



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

REDISEÑO DE UN PROTOTIPO DE MAQUINA RECTIFICADORA DE MONOBLOQUES DE VOLKSWAGEN

T E S I S
Que para obtener el Título de INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a n

Fernando Carbajal Guerrero
Andrés Gerardo Iturbe López



DIRECTOR DE TESIS:
ING. VICENTE BORJA RAMIREZ

México, D.F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres:

Por que gracias a su apoyo, cariño y confianza he realizado todas mis metas.

A mi esposa María del Carmen:

Por que en ella he encontrado todo el apoyo y motivación que necesitaba para concluir mis estudios.

A mi abuelita Pilar:

Quien siempre ha confiado en mí y me ha brindado todo su cariño.

En memoria de mi abuelita Merced:

Quien durante toda mi infancia veló mis sueños y siempre me motivo para terminar mi carrera.

A mi hermano C. D. Fidencio Alberto:

Quien con su formación profesional y consejos me ayudaron a salir adelante en mis estudios.

A mi hermano Ing. José Alfredo:

En quien siempre me apoyé y fué motivo principal para terminar mi carrera.

A mis hermanas: Pilar Mercedes y Verónica.

Por que siempre confiaron en mí y en quienes encuentro un gran apoyo.

A mi cuñado José:

Por que en él he encontrado otro hermano por su apoyo y confianza.

A mi hija Marilyn Stephany:

Por que desde el momento que supe de tu existencia has sido el motivo principal de mi vida y por que debo superarme para que algun día llegues a estar orgulloso de mí.

A todos mis familiares, profesores y amigos.

FERNANDO

A mi esposa Margarita, por su inmenso cariño, confianza, motivación y ejemplo de superación.

Con todo mi amor a mi hijo que pronto nacerá.

A mis padres: Andrés Iturbe y Ma. Georgina, por su constante estímulo de progreso e invaluable cariño que siempre me han brindado.

A mis hermanos: Ana Georgina y Juan José por su valioso ejemplo y gran ayuda.

A todos mis familiares y amigos que con sus enseñanzas han contribuido en mi formación profesional.

ANDRES

Al Ingeniero Vicente Borja Ramírez, por su paciente
dirección.

Con admiración y respeto a nuestros profesores de la
Facultad de Ingeniería.

Con gratitud al Ing. Renato Cortéz Monterrosas por su
gran aportación.

INDICE

	PAG
INTRODUCCION.	
TEMA UNO. ESTABLECIMIENTO DE LA METODOLOGIA A SEGUIR.	1
1.1 REDISEÑO.	2
1.2 ELECCION DE LA METODOLOGIA A SEGUIR.	3
TEMA DOS. PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES.	5
2.1 ANTECEDENTES DE NECESIDADES.	6
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	8
2.3 PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES DEL REDISEÑO.	9
2.4 CRITERIOS DEL REDISEÑO.	9
2.5 OBJETIVO.	10
TEMA TRES DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL.	11
3.1 FUNCION DE LA MAQUINA.	13
3.2 SISTEMAS DE LA MAQUINA.	16
3.2.1 SISTEMA DE CORTE.	17
3.2.2 SISTEMA DE CENTRADO.	19
3.2.3 SISTEMA DE CALIBRACION.	21
3.2.4 SISTEMA MOTRIZ.	23
3.2.5 SISTEMA DE CONTROL.	25
3.2.6 SISTEMA ESTRUCTURAL.	26
3.3 PROCEDIMIENTO DE RECTIFICADO.	30
3.4 PROCEDIMIENTO DE RECTIFICADO EN OTROS TALLERES.	32

TEMA CUATRO	EVALUACION DEL PROTOTIPO.	34
4.1	OBJETIVO DE LA EVALUACION.	35
4.2	METODOLOGIA EMPLEADA.	35
4.3	CARACTERISTICAS SUJETAS A EVALUACION.	36
4.4	EVALUACION DEL SISTEMA DE CORTE.	38
4.5	EVALUACION DEL SISTEMA DE CENTRADO.	41
4.6	EVALUACION DEL SISTEMA DE CALIBRACION.	42
4.7	EVALUACION DEL SISTEMA MOTRIZ.	43
4.8	EVALUACION DEL SISTEMA DE CONTROL.	44
4.9	EVALUACION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.	45
4.10	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.	47
4.11	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS Y CONCLUSIONES.	49
4.11.1	SISTEMA DE CORTE.	49
4.11.2	SISTEMA DE CENTRADO.	55
4.11.3	SISTEMA DE CALIBRACION.	56
4.11.4	SISTEMA MOTRIZ.	58
4.11.5	SISTEMA DE CONTROL.	58
4.11.6	SISTEMA ESTRUCTURAL.	59
4.12	CONCLUSIONES GENERALES.	61
TEMA CINCO	REDISEÑO Y FABRICACION.	62
5.1	REDISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE.	63
5.1.1	DESCRIPCION DEL PROBLEMA, PLANTEAMIENTO Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION.	63
5.1.2	ELECCION DE LA MEJOR ALTERNATIVA.	68
5.1.3	DISEÑO DE DETALLE Y FABRICACION.	68
5.2	REDISEÑO DEL SISTEMA DE CALIBRACION.	73

5.2.1	DESCRIPCION DEL PROBLEMA, PLANTEAMIENTO Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION.	73
5.2.2	ELECCION DE LA MEJOR ALTERNATIVA.	75
5.2.3	DISEÑO DE DETALLE Y FABRICACION.	75
5.3	REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.	78
5.3.1	DESCRIPCION DEL PROBLEMA, PLANTEAMIENTO Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION.	78
5.3.2	ELECCION DE LA MEJOR ALTERNATIVA.	79
5.3.3	DISEÑO DE DETALLE Y FABRICACION.	79
5.4	REDISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.	82
5.4.1	DESCRIPCION DEL PROBLEMA, PLANTEAMIENTO, ANALISIS Y SELECCION DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCION.	82
5.4.2	DISEÑO DE DETALLE Y FABRICACION.	83
TEMA SEIS	EVALUACION DE LA MAQUINA.	84
6.1	PROPOSITO.	85
6.2	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.	85
6.3	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DE CORTE.	87
6.4	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DE CALIBRACION.	90
6.5	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL.	91
6.6	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.	92
TEMA SIETE	CONCLUSIONES.	93
APENDICE A	SIMBOLOS ESTANDAR PARA DIAGRAMAS LINEALES	96

INTRODUCCION

La máquina rectificadora de monobloques de Volkswagen fué diseñada por compañeros de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, quienes detectaron la necesidad de su diseño y fabricación.

Durante la etapa de funcionamiento de la máquina, el propietario del taller observó la posibilidad de realizar mejoras al prototipo por lo que solicitó al Centro de Diseño Mecánico de la misma Facultad el rediseño de la máquina.

Es así como nosotros, interesados en aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera en problemas reales y prácticos y motivados por la necesidad del propietario de la máquina, realizamos el presente trabajo.

ESTABLECIMIENTO DE LA METODOLOGIA A SEGUIR

TEMA UNO

ESTABLECIMIENTO DE LA METODOLOGIA A SEGUIR

1.1 REDISEÑO.

El rediseño es una etapa a la que muy pocos autores se refieren explícitamente. El rediseño, al igual que el diseño, es un proceso para la satisfacción de una necesidad específica, detectada, generalmente, en la etapa de operación de la máquina. Es en sí una etapa más del proceso del diseño, cuya aplicación depende de que las características y cualidades del prototipo sean las esperadas por el propietario y satisfactorias para éste.

Una vez realizadas pruebas y estudios al prototipo, el rediseño de la máquina rectificadora de monobloques de Volkswagen consistirá en : corregir las deficiencias del diseño original, encontrar nuevas formas, soluciones o mecanismos que sean capaces de realizar la misma función primaria con mayor eficiencia, buscándose la sencillez de operación, facilidad de fabricación y economía.

ESTABLECIMIENTO DE LA METODOLOGIA A SEGUIR

1.2 ELECCION DE LA METODOLOGIA A SEGUIR.

El rediseño está formado al igual que el diseño, por una metodología o serie de actividades, las cuales forman en su conjunto el proceso del diseño. Estas actividades tiene como finalidad el guiar al diseñador durante el proceso con el fin de aumentar la posibilidad de que el proyecto sea exitoso .

Existen diversas metodologías expuestas por varios autores. Sin embargo, es muy poco probable que alguna de ellas pueda manejar a la perfección todas las situaciones que se presentan en un proyecto específico, por lo que las metodologías deberán ser tomadas como guías con cierta flexibilidad y no como dogmas.

La metodología elegida para la elaboración de este trabajo es muy semejante a la aplicada en las materias de diseño cursadas durante la carrera y se presenta en la figura 1.1 .

ESTABLECIMIENTO DE LA METODOLOGIA A SEGUIR

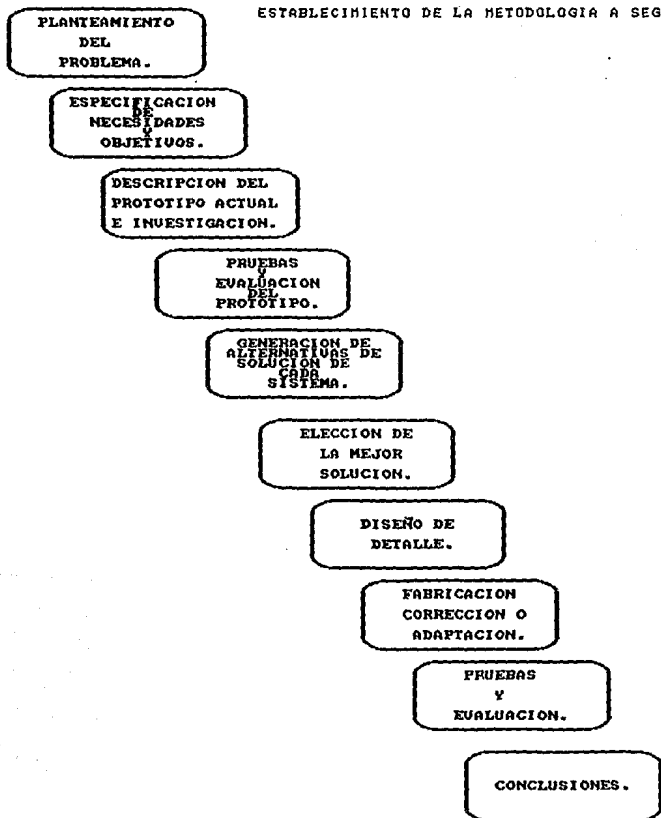


FIG. 1.1 METODOLOGIA A SEGUIR.

PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES

TEMA DOS

PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES

2.1 ANTECEDENTES DE NECESIDADES.

La máquina rectificadora de monobloques nació de dos intereses: 1) Del propietario de un taller de rectificación de motores quien observó la necesidad de poseer, por carencia en el mercado nacional, una máquina que satisficiera las operaciones del rectificado de los monobloques del motor Volkswagen. 2) La necesidad de un grupo de Ingenieros recién egresados de la Facultad de Ingeniería de hacer uso de la formación y experiencia adquirida durante su etapa como estudiantes en la solución de problemas reales.

Las necesidades que se plantearon previas a la etapa de diseño del prototipo fueron: la obtención de una máquina que reparara los daños que por el uso se ocasionan a los asientos del cigüeñal del motor de Volkswagen en sus versiones Sedán, Brasilia y Combi exceptuando los modelos con motor enfriado por agua, dado que en el mercado nacional sólo existe un equipo de importación al cual se le tiene que implementar: un taladro que proporcione el par necesario durante la operación de maquinado (rectificado), una mesa de trabajo y un mecanismo de fijación al monobloque. Se estableció que la máquina rectificadora de monobloques de Volkswagen debería cumplir con los requerimientos anteriores, además de proporcionar una precisión mínima de corte.

Dentro de las necesidades del operario se plantearon las siguientes:

PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES

a) Las operaciones que realizaría el operario serían ejecutadas sin gran esfuerzo y mínimamente serían las siguientes:

- Montaje y sujeción del monobloque a la máquina.
- Montaje del dispositivo de corte al monobloque.
- Calibración de las herramientas de corte.
- Marcha y paro de la máquina, por medio de controles.

b) Los dispositivos de control de la máquina serían de fácil visualización, localización y accionamiento para ser maniobrados por el operario de la máquina.

Por lo que toca a los requerimientos específicos del prototipo se plantearon los siguientes:

Se observó la necesidad de que la máquina realizara las funciones de cilindrado y refrentado en los asientos del monobloque dejándolos en forma circular y concéntricos a un eje común, además de proveer el acabado (afinado) necesario para este trabajo. Las dos operaciones de corte que ejecutaría la máquina se realizarían en el menor tiempo posible y en una sola operación de maquinado.

Por otra parte, se estableció que los elementos que conforman la máquina deberían ser los mínimos necesarios y realizar funciones específicas, con la finalidad de que la máquina sea sencilla, simplificando así su fabricación y su operación (realización de ensambles) y ocupe el menor espacio posible. La vida útil de la máquina, así como la de sus componentes debería ser la mayor posible.

PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES

Se indicó que la estructura general de la máquina debería mantener una buena estabilidad con respecto a las cargas que soportaría durante su funcionamiento, es decir, ésta debió cumplir con requerimientos mecánicos y de diseño.

Para la operación de calibrado, una de las más importantes de la máquina, se requirió que sus componentes fueran de fácil manejo, que se pudiese leer directamente la dimensión medida y que se proviese de un buen grado de precisión.

El conocimiento de estas necesidades será de mucha importancia para conocer y fijar el alcance de los objetivos que se formulen en el presente trabajo.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El planteamiento del problema expuesto por el propietario de la máquina fue el siguiente:

Durante la operación de la máquina, después de la etapa de diseño, se presentaron fallas en algunos de sus componentes, para su reparación se observó la necesidad de recurrir con técnicos especializados, lo que ocasionaba largas esperas para su reparación e inversión extra. Por lo anterior, se prefirió un rediseño de la máquina en el cual se resolvieran las fallas presentadas durante su uso y la realización de las mejoras técnicas que proporcionen un mejor funcionamiento con la finalidad de ofrecer un buen servicio a sus clientes y poder recuperar su inversión con el uso frecuente de la máquina.

PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES

2.3 PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES PARA EL REDISEÑO.

Con base en todo lo anterior se realizó una nueva consulta de necesidades del propietario de la máquina y del operario de ésta, obteniéndose lo siguiente:

- Es imprescindible evitar la ocurrencia de fallas que ésta presenta y mejorar las diversas operaciones y procesos que la máquina realiza.

- Se requiere que las posibles fallas que se presenten en los procesos y/u operaciones sean de fácil y rápida localización.

- Es necesario que los elementos que forman la máquina sean de fácil y rápido reemplazo, se preferirá, además, que éstos se consigan en el mercado nacional.

- Es importante no requerir de personal especializado para su mantenimiento y/o reparación. En lo mayor posible, éste trabajo será realizado por el mismo operario de la máquina.

2.4 CRITERIOS DEL REDISEÑO.

En la etapa de diseño la atención se concentró en la obtención de un prototipo que satisficiera los procesos de trabajo requeridos, es decir, se buscó que las características de la máquina fueran las mejores. Sin embargo, se puede decir que alguno de los puntos poco contemplados fueron los siguientes: forma de transportación de la máquina, mantenimiento y reparación. En cuanto a este último, quién ofrecerá este servicio y qué capacidad técnica requerirá.

PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES

Al rediseñar o perfeccionar una máquina siempre hay que partir de los procesos que ésta realiza durante su funcionamiento, con el fin de detectar y corregir errores, así como hacerle mejoras. Por otra parte se debe pensar durante el rediseño en operaciones que la máquina podrá soportar si ésta se fabricase en serie.

El rediseño permite observar la máquina en operación, por lo que ésta actividad debe realizarse con mucha atención con la finalidad de que las características de la máquina puedan ser mejoradas.

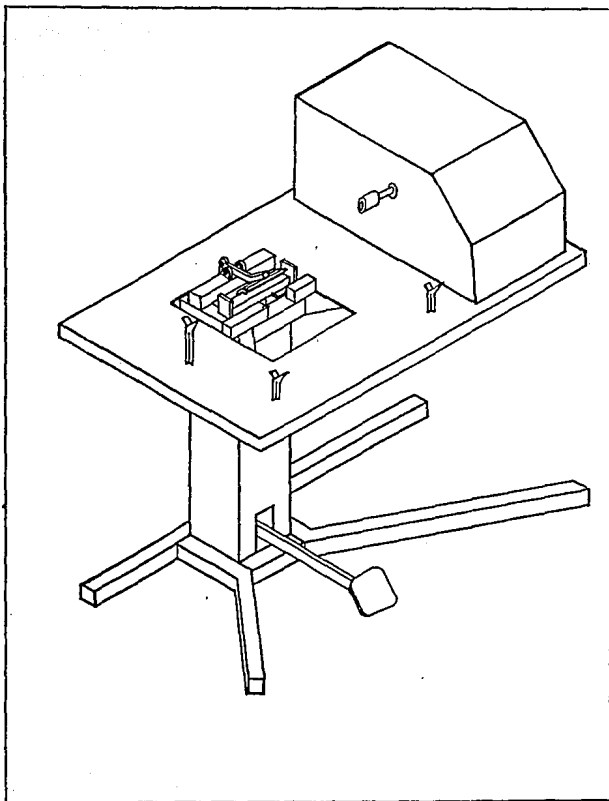
2.5 OBJETIVO.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tendrá como fin la satisfacción de las necesidades anteriormente expuestas y mantener o mejorar las características de la máquina para que cumplan con los requerimientos anteriores por medio de la obtención de un diseño satisfactorio para el cliente.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

TEMA TRES

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL



3.1 FUNCION DE LA MAQUINA.

La máquina rectificadora de monobloques de Volkswagen afina los cuatro asientos de cojinetes en los que descansa el cigüeñal. Tres de los cojinetes 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 3.1, donde A es el apoyo más pequeño y D el más cercano al embrague y a la caja de cambios.

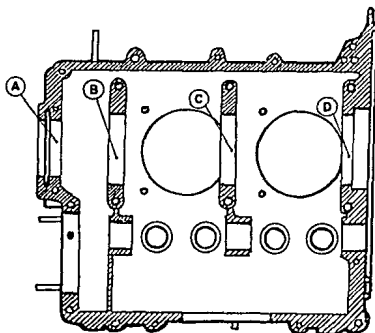


figura 3.1 VISTA SECCIONADA DEL MONOBLOQUE

El cojinete del apoyo D, tiene forma de carrito (ver figura 3.2) por lo que es necesario que la máquina, además de realizar un desbaste cilindrico, disminuya la sección del asiento refrentándolo por la parte del exterior, para que el cojinete correspondiente a dicho apoyo se pueda insertar.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

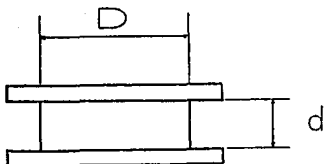


figura 3.2 COJINETE DEL CARRETE

d) distancia entre cejas, D) Diametro exterior.

Como acabamos de mencionar, 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 dependen 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 de los asientos, utilizando un tamaño de cojinete cada vez más grande.

Los cojinetes se venden en juegos que contienen tres grandes y uno pequeño. Estos juegos se identifican por la distancia del diámetro exterior del metal respecto a la medida estandar, y por la distancia entre cejas del cojinete que tiene forma de carrete, (ver figura 3.2). Los

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

cojinetes se conocen comúnmente con el nombre de " metales ", y se consiguen comercialmente en cinco diferentes medidas de diámetro exterior: 2.560 , 2.580 , 2.600 , 2.620 y 2.640 pulgadas para los asientos B , C, y D ,1.969, 1.989, 2.009, 2.029 y 2.049 pulgadas para el asiento A. Por lo que al monobloque se pueden realizar máximo cuatro rectificaciones partiendo de las medidas estandar que son: 1.969 pulgadas para A y 2.560 pulgadas para B, C y D.

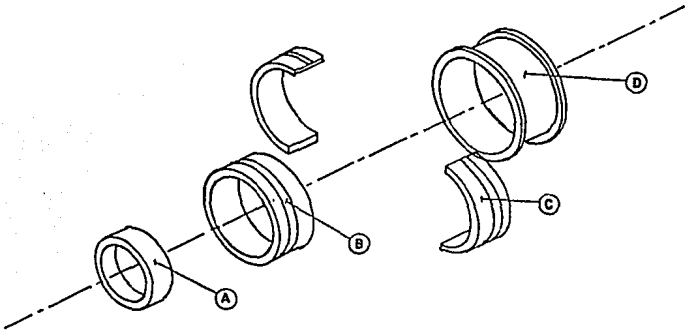


figura 3.3 COJINETES.- A) Cojinete correspondiente asiento A; B) Cojinete correspondiente asiento B; C) Cojinete correspondiente asiento c; D) Cojinete correspondiente asiento D.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

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. Conociendo los valores a que se maquinará, se ajusta el sistema de corte para que efectúe el desbaste en forma precisa.

3.2 SISTEMAS DE LA MAQUINA.

Los sistemas que componen la máquina, para que realice las funciones deseadas, fueron definidos durante la etapa de diseño. Los sistemas propuestos fueron:

- Sistema de Corte.
- Sistema de Centrado.
- Sistema de Calibración.
- Sistema Motriz.
- Sistema de Control.
- Sistema Estructural.

Para la etapa de rediseño se conservaron los mismos sistemas los cuales se describirán en las páginas siguientes.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

3.2.1 SISTEMA DE CORTE.

Este sistema se encuentra formado por : cinco portaherramientas , cinco buriles y por la flecha de cortadores. Los buriles son de sección redonda y realizan el cilindrado y refrentado de los asientos del cigüeñal del monobloque. Son de acero de corte rápido, sobresalen del portaherramienta una distancia de 7mm, y su diámetro es de 3/16 de pulgada. Están afilados de acuerdo a un manual de taller que proporciona los ángulos del filo dependiendo del material a maquinar (ver figura 3.4).

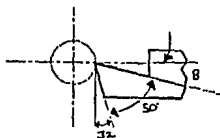
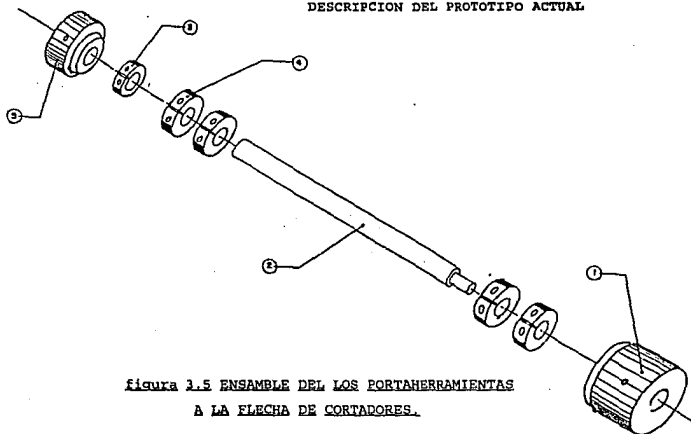


figura 3.4 FILO DEL CORTADOR.

Se complementa el sistema con los portaherramientas, los que se montan en la flecha de cortadores (ver figura 3.5). Son cinco portaherramientas: cuatro del mismo tamaño, tres de ellos son para el desbaste de los asientos B, C y D , el cuarto para refrentar éste último; el quinto portaherramienta el más pequeño de todos, es para cilindrar el asiento A. Los portaherramientas fijan y sujetan a los buriles por medio de un tornillo de sujeción, de esta misma forma se fijan los portaherramientas a la flecha de cortadores.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL



**figura 1.5 ENSAMBLE DEL LOS PORTAHERRAMIENTAS
A LA FLECHA DE CORTADORES.**

- 1.- CENTRADOR GRANDE.
- 2.- FLECHA DE CORTADORES.
- 3 Y 4.- PORTAHERRAMIENTAS.
- 5.- CENTRADOR PEQUEÑO.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

3.2.2 SISTEMA DE CENTRADO.

Debido a que el monobloque aloja varias piezas en su interior y a que se debe ensamblar con precisión a otras, se requiere que la línea en la que se encuentran los centros geométricos de los asientos máquinados sea la misma que los unía cuando el motor era nuevo.

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 el desplazamiento de la misma.

En este sistema, el eje de la flecha de cortadores se adapta al eje del monobloque por medio de los centradores. Así, el centrado se realiza aprovechando los agujeros que tiene el monobloque en sus extremos, los cuales tienen sus centros en la misma línea que la de los asientos. Uno de ellos es el alojamiento del tetón de la polea y el otro del retén del cigüeñal. Estos alojamientos no varían significativamente en sus dimensiones de un monobloque a otro (ver figura 3.6).

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

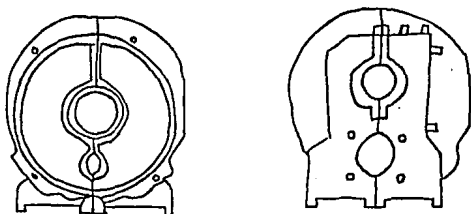
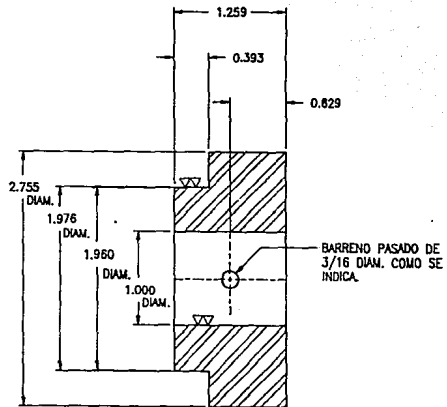
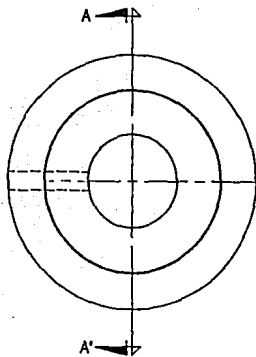


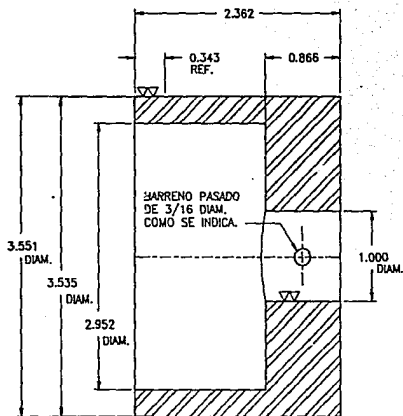
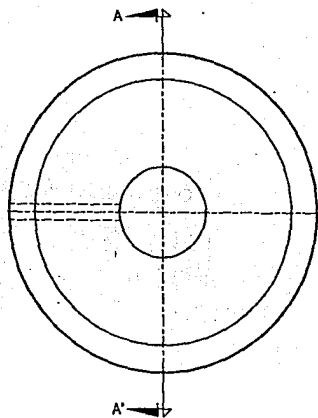
figura 3.6 Localización de los centradores en el monobloque

Este sistema está constituido por dos centradores que se introducen a las cajas ya mencionadas y poseen en su centro bujes de bronce prelubricados que permiten el giro y desplazamiento de la flecha de cortadores. A continuación se presentan los planos de fabricación de ambos centradores.



CORTE A-A'

SI NO SE ESPECIFICA OTRA COSA LAS MEDICIONES SON EN PULGADAS MÁS VELES	ESC. 1:1	TÍTULO CENTRADOR CHICO
PROYECTOR	MATERIAL: ACERO ACABADO EN FRIO	DISEÑO
	FECHA 11 DIC 1983	



CORTE A - A'

SI NO SE ESPECIFICA OTRA COSA LAS ACOTACIONES SON EN PULGADAS	ESC. 1:1	TITULO
MATERIA: ACERO		CENTRADOR GRANDE
PROYECCION	ROSCADO EN FIBRO	OSURTO
	FECHA	
	11 DIC 1993	

3.2.3 SISTEMA DE CALIBRACION.

Este sistema tiene la función de calibrar con precisión los cortadores. Los portaherramientas cuentan con tornillos prisioneros que permiten el desplazamiento y fijación de los cortadores a la longitud requerida para la operación de corte.

Este sistema permite el calibrado de los cortadores a cualquiera de los cuatro juegos de medidas a las que puede ser máquinado el monobloque. Estos conjuntos de medidas tienen, cada uno, diámetro de asientos menores, diámetro de asientos mayores y profundidad de refrentado (ver tabla 3.1 pag. 30).

El sistema está diseñado de tal modo que puede efectuar su función sin mover los portaherramientas de su posición de funcionamiento en la flecha de cortadores, ver figura 3.8.

El calibrado, efectuado con un micrómetro, toma como punto de referencia la flecha de cortadores. El micrómetro se sujeta a ésta con la mano durante la operación de calibrado.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

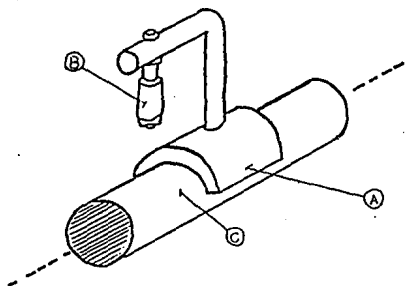


figura 3.8 Posición del micrómetro en la flecha.

A) Calibrador; B) Micrómetro; C) Flecha.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

3.2.4 SISTEMA MOTRIZ.

La función primordial del sistema motriz es lograr que la flecha de cortadores gire a una velocidad cercana a 800 r.p.m., se desplace a una velocidad aproximada de 0.5 mm/s, y recorra por lo menos 22 milímetros. Estos movimientos se logran con una sola fuente motriz, un sistema de transmisión por poleas y una bomba de desplazamiento positivo como se muestra en la figura 3.9.

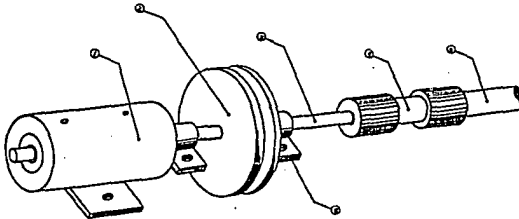


figura 3.9 acoplamiento del sistema motriz.

1) Bomba de tornillo, 2) Polea, 3) flecha, 4) junta universal, 5) Flecha de cortadores, 6) bujes soporte.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

La bomba de desplazamiento positivo se emplea para lograr el cambio de una alta velocidad angular, que proporciona el motor, a una baja velocidad longitudinal requerida para el corte .

Se cuenta, también, con una polea que transmite el movimiento proporcionado por el motor eléctrico a la bomba de desplazamiento positivo . Finalmente el movimiento proporcionado por este sistema se transmite a la flecha de cortadores por medio de una unión universal o junta de tipo Hooke.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

3.2.5 SISTEMA DE CONTROL.

El sistema de control provee a la máquina de los interruptores de encendido o apagado, fusibles para proteger el devanado el motor contra sobre corrientes, controles de avance, sensores de límite de desplazamiento o recorrido y paro automático, circuitos electrónicos para realizar el acoplamiento de la etapa de baja potencia con la de alta.

Este sistema cuenta con dos controles de avance: uno continuo que únicamente requiere la señal de inicio (automático) y otro que sólo accionado permite el avance de la flecha de cortadores (manual).

El circuito electrónico general del sistema permite, como ya mencionamos anteriormente, la operación manual o automática de la máquina, sensando los límites de desplazamiento de la flecha de cortadores, proporcionando el cambio de giro de la flecha y la detención automática de la máquina. Este sistema se encuentra localizado en la parte superior de la tolva que protege y contiene en su interior al sistema motriz.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

3.2.6 SISTEMA ESTRUCTURAL.

Este sistema provee a la máquina, como su nombre lo indica, de una estructura que protege y soporta a los sistemas anteriormente descritos, además de ser en sí, la mesa de trabajo donde el monobloque a reparar es posicionado.

La estructura cuenta con mecanismos que posicionan y sujetan una de las partes del monobloque, para así instalar el sistema de corte y el de centrado dentro de esta mitad, manteniendolo firme y poder ensamblar la siguiente mitad del monobloque. La mesa soporta, además de las cargas de los componentes anteriores, el par que se le aplica al monobloque para unir sus dos mitades.

El monobloque se sujeta y se libera del sistema estructural por medio de un mecanismos de barras articuladas (ver figura 3.10) accionado por un pedal de apriete, que proporciona la fuerza que presiona al monobloque contra una parte de la estructura. El mecanismo se encuentra dentro de la columna principal de la mesa de trabajo.

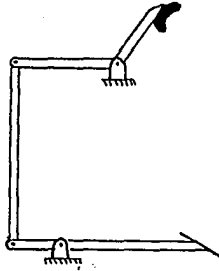
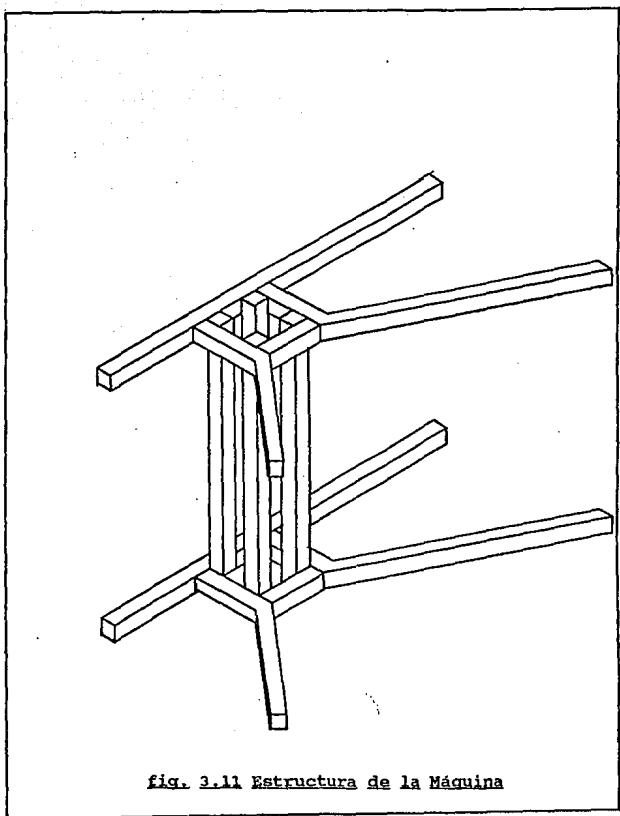


figura 3.10 MECANISMO DE BARRAS ARTICULADAS

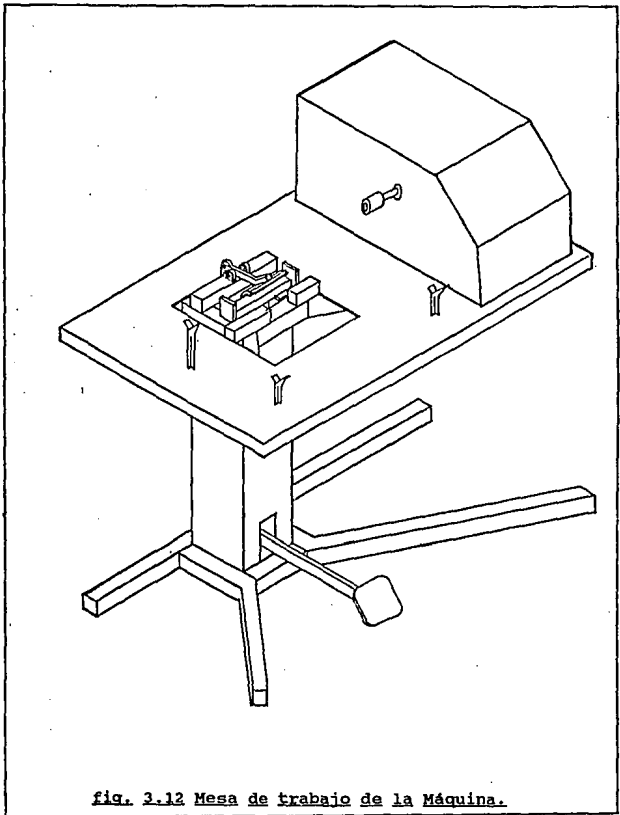
Para el resto del sistema estructural, se cuenta con una mesa soportada por una columna con patas.

La estructura de la mesa de trabajo así como la mesa de trabajo se muestran en las figuras 3.11 y 3.12 respectivamente.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL



DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL



DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

3.3 PROCEDIMIENTO DE RECTIFICADO DE UN MONOBLOQUE.

Los sistemas anteriormente descritos forman en su conjunto la máquina rectificadora de monobloques de Volkswagen. La forma en que la máquina trabaja es la que a continuación se describe.

Se coloca la flecha de cortadores sobre los soportes de calibrado.

Los portaherramientas se deben encontrar montados en la flecha de cortadores así como los centradores. Los portaherramientas tendrán sus cortadores.

Se calibran los cortadores de acuerdo con el desgaste que presente el monobloque y a la tabla que se muestra a continuación.

tabla 3.1 CALIBRACION DE CORTADORES

	cortador A			cortadores B,C,D			cortador E		
	CILINDRADO			CILINDRADO			REFRENTADO		
	d	r	m	d	r	m	d	r	m
STD	1.969	0.984	0.416	2.56	1.28	0.12	2.77	1.325	0.015
020	1.989	0.994	0.406	2.58	1.29	0.11	2.77	1.325	0.015
040	2.009	1.004	0.396	2.60	1.30	0.10	2.77	1.325	0.015
060	2.029	1.014	0.386	2.62	1.31	0.09	2.77	1.325	0.015
080	2.049	1.024	0.376	2.64	1.32	0.08	2.77	1.325	0.015

Donde: d,r) Diámetro y radio a que se desea rectificar el apoyo correspondiente al cortador; m) Valor al que se debe ajustar el micrómetro del calibrador. Todas las dimensiones en pulgadas.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

Para calibrar los cortadores se usa la mano izquierda, los dedos índice y medio, que se posicionan en la base del calibrador, con el dedo pulgar se desplaza el cortador y se mantiene en la posición final hasta el apriete del prisionero, utilizando una llave Allen y la mano derecha.

Del monobloque se han extraído previamente los pernos que impiden que los cojinetes giren sobre sus apoyos, evitándose que los cortadores se puedan romper.

La mitad del monobloque que tiene los birlos se coloca en la base de fijación y sujeción, accionando el pedal de sujeción; esta parte del monobloque queda así inmóvil en la estructura.

Se verifica que la flecha de avance se encuentre totalmente recorrida hacia el lado derecho (posición de inicio). Se une la flecha de cortadores con la flecha de avance y se descansa el extremo de la flecha de cortadores en el soporte de ésta .

Se unen las dos secciones del monobloque y se aprietan las tuercas a 50 libras-pie.

Se ensamblan los centradores con la ayuda de pequeños golpes de martillo y se aceitan.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

Se enciende la máquina, se selecciona el modo manual o automático con el interruptor de avance. La máquina realiza el rectificado desplazando la flecha de cortadores hacia la izquierda y pára automáticamente cuando termina la operación.

Con el interruptor de retroceso se regresa la flecha de cortadores a su posición original y la máquina se detiene al llegar al extremo final.

Se desatornillan las tuercas del monobloque, se retira la sección no fija a la mesa, se descansa la flecha de cortadores en su soporte y se separa ésta de la junta universal, colocándose después en los sosportes de calibrado.

La otra mitad del monobloque se libera activando el liberador de sujección. Fin del trabajo.

3.4 PROCEDIMIENTO DE RECTIFICADO EN OTROS TALLERES.

El proceso de rectificado realizado en otros talleres es el siguiente:

Medición de los diámetros de los asientos y calibración de los cortadores, uno por uno, con un micrómetro especial. (ver figura 3.13), antes de montarse en la flecha de cortadores.

DESCRIPCION DEL PROTOTIPO ACTUAL

Se montan los portaherramientas a la flecha de cortadores y ésta a la máquina que proveerá el par, generalmente un taladro vertical .

Se fija una mitad del monobloque a un soporte (mesa de trabajo) implementado por el usuario y se ensambla la otra mitad del monobloque con el apriete especificado por el fabricante.

Debido a la frecuencia con que se realiza este trabajo se tienen varias flechas para preparar con anticipación los calibres necesarios de trabajo.

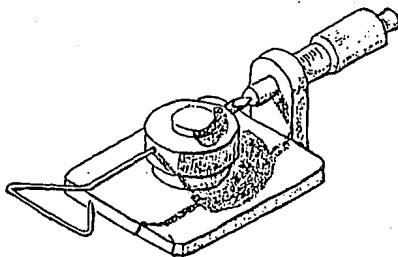


figura 3.13 MICROMETRO EMPLEADO
EN OTROS TALLERES

EVALUACION DEL PROTOTIPO

TEMA CUATRO

4.1 OBJETIVO DE LA EVALUACION.

Las pruebas que se realizaron al prototipo de la máquina rectificadora de monobloques tuvieron como objetivos : conocer el desempeño total de ésta en condiciones de servicio, en particular de cada sistema, y la observación de que las características que ofrece el prototipo cumplan con los requisitos establecidos en la etapa de diseño y satisfagan las necesidades del propietario, de no ser así se realizarán las correcciones necesarias para lograr tal satisfacción.

4.2 METODOLOGIA EMPLEADA.

Para la evaluación de la máquina se analizaron sus sistemas por separado, es decir, uno por uno. El procedimiento en cada sistema fué el siguiente:

Se determinaron y definieron las características esperadas de los sistemas.

Se estableció el criterio de aceptación.

Se estableció la forma y el método para medir y probar las características esperadas.

Se registraron los resultados y se compararon con respecto al criterio de aceptación.

4.3 CARACTERISTICAS SUJETAS A EVALUACION.

A continuación se presentan las características que se evaluaron. Cabe hacer mención que la evaluación o no dependió de las características del sistema analizado.

- FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.

La función de cada sistema fué descrita para cada uno de ellos en el tema tres (Descripción del prototipo actual).

- FACILIDAD DEL SISTEMA.

Este punto se refiere, en general, a la rapidez para la realización de lecturas, ensambles, montajes y manipulación de los componentes en los sistemas en que estas operaciones se requieran.

- ESTABILIDAD DEL SISTEMA.

Se refiere al equilibrio mecánico de los componentes de los sistemas para soportar las cargas que se presenten durante el proceso de los mismos y que ocasionen deformaciones, desgastes y fracturas imprevistas, así como también a la uniformidad, conservación y continuidad de las características y operaciones de los sistemas que forman a la máquina.

tabla 4.1 CARACTERISITCAS A EVALUAR
EN LOS SISTEMAS.

	FUNCIONALIDAD	FACILIDAD	ESTABILIDAD
SIST. DE CORTE	*	*	*
SIST. DE CENTRADO	*		*
SIST. DE CALIBRACION	*	*	
SIST. MOTRIZ	*		
SIST. DE CONTROL	*		*
SIST. ESTRUCTURAL	*		*

EVALUACION DEL PROTOTIPO

4.4 EVALUACION DEL SISTEMA DE CORTE.

CARACTERISICAS SUJETAS A EVALUACION Y SU CRITERIO DE ACEPTACION.

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

CRITERIOS DE ACEPTACION

Corte de material

Las superficies sujetas a maquinado presentarán una diferencia mínima del orden de 0.001" entre las dimensiones iniciales y finales al maquinado.

Las superficies generadas deberán ser circunferencias concéntricas.

Se medirá en 2 ocasiones el diámetro, la segunda medición a 90° de la 1ª. Se ensamblarán los metales o asientos.

FACILIDAD DE MANEJO

CRITERIOS DE ACEPTACION

La preparación y desmontaje de los componentes se realizará únicamente por el operario.

Los elementos presentarán una sola posibilidad de ensamble. No se realizarán ensambles forzados.

EVALUACION DEL PROTOTIPO

La preparación del sistema será rápida.

El tiempo de preparación será menor o igual a 15 minutos.

ESTABILIDAD DEL SISTEMA

CRITERIOS DE ACEPTACION

Rigidez mecánica de los portaherramientas.

Después de 20 operaciones de prueba se conservarán las dimensiones de los planos de fabricación.

Los portaherramientas situarán, fijarán y posicionarán, siempre, en el mismo lugar a los buriles.

Las superficies generadas por el desbaste permitirán el ajuste correcto de los metales o cojinetes.

Conservación de la dureza de los cortadores.

Se permitirá el reafilado después de 20 operaciones de corte.

(teniendo como base que el número de monobloques que se reciben en promedio al día en un taller es de 4 se fija el número de operaciones en 20.)

Precisión del maquinado.

Se considerará falla de la herramienta cuando ésta no sea capaz de producir

EVALUACION DEL PROTOTIPO

la superficie dentro de las tolerancias especificadas en la etapa de diseño (+/- 0.0015").

No se permiten:

diferencias observables a simple vista en la calidad de la superficie, fractura de la herramienta de corte durante el ciclo de prueba.

El acabado superficial aceptado será de afinado.

La superficie deberá encontrarse, a simple vista, limpia de estrias o marcas particulares y lisa.

Conservación del tiempo de maquinado.

El tiempo de maquinado será menor o igual a 45 s.

4.5 EVALUACION DEL SISTEMA DE CENTRADO.

CARACTERISITICAS SUJETAS A EVALUACION Y SU CRITERIO DE
ACEPTACION .

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

Los centradores ubicarán la flecha de cortadores en la línea de centros geométricos de los asientos.

CRITERIOS DE ACEPTACION

Referirse al criterio de funcionalidad del sistema de corte (pag 36).
No se permiten embotamientos de los buriles en la superficie de maquinado.
No se permiten desgastes disparejos de los buriles.

ESTABILIDAD DE LOS CENTRADORES

No se deberán presentar cambios en la geometría, desgastes o cualquier deformación en los centradores y bujes.
Los bujes no permitirán vibración de la flecha de cortadores a lo largo de las 20 operaciones de corte.

CRITERIO DE ACEPTACION

Los centradores y bujes no presentarán variaciones en su geometria con respecto a sus planos de fabricación.
La holgura máxima permisible será de 0.0015".

EVALUACION DEL PROTOTIPO

4.6 EVALUACION DEL SISTEMA DE CALIBRACION.

CARACTERISTICAS SUJETAS A EVALUACION Y SU CRITERIO DE ACEPTACION .

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

La profundidad establecida para el corte será la obtenida después de la misma operación.

CRITERIO DE ACEPTACION

Se verificará después de cada corte la profundidad establecida con otro micrómetro, recién calibrado.

FACILIDAD DE MANEJO

El calibrador deberá ser de fácil lectura y rápida manipulación.

CRITERIO DE ACEPTACION

El número de elementos será el menor posible. El tiempo empleado en la calibración será menor o igual a 10 minutos. La distancias entre los portaherramientas deberán permitir el adecuado manejo del micrómetro.

4.7 EVALUACION DEL SISTEMA MOTRIZ.

CARACTERISTICAS SUJETAS A EVALUACION Y SU CRITERIO DE ACEPTACION.

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

CRITERIO DE ACEPTACION

El sistema ofrecerá todos los movimientos especificados en la etapa de diseño.

La flecha de cortadores se desplazará hacia la izquierda como a la derecha 22 mm.

ESTABILIDAD DEL SISTEMA

CRITERIO DE ACEPTACION

Las características especificadas en la etapa de diseño se conservarán a lo largo de 20 operaciones de corte.

Los 22 mm, tanto a la izquierda como a la derecha se recorrerán en un tiempo menor o igual a 45 s.

El avance de corte 0.5 mm/min se mantendrá a lo largo de 20 operaciones de corte.

La superficie maquinada será de acuerdo a los los criterios de estabilidad del sistema de corte (pag. 39) y al criterio de funcionalidad del sistema de centrado (pag.41).

4.8 EVALUACION DEL SISTEMA DE CONTROL.

CARACTERISTICAS SUJETAS A EVALUACION Y SU CRITERIO DE ACEPTACION.

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

CRITERIO DE ACEPTACION

La respuesta a las órdenes de detención o arranque se realizarán sin demora.

La no ejecución o demora (cualitativa) de las ordenes será causa de rediseño.

ESTABILIDAD DEL SISTEMA

CRITERIO DE ACEPTACION

Durante el desarrollo de las 20 operaciones de corte las características del sistema se deben conservar.

Se observará que la respuesta a las entradas o excitaciones sea la misma cualitativamente a lo largo de las operaciones indicadas anteriormente.

EVALUACION DEL PROTOTIPO

4.9 EVALUACION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

CARACTERISTICAS SUJETAS A EVALUACION Y SU CRITERIO DE ACEPTACION .

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

La estructura ofrecerá espacios suficientes para la realización de todo tipo de maniobras que sobre ésta se requieran.

Las maniobras del operario de la máquina se realizarán cómoda y rápidamente.

CRITERIO DE ACEPTACION

Será la opinión del operario de la máquina en cuanto a la comodidad que experimente a lo largo de las 20 operaciones de corte el criterio de aceptación.

Se fijó un tiempo de cinco minutos para realizar el ensamble de la primer sección del monobloque.

EVALUACION DEL PROTOTIPO

ESTABILIDAD DEL SISTEMA

La estructura soportará todos los elementos que se encuentren sobre sí, así como las fuerzas de apoyo o sujeción que se ejerzan sobre ella, sin permitir vibraciones.

CRITERIO DE ACEPTACION

No se permite ningun tipo de deformación mecánica a lo largo de las 20 operaciones de trabajo con respecto de los planos de fabricación.

Las fuerzas de apoyo o de sujeción ejercidas por la estructura o sobre ésta no ofrecerán vibraciones mecánicas perceptibles en forma audible, visual o sensible sobre ésta.

4.10 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.

El siguiente procedimiento de prueba se desarrolló para la evaluación conjunta de los sistemas que forman la máquina rectificadora de monobloques de Volkswagen.

PROCEDIMIENTO.

Antes de iniciar las pruebas, se verificaron las dimensiones con respecto a planos de fabricación de todos los componentes de la máquina.

Se realizaron 20 operaciones de corte a monobloques de Volkswagen y debido a la dificultad para conseguirlos se llevaron a cabo la mayor cantidad de operaciones de corte posibles en cada monobloque.

Se comprobó que los buriles tuvieran las características mecánicas y geométricas que se establecieron en la etapa de diseño, que presentaran filo fresco y que únicamente se reafilaran hasta que se presentará variación en la geometría del buril, o cuando no se obtuvieran las dimensiones esperadas por el proceso de corte y/o se encontraran protuberancias o acabados no deseados en la superficie maquinada. Previamente se tuvo cuidado en no usar herramientas de corte que presentaran señales de oxidaciones profundas, grietas, marcas de golpes, etc. Se registraron el número de operaciones de corte realizadas hasta el primer reafilado.

Las profundidades de corte fueron las indicadas por la tabla 3.12 de acuerdo al desgaste del monobloque y ésta se verificó al concluirse el maquinado. La medición indicada en el micrómetro de la máquina se comparó con otro. Se midió el tiempo empleado en la calibración de las herramientas de corte y se registró.

Las dos secciones del monobloque se unieron por sus esparragos y tuercas al par establecido por el fabricante (25 lbs/pie) y se sujetaron a la mesa de trabajo. En los alojamientos del tetón y del retén se acoplaron los centradores, previamente limpios y lubricados y en su interior la flecha de cortadores.

Se midió el tiempo de duración del corte y éste se inició una vez que el sistema de arranque fué accionado, terminándose cuando la máquina así también lo hizo, o cuando los buriles se incrustaron y dejaron de cortar. Este tiempo junto con la longitud de la flecha nos dio el avance promedio del corte realizado .

Las superficies maquinadas se examinaron dimensional y visualmente. Las mediciones resultantes del corte fueron comparadas con las esperadas o requeridas según el desbaste del monobloque y la tabla de desbastes. Todas las superficies a medir fueron limpiadas previamente a la medición, lo mismo se hizo con el micrómetro.

Se comprobó que las herramientas de corte conservaran la misma profundidad aplicada durante el maquinado. Se midió el corte realizado por los buriles. Por otra parte se verificó que todos los tornillos de sujeción se encontraran ejerciendo apriete y fijación del componente que sujetan.

Después de cada operación de corte se realizaron inspecciones visuales a los portaherramientas, flecha de cortadores y centradores con la finalidad de detectar variaciones geométricas y acumulación de viruta en estos componentes.

Los puntos de observación indicados en esta prueba fueron aplicados a cada monobloque y a cada corte, los resultados obtenidos se compararon entre cortes y de monobloque a monobloque.

4.11 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS Y CONCLUSIONES.

4.11.1 SISTEMA DE CORTE.

A continuación se presenta la tabla de "RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL SISTEMA DE CORTE" (tabla 4.2), cabe mencionar que la tabla muestra los resultados en la forma en que estos fueron sucediendose, es decir, el primer resultado (operación # 1 de corte) es la información obtenida del primer desbaste al primer monobloque empleado en la prueba.

EVALUACION DEL PROTOTIPO

Los siguientes resultados que presentan mayor profundidad en las dimensiones de los alojamientos serán para el mismo monobloque. Cuando aparece una dimensión de menor profundidad ésta deberá entenderse como asignada al siguiente monobloque de prueba.

Se puede observar en la tabla 4.2 "Resultados de la evaluación del sistema de corte" que se emplearon en total tres monobloques, al primero se le realizaron 5 operaciones de corte (operaciones 1 a 5), al segundo 8 (operaciones 6 a 13) y al último 7 (operaciones 14 a 20) completándose las 20 operaciones fijadas para la etapa de evaluación.

En la operación número 1 OPERACION DE CORTE 1, de la tabla 4.2, se entiende lo siguiente:

- Las medidas de los asientos A, B, C y D del monobloque antes de la reparación fueron: 2.0295, 2.6205, 2.6205, 2.6235 pulgadas respectivamente (columna de DIMENSIONES MONOBLOQUE RECIBIDO), este conjunto de medidas identifica al monobloque en la medida nominal estandar de 0.060. Por lo que la medida nominal (comercial) siguiente (0.080) será a la cual se deberán máquinar los asientos cuyas medidas particulares (COLUMNA DE DIMENSIONES REQUERIDAS DE CORTE) son: 2.0490, 2.6400, 2.6400, 2.6400 pulgadas para los asientos A, B, C y D respectivamente. La columna de "DIMENSIONES OBTENIDAS" de la tabla 4.2 son las que obtuvimos después del corte y éstas servirán para evaluar el prototipo.

EVALUACION DEL PROTOTIPO

TABLA 4.2
 RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL SISTEMA DE CORTE*

OPERA- CION DE CORTE	DIMENSIONES MONOBLOQUE RECIBIDO				REF. NOM. INICIAL	DIMENSIONES REQUERIDAS DE CORTE				REF. NOM. CRTE.	DIMENSIONES OBTENIDAS			
	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
1	2.0295	2.6205	2.6205	2.6235	0.060	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0480	2.6405	2.6405	2.6400
2	2.0480	2.6405	2.6405	2.6400	0.080	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0685	2.6590	2.6610	2.6605
3	2.0685	2.6590	2.6610	2.6605	0.100	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.0890	2.6795	2.6790	2.6810
4	2.0890	2.6795	2.6790	2.6810	0.120	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1085	2.6990	2.6995	2.6990
5	2.1085	2.6990	2.6995	2.6990	0.140	2.1290	2.7200	2.7200	2.7200	0.160	2.1290	2.7200	2.7210	2.7210
6	1.9685	2.5610	2.5620	2.5730	STD	1.9890	2.5800	2.5800	2.5800	0.020	1.9890	2.5805	2.5800	2.5800
7	1.9890	2.5805	2.5800	2.5800	0.020	2.0090	2.6000	2.6000	2.6000	0.040	2.0095	2.6005	2.6010	2.6000
8	2.0095	2.6005	2.6010	2.6000	0.040	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200
9	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400
10	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600
11	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800
12	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000
13	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1290	2.7200	2.7200	2.7200	0.160	2.1270	2.7190	2.7175	2.7180
14	1.9900	2.5810	2.5850	2.5820	0.020	2.0090	2.6000	2.6000	2.6000	0.040	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200
15	2.0090	2.6000	2.6000	2.6000	0.040	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200
16	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400
17	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600
18	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800
19	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000
20	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1290	2.7200	2.7200	2.7200	0.160	2.1290	2.7200	2.7200	2.7200

DIMENSIONES MONOBLOQUE RECIBIDO.- Muestra las dimensiones de los asientos A,B,C, y D.
 en que se recibió el monobloque.

REFERENCIA NOMINAL INICIAL.- Es la medida estandar con que se identifica al conjunto de medidas anteriores.

DIMENSIONES REQUERIDAS DE CORTE.- Indica las dimensiones de los asientos A,B,C, y D que deben.
 obtenerse después del maquinado.

REFERENCIA NOMINAL DE CORTE.- Es la medida estandar con que se identifica al conjunto de medias anteriores.

DIMENSIONES OBTENIDAS.- Son las mediciones obtenidas en los asientos A,B,C y D después del corte.

CONCLUSIONES

FUNCIONALIDAD .-

La tabla 4.2 muestra que en todas las operaciones existió corte de material.

Por otra parte, el ensamble correcto de los "metales" en las superficies maquinadas después de cada operación de corte mostró la obtención de superficies cilíndricas con el maquinado.

FACILIDAD DE MANEJO DE LOS COMPONENTES.-

Por lo que respecta a este punto la preparación y desmontaje del monobloque, así como el ensamble de los portaherramientas a la flecha de cortadores no tuvo problema en ser realizada únicamente por el operario. ocupando un tiempo promedio de 13 minutos, el cual no rebasa el límite superior del criterio de aceptación que fué de 15 minutos. Como ya lo indicamos se observó que la realización de los ensambles no permite acoplamientos incorrectos ni forzados. Por otra parte, el número de componentes de este sistema (9) es menor que el empleado en máquinas de este tipo de otros talleres (17). Sin embargo se observó que el hecho de tener un solo juego de portaherramientas ocasiona que el calibrado de los buriles para una siguiente operación con diferente medida se realiza hasta que la operación de corte termina y es desensamblado el monobloque.

ESTABILIDAD DEL SISTEMA.-

Se observa en la tabla 4.2 que con el sistema de corte se obtienen dimensiones , en forma general, dentro de las tolerancias especificadas en la etapa de diseño (+/- 0.0015"). Por otra parte después de cada corte se acopló al monobloque el juego de asientos especificados para las dimensiones de corte con lo que se comprobó que las superficies generadas por éste resultan circulares durante los 20 ciclos de trabajo, por lo que los portaherramientas situán, posicionan y fijan siempre en el mismo lugar a los cortadores.

La necesidad del reafilado del buril se presentó en la operación de corte número 13. La cual no cumplió el criterio de aceptación, sin embargo no se debe perder de vista que con filo fresco los buriles ofrecen las dimensiones requeridas y el acabado superficial suficiente para este tipo de trabajo, como se observa a partir de la operación número 14 de la tabla 4.2. Es decir, la velocidad, avance y profundidad de corte ofrecidas por la máquina a lo largo de las 20 operaciones satisfacen los requisitos dimensionales y de diseño.

Las dimensiones obtenidas en los elementos de este sistema al concluir las pruebas fueron las mismas que presentan los planos de fabricación en la etapa de diseño.

Después de cada operación de corte se observó, también, que la posición de los portaherramientas con respecto a la

EVALUACION DEL PROTOTIPO

flecha de cortadores y la de los buriles se mantuvo a lo largo de las 20 operaciones de corte, se concluye que no existe en estos elementos deformaciones o fracturas en su geometría, es decir, la resistencia de los portaherramientas a las fuerzas de corte y de sujeción es buena. Además las cargas generadas durante la operación de corte no producen vibraciones perceptibles cualitativamente que ocasionen daños a los componentes de este sistema, así como a las dimensiones esperadas en el monobloque.

Los anteriores resultados expresan, además del buen diseño mecánico, la correcta elección de la velocidad de corte, avance y profundidad que el sistema motriz ofrece durante el proceso de corte.

Por lo que respecta a la rugosidad o profundidad del perfil generado, se observó que la superficie se encuentra limpia de estrias y lisa permitiendo el ajuste preciso del "metal". El color de la superficie generada, en todos los desbastes, fué de metal pulido. Se dice que el acabado logrado por el corte es bueno cuando las dimensiones y la naturaleza de la superficie responden a los requerimientos de desbaste, el cual es nuestro caso. Este punto confirma que no existen variaciones en las posiciones relativas de los componentes.

El tiempo de maquinado efectivo fué de 45 s y se mantuvo durante todos los procesos de corte de la prueba.

4.11.2 SISTEMA DE CENTRADO.

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.-

Las características evaluadas en este sistema cumplieron con los requisitos de aceptación, es decir, no ocurrieron embotamientos de la herramienta de corte en la superficie maquinada, el desgaste de los buriles mostró un desgaste parejo en todos ellos a lo largo de las 20 operaciones de corte, por lo que las superficies generadas fueron circunferencias concéntricas a un eje común y paralelas, además que los centradores, los alojamientos de estos y la flecha de cortadores no sufrieron desgaste.

Por otra parte se recomienda prestar mucha atención a la limpieza de las superficies de los centradores y a la lubricación de los bujes de éstos para evitar la posibilidad de que la herramienta de corte se incruste en el monobloque y/o que el buje sufra desgaste excesivo.

ESTABILIDAD DEL SISTEMA.-

La rigidez de este sistema provee de una buena colocación y localización de la flecha de cortadores dentro del monobloque, consiguiéndose la precisión dimensional en la superficie cortada. Los centradores y sus bujes no presentaron desgaste o deformación a lo largo de las operaciones de corte ni juegos libres que causaran vibraciones perceptibles a simple vista.

4.11.3 SISTEMA DE CALIBRACION.

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.-

Para la comprobación de la profundidad de corte dada por el micrómetro de la máquina se empleó un vernier recién calibrado con el que se verificó la funcionalidad del sistema de calibración.

FACILIDAD DEL SISTEMA.-

Por lo que respecta a la facilidad de manejo se concluye lo siguiente:

La ventaja observada en este sistema radica en la forma en que se efectúa el calibrado, dado que no es necesario desmontar la flecha de cortadores ni los centradores de su posición de trabajo.

En cuanto a la manipulación del sistema de calibración resulta incomodo para operarios diestros el empleo constante de la mano izquierda, por otra parte el micrómetro empleado es para interiores y durante las primeras operaciones con éste resulta incomodo al operario su uso, pues no concuerdan las dimensiones indicadas para calibrarlo con la profundidad de corte requerida, lo anterior requiere de práctica para manejar los elementos del calibrador con cierta destreza. Se observó también que durante el calibrado la flecha puede girarse, aún estando la máquina apagada, pudiendo ocasionar problemas en esta operación.

EVALUACION DEL PROTOTIPO

Los espacios entre los portaherramientas resultan suficientes para la manipulación del sistema de calibrado.

El tiempo empleado en la calibración resultó en promedio de 9 minutos, el cual se encuentra dentro de lo establecido en el criterio de aceptación, sin embargo este tiempo afecta constantemente al tiempo de preparación, lo que no sucede en otras máquinas de este tipo que cuentan con varios juegos de portaherramientas previamente calibrados.

Durante la calibración de los cortadores se observó la necesidad de limpiar tanto la flecha de cortadores como la superficie de apoyo del calibrador pues ésta presenta una superficie grande de contacto con la flecha, la cual puede encontrarse sucia o con partículas de rebabas que impiden un calibrado preciso. En este punto se observó, también, la inconsistencia del calibrado debido a las variaciones en el apriete de los portaherramientas con la flecha de cortadores. Esta forma de fijarse puede ocasionar errores en la profundidad de corte, pues el apriete del tornillo prisionero disminuye el diámetro interior del portaherramienta.

4.11.4 SISTEMA MOTRIZ.

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.-

El tiempo de 45 s empleado en el recorrido de la flecha de cortadores hacia la izquierda como a la derecha se verificó a lo largo de todas las operaciones de trabajo establecidas y de acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 4.1 se concluye que la velocidad de corte, velocidad de avance, ofrecidos por este sistema resultan aceptables. Además, la calidad de la superficie generada, la continuidad del corte, la carencia de vibraciones de la máquina y la ausencia de embotamientos del buril en la superficie de maquinado del monobloque, nos permiten comprobar el correcto funcionamiento de dicho sistema.

4.11.5 SISTEMA DE CONTROL.

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.-

Al inicio de la primeras operaciones de prueba se detectó la falla del sistema electrónico, por lo que se procedió a repararlo. Sin embargo, se observó, que para efectuar dicha reparación se requirió de un técnico especializado en electrónica y que no se consiguió reproducir todas las características planteadas en la etapa de diseño para este sistema.

EVALUACION DEL PROTOTIPO

Con la finalidad de llevar acabo las pruebas de los demás sistemas se implementó un sistema eléctrico a base de interruptores con los cuales se obtuvo el arranque y paro de la máquina, así como el cambio de polaridad del motor para lograr el desplazamiento de la flecha de cortadores hacia las posiciones de fin de corte e inicio de operación.

Por lo anteriormente expuesto se decidió rediseñar este sistema, el cual deberá ofrecer las características ofrecidas en la etapa de diseño.

4.11.6 SISTEMA ESTRUCTURAL.

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.-

Por lo que toca a este sistema se concluye de la evaluación realizada que :

- De acuerdo con la opinión del operario los espacios que ofrece este sistema son suficientes para que se realicen las maniobras requeridas durante la operación de la máquina. El tiempo fijado de cinco minutos para la realización del ensamble de la primera sección del monobloque a la mesa de trabajo se consiguió.

- El mecanismo de sujeción y fijación del monobloque cumple con los criterios de evaluación al no permitir que las fuerzas obtenidas por el corte muevan de su posición y/o dañen el monobloque durante la operación de trabajo .

ESTABILIDAD DEL SISTEMA.-

- La mesa de trabajo soporta y ubica a los componentes de la máquina, se observó que a lo largo de las 20 operaciones de corte no sufrió deformaciones. Sin embargo, la mesa de la estructura se encuentra desnivelada en la parte donde se encuentra localizado la tolva del sistema motriz. Esta deficiencia deberá ser corregida.

Por otra parte durante las pruebas realizadas no se percibieron vibraciones audibles o visuales en la estructura.

La opinión del operario después de las 20 operaciones de corte fué que este sistema ofrece el espacio suficiente para la realización de todas las maniobras que sobre la mesa de trabajo se deben realizar.

4.12 CONCLUSIONES GENERALES.

Con base en lo anterior los únicos sistemas que serán sujetos de rediseño son los siguientes:

- Sistema de Corte.
- Sistema de Calibración.
- Sistema de Control y
- Sistema Estructural.

TEMA CINCO

5.1 REDISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE.

5.1.1 Descripción del problema, plantamiento y análisis de alternativas de solución.

El filo de la herramienta de corte necesita refrescarse después de 13 operaciones de corte como mínimo, esto se debe al desgaste que sufren las caras de despulla y de desprendimiento del buril (ver figura 5.1). La pérdida del filo se puede deber a los siguientes factores:

- Embotamiento del buril con la consecuente pérdida del filo, debido al desgaste del mismo contra el material del monobloque y la viruta generada.
- Presencia de filo adherido o borde acumulado debido a la temperatura que alcanza la viruta, la cual es mayor que la que alcanza la pequeña masa del filo, con el consecuente cambio en las propiedades mecánicas iniciales de éste.

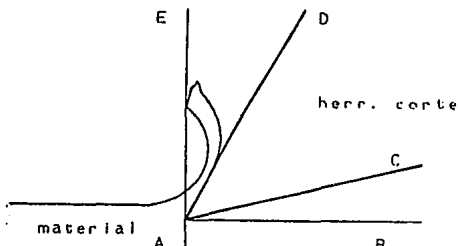


fig 5.1 AC cara de despulla y AD cara de desprendimiento

Alternativas de solución :

- Disminución de la velocidad de corte y avance.

Para obtener la disminución en estas características se plantearía como primera opción el rediseño del sistema motriz, es decir, se modificarían las velocidades de corte y avance, para cambiar estos parámetros se requiere del rediseño del sistema motriz, aún cuando el resultado de la evaluación de éste fué aceptable.

La reducción del avance ocasionaría que los trozos desprendidos durante el desbaste fueran de menor tamaño debido al cambio del esfuerzo por unidad de longitud y la disminución del área de contacto del buril sobre la superficie de maquinado del monobloque. La reducción en el espesor de la viruta permite que se pueda aumentar el ángulo de desprendimiento que aunado a la disminución del avance logran que la formación del filo adherido sea menor, lo cual permite que disminuya la temperatura de corte.

Sin embargo, algunos autores mencionan que la vida de la herramienta es poco sensitiva a los cambios en el avance, además el avance de la máquina (0.5 mm/seg) ha sido previamente fijado en el sistema motriz.

Por otra parte, el efecto de la reducción de la velocidad de corte durante el proceso de desbaste se debe considerar sobre la base de la temperatura, es decir, la disminución de este parámetro traerá como consecuencia evitar alcanzar la temperatura de fundición de la viruta y la formación del filo adherido en el buril. Sin embargo, se menciona también en la literatura que lo anteriormente expuesto no aplica a herramientas de corte de carburo. Sabemos que la velocidad de corte tampoco puede ser variada pues es un parámetro fijo del sistema motriz (una reducción en la velocidad de corte tiene como consecuencia una reducción en el avance).

- Empleo de líquido refrigerante y/o lubricante.

El uso de un líquido de esta naturaleza traería como consecuencia la reducción en el coeficiente de rozamiento por lo que la temperatura generada entre la cuchilla y la viruta disminuiría, además de que la capacidad refrigerante auxiliaría en la evacuación del calor generado.

Para poder aplicar este líquido sería necesario el diseño de un sistema de alimentación demasiado particular pues los cinco buriles se encuentran girando y desplazándose longitudinalmente dentro del monobloque, lo que hace esta operación difícil.

Por otra parte la irrigación del fluido puede implicar un atascamiento de la viruta sobre la flecha de cortadores, requiriéndose limpieza constante de está en las operaciones de corte subsecuentes (aumento en el tiempo de preparación).

- Cambio en la geometría del buril.

Un aumento en el ángulo de desprendimiento del buril ocasiona un aumento en el radio de curvatura de la viruta, lográndose que la viruta no se enrolle con mucha fuerza sobre la cara de la herramienta permitiéndose así un flujo más libre de la viruta y una menor generación de calor. Sin embargo, se presenta una mayor área de contacto de la viruta con el filo del buril, lo que provoca un mayor desgaste.

Por otra parte una disminución en el ángulo de despulla evita que el filo se embote, pues este penetra más fácilmente en el material de la pieza, el rozamiento de la herramienta de corte es débil y ésta no se calienta rápidamente. Sin embargo, se presenta un filo poco resistente que se erosionaría en poco tiempo .

- Cambio en el material de la herramienta de corte.

Como ya sabemos el material del buril empleado es un acero de corte rápido, otros materiales que podrían usarse serían: Stellitas, Carburos Metálicos y Herramientas Cerámicas.

Las stellitas son aleaciones fundidas de metales no férricos, que contienen una alta dureza natural (65 HRC a 70 HRC), presentan una gran resistencia a la abrasión, pero en cambio son más frágiles que los aceros rápidos, su textura es estable. Normalmente las stellitas se emplean en forma de plaquitas soldadas a un mango de acero.

Los carburos metálicos tienen como principal constituyente al carburo de tungsteno el cual provee la dureza de estas herramientas (2000 HBr), además del componente anterior contienen titanio el cual aumenta la resistencia al desgaste por abrasión y al calor, oponiéndose a la tendencia de la viruta a soldarse sobre la herramienta de corte. Por otra parte, contienen tántalo que aumenta la tenacidad y la conservación de la dureza a altas temperaturas. Se encuentran en forma de plaquitas que se sueldan a un mango portaherramienta el cual tiene forma de barra de sección cuadrada.

Las herramientas cerámicas son también otro tipo de plaquitas con los cuales se obtienen velocidades de corte extraordinarias. Son aglomerados de alúmina, los cuales son altamente abrasivos (91 HRC a 93 HRC). El hecho de que las plaquitas no sean de acero evita la formación del filo adherido. Con las herramientas cerámicas se consiguen velocidades de corte de hasta 1000 m/min en el corte del acero. Los avances del corte deben ser pequeños, todavía menores que para los carburos metálicos. Uno de los inconvenientes es la fragilidad que presentan estas plaquitas. Esta misma fragilidad obliga a extremar los cuidados en el manejo y almacenamiento de las herramientas. Cabe mencionar que el costo de estos cortadores es mucho mayor a los anteriores mencionados.

5.1.2 Elección de la mejor alternativa.

Del análisis presentado anteriormente se observa que el cambio en el material de la herramienta es el más factible y menos laborioso, pues no implica el rediseño del sistema motriz como lo involucra el cambio en los parámetros de avance y velocidad de corte. Por otra parte al aumentar las características del material de la herramienta se evita el uso de líquidos refrigerantes y lubricantes.

En cuanto a la elección del nuevo material de la herramienta de corte se concluye que con un carburo metálico obtendremos una mayor dureza que la de el acero rápido empleado, una mayor resistencia a la generación de calor y una mayor vida del filo de la herramienta.

5.1.3 Diseño de detalle y fabricación.

Los buriles de sección cuadrada se encuentran disponibles en el mercado en dimensiones de 1/4 pulg., 3/8, 1/2, etc., considerando que el cuerpo de los portaherramientas no puede ser muy robusto se elegirá un buril entre 1/4 y 3/8 de pulg.

- Cálculo de la resistencia del buril.

Se calculará la resistencia del buril debida a los esfuerzos de corte y de flexión provocados por las fuerzas de corte, ésta última ya fué calculada en la etapa de diseño del prototipo y conservará el mismo valor dado que depende de los parámetros del sistema motriz los cuales se conservaron.

La fuerza de corte tiene un valor de $F=1.94 \text{ kg}$.

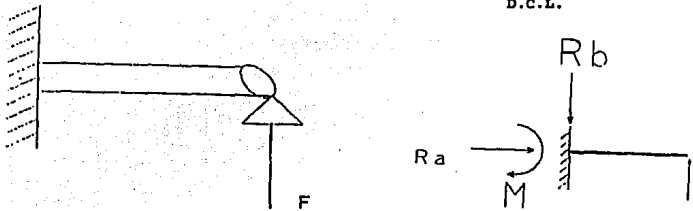


fig 5.2 Diagrama de Cuerpo Libre

Calculando por cortante tenemos:

$$T = F (Q) / I(L)$$

donde T es el esfuerzo cortante permisible
 F es la fuerza de corte
 Q es el momento de 1er orden
 I es el momento de inercia
 L es la longitud

por otro lado

$$Q = y (A)$$

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

Tenemos de tablas (2) que para el acero el esfuerzo permisible de corte es $T = 1015 \text{ Kg/cm}^2$.

Considerando un factor de seguridad de 3, tenemos:

$$T = 1015 / 3$$

$$T = 338.3 \text{ Kg/cm}^2$$

Estableciendo que nuestra herramienta será una barra cuadrada de longitud L.

$$y = L / 2; \quad A = L * L; \quad I = (A * A) / 12;$$

sustituyendo.

$$T = F [y(A)] / I(L) = F [y(A)] / [(A * A / 12) * L]$$

simplificando tenemos:

$$T = 6 [F / A]$$

despejando

$$A = 6 F / T$$

de donde

$$A = 0.034 \text{ cm}^2$$

recordando que $A = L * L$

entonces $L = 0.185 \text{ cm.} = 0.073 \text{ plg.}$

Calculando por flexión:

$$S = M (y) / I$$

donde S es el esfuerzo axial permisible.

M es el momento flexionante.

y se mide desde el eje neutro hasta la fibra de análisis.

I es el momento de inercia.

Considerando una barra de sección cuadrada de lado L

$$I = L^4 / 12$$

Estableciendo que la distancia máxima que saldra el buril es de 0.9 cm , tenemos:

$$M = F (d) \qquad M = 1.94 (0.9) \qquad M = 1.75 \text{ kg-cm}$$

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

$$S = 1680 / 3 \qquad S = 560 \text{ kg / cm}^2$$

de la formula de esfuerzo por flexión:

$$S = M (y) / I \qquad S = (M * L/2) / I \qquad S = 6 M / L^3$$

despejando L, tenemos:

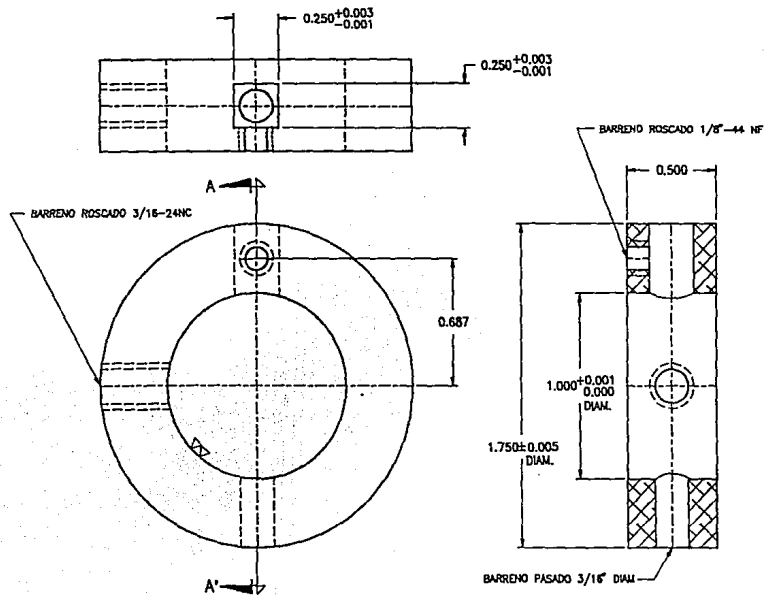
$$L = (6 M / S)^{1/3}$$

$$L = [(6 * 1.75) / 560]^{1/3} \qquad L = 0.26 \text{ cm} = 0.10 \text{ plg}$$

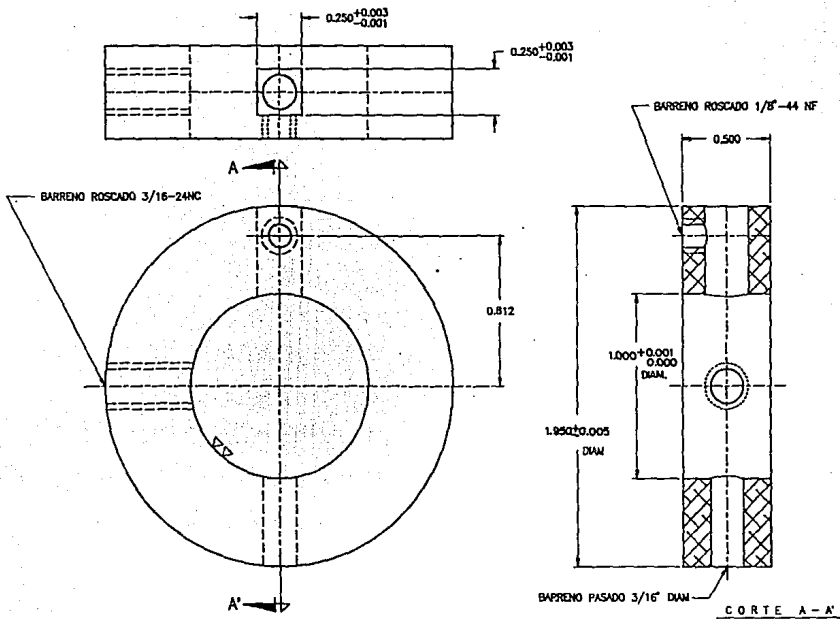
De acuerdo a los cálculos anteriores y con base en las medidas comerciales existentes de buriles de carburo se eligió una herramienta de corte de 1/4 ", con la cual se cubren nuestras necesidades de corte y su geometría no resulta robusta.


Como la fuerza a la que se somete el cortador es pequeña, podemos establecer que el portaherramientas a usar no requiere de un análisis cuantitativo para su diseño por lo que sólo se realizarán las modificaciones necesarias a la geometría para aceptar en su interior un buril de sección cuadrada y evitar que la forma de llevarse acabo el apriete del portaherramienta con la flecha de cortadores no ocasione variaciones en la profundidad de corte, ya discutida con anterioridad. Se debe recordar que el tamaño del portaherramienta deberá diseñarse bajo la idea de ofrecer un fácil manejo para el operario. Por otra parte, y debido a que el sistema de calibración fué sujeto de rediseño, se fabricaron cuatro juegos de portaherramientas de duraluminio para las diferentes medidas requeridas durante la realización de esta operación, se fabricarán de duraluminio.

A continuación se presentan los planos de fabricación de ambos portaherramientas, (pequeño y grande).



SI NO SE ESPECIFICA OTRA COSA LAS MEDIDAS SON EN PULGADAS SUNDT FILED	ESC. 2:1	TITULO	PORTAHERRAMIENTAS CHICO
	PROYECTOR	MATERIAL DURALUMINUM	DISEÑO
	FECHA 11-02-85		



SI NO SE ESPECIFICA OTRA COSA LAS ACOTACIONES SON EN PULGADAS MENOS FLDS	ESC. 2:1	TITULO PORTAHERRAMIENTAS GRANDE
	PROYECTOR 	DISEÑO CARBAJAL/TURBE
	FECHA 11-DIC-83	

5.2 REDISEÑO DEL SISTEMA DE CALIBRACION.

5.2.1 Descripción del problema, planteamiento y análisis de alternativas de solución.

La base del calibrador, al descansar sobre la flecha de cortadores durante la operación de calibrado, presenta una superficie muy grande de contacto en la cual la acumulación de polvos y de partículas de viruta o rebabas ocasionan una mala calibración si no se limpia constantemente. Esta operación incrementa los tiempos de preparación.

Por otra parte, durante las primeras operaciones, la forma en que se manipula el calibrador, ocasiona que el calibrado se realice con lentitud, reduciéndose este tiempo conforme el operario adquiere la habilidad de manejarlo con destreza. Se observó que la poca familiaridad con el manejo ocasionó que el operario recurriera, por necesidades inmediatas de trabajo, a utilizar otras formas de calibrado. También se observó que la preparación de las profundidades de corte para los siguientes monobloques a trabajar no se pueden realizar hasta que una de las secciones del monobloque se ha desmontado de la mesa de trabajo, esta operación podría realizarse mientras la máquina se encuentra trabajando.

Básicamente, las ventajas encontradas en este sistema se traducen en el tiempo empleado para la calibración y en la geometría no adecuada de la base del calibrador.

Alternativas de solución.

- Rediseño parcial del sistema de calibración.

Se propone modificar la forma de manipular el calibrador, evitando, por medio de un análisis de ergonomía, el uso de la mano izquierda en operaciones críticas del calibrado.

Por otra parte, en cuanto a la base del calibrador, se plantea cambiar ésta por una nueva geometría (base en forma de "v") como se observa en la figura 5.3.

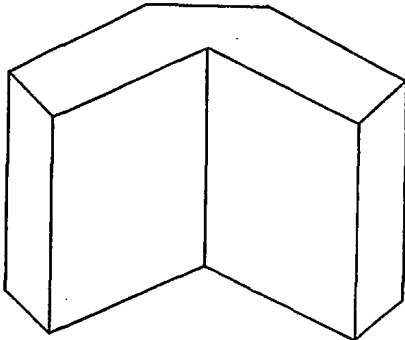


FIGURA 5.3 BASE PROPUESTA PARA EL CALIBRADOR.

- Rediseño total del sistema de calibrado.

Por medio de un rediseño total del sistema se obtendría una forma más cómoda y rápida de realizar el calibrado de los cortadores, además de permitir que esta operación pueda llevarse acabo mientras la máquina se encuentra trabajando.

5.2.2 Elección de la mejor alternativa.

De las propuestas anteriores se concluye que con el rediseño total de este sistema se obtienen las ventajas que se lograrían con el rediseño parcial, ofreciéndose, un sistema de calibrado más familiar al operario con lo que se obtiene una reducción considerable del tiempo empleado.

5.2.3 Diseño de detalle y fabricación.

Para realizar la calibración mientras la máquina se encuentra en operación, se diseñó el micrómetro que se muestra la siguiente figura 5.4. Tomando en cuenta que este micrómetro no debe ser transportado con mucha frecuencia, para no desajustar su calibración, la geometría de los elementos que lo componen se eligió robusta.

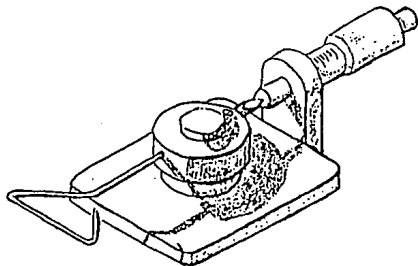


fig 5.4 forma planteada del micrómetro a rediseñar

El tamaño, forma y composición de los elementos se definieron en base a la necesidad de mantener el calibrador en una posición fija dentro del taller, permitir el calibrado del corte máximo y mínimo del buril, ofrecer una lectura rápida y que el aumento o disminución del corte esté de acuerdo con un aumento o disminución en la lectura (no se usará un micrómetro con palmer para interiores). La secuencia utilizada fué la siguiente:

Se definió primeramente la ubicación del portaherramientas en un eje de diámetro igual al de la flecha de cortadores (1.000"). Este eje se situó en el centro de una base circular robusta que contiene también en su área el soporte del palmer. La distancia entre el soporte y la circunferencia del eje se definió estando totalmente fuera el husillo del palmer (la lectura del palmer es cero), considerando esta longitud del husillo se posicionó el soporte para sujetar al palmer en su manguito. Al estar en contacto la circunferencia del eje-portaherramientas y el husillo del palmer (totalmente fuera) se establece la calibración exacta del micrómetro tomando como referencia 1 pulg.

Este punto de referencia nos situa el "cero" del palmer, por lo que las profundidades de corte se obtienen conforme a la siguiente fórmula:

$$\text{LECTURA DEL PALMER} = [(X - 1.000) / 2] \times 1000$$

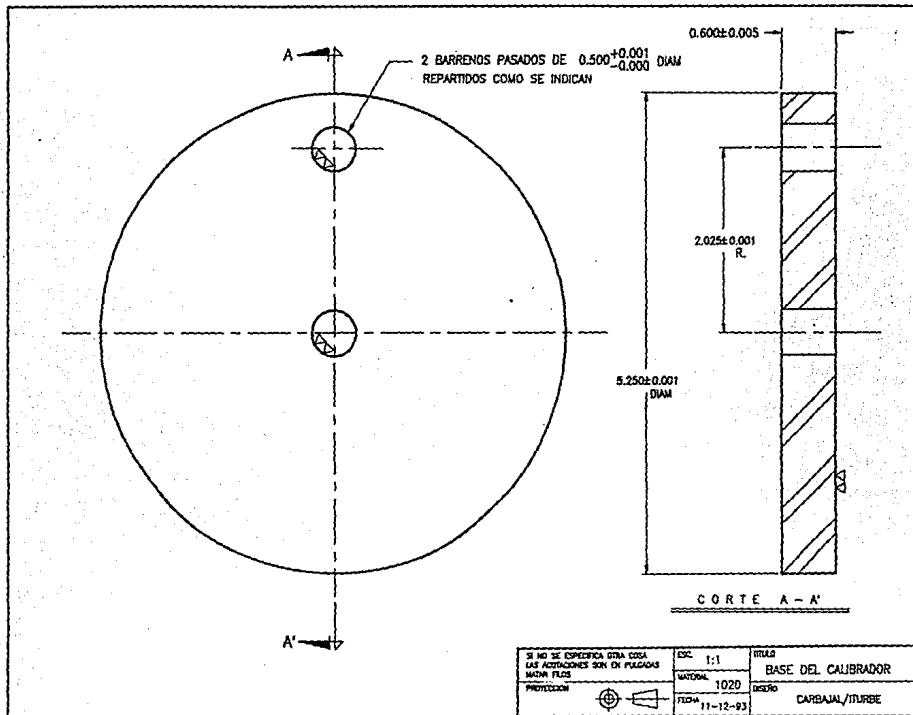
donde X = dimensión requerida de corte en pulg.

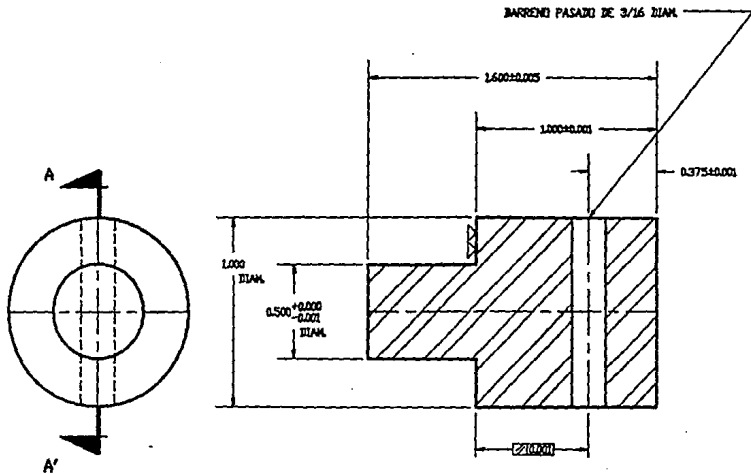
Con base en la fórmula anterior se desarrolló la siguiente tabla de calibración:

TABLA 5.1 CALIBRACION DE CORTADORES (*)

REFERENCIA NOMINAL	PORTAHERRAMIENTAS A		PORTAHERRAMIENTAS B,C,D	
	X	LECTURA PALMER	X	LECTURA PALMER
STD.	1.969	484.5	2.560	780
.020	1.989	494.5	2.580	790
.040	2.009	504.5	2.600	800
.060	2.029	514.5	2.620	810
.080	2.049	524.5	2.640	820
.100	2.069	534.5	2.660	830
.120	2.089	544.5	2.680	840

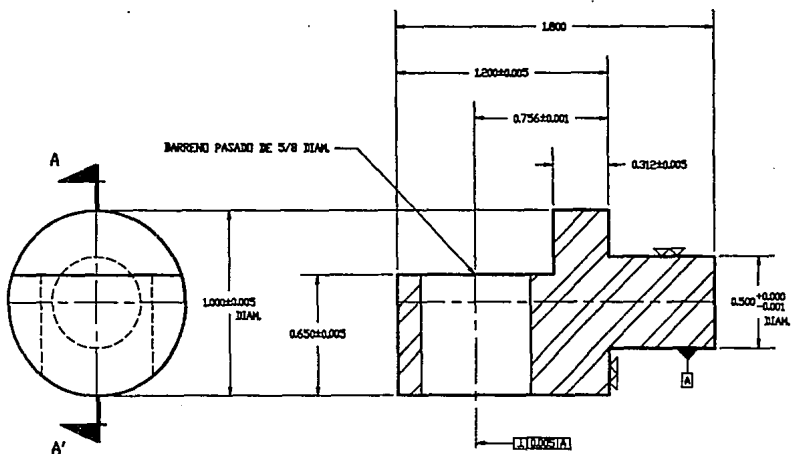
(*) Todas las dimensiones en pulgadas.





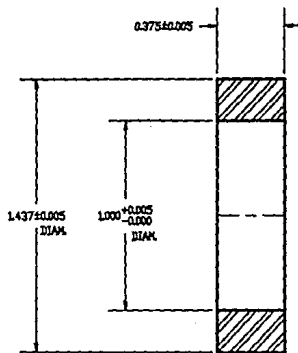
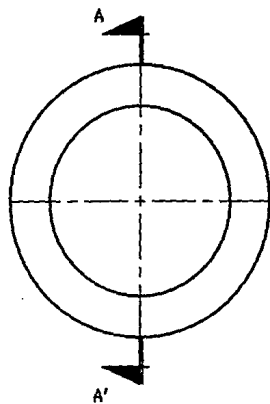
CORTE A - A'

SI NO SE ESPECIFICA OTRA COSA LAS ACOTACIONES SON EN PULGADAS PARA FILAS	ESP. 201	TITULO
	INVENCIÓN 1020	EJE DE PORTAHERRAMIENTAS
PROYECTOR	FECHA 3 Abril 92	ESDRO CARBAL/ITURBE



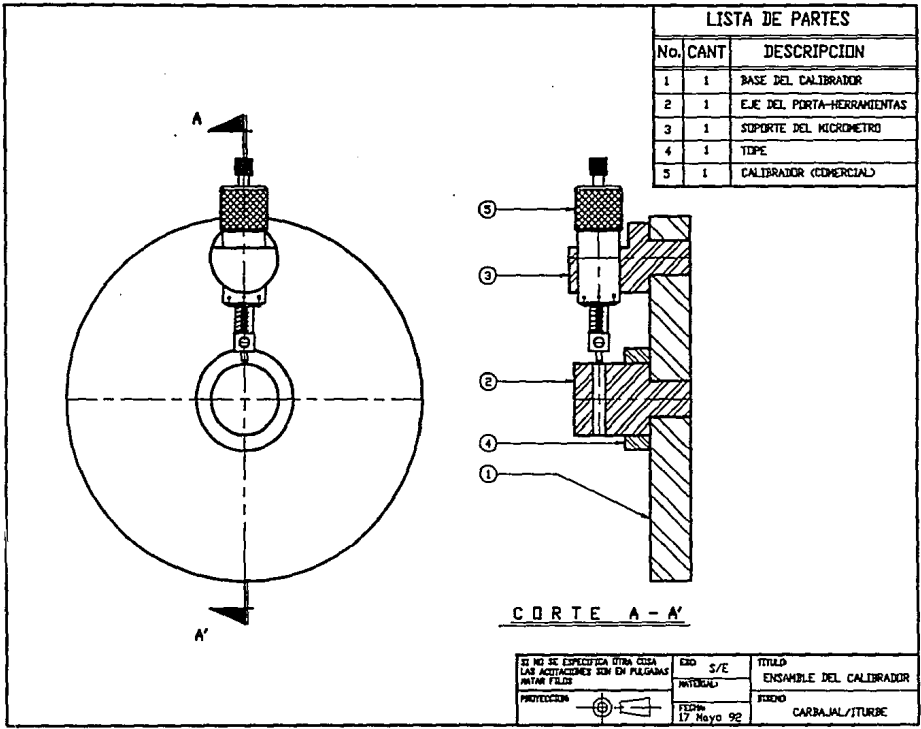
CORTE A - A'

SI NO SE ESPECIFICA OTRA COSA LAS ACTUACIONES SON EN PULGADAS	ESO	Ed	TITULO
INVENTOR	INVENTOR	1020	SOPORTE DEL MICROMETRO
PROYECCION	FECHA	5 Abril 92	REVISOR
			CARBAJAL/TURBE



CORTE A - A'

SI NO SE ESPECIFICA OTRA COSA LAS ACOTACIONES SON EN MILIMETROS PARA FILETES	COE 2-1	TITULO
PROYECCION	NATURAL 1020	TIPO
FECHA 25 Abril 92	DISEÑO CARBAJAL/ITURBE	



LISTA DE PARTES

No.	CANT	DESCRIPCION
1	1	BASE DEL CALIBRADOR
2	1	EJE DEL PORTA-HERRAMIENTAS
3	1	SOPORTE DEL MICROMETRO
4	1	TIPOE
5	1	CALIBRADOR (COMERCIAL)

CORTE A - A'

SI NO SE ESPECIFICA OTRA COSA LAS ACOTACIONES SON EN PULGADAS UNITS FIELDS	END S/E INTEGRAL	TITULO ENSAMBLE DEL CALIBRADOR
PROTECCION	FEDER 17 Mayo 92	FRENTE CARBAJAL/ITURBE

5.3 REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.

5.3.1 Descripción del problema, planteamiento y análisis de alternativas de solución.

La principal desventaja detectada en este sistema fué la constante repetición de las fallas que presenta este circuito, aún después de las constantes reparaciones, las cuales se realizaron por un técnico especializado.

Alternativas de solución.-

Alternativa 1.- Rediseño del circuito electrónico.

Alternativa 2.- Diseño de un circuito eléctrico.

El circuito que se elija deberá controlar el encendido de la máquina, girar el motor en el sentido de avance de la flecha de cortadores, sensar el límite final de esta carrera, detener el motor, girar nuevamente pero ahora en sentido inverso, llevando a la flecha a la posición de inicio de trabajo, sensar el límite final del ciclo y apagar la máquina. Todo lo anterior se relizará en forma automática.

5.3.2 Elección de la mejor alternativa.

Con uno u otro de los circuitos es posible obtener las funciones deseadas.

La mayoría de los componentes de un circuito electrónico son más baratos que los eléctricos, sin embargo un circuito

electrónico requeriría el uso de un microsecuenciador y una fuente reguladora de voltaje de C.D. (de 12 a 20 volts max.) cuyos costos son equiparables al de algunos elementos eléctricos. Por otra parte la reparación a un circuito de este tipo sólo es posible por medio de un técnico especializado.

Por lo que respecta al mantenimiento en ambos tipos de circuitos se requiere limpieza constante de polvos que afectan su funcionamiento, siendo más fácil la limpieza de los contactos empleados en los circuitos eléctricos debido a su robustez. Esta misma robustez permite el rápido reemplazo de los elementos defectuosos así como de repuestos.

Como ya se mencionó anteriormente la máquina cuenta con una tolva que contiene y protege al sistema motriz, dentro de ésta se cuenta con espacio suficiente para colocar el sistema eléctrico, compuesto en general por relevadores y contactores, por lo que a este respecto no existe limitante.

Con base en el análisis anterior se escogió la alternativa del circuito eléctrico (alternativa número 2).

5.3.3 Diseño de detalle y fabricación .

El nuevo circuito es alimentado a 220 volts C.A. trifásica. El motor es de 1/3 de h.p. con consumo de corriente a factor de servicio de 2.0 amp.

El circuito de control funciona a 110 volts y está compuesto por relevadores que accionan a los contactores de corriente alterna trifásica tipo 3TB40, estos aseguran las

operaciones de conexión y desconexión requeridas para la inversión del giro del motor. Para evitar la inercia en el cambio de sentido de giro se utilizó un temporizador. Como sensores de los límites de fin de carrera de corte y fin/inicio de ciclo de trabajo se utilizaron microinterruptores que son accionados por el contacto físico con la polea del sistema motriz.

Para proteger de sobrecargas mecánicas y fallas de corriente se empleó un relevador bimetálico trifásico tipo 3UA de 1.6 a 2.5 amp.

DESCRIPCION DE LA SECUENCIA DE OPERACION.

1.- Al oprimir el botón de inicio de ciclo el contacto auxiliar de F se "enclava" (forma un candado de alimentación por su mismo contacto) y como el contacto P1 del relevador P se encuentra normalmente cerrado (n.c.) el motor gira en el sentido de avance o de corte.

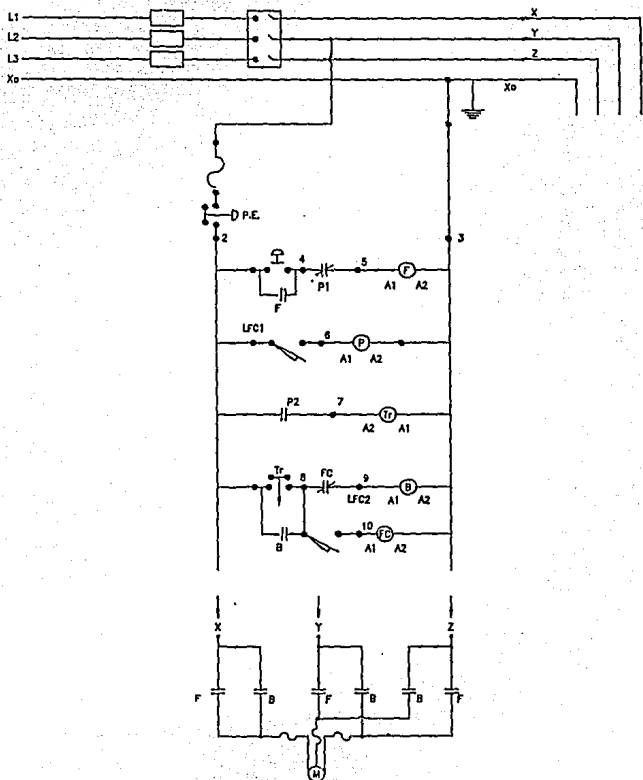
2.- Al llegar al tope de fin de desbaste la polea del sistema motriz cierra al microinterruptor LFC1 (normalmente abierto) lo que energiza a la bobina del temporizador (Tr) y ésta se energiza a través del contacto normalmente abierto P2 del relevador P que en este momento está cerrado debido a que su bobina está energizada por lo que P1 se abre y se detiene el motor.

3.- Una vez que transcurre el tiempo fijado en Tr (5 s) se cierra el contacto de éste y se energiza la bobina de B (los 5 s que proporciona el "timer" son para que la inercia del motor disminuya). B se energiza a través del contacto n.c. del relevador FC lo que hace girar al motor en sentido inverso al corte.

4.- Al iniciar el regreso de la flecha de cortadores se desactiva LFC1 y se desenergizan P y Tr. Sin embargo B por medio de su contacto auxiliar quedó enclavado y el motor continua girando en este sentido, sin importar que Tr esté abierto.

5.- El ciclo de regreso termina cuando la misma polea acciona a LFC2 y el contacto n.c. de FC se abre al energizarse su bobina. Entonces B desactiva a su contacto auxiliar correspondiente y termina por desenergizar la bobina de FC. Fin del ciclo.

FIG. 5.5 CIRCUITO ELECTRICO



LA SIMBOLOGIA APLICADA SE MUESTRA EN EL APENDICE 1

5.4 REDISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

5.4.1 Descripción del problema, planteamiento y análisis de alternativas de solución.

La mesa de trabajo presenta un aspecto desnivelado, con respecto a un plano horizontal, cuando no se encuentra sobre ésta el monobloque a rectificar.

Cabe mencionar que esta falla no afecta el funcionamiento de la máquina.

- Alternativa de solución.

Ya que la única falla detectada se presenta básicamente en la estructura, se plantea la corrección de ésta añadiendo dos perfiles, de 2" x 2" calibre 18", ubicados en los extremos de las patas de lado derecho de la mesa y el piso, del lado donde se encuentra el sistema motriz, los cuales le brindarán más estabilidad ver figura 5.6.

Diseño de Detalle y Fabricacion.

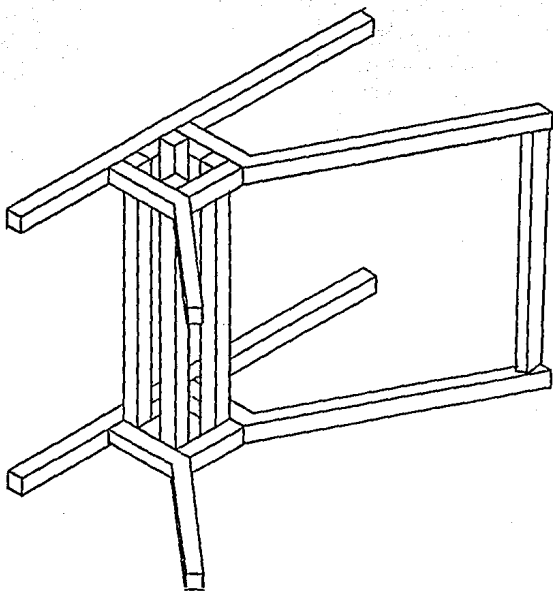


fig. 5.6 Estructura Modificada.

EVALUACION DE LA MAQUINA

TEMA SEIS

6.1 PROPOSITO.

Una vez aplicado el rediseño a la máquina rectificadora de monobloques de Volkswagen se realizaron pruebas específicamente a los sistemas en que éste se aplicó.

Durante estas pruebas se observaron, particularmente, las nuevas características con base en los mismos criterios de aceptación aplicados en la evaluación del prototipo (tema 4), por lo que el procedimiento de las pruebas fué el siguiente:

6.2 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.

Se realizaron 25 operaciones de corte a monobloques de Volkswagen y se llevaron a cabo la mayor cantidad de cortes a cada monobloque.

Las profundidades de corte fueron de acuerdo al desgaste presentado por el monobloque y a la tabla 5.1, éstas se verificarón al concluirse el maquinado con otro micrómetro recién calibrado y con el ensamble correcto de los cojinetes en sus bancadas. La medición indicada en el micrómetro de la máquina se comparó con otro. Se midió el tiempo empleado en la calibración de las profundidades de corte y se registró. Las superficies maquinadas se examinaron dimensional y visualmente. Antes de realizarse las inspecciones se limpiaron previamente todas las superficies a

medir.

Se midió el tiempo de preparación del proceso de corte y éste se comparó con el tiempo obtenido en la evaluación del prototipo.

Por lo que toca al sistema de control se observó que, durante todos los cortes realizados por la máquina, este sistema siempre repitiera las funciones de desplazamiento de la flecha en el sentido de corte, cambio de giro, desplazamiento de la flecha a su posición de inicio de operación y paro de la máquina en forma automática.

Los puntos de observación indicados en esta prueba fueron aplicados a cada monobloque y durante cada corte. Los resultados obtenidos para los sistema rediseñados se muestran a continuación :

6.3 RESULTADO DE LAS PRUEBAS AL SISTEMA DE CORTE.

- FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.

Los resultados obtenidos fueron los mismo que se obtuvieron en la evaluación del prototipo (pag. 78).

- FACILIDAD DEL SISTEMA.

La preparación y desmontaje del sistema de corte, lo realizó el operario de la máquina sin dificultades en los ensambles de los nuevos portaherramientas con la flecha de cortadores, por lo que ocupó el mismo tiempo obtenido en la etapa de evaluación, este tiempo fué aproximadamente de 15 minutos.

- ESTABILIDAD DEL SISTEMA.

A continuación se presenta la tabla 6.1 "Resultado de las pruebas" que muestra las misma características que la tabla 4.2 de la evaluación del prototipo.

EVALUACION DE LA MAQUINA

TABLA 6.1
 RESULTADO DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DE CORTE

OPERA- CION DE CORTE	DIMENSIONES MONOBLOQUE RECIBIDO				REF. NOM. INICIAL	DIMENSIONES REQUERIDAS DE CORTE				REF. NOM. CORTE	DIMENSIONES OBTENIDAS			
	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
1	2.0095	2.6005	2.6010	2.6000	0.040	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200
2	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400
3	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600
4	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800
5	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000
6	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1290	2.7200	2.7200	2.7200	0.160	2.1270	2.7190	2.7175	2.7180
7	1.9900	2.5810	2.5850	2.5820	0.020	2.0090	2.6000	2.6000	2.6000	0.040	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200
8	2.0090	2.6000	2.6000	2.6000	0.040	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200
9	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400
10	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600
11	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800
12	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000
13	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1290	2.7200	2.7200	2.7200	0.1600	2.1290	2.7200	2.7200	2.7200
14	1.9685	2.5610	2.5620	2.5730	STD	1.9890	2.5800	2.5800	2.5800	0.020	1.9890	2.5801	2.5800	2.5800
15	1.9890	2.5800	2.5800	2.5800	0.020	2.0090	2.6000	2.6000	2.6000	0.040	2.0090	2.6000	2.6000	2.6000
16	2.0090	2.6000	2.6000	2.6000	0.040	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200
17	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400
18	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600
19	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800
20	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000
21	2.0100	2.6051	2.6080	2.6100	0.040	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200
22	2.0290	2.6200	2.6200	2.6200	0.060	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400
23	2.0490	2.6400	2.6400	2.6400	0.080	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600
24	2.0690	2.6600	2.6600	2.6600	0.100	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800
25	2.0890	2.6800	2.6800	2.6800	0.120	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000	0.140	2.1090	2.7000	2.7000	2.7000

* TODAS LAS DIMENSIONES EN PULGADAS.

EVALUACION DE LA MAQUINA

En cuanto al criterio de aceptación de la resistencia al desgaste y vida útil de la herramienta de corte, ésta se había fijado en un reafilado por semana, como ya habíamos indicado en el tema 4 (pag 39). Este criterio se sobre pasó pues no se presentó esta necesidad. Se observa de la tabla 6.1 que se realizaron 25 operaciones, cinco más que en la evaluación del prototipo.

Las superficies generadas estuvieron dentro de las tolerancias especificadas en la etapa de diseño (+/-0.0015"), no se observaron fallas en la herramienta de corte en cuanto a la calidad de la superficie o fractura de la herramienta de corte durante el ciclo de prueba.

El portaherramienta situó siempre en el mismo lugar a los cortadores, ésto se verificó al comparar la geometría de los portaherramientas contra las dimensiones indicadas en sus respectivos planos de fabricación.

- CONFIABILIDAD DEL PROCESO DE CORTE.

Al igual que en en la etapa de evaluación del prototipo se observó que no existe variación en la ubicación relativa de los componentes, principalmente en la firme ubicación del portaherramientas a la flecha de cortadores la cual no ocasiona cambios en la dimensión de la profundidad de corte, por otra parte el tiempo de maquinado fué de aproximadamente 45 s y se conservó a lo largo de todas las pruebas.

EVALUACION DE LA MAQUINA

Por su parte, el acabado superficial y la precisión del maquinado se conservaron también.

6.4 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DE CALIBRACION.

- FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.

Este nuevo sistema ajusta los cortadores a cualquiera de los cuatro conjuntos de medidas requeridas de corte, en forma precisa y exacta. El buen funcionamiento de este sistema se observa en la tabla 6.1, la cual muestra que las profundidades asignadas a los diferentes cortes proveen la misma dimensión requerida para el juego de metales a emplearse.

- FACILIDAD DE MANEJO.

El manejo del calibrador resulta ser más cómodo, de rápida manipulación y lectura, esto debido a que el número de elementos que se manejan se encuentran ahora sobre una base firme, sin necesidad de mayor manipulación y control de elementos con ambas manos. El tiempo empleado en la calibración fué aproximadamente 30 s menor al empleado anteriormente (9 minutos). Se concluye, también, que los juegos de portaherramientas extras benefician a la máquina en cuanto a reducción de este tiempo.

En las primeras operaciones la tabla 5.1 resulta muy útil y sencilla y conforme se adquiere habilidad la aplicación de la fórmula de calibrado de la pagina 69 resulta

más rápida.

De igual forma que el anterior sistema, los cambios realizados en éste no crearon la necesidad de modificar los demás sistemas.

6.5 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL.

- FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.

La respuesta a la orden de los controles, ya sea de detención o de arranque de la máquina es rápida y precisa. Los dispositivos de control tienen la capacidad de localizarse y accionarse con rapidez por el operario. Este sistema sensa el límite de desplazamiento de corte, cambia el giro de la flecha de cortadores y detiene automáticamente el motor al finalizar la operación. Cuenta además con un sistema manual para regresar la flecha de cortadores a su posición de inicio de ciclo de trabajo.

- ESTABILIDAD DEL SISTEMA.

El criterio de aceptación, indicado en el tema 4, pag 44 menciona que la simple repetición del tiempo empleado, en la respuesta a las ordenes de este sistema, durante todas las operaciones de corte es suficiente. Esto se cumplió en la presente evaluación.

En cuanto a su interacción con los demás sistemas se observó que los cambios no ocasionaron la necesidad de rediseñar los demás sistemas de la máquina, específicamente

el sistema motriz con el que tiene íntima relación.

6.6 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

-FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.

En general la estructura cumple con las funciones descritas en el capítulo 3, pag. 26.

Mecánicamente se concluyó que el sistema soporta todos los elementos que se encuentran sobre la mesa de trabajo sin sufrir deflexiones o deformaciones que causaran daños a la operación de la máquina. La adición de perfiles en las patas de la mesa, requirió de un estudio poco profundo en la etapa de rediseño por lo que las conclusiones de este sistema son similares a las obtenidas en la evaluación del prototipo y que ahora se ven reforzadas con los perfiles añadidos.

- ESTABILIDAD DEL SISTEMA.

Después de las operaciones de corte, se observa que mecánicamente el sistema soporta bien a todos los elementos que se encuentran sobre la mesa de trabajo.

Por su parte, las fuerzas de sujeción o fijación se mantuvieron a lo largo de todas las pruebas a que se sometió la máquina.

CONCLUSIONES

TEMA SIETE

CONCLUSIONES

Consideramos que la metodología empleada cumplió con su objetivo, sirvió como guía durante el desarrollo del presente trabajo.

Resultó muy importante el conocimiento de lo que se realizó durante el diseño (Descripción del Prototipo Actual, tema 3), sin embargo la etapa de Evaluación del Prototipo Actual (tema 4) fué la más importante para nosotros. En todo trabajo de rediseño es en esta etapa donde los criterios de evaluación deben definirse lo mejor posible y los procedimientos de las pruebas deben establecerse lo más ampliamente que sean posibles para que los resultados finales sean satisfactorios.

Podemos afirmar que en nuestro caso así sucedió, aunado también a la estrecha relación que existió con el propietario de la máquina, quien con sus comentarios y sugerencias contribuyó en gran medida en los resultados obtenidos.

El logro más importante fué obtener que la máquina funcione completamente. El contar con juegos de portaherramientas extras agiliza en gran medida la operaciones de corte. Por lo que corresponde al mantenimiento y reparación del sistema de control este puede realizarse, ahora, más fácil y rápidamente.

Estamos satisfechos con los resultados obtenidos, pero sabemos que la máquina puede ser nuevamente rediseñada ya sea por detectarse nuevas necesidades o por el constante avance de la tecnología.

La etapa de rediseño es muy importante y debe desarrollarse constantemente en todos los trabajos de diseño que deseen mantenerse vigentes. y participar en la nueva apertura de mercados que estamos viviendo.

APENDICE

OBRAS CONSULTADAS

- **A. L. CASILLAS**
MAQUINAS, CALCULOS DL TALLER
ESPAÑA: EDICIONES MAQUINAS, 1982

- **EGOR P. POPOV**
INTRODUCCION A LA MECANICA DE SOLIDOS
MEXICO: EDITORIAL LIMUSA, 1983

- **ENRIQUE CORBELLA ALBIÑANA**
HERRAMIENTAS DE CORTE PARA METALES, GENERALIDADES
ESPAÑA, EDITORIAL DOSSAT, S.A., 1962

- **ASTME**
PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO DE HERRAMIENTAS
MEXICO, EDITORIAL C.E.C.S.A., 1984

- **HEINRICH GERLING**
ALREDEDOR DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS
ESPAÑA, EDITORIAL REVERTE, 1981