

24.22



**Universidad Nacional Autónoma de México**

Facultad de Ingeniería

**“DISEÑO Y FABRICACION DE UNA  
MAQUINA RECTIFICADORA DE  
MONOBLOQUES DE VOLKSWAGEN”**



**T E S I S**

para obtener el título de:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P r e s e n t a n :**

**Vicente Borja Ramírez**

**José Alfredo Carbajal Guerrero**

**Leopoldo Adrián González González**

**Daniel Caltzontzin Rodríguez Guzmán**

Director de Tesis: Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich



México, D. F.

1988



## **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.

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
OBJETIVO DEL TRABAJO .....	4
1. METODO DE DISEÑO .....	5
2. PRESENTACION DEL PROBLEMA .....	9
2.1 Especificación de necesidades .....	11
2.2 Proceso actual de rectificado .....	15
2.3 Análisis y síntesis .....	19
3. DISEÑO DE LA MAQUINA .....	21
3.1 Sistema de corte .....	24
3.1.1 Descripción del problema .....	24
3.1.2 Alternativas de solución .....	25
3.1.3 Selección de la mejor alternativa ...	26
3.1.4 Diseño de detalle y fabricación .....	28

3.2 Sistema de centrado .....	34
3.2.1 Descripción del problema .....	34
3.2.2 Alternativas de solución .....	35
3.2.3 Selección de la mejor alternativa ...	37
3.2.4 Diseño de detalle y fabricación .....	38
3.3 Sistema de calibración .....	42
3.3.1 Descripción del problema .....	42
3.3.2 Alternativas de solución .....	45
3.3.3 Selección de la mejor alternativa ...	48
3.3.4 Diseño de detalle y fabricación .....	50
3.4 Sistema motriz .....	52
3.4.1 Descripción del problema .....	52
3.4.2 Alternativas de solución .....	55
3.4.3 Selección de la mejor alternativa ...	58
3.4.4 Diseño de detalle y fabricación .....	59
3.5 Sistema de control .....	67
3.5.1 Descripción del problema .....	67
3.5.2 Alternativas de solución .....	68
3.5.3 Selección de la mejor alternativa ...	69
3.5.4 Diseño de detalle y fabricación .....	70
3.6 Sistema estructural .....	72
3.6.1 Descripción del problema .....	72
3.6.2 Alternativas de solución .....	73
3.6.3 Selección de la mejor alternativa ...	77
3.6.4 Diseño de detalle y fabricación .....	78
<b>4. USO Y MANTENIMIENTO .....</b>	<b>88</b>
4.1 Elementos que componen la máquina .....	89
4.2 Procedimiento para reparación .....	91
4.3 Manejo del calibrador .....	94
4.4 Mantenimiento .....	96
<b>6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>97</b>
<b>OBRAS CONSULTADAS .....</b>	<b>111</b>

## INTRODUCCION

En este trabajo se hace uso de la formación y experiencia que se ha adquirido como estudiantes en la Facultad de Ingeniería y, específicamente, como ingenieros diseñadores mecánicos al trabajar en el Centro de Diseño Mecánico y de Innovación Tecnológica (CDMIT) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, con problemas reales de la industria, para diseñar y construir una máquina que satisfaga las necesidades específicas de operación y mantenimiento de los talleres especializados en el rectificado de monobloques de automóviles de marca Volkswagen (VW).

Para realizar este proyecto, se emplearon los recursos con los que cuenta el CDMIT: asesorías; equipo de dibujo para la elaboración de croquis y planos; equipo de cómputo para la realización del trabajo escrito; y el taller mecánico donde se fabricó la mayor parte de los componentes de la máquina y se ensambló en

su totalidad.

La estructura de este trabajo se muestra a continuación: primero definimos su propósito; posteriormente, se plantea el método de trabajo que se siguió para realizar el proyecto en el capítulo 1, de él dependen la secuencia y contenido de los otros capítulos; en el capítulo 2, se presenta el problema que se va a resolver, se mencionan sus causas, sus consecuencias y el método usado para su solución; el capítulo 3, se ocupa del diseño, fabricación y ensamble de cada sistema que compone la máquina; en el capítulo 4, se dan instrucciones sobre el uso y mantenimiento del equipo; finalmente, se presentan los resultados y comentarios del trabajo desarrollado.

OBJETIVO DEL  
TRABAJO

PLANTEAMIENTO DEL  
METODO DE DISEÑO

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

ESPECIFICACION DE NECESIDADES

BUSQUEDA DE INFORMACION

ANALISIS Y SINTESIS  
DE INFORMACION

DISEÑO DE LA MAQUINA

DIVISION DE LA MAQUINA  
EN SISTEMAS

RESOLUCION Y FABRICACION

ENSAMBLE

PRUEBA Y OPERACION

## **OBJETIVO DEL TRABAJO**

Este trabajo resulta de la conjunción de dos intereses: el nuestro, recién egresados de la Facultad de Ingeniería, interesados en aplicar nuestra preparación para resolver un problema real; y el del propietario de un taller de rectificación de motores, interesado en obtener una máquina que realice una operación específica y que le reditue mayores ganancias. Ambas necesidades se concretan en este proyecto:

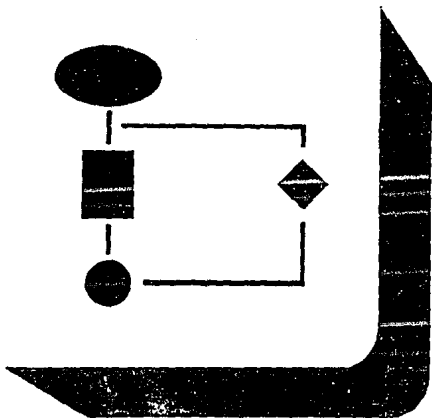
Diseño y fabricación de una máquina rectificadora de monobloques de Volkswagen enfriados por aire.

El presente trabajo tiene como finalidad mostrar en forma resumida todas las actividades realizadas durante el desarrollo de este proyecto.



1

# METODO DE DISEÑO





Para la realización de este proyecto, no se siguió un método aprendido u obtenido en algún libro o en alguna materia específica, sino uno inducido por todas las materias que se cursaron durante la carrera, y asimilado en especial con la experiencia práctica que se tiene del CDMIT. Cabe mencionar, que el método usado se asemeja a los teóricos.

El método seguido se resume en los siguientes puntos:

- a) Planteamiento del problema
- b) Búsqueda de información
- c) Especificación de objetivos
- d) División de la máquina en sistemas
- e) Solución de cada sistema
- f) Integración de todos los sistemas
- g) Pruebas de funcionamiento
- h) Evaluación y conclusiones



El planteamiento del problema, se realizó entendiendo las necesidades del propietario del taller de rectificación. Después, se hizo una investigación de campo, para obtener más información sobre el problema y las soluciones con las que ya se contaba. Se visitaron talleres especializados donde se vieron funcionando máquinas que realizan la operación deseada, y se entrevistó a los operarios. Con la información recabada, fué posible tener una idea más concreta de la máquina a diseñar y establecer sus alcances.

Se definieron los sistemas que deberían componer la máquina para que ésta realizará las funciones deseadas, y puesto que algunas de estas funciones resultaron ser más importantes que otras, se estableció un orden jerárquico para la solución de los sistemas, haciendo depender de los más relevantes los otros.

Para resolver un sistema, primero se describió su función u objetivo, luego se plantearon las posibles alternativas de solución, de las que se seleccionó una para ser diseñada a detalle y fabricada. En algunos casos para llegar a la mejor opción de solución, fué necesario hacer una investigación profunda, elaborar algún modelo, cambiar una decisión ya tomada, e inclusive regresar al planteamiento del problema.

Como ya se mencionó, algunos sistemas se diseñaron juntos, y todos se hicieron tomando en cuenta que debían conjuntarse con los demás para integrar la máquina final, es decir, se trató de



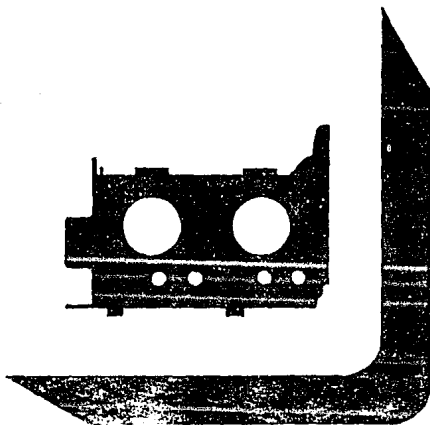
prevención o tener que modificar una pieza ya diseñada para disminuir la complejidad de algún o algunos elementos de sistemas en que se trabajara posteriormente.

Finalmente, se integraron todos los sistemas de la máquina, se hicieron pruebas de funcionamiento y ajustes finales. En base a los resultados obtenidos en las pruebas y a todo el trabajo desempeñado, se hizo una evaluación del proyecto.

La etapa de rediseño, no se contempló en los alcances de este trabajo, aunque sí se considera en las conclusiones.

**2**

# **PRESENTACION DEL PROBLEMA**





De entre la gran variedad de vehículos automotores, el motor de Volkswagen (VW) en sus versiones Sedán, Brasilia y Combi (exceptuando el modelo Combi 1988), es el único cuyo sistema de enfriamiento emplea solo aire, motivo por el cual el monobloque es de una aleación de aluminio-magnesio, que es buena conductora térmica, pero presenta la desventaja de ser suave. Debido a lo anterior, cuando el monobloque ha trabajado por un largo periodo, aproximadamente 100 000 km, sufre entre otros daños, cierto desgaste en los puntos de apoyo de los cojinetes del cigüeñal, provocando que estos se ovalen y se agranden. Estas anomalías traen como consecuencia que haya fugas de aceite y pérdidas de potencia. Para corregir el daño, es necesario maquinar los puntos de apoyo para cambiar los cojinetes. Este tipo de trabajo requiere de gran precisión ya que se manejan medidas del orden de décimas de milímetro (milésimas de pulgada).

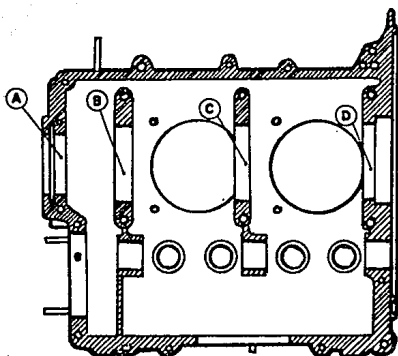
Debido a la popularidad de los vehículos VW en las versiones que usan este tipo de motor, tanto en uso particular como en



transporte público, todos los talleres mecánicos de rectificado se han visto en la necesidad de adquirir o implementar equipos necesarios para rectificarlo. Los equipos que hay en el mercado son todos de importación, por lo que su costo es elevado, y tienen algunos inconvenientes de operación y mantenimiento.

## 2.1 ESPECIFICACION DE NECESIDADES.

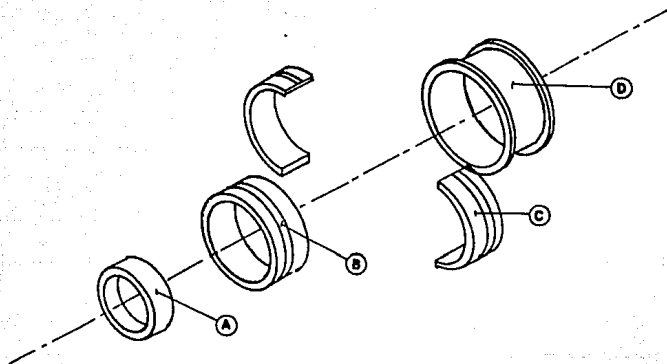
El monobloque de VW, tiene cuatro apoyos o asientos en los que lleva cojinetes sobre los que descansa el cigüeñal, tres de ellos son de la misma medida y el cuarto es más pequeño. Identificaremos a los apoyos con las letras A, B, C y D como se muestra en la figura siguiente, siendo A el apoyo más pequeño y D el más cercano al embrague y a la caja de cambios, por lo que es el más dañado.



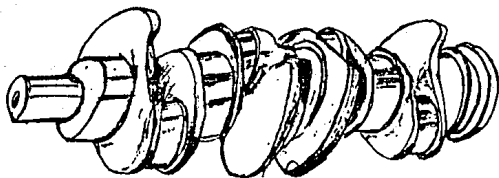
MITAÑO DE MONDOLUZE.- A) Asiento de cojinete menor; B), C) y D) Asientos de cojinetes mayores.

Los cojinetes son conocidos popularmente con el nombre de "metales". Estos metales se pueden conseguir comercialmente en 5 diferentes medidas de diámetro exterior: 65.0, 65.5, 66.0, 66.5 y 67.0 mm (aproximadamente 2.560, 2.580, 2.600, 2.620 y 2.640 pulgadas respectivamente) para los asientos B, C y D; y 50.0, 50.5, 51.0, 51.5, y 52.0 mm (aproximadamente 1.969, 1.989, 2.009, 2.029 y 2.049 pulgadas respectivamente) para el asiento A. Por lo anterior, al motor se le pueden realizar máximo 4 rectificaciones partiendo de las medidas estándar que son 50.0 mm (1.969 pulgadas) para A y 65.0 mm (2.560 pulgadas) para B, C y D.





COJINETES.- A) Cojinete menor correspondiente a asiento A; B) Cojinete mayor correspondiente a asiento B; C) Cojinete mayor correspondiente a asiento C; D) Cojinete mayor correspondiente a asiento D.



ESQUEMA DE UN MOTOR VOLVO-462H.



El cojinete C esta dividido en dos partes para hacer posible su colocación en el interior del monobloque.

El metal del apoyo D, tiene forma de carrete, por lo que es necesario además de realizar un desbaste cilindrico, disminuir la sección del asiento refrentándolo por la parte exterior, para que el metal correspondiente a dicho apoyo pueda ser incertado.

Es conveniente señalar, que la operación que se realiza en los apoyos del monobloque, no es un rectificando, en el sentido estricto de la palabra, lo que realmente se hace es un desbaste cilindrico fino. Como sabemos, la diferencia entre un acabado fino y un rectificando es que la rugosidad de la superficie trabajada en el primero es del orden de 25 micras y en el segundo es de 4 micras, a pesar de esta aclaración, seguiremos llamando a esta operación rectificando, ya que en todos los talleres donde se reparan los motores de este tipo se conoce así.

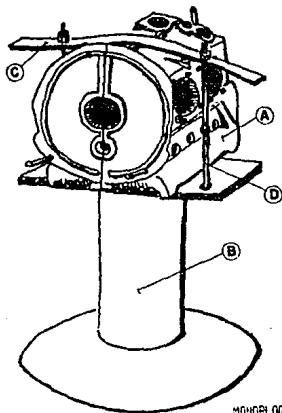
Al rectificar los apoyos, es de suma importancia que los cuatro asientos queden perfectamente circulares y sus centros esten localizados en el mismo eje.

## 2.2 PROCESO ACTUAL DE RECTIFICADO.



Los talleres que reparan los monobloques de VW, lo hacen con un equipo importado. La máquina empleada consta de una flecha sobre la que se colocan cuatro cortadores, dos centradores y un sistema de avance. El proceso de rectificado es el siguiente:

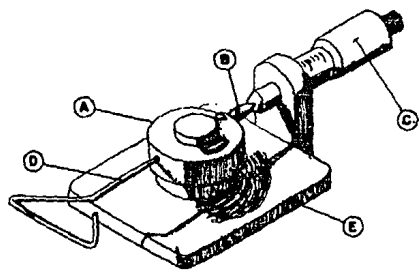
- a) Se recibe el monobloque en dos partes, las cuales se ensamblan dando el apriete que especifica el fabricante.
- b) Se miden los diámetros de los asientos.
- c) El monobloque se fija a un soporte implementado por el usuario.



MONOBLOQUE MONTADO EN BASE.- A) Monobloque;  
B) Base; C) Marco; D) Birlo.

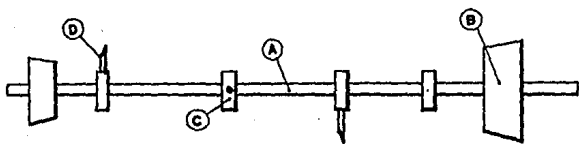


d) Los cortadores de desbaste cilíndrico son calibrados uno por uno con un micrómetro especial, antes de montarlos en la flecha, considerando que no deben cortar más de 0.5 mm (0.020 pulgadas) diametralmente.



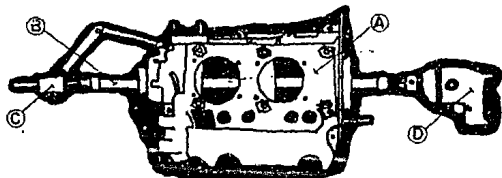
CALIBRADO DE CORTADORES.- A) Portainstrumento; B) Cortador; C) Micrómetro; D) Fiezo para ajuste; E) Base.

- e) Se colocan los cortadores en la flecha.
- f) Es introducida la flecha al monobloque y los centradores se ponen en sus extremos.



SISTEMA ACTUAL DE RECTIFICADO.- A) Flecha; B) Centrador; C) Portaherramienta;  
D) Cortador.

- g) El sistema de avance de la flecha se fija al monobloque para producir un desplazamiento longitudinal de ésta respecto a aquel.
- h) Se adapta un taladro de mano a la flecha en el extremo contrario al avance.



RECTIFICADO DE MONOBLOQUE.- A) Monobloque; B) Flecha; C) Sistema de avance;  
D) Taladro.

- 1) El maquinado se realiza encendiendo el taladro.



- j) Son separados de la flecha tanto el sistema de avance como el taladro.
- k) Se retiran los dos centradores y la flecha de cortadores del monobloque.
- l) Si el desbaste producido ha sido suficiente para corregir el desgaste del monobloque se continúa, en caso contrario se repite a partir del paso d).
- ll) Se desmontan de la flecha los cuatro cortadores de desbaste cilindrico, y se monta sobre ésta el cortador para refrentar el asiento D, luego de calibrarlo.
- m) De nuevo se montan la flecha y los centradores en el monobloque.
- n) Se repiten los pasos g) y h).
- ñ) El avance del refrentado es mínimo, aproximadamente 1 mm (cerca de 0.040 pulgadas), para realizarlo con exactitud, sobre la flecha se coloca un tope a una distancia de 1 mm del centrador del lado que se refrenta con la ayuda de un calibrador de laines.
- o) Se repiten los pasos i), j) y k).



p) El monobloque es liberado del soporte que lo mantiene fijo.

Aunque el tiempo efectivo de maquinado es aproximadamente de un minuto incluyendo el refrentado, debido a los ajustes que hay que hacer, el rectificado de un monobloque toma cerca de 30 minutos.

### 2.3 ANALISIS Y SINTESIS.

De la especificación de necesidades, podemos resumir que: no es necesario rectificar el monobloque, es suficiente afinar los asientos dejándolos en forma circular y concéntricos a un eje común, teniendo en cuenta que los asientos B, C y D se maquinan a la misma medida y el A a una menor; el asiento D debe ser refrentado; la máquina a diseñar, debe contar con un sistema de calibración muy preciso para los cortadores, cilindricos y de refrentado, que permita ajustarlos para desbastar a cualquiera de las medidas comerciales de los metales.

Analizando el equipo que se usa actualmente para reparar los monobloques, podemos encontrar en él algunas deficiencias: no cuenta con un sistema de sujeción para el monobloque; las opera-

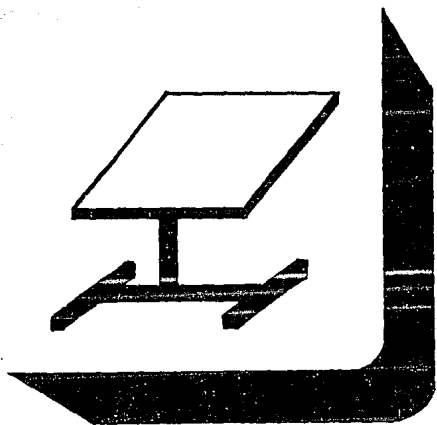


ciones requeridas para calibrar los cortadores son demasiadas; para refrentar es necesario desmontar todo el sistema; no es muy conveniente usar el taladro pues la potencia que suministra es apenas suficiente para realizar la operación (se calienta demasiado, además de bajar su velocidad al estar cortando); por tratarse de una máquina importada, no es posible conseguir refacciones y su costo es alto. Consideramos que el tiempo total necesario para la reparación de un monobloque es excesivo.

El diseño de la máquina se hizo considerando todos los aspectos antes mencionados.



# DISEÑO DE LA MAQUINA





Como se mencionó en el método de diseño, la máquina se dividió en sistemas y estos fueron ordenados de acuerdo a su importancia, de tal modo que se estableció una secuencia y dependencia para su solución. Cada sistema está constituido por un grupo de elementos que en conjunto realizan una función determinada.

Los sistemas que componen la máquina, en orden de importancia, son:

- 1.- Sistema de corte
- 2.- Sistema de centrado
- 3.- Sistema de calibración
- 4.- Sistema matriz
- 5.- Sistema de control
- 6.- Sistema estructural

Cabe mencionar, que debido a la gran relación que tienen algunos sistemas con otros, aunque se respetó su jerarquía, algu-



nos se resolvieron en forma simultánea.

Para el diseño de algunos sistemas se tomaron en cuenta aspectos ergonómicos para que el usuario pudiera realizar con facilidad todas las operaciones que implica la reparación de un monobloque: instalarlo y armarlo, operar los controles y mecanismos, montar y desmontar los elementos necesarios, calibrar el corte, vigilar el funcionamiento de la máquina, limpiarla, darle servicio, etc.

Los criterios para escoger la mejor alternativa de cada sistema variaron dependiendo de las especificaciones de cada uno de ellos.

Al seleccionar materiales y elementos comerciales, se tomó en cuenta que fueran fáciles de conseguir para evitar dificultades al surgir la necesidad de reparar o sustituir alguna parte de la máquina.

El resto del capítulo muestra una síntesis del trabajo desarrollado para el diseño, fabricación y ensamble de cada uno de los sistemas que integran la máquina.



### 3.1 SISTEMA DE CORTE

#### 3.1.1 Descripción del problema.

Es conveniente, antes de iniciar, recordar la aclaración hecha en el planteamiento del problema, en la que se establece que no es necesario un rectificado aunque la operación se conoce con este nombre, es suficiente un maquinado fino.

El sistema de corte, se seleccionó como el más importante por ser el que realiza la operación esencial de la máquina, la de rectificado (afinado). Su función es desbastar el monobloque, con una tolerancia de 0,0 a + 0.038 mm (0.0 a + 0.0015 pulgadas) dejando un acabado de afinado en todos los apoyos (A, B, C y D), y refrentar el D, tomando en cuenta que las circunferencias generadas deben ser paralelas y concéntricas a un eje común. Por otro lado, con la finalidad de simplificar el proceso y ahorrar tiempo, los afinados y el refrentado se deben realizar en forma simultánea.

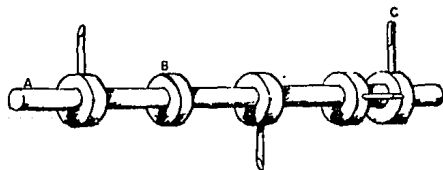


### 3.1.2 Alternativas de solución.

Alternativa 1. Se pensó en una solución compuesta por tres elementos: herramienta de corte, portaherramienta, y elemento de fijación y centrado.

Como herramienta de corte lo más adecuado en este caso es un buril o cortador, pudiéndose conseguir en el mercado, de sección transversal cuadrada o redonda de diferentes medidas. Son fabricados de diversas aleaciones e incluso se les pueden añadir incertos, si el material que van a cortar lo amerita.

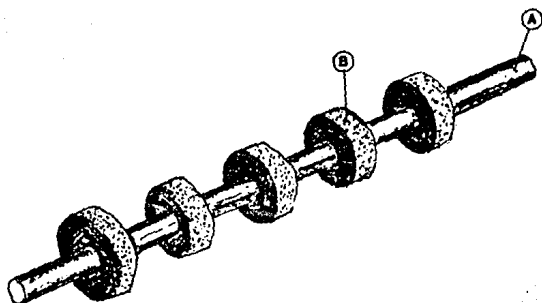
El portaherramienta y el elemento de fijación y centrado, se diseñaron juntos. Se pensó en una flecha en la cual se colocan los portaherramientas, que tienen la forma de un anillo, y se fijan a la flecha por medio de un tornillo.



SISTEMA DE CORTE (ALTERNATIVA 1). - A) Flecha, B) Portaherramientas, C) Cortador.



Alternativa 2. Tomando en cuenta los elementos que existen para el rectificado de metales, podríamos pensar en usar elementos abrasivos. Se planteó la alternativa de emplear una flecha sobre la cual se alojarían cuatro ruedas abrasivas para el desbaste cilíndrico y otra para el refrentado del apoyo D, sujetas de manera similar a como se fijan en un esmeril.



SISTEMA DE CORTE (ALTERNATIVA 2).- A) Flecha; B) rueda abrasiva.

### 3.1.3 Selección de la mejor alternativa.

Analizando las alternativas en diferentes aspectos tenemos:

- a) Rectificado. Haciendo un análisis del material y forma de



las partes a rectificar, encontramos que las ruedas abrasivas tienden a taparse rápidamente al desbastar materiales como el aluminio y sus aleaciones, por lo que se requeriría rectificar frecuentemente la rueda. En contraste con lo anterior, el filo de un buril se mantiene en buenas condiciones durante un tiempo prolongado al cortar materiales blandos.

b) Control de la profundidad de corte. Los materiales abrasivos se desgastan rápida e irregularmente, por lo que es difícil obtener una profundidad uniforme de desbaste. La dureza que presentan los buriles, permite que la profundidad de corte se mantenga constante durante un afinado.

c) Calibración de la herramienta de corte. Mientras que en la alternativa de los buriles, la profundidad de corte se puede variar introduciendo o sacando los cortadores del portaherramientas, en la otra alternativa sería necesario tener un juego de discos abrasivos calibrados para cada posible medida de maquinado.

d) Costo. Es evidente que resulta más caro tener varios juegos de ruedas abrasivas calibradas con precisión que uno solo de portaherramientas con sus respectivos buriles, además el mantenimiento y sustitución es menos costoso.

En base a lo anterior, como herramienta de corte, se decidió emplear buriles de sección redonda. Su dureza es suficiente y su



forma facilita el maquinado de los portaherramientas, con un filo apropiado, para cilindrar o refrentar, y con la ayuda de un buen avance, dejan el acabado requerido.

Se optó, para completar el sistema, por portaherramientas montadas en una flecha. Son cinco portaherramientas: cuatro del mismo tamaño, tres de ellos para desbastar los asientos B, C y D, y el cuarto para refrentar este último; y el quinto más pequeño que los otros para cilindrar el asiento A. Estos portaherramientas se fijan a presión a la flecha por medio de un tornillo de apriete. La flecha tiene marcas que indican la posición exacta de cada uno de los portaherramientas sobre ella, de tal modo que al funcionar la máquina, se comience el afinado de tres de los asientos simultáneamente, el cuarto poco después, por ser de menor espesor, para que todos terminen al mismo tiempo, y el refrentado al final.

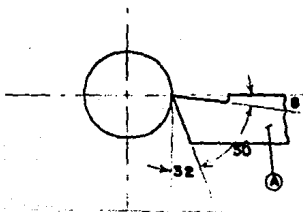
#### **3.1.4 Diseño de detalle y fabricación.**

La herramienta de corte se seleccionó de acero rápido que es más que suficiente para lograr el afinado de los asientos. En el maquinado no se alcanzan temperaturas muy altas, por lo que el filo de la herramienta es duradero. El afilado de la misma, se



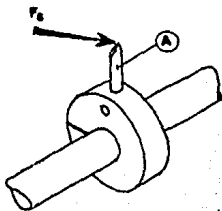


hizo de acuerdo a un manual<sup>1</sup> que proporciona los ángulos del filo dependiendo del material a maquinarse.



FILLO DEL CORTADOR.- A) Cortador; Angulos de afilado: a) 8 grados; b) 50 grados; c) 32 grados.

El diámetro de la herramienta se calculó considerando que ésta va a estar sometida a esfuerzos por flexión y por cortante provocados por la fuerza de corte calculada en el sistema motriz, recordemos que algunos sistemas se resolvieron simultáneamente y la fuerza de corte es indispensable para el cálculo del motor del sistema motriz.



FUERZA DE CORTE.- Fc) Fuerza de corte  
- derivada de corte.



Calculando por cortante tenemos:

$$\tau = F(Q) / I(b)$$

donde F es la fuerza de corte  
Q es el momento estático  
I es el momento de inercia  
b es el ancho

por otro lado

$$Q = y(A)$$

donde y es la distancia del eje  
neutro al centroide del  
cortador  
A es el área transversal

Tenemos de tablas<sup>2</sup> que para el acero  $\tau = 1015 \text{ kg/cm}^2$ , y del sistema motriz  $F = 1.94 \text{ kg}$ . Considerando un factor de seguridad de 3, tenemos:

$$\tau = 1015 / 3$$

$$\tau = 338.3 \text{ kg/cm}^2$$

Estableciendo que nuestra herramienta será una barra redonda de diámetro d:

$$y = 4(d) / 6\pi$$

$$A = \pi d^2 / 4$$

$$I = \pi d^4 / 64$$

$$b = d$$

sustituyendo



$$\tau = F[y(A)] / I(b) = 4d\pi d^2 F(64) / 6\pi 4\pi d^4 d$$

$$\tau = 64F / 6\pi d^3$$

despejando d

$$d = (64F / \tau 6\pi)^{1/3}$$

sustituyendo

$$d = [64(1.94) / 338.3(\pi)6]^{1/3}$$

$$d = 0.14 \text{ cm}$$

Calculando por flexión:

$$\sigma = M(c) / I$$

- donde M es el momento flexionante
- c es la distancia del eje neutro al punto analizado
- I es el momento de inercia

considerando nuevamente una barra redonda de diámetro d

$$I = \pi d^4 / 64$$

$$c = d / 2$$

considerando que la distancia máxima que va a salir la herramienta de corte del portaherramientas es 7 mm, tenemos:



$$M=F(d)$$

$$M=1.94(0.7)$$

$$M=1.358 \text{ kg-cm}$$

de tablas<sup>3</sup>, el esfuerzo admisible a tensión o compresión es  $\sigma=1680 \text{ kg/cm}^2$ . Considerando de nuevo un factor de seguridad de 3, tenemos:

$$\sigma=1680/3$$

$$\sigma=560 \text{ kg/cm}^2$$

de la fórmula de momento por flexión

$$\sigma=M(y)/I$$

$$\sigma=M(d)64/2\pi d^4$$

$$\sigma=32M/\pi d^3$$

despejando d

$$d=(32M/\sigma\pi)^{1/3}$$

$$d=[32(1.358)/560\pi]^{1/3}$$

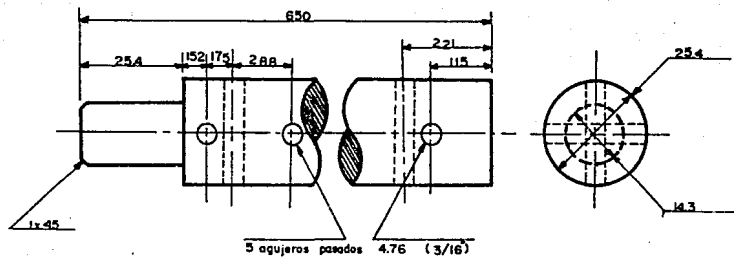
$$d=0.29 \text{ cm}$$

De acuerdo a los cálculos anteriores se decidió escoger una herramienta de corte de 3/16 pulgadas (4.76 mm), ya que esta es una medida comercial y cubre nuestras necesidades con un buen margen de seguridad.

Debido a que la fuerza a la que se somete el cortador es muy pequeña, podemos establecer que el portaherramienta no requiere un análisis cuantitativo para su diseño, sino uno cualitativo, ya que para las dimensiones de los portaherramientas lo importante es el tamaño para su fácil manejo. Se fabricaron de acero roledo en frío.



Se seleccionó una flecha de 25.4 mm (1 pulgada) de diámetro de acero 4140 para los cortadores. La verificación analítica se muestra en el sistema motriz en el cálculo del vástago.



NOMBRE :

FLECHA DE CORTADORES.

MATERIAL :

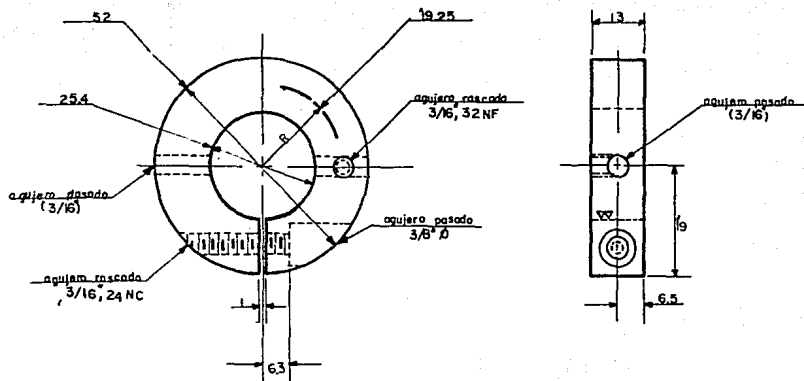
ACERO 4140 (1 1/16")

ESC.: 1 : 1

ACOT.: mm.



Nº. PLANO  
RCO-01



NOMBRE : PORTAHERRAMIENTA.

ESC.: 1 : 1



MATERIAL : ACERO ROLADO EN FRIO

ACOT.: mm.

No. PLANO  
RCO-02





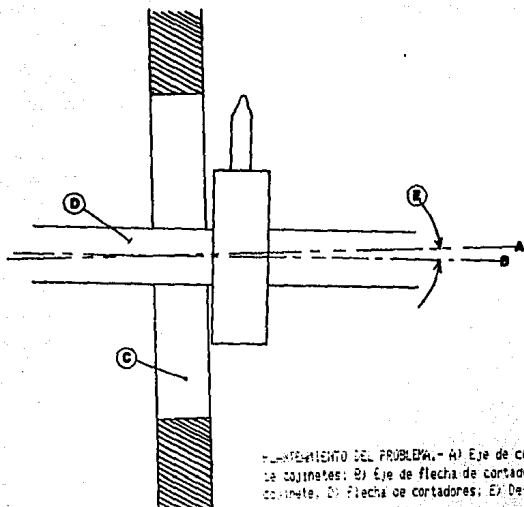


## 3.2 SISTEMA DE CENTRADO

### 3.2.1 Descripción del problema.

El monobloque aloja a varias piezas, y se debe ensamblar con precisión a otras. Es necesario que la línea en la que se encuentran los centros geométricos de los asientos maquinados, sea la misma que los unía cuando el motor era nuevo, para no tener problemas al armar el motor, o bien, al montarlo de nuevo en el vehículo. Si el cigüeñal queda defasado de su posición original pueden ocurrir varias cosas: al colocar la bielas, pueden quedar mal alineadas con respecto a las camisas de los pistones, causando grave daño al forzar los pistones contra ellas; se presenta la posibilidad de que al ensamblarlo con otros elementos represente un verdadero problema.

El sistema de centrado tiene la tarea de lograr que durante el rectificado el eje de la flecha de cortadores coincida con el eje de centros de los apoyos del cigüeñal, permitiendo el giro y desplazamiento de la misma.



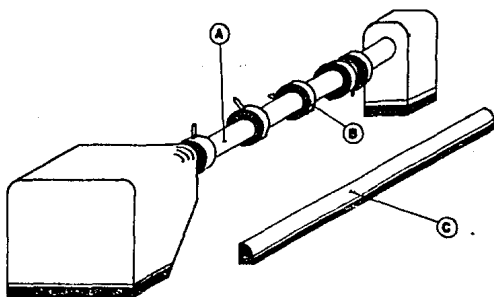
### 3.2.2 Alternativas de solución.

Alternativa 1. Se pensó en fijar la posición de la flecha de cortadores en la máquina rectificadora, e implementar algún dispositivo para hacer coincidir el eje de los centros de los asien-



tos del cigüeñal con ella . Esto se puede lograr colocando el monobloque en una posición y un lugar específico de la máquina, con lo cual podemos localizar con exactitud el lugar donde debe ir la flecha. El sistema de centrado comprendería un mecanismo para fijar el monobloque con precisión, y soportes que ubicaran la flecha en su lugar, permitiéndole los movimientos de translación longitudinal y giro sobre su eje.

En la figura se muestra un sistema que tiene la flecha entre un cabezal y un contra cabezal los cuales le permiten girar y desplazarse. También se tiene un elemento que sirve de referencia para ubicar el monobloque.

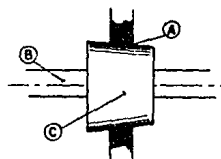


SISTEMA DE CENTRADO ALTERNATIVA II.- A) Flecha fija. B) Portaherramienta con cortador. C) Referencia para colocación del monobloque.



Alternativa 2. Otra alternativa de solución consiste en hacer lo contrario que propone la primera, en vez de que el eje del monobloque se adapte al de la máquina, que el de ésta se adapte al del monobloque. El centrado de la flecha se realiza en este caso tomando como referencia algún o algunos parámetros del propio monobloque, pudiendo ser estos unos agujeros cuyos centros se encuentran en la misma línea que los de los asientos, como es el caso del alojamiento del tetón de la polea y el del ratén del cigüeñal, en los que se pueden colocar centradores que en su interior permitan el movimiento de la flecha.

SISTEMA DE CENTRADO (ALTERNATIVA 2). - A) Cavidad en monobloque;  
B) Flecha; C) Centrador.



### 3.2.3 Selección de la mejor alternativa.

Analizando en diversos aspectos las alternativas presentadas tenemos:

a) Eficiencia y precisión en el centrado. Debido al maltrato que sufre el monobloque cuando está en un taller mecánico, o a los daños que pueda sufrir durante su uso, es más confiable ajustar la flecha al monobloque tomando como referencia puntos que no se dañan, como es el caso de los alojamientos del tetón y del ratén, es muy difícil que sus dimensiones varíen de un monobloque a otro.



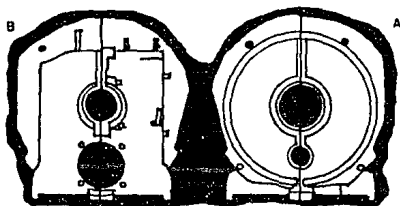
b) Manejo. En la alternativa 1 puede resultar un tanto difícil la instalación del monobloque en la máquina debido a la precisión en la posición. En la alternativa de los centradores se tiene más libertad en este aspecto.

c) Costo. Resultaría más costoso la alternativa de la flecha fija, pues implica mucha precisión en la fabricación de varias piezas para lograr la coincidencia de los ejes. En la segunda alternativa solo se requieren dos piezas de precisión: los centradores.

Tomando en cuenta la facilidad de realización de ambas posibilidades y el costo estimado de ellas, se decidió que la segunda alternativa es la más conveniente.

### 3.2.4 Diseño de detalle y fabricación.

Tomando en cuenta que las cajas de alojamiento del retén del cigüeñal y del tetón de la polea del mismo, tienen su centro alineado con los puntos de apoyo a rectificar, y que ambas cajas se encuentran en los extremos del monobloque, se decidió usar éstas como soportes del sistema de centrado.



VISTAS POSTERIOR Y ANTERIOR DEL MONOBLOQUE.- A) Alojamiento del ratén del cigüeñal; B) Alojamiento del tetón de la polea.

El sistema de centrado está constituido por dos elementos centradores, que se introducen a las cajas ya mencionadas y permiten el giro y desplazamiento de la flecha en su interior. Estos centradores se han diseñado de manera que puedan acoplarse fácilmente al monobloque, armadas sus dos secciones, con ayuda de pequeños golpes de martillo, y sus dimensiones se han determinado tomando en cuenta las medidas de las cajas de alojamiento y las de los portaherramientas. Tales dimensiones son:

a) caja de alojamiento del ratén del cigüeñal:

$\varnothing=90$  mm

profundidad=12 mm

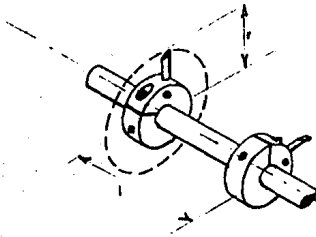
b) caja de alojamiento del tetón de la polea:

$\varnothing=50$  mm

profundidad=9 mm



Debido a la posición de los cortadores en la flecha y al desplazamiento longitudinal necesario para realizar el maquinado, es necesario que dos portaherramientas se introduzcan en el centrador colocado en la caja mayor. La mayor distancia del eje de la flecha a la punta del cortador es de 35 mm y la longitud que ocupan los portaherramientas sobre la flecha es de 29.5 mm. La disposición de estos portaherramientas se muestran en la figura.



PORTAHERRAMIENTAS.- r) Radio de acción del cortador;  
1) Distancia de portaherramientas.

En el diseño de los centradores se ha considerado una holgura de 2.5 mm radiales y 9.5 mm longitudinales sobre las medidas antes mencionadas. También se ha tomado en cuenta que la flecha que se alojara en éstos estará girando y desplazándose, por lo cual, cuentan con bujes que permiten dichos movimientos y ductos de lubricación.

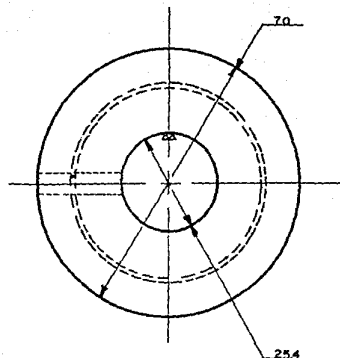
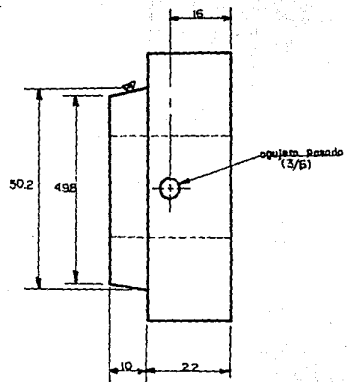
El material seleccionado para la fabricación de los centradores es acero rolando en frío, ya que no se necesita una resis-



tencia mecánica muy alta ni tampoco se encuentran las piezas en un medio corrosivo. Los bujes son de bronce prelubricado, lo que asegura un bajo coeficiente de fricción además de facilitar su maquinado. Los bujes se incertan a presión, y su diámetro exterior es 0.25 mm mayor que el de su alojamiento, esta tolerancia se estableció por experiencia en talleres de rectificado. El diámetro interior de los bujes es 25.527 mm y el de la flecha de 25.4 mm, se observa que el de la flecha es menor, esto se hizo para permitir la formación de una película lubricante. La conicidad de las superficies de los dos centradores que se acoplan al monobloque, se obtuvo consultando en tablas\* de conos para herramientas, en base a lo anterior se eligió un cono Morse #2 ( $1=25^{\circ}50''$ ).

También se diseñó el martillo con el que se golpean los centradores para acoplarlos al monobloque. Se consideró el espacio disponible en la flecha y la forma más conveniente para que el operario realice la operación.





NOMBRE :                    CENTRADOR CHICO.

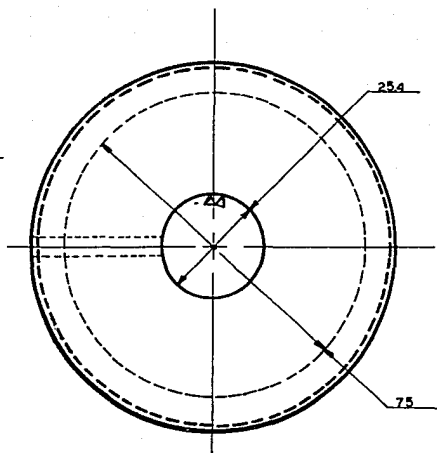
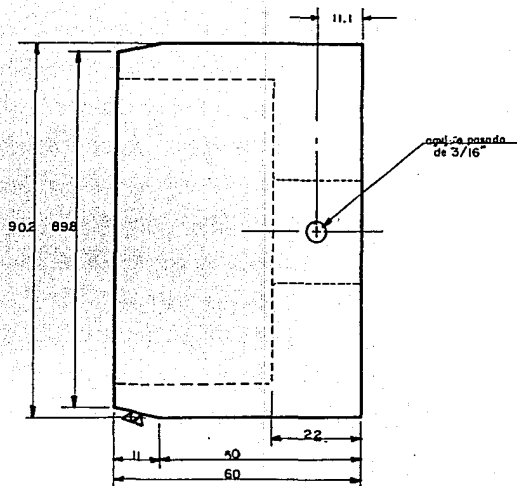
ESC.: 1 : 1



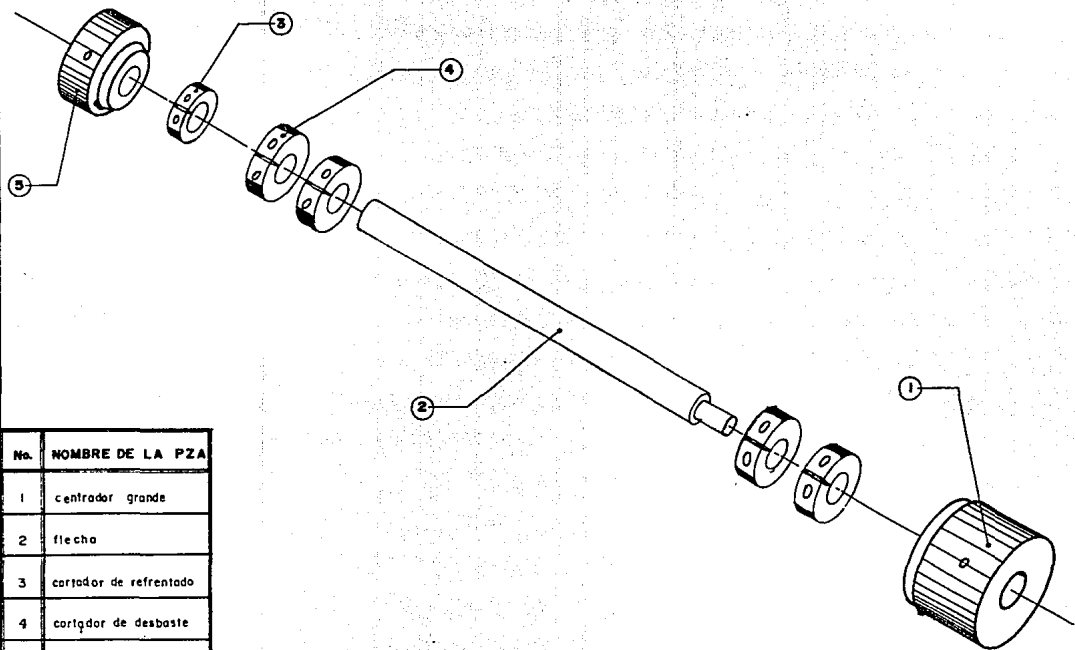
MATERIAL :                ACERO ROLADO EN FRIO

ACOT.: mm.

No. PLANO  
FACE02



NOMBRE :	CENTRADOR GRANDE	ESC.: 1 : 1	
MATERIAL :	BARRA DE ACERO ROLADO EN FRIO	ACOT.: mm.	No. PLANO FCE 01



No.	NOMBRE DE LA PZA
1	centrador grande
2	flecha
3	cortador de refrentado
4	cortador de desbaste
5	centrador chico

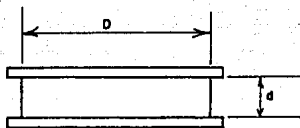


### 3.3 SISTEMA DE CALIBRACION

#### 3.3.1 Descripción del problema.

Como se ha mencionado anteriormente, la reparación de un monobloque consiste en maquinar los asientos del cigüeñal para poder introducir en ellos cojinetes que se consiguen en medidas estandarizadas. El tamaño de los cojinetes a emplear depende de lo dañado del monobloque y, de ser el caso, de la anterior reparación hecha. Un monobloque puede ser reparado hasta cuatro veces partiendo de la medida estandar de los apoyos del cigüeñal, lo único que se hace es maquinar a un diámetro mayor los asientos, utilizando un tamaño de metal cada vez más grande.

Comercialmente, los metales se venden en juegos que tienen tres cojinetes grandes y uno chico. Estos juegos se identifican por la diferencia del diámetro exterior del metal respecto a la medida estandar, y por la distancia entre cejas del cojinete que tiene forma de carrete. Tanto la diferencia respecto a la medida estandar como los diámetros externos varían de 0.5 en 0.5 mm (0.020 pulgadas) de un juego a otro. La forma de carrete del cojinete D, resulta de un cilindro con dos cejas en sus extremos, la distancia entre estas es la que define el otro parámetro que caracteriza el juego de metales.



VISTA DEL COJINETE D.- d) Distancia entre cajas;  
D) Diámetro exterior.

Debido a lo anterior, para determinar el diámetro a que se deben cilindrar los asientos y la penetración del refrentado, basta con determinar el juego de cojinetes adecuado para la reparación de un monobloque dado. Lo anterior se hace midiendo el asiento D, por ser este el más dañado; el juego de metales a usar será aquel cuyos cojinetes grandes tengan el diámetro exterior inmediato superior al valor medido. Los parámetros de selección y definición de los juegos comerciales se presentan en la siguiente tabla.

C	D	A	d	D1	D2
STD	ESTANDAR	---	22	85.0	50.0
020-0.50	85.01-85.48	0.5	21	85.5	50.5
040-0.100	85.51-85.88	1.0	21	86.0	51.0
060-0.150	86.01-86.48	1.5	20	86.5	51.5
080-0.200	86.51-87.01	2.0	20	87.0	52.0

TABLA DE MEDIDAS DE COJINETES.- C) Denominación conocida comercialmente (pulgadas); R) Rango en el que se debe encontrar el diámetro del apoyo D para usar ese juego de cojinetes; A) Diferencia respecto a medida estándar; d) Distancia entre cajas; D1) Diámetro exterior de cojinetes grandes; D2) Diámetro exterior de cojinete chico.  
Todas las dimensiones están dadas en mm exceptuando las de la columna C.



Después de conocer los valores a que se maquinará es necesario ajustar el sistema de corte para que efectúe el desbaste en forma precisa, es este el objetivo esencial del sistema de calibración. Este sistema tiene la función de calibrar con precisión de 0.0 a + 0.038 mm (de 0.0 a + 0.0015 pulgadas) los cortadores de cilindrado y refrentado. Recordemos que el sistema de corte está diseñado para que la reparación del monobloque se efectúe en una sola pasada, se empieza a refrentar inmediatamente después de haber cilindrando; además permite el desplazamiento y fijación de los cortadores dentro de los portaherramientas, aflojando y apretando el tornillo prisionero.

Resumiendo, el sistema de calibración debe permitir el calibrado, con la precisión ya mencionada, de los cortadores a cualquiera de los cuatro conjuntos de medidas a los que puede ser maquinado un monobloque, cada uno de los cuales tiene tres elementos: diámetro de asientos mayores, diámetro de asiento menor y profundidad de refrentado.

Por otro lado, para facilitar la tarea del usuario y ahorrar tiempo, es necesario que este sistema efectúe su función sin mover los portaherramientas de su posición de la flecha de cortadores.

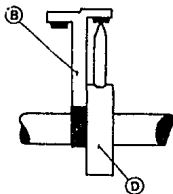
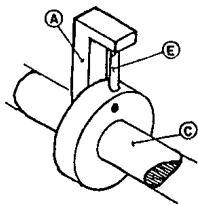


### 3.3.2 Alternativas de solución.

Este sistema fué en el que se presentaron más propuestas de solución. Las alternativas resultaron de la combinación de opciones referentes a tres puntos fundamentales para el diseño. Estos puntos junto con sus respectivas posibilidades de solución son:

a) Número de calibres empleados para la calibración.

Una alternativa fué usar un micrómetro adaptado a las necesidades. Se planteó la opción de un solo calibre variable para ajustar los cortadores de cilindrado y otro para el de refrenado. En el otro extremo tenemos un calibre por cada posible medida de maquinado, es decir, un total de diez calibres. También se pensó en que cada calibre tuviera dos medidas, y así solo se emplearían cinco en total.

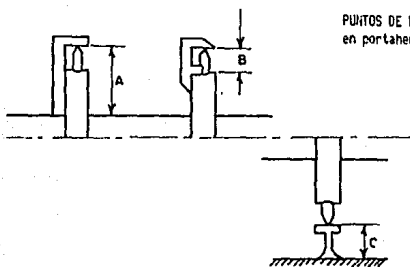


ALTERNATIVAS DE CALIBRES.- A) Calibre sencillo; B) Calibre doble, C) Flecha; D) Portanerramientas; E) Herramienta de corte.



b) Punto de referencia para realizar la calibración.

Para fijar la posición relativa del cortador con respecto al portaherramienta, se puede calcular la distancia de un punto de referencia al extremo del cortador, para tener la distancia del centro de la flecha al filo del cortador sin tener que medirla directamente. Este punto puede estar en la flecha, en el portaherramienta, e inclusive, se pensó en fijarlo en la superficie de la estructura de la máquina. Para el refrentado, se puede referir la medida al portaherramienta D y mover el portaherramienta de refrentado, o fijar un límite variable para el avance.



PUNTOS DE REFERENCIA.- a) Referencia en flecha; b) Referencia en portaherramienta; c) Referencia en mesa.

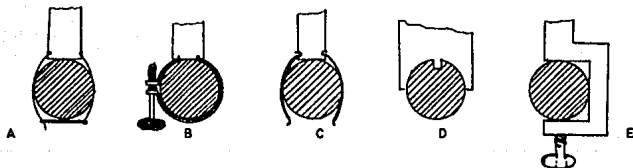
c) Sujeción del calibre.

Es conveniente recordar que se desea calibrar los cortadores sin desmontar los portaherramientas de la flecha, esto implica que se debe colocar el calibre en posición, aflojar el prisionero del cortador, empujarlo o meterlo según sea el caso y sostenerlo en su posición mientras se aprieta nuevamente el prisionero. Es fácil ver que es algo complicado manipular tres elementos en





forma simultánea: el cortador, la llave Allen y el calibre. Se pensó en poder sujetar el calibre a la flecha o al portaherramienta y así tener las dos manos libres para el manejo del cortador y la llave. Otra opción es introducir los cortadores en los portaherramientas, dirigirlos hacia abajo, con una mano sujetar el calibre y con la otra aflojar el prisionero para que caiga el cortador hasta ser detenido por el calibre y luego apretar de nuevo. También se contempló la alternativa de que con una sola mano se sujete el calibre y se mueva el cortador, y usar la otra para aflojar o apretar el prisionero, lo anterior se puede hacer con facilidad con un buen diseño antropométrico del calibre. La sujeción del calibre de refrentado no tiene gran problema, pues en el peor de los casos se manejan dos elementos: el portaherramienta y el calibre.



ALTERNATIVAS DE SUJECION.- A) Seguro a presión; B) Abrazadera atornillada;  
C) A presión; D) Ajuste de forma; E) Presión con tornillo.



### 3.3.3 Selección de la mejor alternativa.

Analizando las alternativas propuestas:

a) Control de la precisión del calibrador. Un calibre con micrómetro puede ser calibrado o verificado con un patrón cada vez que se desee, y ajustado de nuevo; en el caso de usar calibres que no se puedan corregir, luego de cierto desgaste o debido a alguna falla en la fabricación tendrán que ser desechados. El punto de referencia para la calibración y el modo de sujeción del calibre también tienen gran influencia en este aspecto. Entre mayor sea el número de elementos que puedan influir en la referencia elegida más difícil es controlar la medición, por ejemplo, tomando como referencia la flecha, solo de ella y de la correcta posición del calibre depende el cometer un error, en cambio en el caso de tomar los portaherramientas para hacer el calibrado, una falla en la medición puede ser provocada por la flecha, los portaherramientas o la sujeción del calibre. El control de posibles errores causados por la forma de sujeción depende de que tanto podamos garantizar que el calibrador quede correctamente colocado para hacer una medición.

b) Manejo. Entre menor número de calibres se tengan más sencillo será su manejo, mantenimiento y uso. En cuanto a formas de sujeción, las opciones que implican menos operaciones son las que facilitan la labor del usuario.



c) Costo. Entre más piezas de precisión se tengan mayor será el costo del sistema, debido al material requerido, a la fabricación y a la posible corrección, reparación o sustitución. De acuerdo a lo anterior la alternativa más cara es la que usa un calibre para cada medida y toma como punto de referencia la estructura, en el otro extremo tenemos un calibre variable que usa como referencia la flecha, lo anterior sin considerar el modo de sujeción.

Tomando en cuenta lo anterior, se seleccionó como mejor alternativa un calibrador con micrómetro, que toma como punto de referencia la flecha de cortadores y se sujeta con la mano. Es mucho más sencillo adaptar una base y ajustar a la medida deseada un micrómetro, que fabricar uno o varios calibres de alta precisión. Por otro lado, el tomar la flecha como punto de referencia elimina la influencia de los errores de fabricación de los portaherramientas y de la cubierta, además de permitir cierta holgura en su diseño sin provocar consecuencias.

Para controlar el refrentado se emplean calibradores de lanas, son muy comunes en el medio y no muy caros, resultaría en extremo complicado un tope variable para el avance.



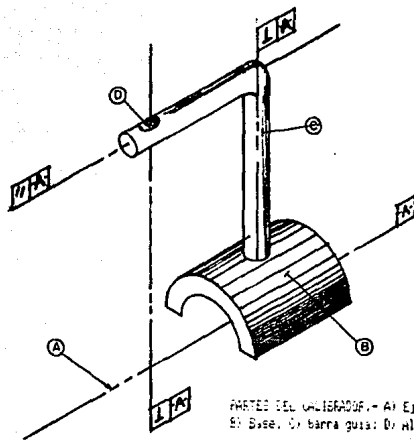
### 3.3.4 Diseño de detalle y fabricación.

Todas las piezas que componen este sistema se fabricarán con acero rolado en frío, teniendo cuidado en su maquinado ya que se requieren condiciones de precisión.

La pieza patrón, que es la que va a calibrar el micrómetro, debe tener un diámetro exterior de 45.720 mm (1.800 pulgadas), y su diámetro interior asentar perfectamente sobre la flecha, ya que estas son las medidas de referencia para calibrar los cortadores a las diferentes medidas de cojinetes.

La base del calibrador se maquinó tomando en cuenta la dimensión permisible entre los portaherramientas y el espacio entre los dedos del operario quedando una barra guía en el centro, sobre la que se sujeta el calibrador mediante un tornillo. El diámetro interior de la base es el mismo que el de la flecha y su espesor es el suficiente para apoyarse sobre la cara del portaherramienta, las dos superficies son paralelas.

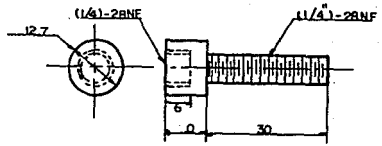
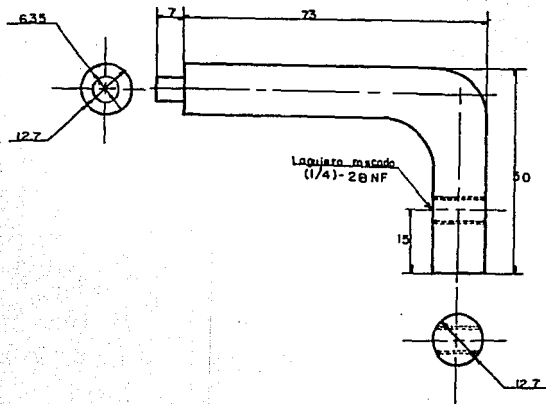
La barra guía en su extremo final es paralela al eje de la flecha de cortadores.



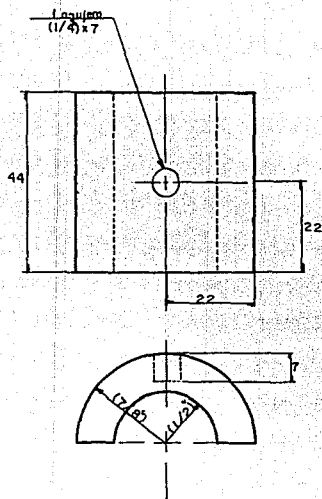
PARTES DEL CALIBRADOR.- A) Eje de la flecha de cortadores;  
B) Base. C) barra guía; D) alojamiento para el tornillo de fijación.

El eje del tornillo de fijación, el cual se va a usar para montar el micrómetro, debe coincidir con el eje del cortador para evitar errores de calibración.

El sistema para calibrar está diseñado para ser utilizado con la mano izquierda, los dos dedos, índice y medio, que se posicionan en la base del calibrador proporcionan la fuerza, tanto para asentarla sobre la flecha como para mantener el contacto con la cara del portaherramienta. El dedo pulgar se usa para desplazar el cortador y mantener su posición hasta que se aprieta el prisionero con la mano derecha utilizando una llave Allen.



NOMBRE :	PIEZA GUIA Y TORNILLO DE FIJACION.	ESC.: 1 : 1	
MATERIAL :	ACERO ROLADO EN FRIJO	ACOT.: mm.	No. PLANO RCA01-02



NOMBRE :

BASE DEL CALIBRADOR.

ESC.: 1 : 1

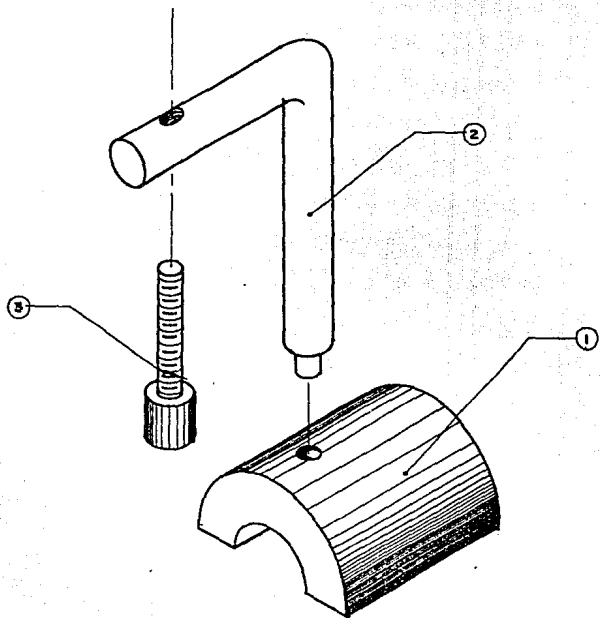
MATERIAL :

BARRA DE ACERO ROLADO EN FRIO (1 3/4")

ACUT.: ■■.

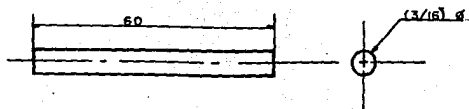
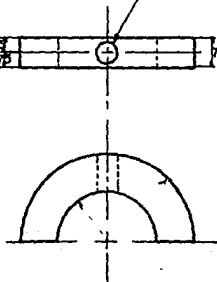
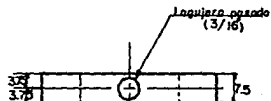
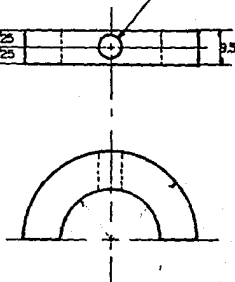
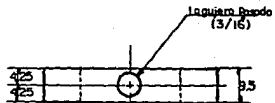


No. PLANO  
RCA 06



Nº.	NOMBRE DE LA PZA
1	base del calibrador
2	pieza guía
3	tornillo de fijacion





NOMBRE :

CALIBRES DE REFRENTADO.

ESC.: 1 : 1



MATERIAL :

ACERO ROLADO EN FRIO (1 3/4")

ACOT.: mm.

No. PLANO

FCA 03-05

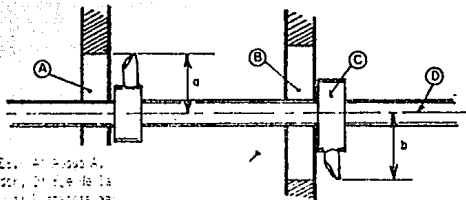


### 3.4 SISTEMA MOTRIZ

#### 3.4.1 Descripción del problema.

Debido a que el monobloque del VW está fabricado de una aleación de aluminio-magnesio, para maquinarlo se requiere una velocidad de corte de 90 a 200 m/min.<sup>2</sup>, velocidades menores desgarrarían el material por ser éste muy tenáz. Por otro lado, tomando en cuenta que la aleación de aluminio es blanda, que es indispensable un buen acabado y que para ahorrar tiempo en la operación de maquinado se desea dar una pasada, se necesita una baja velocidad de avance, aproximadamente 0.5 mm/s (consultado en talleres de rectificación). Para realizar el maquinado, la flecha se debe desplazar longitudinalmente un mínimo de 22 mm, que es el espesor de los apoyos.

Para plantear las posibles alternativas de solución para este sistema es necesario conocer la velocidad de giro de la flecha, por eso su cálculo se presenta a continuación.



DISTANCIA A CORRADORES: A) Apoyo A,  
B) Apoyo B; C) Conector, D) Flecha de la flecha de controlador; a) Distancia del eje al conector para el controlador A; b) Distancia del eje al conector para B.



Como se observa en el dibujo anterior, de la punta del cortador al eje longitudinal de la flecha hay en la medida más grande a rectificar un radio de 33.50 mm para los apoyos B, C y D, y para el apoyo A en la medida más pequeña se tienen 25.25 mm.

Considerando el punto inferior del rango de velocidad de corte  $V_c=90$  m/min (1.5 m/s) para el cortador con radio de 0.02525 m, tenemos que:

$$V_c = w r \quad \text{donde } w \text{ es la velocidad angular}$$
$$r \text{ es el radio considerado}$$

despejando  $w$

$$w = V_c / r \quad w = 1.5 / 0.02525 \quad w = 59.4 \text{ s}^{-1}$$

transformando a r.p.m.

$$N = w(60) / 2\pi \quad N = 59.4(60) / 2\pi \quad N = 567 \text{ r.p.m.}$$

Haciendo lo mismo para el punto superior de velocidad de corte  $V_c=200$  m/min (3.3 m/s) para el cortador con radio de 0.0335 m, tenemos  $N=950$  r.p.m., es decir:

para  $V_c=1.5$  m/s y  $r=0.02525$  m, tenemos  $N=567$  r.p.m.

para  $V_c=3.3$  m/s y  $r=0.03350$  m, tenemos  $N=950$  r.p.m.



por lo anterior la flecha debe de girar dentro del rango anterior para satisfacer las condiciones de corte, este rango es amplio, ya que involucra tanto desbaste como afinado. Para el afinado de aluminio se recomienda una velocidad de corte de  $V_c=130 \text{ m/min}^*$  ( $2.1 \text{ m/s}$ ), considerando radios extremos de  $0.02525 \text{ m}$  y de  $0.0335 \text{ m}$ , obtenemos que  $N=809 \text{ r.p.m.}$  y  $N=617 \text{ r.p.m.}$  respectivamente.

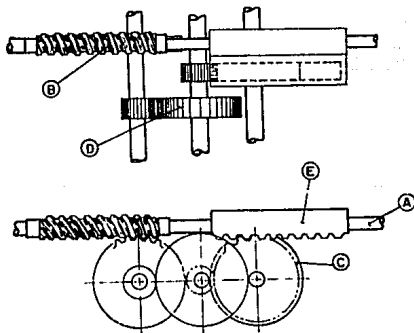
Analizando el problema, observamos que si se fija la velocidad de giro de la flecha en  $800 \text{ r.p.m.}$ , aseguramos que el cortador de menor radio afinará, y obviamente, todos los radios mayores a éste también lo harán, hasta llegar a  $0.0335 \text{ m}$  en que se tendrá una velocidad de corte de  $V_c=2.8 \text{ m/s}$  que está dentro del rango antes obtenido, por lo que satisface las condiciones de corte.

Resumiendo, la función primordial del sistema matriz es lograr que la flecha de cortadores gire a una velocidad cercana a  $800 \text{ r.p.m.}$  y se desplace a una velocidad aproximada de  $0.5 \text{ mm/s}$ , y recorra por lo menos  $22 \text{ mm}$ . Por otro lado, para lograr que la flecha tenga los dos movimientos antes descritos, de giro y longitudinal, se desea conseguir uno a partir del otro para tener solo una fuente matriz.



### 3.4.2 Alternativas de solución.

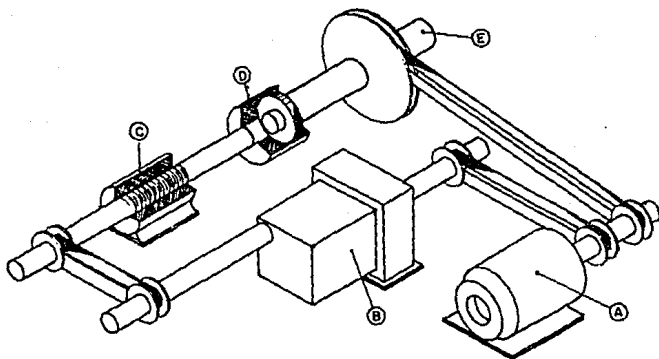
Alternativa 1. Una alternativa de solución para este sistema, es fijar la velocidad de giro de la flecha por medio de un motor y poleas, y a partir de este movimiento conseguir el desplazamiento con una transmisión compuesta por un tornillo sinfín, una corona, un tren de engranes y una cremallera. El tornillo sinfín va unido a la flecha y da movimiento al conjunto que logra la reducción de la velocidad de giro. La cremallera transforma el movimiento de rotación de los engranes en lineal, permite en su interior el giro de la flecha a la que está asegurada para poder desplazarla longitudinalmente.



TRANSMISION SINFIN-CORONA.- A) Flecha; B) Sinfín; C) Corona;  
E) Tren de engranes; E) Cremallera.



Alternativa 2. Otra alternativa, consiste en usar también el motor y las poleas para hacer girar la flecha, y conseguir el desplazamiento longitudinal a partir del motor. Por medio de poleas se conecta el motor a un reductor, el cual, también con poleas, da tracción a un mecanismo de avance constituido por un cilindro con rosca interna y un tornillo. Al encender el motor, el reductor baja la velocidad y hace girar el tornillo que está unido a la flecha, de esta manera se introduce o sale del cilindro según la dirección de giro del motor logrando así el movimiento longitudinal.

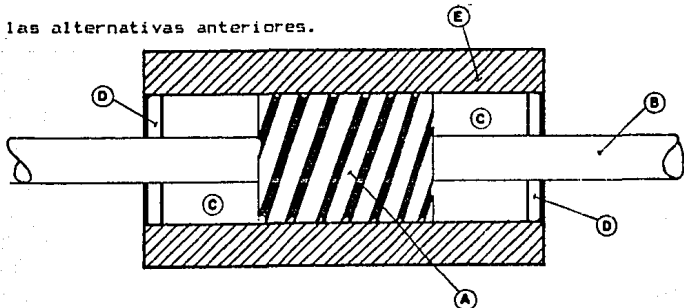


TRANSMISION CON REDUCTOR.- A) Motor; B) Reductor; C) Mecanismo de avance;  
D) Cilindro; E) flecha.



Alternativa 3. El sistema se puede resolver usando el motor con poleas, como en los casos anteriores, y dando el desplazamiento en forma manual por medio de una manivela.

Alternativa 4. Otra opción de solución es usar una bomba de desplazamiento positivo para lograr el cambio de una alta velocidad angular a una baja velocidad longitudinal. La bomba consta de dos cámaras del mismo tamaño completamente llenas de aceite, separadas por un émbolo con una vena en su periferia. El vástago atraviesa tanto a las cámaras como al émbolo al cual está unido. Las cámaras están comunicadas únicamente por el espacio que queda entre la vena del émbolo y la pared interna del cilindro de la bomba, de tal modo, que al girar la flecha en un sentido, la vena hace que el aceite pase de una cámara a la otra y la diferencia de presión y volumen producida mueve al émbolo junto con el vástago en dirección contraria al flujo de aceite logrando así el avance. El giro del vástago se consigue con un motor como en las alternativas anteriores.



BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO. A) Émbolo. B) Vástago. C) Cámaras de aceite. D) Bridas. E) Alojamiento.



### 3.4.3 Selección de la mejor alternativa.

Analizando las alternativas presentadas en distintos aspectos tenemos:

a) Precisión. En la alternativa que se propone un avance manual podría no lograrse el acabado que se quiere por la falta de uniformidad en el movimiento longitudinal. En las otras opciones se logra un buen acabado.

b) Uso y mantenimiento. La transmisión sinfin-corona y el reductor de velocidad requieren de lubricación y mantenimiento preventivo frecuentemente; la bomba de desplazamiento positivo necesita poco mantenimiento y la alternativa manual ninguno.

c) Costo. En cuanto a costo de realización, la más elevada es el sinfin-corona, pues las piezas que requiere no son comerciales y su fabricación es muy sofisticada; los reductores de alta relación son también muy costosos; la bomba de desplazamiento positivo requiere piezas precisas, pero éstas no son complejas por lo que su costo es considerablemente menor al de las alternativas anteriores; la alternativa más económica es la manual.

Tomando en cuenta el análisis anterior, se seleccionó la alternativa que emplea la bomba de desplazamiento positivo como la más viable, ya que satisface las condiciones requeridas y es económica comparada con las otras.







Sabemos que la flecha se debe desplazar 22 mm en 45 segundos a 800 r.p.m. cuando se acopla al vástago de la bomba, por lo tanto en 45 segundos gira 600 revoluciones, por lo que el avance es:

$$a=22/600$$

$$a=0.037 \text{ mm/rev.}$$

La profundidad de corte máxima que se alcanza en un rectificado es de 0.25 mm (0.010 pulgadas) radiales. Por lo que tenemos una sección de viruta de:

$$S=0.037(0.25)$$

$$S=0.0093 \text{ mm}^2$$

De tablas se obtiene que el  $K_s$  para aleaciones de aluminio es  $K_s=105 \text{ kg/mm}^2$ . Usando un factor de seguridad de 2:

$$K_s=105(2)$$

$$K_s=210 \text{ kg/mm}^2$$

por lo que:

$$F=S(K_s)$$

$$F=0.0093(210)$$

$$F=1.94 \text{ kg}$$

El par  $T$  es igual a la fuerza por el brazo de palanca, es decir:

$$T=F(r)$$

$$T=1.94(0.0335)$$

$$T=0.065 \text{ kg-m}$$



como son cuatro cortadores los que trabajan al mismo tiempo

$$T=4(0.065)$$

$$T=0.26 \text{ kg-m}$$

transformando el par a N-m

$$T=2.55 \text{ N-m}$$

La velocidad angular en  $\text{s}^{-1}$  es

$$\omega=2\pi(800)/60$$

$$\omega=83.77 \text{ s}^{-1}$$

Tenemos que:

$$\text{Pot}=T(\omega)$$

donde

T es el par

$\omega$  es la velocidad angular

por lo tanto

$$\text{Pot}=83.77(2.55)$$

$$\text{Pot}=213.6 \text{ Watts}$$

transformando

$$\text{Pot}=0.286 \text{ HP}$$

Concluyendo, se requiere un motor de 1/3 HP.



El motor utilizado será de corriente alterna por obvias razones. La velocidad comercial más baja es de 1725 r.p.m., por lo que con una relación de poleas obtenemos la velocidad deseada.

Una vez determinado el momento torsionante al que están sometidos el vástago y la flecha, se puede establecer el diámetro mínimo necesario para que soporten dicho momento.

Calculando por cortante:

$\tau = T(c)/J$  donde  $\tau$  es el esfuerzo cortante permisible para el material utilizado  
 $T$  es el momento torsionante aplicado  
 $c$  es el radio de la flecha  
 $J$  es el momento polar de inercia

poniendo todos los términos en función del diámetro  $d$  de la flecha:

$$\tau = T(d/2) / (\pi d^4 / 32)$$

De los cálculos anteriores tenemos que  $T=26$  kg-cm. De tablas<sup>2</sup> obtenemos  $\tau=1015$  kg/cm<sup>2</sup> para acero rolado en frío. Usando un factor de seguridad de 3:  $\tau=338.3$  kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, luego de despejar  $d$  tenemos:

$$d = [16(26) / \pi(338.3)]^{1/3} \quad d = 0.625 \text{ cm}$$



De lo anterior se desprende que un diámetro mayor al calculado soporta el momento aplicado.

El diámetro del vástago se eligió de 12.5 mm (1/2 pulgada), el del émbolo de 31.75 mm (1 1/4 pulgadas), y el del cilindro de 58.8 mm (2 1/4 pulgadas).

Ya que la velocidad longitudinal del vástago es directamente proporcional al aumento del volumen de la cámara contraria al movimiento, se procedió a calcular el gasto volumétrico necesario para dar la velocidad adecuada, y con este dato se calculó el área transversal de la vena.

De acuerdo a las medidas establecidas el Área transversal de las cámaras es:

$$A = \pi/4 (d_c^2 - d_v^2) \quad \text{donde } d_c \text{ es el diámetro interior del cilindro}$$
$$d_v \text{ es el diámetro del vástago}$$

sustituyendo

$$A = \pi/4 [(31.75)^2 - (12.7)^2] \quad A = 665 \text{ mm}^2$$

El aumento de volumen necesario para desplazar el vástago 22 mm (L) es:



$$Vol=A(L)$$

$$Vol=665(22)$$

$$Vol=14630 \text{ mm}^3$$

El gasto volumétrico está dado por:

$Q=V(A)$  donde  $V$  es la velocidad normal al área  
 $A$  es el área de la sección por donde  
fluye el aceite

fijando el tiempo necesario para desplazar el vástago los 22 mm  
en 45 segundos, tenemos:

$$Q=14630/45$$

$$Q=325.11 \text{ mm}^3/\text{seg}$$

Por otra parte

$V=w(r)$  donde  $w$  es la velocidad angular  
 $r$  es la distancia del eje longitudinal  
a la periferia del émbolo

La velocidad angular del vástago se estableció en 800 r.p.m.  
por lo tanto:

$$w=2\pi N/60$$

$$w=2\pi 800/60$$

$$w=83.77 \text{ s}^{-1}$$

$$V=83.73(15.87)$$

$$V=1329.84 \text{ mm/seg}$$

finalmente



A=0/V

A=325.11/1329.84

A=0.24 mm<sup>2</sup>

Esta área debe ser la de la sección transversal de la vena del émbolo. Se decidió que fuese de sección rectangular de 1 mm de largo por 0.24 mm de profundidad.

Esta área debe ser lo más perpendicular posible a la dirección de la velocidad para evitar obstrucciones al aceite cuando penetre a la vena, por lo que se le dió a ésta una inclinación de 15° respecto a la vertical. El paso de la vena de 4 mm, así como la longitud del émbolo de 40 mm se determinaron arbitrariamente por no ser, hasta cierto punto, factores decisivos en el funcionamiento de la bomba.

Las cámaras de aceite se diseñaron con una longitud sobrada de 8 mm, es decir, en cualquiera de las dos direcciones las cámaras tienen un volumen muerto de 5328 mm<sup>3</sup> para poder desplazar el vástago, en caso de ser necesario, más de los 22 mm. Estas cámaras se llenaron con aceite SAE 90 debido a su alta viscosidad.

En los extremos del cilindro se colocaron retenes para permitir la formación de las cámaras y al mismo tiempo impedir fugas de aceite. Al cilindro se le hicieron barrenos diametralmente opuestos para permitir la extracción del aire que se logre introducir a las cámaras cuando se llenan de aceite (purgar).



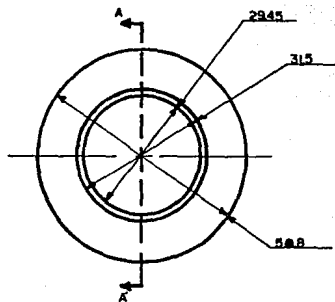
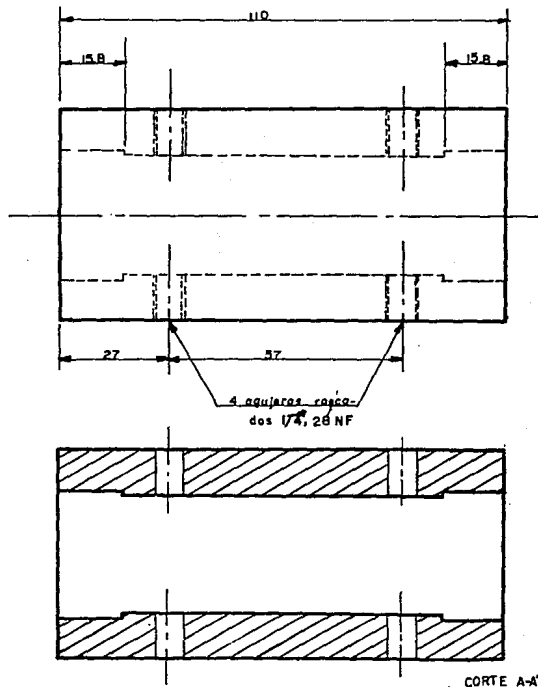
Para lograr que el émbolo girara dentro del cilindro y desplazará el aceite por la vena, se estableció una diferencia de diámetros de 0.25 mm (10 milésimas de pulgada), para evitar en lo posible la fricción sin impedir el paso de aceite através de la vena.

Los materiales utilizados en los componentes de la bomba son: acero rolado en frío para el cilindro y el vástago, se seleccionó este material ya que no se necesita una resistencia mecánica alta ni una resistencia a la corrosión ya que estarán en contacto con aceite; el material con que se fabricó el émbolo es aluminio, por sus propiedades y su costo. El apoyo del cilindro es una placa de acero que está soldada al mismo y que sirve para poderlo fijar a la estructura.

Una vez establecidos los elementos fundamentales de los que consta la bomba se diseñó los que podrían llamarse accesorios de la bomba, como son: las chumaceras que soportan al vástago, el apoyo del cilindro y el elemento acoplador entre el vástago y la flecha de cortadores.

Se utilizan dos chumaceras, una a cada lado de la polea motriz, son de acero y tienen incertados bujes de bronce. Las poleas motrices son de aluminio, para banda tipo "A". El elemento acoplador entre el vástago y la flecha de cortadores es una unión universal (comercial).





NOMBRE : CILINDRO.

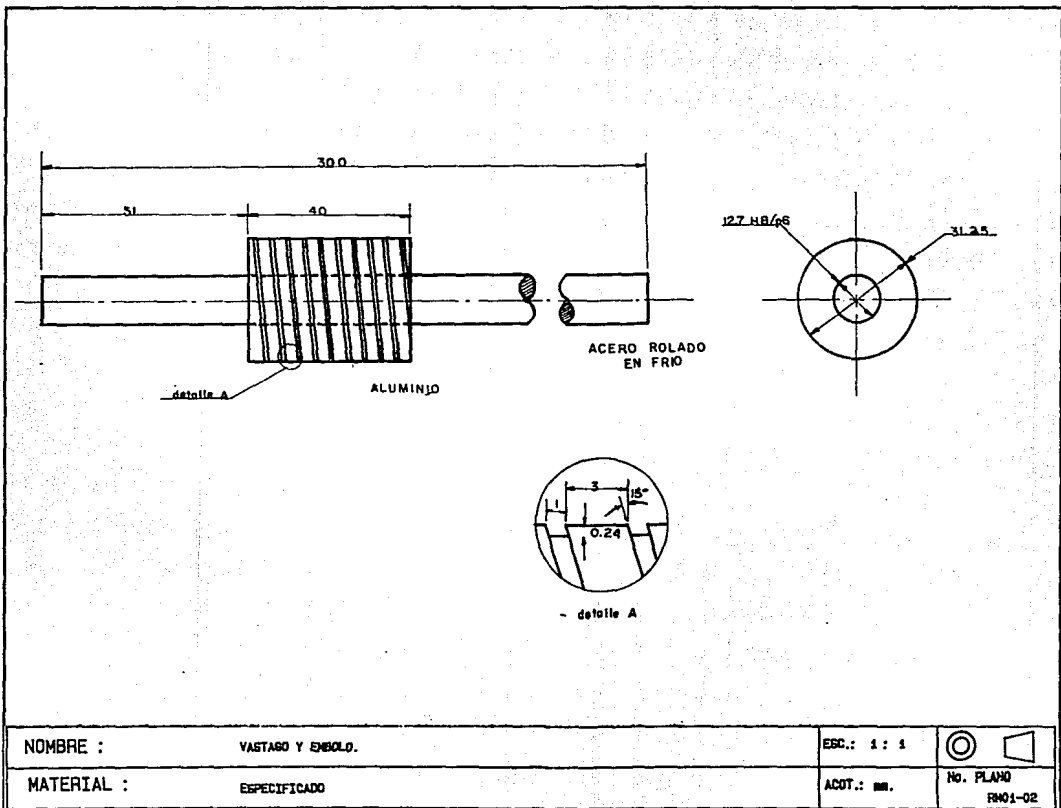
ESC.: 1 : 1



MATERIAL : BARRA DE ACERO ROLADO EN FRIO (2°)

ACOT.: mm.

No. PLANO  
RM03



NOMBRE :

VASTAGO Y ENBOLDO.

ESC.: 1 : 1



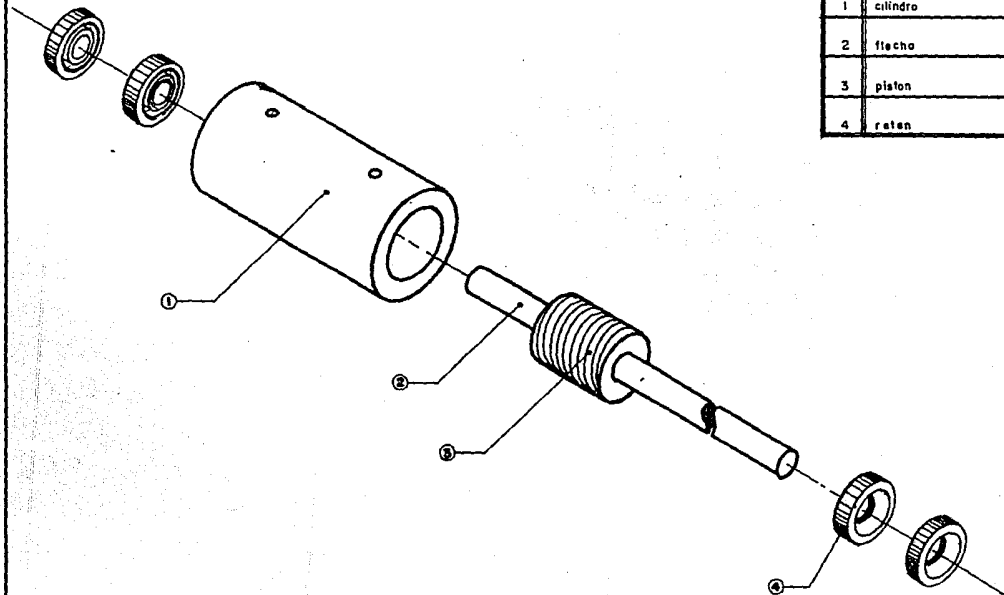
MATERIAL :

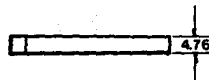
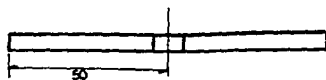
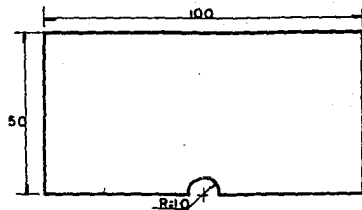
ESPECIFICADO

ACOT.: mm.

No. PLANO  
FM01-02

No.	NOMBRE DE LA PZA
1	cilindro
2	flecho
3	piston
4	reten





NOMBRE :

PLACA DEL CILINDRO.

ESC.: 1 : 1.25

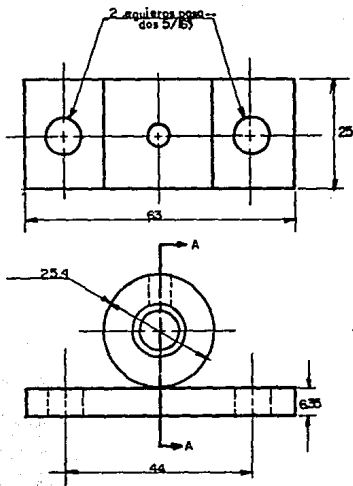


MATERIAL :

SOLERA (2" x 3/16")

ACOT.: mm.

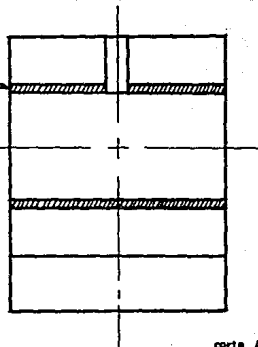
No. PLANO  
RE11



BUJE DE BRONCE

agujero para  
(3/16)

12.7

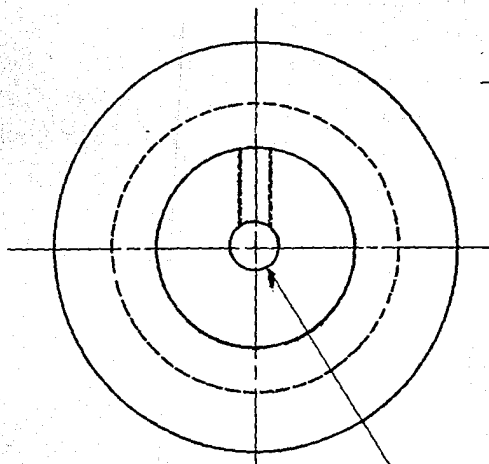


NOMBRE :

CHUMACERAS.

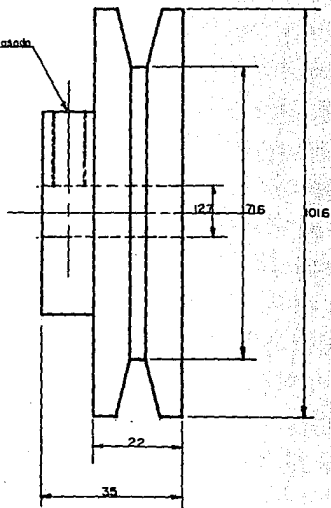
ESC.: 1 : 1





Loguizam pasada (1/2")

Loguizam pasada (5/16)



NOMBRE :

POLEA MATRIZ.

ESC.: 1 : 1

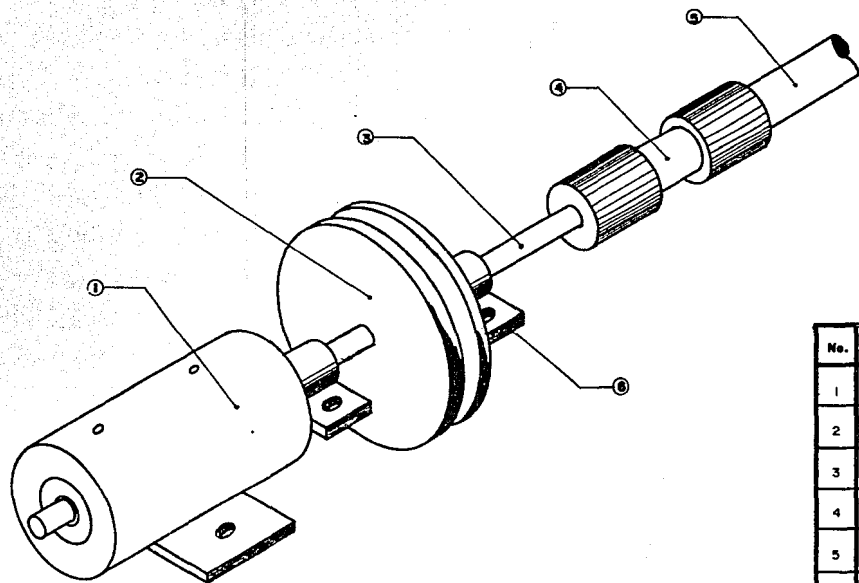


MATERIAL :

ALUMINIO

ACOT.: MM.

No. PLANO  
FINOS



No.	NOMBRE DE LA PZA.
1	bomba de tornillo
2	polea
3	flecha
4	junta universal
5	flecha para cortadores
6	bujes soporte



### 3.5 SISTEMA DE CONTROL

#### 3.5.1 Descripción del problema.

Es necesario que la máquina cuente con dispositivos para ponerla en marcha o bien apagarla, sencillos de accionar e interpretar. El encendido y apagado de la máquina se puede manejar directamente sobre el motor eléctrico del sistema motriz, energizándolo o desenergizándolo por medio de un interruptor que puede contar con fusibles para proteger el devanado del motor contra sobre corrientes.

Por otro lado es conveniente que se pueda seleccionar entre dos controles para el avance: uno continuo que solo requiera la señal de inicio (automático), y otro que solo accionado mueva el avance (manual).

Para realizar el maquinado del monobloque la flecha debe desplazarse en un sentido, al terminar la operación se requiere que regrese al punto de inicio para poder reparar otro motor. Para retroceder la flecha se debe invertir la conexión en el devanado del motor, de esta manera cambia su sentido de giro.

Como medida de seguridad para el equipo, es indispensable que al terminar de cilindrar se detenga el motor eléctrico pues de lo contrario seguiría moviendo el avance y éste pudiese resultar





dañado al no poder desplazarse más longitudinalmente o bien hacer que un elemento en movimiento golpee a uno fijo, como podría ser la polea a algún soporte de la estructura. El mismo caso se presenta al regresar los cortadores a su posición inicial.

Finalmente, es menester que la máquina cuente con un paro de emergencia en caso de accidente o cualquier otro imprevisto. Esto no representa grandes problemas, solo se debe de tomar en cuenta que debe ser de un tamaño y color apropiados para su fácil identificación y accionamiento, además de colocarse en un lugar que permita alcanzarlo con facilidad y rapidez.

### 3.5.2 Alternativas de solución.

Alternativa 1. Para controlar el paro al final de la carrera al desplazarse ya sea hacia adelante o hacia atrás, se pensó en colocar microinterruptores y para controlar el cambio de sentido de giro del motor en un circuito eléctrico.

Alternativa 2. Se puede limitar el avance con sensores magnéticos que detengan el motor eléctrico al ser actuados, cesando así el desplazamiento de la flecha. La inversión en el giro del motor se puede conseguir con un circuito electrónico.



### 3.5.3 Selección de la mejor alternativa.

Analizando las alternativas presentadas en distintos aspectos tenemos:

a) Eficiencia. Las dos alternativas cumplen con los requerimientos establecidos.

b) Mantenimiento y durabilidad. Debido a las corrientes y voltajes que se manejan en los circuitos eléctricos, se tiene gran desgaste de los elementos que los componen, sobre todo en relevadores, por lo que luego de determinado tiempo es necesario reemplazarlos. El mismo problema se presenta en microinterruptores que tienen contacto físico con elementos que se mueven a gran velocidad, como es el caso de la flecha o la polea. Un circuito electrónico tiene una vida útil mayor y los sensores manéticos no tienen contacto con ningún elemento que los pueda dañar.

c) Costo. Debido a la potencia del motor, los relevadores necesarios para controlarlo deben manejar corrientes altas, lo que los hace costosos. El circuito electrónico requiere más elementos, sin embargo la diferencia en costo respecto a la otra alternativa es muy pequeña.

Tomando en cuenta el análisis anterior se decidió emplear la alternativa del circuito electrónico.



### 3.5.4 Diseño de detalle y fabricación.

El circuito electrónico de control a diseñar requerirá cumplir las siguientes especificaciones: tener dos modos de operación un modo manual y uno modo automático; además sensar el límite de desplazamiento de la flecha y detenerse automáticamente.

Se penso que sería conveniente utilizar semiconductores de potencia, los cuales son relativamente baratos en combinación con semiconductores de baja potencia para establecer su control.

El motor tiene un consumo de corriente de 7 A, por lo cual se escogieron triac capaces de manejar hasta 12 A y 127 V A.C. Como circuitos de baja potencia se utilizaron dos elementos mínimos de memoria como son los flip-flops tipo D (7474) de la familia lógica TTL, que trabajan con una polarización de 5 V D.C., en combinación con compuertas lógicas del tipo inversor (7404) y compuertas OR (7432) que también se polarizan con 5 V D.C.

Para efectuar la polarización se diseñó un fuente de 5 V, utilizando un regulador de voltaje de 5 V (7805).

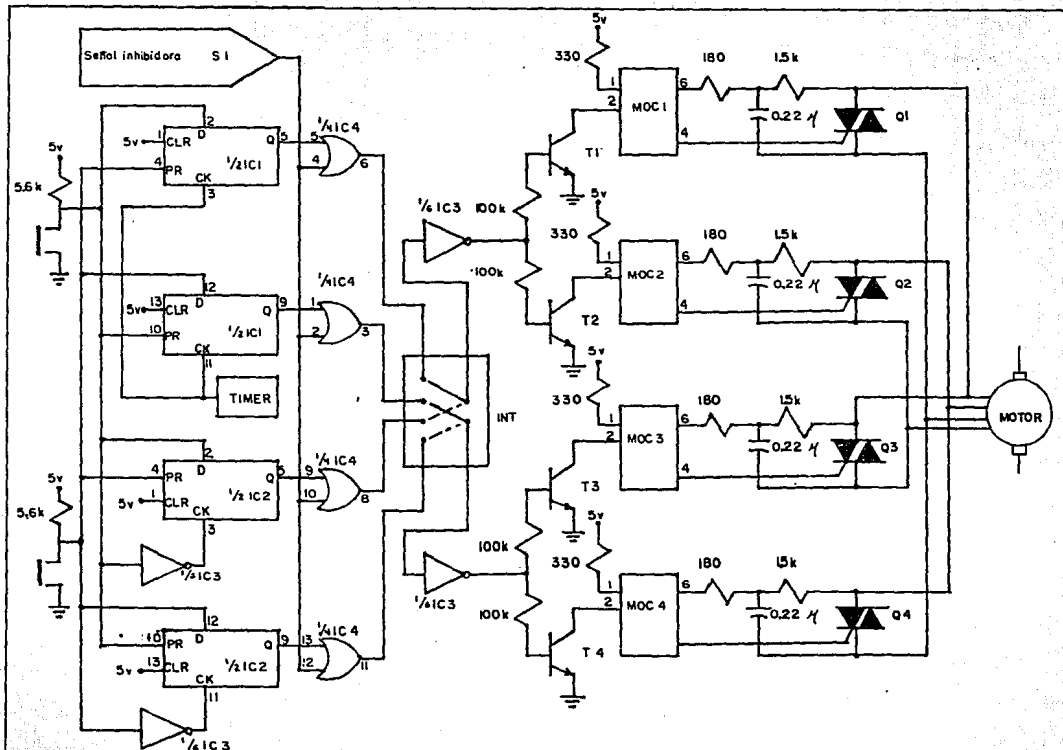
El acoplamiento entre la etapa de baja potencia con la de alta potencia se realizó con unos circuitos MOC 3011, los cuales son opto-triacs que poseen un LED infrarrojo que se enciende con



un voltaje de 1.5 V y 10 mA, para de esta manera disparar la compuerta del triac de potencia.

Dado que se necesitaba disparar dos triacs a la vez, se usaron transistores BC547 para lograrlo.

Fué necesario insertar otros triacs del tipo TIC236D con su MOC de acoplamiento en el devanado principal del motor, ya que de no polarizar los dos devanados simultáneamente el motor se calienta demasiado.

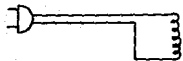


IC1=IC2= 7474  
 IC3= 7404  
 IC4= 7432

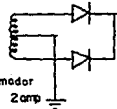
T\*=BC547  
 MOC\*=MOC3011  
 Q\*=TIC236D

INT=Interruptor  
 2 tiros  
 4 polos.

120v AC



Transformador  
120-12v 2amp

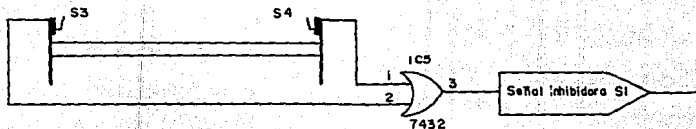


2200  $\mu$ f

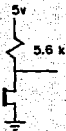
7805

0.01  $\mu$ f

5v DC



Configuración  
N.C.



S3 = S4 = Microinterruptor N.C.



### 3.6 SISTEMA ESTRUCTURAL

#### 3.6.1 Descripción del problema.

Ya diseñados los principales sistemas de la máquina, es necesario pensar en una estructura que los soporte y proteja, en la que se pueda montar el monobloque a reparar.

Es conveniente recordar que el monobloque consta de dos partes unidas por medio de birlos y tuercas, para maquinarlo se debe montar una de estas partes a la máquina, luego acoplar la flecha de cortadores, con los centradores colocados, al sistema motriz, se calibran los cortadores, y se ensambla la otra parte del monobloque. Las tuercas del motor se aprietan a un par de 6.91 kg-m (50 lb-pie) cada una. Se inicia el maquinado por medio del sistema de control, y luego de ser acabado, se desarma el monobloque, se desacopla la flecha de cortadores y se libera la pieza inicialmente instalada en la máquina.

De lo anterior, teniendo en cuenta las características de las partes de la máquina ya elaboradas, se desprende que el sistema estructural debe ubicar, soportar y proteger los sistemas motriz y de control permanentemente; debe contar con un mecanismo que posicione y sujete una de las partes del monobloque para instalar el sistema de corte y el de centrado, que permita el umbone de la parte restante y su apriete al par ya mencionado, que impida



movimiento alguno mientras es maquinado, y deje que se desarme nuevamente.

Además de cumplir con las funciones ya mencionadas, se requiere que este sistema proporcione un lugar en el que se puedan colocar los sistemas de corte, centrado y calibración cuando no se utilicen.

### 3.6.2 Alternativas de solución.

El hacer una estructura que posicione y proteja los elementos de la máquina, y que permita su fácil operación y mantenimiento, no es difícil. Se pensó en alternativas a base de perfil tubular, de ángulo y solera, complementadas con lámina.

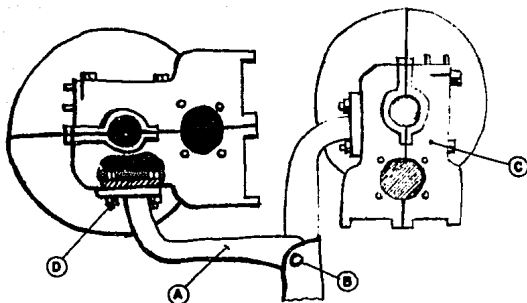
En realidad, lo que presentó dificultad en este sistema fue el mecanismo de sujeción del monobloque. Las posibilidades de solución que se discutieron fueron:

Alternativa 1. Un brazo mecánico sobre el que se sujeta el monobloque. Este brazo tiene dos posiciones, una horizontal y otra vertical, en la primera se le atornilla una mitad del motor, se levanta girando una articulación, y se embraga un seguro sufi-





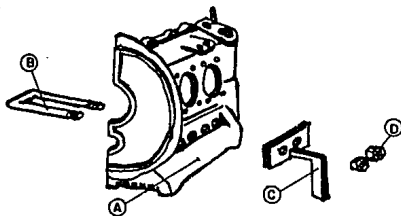
cientemente fuerte como para soportar el trabajo que se realiza sobre él.



SPAZO.- A) Brazo; B) Articulación; C) Monobloque; D) Tornillos de sujeción.

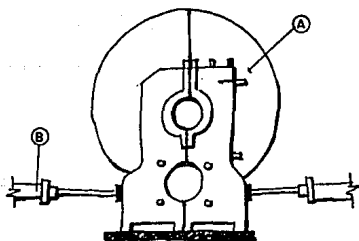
Alternativa 2. Adaptar al monobloque un marco que lo sujete contra una base por medio de birlos y tuercas.

Alternativa 3. Atornillar el monobloque a un soporte por medio de una unión roscada.



SUJECION CON UNION ROSCADA.- A) Mitad del monobloque;  
B) Union roscada; C) Soporte; D) Tuercas.

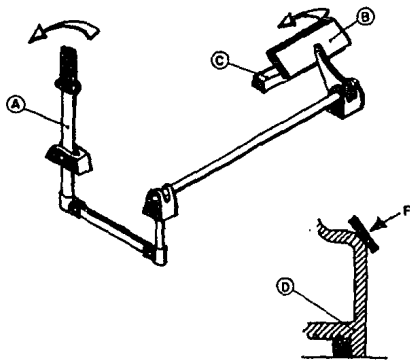
Alternativa 4. Usar pistones neumáticos para aprisionar el monobloque contra una base fija en la estructura, o bien para accionar un mecanismo.



SUJECION CON PISTONES.- A) Monobloque; B) Pistones.



Alternativa 5. Fijar y liberar el monobloque con un mecanismo de barras articuladas, accionado con un pedal o una palanca. Por medio de él se aplica una fuerza que presiona el monobloque contra una parte de la estructura. Se mantiene accionado el mecanismo por medio de un seguro fácil de accionar para el operario.



MECANISMO DE BARRAS ARTICULADAS.- A) Palanca de accionamiento; B) Elemento de sujecion; C) Apoyo; D) Monobloque; F) Fuerza de sujecion.



### 3.6.3 Selección de la mejor alternativa.

Analizando diferentes aspectos de los mecanismos de sujeción tenemos:

a) Eficiencia. Podemos decir que todas las opciones cumplen con los requerimientos, pero algunas de ellas pueden dañar el monobloque, como es el caso de las que requieren que se atornille sobre el monobloque.

b) Manejo. Considerando los pasos a seguir para fijar el monobloque con las opciones presentadas y su sencillez tenemos: la alternativa que permite al operario sujetar y soltar el motor con mayor facilidad y rapidez es la de los pistones; le sigue el mecanismo de barras articuladas; las alternativas 1 y 2 implican el uso de tornillos y tuercas, lo cual es más laborioso.

c) Costo. La alternativa neumática es la más costosa pues implica una instalación de aire, que no todos los talleres mecánicos tienen; le sigue la del mecanismo de barras articuladas, por el número de piezas que requiere; entre las restantes no hay gran diferencia.

Considerando para este sistema como fundamentales la facilidad de operación, la rapidez y el costo, se seleccionó la propuesta del mecanismo de barras articuladas.

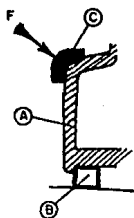


Para el resto del sistema estructural se decidió emplear una mesa soportada por una columna con patas, que cuenta con soportes para la flecha de cortadores y el sistema motriz, fabricada con ángulo de acero. El sistema de control está colocado en la cubierta que protege al sistema motriz. Las cubiertas están hechas de lámina negra.

#### 3.6.4 Diseño de detalle y fabricación.

Dado que la alternativa más viable es el mecanismo de barras articuladas accionado mediante un pedal, se procedió a diseñar todos los elementos que lo componen y también los apoyos que son necesarios para el buen funcionamiento del mismo. Estos apoyos son parte de la estructura que se utilizará para la máquina rectificadora.

El mecanismo accionado mediante el pedal para sujetar el monobloque se diseñó de la siguiente manera: de la geometría del monobloque se buscó el punto más adecuado para aplicar sobre él una fuerza determinada y de esta manera evitar que pudiera moverse durante el rectificado. El punto seleccionado se encuentra en el costado inferior del monobloque como se observa.

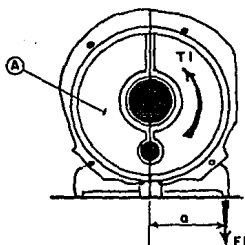


PUNTO DE SUJEION.- A) Monobloque; B) Apoyo; C) Pieza del mecanismo de barras articuladas; F) Fuerza de sujecion.

Una vez seleccionado el punto de aplicación de la fuerza sobre el monobloque se decidió la posición que ocuparía éste respecto a la estructura durante el rectificado, como sabemos el monobloque se separa en dos partes; una de ellas, la que tiene los birlos será la que se sujete a la estructura.

Ya que la zona de sujeción tiene un radio de curvatura, se hizo un modelo de madera adecuado a esta forma, para después obtener una pieza fundida en hierro, como se muestra en los planos.

Para determinar la fuerza necesaria que debe aplicarse al monobloque para mantenerlo inmóvil durante el rectificado, se analizaron las diferentes fuerzas que intervienen; una debido a la fuerza de corte de 8 kg que produce un momento torsionante  $T=0.26 \text{ kg-m}$  (ver sistema de motriz).



PAR DE CORTE.- A) Monobloque; T1) Momento torsionante;  
F1) Fuerza equilibradora; a) Distancia al eje de accion  
del momento.

La fuerza necesaria para equilibrar el momento torsionante es:

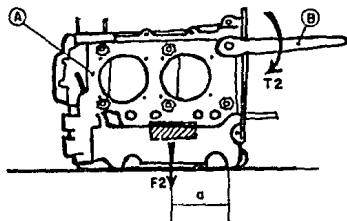
$F1 = T1 / r$       donde      F1 es la fuerza equilibrante  
T1 es el momento torsionante  
r es el brazo de palanca

sustituyendo

$$F1 = 0.26 / 0.146$$

$$F1 = 1.78 \text{ kg}$$

Por otro lado tenemos un momento torsionante que se genera cuando se unen las dos partes del monobloque y se le da el torque (T2) especificado por el fabricante 6.91 kg-m (50 lb-pie).



PAR DE APRIETE.- A) Monobloque; B) Torquimetro.  
T2) Par de apriete; F2) Fuerza equilibradora;  
a) Distancia al eje de acción del par.

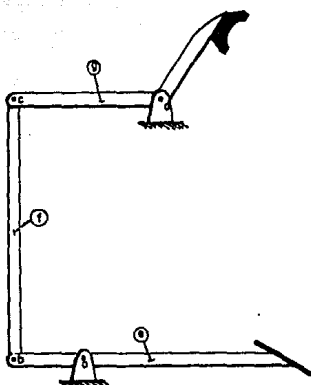
La fuerza necesaria para equilibrar el momento torsionante se calcula de la misma manera que en el caso anterior:

$$F2=60.1 \text{ kg}$$

Como se observa la fuerza necesaria para mantener el monobloque en equilibrio es de 60 kg. Para dar un margen de seguridad se consideró para los cálculos una fuerza de 80 kg.

El mecanismo del pedal cuenta con los siguientes elementos: cuatro puntos de rotación (a, b, c y d), tres barras articuladas (e, f y g), como se muestra a continuación.



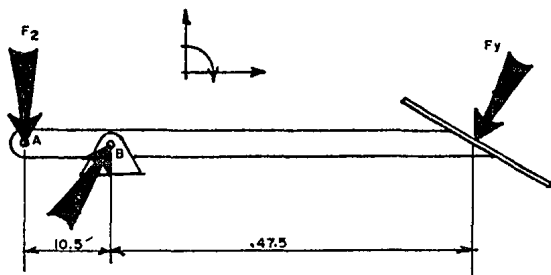


MECANISMO DE BARRAS ARTICULADAS.- Apoyos: a, b y c; Barras: e, f y g.

En el análisis del mecanismo se encontró la fuerza que una persona puede ejercer al pisar el pedal, esta fué de 25 kg. Después de varias iteraciones se determinaron las dimensiones de las barras articuladas y la ubicación de los apoyos.

Analizando la barra articulada e:

La inclinación del pedal es de  $30^\circ$  respecto a la horizontal, para comodidad del operario. El diagrama de cuerpo libre es:



$$F_x = 25 \cos(60^\circ) = 12.5 \text{ kg}$$

$$F_y = 25 \sin(60^\circ) = 21.65 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$F_x(10.5) - F_y(47.5) = 0$$

$$F_x = 97.94 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-F_x + R_{ay} - F_y = 0$$

$$R_{ay} = 97.94 + 21.65$$

$$R_{ay} = 119.6 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{ax} - F_x = 0$$

$$R_{ax} = 12.5 \text{ kg}$$



La fuerza resultante es:

$$R_a = [(R_{ax})^2 + (R_{ay})^2]^{1/2}$$

$$R_a = 120.25 \text{ kg}$$

Esta es la fuerza que debe resistir el perno que servirá de apoyo, por lo que debe tener un diámetro  $d$  de:

$$\tau = FS(R_a/2A) \quad \text{donde } \tau \text{ es esfuerzo cortante permisible}$$

para el acero rolado en frío

$A$  es el área transversal del perno

$FS$  es el factor de seguridad

en función del diámetro

$$\tau = FS(R_a/2(\pi d^2/4))$$

despejando el diámetro

$$d = [FS(2R_a)/\pi\tau]^{1/2}$$

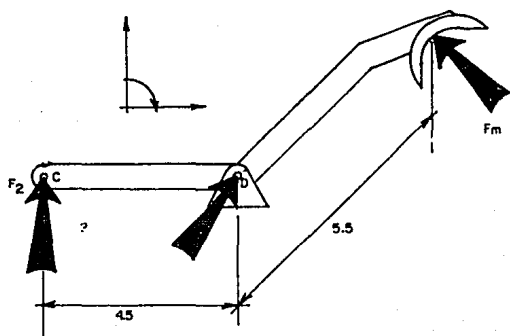
$$d = 0.475 \text{ cm}$$

Analizando la barra articulada  $g$ :

La fuerza que ejercerá el punto de sujeción sobre el monobloque está a  $45^\circ$  para que se genere la misma fuerza en sentido vertical y horizontal, ya que la estructura posee una base espe-



cial para que el monobloque al estar sometido a ambas fuerzas quede inmóvil. El diagrama de cuerpo libre es:



$$\Sigma M_B = 0$$

$$-F_2(4.5) + F_M(5.5) = 0$$

donde  $F_M$  es la fuerza necesaria para mantener inmóvil el monobloque establecida previamente.

$$F_M = 80 \text{ kg}$$

$$F_{Mx} = F_M \cos(45) = 56.66 \text{ kg}$$

$$F_{My} = F_M \sin(45) = 56.66 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_2 - R_{dy} + F_{My} = 0$$

$$R_{dy} = 97.94 + 56.66$$

$$R_{dy} = 154.6 \text{ kg}$$



$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{dx} - F_{Mx} = 0$$

$$R_{dx} = 56.66 \text{ kg}$$

La fuerza resultante es:

$$R_d = [(R_{dx})^2 + (R_{dy})^2]^{1/2}$$

$$R_d = 164.65 \text{ kg}$$

Calculando de nuevo el diámetro del perno:

$$d = [FS(2R_d/\pi\tau)]^{1/2}$$

$$d = 0.555 \text{ cm}$$

Como podemos observar, se requieren diámetros muy pequeños, pero por cuestiones prácticas se empleó redondo de 1.11 cm (7/16 pulgadas).

También se diseñó un trinquete que permite que la fuerza aplicada al monobloque se mantenga después de haber pisado el pedal.

Una vez diseñado el mecanismo de barras articuladas para la sujeción del monobloque, se diseñó la estructura completa que serviría para sostener el mecanismo. Dado que la barra articulada debe ser larga para permitir que el punto de sujeción tenga una altura adecuada cuando el operario coloque el monobloque, se

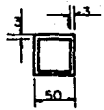
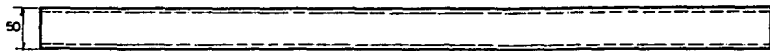
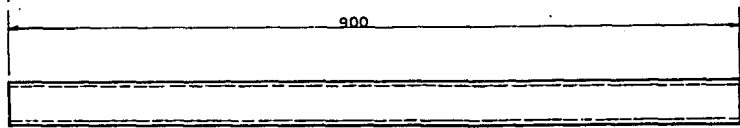


pensó en una mesa que tuviera una columna que en su interior aloje la barra f, esta columna tiene en su parte superior la mesa de trabajo y en la inferior patas horizontales que le brindan estabilidad.

Sobre la parte superior de la estructura, hay una base especial para el monobloque con objeto de proporcionar una posición definida a éste.

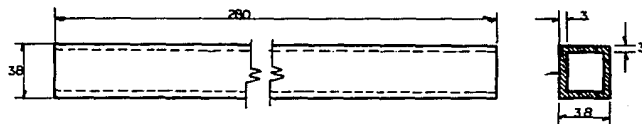
Una vez establecida la posición del monobloque se procedió a diseñar los apoyos necesarios para poder sujetar el sistema motriz, el cual está ubicado al lado derecho del monobloque. Estos apoyos son tres: uno para el cilindro y los otros dos para las chumaceras, estos apoyos sirven al mismo tiempo para colocar parte del sistema de control.

Los apoyos de la flecha, para calibrar buriles y para la tolva de control, están sobre la estructura que forma la mesa de la máquina.

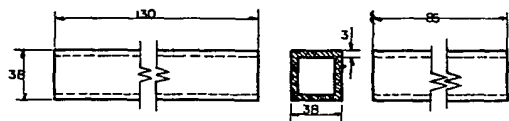


NOMBRE :	COLUMNA (4 PIEZAS).	EBC.: 1 : 5	
MATERIAL :	PERFIL 2"x2" CALIBRE 18	ACOT.: mm.	NO. PLANO RE15

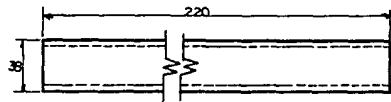
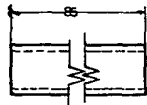
APOYO TRASERO



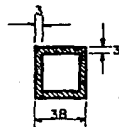
APOYO IZQ.



APOYO DERECHO



APOYO FRONTAL



NOMBRE :

SOPORTE.

ESC.: 1 : 3



MATERIAL :

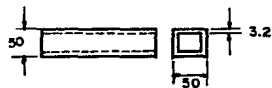
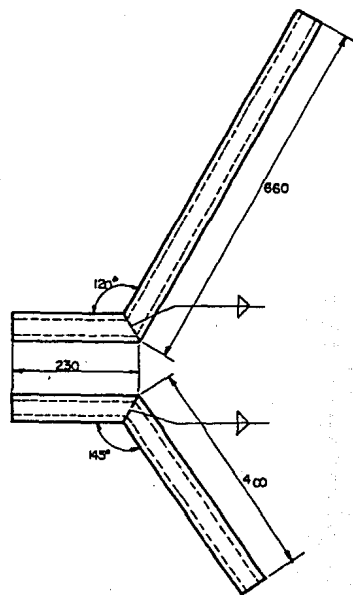
PERFIL (2" x 2")

ACOT.: mm.

No. PLANO

RED1-04





NOMBRE :

PATAS IZQUIERDA Y DERECHA DEL PISO.

ESC.: 1 : 7.5

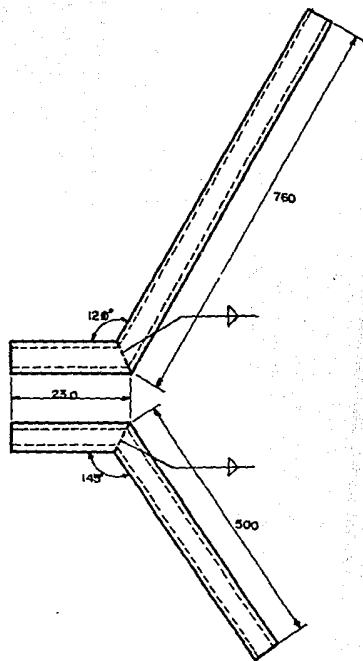


MATERIAL :

PERFIL 2"x2" CALIBRE 18

ACOT.: mm.

NO. PLANO  
RE14



NOMBRE :

PATAS IZQUIERDA Y DERECHA DE LA MESA.

ESC.: 1 : 7.5

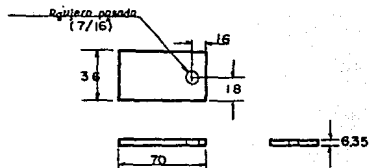
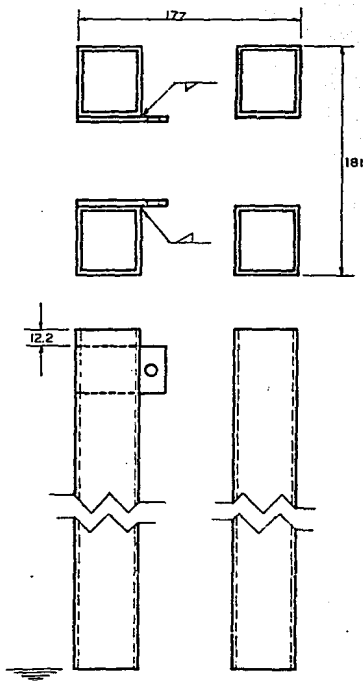


MATERIAL :

PERFIL 2"x2" CALIBRE 18

ACOT.: mm.

No. PLANO  
RE13



NOMBRE :

PLACA APOYO DEL PERNO DEL TRINGLETE.

ESC.: 1 : 3

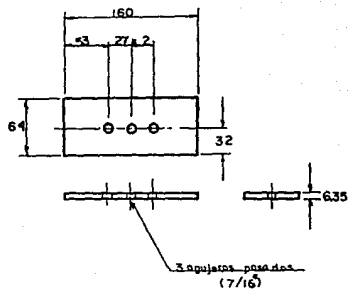
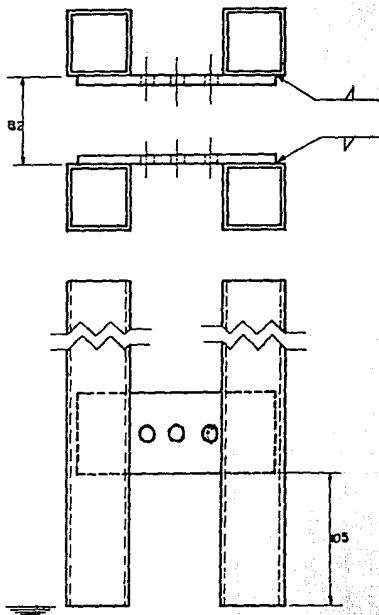


MATERIAL :

PLACA DE 1/4"

ACOT.: mm.

No. PLANO  
RPOS



NOMBRE :

PLACA APOYO DE PERNO.

ESC.: 1 : 5

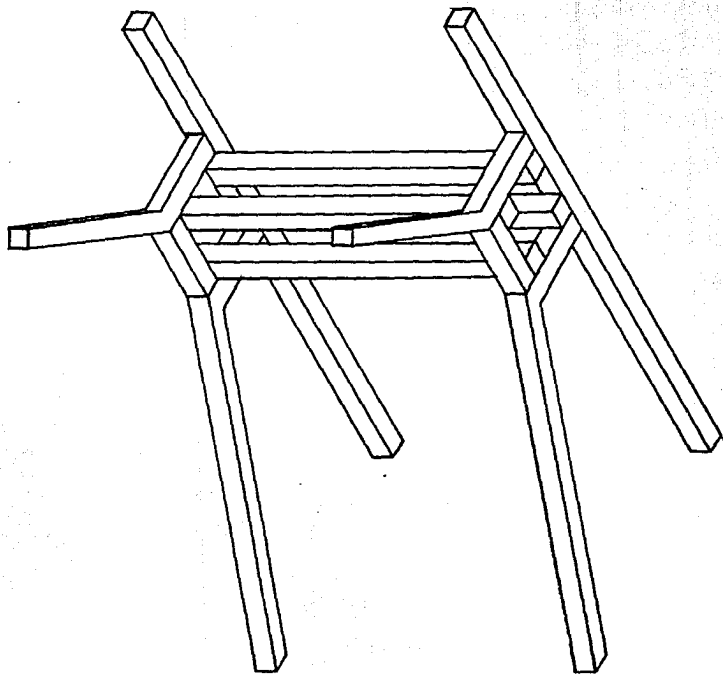


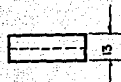
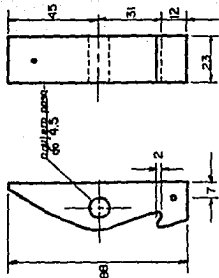
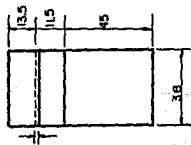
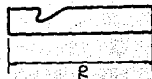
MATERIAL :

SOLERA DE 1/4"

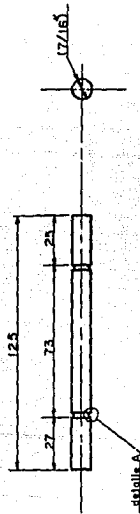
ACOT.: mm.

No. PLANO  
RPO5





DETALLE A



NOMBRE :

PIEZAS DEL TRONQUETE.

ESC.: 1 : 2



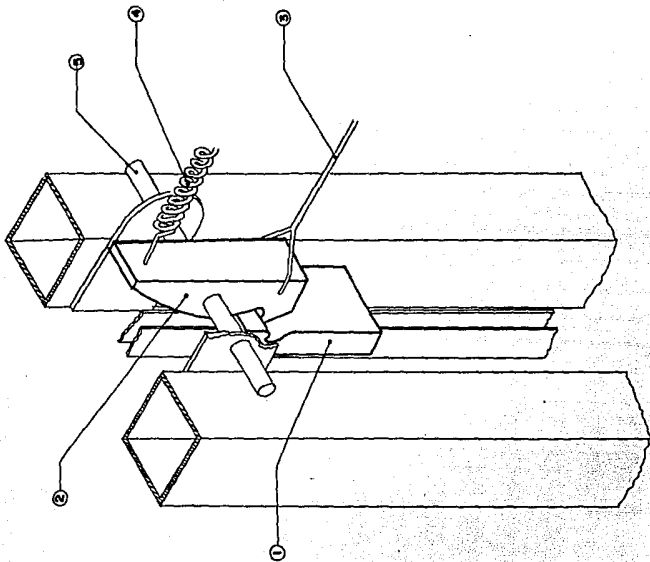
MATERIAL :

ACERO TRAPLAJO

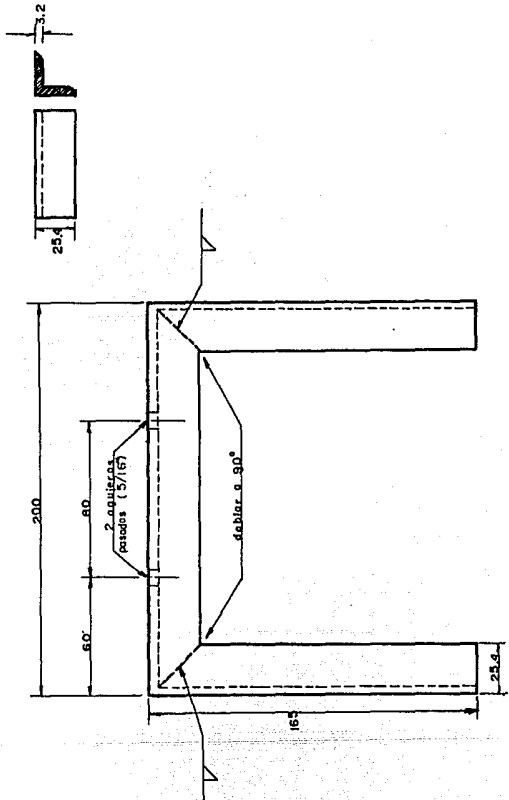
ACOT.: mm.

Nº. PLANO

PP07-08



No.	NOMBRE DE LA PZA
1	trinquete
2	gancho del triquete
3	chicote
4	resorte
5	perno



NOMBRE : SOPORTE DEL CILINDRO.

MATERIAL : ANILLO (1" x 3/8")

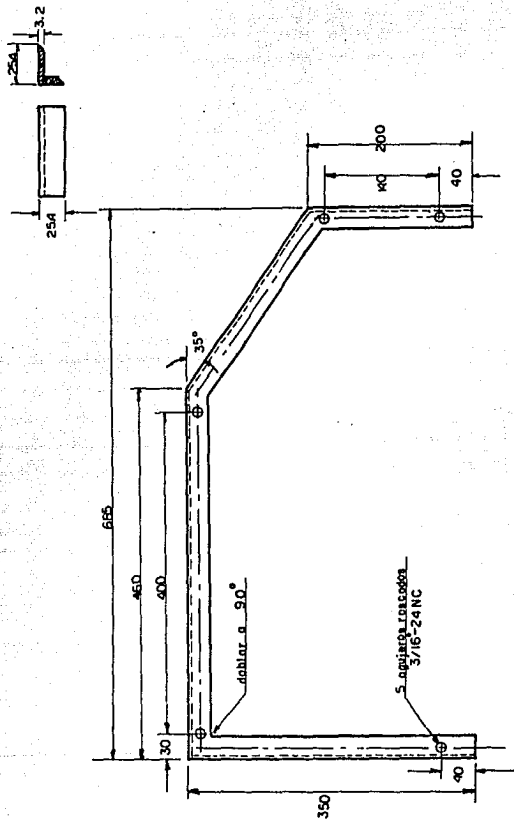
ESC.: 1 : 2

ACOT.: MM.



No. PLANO  
PC08





NOMBRE : SOPORTE DE TOLVA (2 PIEZAS) .

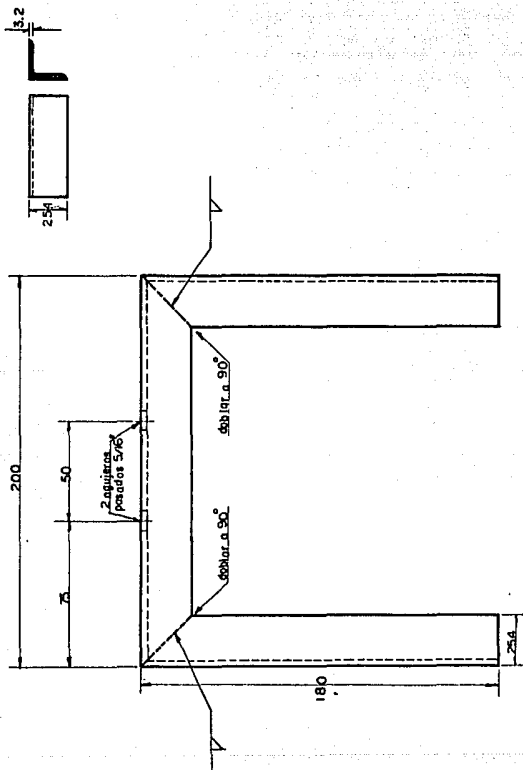
MATERIAL : ANILLO (1" x 1/8")

ESC.: 1 : 5

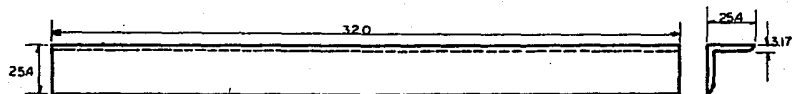
ACOT.: MM.




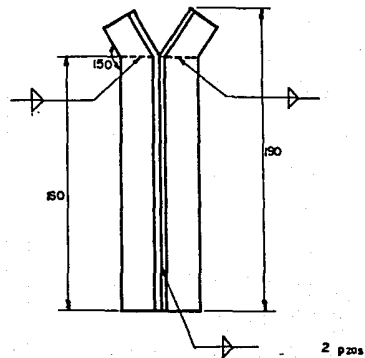
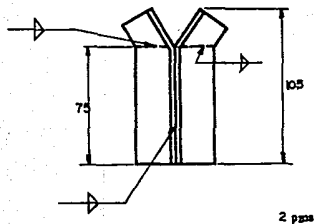
NO. PLANO  
FE06



<p>NOMBRE :</p>	<p>SOPORTE DE LA CHIMNEA.</p>	<p>ESC.: 1 : 2</p>	
<p>MATERIAL :</p>	<p>ARBULO (1" x 1/8")</p>	<p>ACOT.: mm.</p>	<p>No. PLANO REG7</p>



NOMBRE :	TRAVESANOS DE LA TOLVA.	ESC.: 1 : 2	
MATERIAL :	ANGULO (1" x 1/8")	ACOT.: mm.	No. PLANO RE12



NOMBRE : SOPORTES DE FLECHA Y CALIBRADO.

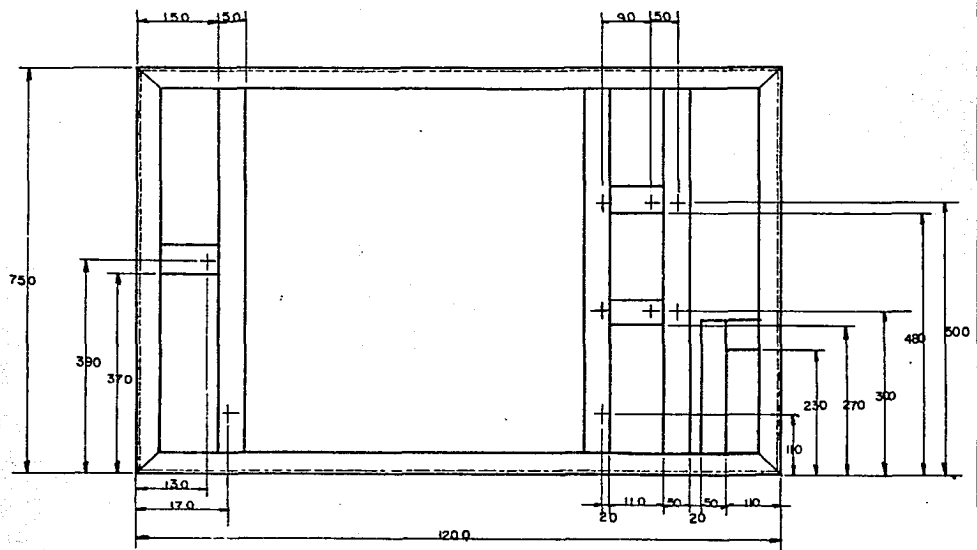
ESC.: 1 : 2.5

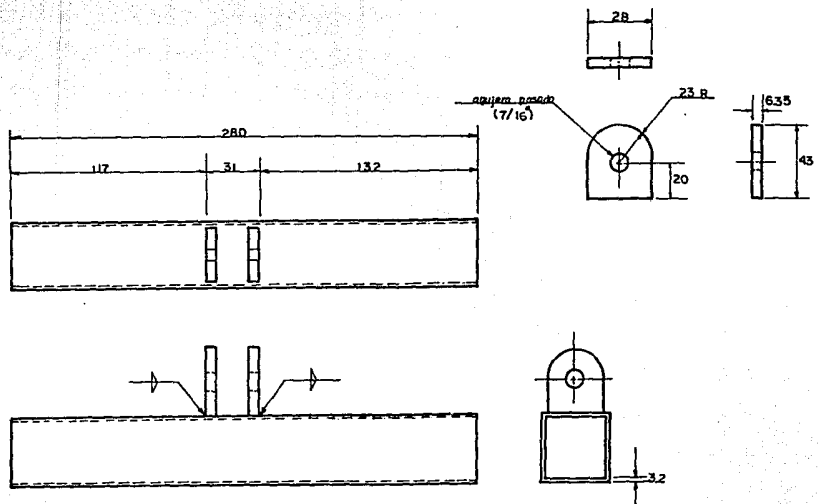


MATERIAL : PERFIL T (1" x 1/8")

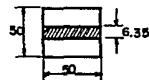
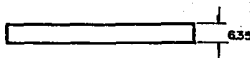
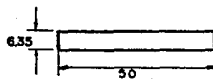
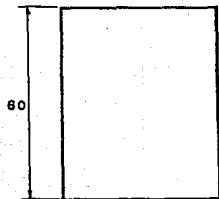
ACOT.: mm.

No. PLANO  
REC9-10





<b>NOMBRE :</b>	<b>SOPORTES (2 PIEZAS)</b>	<b>EBC.: 1 : 2</b>	
<b>MATERIAL :</b>	<b>SOLERA DE 1/4"</b>	<b>ACOT.: mm.</b>	<b>No. PLANO</b> <b>FP03</b>



NOMBRE :

GUÍAS DE LA BASE DEL MONOBLUQUE.

ESC.: 1 : 1.25

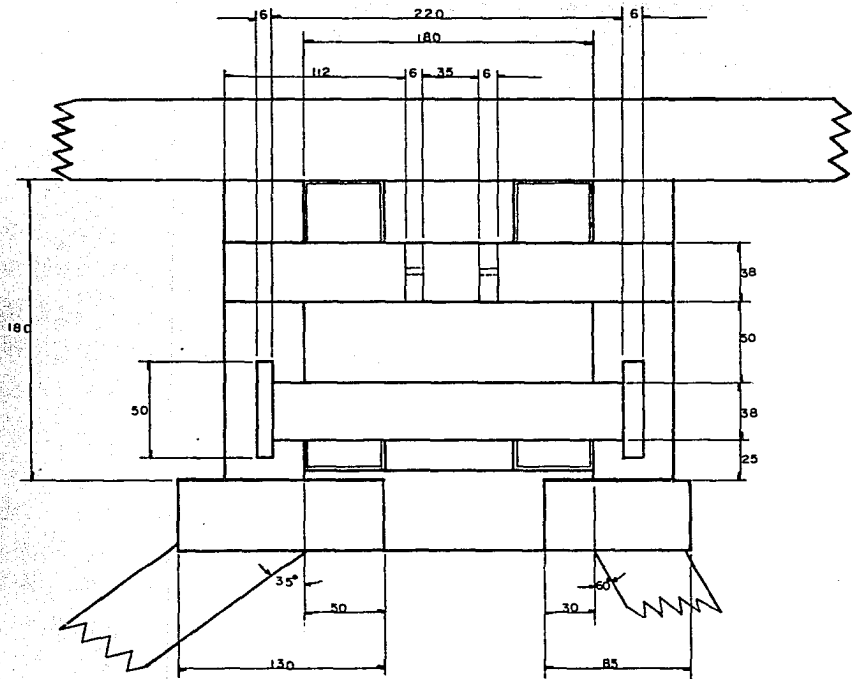


MATERIAL :

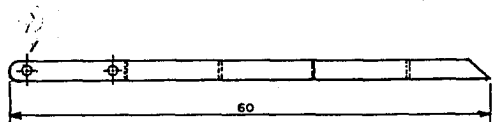
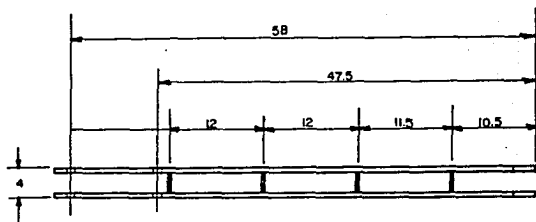
SOLETA (2° x 1/4")

ACOT.: mm.

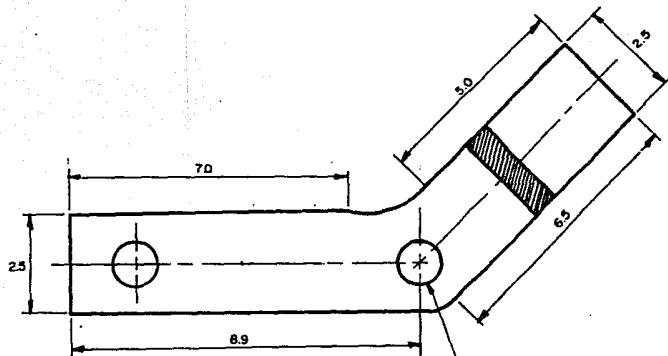
Nº. PLANO  
RE05







NOMBRE :	BRAZO DEL PEDAL.	ESC.: 1 : 5	 
MATERIAL :	SOLERA (1" x 1/4")	ACOT.: mm.	No. PLANO RPO1



NOMBRE :

BARRA DE CONEXION.

ESC.: 1 : 1

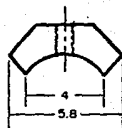
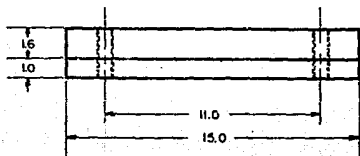
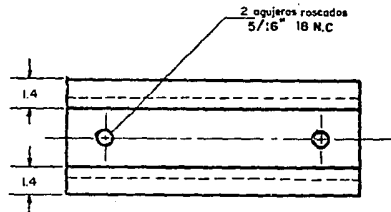


MATERIAL :

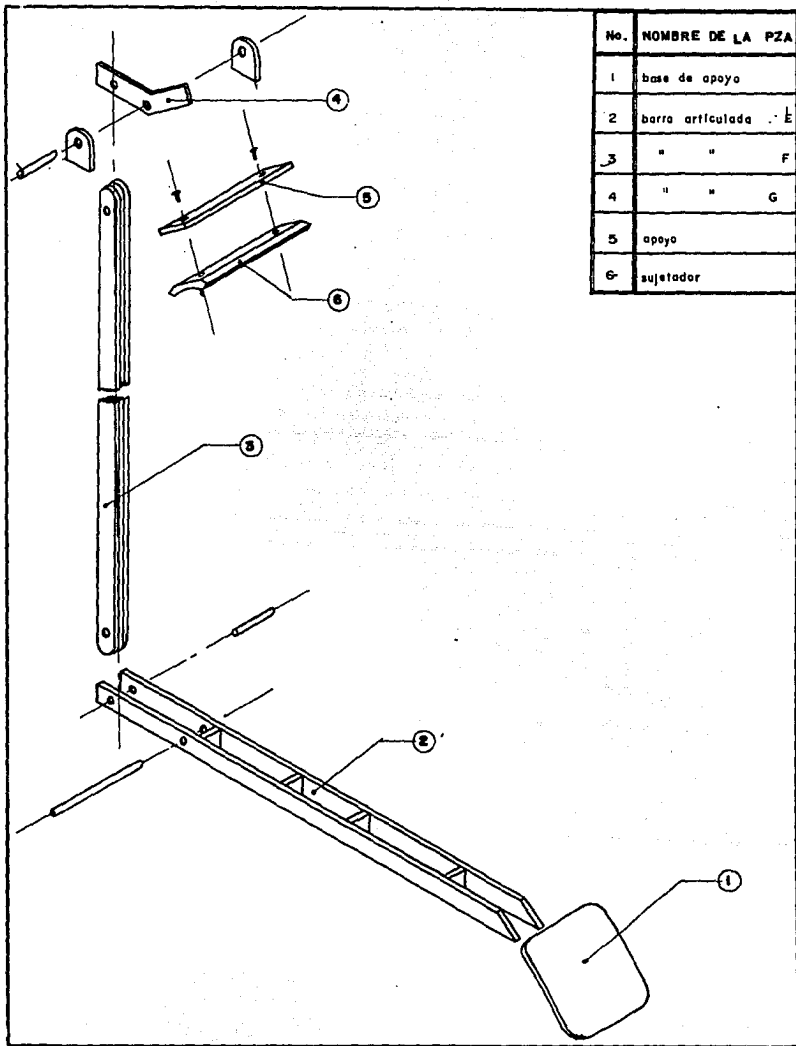
BOLETA DE 1/4"

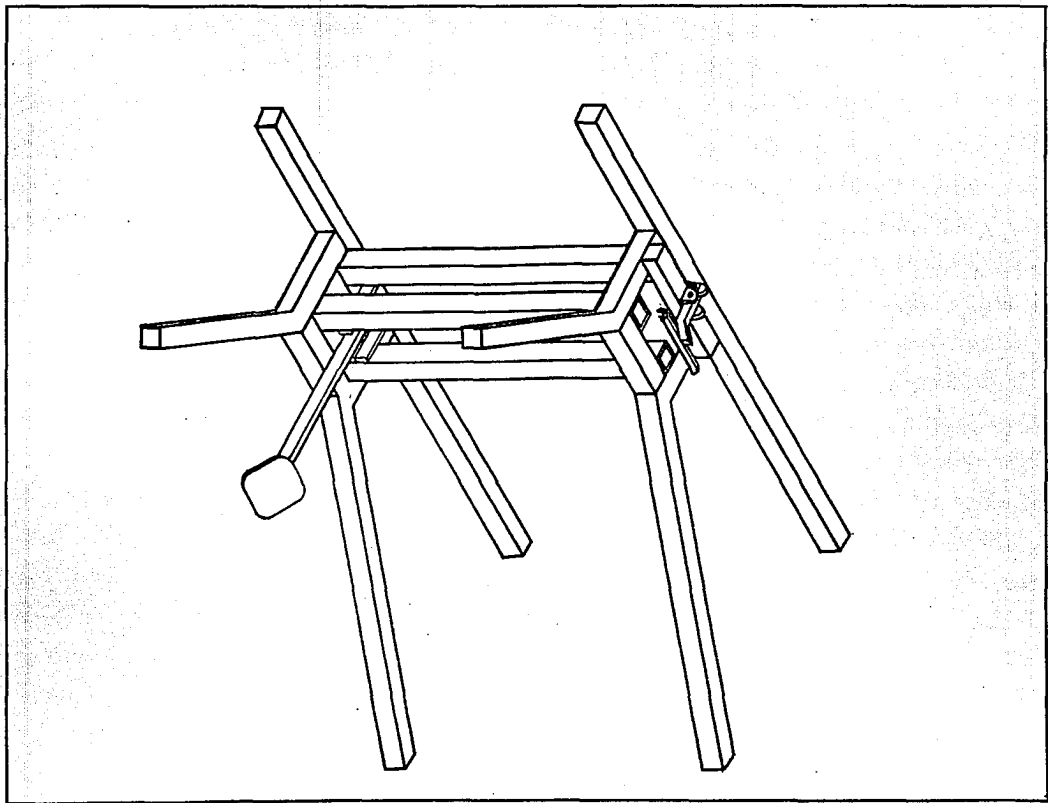
ACOT.: mm.

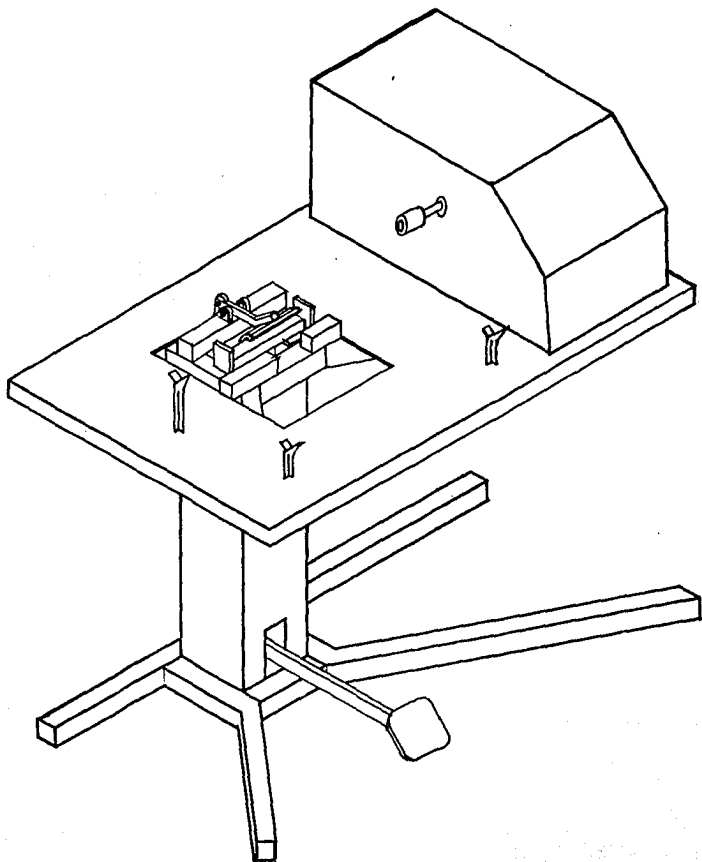
No. PLANO  
RP02

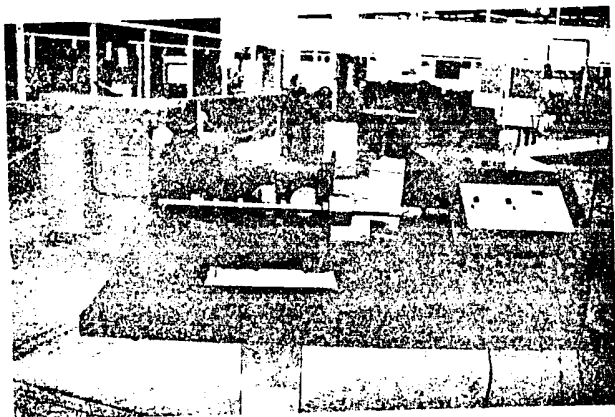


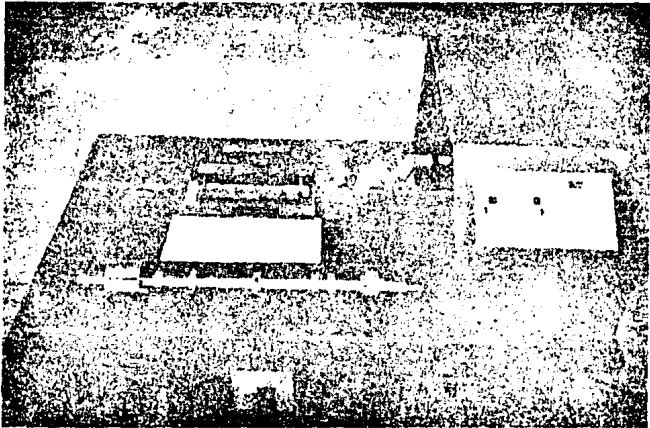
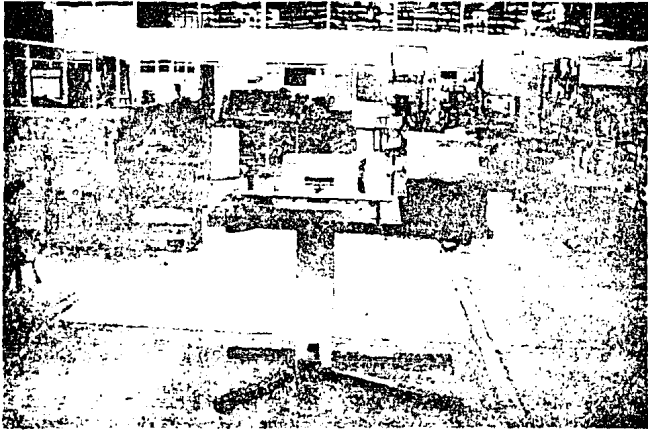
NOMBRE :	PIEZA DE SUJECION.	ESC.: 1 : 2	
MATERIAL :	FUNDICION GRIS	ACOT.: ca.	No. PLANO RP04





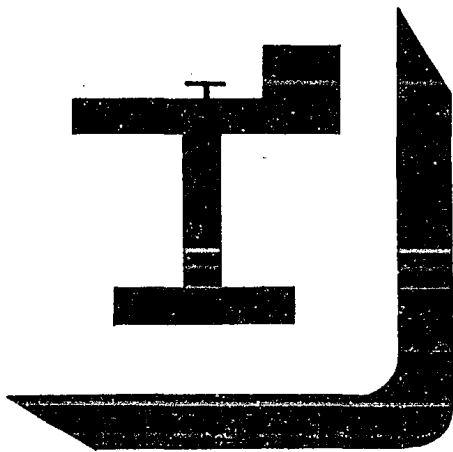








# USO Y MANTENIMIENTO

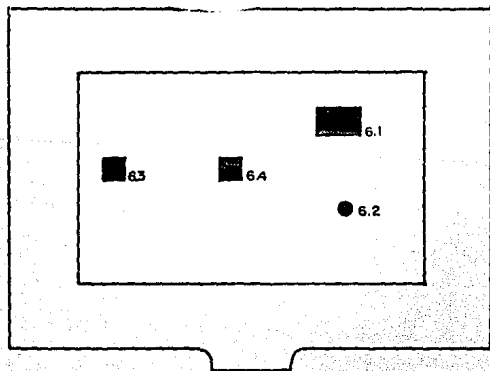
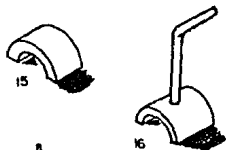
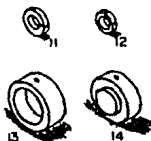
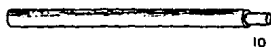
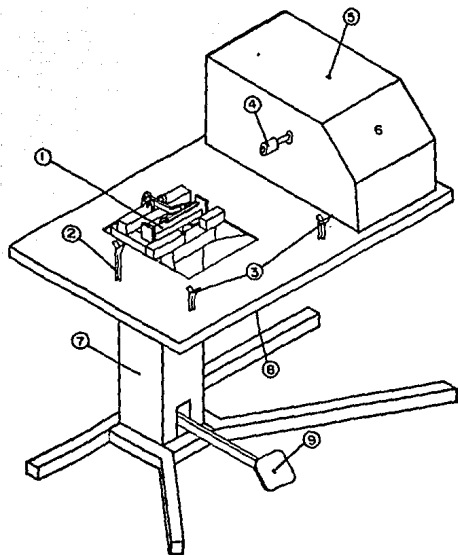




#### 4.1 ELEMENTOS QUE COMPONEN LA MAQUINA.

Los componentes de la máquina rectificadora de monobloques se enlistan a continuación:

- |                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1. Base del monobloque   | 11. Portaherramienta de refrentado |
| 2. Soporte de flecha     | 12. Portaherramientas de desbaste  |
| 3. Soportes de calibrado | 13. Centrador grande               |
| 4. Unión universal       | 14. Centrador chico                |
| 5. Tolva                 | 15. Martillo                       |
| 6. Tablero de control    | 16. Calibrador                     |
| 7. Base de la mesa       | 17. Calibre de refrentado          |
| 8. Liberador manual      | 18. Gancho                         |
| 9. Pedal                 |                                    |
| 10. Fleca de cortadores  |                                    |





#### 4.2 PROCEDIMIENTO PARA LA REPARACION DE UN MONOBLOQUE.

Antes de iniciar la reparación de un monobloque, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- La flecha (10) debe estar colocada sobre los soportes de calibrado (3), la parte de menor diámetro hacia la derecha.

- Los portaherramientas deben estar montados en la flecha, al igual que los centradores, el grande a la derecha. Todos los portaherramientas son iguales, sólo cambia la forma del filo del de refrentado (11). Cada portaherramienta deberá colocarse junto con su cortador, ya que éste penetra en la flecha. Los portaherramientas deberán montarse de manera que el prisionero que fija el cortador quede a la derecha del usuario.

Para realizar satisfactoriamente y en poco tiempo la rectificación de un monobloque, es recomendable seguir los siguientes pasos:

- a) Al recibir un monobloque para ser reparado, deberá verificarse su desgaste, lo cual nos permitirá determinar la medida a que se rectificará.
- b) Sustraer del monobloque los pernos que impiden que los cojinetes giren sobre sus apoyos, para evitar que los cortadores se rompan al maquinar.



- c) Colocar la mitad del monobloque que tiene los birlos que unen ambas partes sobre la base (1) y accionar el pedal (9); esta parte del monobloque quedará inmóvil en la estructura.
  
- d) Calibrar cada uno de los cortadores (ver manejo del micrómetro más adelante). El cortador de refrentado, siempre tendrá la misma calibración independientemente de la medida a que se maquinará el monobloque.
  
- e) Calibrar la distancia del portaherramientas de refrentado (11) con respecto al portaherramientas más cercano; esta distancia depende de la medida a la que se rectificará el monobloque.
  
- f) Verificar que la flecha de avance esté totalmente recorrida hacia el lado derecho. Unir la flecha de cortadores a la unión universal (4) y apretar sus prisioneros. Colocar el extremo izquierdo de la flecha sobre el soporte (2).
  
- g) Unir las dos secciones del monobloque y apretar las tuercas a 50 lb-pie (67.78 N-m).
  
- h) Ensamblar los dos centradores al monobloque con ayuda del martillo (15).



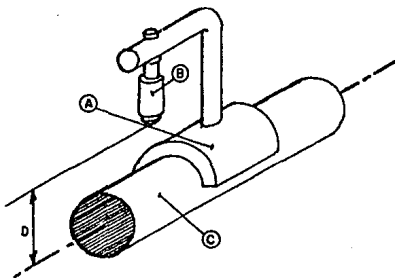
- i) Poner aceite en los centradores.
- j) Encender la máquina con el botón Enc-Apag (6.1); accionar el selector (6.2) en manual o automático según se desee; iniciar el maquinado con el interruptor de avance (6.3). La máquina realizará el rectificado desplazando la flecha hacia la izquierda y parará automáticamente cuando termine la operación.
- k) Regresar la flecha a su posición inicial por medio del interruptor de retroceso (6.4), al finalizar la máquina se detendrá.
- l) El monobloque ha quedado rectificado. Desatornillar las tuercas que unen ambas partes del monobloque y retirar la sección no sujeta a la base. La flecha volverá a descansar sobre el soporte (2). Separar la flecha de la unión universal y colocarla sobre los soportes de calibrado (3).
- m) Liberar la mitad del monobloque que se encuentra aún en la máquina accionando el liberador (8) y retirarlo.
- n) Limpiar la máquina.



### 4.3 MANEJO DEL CALIBRADOR.

Debido a que el micrómetro empleado en el calibrador es comercial, y que normalmente los mecánicos que reparan monobloques emplean el sistema inglés, los parámetros de calibración se darán en pulgadas.

Al usar el calibrador se debe considerar que cuando lo tenemos montado sobre la flecha de cortadores y marca 0.500 pulgadas, indica que tenemos una distancia de 0.900 pulgadas del eje de la flecha al palpador.



CALIBRADOR.- A) Calibrador; B) Micrómetro; C) Flecha; D) Distancia del palpador del micrómetro al eje de la flecha. Cuando en el micrómetro se tienen 0.500 pulgadas, la distancia a vale 0.900 pulgadas.

Debido a lo anterior, al calibrar la altura de los cortadores de cilindrado, es necesario auxiliarse de la tabla que se muestra en la página siguiente. La tabla se calculó en base a las medidas estándar de los apoyos del cigüeñal (diametralmente 2.560 y 1.969



pulgadas para los grandes y el chico respectivamente), y a las sobremedidas 0.020, 0.040, 0.060 y 0.080 pulgadas, respecto a las dimensiones anteriores (ver planteamiento del problema y sistema de calibración).

IDENT COMER	CORTADOR PARA CILINDRADO (A)			CORTADOR PARA CILINDRADO (B,C,D)			CORTADOR PARA REFRENTADO (E)		
	d	r	M	d	r	M	d	r	M
STD	1.989	0.984	0.418	2.580	1.280	0.120	2.770	1.385	0.015
020	1.988	0.984	0.408	2.580	1.280	0.110	2.770	1.385	0.015
040	2.009	1.004	0.388	2.600	1.300	0.100	2.770	1.385	0.015
080	2.028	1.014	0.388	2.820	1.310	0.090	2.770	1.385	0.015
080	2.049	1.024	0.378	2.840	1.320	0.080	2.770	1.385	0.015

TABLA PARA MANEJO DEL CALIBRADOR.- d,r) Diámetro y radio a que se desea rectificar el espejo correspondiente al cortador.  
M) Valor a que se debe ajustar el micrometro del calibrador. Todas las dimensiones están dadas en pulgadas.

El cortador para refrentado siempre debe estar en la misma posición, no depende de la medida a la que se rectifica el monobloque.

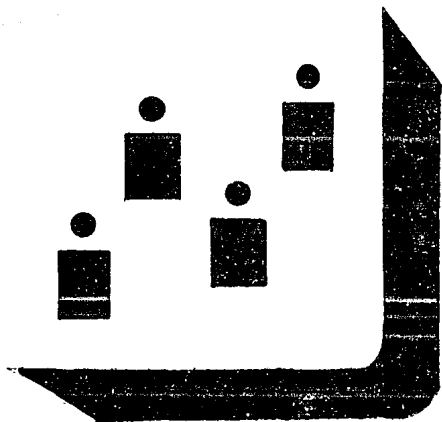




#### 4.4 MANTENIMIENTO.

En realidad, para tener la máquina en óptimas condiciones no es necesario más que mantener lubricadas las chumaceras del sistema motriz, las articulaciones del mecanismo de sujeción y, sobre todo, los centradores. Es suficiente revisar las chumaceras y el mecanismo cada 100 motores rectificadas, pero los centradores se deben aceitar cada vez que la flecha de cortadores vaya a girar en su interior. El resto de los elementos de la máquina solo requieren limpieza y cuidado en su uso.

# RESULTADOS Y CONCLUSIONES





Las conclusiones que a continuación se presentan se hicieron en forma individual, ya que cada uno tuvo experiencias diferentes al diseñar y fabricar la máquina, a pesar de que todas las actividades se desarrollaron conjuntamente



Al finalizar el presente trabajo y analizarlo desde sus inicios me doy cuenta que se tuvieron muchos aciertos, pero también errores que impidieron llegar a los resultados que me había propuesto. A pesar de ello el diseño final de la máquina y los resultados obtenidos son de gran satisfacción para mí.

Es importante señalar que el desarrollo tecnológico que hemos logrado substituirá paulatinamente la importación de máquinas que realizan la operación de rectificado, este tipo de proyectos ayudarán a mejorar la situación económica del país.

Las principales ventajas de la máquina desarrollada en comparación con la máquina importada son:

- Todos sus componentes son de fabricación nacional
- Es más segura
- Es fácil de operar
- Es más económica



Para la realización del proyecto nos propusimos un plan de trabajo que finalmente no seguimos del todo por diversas razones, como es: la falta de tiempo debido a que las actividades que desarrollamos en el Centro de Diseño Mecánico y de Innovación Tecnológica nos absorben demasiado, el tener diferentes criterios en la toma de decisiones, que de alguna manera retarda el avance del trabajo, pero lo hace más rico en contenido.

La metodología empleada en el diseño de la máquina no fue la más afortunada, debido a que nos propusimos no utilizar ninguna metodología ortodoxa, sino la que nos pareció más sencilla y acorde a nuestras actividades. Esta decisión no fue la más adecuada ya que tuvimos dificultades al tener que repetir la fabricación de algunas piezas en las que no reparamos en hacer un análisis profundo de lo que realmente necesitábamos.

Es importante señalar que la mayor parte de la fabricación de la máquina corrió por nuestra cuenta, y debido a que no dominamos todas las disciplinas que se desarrollan en el taller como son: pailerías, torno, fresa, soldadura, pintura, etc, la calidad de la máquina no es la adecuada, sin embargo cumple con su función ampliamente.

Aprendí mucho con el desarrollo de esta máquina, pero principalmente, que es necesario llevar un estricto apego al plan de trabajo que se haya establecido, para no caer en la abulia que



por momentos caímos.

En cuanto a la metodología empleada en el diseño de la máquina; antes de hacer las cosas, hay que pensar claramente que es lo que realmente se necesita, para evitar trabajo innecesario.

Finalmente, referente al trabajo escrito es importante destacar que sólo describimos lo que realmente hicimos y no introducimos material irrelevante. El trabajo desarrollado se describe paso a paso en los diversos capítulos que lo componen, tratando de ser explícitos y directos en nuestros planteamientos, esto no fue del total agrado de algunos de nuestros compañeros, lo que causo controversia, pero fue bien acogido por gran parte de nuestros profesores.

**Daniel**



#### Resultados:

Se ha cumplido con el objetivo planteado, empleando nuestros conocimientos y auxiliandonos del CDMIT, se ha obtenido una máquina que satisface las necesidades del taller de rectificación, aunque cabe mencionar que dicha máquina presenta deficiencias, no en su funcionamiento pero si en su estructura. A continuación hago una crítica de los aspectos funcionales y deficientes de la máquina.

#### Funcionalidad.

- Nuestro prototipo satisface las necesidades del taller de rectificación, al superar el tiempo actual de rectificado de un monobloque, gracias a sus eficaces sistemas, el de sujeción del monobloque y el de calibración de los cortadores en la flecha misma, estos sistemas superan a los sistemas actuales en cuanto a tiempo de trabajo (reducen el tiempo de trabajo en un 30 % aprox)
- Su estructura en general y particularmente su sistema motriz,



evitan al operario el cansancio físico al no cargar elementos de la máquina durante la operación de rectificado. - Esta máquina ya mejorada, podría ofrecerse en el mercado a un precio similar o inferior al de las máquinas actuales.

#### Deficiencias.

- La distribución de sus componentes permiten que la máquina presente un aspecto nivelado (uniformemente distribuidos), sólo cuando sobre ella está el monobloque a rectificar.

- La tolva que cubre al sistema motriz es inadecuada, ya que su forma permite que sobre ella descansen objetos que pudieran ser ajenos a la máquina; así como su tamaño, la tolva no sólo cubre al sistema motriz, sino se extiende a un espacio muerto, un espacio muerto que no existiría si se hubiera hecho un buen diseño de la mesa. Una presentación aerodinámica de esta tolva, hubiera dado mayor estética a la máquina.

- La estructura en su conjunto tiene fallas de fabricación, (desnivelada con respecto a un plano horizontal y errores en la soldadura aplicada) fallas que aunque no afectan al funcionamiento de la máquina, han sido producto de nuestra inexperiencia en la fabricación, (estas fallas afectan a su apariencia física, y pueden superarse, si a la fabricación se dedica el personal capacitado).

#### Sugerencias:

Por falta de tiempo no se hizo, pero se pudiereon modificar la mesa y la tolva, dándole una mejor apariencia a la máquina.





También pudo dársele una mejor apariencia al sistema de corte y de centrado, si sus elementos se hubiesen cromado, además de que se les hubiera dado una mayor protección contra la corrosión.

#### Criticas a la metodología:

En general, la metodología llevada a cabo funcionó, lo cual se comprueba con el prototipo obtenido (satisface las necesidades requeridas); y en particular el diseño conceptual, el cual fué el factor decisivo que permitió el logro de nuestro objetivo. El mismo éxito se hubiese obtenido en el diseño de detalle, si a éste se le hubiera dedicado más tiempo, y en especial atención si se hubiesen fabricado modelos previos al prototipo final.

De los anterior se concluye que la metodología seguida funciona, pero no es la adecuada.

#### Conclusiones:

- Durante el desarrollo del diseño se presentan aspectos imprevistos, por la ignorancia en cuanto a: comportamiento de materiales, funcionalidad de piezas innovadas, otros aspectos) lo cual conduce a la elaboración de algún(os) modelo(s) previo(s) al prototipo final.

De ahí que no exista un buen diseño si no se concluye con su fabricación.

- Para la fabricación de algunos elementos no es necesario hacer cálculos, si ya se conoce su funcionamiento y su comportamiento, pero si es importante que sean usados en medios adecuados.



- Como ingeniero no es indispensable estar adiestrado en el ramo de la fabricación, pero si es necesario tener nociones de él, para poder así diseñar elementos que sean factibles de fabricarse; para la fabricación ya existe el personal capacitado.

- Para la ejecución de cualquier actividad y en nuestro caso proyectos, se obtiene una gran ventaja al trabajar en equipo, ventaja que se refleja en el tiempo de realización del mismo, como producto de una distribución equitativa de las actividades.

- No se ha obtenido una máquina definitiva, pero si un prototipo factible de mejorar.

**J. Alfredo**



El logro más importante fué, que realmente se diseñó y fabricó una máquina rectificadora de VW una vez conocidas las necesidades de los trabajadores de los talleres de rectificado y su forma de hacer el trabajo.

En esto se aplicaron los conocimientos teóricos adquiridos durante la licenciatura, para sustentar los conocimientos prácticos que se han ido adquiriendo por la participación en proyectos reales para la industria que se llevan a cabo dentro del Centro de Diseño Mecánico de la Facultad de Ingeniería en la toma de decisiones.

Se tuvieron algunas deficiencias, pues en la primer etapa que es la de diseñar y fabricar una máquina que no existe en el mercado nacional como tal y que además cumpla con una necesidad específica; no se asegura tomar en cuenta todos los aspectos sino hasta una segunda o tercera etepa de rediseño, en donde se mejo-



ran los sistemas componentes de la máquina en base a algo ya existente.

Por consiguiente, el diseño es un proceso de iteración en donde cada vez se debe de mejorar la máquina. Hasta llegar a considerar todos los aspectos posibles tanto ingenieriles como de apariencia y relación hombre-máquina.

Cuando se coordinan los esfuerzos y actividades de un número de personas que tienen como finalidad un objetivo común y explícito, se logran mejores resultados que uno aislado.

Para mí fué de gran satisfacción el poder sustituir un bien de capital de importación por uno de elaboración totalmente nacional. Ayudando con ésto al crecimineto tecnológico del país.

**Leopoldo Adrián.**



Refiriendonos a la máquina diseñada, podemos decir que se obtuvieron buenos resultados pues se cumplió con el objetivo planteado, si bien es cierto que falta una revisión y prueba del equipo trabajando en un taller, son notorias las ventajas que se tienen sobre las máquinas rectificadoras comerciales para este tipo de motores, que en su conjunto disminuyen el tiempo de trabajo y simplifican en mucho la reparación de un monobloque. Por otro lado, el costo de la máquina resultó ser inferior al de la importada y se tiene la posibilidad de conseguir refacciones. Como ya dijimos, es necesario el rediseño de varias piezas para optimizar la fabricación y el funcionamiento de la rectificadora, sin embargo, el prototipo obtenido resuelve el problema planteado y cumple con las especificaciones establecidas.

Hablando en forma personal, al trabajar con mis compañeros en la realización de este proyecto, reafirmé varias cosas que ya sabía y aprendí otras. Algunas de éstas son:



- Es mucho más provechoso trabajar en equipo al crear y tomar decisiones, pero en ocasiones, es mejor hacer ciertas cosas individualmente y luego enriquecerlas en grupo.

- Es indispensable una planeación cuidadosa del trabajo que se realizará en un proyecto antes de iniciarlo, que comprenda actividades y su duración, que establezca la metodología a seguir y la organización del equipo que trabajará en él. Haciendo lo anterior se tiene un control del proyecto pudiendo, hasta cierto punto, evitar pérdidas de tiempo y posibles fallas. También es de suma importancia estar de acuerdo todo el equipo de trabajo en los criterios que se tomarán en cuenta para realizar cada una de las actividades, así se evitan posibles diferencias o dificultades entre los miembros del equipo al trabajar juntos.

- Es de suma importancia la información que se pueda reunir, tanto en forma escrita, como la recabada en experimentos, pruebas, entrevistas, o bien experiencia personal. Las asesorías nos fueron muy valiosas, así como las opiniones y comentarios que recibimos incluso de personas de áreas diferentes a la Ingeniería.

- Los conocimientos adquiridos en proyectos, en mi caso en los que he trabajado dentro del CDMIT, son muy útiles aunque el problema a resolver no estuvo muy relacionado con ellos. Se tiene una visión más amplia y objetiva, se crea con mayor facilidad,



sabemos donde o como conseguir información y en general es mas sencilla y eficaz la labor de diseño.

- En el diseño mecánico es muy útil conocer las piezas, elementos y materiales que podemos conseguir en el mercado para poder usarlos.

Concluyendo, al hacer este trabajo me di cuenta de que ya en los últimos semestres de la carrera un estudiante es capaz de diseñar un equipo, y aunque no se tiene experiencia y falta mucha información, se pueden obtener buenos resultados al enfrentar un problema haciendo uso de los conocimientos adquiridos y realizando un trabajo organizado, pero es indudable que la experiencia, la continua formación y la planeación son invaluable para la realización de un proyecto.

Vicente

**OBRAS CONSULTADAS**

- A. L. Casillas

**MAQUINAS. CALCULOS DE TALLER**

**España: Ediciones Máquinas, 1982**

1 -- p.p. 326 --

♦ -- p.p. 590 --

- Egor P. Popov

**INTRODUCCION A LA MECANICA DE SOLIDOS**

**México: Editorial Limusa, 1983**

\* -- p.p. 635 --



- Henry Ford Trade School

TEORIA DEL TALLER

México: Editorial G. Gili, 1983

\* -- p.p. 553 --

■ -- p.p. 199 --

- Heinrich Gerling

ALREDEDOR DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS

España: Editorial Reverté, 1981

- Joseph E. Shigley

DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA

México: Editorial Mc Graw Hill, 1985

- ASTM

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO DE HERRAMIENTAS

México: Editorial C.E.C.S.A., 1984