
red principal de distribución y las áreas 15 y 16 tienen las bombas pro--
porcionadas por el fabricante del equipo empleado.

Z O N A II PLANTA DE PULPA.

AREA	SERVICIO	LIQUIDO	T°C	G.E.	VISC. CPS.	PH.	TIPO DE IMPULSOR	MET. RECOMEND. CLAS. STD.
5.1	Agua Fresca a Regaderas.	Agua	25	1	1	7.0	Cerrado	1 I
5.2	Tanque Pulpa Tratada.	Pulpa	25	1	1	7.0	Abierto	1 I
5.3	Transf. Subst. Químicas.	Subs. Químicas	25	1	1	Acido	Cerrado	11 III
5.4	Pulpa a Tanque Almacén.	Pulpa 5% Consist.	25	1	1	7.0-7.5	Abierto	1 V
6.1	Desfibrador Merma Seca.	Pulpa 4% Consist.	25	1	1	7.0-7.5	Abierto	2 V
7.1	Alimentación a Digestor.	Licor de Cocimiento.	83	1.1	1	Alcalino	Semi-Abie	9 VI
7.2	Descarga Tanque Licor de Cocim.	Licor de Cocimiento.	83	1.1	1	Alcalino	Semi-AB	9 VI
7.3	Alim. Lavado Pulpa Cruda.	Pulpa 2.8% consis.	93	1	1	7.0-7.9	Abierto	1 V
7.4	Transferencia Condensados.	Agua Caliente	120	0.95	1	6.5-7.2	Cerrado	1 I
7.5	Alimentación Licor Negro.	Licor Negro 13.17% Sol.	110	1.34	30 SSU.	10-11	Abierto	10 V
7.6	Licor Negro a Evaporadores.	Licor Negro 13-17% Sol.	83	1.05	30 SSU.	10-11	Abierto	10 V
7.7	Recirculación Licor Negro.	Licor Negro 13-17% Sol.	83	1.05	30 SSU.	10-11	Abierto	10 V
7.8	Transf. Pulpa Alta Densidad.	Pulpa Cruda 4.5%	38	1	1	7.5-8	Abierto	1 I
7.9	Abast. a Depuradores 1º y 2º.	Pulpa 1.1% Consist.	38	1	1	7.5-8	Cerrado	1 IV
7.10	Aliment. 1º y 2º Limpiadores.	Pulpa 0.95% Consist.	25	1	1	7.5-8	Cerrado	1 I
7.11	Transferencia de Rechazos.	Pulpa 1.05% Consist.	38	1	1	7.0-7.9	Abierto	1 I
7.12	Alimentación Refinadores.	Pulpa 4.0% Consist.	25	1	1	7.0-7.5	Abierto	10 IV
7.13	Pulpa Refinada.	Pulpa 3.0% Consist.	25	1	1	7.0-7.5	Abierto	10 IV
7.14	Agua Blanca a Depuradores.	Agua Blanca.	38	1	1	6.5-7.5	Cerrado	1 I
7.15	Agua Blanca Espesa.	Agua Blanca con Pulpa.	38	1	1	6.5-7.5	Abierto	1 I
7.16	Aliment. 3º Limpiador.	Pulpa 0.13% Consist.	38	1	1	7.2-7.9	Semi-Abi.	1 I
7.17	Transf. Pulpa Lavada.	Pulpa 4.5% Consist.	38	1	1	7.0-7.6	Abierto	1 I
8.1	Transf. Agua Blanca Clorada.	Agua Blanca Clorada	25	1	1	6.0-6.5	Abierto	11 VI
8.2	Pulpa con Sosa.	Pulpa Caústica 3% Cons.	49	1	1	10.5-11	Abierto	10 IV
8.3	Trans. Agua Blanca con Sosa.	Agua Blanca con Sosa.	38	1	1	9.9-10	Abierto	10 V
8.4	Pulpa con Hipoclorito.	Pulpa caústica 3% Cons.	21	1	1	9.1-8.7	Abierto	10 V
8.5	Pulpa con (NAOCL) Alta Dens.	Pulpa Caústica 4.5% Cons.	21	1	1	9.1-87	Abierto	10 V
8.6	Hipoclorito de Sodio.	Hipoclorito de Sodio.	27	1	1	9.5-10.5	Abierto	10 V
8.7	Suministro Pulpa Blanqueada.	Pulpa Blanqueada 4%.	21	1	1	7.0-7.5	Abierto	9 II
9.1	Alimentación Licor Negro Diluido.	Licor Negro Diluido.	83	1.03	30 SSU.	8.7-9.5	Abierto	8 I
9.2	Condensados.	Agua Caliente.	83	0.96	1	7.2-8.0	Cerrado	1 I
9.3	Producto.	Licor Negro Concent.	83	1.12	250 SSU.	10-10.5	Semi-Abi.	9 VI
9.4	Transf. 3º y 4º Efecto.	Licor Negro.	83	1.05	50 SSU.	9.2-9.7	Semi-Abi.	9 VI
9.5	Acido Sulfánico.	Acido Sulfánico.	65	1.1	1.1	Acido	Semi-Abi.	1 I

Z O N A II PLANTA DE PULPA.

AREA	SERVICIO	LIQUIDO	T°C	G.E.	VISC. CPS.	PH.	TIPO DE IMPULSOR	MET. RECOMEND. CLAS.	ST.D.
10.1	Transferencia de Sosa.	Sosa Caústica al 50%	38	1.29	1.0	Alcalino	Semi-Ab.	10	IV
10.2	Transferencia de Sosa.	Sosa caústica menor 50%	38	1.1	1.0	Alcalino	Semi-Ab.	10	IV
10.3	Transferencia NAOCL.	Hipoclorito de Sodio.	27	1	1	9.5-10.5	Abierto.	10	V
11.1	Transferencia Licor Verde.	Licor Verde.	95	1.16	0.9	Acido.	Abierto.	11	VI
11.2	Transf. Licor Verde Apagado.	Lodos Licor Verde.	105	1.1	1	Alcalino.	Abierto.	10	V
11.3	Transf. Licor Blanco.	Licor Blanco.	83	1.14	1	Alcalino.	Semi-Ab.	8	V
11.4	Transferencia Lechada.	Lechada de Cal. 20% Sol.	43	1.13	16 SSU.	9.0	Semi-Ab.	10	IV
12.1	Desc. Agua Blanca del Pozo.	Agua Blanca.	25	1	1	4.5-5.0	Cerrado	9	II
13.1	Transf. Tanque Mezcla.	Pulpa de Papel 4%.	25	1	1	7.0-7.5	Abierto	1	II
13.2	Pulpa a Máquinas.	Pulpa de Papel 3.5%.	25	1	1	7.0-7.5	Abierto	8	IV
13.3	Regaderas Alta y Baja Presión.	Agua Blanca.	25	1	1	7.0-7.5	Cerrado	1	II
13.4	Regulador de Consistencia.	Agua Blanca.	25	1	1	7.0-7.5	Cerrado	1	II
13.5	Alim. Agua Blanca a Purificador.	Agua Blanca.	25	1	1	7.0-7.5	Abierto	1	II
13.6	Pulpa Recuperada.	Pulpa de Papel 3.5%.	25	1	1	7.0-7.5	Abierto	1	II
13.7	Bomba Principal.	Pulpa de Papel 0.7%.	38	1	1	7.0-7.5	Semi-Ab.	1	II
13.8	Aliment. 2ª y 3ª Limpiador	Pulpa 0.95%.	25	1	1	7.5-8.0	Semi-Ab.	1	II
13.9	Colores.	Solución Colorante.	25	1	1	7.0	Semi-Ab.	1	I
13.10	Resina.	Solución al 40%.	83	1	1	Acido.	Semi-Ab.	1	I
13.11	Sulfato de Aluminio	Alumbre.	25	1.12	1.0	Acido.	Abierto.	10	VI
14.1	Foso Inferior.	Pulpa 3.0-4.5% Cons.	25	1.12	1.0	6.7-7.2	Abierto.	8	II
14.2	Alim. Agua Blanca para S.F.	Agua Blanca 0.2%.	25	1	1	6.7-7.2	Semi-Ab.	8	II
14.3	Alim. Agua Blanca a Limp.	Agua Blanca 0.23%	25	1	1	6.7-7.2	Abierto.	8	II
14.4	Bomba princ. de Condensados.	Agua Caliente.	83	0.99	1.0	6.5-7.2	Semi-Ab.	8	II
18.1	Alimentación a Calderas.	Agua Tratada.	121	0.95	1	7.0	Cerrado.	6	II
18.2	Bomba de Empuje.	Agua Fresca.	38	1	1	7.0	Cerrado.	6	II
20.1	Suministro Agua Fresca.	Agua Fresca.	25	1	1.0	7.0	Cerrado.	1	I
20.2	Bomba contra incendio	Agua Fresca.	25	1	1.0	7.0	Cerrado.	1	I

C A P I T U L O VI

ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO

El aspecto económico en la aplicación del equipo de bombeo es una parte fundamental que se debe considerar para tomar una decisión. La evaluación económica principia desde el aspecto técnico bien aplicado que junto con un estudio económico adecuado realizado mediante los costos que intervienen en la adquisición del equipo así como los que se derivan de su operación y algunos otros que pueden ser directos ó indirectos al equipo de bombeo.

El análisis de la comparación de costos de las alternativas disponibles desarrolla la necesidad de determinar la mejor línea de acción.

Se han desarrollado varias técnicas para usarlas en la determinación de la alternativa más provechosa, una de las más básicas es el método del costo anual uniforme; la alternativa más amplia es la que requiere que la compañía incurra en dos tipos de costos:

El primer tipo es el de los costos de capital y el segundo el de los costos de operación.

Los costos de capital son los gastos que hace una compañía para que le suministren un servicio por un período de tiempo mayor de un año. Un ejemplo es el costo inicial de un equipo de producción como lo es una bomba que tiene una vida estimada de 10 años, otro ejemplo es el gasto hecho en la reparación ó rehabilitación de éste equipo para prolongar su vida por un período mayor de un año.

Los costos de operación por otro lado son aquéllos que suministran a la compañía un servicio por un año ó menos. Un ejemplo de un gasto de éste tipo es el costo de mano de obra , otros gastos que corresponderían a ésta categoría son mantenimiento, energía, supervisión, reparación, etc.

La razón para considerar éstos costos básicos es que una comparación de alternativas requiere del conocimiento de los costos asociados con cada alternativa para identificar la alternativa más económica por medio de una comparación de costos de tal manera que a continuación se tratará de describir de la manera más fácil y adecuada los puntos básicos para tratar de lograr una economía, tomando como base las tablas de selección y las recomendaciones incluídas en el capítulo V, ya que representan la aplicación práctica de la teoría expuesta en los capítulos anteriores.

COSTO DEL BOMBEO

Tomando en cuenta que el modelo seleccionado cumple las condiciones hidráulicas y la aplicación requerida en el tipo de servicio que prestará el equipo con igual punto de operación, eficiencia, potencia requerida y velocidad; además se debe considerar un factor importante como lo es la construcción de la bomba que afecta directamente el tiempo de entrega y su valor.

El costo de la bomba es considerado en construcción, de materiales standard de las partes en contacto con el líquido y la variación del incremento en costo será más acentuada para metalurgias especiales, mismos que pueden variar entre diferentes fabricantes, pero caerán dentro del rango que a continuación indicamos teniendo como referencia la construcción de la bomba toda en hierro fundido.

<u>MATERIAL DE TODAS PARTES EN CONTACTO</u>	<u>INCREMENTO EN PORCENTAJE (%)</u>
Hierro fundido	0
Bronce, varios	75 - 140%
Acero al carbón	125 - 250%
Acero inoxidable 316	175 - 250%
Aleaciones níquel, molibdeno, alloy.	200 - 275%

Para nuestro caso, tomando como ejemplo la aplicación 10.1 donde manejamos una capacidad de 73 G.P.M., con una carga dinámica total de 115 pies, de sosa cáustica al 50%, temperatura 38°C y densidad relativa 1.29 .

El equipo de bombeo seleccionado para la especificación funcional así como para la especificación tradicional será el modelo 1 1/2 x 1 x 6 que de acuerdo a las normas ANSI tiene los siguientes diámetros: 1 1/2" Ø, 1" Ø de descarga y diámetro máximo nominal de impulsor de 6" Ø, con un valor actual en su adquisición constituido como sigue:

1.- SELECCION ESTANDAR.

Bomba 1 1/2 x 1 x 6

Construcción: Fe. Fo. con internos de A.I. 316

Velocidad: 3530 RPM

Motor eléctrico: 7.5 HP

Precio Bomba: \$62,404.00

Precio Motor: \$11,671.00

Instalación: \$ 1,108.00

T O T A L : \$75,183.00

2.- SELECCION CLASICA.

Bomba: 1 1/2 x 1 x 6

Construcción: toda Acero Inox. 316

Eficiencia: 52%

Velocidad: 3530 RPM

Motor Eléctrico: 7.5 HP

Precio Bomba: \$83,352.00

Precio motor: \$11,671.00

Instalación: \$ 1,108.00

TOTAL: - - - - \$96,131.00

DEPRECIACION.

Representa la cantidad en la cual disminuye un activo en su valor de mercado durante un tiempo determinado, si se ha de incurrir en costos de entrega y gastos de instalación éstos deben sumarse al precio cotizado para llegar al costo inicial total.

A la bomba se le considera una vida útil de 10 años y el costo anual promedio de depreciación sería:

1.- SELECCION ESTANDAR.

$$\begin{aligned} \text{De (1)} &= \frac{62,404.00}{10} \\ &= 6,240.40 \end{aligned}$$

2.- SELECCION CLASICA.

$$\begin{aligned} \text{De (2)} &= \frac{83,352.00}{10} \\ &= 8,335.20 \end{aligned}$$

INTERES.

El segundo elemento de costos de capital, es el costo del dinero, al cual nos referimos como "costos de interés" .

Interés es la cantidad que debe pagarse por el uso del dinero.

La inversión que requiere un desembolso inicial para una pieza puede ser financiada internamente ó externamente lo que implica incurrir en costos de interés, se deduce por lo tanto que en una situación como ésta los costos de interés deben ser uno de los gastos que han de asociarse con la -- evaluación.

Según ésto podemos ver que el interés se puede considerar como pago único de capital a interés compuesto cuando la inversión es financiada por ---- otros y cuando la inversión es financiada como recursos propios, el interés se puede ver como la recuperación de capital,

FACTOR DE INTERES COMPUESTO: $F = P (1 + i)^n$

P = suma actual del dinero

n = número de años durante los cuales se devenga interés

i = tasa de interés por año

F = suma futura de dinero n años después de la fecha actual, que es equivalente a P a una tasa de interés i.

FACTOR DE RECUPERACION DE CAPITAL.

$$A = \frac{(i (1 + i)^n)}{(1 + i)^n - 1}$$

Para i de 7% anual y una vida útil de 10 años.

1.- SELECCION ESTANDAR.

$$\begin{aligned} A (1) &= \$62,404.00 (0.14238) \\ &= \$ 8,885.08 \end{aligned}$$

2.- SELECCION CLASICA.

$$\begin{aligned} A (2) &= \$83,352.00 (0.14238) \\ &= \$11,867.66 \end{aligned}$$

En consecuencia el elemento de depreciación reflejará el hecho de que la inversión está disminuyendo de valor: el elemento de interés reflejará el hecho de que hay bien sea un costo de oportunidad ó un costo de interés - de erogación, lo que depende de si se usan fondos internos ó externos.

GASTOS DE CONSERVACION Y REPARACIONES.

En la práctica se considera que durante la vida útil del equipo se gasta por conservaciones y reparaciones una cantidad igual a su valor inicial, - por lo que:

1.- SELECCION ESTANDAR.

$$\begin{aligned} Re (1) &= \frac{\$62,404.00}{10} \\ &= \$ 6,240.00 \end{aligned}$$

2.- SELECCION CLASICA.

$$\begin{aligned} Re (2) &= \$83,352.00 \\ &= \$ 8,335.20 \end{aligned}$$

GASTOS DE OPERACION.

En éste renglón tendremos los mismos costos de operación y vigilancia, mano de obra, energía y materiales de trabajo. En caso de existir alguna variante en las alternativas, se deberá considerar puesto que cada equipo será analizado en forma similar.

Tomando en cuenta que el volumen total del equipo consumido (73 GPM) en L.P.M. durante un año es el mismo, se puede obtener el costo para ambas alternativas sustituyendo los correspondientes valores.

$$C. v. = \frac{De + A (1) + Re (1) + G.O.}{N}$$

$$1.- SELECCION ESTANDAR = \$11,343.34/litro$$

$$2.- SELECCION CLASICA = \$15,151.11/litro$$

Teniendo en cuenta la utilidad anual y los costos que la afectan observamos que de la relación de costos de las alternativas, se obtiene una reducción de costos ó sea con la selección estandar se tiene una mayor recuperación en tiempo de la inversión.

$$V = \frac{11,343.34}{15,151.11} = 0.7486$$

25% en años

A continuación se da una lista de puntos que afectan y complementan con los anteriores, los distintos tipos de estudio de adquisición y/o renovación misma que es complementada con los anexos comerciales y económicos. Gastos de instalación del equipo incluyendo peso de la bomba, flete, empaque adecuado, seguro para su transportación, mano de obra local ó con los correspondientes gastos si ésta es contratada fuera de la localidad.

Costo de materiales para la base de instalación ó soporte y cárcamo si la bomba es vertical y gastos de comprobación y puesta en marcha.

Costo de herramienta ó equipo que tenga que ser alquilado ó adquirido en relación con la instalación tales como tripies, gruas, etc., pérdida de horas de trabajo por reajustes y montajes.

Valor futuro y presente del equipo como auxiliar ó suplente, costode piezas de repuesto mismas que son un 30% del equipo con duración de dos (2)-años siendo éstas las de mayor desgaste como el impulsor, la flecha, los baleros y juntas en general; además se debe considerar su disponibilidad- puesto que esto también es un factor que incluye en el costo de inventario de refacciones.

Todos los estudios de adquisición están hechos con el propósito de ayudar a alguien a elegir una acción entre una ó dos variantes, solamente necesitan ser consideradas las diferencias entre las variantes al hacer el estudio mostrando lo más conveniente de las características técnico-económicas para que el personal ejecutivo que revisa éste estudio pueda aprobarlo ó rechazarlo. Esto lo simplifica más teniendo listos todos los puntos importantes mediante una tabla comparativa final que a continuación ilustramos.

CENTRIFUGAL PUMP DATA SHEET

PLANT: INDUSTRIAS UNIDAS DEL PAPEL, S.A.
 PLANT LOCATION: APIZACO, TLAX.
 SERVICE: TRANSPERENCIA DE SOSA
 ITEM: 10.1 QUANTITY: 10,001
 No. REQ: _____ REQ. OR USE: UNO DRIVER: UNO
 AS SHOWN: --- DRIVER: ---

OPERATING CONDITIONS:
 LIQUID: SOSA CAUSTICA 50%
 PUMPING TEMP (PT): 38
 SUGGESTED: 1.29
 VAPOR PRESS AT PT, PSIA: -----
 VISC AT PT CP: -----
 CORR/EROS: NA-OH
 USGPM AT PT HOR: 73 DES: 73
 DISCH. PRESS PSIG: 64
 SUCT. PRESS PSIG: 0
 DIFF. PRESS PSI: 64
 DIFF. HEAD FT: 115
 NPSH AVAIL, FT: NO INFORMADO
 HYDRAULIC HP: 2.73

MANUFACTURER (MFR): _____

BASE: _____ ALTERNATE: _____

PERFORMANCE	CONSTRUCTION	ELECTRIC MOTOR	STEAM TURBINE	CONNECTION
S.I.E. A.J. TYPE				
PROFICAL CURVE NO				
HP/INCH (WATER FT)				
NO OF STAGES/RPM				
DES HP / BHP				
MAX HP DES BHP				
MAX POS DES BHP (FT)				
MIN CONTINUOS G.P.M.				
CASE MOUNTING				
SPLIT				
VOLUME: SINGLE/DOUBLE/DIFFUSER				
NOZZLES: SIZE/ASA RATING/FACING/POSITION				
IMPELLER DIAMETER: DESING - MAX + TYPE				
BEARINGS: RADIAL/TIRUST				
COUPLING AND GUARD				
MECH SEAL: API CODE/MFR				
API PLAN FOR: FLUSHING/COLING /BY VENDOR				
MATERIALS: XXXXXX CLASS				
MAX ALLOW WF PSIG AT °C /HYDROSTATIC TEST PSIG				
MFR / TYPE / ENCLOSURE				
HP / RPM / FRAME				
VOLTS / PHASE / CYCLES				
BEARINGS / LUBE				
MFR / MODEL / GOVERNOR				
HP SELECTION - RPM				
STEAM RATE LB/HP-Hr				
MATERIAL				
INSURING / HYDROSTATIC / NPSH				
PUMP / MOTOR / TURBINE / BASE (Kg)				
PRECIOS:				

API STD 610 GOVERNS UNLESS OTHERWISE NOTED
 REMARKS:

DATE:			
REVISION:			

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Las publicaciones de las diferentes Asociaciones ó Institutos representan la emisión de normas ó estandares que intentan clasificar las diferentes bombas y cubrir los requerimientos mínimos para dichos -- equipos. El conocimiento de éstos estandares representan la guía pa-- ra obtener la máxima información posible para poder definir el equi-- po más viable de acuerdo a nuestras necesidades.

- 2.- Conociendo los equipos de bombeo existentes en el mercado y teniendo en cuenta la total identificación de las propiedades físicas y quí-- micas de los diferentes fluidos en el proceso, son condiciones bá-- sicas para seleccionar el tipo de la bomba, el conocer la metalurgia adecuada al líquido por manejar, y la mayor eficiencia posible del - punto de operación.

- 3.- Aunado al punto anterior para seleccionar el equipo más adecuado, se deberá considerar su mantenimiento, su estandarización, su aspecto - hidráulico y su costeabilidad en su adquisición.

- 4.- El equipo de bombeo en su aspecto técnico debe adecuarse al proceso de fabricación del papel que se trate; puesto que éste equipo debe de cumplir con los límites de operación para la obtención aceptable del tipo de papel para el cual fué seleccionado.

- 5.- Respecto a los diferentes procesos de manufactura de papel se observa una ventaja económica en los procesos alcalinos. Sin embargo se tienen ventajas económicas entre procesos considerándose el tipo de papel que se produce, ya que el mismo proceso se ha diseñado óptimamente para producir ese papel en específico.

Lo anteriormente expuesto solo trata de dar la pauta a seguir en la selección del equipo de bombeo en la industria del papel y esto se ha logrado en base de la experiencia del consumidor como del fabricante obteniéndose como resultado la economía más apropiada en el uso del equipo.

Las conclusiones que podamos obtener son de que toda inversión inicial requiere ser a bajo costo, se debe tener en cuenta el tipo de utilidad, ingresos y costos, conceptos que dan la pauta de la mejor alternativa teniendo en cuenta cualquier variante incluida en dichos conceptos así como el aspecto técnico, tiempo de entrega y condiciones de pago.

Otras conclusiones a las que podemos llegar es que el departamento técnico defina perfectamente el material que se requiere y que el departamento de Ingeniería junto con el de compras se coordinen en la adquisición de los equipos ya que en la práctica existen diferencias porque se compra material más barato y que no cumple lo requerido por Ingeniería.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- TEORIA Y DISEÑO DE BOMBAS ROTATIVAS Y CENTRIFUGAS
 JOHN FANSELOW, DEPARTMENT OF PAPER ENG.
 WORTHINGTON CORPORATION
 HARRISON - NEW JERSEY

- 2.- HIDRAULIC INSTITUTE STANDARDS
 ELEVENTH EDITION
 142 EAST 42 STREET
 NEW YORK 17, N. Y.

- 3.- CENTRIFUGAL PUMP SELECTION OPERATION AND MAINTENANCE
 IGOR J. KARASSIK AND ROY CARTER
 WORTHINGTON CORPORATION
 HARRISON - NEW JERSEY

- 4.- PUMP SPECIFICATION GUIDE
IGOR J. KARASSIK
WORTHINGTON CORPORATION
HARRISON - NEW JERSEY
- 5.- AMERICAN STANDARDS ASSOCIATION
ANSI B 73.1 - 1974
- 6.- API STANDARD 610
2a. EDICION, ENERO 1960.
- 7.- CIENCIA Y TECNOLOGIA SOBRE PULPA Y PAPEL
C. EARL LIBBY
TOMO I EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. 1967
Mc GRAW - HILL BOOK CO. INC.

8.-

GERENCIA DE PRODUCCION Y OPERACIONES
RAYMOND R. MAYER
EDITORIAL Mc GRAW - HILL BOOK CO. INC.