

308917

45



UNIVERSIDAD PANAMERICANA<sup>24</sup>  
ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

# DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA EL AFILADO DE BURILES EN EL ESMERIL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO MECANICO  
ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERIA MECANICA

PRESENTA:  
MANUEL OJEDA RUIZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. PIOTR RUSSEK PIELA

MEXICO D.F.

1996



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

**A mi esposa Claudia Ruiz Madrigal**

**A mi padre Manuel Ojeda Paullada**

**En memoria de mi madre Evangelina  
Ruiz de Ojeda**

**A mi familia por su apoyo y comprensión**

**A mis maestros y en especial al Dr. Piotr  
Russek Piela por su sabiduría y la orientación  
que me dieron durante mis estudios y porque de  
ellos he aprendido todo cuanto sé.**

**A mis amigos y compañeros de trabajo especialmente para:**  
**Ing. Jorge Mandujano Ortiz**  
**Ing. Bernardo Miramón Commons**  
**Ing. Leopoldo Balcárcel Toledo**

**A la Universidad Panamericana por la  
oportunidad brindada para la culminación de mis  
estudios profesionales y de este trabajo**

## INDICE

Capítulo I .- Investigación de necesidades y planteamiento de requisitos.	10
A.- Definición del problema.	10
B.- Necesidades.	11
C.- Requisitos.	13
Capítulo II .- Diseño del dispositivo.	15
A.- Planteamiento de posibles soluciones del sistema completo y selección de la óptima.	15
B.- Recomendaciones.	20
C.- Planteamiento de las posibles soluciones de las partes del sistema y selección de las óptimas.	24
D.- Medidas de seguridad.	47
Capítulo III.- Cálculos.	48
A.- Cálculo de vibración.	48
B.- Cálculo de resistencia mecánica.	54
C.- Cálculo de rigidez.	56
D.- Cálculo de resistencia a la fatiga.	59
E.- Cálculo del factor de seguridad.	61
Capítulo IV .- Descripción del funcionamiento del dispositivo.	62
A.- Descripción del funcionamiento del dispositivo	62
B.- Ensamble del dispositivo.	74
C.- Prácticas de calibración.	79
Capítulo V .- Conclusiones.	80
Bibliografía.	81
Apéndices.	
A.- Ensamble del dispositivo.	83

## **CAPITULO I**

### **INVESTIGACION DE NECESIDADES Y PLANTEAMIENTO DE REQUISITOS**

#### **A .- DEFINICION DEL PROBLEMA:**

En los laboratorios de la Universidad Panamericana se requiere que los buriles para los tornos sean afilados constantemente, necesitando éstos ser afilados rápidamente y con un alto grado de precisión.

Estos buriles son actualmente afilados a mano, lo que se podría calificar de ser un trabajo artesanal ya que la precisión de los ángulos y la calidad del afilado se determinan básicamente conforme a la experiencia y destreza de la persona encargada del afilado.

Para cubrir esta situación en la cual se puede desperdiciar mucho tiempo ( de afilado ) y dinero ( en buriles y operación ) si el encargado del afilado no tiene la suficiente experiencia ni destreza, se podría diseñar un dispositivo que, automáticamente, permita el afilado rápido, sencillo, económico y seguro tanto de buriles desafilados como de piezas en bruto.

## **B .- NECESIDADES:**

### **1.- ALTA PRECISION.**

Al estar diseñando un dispositivo de sujeción y posicionamiento para un proceso de esmerilado, el cual es de acabado principalmente, se necesita una alta precisión para poder obtener los ángulos y superficies del buril con un margen de error mínimo.

### **2.- SENCILLEZ DE USO.**

El dispositivo a diseñar, al ser un prototipo nuevo en su género y estar pensado para ser utilizado por cualquier operador, además de para fines didácticos, deberá de ser sencillo de operar y de entender en su funcionamiento desde la primera vez que sea utilizado.

### **3.- MINIMO Y FACIL MANTENIMIENTO.**

Como todo tipo de maquinaria, se necesita que el nuevo dispositivo opere el máximo de tiempo posible, reduciendo tiempos muertos causados por el mantenimiento tanto preventivo como correctivo. Por lo tanto, es necesario reducir al máximo las ocasiones en que se tenga que detener el dispositivo a causa del mantenimiento así como el tiempo necesario para el mismo, aparte de permitir a cualquiera el realizarlo eficientemente aún cuando no se cuente con experiencia.

### **4.- BUENA RIGIDEZ.**

Las fuerzas y vibraciones causadas por el roce del esmeril con la pieza en el proceso de corte abrasivo pueden causar imperfecciones e irregularidades en las superficies que están siendo maquinadas. Para evitar dichas irregularidades, el dispositivo deberá ser suficientemente rígido a la vez que ligero.

## **5.- SER CAPAZ DE ALCANZAR TODAS LAS POSICIONES REQUERIDAS.**

En el afilado de un buril se necesita maquinar todas las caras de éste, las cuales se encuentran en los diferentes planos y son muy variables de una pieza a otra. Para que el afilado sea eficaz, el dispositivo deberá tener la habilidad de posicionar al buril cualesquiera que sean los ángulos y número de caras con rapidez y facilidad.

## **6.- BAJO COSTO.**

Tanto para fines didácticos como para la industria, los costos de fabricación, operación y mantenimiento son de una importancia crucial para determinar la rentabilidad de cualquier equipo; por lo tanto, es necesario bajar dichos costos al máximo sin que con esto se tengan que ver afectadas sus ventajas.

## **7.- CONTROL NUMERICO (OPCIONAL).**

En un sistema de control numérico se puede llegar a obtener una precisión más alta, bajar tiempos de maquinado y maquinar sin dificultad algunas superficies complejas como lo son los redondeos de aristas. Se puede implementar un sistema de control numérico sin que esto implique un aumento considerable en los costos y complejidad del dispositivo.

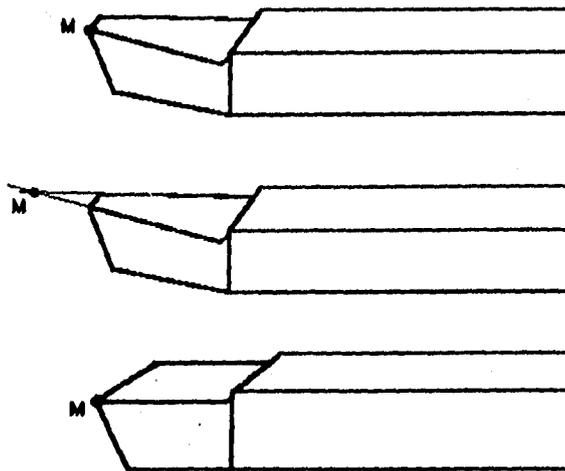
## **8.- ALTO GRADO DE SEGURIDAD.**

Antes de cualquier cosa, siempre está la seguridad del operador cuando éste maneja una máquina, por eso, es necesario que el dispositivo cuente con un alto grado de seguridad. También se deberán crear y seguir medidas de seguridad para la operación del dispositivo.

## **C .- REQUISITOS:**

- + Desarrollo de un sistema de conversión de los ángulos requeridos, en sistema de coordenadas "Tool in Hand" en un sistema de coordenadas o vectores con origen en la base del buril. Dicho sistema deberá desarrollarse una vez desarrollado el dispositivo.
- + El mecanismo se deberá poder mover libremente en el plano horizontal.
- + El buril deberá ser sujetado al dispositivo antes de la operación de afilado y ser soltado solamente cuando se haya terminado.
- + El punto de referencia ("m") se deberá ubicar en el vértice formado por el filo principal con el filo secundario.
- + La punta del buril, en donde se ubica el punto "m", no podrá estar en una sola posición ya que ésta se "quemaría" por la cantidad de calor que se genera en el proceso de afilado.
- + El proceso de afilado deberá ser realizado con muelas planas con perfil recto solamente, y para acero rápido se recomienda usar muelas del tipo: A60-K6V a una velocidad tangencial de 5,000 a 6,000 pies/minuto.
- + Se debe hacer un análisis dinámico, mediciones y pruebas del mecanismo del esmeril en operación, en el cual se montará el dispositivo para determinar las fuerzas que se generan así como vibraciones.
- + Para abatir costos, todos los elementos que cumplen con una función similar, deberán ser iguales.
- + Rápido y fácil ensamble y desensamble de las piezas para un mantenimiento sencillo y eficaz.

+ El dispositivo deberá tener la habilidad de alcanzar todas las posiciones y ángulos necesarios.



**FIGURA 1**

**Localización del punto de referencia ("M")**

## **CAPITULO II**

### **DISEÑO DEL DISPOSITIVO**

#### **A .- PLANTEAMIENTO DE POSIBLES SOLUCIONES DEL SISTEMA COMPLETO Y SELECCION DE LA OPTIMA:**

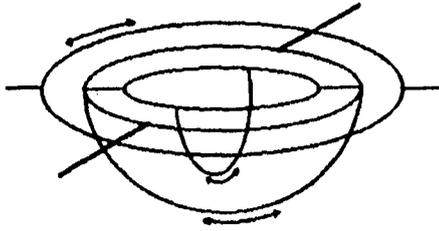
Hay tres ideas principales para las posibles soluciones, teniendo la posibilidad éstas mismas de contar con sus propias variantes:

##### **1.- SISTEMA PLANETARIO CONCENTRICO.**

Está basado en el armazón de un giroscopio, en el cual, esferas concéntricas giran una dentro de otra. Para este caso, las esferas se convertirán en semiesferas para poder dar lugar al sistema de sujeción del buril.

**Atributos:** Precisión regular.  
Rigidez suficiente.  
Manejo difícil.  
Alcanza casi todas las posiciones.

**Croquis:**



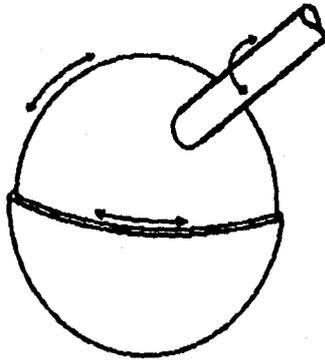
**FIGURA 2**  
**Sistema planetario concéntrico**

## **2.- SISTEMA DE ROTULA:**

Se basa, como su nombre lo dice, en una rótula, la cual permite movimientos angulares en las tres dimensiones espaciales.

Atributos: Precisión baja.  
Rigidez regular.  
Manejo fácil.  
Alcanza restringida cantidad de posiciones.

Croquis:



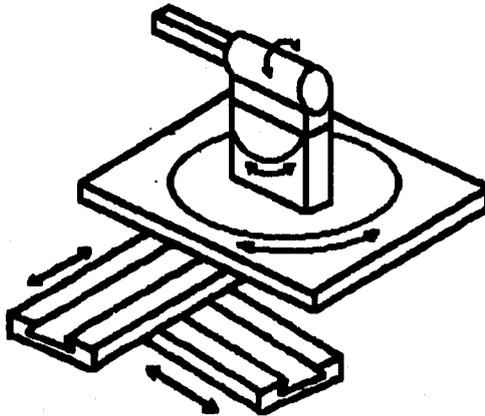
**FIGURA 3**  
**Sistema de rótula**

### **3.- SISTEMA DE MOVIMIENTOS SEPARADOS:**

En este sistema, cada movimiento angular o longitudinal lo proporciona una parte o sección específica del dispositivo y sólo esa, con lo que tendría el sistema por lo menos siete secciones: tres de movimiento de rotación y tres de movimiento de traslación, además de la de sujeción del buril.

Atributos: Alta precisión.  
Buena rigidez.  
Fácil manejo.  
Alcanza todas las posiciones.

Croquis:



**FIGURA 4**

**Sistema de movimientos separados**

## SELECCION:

	Planetario	Rótula	Mov. separados
Precisión	1	0	2
Rigidez	1	0	2
Manejo	0	2	2
Alcance	1	0	2
	-----	-----	-----
	3	2	8

Por lo tanto, de los tres sistemas citados, el mejor respecto a las cualidades buscadas, es el sistema de movimientos separados y de ahora en adelante sólo se tratará a éste en su diseño y optimización.

## B .- RECOMENDACIONES

Como primer paso, tendremos que diferenciar cada una de las partes. Esto lo haremos asignándoles un número específico dependiendo de su función y tipo de movimiento que realizará.

Para cada una de las piezas que constituyen cada parte, se les asignará una letra que vendrá después del número ya asignado.

Como consecuencia de este primer paso, las asignaciones quedarían:

- 1.- Movimiento de traslación sobre el eje "z" (Tz)
- 2.- Movimiento de traslación sobre el eje "x" (Tx)
- 3.- Movimiento de traslación sobre el eje "y" (Ty)
- 4.- Movimiento de rotación sobre el eje "z" (Rz)
- 5.- Movimiento de rotación sobre el eje "x" (Rx)
- 6.- Movimiento de rotación sobre el eje "y" (Ry)
- 7.- Sujeción del buril.

También se deberán observar determinados parámetros tanto para el diseño como para los cálculos. Después de un análisis de las necesidades y requisitos se puede llegar a las siguientes directrices a seguir:

El dispositivo a proyectar debe satisfacer los distintos requisitos que establecen las condiciones técnicas.

De entre estos requisitos se pueden designar algunos que, si no se satisfacen, el dispositivo funcionará mal, por lo tanto, se deben examinar como criterios principales de la capacidad de trabajo. Estos son: resistencia mecánica y rigidez necesarias y suficientes.

### RESISTENCIA MECANICA

Durante el funcionamiento de un dispositivo, por la acción de las cargas aplicadas sobre sus piezas, si la resistencia mecánica de éstas es insuficiente, pueden experimentar grandes deformaciones permanentes e inadmisibles y hasta romperse partes del dispositivo.

El problema relacionado con la resistencia mecánica de los elementos del dispositivo debe examinarse junto al factor tiempo, es decir, con la duración de servicio de estos elementos ( 5,000 hrs aprox. ).

Por lo tanto, para asegurar la resistencia mecánica necesaria y suficiente se deben determinar las dimensiones y la forma de los elementos del dispositivo de modo que se excluya el posible surgimiento de deformación permanente inadmisibles, de roturas y destrucciones superficiales.

La duración de servicio de muchas piezas queda restringida por el desgaste de sus superficies útiles. Este desgaste es el resultado de un proceso producido por el rozamiento, el cual destruye gradualmente las superficies útiles de la pieza ( deterioración ) y modifica las dimensiones y la forma de ésta. Para reducir el ritmo de deterioro se deben lubricar con abundancia las superficies de rozamiento. Como materiales antifricción o autolubrificantes se utilizan el bronce y ciertas fundiciones.

En el problema del aumento de la resistencia de los elementos de las máquinas en general, un papel esencial lo juega la forma de la pieza (configuración). Partiendo de este punto de vista la forma debe satisfacer las dos siguientes exigencias:

1.- La forma de la pieza debe asegurar tal dirección del flujo de fuerza que en la percepción de la carga tome parte el mayor volumen posible de la pieza

2.- La forma de la pieza, al acoplarse con otras de un conjunto, se debe asegurar la transmisión de la carga por toda la superficie de contacto proyectada, pero solo por aquella.

Conforme a estas dos exigencias principales se pueden formular algunos principios generales para diseñar las formas constructivas de los elementos del dispositivo.

1.- Al construir una pieza, en ningún sitio se debe permitir transiciones bruscas, es decir, cambios bruscos de la forma.

2.- Las formas constructivas de la pieza deben asegurar, en lo posible, una resistencia mecánica igual en todas sus secciones.

3.- Con el fin de distribuir uniformemente el flujo de fuerza por el volumen de la pieza, conviene separarlo de la zona propensa a la concentración de carga.

4.- La distribución uniforme de la carga por toda la superficie de contacto diseñada, favorece la exclusión de los sitios de probable concentración de cargas.

## **RIGIDEZ**

Se entiende por grado de rigidez las limitaciones que se imponen a la magnitud de deformación de las piezas por acción de una carga exterior.

Las exigencias de la rigidez ejercen influencia también en la selección del material de la pieza.

La rigidez tiene una significación sobre todo importante para asegurar la resistencia mecánica requerida de las piezas que se mecanizan en máquinas herramientas.

La determinación de la propia rigidez se obtiene a base de confrontar las deformaciones de cálculo con sus magnitudes admisibles.

Las vías constructivas más importantes para aumentar la propia rigidez de los elementos de máquinas son:

- 1.- La reducción de los brazos de palanca de las fuerzas de flexión y de torsión.
- 2.- La introducción de apoyos complementarios.
- 3.- El empleo de secciones transversales que resistan bien la flexión y la torsión.
- 4.- La disminución de la longitud de las piezas que se dilatan y el aumento del área de la sección transversal.

Las recomendaciones constructivas más importantes en aumentar la rigidez de contacto son las siguientes:

- 1.- La alta calidad del mecanizado de las superficies que deben hacer contacto.
- 2.- El montaje de uniones y conjuntos con tensión previa o con aprieto previo.
- 3.- La disminución del número de ensambles (junturas).
- 4.- La introducción de una capa de aceite o lubricante entre las superficies de contacto. El aumento de la viscosidad del lubricante eleva la rigidez de contacto.

## **VIBRACION**

Las causas de la vibración son, en determinadas condiciones, un peligro que puede provocar el rompimiento por fatiga de la pieza. La solución de este problema, con frecuencia se obtiene variando las propiedades dinámicas del sistema, es decir, cambiando los momentos de inercia de las masas y la maleabilidad de las uniones. En los casos en que con tales medios no es posible que los resultados sean satisfactorios, en el sistema se incorporarían dispositivos especiales, es decir, amortiguadores de oscilaciones y antivibradores.

## **MATERIALES**

Para elegir el material de la pieza que se proyecta, se deberán tomar en consideración las siguientes premisas generales:

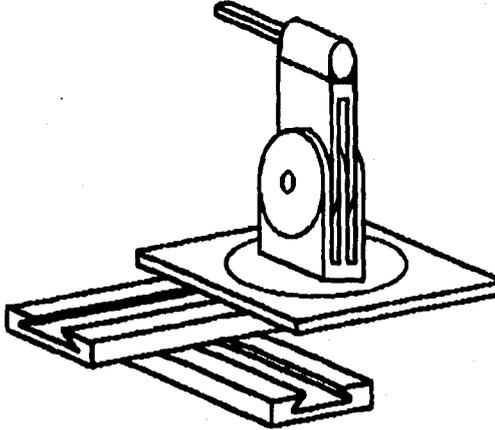
- 1.- De explotación: El material debe satisfacer las condiciones de funcionamiento de la pieza en el dispositivo.
- 2.- De tecnología: El material debe reunir las condiciones necesarias para que se gaste el mínimo de trabajo en fabricar la pieza.
- 3.- De economía: El material debe tener ventajas desde el punto de vista del precio de costo total de la pieza, incluyendo además del costo del material, los demás gastos de producción.

En los casos comunes, la elección correcta de un material puede ser hecha sólo basándose en la comparación de distintas variantes.

La reducción de marcas y surtido de materiales que se usan, alivia y abarata considerablemente el abastecimiento de materiales, la reducción del número de tipos simplifica el almacenamiento y la cuenta que se lleva. Gracias a la reducción de los tipos de los materiales que se emplean, disminuye la cantidad de piezas defectuosas, debido al uso del material inadecuado o el tratamiento que no corresponde a él.

## **C .- PLANTEAMIENTO DE LAS POSIBLES SOLUCIONES DE LAS PARTES DEL SISTEMA Y SELECCION DE LAS OPTIMAS**

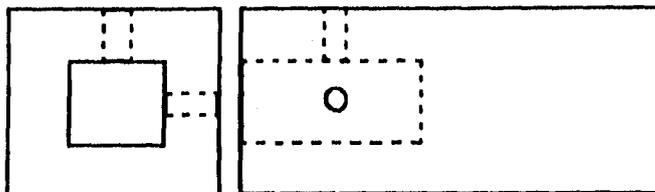
Después de haber analizado las directrices anteriormente mencionadas en el inciso pasado, nos podremos dar a la tarea del diseño del dispositivo y cada una de sus piezas con lo que el croquis preliminar quedaría como sigue:



**FIGURA 5**

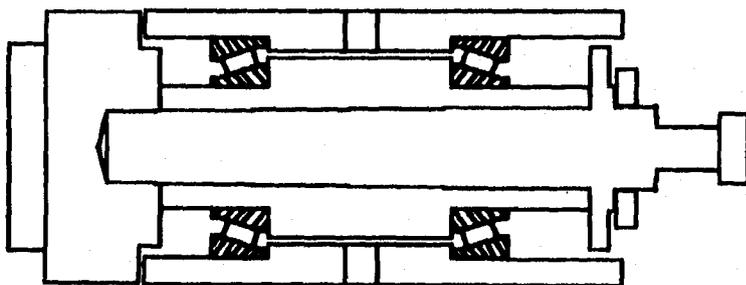
**Croquis preliminar del dispositivo**

Y los croquis preliminares de las partes quedarían:



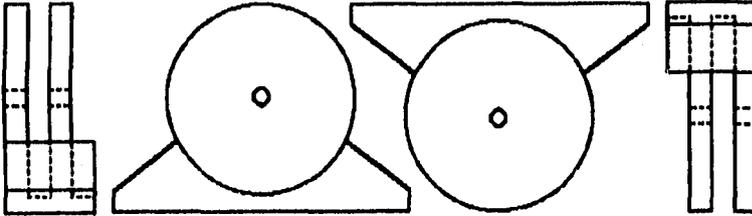
**FIGURA 6**

**Croquis preliminar de la sujeción del buril**



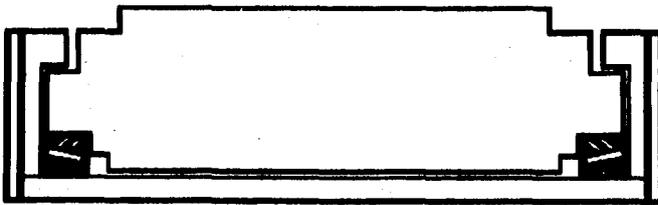
**FIGURA 7**

**Croquis preliminar de la parte #5**



**FIGURA 8**

**Croquis preliminar de la parte 4**



**FIGURA 9**

**Croquis preliminar de la parte 3**

Todas las partes y piezas son susceptibles a mejoras, por lo tanto, para llegar a la mejor configuración tentativa, tendremos que pasar por un número determinado de pasos.

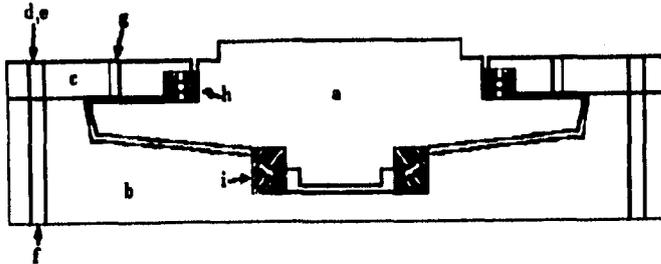
Aún cuando hayamos llegado aparentemente a la mejor solución, ésta podría cambiar un poco después de haber sido realizados los cálculos.

Comenzaremos con las partes de rotación, y en primer lugar se tratará la parte #4:

Como primer parámetro, se tendrá que hacer menos voluminoso y por consiguiente más ligero. tendremos también que cuidar que la rigidez no se vea afectada.

- a.- Descripción: Flecha.  
Función: Esta pieza es la que brinda en sí el movimiento de rotación en el eje "z" además de soportar las subsiguientes partes del sistema.  
Material: Hierro gris.  
Proc. de Fab: Fundición.
- b.- Descripción: Soporte inferior.  
Función: Soporta el peso de la flecha y las fuerzas transmitidas por ésta; además de ayudar a que sea sujeta, la restringe en los movimientos de traslación en los ejes "z-", "x", "y", y de rotación sobre los ejes "x" y "y".  
Material: Hierro gris.  
Proc. de Fab: Fundición.
- c.- Descripción: Soporte superior.  
Función: Encierra a la flecha evitando el movimiento de traslación sobre el eje "z+", brinda rigidez a la parte entera, soporta fuerzas sobre el plano "xy" y da cabida a los tornillos opresores los cuales realizan la sujeción de la flecha.  
Material: Hierro gris.  
Proc. de Fab: Fundición.

- d.- Descripción: Perno de unión (4).  
 Función: Mantiene unidos a los dos soportes y por consiguiente a la parte entera.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- e.- Descripción: Arandela de presión (4).  
 Función: Asegura que no se afloje la unión hecha con los pernos.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- f.- Descripción: Tuerca (4).  
 Función: Aprieta y mantiene firme la unión entre los soportes.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- g.- Descripción: Tornillo opresor (2).  
 Función: Oprime a la flecha contra el soporte inferior para que sea sujeta gracias a las fuerzas de fricción.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Torneado.
- h.- Descripción: Balero de bolas.  
 Función: Soporta y transmite las fuerzas en el plano "xy" de la flecha al soporte superior.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- i.- Descripción: Balero de rodillos.  
 Función: Soporta y transmite las fuerzas en el eje "z" y el plano "xy" de la flecha al soporte inferior.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.



**FIGURA 10**

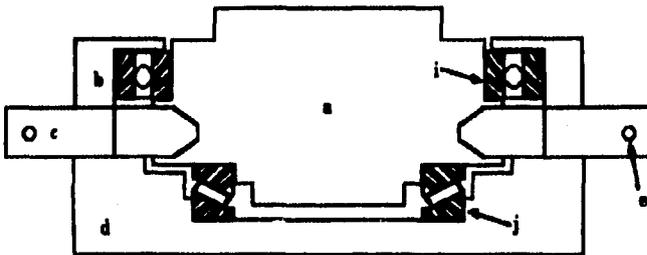
**Primer paso de optimización de la parte 3**

Tomando los parámetros anteriores y además agregando una más sencilla construcción y mejor sistema de sujeción, la parte #4 quedaría por el momento:

- |     |               |   |
|-----|---------------|---|
| a.- | Descripción:  | <b>Flecha</b>   |
|     | Función:      | Esta pieza es la que brinda en sí el movimiento de rotación en el eje "z" además de soportar las subsiguientes partes del sistema.                  |
|     | Material:     | Hierro gris.  |
|     | Proc. de Fab: | Fundición.  |
| b.- | Descripción:  | <b>Soporte superior.</b>  |
|     | Función:      | Encierra a la flecha evitando el movimiento de traslación sobre el eje "z+", brinda rigidez a la parte entera, soporta fuerzas sobre el plano "xy". |
|     | Material:     | Hierro gris.  |
|     | Proc. de Fab: | Fundición.  |

- c.- Descripción: Abrazadera (2).  
 Función: Sujeta a la flecha y evita el movimiento de rotación en el eje "z".  
 Material: Acero.  
 Proc. de Fab: Rolado en frío.
- d.- Descripción: Soporte inferior.  
 Función: Soporta el peso de la flecha y las fuerzas transmitidas por ésta y la restringe en los movimientos de traslación en los ejes "z-", "x", "y", y de rotación sobre los ejes "x" y "y".  
 Material: Hierro gris.  
 Proc. de Fab: Fundición.
- e.- Descripción: Tornillos opresores (2).  
 Función: Aprietan a las abrazaderas entre sí para que con la fuerza de fricción sujeten a la flecha evitando el movimiento de rotación en el eje "z".  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- f.- Descripción: Perno de unión (4).  
 Función: Mantiene unidos a los dos soportes y por consiguiente a la parte entera.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- g.- Descripción: Arandela de presión (4).  
 Función: Asegura que no se afloje la unión hecha con los pernos.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- h.- Descripción: Tuerca (4).  
 Función: Aprieta y mantiene firme la unión entre los soportes.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- i.- Descripción: Balero de bolas.  
 Función: Soporta y transmite las fuerzas en el plano "xy" de la flecha al soporte superior.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.

- j.- Descripción: Balero de rodillos.  
Función: Soporta y transmite las fuerzas en el eje "z" y el plano "xy" de la flecha al soporte inferior.  
Material: Acero (estándar).  
Proc. de Fab: Adquirido.



**FIGURA 11**

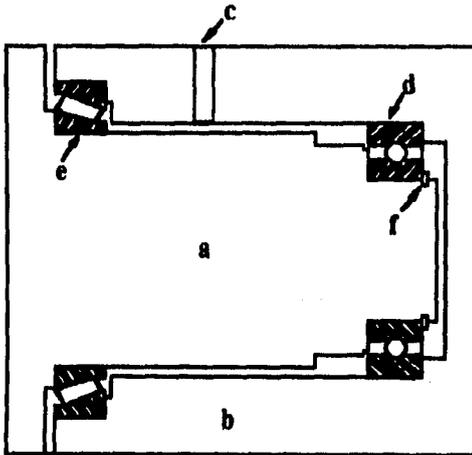
**Segunda optimización de la parte 3**

En el diseño anterior se tienen las desventajas de que la flecha tendría una holgura demasiado grande y no permisible en su movimiento de rotación aún cuando esté asegurada con las abrazaderas y para el caso de la universidad que no cuenta con equipo para fundición, las piezas fundidas se tendrían que mandar a hacer, aumentando inadmisiblemente el costo.

Además, para abatir costos, todas las partes que cumplan con una función similar deberán de ser iguales. Para este caso, las partes #4, 5 y 6, que desde ahora llamaremos simplemente partes de rotación, tendrán la misma configuración, la cual tendrá que ser la más sencilla posible, por lo que por ahora tendríamos:

- a.- Descripción: Flecha.  
Función: Brinda el movimiento de rotación además de ser soporte y unión con las subsiguientes partes del sistema.  
Material: Aluminio.  
Proc. de Fab: Maquinado.
- b.- Descripción: Carcasa.  
Función: Soporta a la flecha y a las fuerzas transmitidas por ésta, la restringe en los movimientos no deseados y da cabida al tornillo opresor.  
Material: Aluminio.  
Proc. de Fab: Maquinado.
- c.- Descripción: Tornillo opresor.  
Función: Oprime a la flecha para que ésta sea sujeta gracias a las fuerzas de fricción.  
Material: Acero (estándar).  
Proc. de Fab: Adquirido.
- d.- Descripción: Balero de bolas.  
Función: Soporta y transmite las fuerzas radiales al eje, de la flecha a la carcasa.  
Material: Acero (estándar).  
Proc. de Fab: Adquirido.
- e.- Descripción: Balero de rodillos.  
Función: Soporta y transmite las fuerzas radiales y axiales al eje, de la flecha a la carcasa.  
Material: Acero (estándar).  
Proc. de Fab: Adquirido.

- f.- Descripción: Aro elástico.  
Función: Evita que el balero de bolas se mueva de su lugar.  
Material: Acero (estándar).  
Proc. de Fab: Adquirido.



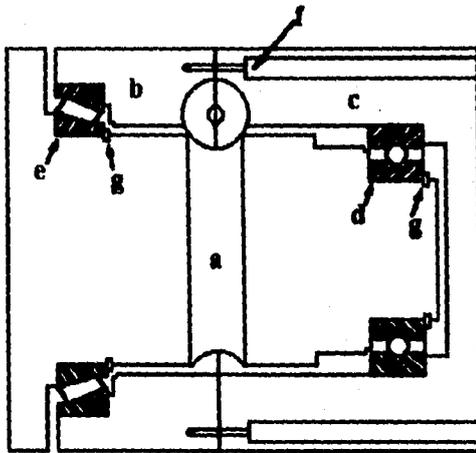
**FIGURA 12**  
**Parte de rotación**

En el diseño anterior se observa que la sujeción hecha con el tornillo opresor no es lo suficientemente firme, lo cual se tratará de solucionar en el siguiente diseño.

Para que la parte que ahora sólo le llamamos de rotación tenga la posibilidad de que sea controlada por medio de control numérico, se tendrá que adaptar un motor eléctrico de corriente directa, posicionado tangencialmente a la flecha, y la transmisión de potencia será llevada a cabo a través de un sinfin-corona el cual nos proporcionará mayor precisión en los ángulos que se necesiten. Para este propósito, la carcasa se tuvo que dividir para permitir el alojamiento del tornillo sinfin, con lo cual quedaría:

- a.- Descripción: Flecha.  
Función: Es el soporte y unión con las subsiguientes partes y brinda el movimiento de rotación el cual se le es transmitido a través de la corona maquinada en la misma flecha.  
Material: Aluminio.  
Proc. de Fab: Maquinado.
- b.- Descripción: Carcasa anterior.  
Función: Brinda soporte y rigidez a la flecha y permite el alojamiento y fácil ensamble del tornillo sinfin  
Material: Aluminio.  
Proc. de Fab: Maquinado.
- c.- Descripción : Carcasa posterior.  
Función: Soporta a la flecha y a las fuerzas transmitidas por ésta y la restringe en los movimientos no deseados.  
Material: Aluminio.  
Proc. de Fab: Maquinado.
- d.- Descripción: Balero de bolas.  
Función: Soporta y transmite las fuerzas radiales al eje, de la flecha a la carcasa posterior.  
Material: Acero (estándar).  
Proc. de Fab: Adquirido.

- e.- Descripción: Balero de rodillos.  
 Función: Soporta y transmite las fuerzas radiales y axiales al eje, de la flecha a la carcasa anterior.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- f.- Descripción: Tornillos allen (4).  
 Función: Mantienen una unión firme entre las dos secciones de la carcasa (anterior y posterior) para que trabajen como una sola pieza.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- g.- Descripción: Anillos elásticos (2).  
 Función: Mantienen a los baleros en la posición deseada evitando posibles deslizamientos axiales de éstos respecto a la flecha.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.

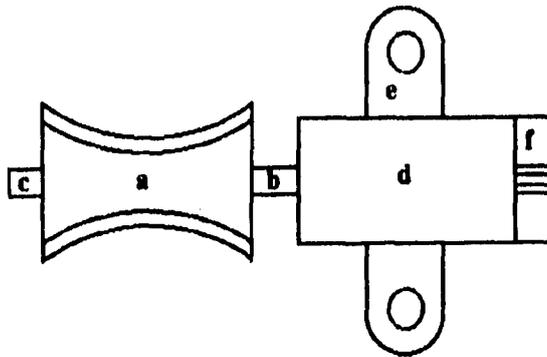


**FIGURA 13**

**Parte de rotación  
 Con Control Numérico**

Y el motor que para control de sentido de giro y mantenga una velocidad angular constante, tendrá que ser de corriente directa, y el sinfin, el cual para mejor operación será globoidal quedarían:

- a.- Descripción: Tornillo sinfin (globoidal).  
Función: Transmite la potencia del motor a la corona de la flecha.  
Material: Bronce  
Proc. de Fab: Maquinado.
- b.- Descripción: Flecha motriz.  
Función: Es la unión entre el tornillo sinfin y el motor.  
Material: Acero.  
Proc. de Fab: Maquinado.
- c.- Descripción: Pivote (parte de la flecha motriz).  
Función: Asegura que el tornillo sinfin no sufra variaciones de su posición deseada y que por consiguiente no altere sus puntos de contacto con la corona.  
Material: Acero.  
Proc. de Fab: Maquinado.
- d.- Descripción: Motor eléctrico de corriente directa.  
Función: Abastece de potencia a toda la parte asegurando una velocidad constante.  
Material: Varios.  
Proc. de Fab: Adquirido.
- e.- Descripción: Soportes del motor.  
Función: Sostienen firme al motor en la carcasa para que éste no sufra de movimientos axiales o angulares no deseados.  
Material: Acero.  
Proc. de Fab: Maquinado.
- f.- Descripción: Acoplamiento.  
Función: Mantiene unidos al motor y al control de rotación para que este último pueda llevar a cabo su función eficazmente.  
Material: Aluminio.  
Proc. de Fab: Maquinado.



**FIGURA 14**

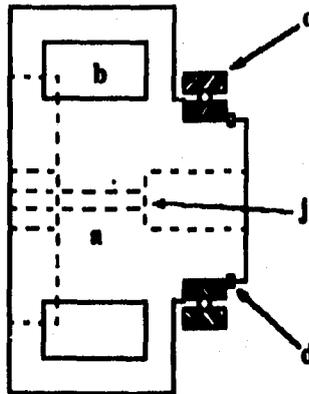
**Motor eléctrico con tornillo sinfín**

Para que la posición angular de la flecha siempre esté asegurada respecto a la posición deseada, se deberá introducir un sistema de control de rotación el cual irá conectado directamente al motor, para que dependiendo de las vueltas que éste mismo dé y según la polaridad de la corriente eléctrica que le sea inducida, se pueda llevar un registro de la velocidad y dirección de giro en el control numérico, Y a través de la relación del sinfín-corona, nos pueda llegar a dar una exactitud bastante buena:

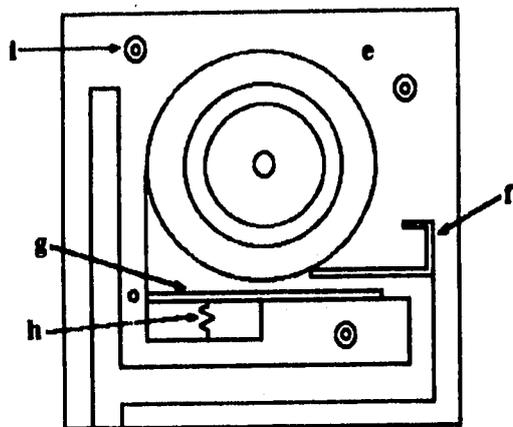
- |     |   |
|-----|---|
| a.- | <p><b>Descripción:</b>      <b>Cabezal.</b></p> <p><b>Función:</b>            Es la pieza que va conectada directamente con el acoplamiento del motor y gira en sincronía con este último, además de que aquí van empotrados los imanes.</p> <p><b>Material:</b>            <b>Plástico.</b></p> <p><b>Proc. de Fab:</b>        <b>Inyección.</b></p> |
|-----|---|

- b.- Descripción: Imanes (4).  
 Función: Al girar el cabezal, cada imán pasa periódicamente cerca de la placa móvil el cual la atrae, y al ser atraída, hace contacto con la placa fija contando así un cuarto de rotación.  
 Material: Ferromagnético.  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- c.- Descripción: Balero de bolas.  
 Función: Evita que el cabezal se desvíe de su posición asegurándolo a presión contra la caja contenedora.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- d.- Descripción: Anillo elástico.  
 Función: Previene de que el balero de bolas se salga de su posición.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- e.- Descripción: Caja contenedora.  
 Función: Contiene y mantiene en su posición a todas y cada una de las piezas que conforman la parte de control de rotación aislándolas del exterior.  
 Material: Plástico.  
 Proc. de Fab: Inyección.
- f.- Descripción: Placa fija.  
 Función: Hace el contacto eléctrico con la placa móvil para marcar así un cuarto de rotación.  
 Material: Cobre-berilio.  
 Proc. de Fab: Troquelado.
- g.- Descripción: Placa móvil.  
 Función: Al pasar los imanes cerca de ella, es atraída haciendo así contacto con la placa fija cerrando el circuito eléctrico pudiendo ser marcado así un "punto" en el control numérico.  
 Material: Acero.  
 Proc. de Fab: Troquelado.

- h.- Descripción: Resorte.  
 Función: Asegura que la placa móvil regrese a su posición original una vez que haya pasado el imán frente a ésta.  
 Material: Acero.  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- i.- Descripción: Tornillos de unión (3 allen).  
 Función: Mantienen unida fijamente a la caja contenedora del control de rotación contra la carcasa de la parte de rotación en la cual se encuentra empotrado el motor.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- j.- Descripción: Tornillo de acoplamiento.  
 Función: Asegura que la posición relativa entre el cabezal del control de rotación y el acoplamiento del motor permanezca constante.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.



**FIGURA 15**  
**Cabezal del control de rotación**



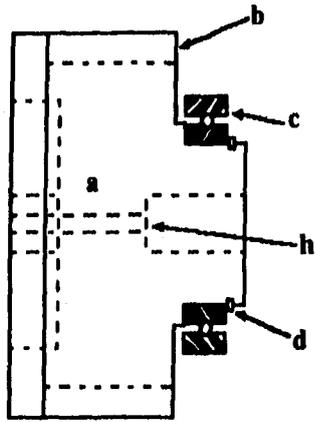
**FIGURA 16**  
**Control de rotación**

Con el mismo tipo de motor y control de rotación pueden ser suministrados de potencia las partes de traslación brindando así una estandarización de piezas, lo cual repercutirá en una sustancial reducción en los costos.

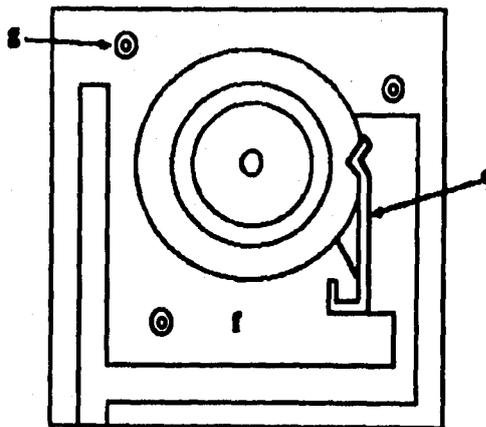
Para que el control de rotación sea aún más preciso, se tendrá que modificar para que quede de la siguiente manera:

- a.- Descripción: Cabezal.  
Función: Es la pieza que unida al acoplamiento del motor y gira en sincronía con éste y además sostiene al aro "jaula de ardilla".  
Material: Plástico.  
Proc. de Fab: Inyección.
- b.- Descripción: Aro "jaula de ardilla".  
Función: Es un aro con pequeños surcos maquinados en su periferia en sentido axial del eje, el cual es barnizado y posteriormente pulido para que el barniz sólo quede en los surcos permitiendo así el contacto eléctrico periódico entre las placas sensoras con una mayor precisión que con los imanes ya que permite que haya muchos más "puntos" marcados.  
Material: Cobre.  
Proc. de Fab: Maquinado.
- c.- Descripción: Balero de bolas.  
Función: Evita que el cabezal se desvíe de su posición asegurándolo a presión contra la caja contenedora.  
Material: Acero (estándar).  
Proc. de Fab: Adquirido.
- d.- Descripción: Anillo elástico.  
Función: Previene de que el balero de bolas se salga de su posición.  
Material: Acero (estándar).  
Proc. de Fab: Adquirido.

- e.- Descripción: Placas sensoras.  
 Función: Al entrar en contacto con el cobre expuesto del aro "jaula de ardilla", se cierra el circuito eléctrico permitiendo que se marque un "punto" de avance en el control numérico.  
 Material: Cobre-berilio.  
 Proc. de Fab: Troquelado.
- f.- Descripción: Caja contenedora.  
 Función: Contiene y mantiene en su posición a todas y cada una de las piezas que conforman la parte de control de rotación aislándolas del exterior.  
 Material: Plástico.  
 Proc. de Fab: Inyección.
- g.- Descripción: Tornillos de unión (3 allen).  
 Función: Mantienen unida fijamente a la caja contenedora del control de rotación contra la carcasa de la parte de rotación en la cual se encuentra empotrado el motor.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.
- j.- Descripción: Tornillo de acoplamiento.  
 Función: Asegura que la posición relativa entre el cabezal del control de rotación y el acoplamiento del motor permanezca constante.  
 Material: Acero (estándar).  
 Proc. de Fab: Adquirido.



**FIGURA 17**  
**Cabezal del control de rotación**



**FIGURA 18**  
**Control de rotación**

Para las partes de traslación #1, 2 y 3, sólo las que actúan en el plano "xy" podrán ser iguales debido a que las condiciones de trabajo a las que estarán sometidas serán las mismas.

A estas partes las llamaremos desde ahora partes de traslación "xy" con las cuales, después de un número de mejoras y siguiendo los mismos parámetros que para las partes de rotación, que son:

Poco voluminoso (lo menos que se pueda)

Ligero

Buena rigidez

Construcción sencilla

Configuración sencilla

Control numérico

Fácil ensamblaje

Operación "suave"

Preciso

Piezas estandarizadas

nos quedaría:



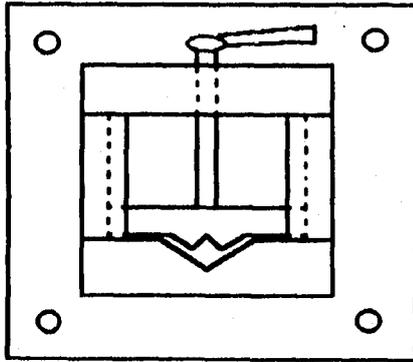
**FIGURA 19**  
Partes de traslación xy

Para la parte #1, la cual llamaremos a partir de ahora parte de traslación "z", después de un proceso similar a los llevados para los otros tipos de partes, nos quedaría:



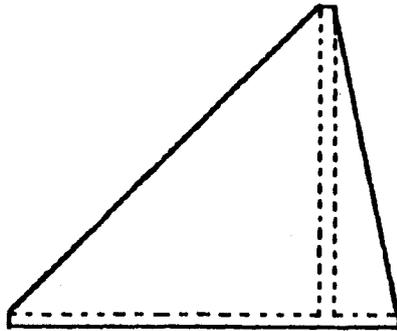
**FIGURA 20**  
Parte de traslación z

A la parte #7 la llamaremos simplemente sujeción del buril y el resultado se muestra a continuación:



**FIGURA 21**  
Parte de sujeción del buril

Además de las partes anteriormente desarrolladas, se tendrá que incluir una nueva para sujetar firmemente a las partes de rotación entre sí (las partes de traslación no lo necesitan). Esta parte, la cual llamaremos "cople", es mostrada en su configuración a continuación:



**FIGURA 22**

**Cople**

## **D.-MEDIDAS DE SEGURIDAD:**

Estas medidas de seguridad, las cuales se deberán de observar cuando se vaya a utilizar el dispositivo, se darán en forma de un listado:

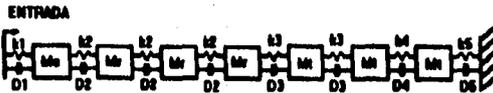
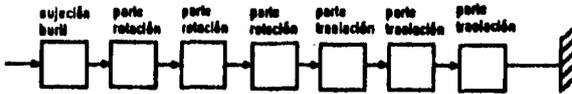
1. - Se tendrán que usar anteojos de seguridad.
2. - Nunca usar ropa suelta que se pueda llegar a enredar tanto con el esmeril como con el dispositivo.
3. - Apagar el esmeril ya que se haya terminado, y sobre todo, asegurarse de que esté apagado cuando se quiera retirar el buril afilado del dispositivo.
4. - Encender el esmeril solamente cuando "todo lo demás" ya esté listo.
5. - Asegurarse de que el esmeril esté encendido cuando se "eche a andar" el dispositivo.
6. - El dispositivo está diseñado para afilar al buril con el "canto" de la muela, nunca con el flanco.
7. - Se tiene que vigilar constantemente la operación del dispositivo.
8. - Desde el panel de control (teclado de la computadora) deberá haber una tecla de paro de emergencia (tecla de escape) que al ser pulsada, retirará rápidamente el dispositivo del esmeril, y acto seguido se detendrá todo el ciclo.
9. - El espacio entre la muela y el dispositivo deberá ser aproximadamente 1/8 pulg. como mínimo.
- 10.- Antes de encender el esmeril, se tendrá que verificar que la muela no tenga fracturas.
- 11.- Al encender el esmeril, el operario debe colocarse a un lado y esperar a que la muela alcance la velocidad de operación antes de "echar a andar" el dispositivo.
- 12.- Revisar visualmente que el dispositivo esté en perfectas condiciones de operación así como cada uno de sus elementos antes de intentar usarlo.
- 13.- Se debe calibrar el dispositivo antes de su operación siempre que se quiera utilizar.

## CAPITULO III

### CALCULOS

#### A.- CALCULOS DE VIBRACION

El dispositivo se podrá analizar como un sistema en cascada:



**Cálculo de la masa equivalente:**

$$\frac{1}{2}m_{eq} V^2_{eq} = \frac{1}{2}m_1 V_1^2 + \dots + \frac{1}{2}m_n V_n^2$$

$$m_{eq} V^2_{eq} = m_1 V_1^2 + \dots + m_n V_n^2$$

Suponiendo que todas las velocidades son iguales:

$$m_{eq} = m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

$$m_{eq} = M_s + M_r + M_r + M_r + M_t + M_t + M_t$$

$$m_{eq} = M_s + 3M_r + 3M_t$$

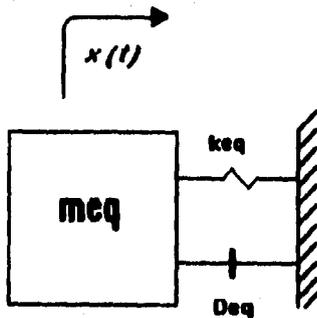
**Cálculo del resorte equivalente:**

$$k_{eq} = (\sum 1/k_i)^{-1} = (1/k_1 + 1/k_2 + 1/k_2 + 1/k_3 + 1/k_3 + 1/k_4 + 1/k_5)^{-1}$$

$$k_{eq} = (1/k_1 + 3/k_2 + 2/k_3 + 1/k_4 + 1/k_5)^{-1}$$

**Cálculo de la disipación equivalente:**

$$D_{eq} = (\sum 1/d_i)^{-1} = (1/D_1 + 3/D_2 + 2/D_3 + 1/D_4 + 1/D_5)^{-1}$$



$$m x'' + D x' + k x = F(t)$$

Se puede suponer que la función de entrada es periódica (senoidal) de amplitud corta y frecuencia alta.

$$F(t) = A \cdot \text{sen}(\omega t + \phi)$$

$$\phi = \text{fase} = 0$$

Por lo tanto será un sistema de 2º orden forzado amortiguado

$$x'' + D/m x' + k/m x = A/m \text{ sen } \omega t$$

Pasando al dominio de Laplace:

$$s^2 x(s) + D/m s x(s) + k/m x(s) = A/m$$

$$x(s) = \frac{A/m}{s^2 + D/m + k/m}$$

$$x(s) = \frac{A/m}{s^2 + 2\delta s + \omega_n^2} = \frac{A/m}{s^2 + 2\delta \omega_n + \omega_n^2}$$

Pasando a Fourier:

$$\frac{x(j\omega)}{A/k} = \frac{\omega_n^2}{\omega^2 + 2\delta \omega_n \omega + \omega_n^2} = \frac{1}{1 - \gamma^2 + 2\delta \gamma l}$$

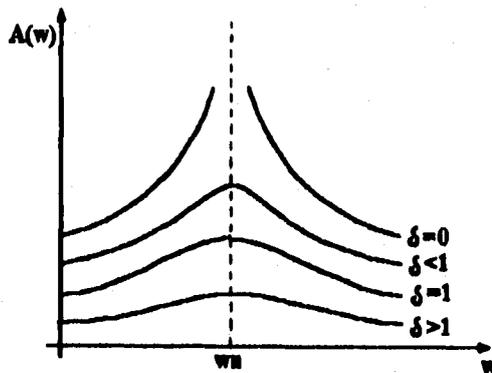
**Espectro de amplitud:**

$$A(\omega) = \frac{x(i\omega)}{A/k} = \frac{|1|}{|1 - \gamma^2 + 2\delta\gamma i|} = \frac{1}{\sqrt{(1 - \gamma^2)^2 + (2\delta\gamma)^2}}$$

Si  $\delta = 0$  ;  $\gamma = \omega/\omega_n \rightarrow \gamma = 1 \rightarrow \omega = \omega_n$   $A(\omega) = \frac{1}{1 - \gamma^2}$

Si  $\delta = 1$  ;  $A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1 - \gamma^2)^2 + (2\gamma)^2}} = 1/2$

Si  $\delta < 1$  ;  $A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1 - \gamma^2)^2 + (2\gamma\delta)^2}} = 1/2\delta$



### Función de transferencia:

$$m x'' + D x' + k x = A \sin \omega t = F(t)$$

$$f(s) = (m s^2 + D s + k) Q(s)$$

$$f s(t) = D x' + k x$$

$$f s(s) = (D s + k) Q(s)$$

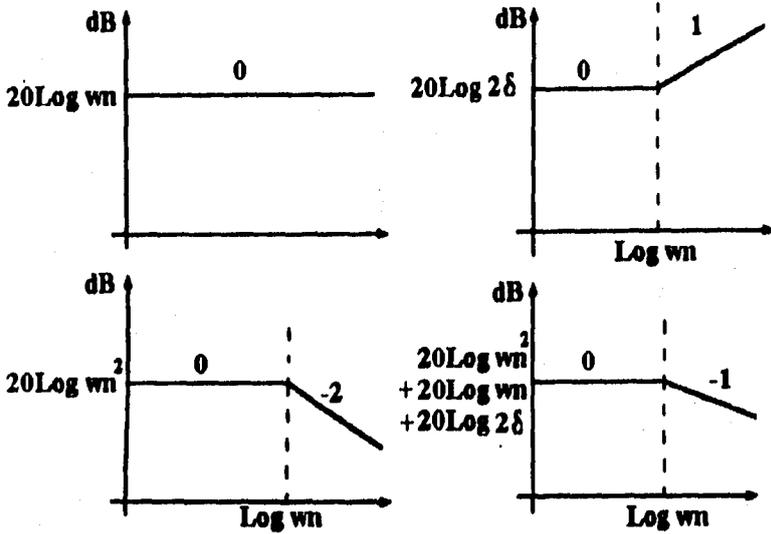
$$\mathcal{X}(s) = \frac{f s(s)}{f(s)} = \frac{D s + k}{m s^2 + D s + k} = \frac{D/m s + k/m}{s^2 + D/m s + k/m} = \frac{2 \delta \omega n s + \omega n^2}{s^2 + 2 \delta \omega n s + \omega n^2}$$

$$\mathcal{X}(i\omega) = \frac{2 \delta \omega n \omega i + \omega n^2}{- \omega + 2 \delta \omega n \omega i + \omega n^2} = \frac{1 + 2 \delta \gamma i}{1 - \gamma^2 + 2 \delta \gamma i}$$

$$\frac{A s(\omega)}{A i(\omega)} = |\mathcal{X}(i\omega)| = \frac{|1 + 2 \delta \gamma i|}{|1 - \gamma^2 + 2 \delta \gamma i|} =$$

$$= \sqrt{\frac{1 + (2 \delta \gamma)^2}{(1 - \gamma^2)^2 + (2 \delta \gamma)^2}}$$

**Diagramas de Bode:**



**Puntos importantes:**

$\text{Log } 1/2 \omega n = \text{Log } 1/2$

$\text{Log } \gamma r = \text{máximo}$

$\text{Log } \omega n = \text{Log } 1$

$\text{Log } \gamma b = \text{Proyección horizontal de } 20 \text{ Log } 1$

$\text{Log } \gamma k = \text{Proyección horizontal de } 20 \text{ Log } 1/2$

## B.- CALCULO DE RESISTENCIA MECANICA

El dispositivo resistirá cargas las cuales se pueden considerar estáticas pero tomando en consideración la posible vibración.

En relación con esto, el cálculo de la resistencia mecánica con tensiones estáticas para piezas de materiales dúctiles, se verifica por las tensiones nominales.

Acero:  $\sigma_{perm} = 1680 \text{ kg/cm}^2$   
 $\tau_{perm} = 560 \text{ kg/cm}^2$   
 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$   
 $G = 0.84 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Aluminio:  $\sigma_{perm} = 2100 \text{ kg/cm}^2$   
 $\tau_{perm} = 373 \text{ kg/cm}^2$   
 $E = 0.74 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$   
 $G = 0.28 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

**Cálculo de la fuerza de torsión que podría soportar la flecha (máximo) tomando en cuenta sus dimensiones más débiles a esfuerzo cortante:**

Acero:  $F = \tau A = 560 (2^2 \pi / 4) = 560\pi \text{ kg}$

$$T = \frac{\tau J}{r} = \frac{560 \pi 16}{4} = 560 (4) \pi = 2240\pi \text{ kg cm}$$

$$\theta = \frac{T l}{J G} = \frac{2240 \pi (6.8)}{8 \pi 0.84 \times 10^6} = \frac{15232}{6.72 \times 10^6} =$$

$$2.267 \times 10^{-3} \text{ rad} = \theta = 0.118^\circ$$

Aluminio:  $F = \tau A = 370 (2^2 \pi / 4) = 370 \pi \text{ kg}$

$$T = \frac{\tau J}{r} = \frac{370 \pi 16}{4} = 370 (4) \pi = 1480 \pi \text{ kg cm}$$

$$\theta = \frac{T l}{J G} = \frac{1480 \pi (6.8)}{8 \pi 0.28 \times 10^6} = \frac{10064}{2.24 \times 10^6} =$$

$$4.493 \times 10^{-3} \text{ rad} = \theta = 0.234^\circ$$

El aluminio es suficientemente rígido y resistente, además de ser más ligero y de un conformado y maquinado más sencillo y económico.

La corona maquinada en la flecha deberá ser muy bien lubricada en vista de que el aluminio no tiene propiedades autolubrificantes como el bronce, para evitar posibles atascamientos, elevación de temperatura o deformaciones.

**Cálculo de la fuerza y par de torsión máximo que podrán soportar los tornillos para ensamblar cada una de las partes de rotación (a esfuerzo cortante).**

Los tornillos serán de acero estándar

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

$$F = \tau A = 560 \pi D^2 / 4 = 560 (0.01) \pi = 5.6 \pi \text{ kg (CADA TORILLO)}$$

$$\text{Si son 4 tornillos: } F = 4 (5.6 \pi) = 22.4 \pi$$

$$F = \frac{1}{4} n \pi D^2 \tau = \frac{1}{4} 4 \pi (0.2)^2 560 = 22.4 \pi \text{ kg}$$

**Cálculo de la fuerza cortante máxima que deberán soportar los tornillos para ensamblar cada parte de rotación con la siguiente:**

$$F = \frac{1}{4} n \pi D \tau = \frac{1}{4} 4 \pi (0.2)^2 560 = 22.4 \pi \text{ kg}$$

## **C.- CALCULO DE LA RIGIDEZ**

**Cálculo decargas estáticas:**

**Cálculos del peso de las flechas:**

$$\text{Vol} = 8(8)1 + 0.1(\frac{1}{4} \pi (4.6)^2) + 1.2(\frac{1}{4} \pi (4)^2) + 3.1(\frac{1}{4} \pi (3.8)^2) + 0.1(\frac{1}{4} \pi (2.6)^2) + 1.2(\frac{1}{4} \pi (2)^2) + 0.1(\frac{1}{4} \pi (1.8)^2)$$

$$\text{Vol} = 16 + 80.529 + 4.8 + 11.191 + 0.169 + 1.2 + 0.081 \pi = 16 + 17.97 \pi = 72.45 \text{ cm}^3$$

$$W = \text{Vol } \rho = 72.45 (2.768) = 200.55 \text{ gr} \approx 201 \text{ gr}$$

**Cálculo del volumen de la carcasa:**

$$\text{Vol} = 8(8)6.9 - [(\frac{1}{4} \pi (6)^2) + 0.2(\frac{1}{4} \pi (5.4)^2) + 0.2(\frac{1}{4} \pi (4.2)^2) + 4(\frac{1}{4} \pi (4)^2) + 0.2(\frac{1}{4} \pi (3.4)^2) + 0.2(\frac{1}{4} \pi (2.2)^2)]$$

$$\text{Vol} = 441.6 - 28.16 \pi = 441 - 88.467 = 353.1328 \approx 353 \text{ cm}^3$$

**Cálculo del peso de la carcasa:**

$$W = \text{Vol } \rho = 353 (2.768) = 977.47 \approx 977 \text{ gr}$$

**Cálculo del peso de la flecha y carcasa:**

$$W_f + W_c = 201 + 977 = 1178 \text{ gr}$$

**Cálculo del volumen de la parte para sujetar el buril:**

$$\text{Vol} = 8(8)1 + 3(5) + 3(5(1.5) - \frac{1}{2}(1.6)(0.7)) + 0.5(5)2.5 + 3(2.5)2.5 - 1(0.5)2.5 + 1(0.5)0.6 + 0.6(2)2.5 + \frac{1}{2}(1.6(0.7) - 0.6(3))2.5 + \frac{3}{4}(0.5)^2\pi$$

$$\text{Vol} = 64 + 15 + 20.82 + 6.25 + 18.75 - 1.25 + 0.3 + 3 + 1.175 + 0.589 = 128.634 \approx 128.6 \text{ cm}^3$$

**Cálculo del peso de la parte para sujetar el buril (acero)**

$$W = \text{Vol } \rho = 128.6 (7.833) = 1007.59 \approx 1008 \text{ gr}$$

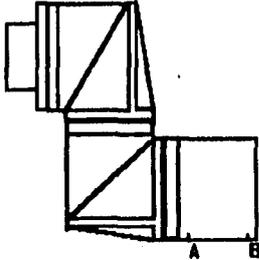
**Cálculo del volumen de los coples:**

$$\text{Vol} = 2[8(8)1] + 1[8(2) + 6(8)/2 + 1(8)/2] = 128 + 16 + 24 + 4 = 172 \text{ cm}^3$$

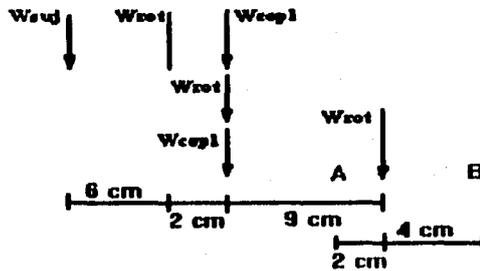
**Cálculo del peso de los coples:**

$$W = \text{Vol } \rho = 172 (7.833) = 1347 \text{ gr}$$

Suponemos que los pesos son cargas concentradas en el centro geométrico de cada parte:



Se calcularán las fuerzas provocadas por el peso en estos puntos (A y B)



Si fuera todo de acero:

$$F = 1008 + 3338 + 6032 + 3338 = 13716 \text{ gr} = 13.716 \text{ kg}$$

$$M = 1.008(18) + 3.338(12) + 6.032(10) + 3.338(1) = 121.86 \text{ kg cm}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow -13.716 + R_A + R_B = 0 \rightarrow R_A + R_B = 13.716 \Rightarrow R_A = R_B = 6.858 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow -13.16(3) + 121.86 + R_B(6) = 0 \Rightarrow R_B = + 13.4521 \text{ kg cm} \rightarrow$$

$$\Sigma M_B = 0 \Rightarrow 13.16(3) + 121.86 + R_A(6) = 0 \Rightarrow R_A = + 27.168 \text{ kg cm} \rightarrow$$

$$R_A = 6.858 + 27.160 = 34.026 \text{ kg (compresión)}$$

$$R_B = 13.452 - 6.858 = 6.594 \text{ kg (tensión)}$$

Supondremos que la fuerza será cortante

$$D = \sqrt{\frac{4F}{5\pi n}} = \sqrt{\frac{4(34.026)}{560\pi}}$$

$$D = 0.278 \text{ cm} \approx 0.28 \text{ cm}$$

Los tornillos tendrán que ser de:  $D = 3\text{mm}$

## D.- CALCULO DE RESISTENCIA A LA FATIGA

Para el cálculo de la resistencia a la fatiga se tendrá que tomar la zona más crítica de la pieza más crítica que es la corona dentada de las flechas de rotación.

$$\overline{Se'} = \text{Límite medio de resistencia a la fatiga} = 0.5 Sut$$

$Sut$  = Resistencia última

De la tabla 7.2 de la página 296 del Shigley:

$\overline{Se'}$

$$\frac{\overline{Se'}}{Sut} = 0.35 ;$$

$Sut$

$$\overline{Se'} = 80 \text{ Kpsi cuando } Sut > 200 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e'$$

- $S_e$  = Resistencia a la fatiga de la pieza
- $k_a$  = Factor de superficie
- $k_b$  = Factor de tamaño
- $k_c$  = Factor de confiabilidad
- $k_d$  = Factor de temperatura
- $k_e$  = Concentración de esfuerzos
- $k_f$  = Efectos diversos
- $S_e'$  = Resistencia a la fatiga de la probeta

$k_a$  : De la figura 7-10 de la página 308 del Shigley:

$$k_a = 0.95$$

$$k_b = 1.889 d^{-0.097} = 1.327 \quad (d = 38\text{mm})$$

$k_c$  : de la tabla 7-7 de la página 319 del Shigley (99%):

$$k_c = 0.814$$

$$k_d = 1 \text{ si } T \leq 450^\circ\text{C}$$

$$k_e = 1/k_f ; k_f = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0.4(1.2 - 1) = 1 + 0.08 = 1.08$$

$$k_e = 0.926$$

$$S_{ut} = 34 \text{ Kpsi}$$

$S_e'$

$$\frac{S_e'}{S_{ut}} = 0.35 ; \quad S_e' = 0.35 S_{ut} = 11.9 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = 0.97 (1.327) (0.814) (1) (0.926) (11.9) = 0.965 (11.9) = 11.48 \text{ Kpsi}$$

## E.- CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD:

$$n = F_u/F = S/\sigma = S/\tau; n = n_s + n_l; \quad \sigma_p = S/n_s; F_p = F_u/n_l$$

$n$  = Factor de seguridad  
 $F_u$  = Carga máxima (Valor límite de  $F$ )  
 $S$  = Resistencia  
 $\sigma$  = Esfuerzo  
 $n_s$  = Incertidumbres en la resistencia  
 $n_l$  = Incertezas respecto a las cargas  
 $\sigma_p$  = Esfuerzo permisible  
 $F_p$  = Carga permisible

$$\tau = (T r) / J$$

$$T = M = 121.86 \text{ kg cm}$$

$$\tau = (121.86 (2)) / (\pi (16) / 2) = 121.86 / 4\pi = 9.697 \approx 9.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{perm} (\text{aluminio}) = 370 \text{ kg/cm}^2$$

$$F.S. = \tau_{perm} / \tau = 370 / 9.7 = 38.14$$

$$F.S. = 38.14$$

## **CAPITULO IV**

### **A.- DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO**

#### **1 GENERAL:**

Para el propósito de afilar los buriles con buena precisión y en un corto tiempo, el dispositivo que aquí se diseñó asemeja a un robot (brazo mecánico) el cual tiene la capacidad de ser controlado numéricamente. El dispositivo está dividido en subensambles los cuales cumplen con una función específica cada uno. Estos subensambles son: "traslación z", "traslación 1", "traslación 2", "traslación 3", "cople 1", "rotación", "cople 2", "sujeción", y "control de rotación".

Para describir el funcionamiento del dispositivo, comenzaremos desde la parte inferior e iremos subiendo subensamble por subensamble.

#### **2 SUBENSAMBLE "TRASLACION Z":**

El primer subensamble que encontramos es el denominado "traslación z". Este subensamble es llamado así debido a que se encarga de proporcionar movimiento sobre el eje "z" (hacia arriba y abajo).

El subensamble "traslación z" está constituido por dos juegos iguales de ocho piezas manufacturadas cada uno. Dichas piezas están unidas y sujetadas entre sí por medio de:

- 16 Tornillos allen de acero de 5 mm de diámetro y 10 mm de largo;
- 4 Baleros de bolas de 20 mm de diámetro exterior y 16 mm de diámetro interior;

- 9 Pernos de 5 mm de diámetro y 6 mm de largo sin contar cabeza ni rosca;
- 9 Tuercas de castillo para sujetar cada uno de los pernos;
- 4 Guías de rodadura con número de parte CRW 6-400;
- 56 Tornillos allen de 5.3 mm de diámetro y 10 mm de largo para sujetar las guías de rodadura.

A continuación se hará la descripción de cada una de las piezas teniendo en cuenta que lo que se describa aquí se tendrá que multiplicar por dos debido a que las piezas están duplicadas y solamente se describirá un lado.

Las piezas denominadas como cuerpo están hechas en aluminio 2014-T4 mediante el proceso de maquinado, este maquinado se puede realizar con fresa o con cepillo siendo la primera opción por la que se optó debido a que en la universidad sí se cuenta con dicho equipo.

En cada una de las piezas "cuerpo", hay seis barrenos roscados de 5 mm de diámetro espaciados a una distancia de 50 mm cada uno. La función de estos barrenos es la de alojar unos pernos con el fin de que el subensamble pueda ser sujetado con la base y con el subensamble siguiente; también se tienen unos barrenos roscados de 5.3 mm de diámetro que tienen el propósito de alojar los tornillos allen que sujetarán a las guías de rodadura; en los extremos también existen unos barrenos roscados de 5 mm de diámetro y 10 mm de profundidad que tienen la función de alojar a los tornillos con que serán unidas las tapas.

En el subensamble "traslación z", hay dos tipos de tapas, cosa que no sucede en los otros subensambles de traslación. Estas tapas están hechas del mismo aluminio que el de los cuerpos y manufacturadas de igual forma.

Las tapas unen y sujetan a los cuerpos para darle al subensamble rigidez y congruencia a todo el conjunto de piezas.

Una de las tapas, la que tiene 15 mm de espesor, tiene la función de ser interfase entre los dos cuerpos dando rigidez al subensamble, alojamiento de un balero el cual sostendrá a la flecha motriz, e interfase y sujeción con el subensamble "control de rotación" el cual será descrito más adelante.

La otra tapa, la que tiene un espesor de 110 mm, además de la función de interfase entre los cuerpos y alojamiento del balero de la flecha motriz, sirve para que a través de los pernos de 5 mm de diámetro y 60 mm de largo, sujetar y a la vez permitir el movimiento giratorio a cuatro de las barras que serán descritas a continuación. Esta tapa es robusta para que soporte las fuerzas que

las barras aplicarán sobre ella. Estas fuerzas se deben a que las barras soportan el peso y las vibraciones del resto del dispositivo.

Las barras están hechas del mismo aluminio que las demás piezas ya descritas, y manufacturadas mediante el proceso de fundido y maquinado en las superficies que estarán en contacto con las otras piezas.

Estas barras son las encargadas de traducir el movimiento longitudinal en sentido horizontal del carro en movimiento vertical semeando una tijera. Estas barras, como ya se vió, están unidas a una de las tapas por medio de un perno y de igual manera estarán unidas con el carro. También en la parte de enmedio de las barras va colocado otro perno que hará las funciones de pivote para conseguir así el movimiento vertical.

El carro es el elemento que transfiere la fuerza motriz de la flecha a las barras. Este carro está hecho del mismo material y bajo el mismo proceso de fabricación que los cuerpos.

El carro está unido a los cuerpos a través de las guías de rodadura que lo sujetarán y le permitirán que se mueva longitudinalmente en dirección horizontal. Para unir al carro con las guías de rodadura, este cuenta con sus respectivos barrenos roscados de 5.3 mm de diámetro. Cuenta además con dos "orejas" en su parte inferior que tienen un barreno roscado que las atraviesa por donde pasará la flecha. En la parte superior del carro encontramos otras orejas que son por medio de las cuales se unirán las barras con sus respectivos pernos.

La flecha estará hecha de bronce por sus características autolubricantes y estará manufacturada por el proceso de torneado.

La flecha es la pieza que transfiere la fuerza motriz del motor eléctrico al carro gracias a que es una flecha roscada que trabaja como un tornillo sinfin. La flecha pasa por enmedio de los cuerpos y a través del carro y está sujeta a las tapas por medio de dos baleros de bolas que además de evitar que la flecha se mueva en alguna dirección no deseada, permitirán su movimiento giratorio. En uno de los extremos de la flecha se encuentra el motor eléctrico de corriente directa con su respectivo subensamble de "control de rotación" del cual hablaremos más tarde.

Cabe observar que en el subensamble "traslación z" solamente hay una flecha en comparación de las demás piezas del subensamble las cuales están duplicadas. Esto es por la razón de que si se tuvieran dos flechas motrices pudiera haber alguna discrepancia entre las dos señales de entrada de los motores eléctricos de corriente directa provocando interferencia y que toda la

operación del subensamble se pueda atorar aún cuando la discrepancia sea muy pequeña. Se pudiera considerar la posibilidad de una segunda flecha en orden de duplicar la potencia del subensamble y así obtener una fuerza mayor para el movimiento longitudinal sobre el eje "z", pero en consecuencia de que estos movimientos no tienen que ser rápidos, esta segunda flecha no es necesaria.

### **3 SUBENSAMBLE "TRASLACION 1":**

El subensamble "traslación 1" está unido y sujetado con el subensamble "traslación z" por medio de unos pernos de los cuales ya hablamos cuando se estaban describiendo los cuerpos del subensamble "traslación z".

El subensamble "traslación 1" es muy similar a todos los subensambles de traslación con el fin de estandarizar lo más que se pueda a las piezas que constituyen el dispositivo. Este subensamble se encarga de proporcionar movimiento longitudinal sobre un eje horizontal (llamase "x" o "y" dependiendo de cómo sean vistos los ejes de coordenadas). Está unido en su parte inferior con el subensamble "traslación z" como ya hemos visto y en su parte superior con el subensamble "traslación 2". Cuenta también con un motor eléctrico de corriente directa y su respectivo subensamble de "control de rotación".

En el subensamble "traslación 1" las piezas que lo constituyen son cinco y están unidas y sujetadas entre sí por:

2 Baleros de bolas similares a los usados en el subensamble "traslación z".

8 Tornillos allen de 5 mm de diámetro y 10 mm de largo.

16 Pernos de 6 mm de diámetro y 20 mm de largo sin contar rosca ni cabeza.

16 Tuercas de castillo para los pernos anteriores.

32 Tornillos allen de 5.3 mm de diámetro y 10 mm de largo para sujetar las guías de rodadura.

2 Guías de rodadura con número de parte CRW 6-400

Las piezas que aquí llamaremos cuerpo, al igual que en el subensamble "traslación z", son del mismo material, están hechas bajo el mismo proceso de fabricación y cumplen con la misma función.

Lo único en que se diferencian de las anteriores es en su longitud ya que éstas miden 400 mm de largo en comparación de 320 mm de largo. Otra diferencia es que las guías de rodadura que aquí van soportadas, en este caso no van unidas en el otro extremo a un carro parte del mismo subensamble sino

que el carro en esta ocasión será el subensamblable "traslación 2" y de esta manera es como se crea una interfase con el siguiente subensamblable, la otra será a través de la flecha. También los cuerpos cuentan con barrenos que alojarán a los pernos con los que estará unido este subensamblable ("traslación 1") con el subensamblable anterior ("traslación z"). También en los extremos hay unos barrenos roscados que mediante los tornillos allen de 5 mm de diámetro y 10 mm de largo, se unen cada uno de los cuerpos con las tapas.

Las tapas en este caso del subensamblable "traslación 1" son ambas iguales e idénticas a la tapa del subensamblable "traslación z" de espesor de 15 mm. Estas tapas están fabricadas del mismo material, con el mismo método de fabricación y cumplen con la misma función que la tapa antes mencionada.

La flecha también es similar a la del subensamblable anterior, y al igual que los cuerpos, la única diferencia es su longitud. Está hecha del mismo material, bajo el mismo proceso de fabricación y cumple con las mismas funciones.

Solamente que aquí en vez de transmitir la fuerza motriz a un carro, la transmite al siguiente subensamblable ("traslación 2"). También en uno de sus extremos la hallamos unida al motor eléctrico de corriente directa con su respectivo subensamblable "control de rotación".

#### **4 SUBENSAMBLE "TRASLACION 2":**

El siguiente subensamblable, que hemos llamado "traslación 2", está unido y sujetado al subensamblable anterior ("traslación 1") por medio de las guías de rodadura y flecha del mismo.

La función de este subensamblable es la de proporcionar movimiento longitudinal sobre el eje perpendicular horizontal respecto al subensamblable "traslación 1".

Como ya hemos dicho, este subensamblable será muy parecido a los anteriores pero con algunas modificaciones.

Los elementos de sujeción son casi los mismos que en "traslación 1" con la diferencia de que aquí no existen los pernos de sujeción con el subensamblable anterior y unos seis tornillos allen de 5.3 mm de diámetro y 10 mm de largo extras.

Los cuerpos de este subensamblable son del mismo material, están fabricados bajo el mismo proceso de manufactura, son de las mismas

dimensiones y cumplen con las mismas funciones que los cuerpos de "traslación 1". Aquí la diferencia recae en que los cuerpos tienen algunos elementos extras los cuales están soldados y para esto, se deberán soldar por medio del proceso TIG ya que son de aluminio.

Primero nos encontramos que hay una placa con un barreno roscado que la atraviesa, la cual está unida a la parte inferior de cada cuerpo y es por ahí exactamente por donde va a pasar la flecha motriz del subensamblé "traslación 1".

Los otros elementos extras son dos soportes que unen a los cuerpos formando uno solo. Estos soportes también están soldados por medio del proceso TIG y, además de proporcionar rigidez adicional, son el medio por el cual estarán sujetadas las guías de rodadura del subensamblé anterior. Por lo tanto, se puede observar que estos elementos adicionales tienen la función principal de unir el subensamblé "traslación 2" con el subensamblé "traslación 1" pero además uniendo a los dos cuerpos los convierten a éstos dos en una sola pieza y dan una mayor rigidez a todo el conjunto.

Los demás elementos del subensamblé "traslación 2" son idénticos a los restantes del subensamblé "traslación 1", y por lo tanto, ya no haremos mención de ellos.

## **5 SUBENSAMBLE "TRASLACION 3":**

El subensamblé "traslación 3" se compone de una sola pieza. Este subensamblé, por lo tanto, es muy similar al carro que forma parte del subensamblé "traslación 2". Debido a esta similitud, el proceso de fabricación y el material de este subensamblé son los mismos que para la pieza aquí mencionada.

El subensamblé "traslación 3" tiene la función de recibir la fuerza motriz de la flecha del subensamblé "traslación 2" y transmitirla a los subsiguientes subensambles.

Como ya dijimos, el subensamblé "traslación 3" consta de una sola pieza. Esta pieza es una placa sobre la que va montada el subensamblé siguiente ("cople 1") y para ese propósito dicha placa tiene cuatro barrenos roscados de 5 mm de diámetro y 10 mm de profundidad para que en ellos sean alojados unos tornillos allen con los que estará sujeto el siguiente subensamblé. Análogamente a los cuerpos del subensamblé "traslación 2", en la parte inferior del subensamblé "traslación 3" encontramos soldadas unas placas con un

barreno roscado que las atraviesa, y es por ahí exactamente por donde va a pasar la flecha motriz del subensamblé "traslación 2".

Los otros dos elementos que se pueden observar, también análogamente a los cuerpos del subensamblé "traslación 2", son dos soportes soldados por medio del proceso TIG y que son el medio por el cual estarán sujetadas las guías de rodadura del subensamblé anterior ("traslación 2"). En estos soportes se pueden observar los barrenos roscados de 5.3 mm de diámetro para alojar a los tornillos allen que sujetarán dichas guías de rodadura.

## **6 SUBENSAMBLE "COPLÉ 1":**

La función del subensamblé "cople 1" es la de unir y sujetar a subensamblé "traslación 3" con uno de los tres subensambles de "rotación" que tiene el dispositivo. Este subensamblé está constituido por una pieza que asemeja a un perfil "L" y dos placas iguales que le dan rigidez. El material del que están hechas las piezas es aluminio 2014-T4 y su proceso de fabricación es cortadas y después unidas por soldadura.

En la parte inferior de la pieza "L", se pueden observar cuatro barrenos roscados para alojar a los tornillos allen por los que por medio sea atornillado el subensamblé "traslación 3" con "cople 1" y en la parte lateral de la misma pieza se observa un barreno roscado con el que se unirá, a través de un tornillo de 5 mm de diámetro al subensamblé "rotación".

En las placas se observan también varios barrenos roscados: tres de 5 mm de diámetro que sirven también para sujetar el subensamblé "rotación" y tres barrenos roscados de 2 mm de diámetro para que por medio de unos tornillos sean unidas las placas con la pieza "L" dándole así buena rigidez a todo el subensamblé.

## **7 SUBENSAMBLE "ROTACION":**

Los subensambles "rotación" son tres y tienen la función de proporcionar movimiento rotacional a los cuales estarán dispuestos en cascada para poder alcanzar todas las posiciones posibles.

Estos subensambles constan de tres piezas fabricadas y de las siguientes piezas adquiridas;

**5 Tornillos de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo.**

**2 Tornillos de 5 mm de diámetro y 15 mm de largo.**

**1 Balero de bolas de 40 mm de diámetro exterior y 20 mm de diámetro interior.**

**1 Balero de bolas de 60 mm de diámetro exterior y 40 mm de diámetro interior.**

La primera pieza a describir es la llamada flecha de rotación. Esta pieza está hecha de aluminio 2014-T4 y su proceso de fabricación es torneada y después fresada para proveerla de una corona por la cual va a ser transmitida la fuerza motriz desde un tornillo sinfin globoidal que estará conectado a un motor eléctrico de corriente directa.

Esta pieza consiste de un solo bloque de aluminio en el cual un extremo es cuadrado para sujetar al siguiente subensamblé (ya sea "cople 2" o "sujeción") y para tal motivo cuenta con cuatro barrenos roscados de 5 mm de diámetro y 10 mm de profundidad. Seguido de esta sección cuadrada, comienzan las secciones cilíndricas dispuestas de tal forma que permitan alojar a los baleros, los cuales le darán a la pieza flecha de rotación soporte y sujeción. También tiene lugar para recibir dos anillos elásticos los cuales sujetarán a los baleros y evitarán su desplazamiento axial con respecto de la flecha de rotación. En la parte central de las secciones cilíndricas de la pieza, y por medio de un fresado, se incorpora una corona la cual recibirá la fuerza motriz desde un tornillo sinfin globoidal el cual está hecho de bronce por el proceso de fresado y que a su vez recibe la fuerza de un motor eléctrico de corriente directa, con su respectivo subensamblé "control de rotación".

Los baleros de bolas que sostienen a la flecha de rotación, son a su vez sostenidos por las piezas "carcasa 1" y "carcasa 2". Estas piezas son de aluminio 2014-T4 y están hechas por el proceso de torneado.

La función de estas dos piezas es la de alojar a la flecha de rotación, al tornillo sinfin y al motor eléctrico de corriente directa para que así el subensamblé sea un solo cuerpo compacto y con buena rigidez. Además, las piezas "carcasa 1" y "carcasa 2", en conjunto, son el medio con el que se sujetará el subensamblé anterior ("cople 1" o "cople 2" según sea el caso) y para esta función tienen barrenos roscados dispuestos para su sujeción y posicionamiento.

Las dos piezas "carcasa 1" y "carcasa 2" se acoplan mediante cinco tornillos de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo para que así, todas las demás piezas queden dentro de la cavidad que se forma en su interior.

## **8 SUBENSAMBLE "COPLE 2" :**

El subensamble "cople 2" es muy similar al subensamble "cople 1" y cumple con la misma función de ser vehículo para la sujeción de diferentes subensambles del dispositivo, en este caso, para unir "rotación" con "rotación".

Las piezas que constituyen este subensamble son muy similares a las piezas del subensamble "cople 1" y los materiales que los constituyen y su proceso de fabricación son los mismos, aunque difieren un poco en la forma de éstas.

La primera pieza, equivalente a la pieza "L", aquí la llamaremos pieza "T" por su forma. Esta pieza, en su parte inferior, tiene los mismos barrenos roscados de la pieza "L", dispuestos de la misma manera y cumpliendo con la misma función. En la parte lateral de la pieza "T" se puede observar el barreno roscado central análogo al de la pieza "L".

Las caras del subensamble "cople 2" también cumplen con la misma función que las caras del subensamble "cople 1" y cuentan con los mismos barrenos roscados para exactamente las mismas funciones.

## **9 SUBENSAMBLE "SUJECION" :**

El subensamble "sujeción", como su nombre lo dice, es el que finalmente irá a sujetar al buril para ser afilado.

Este subensamble está constituido por cuatro piezas fabricadas y las siguientes piezas adquiridas:

8 Tornillos de 5 mm de diámetro y 15 mm de largo.

1 Tornillo opresor de 5 mm de diámetro y 45 mm de largo.

La primera pieza, a la que llamaremos base, está hecha de acero y su proceso de fabricación es cortada y soldada. Está constituida por una placa que tiene cuatro barrenos roscados para que por medio de ellos sea sujeta al subensamble "rotación" que es el inmediato anterior. Soldadas a esta placa, hay otras dos, las cuales tienen cuatro barrenos roscados cada una para que por medio de unos tornillos sean sujetos los "rieles". Una de esas placas está además fresada para ser soporte y sujeción del buril. La otra, tiene un barreno roscado extra con el propósito de que por ahí pase el tornillo opresor.

En medio de estas placas son colocados los rieles. Dichos rieles son de acero y son fabricados por el proceso de fresado.

La función de estos rieles, por su forma, es la de "encaminar" correctamente a la siguiente pieza (presionador) y evitar que ésta se desvíe y pueda sujetar mal al buril.

La última pieza del subensamble "sujeción" es la denominada presionador que está hecha de acero por el proceso de fresado.

La función del presionador es la de transmitir la fuerza del tornillo opresor al buril y así ser sujetado gracias a la presión que se genera en contra de una de las placas de la base.

## **10 SUBENSAMBLE "CONTROL DE ROTACION":**

El siguiente y último subensamble es el llamado "control de rotación", que ya hemos mencionado anteriormente. Este subensamble es el que hace posible que el dispositivo sea controlado numéricamente ya que sensa el sentido y ángulo de rotación de cada uno de los motores de corriente directa.

Hay uno de estos subensambles contiguo a cada subensamble "rotación", al "traslación z", "traslación 1" y "traslación 2" haciendo un total de seis subensambles "control de rotación" en todo el dispositivo. De cada uno de estos subensambles "control de rotación", sale un bus de datos discretos con el que se lleva el conteo de los ángulos que ha girado cada motor, y entran dos cables de corriente directa para la alimentación de cada motor. Ya que los motores son de corriente directa, dependiendo de la polarización que lleven los cables de alimentación de energía eléctrica, será su sentido de giro, de modo que también se pueda controlar esta variable.

Las piezas fabricadas que conforman el subensamble "control de rotación" son seis y las piezas adquiridas serán:

4 Tornillos de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo.

1 Balero de bolas de 21 mm de diámetro exterior y 11 mm de diámetro interior.

1 anillo elástico de 9 mm de diámetro interior.

La pieza a la cual llamaremos adaptador, está hecha de aluminio 2014-T4 por el método de fresado.

El adaptador es una pieza que se sujeta a presión a la flecha del motor y sirve de vehículo para transmitir el movimiento a la pieza llamada elemento giratorio, con el cual va unido mediante un tornillo de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo.

El elemento giratorio es una pieza fabricada de termoplástico para asegurar sus cualidades dieléctricas por el método de inyección.

Este elemento giratorio recibe el movimiento del motor a través del adaptador, y lo transmite a un anillo de cobre-berilio el cual está sujetado al elemento giratorio a presión. El elemento giratorio está soportado por un balero de bolas de 21 mm de diámetro exterior y 11 mm de diámetro interior y éste a su vez por un anillo elástico para evitar su desplazamiento axial.

Al anillo de cobre-berilio que está incrustado en el elemento giratorio, se le maquinarán 40 surcos en dirección axial sobre su diámetro exterior y espaciados uniformemente. Después será barnizado asegurándose de que el barniz penetre en dichos surcos y después deberá ser pulido para descubrir el metal de las zonas a las que no se les hizo surco obteniendo una especie de "jaula de ardilla" que nos servirá para contabilizar el ángulo que ha girado el motor.

Este anillo de cobre-berilio, al girar, provocará que los rozadores hagan contacto eléctrico intermitente contando así cada punto que es una cuarentava parte de una revolución.

Los rozadores son dos láminas también de cobre-berilio y son fabricados por un proceso de troquelado.

Como ya se dijo, los rozadores rozan con el anillo de cobre-berilio y cuando una zona desnuda del metal toca a los rozadores, se cierra el circuito haciendo contacto eléctrico contabilizando un punto lo que significa que el motor ha girado 1/40 de revolución. A estos rozadores están soldados los cables que llevan la corriente eléctrica para la contabilización de puntos y están sujetos por la caja exterior insertándolos a presión en la misma.

Dentro de la caja exterior son contenidas todas las demás piezas del subensamble "control de rotación". Está hecha de termoplástico para también asegurar sus propiedades dieléctricas y en consecuencia evitar que haya contacto eléctrico entre las demás piezas del subensamble "control de rotación" las cuales se encuentran en su interior. El proceso de fabricación de esta caja exterior es por el proceso de inyección.

Esta caja exterior, además de funcionar como contenedor, funciona como sujetador de todo el subensamble al subensamble contiguo y esto se realiza por medio de tres tornillos de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo que penetran en barrenos roscados dispuestos en los subensambles a los que estará sujeto.

**Esta caja exterior soporta al balero que a su vez soporta al elemento giratorio, y a los rozadores. También tiene conductos para permitir el paso de los cables eléctricos, tanto los que se conectan a los rozadores como los que van a las terminales del motor eléctrico de corriente directa.**

**Con esta descripción se pretende dar una idea más clara de cómo funciona este dispositivo y complementar lo que los dibujos del mismo puedan llegar a dejar en duda**

## **B.- ENSAMBLE DEL DISPOSITIVO**

### **1 GENERAL:**

El propósito de esta sección es el de dar una guía para el ensamble y desensamble correcto del dispositivo para asegurarse de su buen funcionamiento. Para este motivo, se seguirá el mismo método que para la descripción: comenzaremos desde el subensamble inferior e iremos subiendo subensamble por subensamble.

### **2 SUBENSAMBLE "TRASLACION Z"**

a.- Para el ensamble del subensamble "traslación z", se deberá colocar primero el balero de bolas en la tapa de 110 mm de espesor a presión. Asegurarse de que el balero esté bien lubricado con grasa roja.

b.- Después de colocado el balero de bolas en la tapa, se acoplan los cuerpos a dicha tapa mediante los tornillos de 5 mm de diámetro y 10 mm de largo.

c.- Bañar a la flecha en aceite SAe 40 e insertarla en el balero de bolas de la tapa de 110 mm de espesor.

d.- Colocar las guías de rodadura sobre los cuerpos y la tapa de 110 mm de espesor y asegurarlas con sus tornillos allen. Asegurarse de que las guías de rodadura estén bien lubricadas con grasa roja.

e.- Insertar el carro en la flecha dándole vueltas a esta y asegurarlo a las guías de rodadura.

f.- Colocar un balero de bolas en la tapa de 15 mm de espesor. Asegurarse de que el balero está bien lubricado con grasa roja.

g.- Acoplar la tapa de 15 mm de espesor a los cuerpos asegurándose de que se inserte bien la flecha en el balero de bolas. Dar unos golpes a la tapa si es necesario para este motivo.

- h.- Colocar las barras en la tapa de 110 mm de espesor y asegurarlas con los pernos de bronce. Asegurar a éstos con sus respectivas tuercas de castillo.
- i.- Colocar las barras en el carro y asegurarlas con los pernos de bronce. Asegurar a éstos con sus respectivas tuercas de castillo.
- j.- Colocar los pernos pivote entre las barras a través del barrenado que tienen en su parte central. Asegurar a los pernos con sus tuercas de castillo.
- k.- Repetir desde el paso "a" hasta el paso "j" con la segunda sección del subensamble "traslación z" y acoplar las dos secciones a través de las barras.

### **3 SUBENSAMBLE "TRASLACION 1"**

- a.- Colocar los cuerpos encima del subensamble "traslación z" y asegurarlos a este mediante los pernos de 5 mm de diámetro y 20 mm de largo.
- b.- Colocar los baleros de bolas en cada una de las tapas. Asegurarse de que los baleros estén bien lubricados con grasa roja.
- c.- Acoplar una de las tapas a los cuerpos mediante sus tornillos.
- d.- Bañar a la flecha en aceite SAE 40 e insertarla en el balero de la tapa que ya ha sido acoplada.
- e.- Colocar las guías de rodadura sobre los cuerpos y asegurarlas con sus tornillos allen. Asegurarse de que las guías de rodadura estén bien lubricadas con grasa roja.
- f.- Insertar los cuerpos del subensamble "traslación 2" en la flecha dándole vueltas a ésta y asegurarlo a las guías de rodadura.
- g.- Acoplar la otra tapa a los cuerpos asegurándose de que se inserte bien la flecha en el balero de bolas. Dar unos golpes a la tapa si es necesario para este motivo.

#### **4 SUBENSAMBLE "TRASLACION 2"**

a.- Colocar las guías de rodadura sobre los cuerpos y asegurarlas con sus tornillos allen. Asegurarse de que las guías de rodadura estén bien lubricadas con grasa roja.

b.- Colocar los baleros de bolas en cada una de las tapas. Asegurarse de que los baleros estén bien lubricados con grasa roja.

c.- Acoplar una de estas tapas a los cuerpos mediante sus tornillos.

d.- Bañar a la flecha en aceite SAE 40 e insertarla en el balero de la tapa que ya ha sido acoplada.

e.- Insertar el subensamble "traslación 3" en la flecha dándole vueltas a ésta y asegurarlo a las guías de rodadura.

g.- Acoplar la otra tapa a los cuerpos asegurándose de que se inserte bien la flecha en el balero de bolas. Dar unos golpes a la tapa si es necesario para este motivo.

#### **5 SUBENSAMBLE "TRASLACION 3"**

Este subensamble, al ser de una sola pieza y ya estar acoplado, no necesita de mayor atención.

#### **6 SUBENSAMBLE "COPLÉ 1"**

a.- Acoplar las placas con la pieza "L" mediante sus tornillos de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo.

b.- Colocar el subensamble "cople 1" sobre el subensamble "traslación 3" y asegurarlo con los tornillos de 5 mm de diámetro y 10 mm de largo.

#### **7 SUBENSAMBLE "ROTACION"**

a.- Colocar los baleros en la flecha de rotación. Asegurarse de que los baleros estén bien lubricados con grasa roja.

b.- Insertar a la flecha de rotación en la carcasa 1 a presión. Dar unos golpes a la flecha si es necesario pero asegurándose de no dañarla para este motivo.

c.- Bañar el tornillo sinfin globoidal en aceite SAE 40 e insertarlo con sus respectivos baleros bien lubricados con grasa roja y el motor eléctrico de corriente directa en su cavidad de la carcasa 1. Tener precaución de no dañar los dientes del tornillo sinfin o de la corona en este proceso.

d.- Colocar la carcasa 2 en el resto del conjunto y asegurarla con los tornillos de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo. Se tendrá que asegurar de que haya entrado bien la carcasa 2 al resto del conjunto antes de colocar los tornillos para evitar que se forcen.

e.- Colocar el conjunto en los subensambles "cople 1" o "cople 2" según sea el caso y asegurarse con los tornillos de 5 mm de diámetro y 10 mm de largo.

## **8 SUBENSAMBLE "COPLER 2"**

a.- Acoplar las placas con la pieza "T" mediante sus tornillos de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo.

b.- Colocar el subensamble "cople 2" sobre el subensamble "rotación" y asegurarlo con los tornillos de 5 mm de diámetro y 10 mm de largo.

## **9 SUBENSAMBLE "SUJECION"**

a.- Colocar la base en el subensamble "rotación" y asegurarla con cuatro tornillos de 5 mm de diámetro y 10 mm de largo.

b.- Colocar el presionador en medio de las placas de la base

c.- Colocar los rieles entre las placas de la base asegurándose de que el presionador quede libre de movimiento solamente en la dirección de los rieles. Asegurar los rieles a la base con ocho tornillos de 5 mm de diámetro y 15 mm de largo.

d.- Colocar el tornillo opresor en el barreno ex profeso.

## **10 SUBENSAMBLE "CONTROL DE ROTACION"**

- a.- Acoplar el adaptador a la flecha del motor de corriente directa a presión.
- b.- Insertar el anillo de cobre-berilio a presión en el elemento giratorio.
- c.- Insertar a presión el acoplador en el elemento giratorio y asegurarlo con un tornillo de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo.
- d.- Insertar a presión el balero de bolas en el elemento giratorio y asegurarlo con un anillo elástico de 9 mm de diámetro interior. Asegurarse de que el balero esté bien lubricado con grasa roja pero no excesiva.
- e.- Insertar el elemento giratorio a presión dentro de la caja exterior.
- f.- Insertar los rozadores ya con el cable del bus soldado a ellos en su parte posterior a presión dentro de la caja exterior.
- g.- Asegurar el subensamble "control de rotación" al subensamble contiguo mediante tres tornillos allen de 2 mm de diámetro y 10 mm de largo.

## **C.- PRACTICAS DE CALIBRACION**

### **1 GENERAL:**

Para que el dispositivo controlado numéricamente siempre tenga un marco de referencia idéntico en cada ciclo que se use, es necesario calibrarlo cada vez que se encienda. Para dicha calibración, se va a dividir en calibración de los subensambles de traslación y calibración de los subensambles de rotación.

### **2 CALIBRACION DE LOS SUBENSAMBLES DE TRASLACION**

a.- Se deberá colocar el carro o siguiente subensamblable en la parte más cercana de la flecha al motor eléctrico de corriente directa. Esto se deberá realizar de manera semiautomática desde el teclado de la computadora que controla el dispositivo.

### **3 CALIBRACION DE LOS SUBENSAMBLES DE ROTACION**

a.- Se deberá colocar la esquina de la parte cuadrada de la flecha de rotación alineada con la esquina de la carcasa 1. Para evitar posibles confusiones de esquinas, las esquinas a alinear deberán estar marcadas con pintura indeleble roja.

### **4 "RESETEO" DE COORDENADAS**

a.- Ya que estén los subensambles en las posiciones antes descritas, desde el teclado de la computadora que controla el dispositivo, se dará la instrucción "reset" para que el sistema de coordenadas se alinee y se calibren todos los subensambles a cero.

# **CAPITULO V**

## **CONCLUSIONES**

El dispositivo aquí diseñado tiene un potencial muy grande tanto en la industria como en las universidades.

En la industria se pueden ahorrar muchos tiempos muertos ocasionados por la desviación de la atención del operador para afilar los buriles, además de incrementar la calidad reduciendo considerablemente el margen de error en el afilado de buriles, aumentando así, en consecuencia, la calidad de las piezas torneadas.

Para fines didácticos, se puede utilizar para bajar el riesgo que corre el alumno al afilar los buriles con los que está trabajando, ya que es inexperto y el esmeril puede llegar a ser una herramienta muy peligrosa si no es utilizada con las debidas precauciones. Adeniás puede llegar a ser una herramienta muy valiosa en la enseñanza del manejo de las máquinas de control numérico, ya que siendo no solamente diferente a las máquinas existentes, gracias a la complejidad de los ángulos con los que puede ser afilado un buril, el alumno podrá aprender a traducir dichos ángulos a instrucciones comprensibles para la computadora y ella realice el trabajo enriqueciendo así la formación del alumno en este rubro.

El sistema de coordenadas y el programa controlador del dispositivo se dejan abiertos para su desarrollo en algún otro trabajo de investigación, por el motivo de que este trabajo se enfoca básicamente al diseño del dispositivo en sí ("hardware").

## **BIBLIOGRAFIA:**

**Introducción a la Mecánica de Sólidos.**

Egor P. Popov  
Editorial Limusa  
México 1983

**Elementos de Máquinas**

Viktor Dobrovolski  
Editorial Mir  
Moscú

**Manual de Máquinas Herramientas**

Herman W. Pollack  
Editorial Prentice Hall  
México 1987

**Diseño en Ingeniería Mecánica**

Joseph E. Shigley, Larry D. Mitchell  
Editorial Mc. Graw-Hill, Cuarta edición  
México 1983

**Fundamentals of Metal Macining and Machining and Machine Tools**

**Principos Fundamentales para el Diseño de Herramientas.**

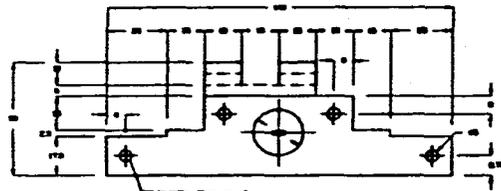
A.S.T.M.E.  
Editorial C.E.C.S.A. Séptima edición  
México 1984

**Análisis y Síntesis Cinemáticos de Sistemas Mecánicos**

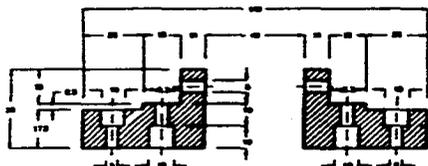
Dr. Félix Jorge Angeles Alvarez  
Editorial Limusa  
México 1978

**Mecanismos y Dinámica de Maquinaria**  
**Hamilton H. Marbie, Fred W. Ocvirk**  
**Editorial Limusa**  
**México 1981**

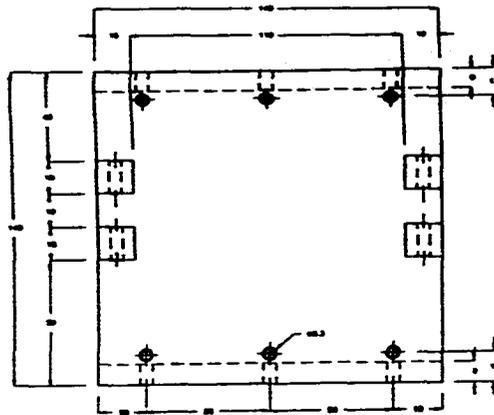
# **APENDICES**



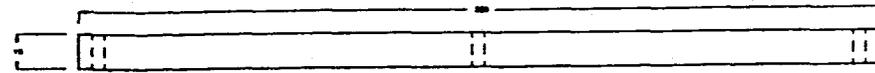
VISTA LATERAL



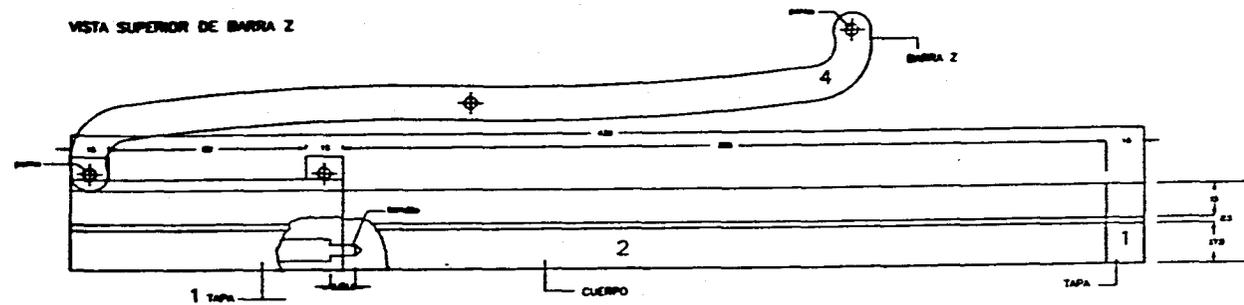
CORTE B-B'



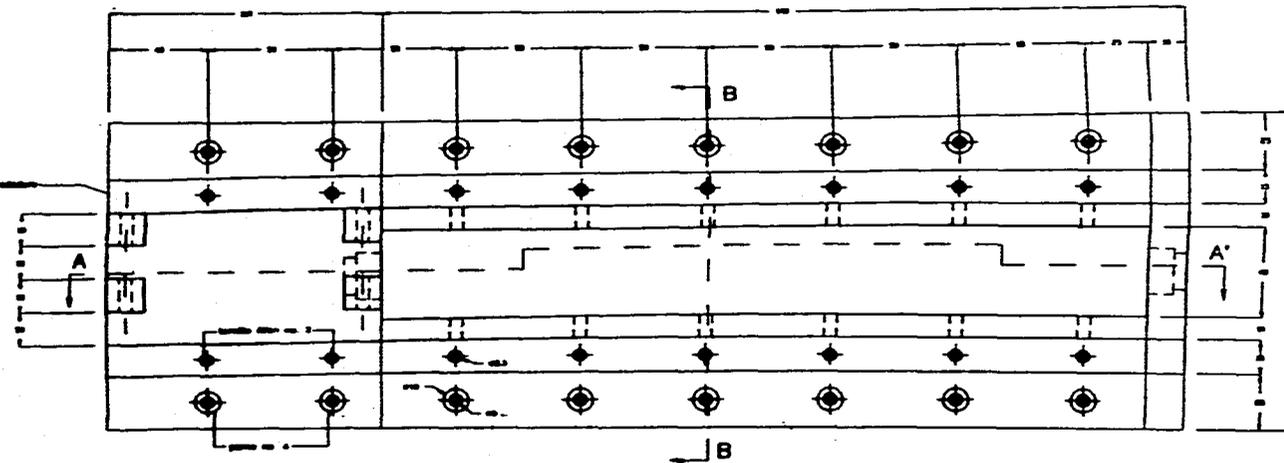
VISTA SUPERIOR CARRO Z



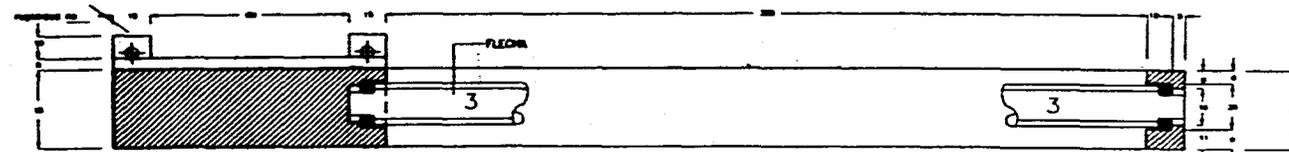
VISTA SUPERIOR DE BARRA Z



VISTA FRONTAL

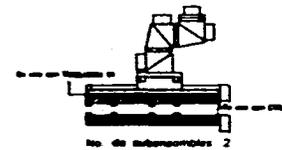


VISTA SUPERIOR



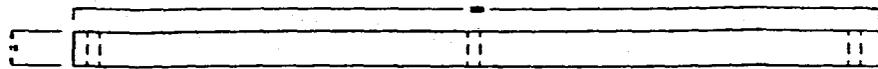
CORTE A-A'

Subensamble:  
**TRASLACION Z**  
 (vistas y cortes)  
 escala 1:1  
 cotaciones en mm.

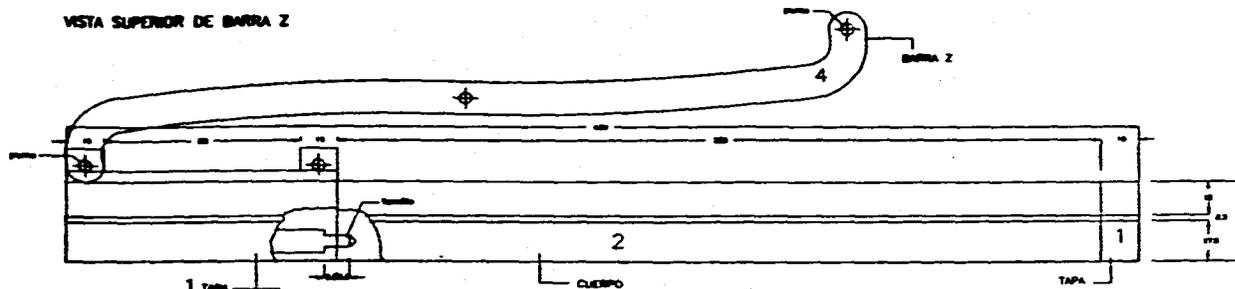


No. de subensambles 2

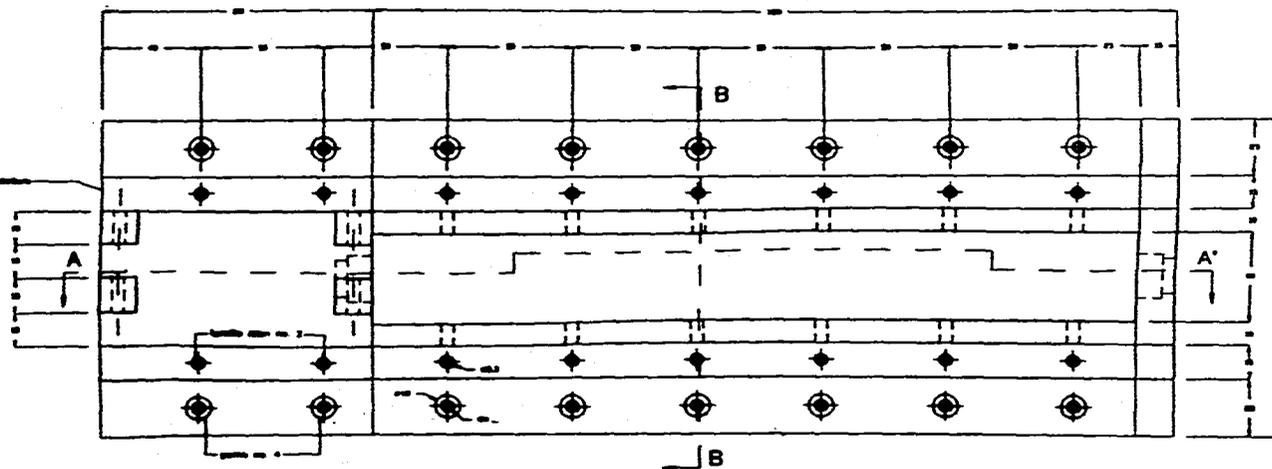
Subensamble: TRASLACION 02 No.4			
PIEZAS:			
No	Descripcion	Material	Proceso de fabricacion
1	Tapa	Aluminio	
2	Cuerpo	Aluminio	
3	Flacha	Bronce	
4	Barras (4)	Aluminio	



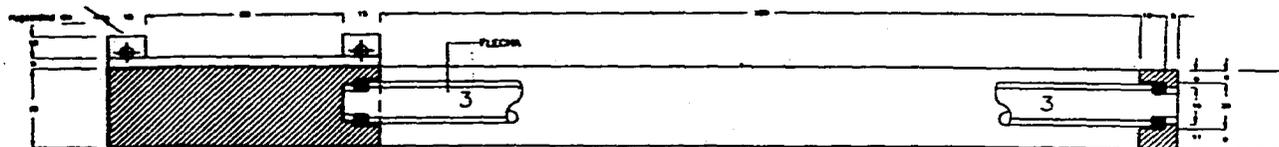
VISTA SUPERIOR DE BARRA Z



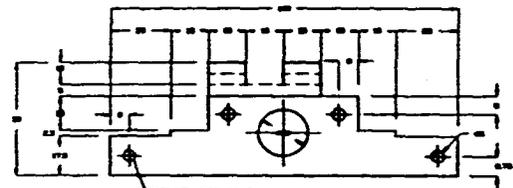
VISTA FRONTAL



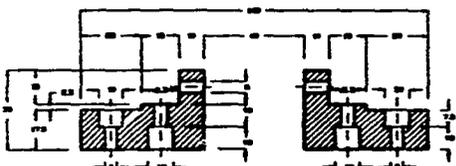
VISTA SUPERIOR



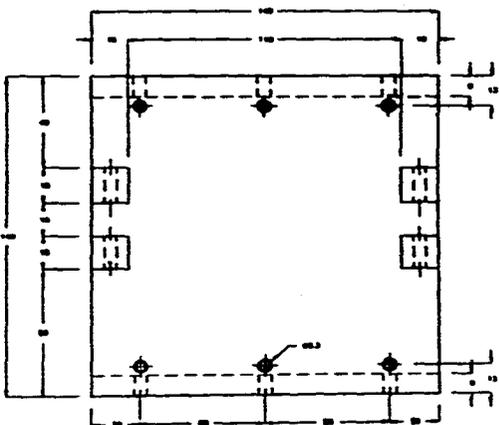
CORTE A-A'



VISTA LATERAL



CORTE B-B'



VISTA SUPERIOR CARRO Z

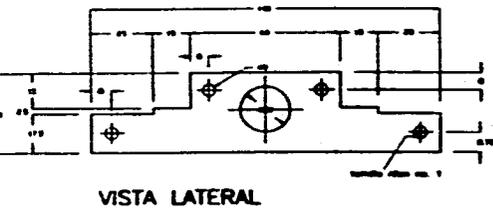
Subensamble:  
TRASLACION Z  
(vistas y cortes)  
escala 1:1  
cotaciones en mm.



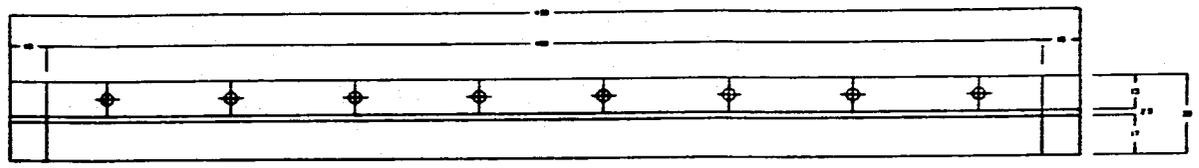
No. de subensambles: 2

Subensamble: TRASLACION 02 No.4

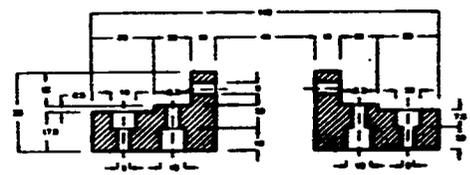
PIEZAS:			
No.	Descripcion	Material	Proceso de fabricacion
1	Tapa	Aluminio	
2	Cuerpo	Aluminio	
3	Flanco	Bronce	
4	Barras (4)	Aluminio	



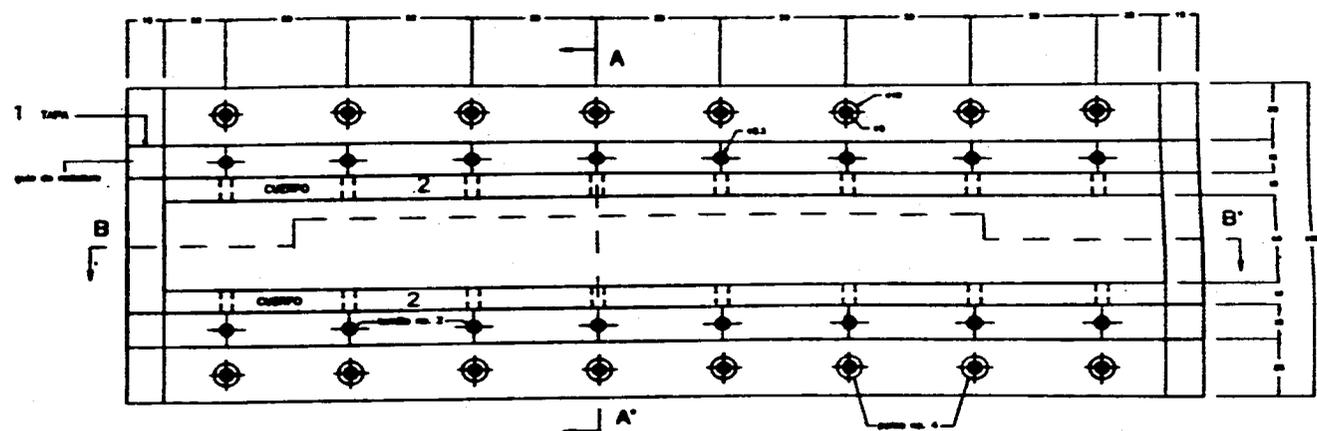
VISTA LATERAL



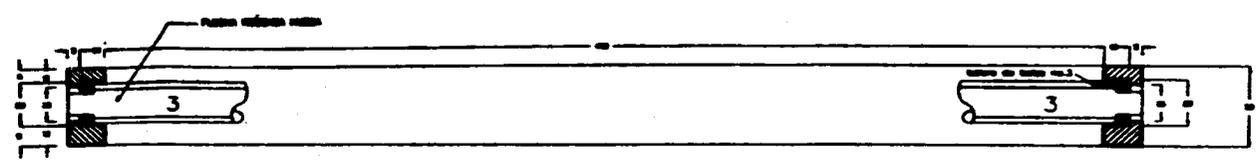
VISTA FRONTAL



CORTE A-A'

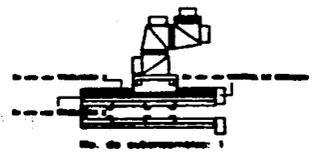


VISTA SUPERIOR

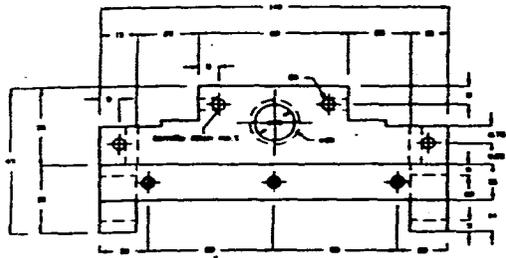


CORTE B-B'

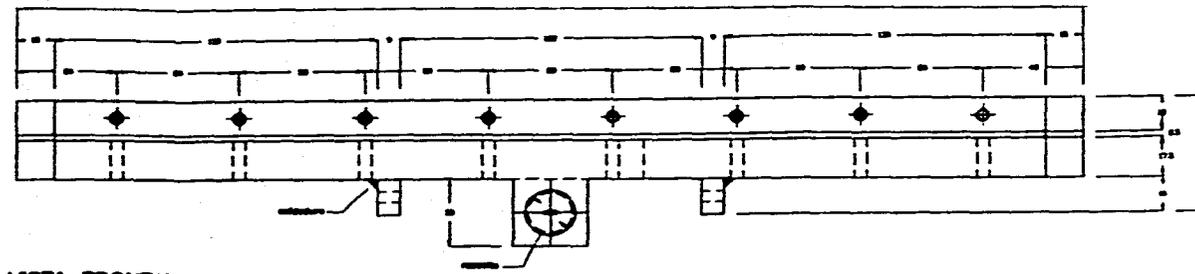
Subensamble:  
**TRASLACION 01**  
 (vistas y cortes)  
 esc. 1:1  
 coteos en mm.



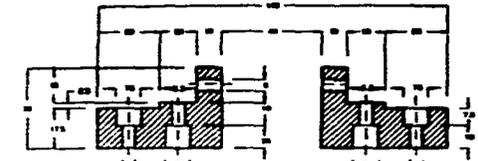
Subensamble: TRASLACION 01 No.3			
PIEZAS:			
No.	Descripcion	Material	Proceso de fabricacion
1.	Tapa	Aluminio	
2.	Cuerpo	Aluminio	
3.	Pachas	Bronce	
[Small illegible text and arrows pointing to parts of the subassembly]			



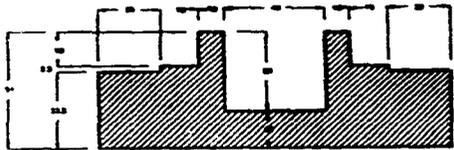
VISTA LATERAL



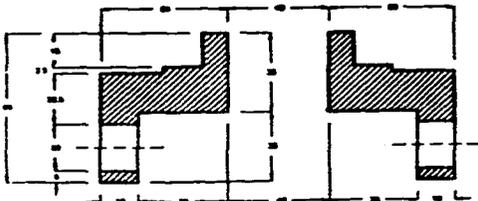
VISTA FRONTAL



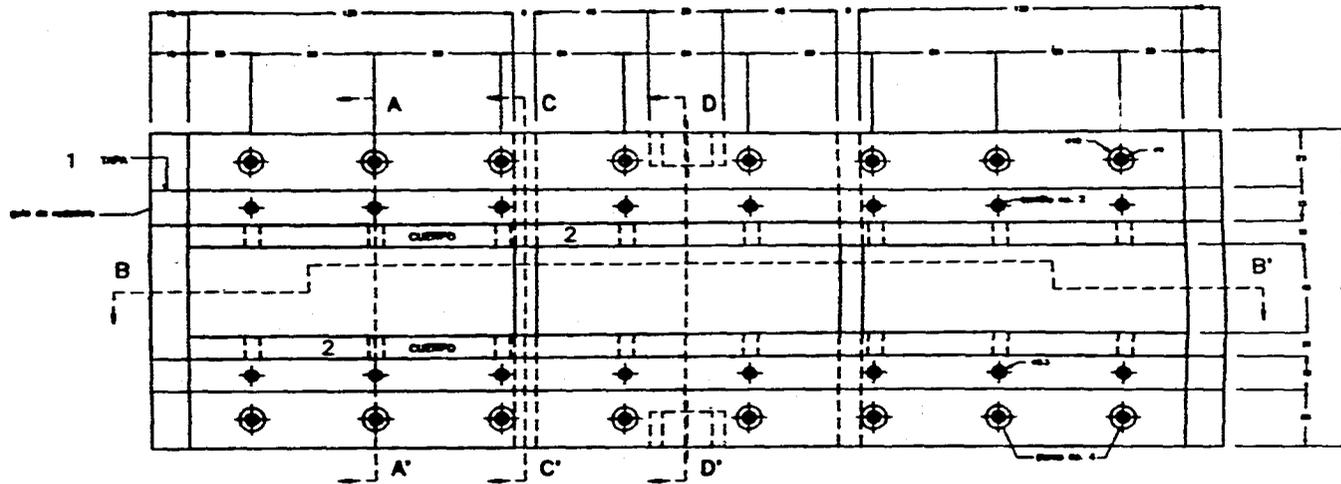
CORTE A-A'



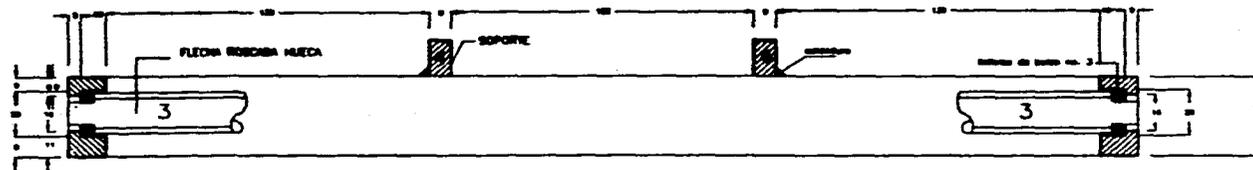
CORTE C-C'



CORTE D-D'



VISTA SUPERIOR



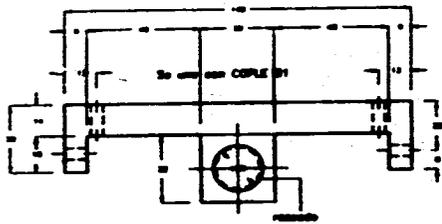
CORTE B-B'

Subensamble:  
**TRASLACION 02**  
 (vistas y cortes)  
 escala 1:1  
 coteo en mm.

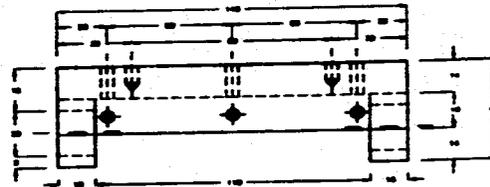


Subensamble: **TRASLACION 02** No.4

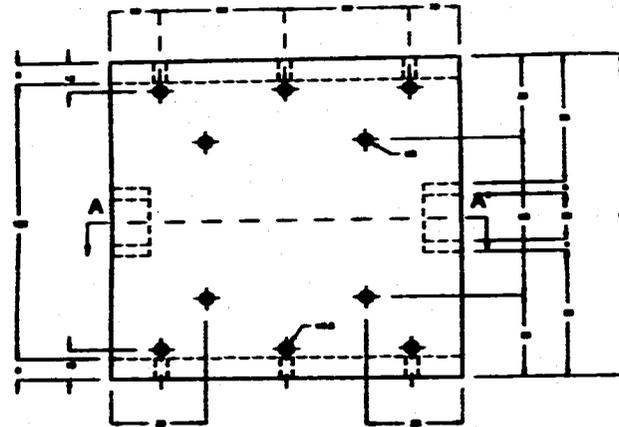
PIEZAS:			
No.	Descripción	Material	Proceso de fabricación
1	Tapa	Aluminio	
2	Cuerpo	Aluminio	
3	Flucho	Brass	
4	Soportes (2)	Aluminio	



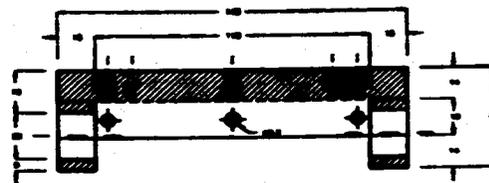
Subensamblado TRASLACION 03  
**VISTA LATERAL**



**VISTA FRONTAL**



**VISTA SUPERIOR**

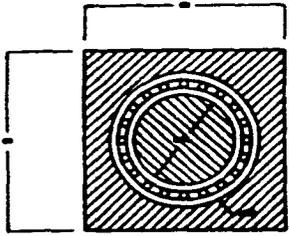


**CORTE A-A'**

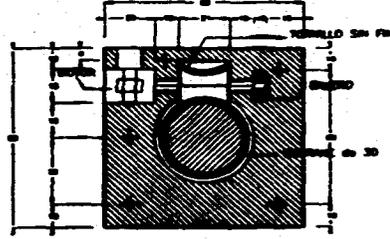
Subensamblado:  
**TRASLACION 03**  
 (vistas y cortes)  
 esc. 1:1  
 escalas en mm.



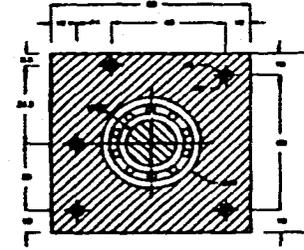
Subensamblado: TRASLACION 03 No. 5			
PIEZAS:			
No.	Descripción	Material	Proceso de fabricación



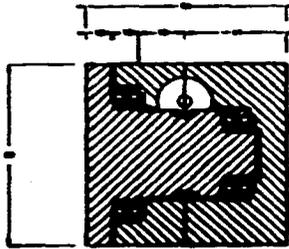
CORTE E-E'



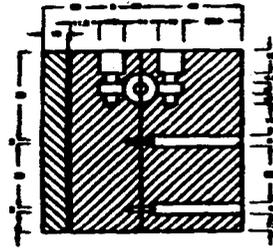
CORTE C-C'



CORTE D-D'



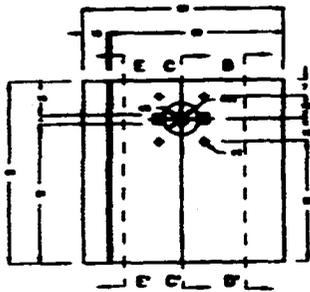
CORTE B-B'



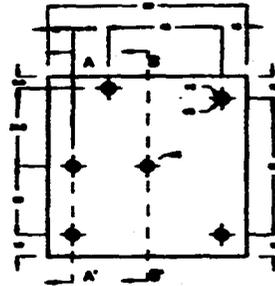
CORTE A-A'



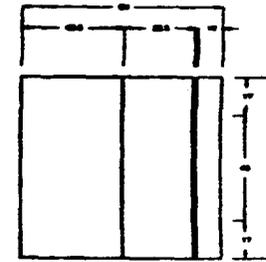
VISTAS



VISTA A

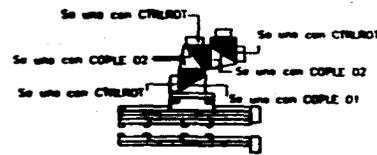


VISTA B



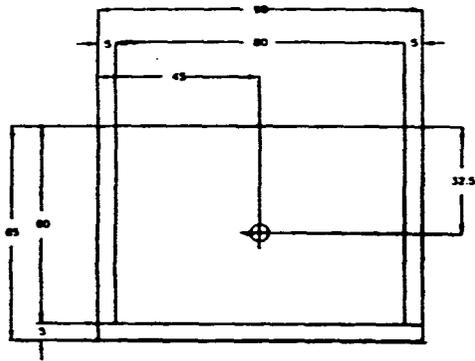
VISTA C

Subensamble:  
**ROTACION**  
 (vistas y cortes)  
 esc. 1:1  
 acotaciones en mm.

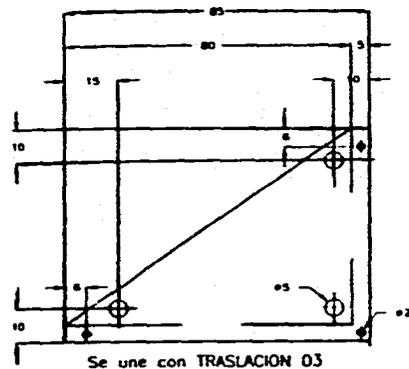


No. de subensambles: 3

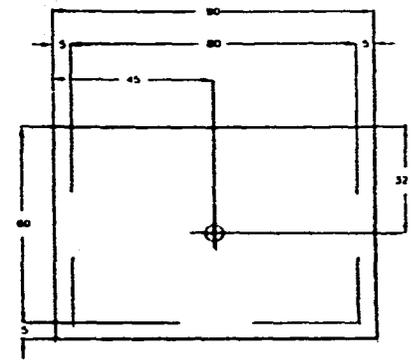
Subensamble: ROTACION No. 7			
PIEZAS:			
No.	Descripcion	Material	Proceso de fabricacion



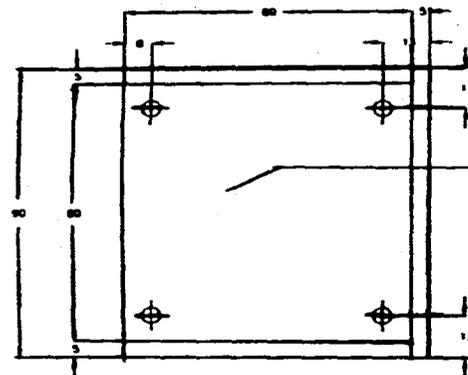
VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHA



VISTA SUPERIOR

Esta area se une con ROTACION  
( 80 x 80 )

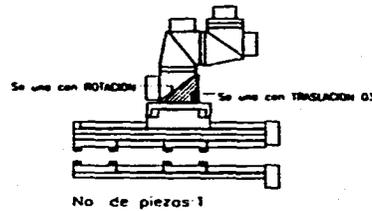
Subensamble:

**COPLE 01**

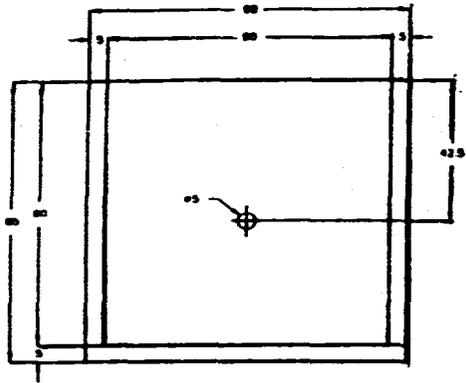
(vistas y cortes)

esc. 1:1

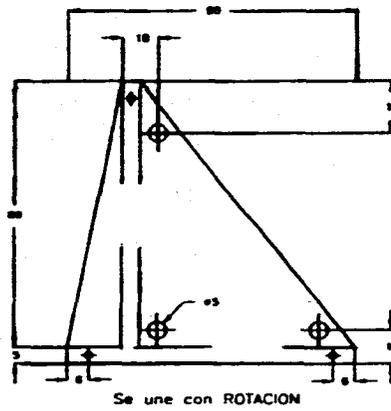
acotaciones en mm.



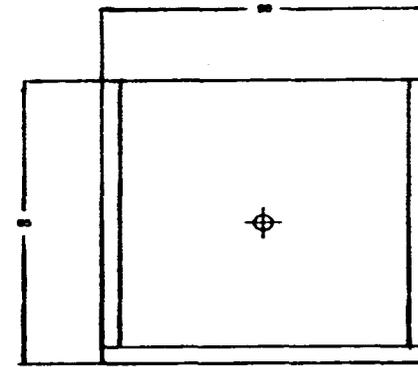
Subensamble: COPLE 01 No. 6			
PIEZAS:			
No.	Descripcion	Material	Proceso de fabricacion



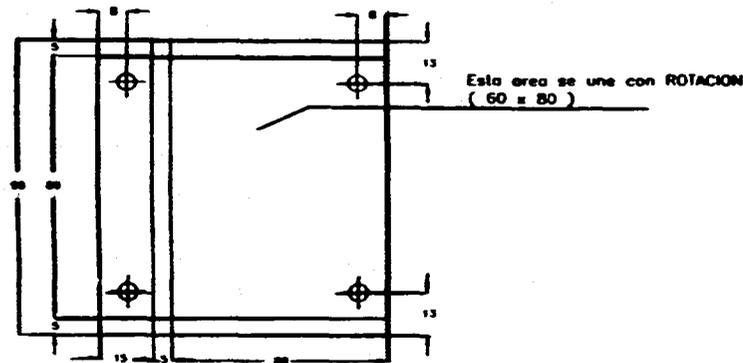
VISTA LATERAL



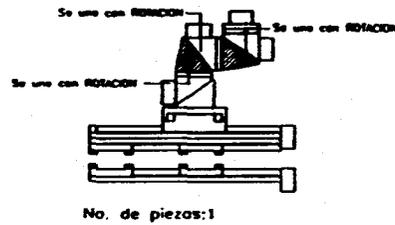
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



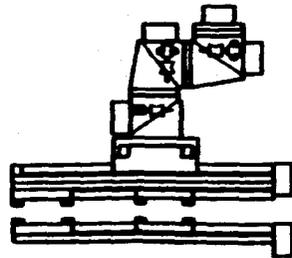
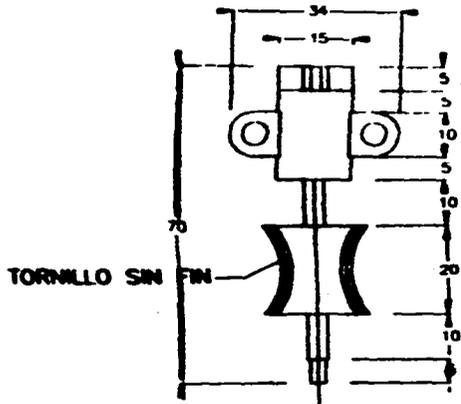
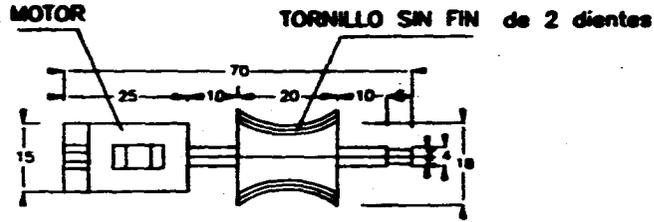
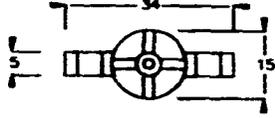
VISTA SUPERIOR



Subensamblaje:  
**COPLE 02**  
 (vistas y cortes)  
 esc. 1:1  
 acotaciones en mm.

Subensamblaje: COPLE 02 No. 8			
PIEZAS:			
No.	Descripcion	Material	Proceso de fabricacion



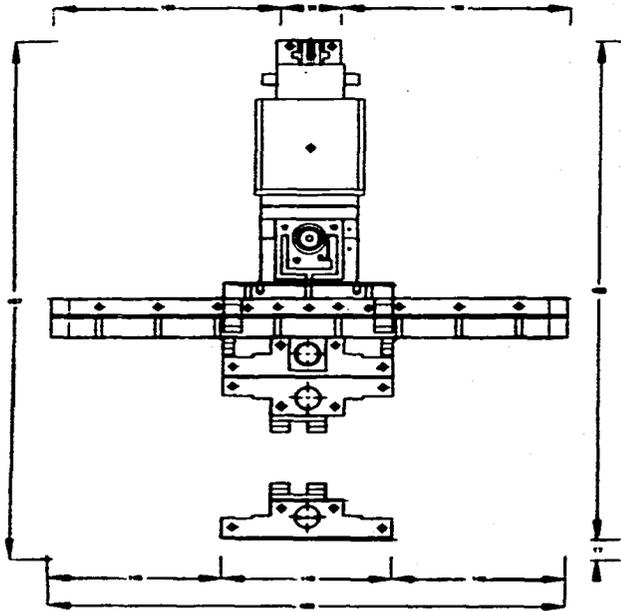


No. de subensambles: 3

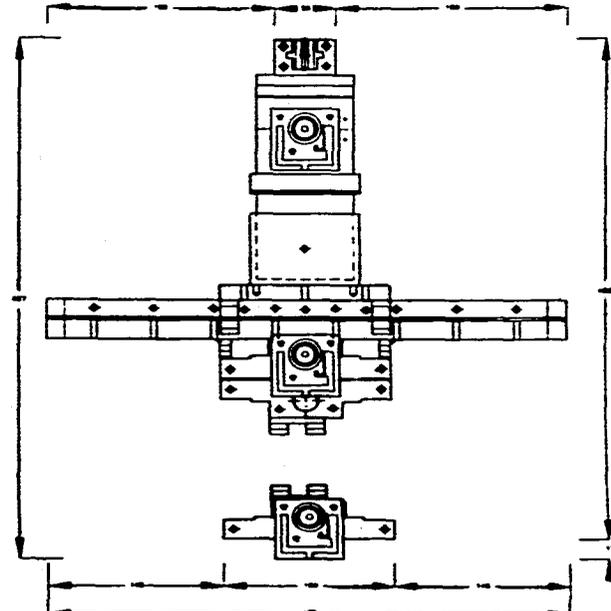
Subensamble:  
**MOTOR ELECTRICO**  
 (vistas y cortes)  
 esc. 1:1  
 acotaciones en mm.

Subensamble: MOTOR ELECTRICO No.10			
PIEZAS:			
No.	Descripcion	Material	Proceso de fabricacion

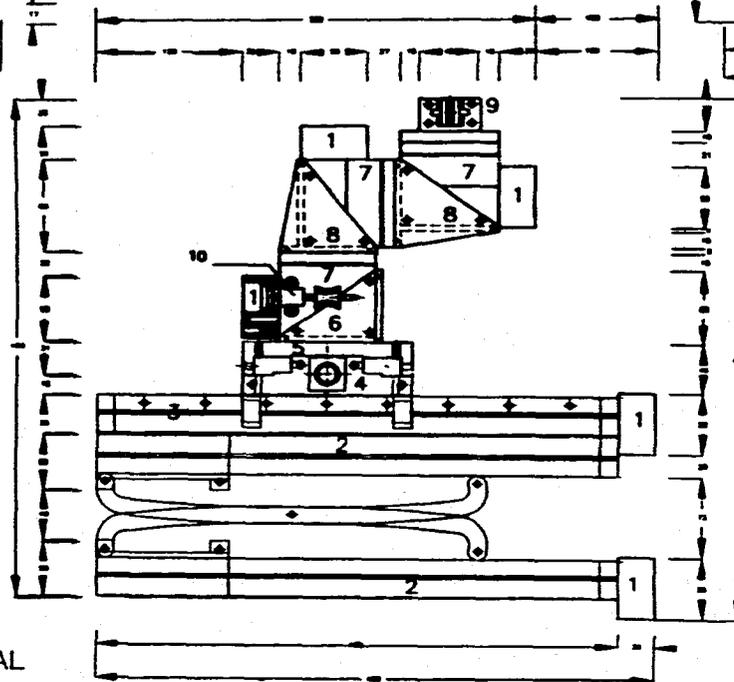




VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA LATERAL DERECHA



VISTA FRONTAL

ENSAMBLE  
vistas  
esc. 1:0.5  
acotaciones en mm.

ENSAMBLE	
SUBENSAMBLÉS:	
No.	Descripción
1.	Control de rotacion
2.	Troscacion Z
3.	Troscacion 01
4.	Troscacion 02
.	Troscacion 03
6.	Cable 01
7.	Rotacion
8.	Cable 02
9.	Clamp
10.	Motor electrico