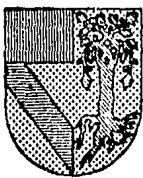


308917
9
24



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Incorporada a la U.N.A.M.



DISEÑO DE UNA BICICLETA A BASE DE ZINALCO

TESIS PROFESIONAL

Que presenta

CAMILO JAVIER VALENCIA SEVILLA

Para optar por el Título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

I N D I C E

INTRODUCCION	PAGINA
CAPITULO 1: PROPIEDADES Y USOS DEL ZINCALCO.....	4
1.1. Desarrollo de la aleación.....	6
1.2. Resistencia a la corrosión.....	9
1.3. Propiedades del Zincalco.....	11
1.4. Aplicaciones.....	16
CAPITULO 2: BREVE HISTORIA DE LAS BICICLETAS.....	18
2.1. Lugar de origen.....	18
2.2. Usos de la bicicleta.....	21
CAPITULO 3: JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	23
3.1 Análisis de Torsión.....	24
3.2 Comparación entre un perfil "I" y un tubo.	28
CAPITULO 4: DISEÑO DE UNA BICICLETA DE ZINCALCO.....	32
4.1. Análisis matemático, consideraciones, cal culos y procedimiento de diseño.....	35
4.2 Diseño de ejes y uniones del cuadro.....	60
CAPITULO 5: METODOLOGIA SEGUIDA EN LA CONSTRUCCION DE LA BICICLETA.....	76

5.1 Fundición de Zinalco	76
5.2 Tratamientos termicos	78
5.3 Selección de la herramienta	80
BIBLIOGRAFIA	82

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

México, como país en vías de desarrollo, se ha visto en la necesidad de enfrentar fuertes problemas. Uno de los problemas de gran importancia que México continuamente está atacando, es el desarrollo de tecnología propia, una tecnología que sea adecuada al país y que se ajuste perfectamente bien a los recursos que México brinda, y también a las necesidades que México exige.

Consciente de éste problema, se pensó en mejorar un diseño actualmente utilizado en las bicicletas. Un diseño tal que nos brindara las mismas propiedades mecánicas que la actual bicicleta, pero con una considerable reducción en el peso.

El primer paso que se tenía que dar, era la selección del material a usar, tenía que ser un material ligero, más fácil de trabajarlo que el acero, con buenas propiedades mecánicas, resistente a la corrosión, y como factor muy importante, que abundara en nuestro país.

Bajo éstas condiciones de selección de material y después de una comparación entre varios materiales, se

escogió el "Zinalco", debido a que no solo se ajustaba a las propiedades mencionadas anteriormente, sino que las superaba.

El Zinalco, precisamente es producto de seis años de intensos trabajos de un grupo de investigadores del Departamento de Materiales y Cerámicas del Instituto de Investigación de Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El Zinalco es una aleación basada en Zinc, que combina la alta resistencia mecánica de un acero estructural con la buena resistencia a la corrosión que presenta el Aluminio, con un peso específico intermedio entre ambos y con propiedades antifriccionantes.

Esta combinación de propiedades, aunado al bajo costo de la aleación lo hacen apto para competir en el campo de aplicaciones del aluminio 6063 y en algunas áreas del campo de aplicaciones de aceros estructurales.

En el Capítulo 1, se habla extensamente acerca del Zinalco, pero a manera de introducción, el diseño de la

bicicleta aprovechará la propiedad de fácil extrusión - del Zinalco a bajas temperaturas, obteniendo así un perfil "I" en lugar del actual tubo, el cual se utiliza en la fabricación de bicicletas.

Este perfil "I", se ajusta mejor al diseño de la - bicicleta que el tubo, debido a las características de los esfuerzos a los que están sometidas las barras de - la bicicleta. En los capítulos 3 y 4 se analizará a de talle este punto, y se demostrará dicha aceveración.

Otra propiedad que se aprovechará del Zinalco es la antifricción, sustituyendo así todo tipo de rodamientos.

La idea de la presente tesis, surgió del principal promotor en la investigación del Zinalco, el Dr. Gabriel Torres Villaseñor, actual Jefe del Departamento, quién a su vez hizo posible la construcción de la nueva bicicleta, dándome la oportunidad de realizar esta tesis en el Instituto de Investigación de Materiales de la Universidad Autónoma de México.

CAPITULO 1.- PROPIEDADES Y USOS DEL ZINALCO

El nombre "Zinalco" es una marca registrada a favor de la UNAM, que cubre una variedad de aleaciones, desarrolladas en el IIM de la UNAM, basadas en Zinc; con propiedades sumamente atractivas y novedosas.

Una de las posibles aplicaciones del Zinalco está en la sustitución de las aleaciones de aluminio en aquellas aplicaciones en donde la resistencia a la corrosión juega un papel más importante que la ligereza, como es el caso de la industria de la construcción, en donde el aluminio por su bajo costo de mantenimiento se ha convertido en un material imprescindible, aumentando la dependencia de México con las materias primas extranjeras, ya que en nuestro país no existe la bauxita, que es la materia prima convencional para la producción de aluminio.

Por otra parte, el Zinc ha sido hasta ahora un material subutilizado y de bajo precio, del cual México es uno de los principales productores a nivel mundial.

Consciente de esta situación el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, ha dedicado seis años de trabajo al estudio de aleaciones de Zn que puedan tener

aplicaciones en estructuras. El resultado de los trabajos fué la aleación denominada ZINALCO, que entre otras propiedades tiene la de ser extruida o laminada, cambiando así la vieja idea de que las aleaciones de Zinc son útiles solo en fundición. La importancia de este desarrollo radica esencialmente en la posibilidad de dar un uso masivo al zinc, en sustitución de materias primas importadas como es el aluminio. La posibilidad de extruir al Zinalco en las mismas instalaciones usadas para extruir aluminio, aunado a un ahorro de energía en el proceso e igual rapidez de producción, dan a esta aleación competitividad con los productos de aluminio; por otro lado, su alta resistencia mecánica semejante a la de los aceros estructurales, permiten disminuir el problema del peso del Zinalco, cuya densidad está en relación de dos a uno con respecto al aluminio, ya que aprovechando su alta resistencia mecánica se pueden diseñar perfiles con secciones de carga menores que las utilizadas para aluminio, disminuyendo así el peso del perfil.

El conformado de las láminas puede hacerse en la forma tradicional o a través de procesos superplásticos, en los cuales se utilizan métodos semejantes a los del conformado de plásticos, con el correspondiente ahorro

de troqueles y desgaste de molde.

En general, los usos futuros que se darán al Zinalco, dependerán del ingenio del arquitecto o ingeniero - que lo use.

1.1

DESARROLLO DE LA ALEACION

El proyecto bajo el cual la aleación Zinalco tuvo su desarrollo fué propuesto a la Organización de Estados Americanos en 1977. Dentro de los objetivos del programa estaba el de desarrollar una aleación capaz de sustituir al aluminio, basada en materias primas nacionales. A través de una revisión de la bibliografía y de publicaciones periódicas, fué posible determinar que las aleaciones son universalmente conocidas por sus excelentes propiedades como aleaciones para fundición y por sus propiedades superplásticas. Durante la 2ª Guerra Mundial las aleaciones de Zn-Al fueron desarrolladas en Alemania para sustituir al bronce, ya que el cobre se había escaseado.

Algunas aleaciones conteniendo del 10 al 30% de aluminio rivalizaron con el bronce al grado de llamarlo bronce blanco. Después de un tiempo varias compañías europeas continuaron el desarrollo de estas aleaciones con excelentes resultados, popularizando su uso como aleación

as continuaron el desarrollo de estas aleaciones con excelentes resultados, popularizando su uso como aleación para cojinetes. No fué sino hasta la década de los 80's que aparecieron estas aleaciones en los Estados Unidos - con los nombres ZA-12 y ZA-27, cuya nomenclatura corresponde a los porcentajes aproximados de aluminio. La aleación con mayor contenido de aluminio tiene una resistencia sólo 210MPa. En general, de todas estas aleaciones ninguna fué desarrollada para ser extruida o laminada, - sus aplicaciones están dirigidas a productos de fundición.

Otro tipo de aleaciones importantes que han surgido del sistema Zn-Al son las aleaciones superplásticas. La superplasticidad se puede considerar como uno de los desarrollos más fascinantes logrado en el área de los materiales en los últimos años. Aunque fueron hechas hace - 50 años, el interés por estudiarlas y aplicarlas surgió en la década de los 60's, y sólo en los últimos 10 años se ha logrado avanzar y aprender algo acerca de la naturaleza de estas aleaciones, que pueden ser termoformadas tan fácilmente como el vidrio o los plásticos. La aleación comercial, basada en Zn-Al con estas propiedades lleva el nombre de Super Z300 y contiene 22% Al y 0.5% Cu - y 0.01% Mg.

Como se puede inferir de lo anteriormente expuesto, ha habido recientemente un interés especial por el desarrollo de las aleaciones de Zn. Una buena razón para esto es su bajo precio (50% del precio del aluminio), su alta resistencia a la corrosión y una relativa abundancia de este metal en el mercado. Es claro que se corre el peligro de que se agote, pero para el caso de México es mejor que se agote utilizándolo en el país que vendiéndolo al extranjero, ya que siempre queda la posibilidad de reciclarlo.

Hasta la fecha no existe publicada una aleación de Zn que tenga aplicaciones directas a la extrusión o al laminado. Las aleaciones como la ZA-27 presentan una ductilidad muy limitada, considerándose casi frágiles, ya que su deformación máxima alcanza tan sólo el 10%. La aleación superplástica es muy susceptible a la corrosión intergranular y a la fluencia lenta, con lo cual su uso como material estructural queda muy limitado.

En el Zinalco se han logrado eliminar estos impedimentos para su aplicación estructural, de tal manera que puede ser extruido con relaciones de área y velocidades semejantes a las usadas al extruir aluminio. Los perfiles obtenidos según el método descrito, tienen una resistencia -

máxima a la tensión de 400 MPa, con una ductilidad suficiente para permitir que los perfiles planos puedan ser doblados a 180° sin observar agrietamientos en los bordes. La ductilidad y la resistencia mecánica pueden ser variadas como se verá más adelante.

1.2

RESISTENCIA A LA CORROSION

La resistencia a la corrosión del Zinalco es una de sus propiedades más atractivas ya que es superior a la que presentan los productos galvanizados, además de aceptar recubrimientos protectores por anodizado o inmersión en baños de cromatos. La aleación también puede ser pintada siempre y cuando la superficie esté perfectamente limpia.

Los electrodeósitos de cobre-níquel-cromo son otras posibilidades de dar acabados a esta aleación, con la ventaja de que la adherencia que tiene esta aleación a los electrodeósitos es superior a la que presenta el zinc puro o los plásticos.

Entre los resultados más relevantes obtenidos en este estudio, se encuentra el hecho de que el Zinalco con cualquiera de sus microestructuras tiende a formar una ca

pa de óxido protector al someterlo al vapor de agua, como se puede inferir de las curvas de ganancia en peso contra tiempo de exposición.

El material deformado presenta una mayor ganancia en peso, posiblemente debido a que, como se puede observar, la deformación produce levantamiento de los granos (relieve superficial); esto implica un aumento de la superficie efectiva reflejándose en una mayor cantidad de óxido protector formado.

La capa protectora formada de esta manera fué analizada por microscopía electrónica de barrido y por espectroscopía Auger (8,9), encontrándose que la película protectora está formada principalmente de alúmina, es decir, el aluminio contenido en la aleación hace el papel de Cr en el acero inoxidable. La capa así formada alcanza un espesor de $1\mu\text{m}$, lo que es suficiente para mantener el brillo y color natural de la aleación, aunque esté expuesto a la atmósfera de la Ciudad de México.

También podemos inferir que la estructura laminar adquiere protección más rápidamente en la aleación con estructura perlítica, que al mismo tiempo es la que presenta una resistencia mecánica mayor.

El Zinalco bajo condiciones apropiadas puede ser laminado y llevado a condiciones de superplasticidad, si así se desea, para aplicaciones en termoformado, o dejarse en condiciones de máxima resistencia mecánica para aplicaciones comunes a las láminas.

Otro de los estudios realizados dentro del programa de desarrollo del Zinalco fué el de la posibilidad de soldar este material, lográndose demostrar que es perfectamente soldable con aleaciones a base de zinc que no requieren alta tecnología para usarse, ya que su aplicación es semejante a la aplicación de soldadura con estaño-plomo. Una ventaja de esta soldadura es que se difunde fácilmente con la aleación, dando alta resistencia mecánica a la unión a pesar de que la soldadura sea blanda.

Esta facilidad para soldar el Zinalco le da una nueva ventaja sobre el aluminio.

Las propiedades mecánicas del Zinalco, están íntimamente ligadas a su microestructura, esto es, al arreglo microscópico que pueden tomar las fases que componen la

aleación; estas fases son primordialmente una solución sólida de (Al-Zn) denominada fase " " y otra solución sólida de (Zn-Al) denominada fase " ". Cuando la aleación es enfriada lentamente desde arriba de la temperatura eutectoide (275°C), las fases a y b se arreglan en una estructura laminar semejante a la estructura de perlita en los aceros; si por el contrario el enfriamiento es rápido, como es el caso de un temple en agua, la estructura resultante está compuesta por granos ultrafinos de aproximadamente $1\mu\text{m}$ de diámetro. Esta estructura se origina por una descomposición espinodal de la fase de alta temperatura. Estudios dilatométricos permitieron comprobar que aún el templado más severo es incapaz de evitar esta transformación.

Los mecanismos que permiten la deformación de las aleaciones superplásticas Zn-Al no están aún perfectamente determinados. Bajo condiciones de alta temperatura ($T > 200^\circ\text{C}$) se acepta que el principal mecanismo de deformación es el deslizamiento de granos. Este deslizamiento puede llevarse al cabo por procesos que involucren difusión, como el propuesto por Ashby y Verrall, o simplemente movimiento de un grano sobre otro. A temperatura ambiente, condiciones bajo las cuales los mecanismos de

deformación han sido poco estudiados, es generalmente propuesto que la deformación se lleva al cabo por los procesos clásicos de deslizamiento de planos atómicos y dislocaciones. Dentro de las investigaciones realizadas con Zinalco (a temperatura ambiente) se ha podido comprobar, a través de experimentos, que los procesos en los que intervienen dislocaciones, no actúan para la deformación de esta aleación ni en la superplástica, es decir, la deformación a temperatura ambiente también se lleva a cabo por deslizamiento de granos o de dominios como el caso del Zinalco.

El resultado parece lógico ya que se ha observado por microscopía electrónica que tanto los granos como los dominios son casi perfectos, es decir, no tienen dislocaciones en su interior. Al aplicar un esfuerzo a estas estructuras, los cristales perfectos presentarán una resistencia mecánica muy alta (clásica de los cristales libres de dislocaciones) provocando que el deslizamiento se efectúe a través de las fronteras y no por deslizamiento de planos dentro de los cristalitas. Tomando esto como base, se ha propuesto que la deformación de estas aleaciones Zn-Al con propiedades superplásticas, incluyendo al Zinalco en su estado de traba-

jo, se produzca en una forma similar a la deformación de arcillas; así el esfuerzo cortante (τ_c) necesario para producir cedencia en el metal, consistiría de dos términos: uno es el esfuerzo cortante τ_c , requerido para vencer la fuerza de cohesión entre granos, y el otro un esfuerzo de fricción (μ), el cual es proporcional al esfuerzo normal a la superficie (σ_n) de los granos:

El esfuerzo de cohesión entre granos (τ_c) es un término que decae muy rápido con la temperatura, es decir, es alto a temperatura ambiente, sin embargo a temperaturas cercanas a los 200°C se reduce en un 90% de su valor. El término que involucra la fricción entre granos es proporcional a la velocidad con la cual se deslicen los granos. Así, a una rapidez alta de deformación la fricción es alta y el esfuerzo de cedencia será ser alto, sin embargo a bajas rapidezces de deformación (10^{-3} /seg) este término es despreciable y el esfuerzo de cedencia bajará. En resumen, el modelo nos predice que el esfuerzo de cedencia varía con la rapidez de deformación () y que éste decae muy rápido con la temperatura, lo cual es típico de estas aleaciones.

Para el caso de Zinalco hemos observado que el deslizamiento ocurre por el deslizamiento de dominios de perlitita que asemejan "granos" y que su resistencia mecánica en este caso es superior en un 20% al material con granos finos. Sin embargo un tratamiento térmico de Zinalco que produzca una estructura de granos finos, reditúa en una mayor ductilidad del material.

La fluencia lenta o termofluencia que sufren las aleaciones clásicas Zn-Al al ser cargadas en forma constante es una gran limitante para aplicaciones estructurales. Este fenómeno afecta con mayor severidad a la estructura de granos finos, no así a la estructura de dominios del Zinalco, la cual tiene una deformación de alrededor del 1% en 15 años y se espera mejorar.

El mecanismo de deformación, a base de deslizamiento de granos sin intervención de dislocaciones, produce efectos interesantes durante la deformación de este material. Uno de estos efectos es la ausencia de endurecimiento por trabajo mecánico. Este efecto se puede observar durante la laminación, a través de medidas de dureza a diversos pasos de laminación.

La maquinabilidad del Zinalco es excelente, muy parecida a la del latón para maquinado rápido (Cu-33, An-3.2, Pb); esta propiedad le permite encontrar una gran variedad de aplicaciones, como la mostrada en la fig. 1 que corresponde a diseños para portamuestras del microscopio electrónico, en el cual también juega un papel importante su baja resistencia eléctrica ($5 \mu \text{cm}$). Los tornillos fabricados con esta aleación tendrían la propiedad de tener alta resistencia a la corrosión y no formar par eléctrico ni con aluminio ni con acero, pudiéndose usar tanto en torres eléctricas como en el ensamblaje de ventanas.

La posibilidad de producir perfiles arquitectónicos con Zinalco abre una nueva perspectiva a la ingeniería y arquitectura, ya que estos perfiles tienen alta resistencia mecánica (400 MPa) y pueden ser soldados para la fabricación de estructuras para naves, perfiles de ventanas o estructuras vivas como son bicicletas, motocicletas y también chasis de automóviles.

Como podemos ver, las aplicaciones del Zinalco son infinitas. En el caso particular de esta tesis se aprove-

charán además de las propiedades mecánicas del Zinalco, la facilidad de extrusión a bajas temperaturas, para obtener las barras de la bicicleta. También aprovecharemos la propiedad antifriccionante provocada por el óxido de Zinc formado en la superficie, siendo este un excelente lubricante para sustituir todo tipo de baleros y rodamientos. Y por último, la resistencia a la corrosión que posee este material.

En los capítulos 3, 4 y 5 se verá como se fueron retomando las propiedades del zinalco de acuerdo a las consideraciones de diseño hasta concluir el diseño de la bicicleta.

La bicicleta, es el instrumento de transporte mas conocido por la mayor parte del mundo, pero a su vez es muy poca la gente que conoce el origen de este instrumento tan sencillo y tan ingenioso.

Por esta razón decidí complementar esta tesis con un capítulo relativo al origen de la bicicleta.

Cierto es que este tema no tiene mucho que ver con un trabajo de ingeniería, y más aun tratándose de historia. Pero sin embargo quiero hacer ver al lector, que los capítulos 1, 3, 4, 5 y 6 tratan extensamente lo referente a la parte ingenieril, por lo que consideré conveniente hacer este trabajo mas ameno introduciendo un breve comentario de historia.

2.1 " LUGAR DE ORIGEN "

En 1790 Sivrac dió á conocer el aparato conocido con el nombre de celerífero el cual se reducía a ser un pequeño banquito con dos ruedas alineadas una atrás de la otra. De esta, se derivó luego la draisiana, en la que la rueda anterior es dirijible. Ambos aparatos se movían gracias á

la acción de los pies que alternativamente apoyaban en el suelo y ejercían de propulsores.

En 1865 se le ocurrió á Michaux disponer en la rueda delantera dos pedales, resultando el velocípedo. El cuadro de metal es debido á Ader en 1867, las llantas metálicas a Meyer en 1869 , las llantas de hule a Thomson en 1845 y al veterinario irlandés Dunlop quien en 1889 les 'dió la forma definitiva que actualmente tienen.

Antes de llegar á la forma actual de la bicicleta , que puede decirse que data de 1893, estuvo de moda el biciclo, que es un velocípedo en que la rueda delantera es mucho mayor que la trasera. Este tipo de bicicleta es más fácil de manejar, y el equilibrio y dirección del mismo son más fáciles que los de la actual bicicleta, pero sin embargo las caídas son muy peligrosas debido a que el conductor maneja a una altura considerable, esta fué la razón que provocó su desuso.

Durante algunos años estuvo muy de moda la bicicleta, en donde se organizaban carreras de bicicletas en cualquier pueblo por pequeño que fuera apasionando al público aficionado á los deportes. Hoy con excepción de compe-

tencias olímpicas o de niveles profesionales la afición a la bicicleta a decaído bastante. Sin embargo, la biciclera a pasado a ser un instrumento de pura utilidad, en especial para aquellas personas que viven lejos del sitio donde trabajan, así como para servicios de reparto de telegramas correos etc. Durante un periodo aproximadamente de diez años, después de la segunda guerra mundial, en francia la bicicleta se convirtió en un instrumento indispensable para la gente trabajadora de nivel medio. Una película que refleja la problemática de esta situación fue la película titulada " Ladrón de Bicicletas" la cual es muy famosa en el medio cinematografico.

Las modificaciones más importantes que ha sufrido recientemente la bicicleta se refieren al cambio de desarrollo y á la propulsión por motor, constiruyendo las motocicletas.

En 1905 una motocicleta Peugeot alcanzó, con un motor de 14 caballos y un peso total de 50 kg una velocidad de 145 km/hr. Y de las actuales motocicletas ya mejor ni hablamos.

Es importante hacer ver que el principio de la moto-

cicleta es el mismo que el de la bicicleta, con la única diferencia de que en la motocicleta el motor deja de ser el hombre y pasa a ser una máquina.

2.2 " USOS DE LA BICICLETA "

Desde la época de mayor auge del ciclismo no han cesado los ensayos encaminados á estudiar prácticamente las aplicaciones que este rápido medio de locomoción pudiera tener en la guerra. Unos han propuesto la creación de cuerpos de infantería montada en bicicletas, otros han abogado por que se adopten éstas en la artillería para transportar los artilleros montados con el fin de disminuir la plantilla de ganado de los regimientos.

En 1905 el automóvil Club austriaco realizó interesantes ejercicios con secciones de motociclos, que simularon la toma de posesion rápida de un puente situado á larga distancia de una división de caballería, mientras otras secciones de automóviles conducian para ellas ametralladoras, fusiles y cartuchería, ayuda á cuyo auxilio pudieron ponerlo prontamente en estado de defensa, con lo que se pretendió demostrar que las bicicletas, combinadas con los automóviles exploradores pueden servir de apoyo y sostén a las fuerzas de caballería .

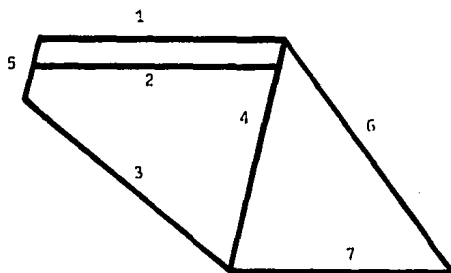
Como podemos ver, la bicicleta a pesar de ser un instrumento muy sencillo cuya fuente de energía es el conductor, a tenido muchas aplicaciones. Actualmente su uso se reduce a transporte de media y larga distancia y sobre todo en países europeos.

En mi caso particular considero que todavía se pueden mejorar los diseños actualmente usados. Y esta tesis es una prueba de que siempre por sencillo que sea algun mecanismo habrá algunos detalles que mejorar.

CAPITULO 3. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Toda persona que lea esta tesis, se hará la siguiente pregunta: ¿ por que hacer un diseño a partir de un perfil "I" y no de un tubo ? , ¿ que acaso es mejor un perfil "I" que un tubo ?.

La respuesta, no es que un perfil "I" sea mejor ni tampoco peor que un tubo. La razón es que específicamente para una bicicleta, trabaja mejor una "I" que un tubo. Y esto se explica de la siguiente manera: Si obserbamos el siguiente cuadro de bicicleta, podemos ver que las barras 1, 2, 3, 4, y 5 no sufren torsión al igual que las barras 6,7 y 4.



La razón, es que cuando tres o mas barras forman una estructura cerrada, no existe momento de torsión alguno. Sin embargo, si pueden existir momentos flectores en las barras al igual que esfuerzos de tensión y compresión.

He enumerado las barras en dos grupos, por que son precisamente las que forman figuras cerradas en la bicicleta, un paralelogramo y un triangulo respectivamente.

El siguiente análisis, hace ver cuales son las condiciones necesarias para que en una barra existan momentos de torsión. Se podrá contemplar claramente como es que en el cuadro de una bicicleta no existen tales momentos de torsión.

3.1 ANALISIS DE TORSION

La figura 3.1 muestra una flecha circular uniforme sujeta en los extremos por los torques "T", los cuales la tuercen a lo largo del eje longitudinal. Suponemos, que la flecha es mucho mas larga con respecto al diametro que muestra la figura.

La única deformación que sufra la barra, es la rota-

ción de las secciones transversales de una con respecto a la otra. Como se muestra en la fig. 3.1 la sección transversal inferior ha sido rotada con respecto a la de arriba a través del ángulo ϕ .

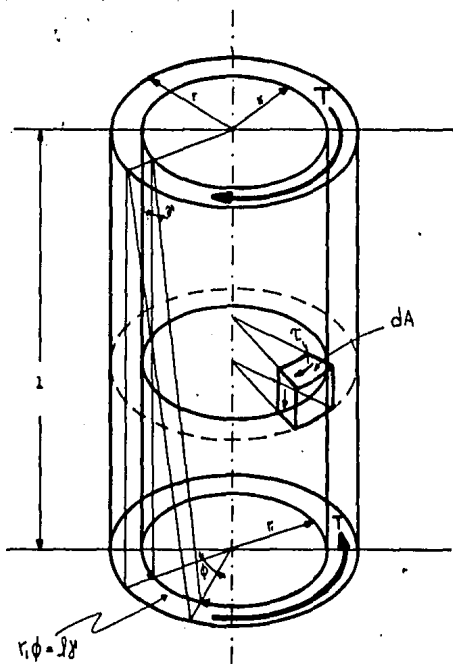


fig. 3.1 .

Las caras de un elemento en la superficie cilíndrica de radio r_1 permanecen constantes a lo largo, pero los ángulos en las esquinas varían de acuerdo al ángulo γ de sus originales 90 grados. El elemento sufre solamente esfuerzos cortantes como se ve claramente en la figura 3.1.

De la figura, también podemos ver que $r_1\phi = l\gamma$. Sustituyendo en la ley de Hooke, $\gamma = \tau/G$, donde "G" es el módulo de elasticidad en corte, obtenemos la siguiente expresión.

$$\tau = \phi Gr_1/l \quad (1)$$

Debido a que ϕ , G y l son constantes en la figura 3.1 el valor del esfuerzo cortante τ varía directamente con el radio r_1 .

Ahora bien, si removemos la porción de la barra por debajo del elemento dA en la figura 3.1, el torque del esfuerzo cortante τ resulta ser la suma o la integral de la sección transversal de la barra, quedando :

$$T = \int_0^r \tau r_1 dA \quad (a)$$

La parte derecha, la multiplicamos y dividimos por r ; y de la ecuación (1) la variación de τ/r es constante, por lo que lo podemos remover de la integral, quedando:

$$T = \int_0^r (\tau/r) r^2 dA = (\tau/r) \int_0^r r^2 dA = (\tau/r) J \quad (b)$$

En la última forma de la ecuación (b), el símbolo "J" llamado "momento polar de inercia" ha sido sustituido por la integral $\int r^2 dA$.

El valor máximo del esfuerzo cortante, ocurre cuando $r = r$. Por lo tanto de la ecuación (b) obtenemos:

$$\tau = Tr/J \quad (c)$$

Ahora igualando $\tau = Tr/J$ de la ecuación (b) con la ecuación (1) y despejando ϕ obtenemos:

$$\phi = Tl/JG \quad (2)$$

A partir de este breve análisis se ha demostrado, como es que el torque "T" está en función directa con el

ángulo ϕ , y esto implica que si $\phi=0$, entonces $T=0$ y por lo tanto no existe momento de torsión.

3.2 COMPARACION ENTRE UN PERFIL "I" Y UN TUBO

A partir de la ecuación (2) podemos ver claramente que no existe torsión alguna cuando $\phi=0$, sin embargo si pueden existir momentos flectores para el caso concreto de las barras de la bicicleta. Entonces un problema que se tenía que resolver, era el de encontrar cual sería el perfil óptimo que soportara los momentos flectores a los que esta sometida la bicicleta.

Por la geometría que presenta una barra circular o bien un tubo, podemos ver que los esfuerzos cuando se aplica torsión se distribuyen homogéneamente a lo largo de toda la superficie.

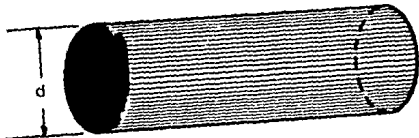
Sin embargo no sucede lo mismo cuando utilizamos una barra con sección transversal rectangular y aplicamos torsión en la misma. La razón es que los esfuerzos no se distribuyen homogéneamente, es decir se concentran en el centro y en las orillas disminuyen.

Haciendo una comparación entre las dos barras mencionadas anteriormente, comprobaremos que teniendo el mismo momento de inercia, una barra de sección rectangular puede soportar mejor los momentos flectores que una barra circular, es decir :

Para una barra circular el momento de inercia es :

$$I = \pi d^4 / 64 \quad (c)^1$$

donde "d" es el diametro de la barra como lo muestra la figura siguiente.



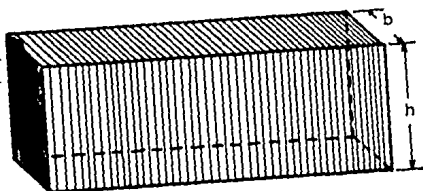
Y para una barra de sección transversal rectangular el momento de inercia es :

$$I = bh^3 / 12 \quad (e)^2$$

donde "h" es la altura y "b" el ancho de la barra, tal y

- 1.- Marks, Manual del IME; (pg. 5-31)
- 2.- Marks, Manual del IME; (p.: 5-30)

como lo muestra la siguiente figura:



Entonces, analizando las ecuaciones (e) Y (c) podemos ver fácilmente que teniendo el mismo momento de inercia "I" en ambas ecuaciones, para la ecuación (c) corresponde un valor "d" único.

Sin embargo, para la ecuación (e) existen un rango amplio de valores para "b" y "h", pudiendo de esta manera obtener una grafica de valores para el área transversal ya que el área transversal está dada por la ecuación:

$$A_t = bh$$

Si escogemos una A_t pequeña tendremos un gran ahorro en peso con respecto al área transversal de la barra cir-

cular.

Bajo este principio podemos ver que en una dirección de esfuerzos determinada, una barra de sección transversal rectangular soporta mejor los momentos flectores que una barra de sección transversal circular.

Y también podemos ver que un perfil "I" esta compuesto de barras con secciones rectangulares, que como anteriormente se demostró este tipo de barras soportan esfuerzos flectores en una dirección de una forma estupenda. Por otro lado se observa que las barras que componen un perfil "I" se encuentran situadas de tal forma que se cubren las dos direcciones mas importantes que se encuentran sometidas a esfuerzos flectores.

En este capítulo, se verán a detalle los pasos que se fueron siguiendo en la selección de nuestros perfiles "I" para la construcción de la bicicleta.

Unicamente se analizará lo referente a la resistencia mecánica de las partes de la bicicleta. Pero, es muy importante resaltar, que las propiedades mecánicas del Zinalco fueron de gran importancia para sustituir el acero, sin ser esta la única razón. También se penso en utilizar un material resistente a la corrosión, que fuera posible soldarlo con facilidad y con un coeficiente de fricción bajo.

Mas adelante, para el diseño de piezas que están girando, veremos como fue posible aprovechar la propiedad antifriccionante del Zinalco para sustituir todo tipo de rodamientos.

La primera parte de nuestro análisis de diseño, consiste en seleccionar las barras 1, 2, 3 y 4 del cuadro de la bicicleta, que son precisamente las que se muestran en la figura 4.1 .

Continuaremos haciendo el análisis para las barras de la tijera frontal y trasera, que son las que se muestran en la figura 4.2 .

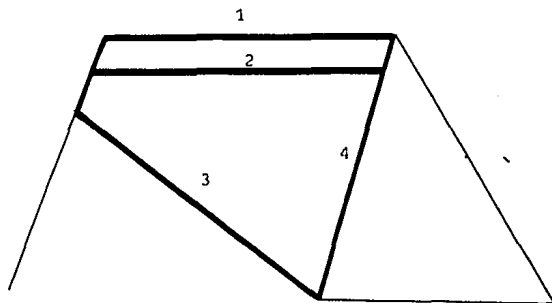


fig. 4.1

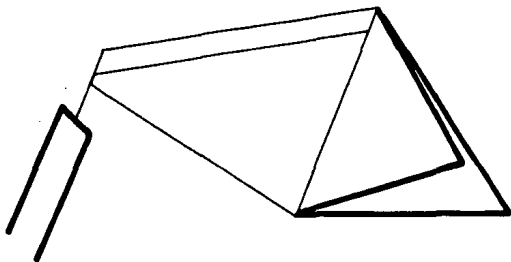


fig. 4.2

Finalmente se hará el diseño de todas las uniones de las barras, así como los elementos de la bicicleta que es tán sometidos a fricción debido a sus partes móviles.

4.1 ANÁLISIS MATEMÁTICO, CONSIDERACIONES, CÁLCULOS Y PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

Partiremos haciendo el análisis para una sola barra de la bicicleta y a partir de esta barra se obtendrá el diseño óptimo para las demás barras.

La ecuación para el cálculo de la deflexión máxima de una barra de sección transversal uniforme al aplicarse le una carga transversal es la siguiente:

$$f = WL^3/48(EI) \quad (4.1)^1$$

Donde W es la carga transversal, L la longitud de la barra, E el módulo de elasticidad e I el momento de inercia.

Esta ecuación es un modelo matemático que se ajusta a la deflexión que sufre una barra como la que se muestra en la figura 4.3 .

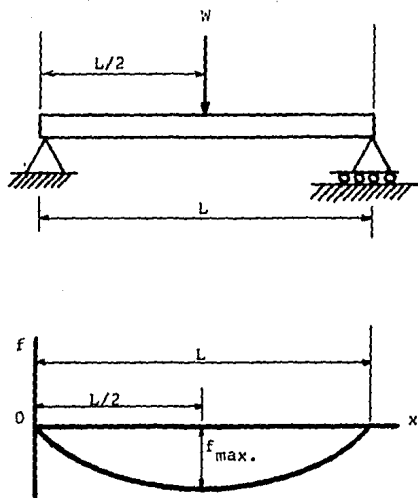


fig. 4.3 .

A partir de la ecuación (4.1), haremos el análisis para el diseño de nuestro Perfil "I".

Lo que se busca es obtener una barra "I" de Zinalco tal que soporte la misma carga que la actual barra tubular de acero. Por lo tanto, necesitamos que la deflexión máxima del tubo de acero, sea también la máxima en nuestro perfil "I".

entonces:

$$f_{\text{tubo de acero}} = f_{\text{perfil "I" de zinalco}}$$

Y a partir de esta consideración y haciendo uso de la ecuación (4.1) llegamos a que :

$$W_a L_a^3 / 48 E_a I_a = W_z L_z^3 / 48 E_z I_z \quad (4.2)$$

En donde los sub-índices "a" y "z" representan a el acero y el zinalco respectivamente.

ahora hagamos :

$$W_a = W_z \quad \text{y} \quad L_a = L_z$$

debido a que queremos que las dos barras tengan la misma longitud y esten trabajando bajo la misma carga.

De esta manera, la ecuación (4.2) se reduce a :

$$E_z I_z = E_a I_a \quad (4.3)$$

despejando I_z , nos queda :

$$I_z = E_a I_a / E_z \quad (4.4)$$

donde E_z y E_a las obtenemos a partir de tablas¹.

Para un acero de alta resistencia y baja aleación
ASTM - A232 tenemos las siguientes características :

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = 7860$$

$$\text{Modulo de elasticidad (Ea)} = 200 \text{ GPa.}$$

y para el Zinalco :

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = 5400$$

$$\text{Modulo de elasticidad (Ea)} = 130 \text{ GPa.}$$

sustituyendo valores en la ecuación (4.4) tenemos que :

$$I_z = (200 \text{ GPa})(I_a)/130\text{GPa}$$

es decir,

$$I_z = 1.5385 I_a \quad (4.5)$$

Esto implica, que el momento de inercia del perfil "I" de Zinalco que buscamos, tendrá que ser 1.5384 veces mayor que el momento de inercia de un tubo circular de acero.

1.- Para el acero: Marks, Manual del Ingeniero Mecánico, segunda edición en español, Mc Graw Hill. Para el Zinalco : IIM de la UNAM.

También sabemos que el momento de inercia de un tubo esta dado por la siguiente ecuación :

$$I_a = \pi (D^4 - d^4) / 64$$

(4.6)¹

donde "D" es el diametro mayor y "d" el diametro menor tal y como se muestra en la 4.4 .



fig. 4.4

Por otro lado, las dimensiones del tubo de acero que se quiere sustituir, son las siguientes :

$$D = 2.9 \text{ cm.} \quad \text{y} \quad d = 2.58 \text{ cm.}$$

1.- Marks; Manual del INE. (pg. 5-31)

sustituyendo "d" y "J" en la ecuación (4.6) obtenemos :

$$I_a = \pi(2.9^4 - 2.58^4)/64$$

$$I_a = 1.2969 \text{ cm}^2$$

ahora, sustituyendo en la ecuación (4.5) tenemos que :

$$I_z = 1.5385(1.2968)$$

$$I_z = 1.9953 \text{ cm}^4$$

Entonces, nuestro diseño del perfil "I" de Zinalco lo haremos de acuerdo al momento de inercia $I_z = 1.9953 \text{ cm}^4$ que es el necesario para que tenga las mismas propiedades mecánicas que el tubo de acero.

Por otra parte, sabemos que el momento de inercia para un perfil "I" es el siguiente :

$$I = (bh^3 - bh_1^3)/12 \quad (4.7)^1$$

La figura 4.5 nos muestra lo que representa cada una de las variables contenidas en la ecuación (4.7) .

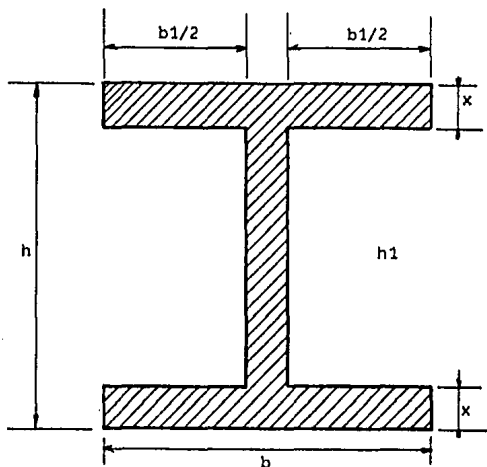


fig. 4.5

Antes de proseguir adelante, quiziera señalar un punto importante.

Si nosotros hacemos el diseño de una "I" tal que el área transversal sea la misma área transversal que el tubo de acero, tendremos un ahorro en el peso de la barra de aproximadamente un 31% (el cual se demostrará mas adelante), es decir, que igualando las áreas transversales ya se obtiene una reducción considerable en el peso. Sin embargo

nosotros podemos jugar con el área transversal del perfil "I" ya que el área está en función de cuatro variables, quedando :

$$A_z = bh - bh_1 \quad (4.7')$$

y al mismo tiempo mantenemos constante el momento de inercia, tal y como se explica en la sección 3.2 del capítulo 3.

Por otro lado se vió anteriormente en la ecuación (4.7) que I_z también está en función de 4 variables, es decir :

$$I_z = f(h, b, h_1, b_1)$$

Por esta razón consideramos que el siguiente paso a seguir era el de encontrar como varía el área transversal del perfil "I" en función de sus cuatro variables y a su vez mantener I_z constante. De esta forma podremos encontrar la variación del peso en función del área transversal de la barra y así seleccionar el perfil "I" que mas convenga.

Como se puede ver claramente, esta es la parte medular de nuestro diseño, ya que el peso de la bicicleta dependerá de las dimensiones que nosotros escogamos para el perfil "I".

Y por lo tanto se prosigue de la siguiente manera :

A partir de la figura 4.6 llegamos a las siguientes relaciones :

$$b = b_1 + x$$

$$h = 2x + h_1$$

y de aquí :

$$b_1 = b - x \quad (4.8)$$

$$h_1 = h - 2x \quad (4.9)$$

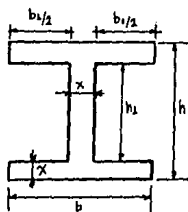


fig. 4.6

Sustituyendo (4.8) y (4.9) en (4.7), nos queda :

$$I_z = (1/12)(bh^3 + (x - b)(h - 2x)^3) \quad (4.10)$$

Una condición de diseño fue la de hacer $h = b$ con la finalidad de obtener una "I" cuadrada y no extralimitarnos demasiado del diseño original del tubo. La figura 4.6 nos muestra una aproximación del tubo con el perfil "I" que se quiere encontrar.

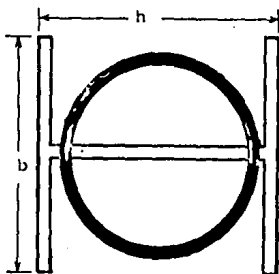


fig. 4.6

Entonces la ecuación 4.10 se reduce a :

$$I_z = (1/12)(h^4 + (x - b)(h - 2x)^3)$$

ahora, desarrollando para "x" nos queda :

$$x^4 - (5/2)hx^3 + (9/4)h^2x^2 - (7/9)h^3x + (3/2)Iz = 0 \quad (4.11)$$

Otro problema al cual nos enfrentamos, fue el de encontrar a partir de qué valor de "h" nuestra ecuación 4.11 empieza a tener sentido. Y se procedio de la siguiente forma :

retomando la ecuación (4.7)

$$Iz = (1/12)(bh^3 - b^2h^3)$$

claramente vemos que cuando b1 y h1 tienden a cero, es decir que cuando nuestra "I" tiende a ser una barra cuadrada entonces $h1 = 0$ y $b1 = 0$.

y de aquí la ecuación (4.7) nos queda :

$$h^3 = 12Iz/b \quad \text{pero como } b=h$$

$$h^4 = 12Iz = (12)(1.9952)$$

y finalmente, $h = 2.2120$

Esto quiere decir, que la "h" mínima de la cual tiene que partir nuestra ecuación 4.11 para que "x" empiece a tomar valores reales es $h = 2.2120$.

La tabla 1 nos muestra el comportamiento de las variables x, h1, y b1 al variar h desde 2.21 hasta 5.1 y también como varía el área transversal al sustituir estos valores en la ecuación (4.7').

h (cm)	x (cm)	h1 (cm)	b1 (cm)	A (cm ²)
2.21	1.3337	-0.45	0.87	5.2849
2.3	0.4960	1.3080	1.8040	2.9304
2.5	0.2994	1.9012	2.2000	2.0662
2.7	0.2135	2.2730	2.4865	1.6382
2.9	0.1621	2.5758	2.7379	1.3577
3.0	0.1434	2.7100	2.8600	1.2500
3.1	0.1277	2.8446	2.9723	1.1550
3.3	0.1032	3.0936	3.1968	1.0000
3.5	0.0849	3.3300	3.4100	0.8770
3.7	0.0709	3.5500	3.6300	0.7800
3.9	0.0600	3.7200	3.8400	0.6900
4.1	0.0513	3.9400	4.0400	0.6297
4.3	0.0442	4.2100	4.2500	0.5663
4.5	0.0380	4.4200	4.4600	0.5101
4.7	0.0330	4.6300	4.6600	0.4631
4.9	0.0290	4.8400	4.8700	0.4246
5.1	0.0261	5.0400	5.0740	0.3900

Tabla (1)

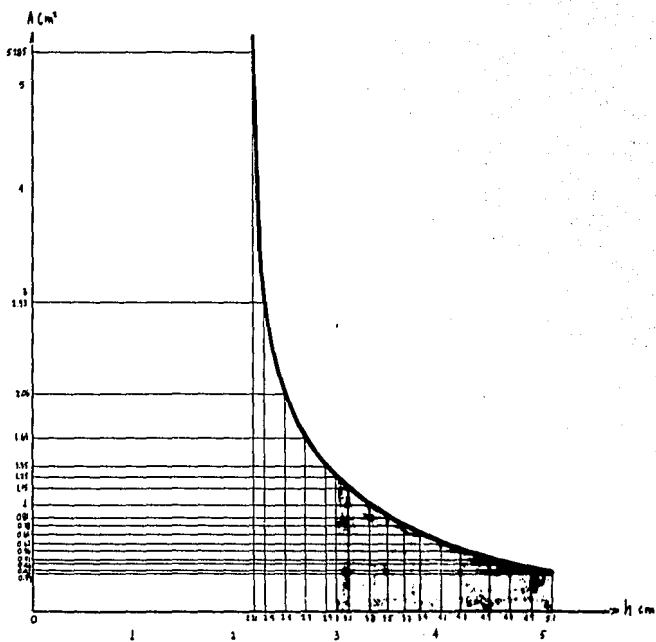
Una vez encontradas las variables h , x , h_1 , y b_1 podemos encontrar el área transversal que es precisamente la última columna de la tabla (1)

Nuestro diseño como se dijo anteriormente va a estar en función del área transversal. En la gráfica (1.1) veremos claramente como varía el área con respecto a " h " y también a partir de que " h " es conveniente hacer nuestro diseño.

Como anteriormente se mencionó, es muy importante la selección del área transversal que tendrá nuestro perfil "I" ya que el peso de la barra está en función del área transversal.

También anteriormente se mencionó, que si igualamos el área transversal de nuestro perfil "I" con el área transversal de un tubo de acero, obtendremos un ahorro en peso del 31% con respecto al tubo lo cual es muy bueno.

Este 31%, se obtiene fácilmente observando que si las dos áreas transversales del perfil y del tubo son las mismas, entonces la cantidad de material es la misma y por consiguiente la relación de peso para cualquier longitud



Infinitesimal

de la barra es la misma que la relación de densidades quedando :

$$(\text{Densidad Zinalco/Densidad Acero})100 = 68.7$$

y de aquí :

$$\text{Ahorro en peso : } 100 - 68.7 = 31.3\% .$$

por otro lado, el cálculo del área transversal del tubo, es el siguiente :

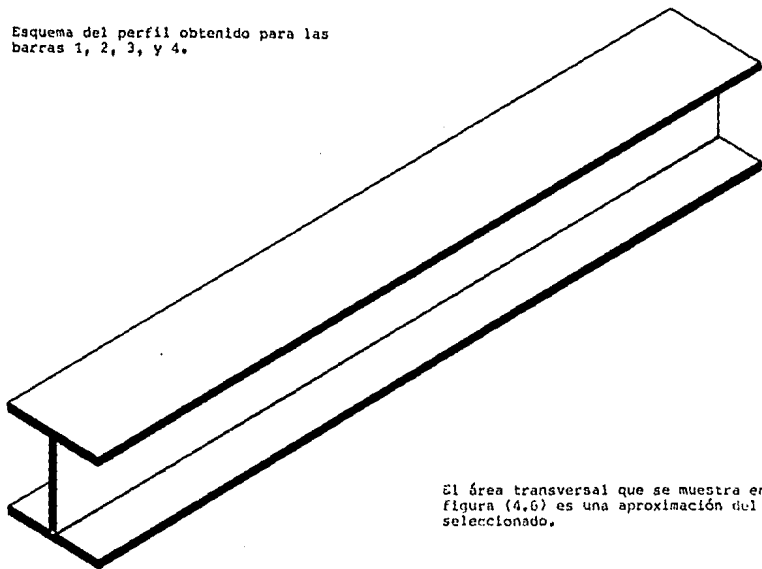
$$Aa = (\pi/4) (D^2 - d^2)$$

$$Aa = (3.1416/4) (2.9^2 - 2.58^2)$$

$$Aa = 1.3773 \text{ cm}^2 .$$

que es precisamente donde empieza la parte sombreada de la grafica (4.1) . La cual correspondería a un perfil "I" con dimensiones de $h=2.9$, $x = 0.1621$, $h1 = 2.5758$ y $b1 = 2.7379$ (en cm.) con una área transversal $Az = 1.3557 \text{ cm}^2$ que es muy aproximada a el Aa .

Esquema del perfil obtenido para las
barras 1, 2, 3, y 4.



El área transversal que se muestra en la
figura (4.6) es una aproximación del pre-
seleccionado.

fig. 4.6

Como ya se ha dicho, estas medidas son satisfactorias para llevar a cabo nuestro diseño.

Pero también vemos que la gráfica (4.1) nos invita a analizar valores que se encuentran en la parte sombreada y así tener un ahorro todavía mayor que el 31% del cual se ha hablado.

Efectivamente, escogí un valor tal que me diera un ahorro mayor al 31%. Y el valor escogido para nuestro diseño, fue de $h = 3\text{cm}$. Por consiguiente de la tabla (1), $Az = 1.25\text{ cm}^2$, de tal forma que al hacer el cálculo de peso de acuerdo a la longitud de la barra, encontramos que el ahorro sería de un 38% en peso como se puede ver en la tabla (2).

De la gráfica (4.1) podemos ver que es posible reducir aun mas el área. Esto no se efectuó debido a que las primeras barras de prueba no serán extruidas, sino que maquinadas y esto implica que al adelgazar las paredes del perfil "I" para reducir mas el área, también aumenta el grado de dificultad a la hora de maquinar.

Una vez que se construya el dado de extrusión especi-

ficamente para un perfil determinado podremos considerar valores de λ menores y tener así un mayor ahorro en el peso.

Para hacer el diseño de la tijera frontal (barras 9 y 10), se pensó en obtenerlas a partir de un solo perfil "I", el cual se cortaría a la mitad obteniendo así dos perfiles "T".

Esta idea nació al pensar que toda la bicicleta puede ser armada a partir de un solo perfil "I" sin ser necesario tener varios perfiles. Lo cual sería otra ventaja más sobre la actual bicicleta que está armada con diferentes espesores de tubo, debido a que aumenta el costo de la bicicleta.

Partiendo de las dimensiones del tubo del cual esta construida la tijera frontal :

$$a = 1.27 \text{ cm.}$$

$$b = 0.6350 \text{ cm.}$$

$$a_1 = 1.11 \text{ cm.}$$

$$b_1 = 0.4763 \text{ cm.}$$

La figura 4.7 muestra en corte el área transversal

con sus respectivas variables cuyos valores se han mencionado.

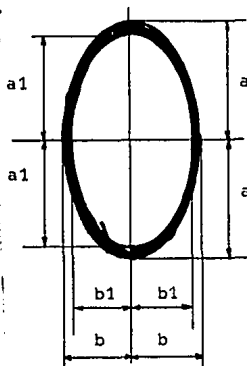


fig. 4.7

Calculamos el momento de inercia, el cual está dado para este tipo de tubo "elíptico" por la fórmula¹:

$$I = \pi (a^3 b - a_1^3 b_1) / 4$$

sustituyendo valores, nos queda :

$$I = (\pi/4) ((1.27)^3 (0.6350) - (1.11)^3 (0.4763))$$

1.- Marks; Manual del LME. (Pg. 5-31)

$$I = 0.51 \text{ cm}^4 .$$

El tubo elíptico, se sustituirá por un perfil "T" como el que se muestra en la figura 4.8 y cuyo momento de inercia es :

$$I = (BH^3 + bh^3)/12$$

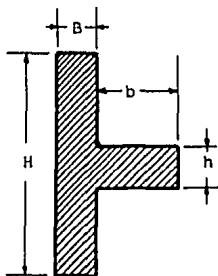


fig. 4.8.

Una condición fué que $B = h$, debido a que este tipo de barras se obtendrán a partir de un perfil "I" que será extruido, y por esta razón, para facilitar la extrusión ,

todas las paredes de nuestro perfil "I" tienen que ser iguales en espesor. Consiguiendo de esta manera un flujo de zinc uniforme a través del dado de extrusión.

También la dimensión "b" fue fijada de 1 cm como límite, debido a que si nos excedíamos, alteraríamos mucho el valor de "2b" (de la fig. 4.7) para el tubo elíptico y además quedaría muy ancha la tijera frontal.

El área de nuestra "I" nos queda entonces como :

$$A_z = B(H + 1) \quad (4.12)$$

y el momento de inercia como :

$$I_z = (BH^3 + h^3)/12$$

pero como $B = h$, entonces :

$$I_z = (BH^3 + B^3)/12 \quad (4.13)$$

Y a partir de la ecuación (4.4) en donde ya anteriormente se había obtenido la relación de $I_z = 1.5385$ y como I_a para un tubo elíptico es $I_a = 0.51 \text{ cm}^4$ obtenemos que :

$$I_z = 1.5385 (0.51 \text{ cm}^4)$$

quedándonos :

$$I_z = 0.7846 \text{ cm}^4.$$

Ahora, sustituyendo este valor en la ecuación (4.13) obtenemos la siguiente expresión :

$$0.7856 = (BH^3 + B^3)/12$$

y de aquí :

$$9.41 = BH^3 + B^3$$

despejando "H", nos queda :

$$H = ((9.41 - B^3)/b)^{1/3} \quad (4.14)$$

La ecuación (4.14) tiene sentido únicamente para el siguiente rango de valores de B :

$$0 < B^3 < 9.41$$

o bien :

$$0 < B^3 < 2.1112$$

Como podemos ver tenemos un rango bastante amplio para el diseño de nuestro perfil "T". Entonces, a partir de la ecuación (4.12) y 4.14) obtenemos la siguiente tabla:

B(cm)	H(cm)	Az(cm ²)
.05	5.73	.3365
.10	4.54	.55
.15	3.97	.74
.20	3.60	.92
.25	3.34	1.08
.30	3.15	1.24
.35	2.99	1.39
.40	2.85	1.54
.45	2.74	1.68
.50	2.64	1.82
.55	2.56	1.95
.60	2.48	2.09

tabla (3)

La selección de las medidas de nuestro perfil "T" estará en función del área transversal del tubo elíptico

de la bicicleta de acero. Y está determinada por la siguiente ecuación :

$$A_z = (\text{eje mayor}) (\text{eje menor}) (\pi) / 4$$

y sustituyendo los valores de la figura 8 tenemos que :

$$A_z = (3.1416) (1.27) (0.6350) - \\ (3.1416) (1.11) (0.4763)$$

$$A_a = 0.8726 \text{ cm}^2$$

Para el diseño de la tijera frontal de la bicicleta, escogimos de la tabla (3) los valores de $B = 0.3$, $H = 3.15$ y con su respectiva área de $A_z = 1.24 \text{ cm}^2$. Con estas medidas conseguimos una relación de peso entre la tijera de acero y la tijera de zinalco de 1 a 1 aproximadamente , como se ve en el siguiente calculo :

$$W_z/W_a = (\rho_z A_z l) / (\rho_a A_a l) = \rho_z A_z / \rho_a A_a$$

$$W_z/W_a = 5400(1.24)/7860/(.8726)$$

$$W_z/W_a = 0.976287$$

Claramente podemos ver que el ahorro en peso es prácticamente nulo. La razón fué que la tijera frontal es la parte de la bicicleta que está sometida a mayores esfuerzos, sobre todo cuando por alguna razón se pasa por un bache. Entonces fué necesario dar un factor de seguridad y este fue el de darle mayor cuerpo a las barras de la tijera para que así soporten mejor los impactos.

La selección de los perfiles "T" para la tijera trasera, es decir para las barras 5, 6, 7 y 8 se llevó a cabo de la misma forma que las barras 9 y 10 de la tijera frontal. Estos factores de seguridad podrán reducirse una vez que se hayan echo suficientes pruebas experimentales y se observe que es factible darle menor cuerpo a las barras de las tijeras reduciendo el área transversal de las mismas y aumentando las variables "B" y "H" de la ecuación (4.14), como se puede ver en la tabla (3) .

En esta sección del capítulo 4 nos limitaremos a explicar detalladamente las consideraciones que se tomaron al diseñar las uniones de las barras del cuadro de la bicicleta.

Por otro lado se presentarán los ejes que unen a los pedales y al volante con la tijera delantera respectivamente. Es importante señalar que en ninguno de los dos casos de ejes mencionados anteriormente se utilizarán baleros ni rodamientos, sino que se aprovechará la propiedad antifricciónante del Zinalco.

La figura 4.9 nos muestra las longitudes de las barras que componen el cuadro de la bicicleta con sus ángulos respectivos.

El cálculo de los ángulos es un detalle al cual es necesario prestarle mucha atención a la hora de hacer el diseño de las uniones. La razón es que con una pequeña variación, las barras ya no van a coincidir en un solo punto y a la hora de armar todas las piezas se presentará el problema de que no coinciden las barras unas con otras y por lo tanto habrá que repetir el trabajo de máquina.

"DIMENSIONES DE LAS BARRAS Y ANGULOS DEL CUADRO DE LA BICICLETA"

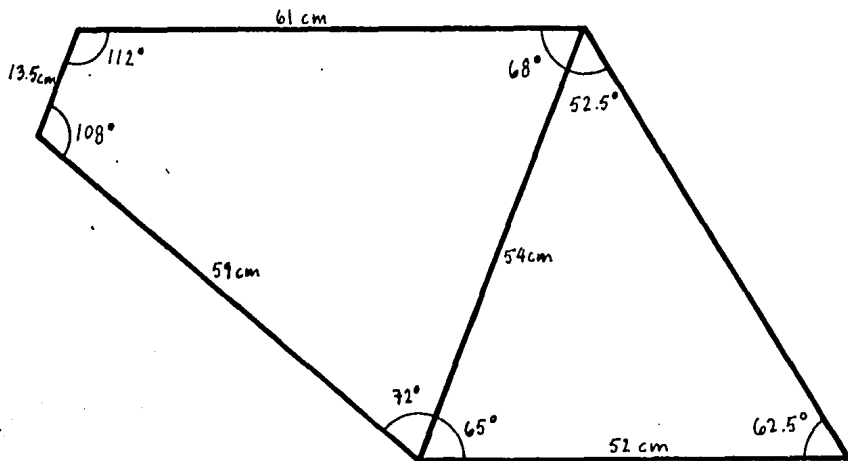


Fig. 1.9

Las figuras 4.10 , 4.11 y 4.12 nos muestran a detalle las dimensiones de la " caja de pedales " en la cual se unen las barras 3, 4, 5 y 6 , en donde a su vez gira el eje de los pedales.

La caja de pedales está presentada por la proyección isométrica en la fig. 4.10. Esta pieza se construyó a base de zincalco. Primeramente se fundió en un molde de donde posteriormente se máquina en la fresadora y torno.

Como podemos ver de la figura 4.11 , la parte interna de la caja de pedales tiene dos secciones cónicas. Estas dos caras cónicas junto con las otras secciones cilíndricas funcionan a manera de cojinetes de rozamiento.

Finalmente la figura 4.12 nos muestra el eje de la caja de pedales con sus respectivas partes cónicas y cilíndricas. Como se puede ver el eje consta de dos secciones que se unen en la parte central de la caja. El mecanismo de unión funciona a base de caras realizadas como lo muestra la figura 4.13. Estas dos piezas a su vez se unen por medio de un tornillo que atraviesa la caja de pedales que a su vez se muestra por la sección punteada de la figura 4.12 en su planta de frente y vista superior.

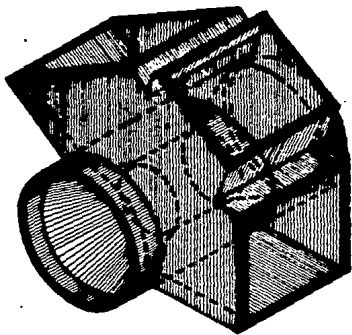


fig. 4.10

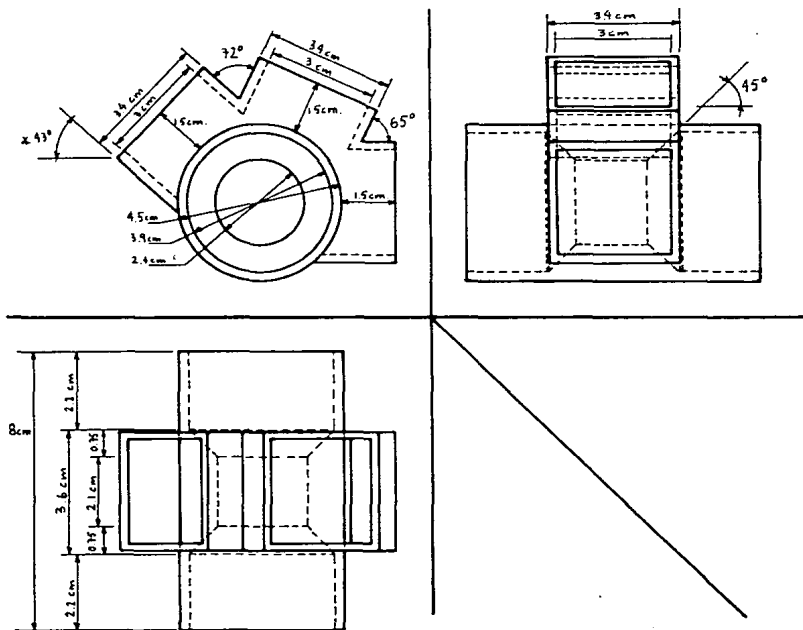


fig. 4.11

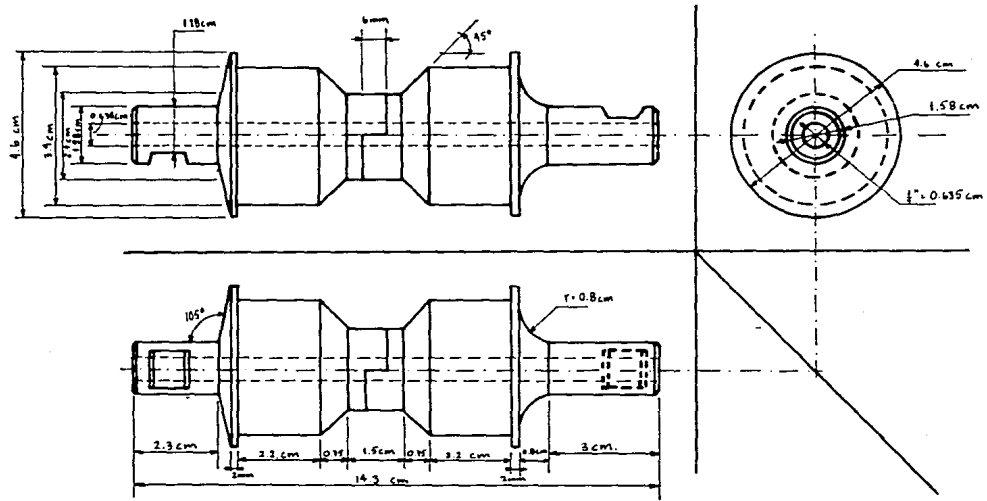


fig 4.12

En relación a las figuras 1, 10, 11 y 12 respectivamente, las cuales muestran las piezas que actúan al transmitir la potencia de los pedales a la rueda trasera, es conveniente hacer un pequeño comentario.

El trabajo de maquinado o bien si se hace por inyección debe llevarse a cabo con sumo cuidado. La razón es que las piezas están trabajando sin lubricación y las caras tanto de la caja de pedales como del eje de pedales se encuentran en contacto total. El problema que puede presentarse en este tipo de mecanismo y que de echo se presenta en la mayoría de los casos, es el de que por errores en la fabricación de las caras de los cojinetes cónicos, no hacen contacto homogéneamente y esto trae como consecuencia una concentración de esfuerzos muy fuerte en una sección determinada de la cara cónica del cojinete la cual se repite alternativamente al aplicarse la fuerza una y otra vez.

Este problema se resuelve rectificando las piezas que estarán en contacto dándoles al mismo tiempo un acabado de espejo para así lograr una distribución de esfuerzos homogénea a lo largo de toda la superficie que se encuentra en contacto.

Para lograr acabados de este tipo, es necesario t a-

bajar con la herramienta adecuada, bien afilada y seleccionando también las máquinas de trabajo adecuadas y que se encuentren en muy buen estado. Me permiti hacer esta aclaración debido a que si se acumulan errores de medición por pequeños que estos sean afectarán al buen funcionamiento de este tipo de mecanismos.

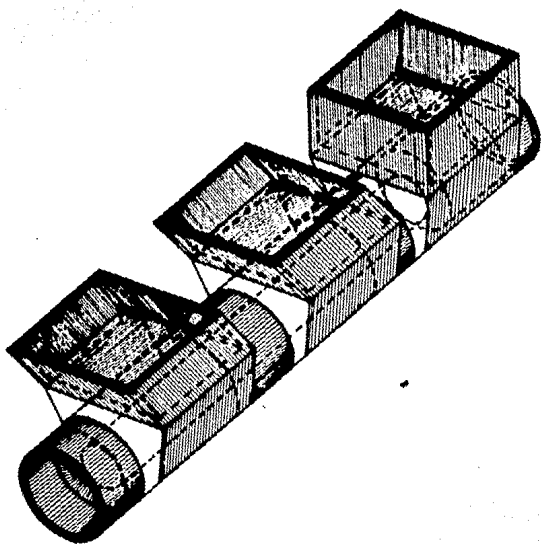
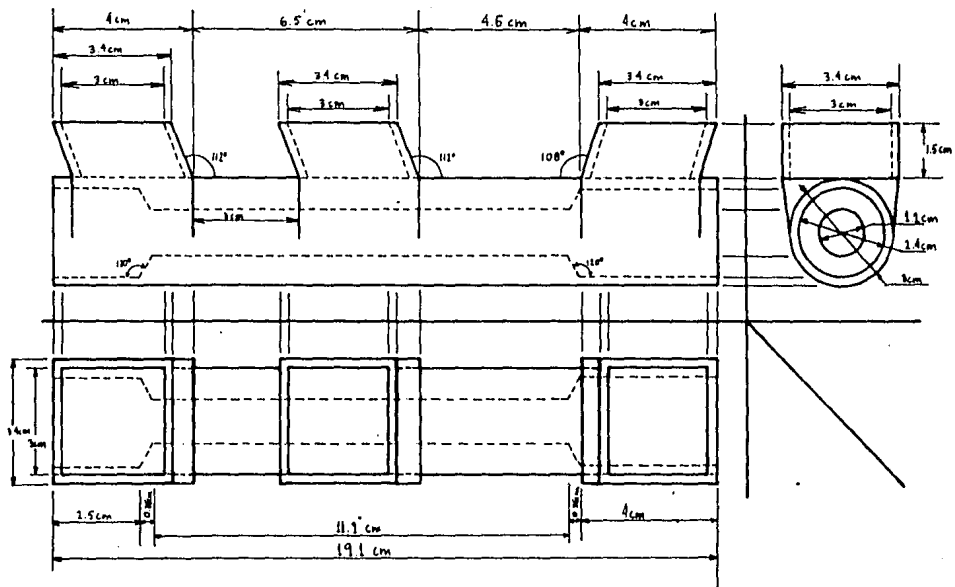


fig. 4.13



7.
fig 4.14

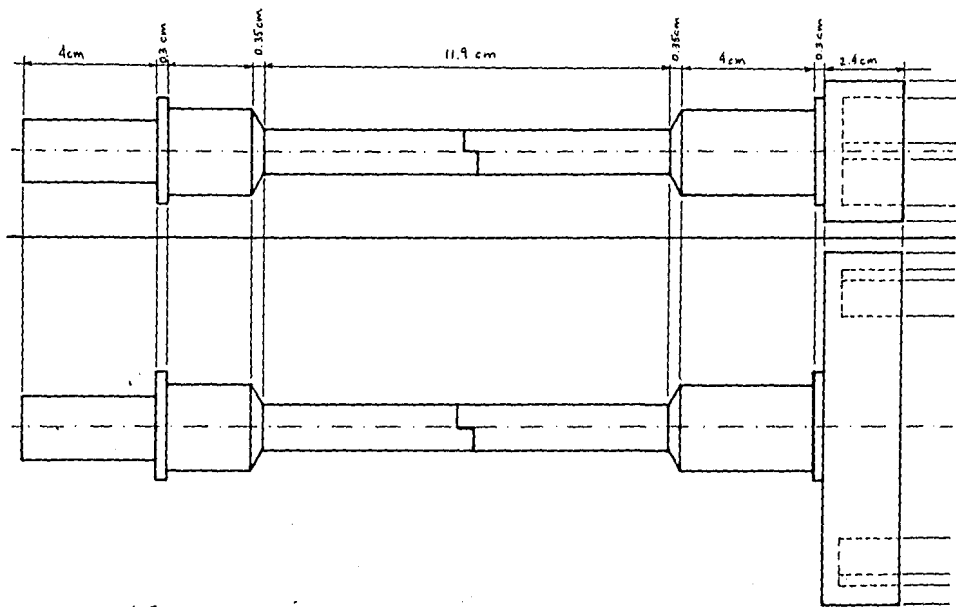


fig. 4.15

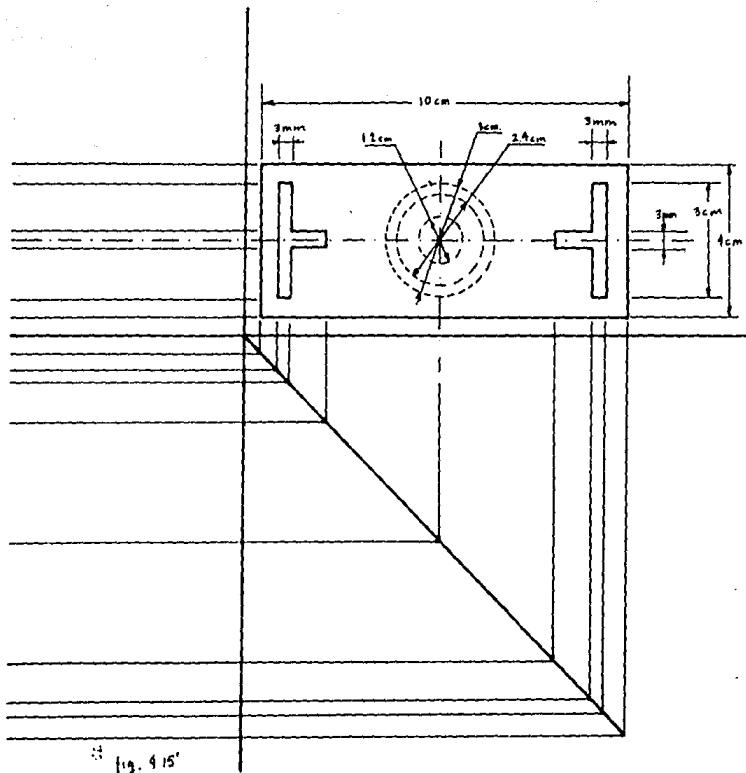


fig. 4 15'

Las figuras 4. 13, 4.14 , 4.15 y 15' respectivamente representan todas juntas una vez ensambladas el mecanismo que permite transmitir el movimiento del volante a la ru delantera.

Este mecanismo a pesar de ser mas sencillo que el de la caja de pedales, requiere del mismo cuidado a la hora de construirlo. Por que si bien en este caso los esfuerzos de fricción no son tan violentos como en la caja de pedales debido a que el giro del volante es minimo. Pero es importante aclarar que los impactos provocados por irregularidades en las calles, carreteras etc. como pueden ser pequeños baches, se transmiten a la caja que une la llanta delantera con el manubrio. Esto implica que si el ensamble de la caja con el eje esta bien empalmado, el impacto entonces se distribuiria como si fuese una pieza solida, en cambio si existe holgura alguna el tiempo de durabilidad disminuira considerablemente.

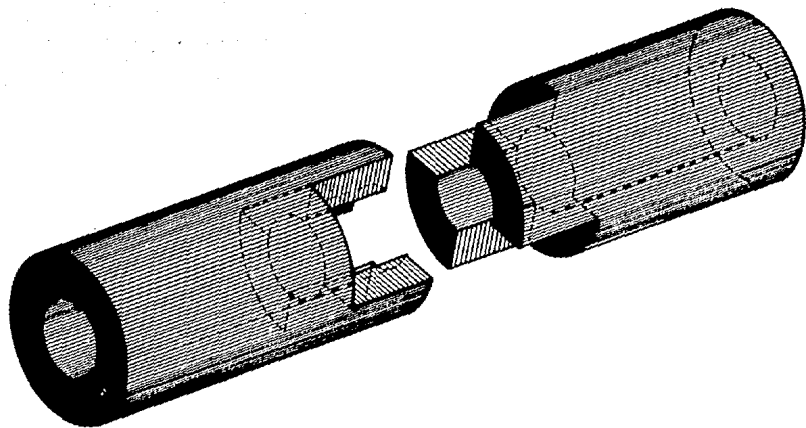


fig. 2.16

Como se menciono anteriormente, la figura 1. 10 muestra la forma de ensamble del eje de pedales y del eje de volante-rueda delantera.

Este tipo de ensamble llamado "ensamble de caras realzadas" se selecciono debido a que permite que los esfuerzos se distribuyan homoganeamente y equitativamente para ambas secciones del eje.

Por otro lado se pensó también que es un sistema de ensamble muy sencillo el cual en la fabricación por el método de inyección no representaria problema alguno.

CAPITULO 5.- "METODOLOGIA SEGUIDA EN LA CONSTRUCCION DE LA BICICLETA".

En este capitulo, se presentará paso a paso la metodología que se fué siguiendo en la construcción de la bicicleta. Con la finalidad de resaltar los puntos en los que se debe tener mayor cuidado, mencionando los problemas a los que nos enfrentamos. Al mismo tiempo mencionando algunos otros posibles métodos de construcción.

5.1 "FUNDICION DE ZINALCO"

Como primer paso, para llevar a cabo nuestro diseño fue necesario fundir varios lingotes de zinalco de donde posteriormente se obtendrian barras de 65 cm de largo, 4 cm de ancho y 4 cm de altura a partir de un molde previamente construido.

La razón de este primer paso, fue que los lingotes de zinalco no nos daban la medida que necesitabamos para obtener las barras de la bicicleta. Por otro lado a la hora de fundir los lingotes, para obtener las barras, nos encontramos con el problema de que las barras salian después de la fundición con impurezas.

Básicamente las impurezas estaban constituidas por residuos de escoria provocada por la capa de oxido formada en la superficie de la fundición y también por algunos poros que se formaban debido a el oxigeno que quedaba atrapado en el material.

Este problema lo resolvimos después de varias pruebas e intentos dandole un tratamiento especial a el material fundido directamente en el crisol.

El tratamiento consta de dos pasos :

El primero en agitar perfectamente bien la fundición para homogeneizar la temperatura en todo el material fundido y al mismo tiempo provocando que los residuos de escoria subieran a la superficie por diferencia de densidades, en donde con la ayuda de una cuchara de acero inoxidable se separaba la escoria una vez que habia subido a la superficie. Este tratamiento lo repetiamos varias veces , en algunos casos 3 o 4 veces, hasta observar que ya no subian a la superficie residuos de escoria.

El segundo paso, consistia en introducir en el crisol un trozo de madera de pino y agitar el material fundido

perfectamente bien. Esto se hacia con la finalidad de lograr que la madera desprendiera carbón, el cual reaccionaria con el oxigeno atrapado formando CO y CO₂ . De esta manera la molecula de gas subia con mayor facilidad a la superficie de la fundición liberando asi el O₂ atrapado en la fundición.

Con este último tratamiento lograbamos desgasificar la fundición. Los resultados que se obtuvieron fueron muy positivos ya que las barras obtenidas de Zinalco estaban practicamente libres de impurezas y los poros se redujeron en un alto porcentaje.

Estas maniobras de fundición se realizaron a una temperatura de 630 grados centigrados y en un horno eléctrico con regulador de temperatura hasta 1400 grados centigrados y de 1.5 m³ de volumen.

5.2 " TRATAMIENTOS TERMICOS "

Debido a que las barras obtenidas a partir de la fundición serían maquinadas, era necesario darles un tratamiento termico de recocido.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

El objeto básico de recocer las barras se debe a la necesidad de aumentar el tamaño del grano para darle mayor rigidez a las barras y no tener problemas de atascamientos a la hora de máquinar.

El Zinalco cuando se encuentra a una temperatura por debajo de los 400 grados centígrados empieza a sufrir una transformación de estructura, es decir, se empiezan a formar granos a partir de las dendritas.

Estas dendritas a medida que la temperatura va disminuyendo hasta alcanzar la temperatura ambiente como se dijo forman granos. Pero el problema es que no da tiempo de que se formen granos de mayor tamaño que es precisamente lo que se busca.

Por esta razón las barras se recoció a 350 grados centígrados para darle mayor tiempo de crecimiento a los granos y así obtener grano grande. Inmediatamente después del recocido las barras se sometieron a un temple hasta alcanzar la temperatura ambiente logrando así obtener una estructura de grano tal que nos ofreciera mayor rigidez en las barras .

Todas las barras antes de ser máquinas se sometie-

ron a este tratamiento térmico mencionado, obteniendo magníficos resultados por la facilidad con la que se pudieron máquinar las barras de Zinalco.

5.3 "SELECCION DE LA HERRAMIENTA"

Realmente no fue difícil determinar con que herramienta se trabajarían las barras para obtener los perfiles "I" t "T".

La herramienta que se selecciono, fué el cepillo. Debido a que de una barra cuadrada se obtendría un perfil determinado cuyas medidas se mencionaron ampleamente en el capítulo 4.

El cepillado constituye un importante procedimiento de trabajo para conseguir superficies planas y largas que es el caso preciso que a nosotros nos interesó para máquinar las barras.

No se tuvo mayor problema para obtener los perfiles, el único inconveniente fue el tiempo ya que se alargó bastante.

Muy importante es mencionar que esta bicicleta se diseñó pensando en la propiedad que tiene el Zinalco de ser extruido. Es decir, las barras se extruirán en lugar de máquinarse una vez que este modelo de bicicleta se emplee a fabricar en serie. Y de esta forma se reducirá notablemente el tiempo de fabricación de los perfiles "I" y "T", y por consiguiente el costo también.

Siendo este un modelo experimental único, no resulta conveniente fabricar los dados de extrusión para fabricar cantidades tan pequeñas de perfiles. Considerando también el gasto que representa la elaboración de los dados de extrusión se optó por máquinarse las barras.

Las demás piezas como son las uniones de barras, caja de pedales, caja de volante-tijera etc.etc. se máquina ron en el torno y fresa debido a lo laborioso de las mismas.

Todas estas piezas mencionadas deberán fabricarse por inyección en moldes una vez que se fabriquen en serie, reduciendo la laboriosidad, tiempo y costo.

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

- 1.- M. F. SPOTTS. DESIGN OF MACHINE ELEMENTS. Fifth Edition, Englewood Cliffs, N.J. by Prentice Hall, Inc. -- 684 págs.
- 2.- Beer y Johnston. MECANICA DE MATERIALES. 2ª Edición, Bogotá, Colombia. McGraw-Hill Latinoamericana S. A. 617 Págs.
- 3.- Marks. MANUAL DEL INGENIERO MECANICO. 2ª Edición en español, México. McGraw-Hill S.A.
- 4.- Nobie Ocbirk. MECANISMS Y CINEMATICA DE MAQUINARIA. 1ª Edición, México. Limusa. 619 págs.
- 5.- Gerling. ALREDEDOR DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS. 2ª Edición, Barcelona, España. Ed. Rverté, S.A. 225 págs.
- 6.- Reed-Hill. PRINCIPIOS DE METALURGIA FISICA. 2ª Edición, México. Ed. Cccsa. 813 págs.
- 7.- Van Vlack. MATERIALES PARA INGENIERIA. 2ª Edición. México. Ed. Cccsa. 559 págs.

8.- G. Torres Villaseñor, J. Negrete y L. Valdés.
REVISTA MEXICANA DE FISICA 31 No. 3 (1985). Instituto de
Investigaciones en Materiales. UNAM . México D. F.
Tema: Propiedades y Usos del Zinco.

9.- Enciclopedia Universal Ilustrada. "Historia de
las Bicicletas" Tomo No. 8 (BEN-IONF). Editores Espasa-
Calpe S.A. Madrid: Rios rosas 26.