



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERIA

"PROCESOS DE ELECTROEROSION DE CAVIDADES
DE UN MOLDE PARA EMPUÑADURAS DE PLASTICO"

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL

TITULO

DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER HERRERA GUERRA

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P. , 1995.



T
TP1150
H4
C.1.



108007774



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

FACULTAD DE INGENIERIA

"PROCESOS DE ELECTROEROSION DE CAVIDADES DE UN MOLDE
PARA EMPUÑADURAS DE PLASTICO"

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL

TITULO

DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER HERRERA GUERRA

SAN LUIS POTOSI, S.L.P. , 1995.



T
TP 1150
H4





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERIA
Dr. Manuel Nava No. 8 Zona Universitaria
Teléfonos: 13-11-86, 13-52-38, 13-63-35 y 13-82-22
Fax: (48) 13-09-24
78290, San Luis Potosí, S. L. P., México

AGOSTO 24, 1995.

Al Pasante Señor Francisco Javier Herrera Guerra
P r e s e n t e.-

En atención a su solicitud de autorización de Temario, presentada por el Ing. Verulo Castro López, Asesor del Trabajo Recepcional que desarrollará Usted, con el objeto de sustentar Examen Profesional en la Licenciatura de Ingeniero Mecánico Electricista. Me es grato comunicarle que en la Sesión de Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 24 de Agosto del presente año, fué aprobado el Temario propuesto:

"PROCESOS DE ELECTROEROSION DE CAVIDADES DE UN MOLDE PARA EMPUÑADURAS DE PLASTICO"

TEMARIO:

- INTRODUCCION
I.- ANTECEDENTES
II.- PRINCIPIOS DE LA ELECTROEROSION
III.- PROCESOS DE FABRICACION DE LAS CAVIDADES DEL MOLDE
IV.- CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFIA.

Ruego a Usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

" MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURA NUBO "


ING. DAVID ATISHA CASTILLO
DIRECTOR DE LA FACULTAD
UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE SAN LUIS POTOSI
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION

'real.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la oportunidad de vivir y superarme

A Mis padres

Por su ejemplo y apoyo

A mis hermanos

Por su ayuda desinteresada

A la Facultad de Ingenieria y a mis maestros

Con respeto y agradecimiento

A mis compañeros y amigos

Con sincero afecto

AGRADECIMIENTOS

A mi padre el Ing. Alfonso Herrera Barradas por darme la oportunidad de aprender de el tantas cosas.

A mi hermano Alfonso por su ayuda y ejemplo a lo largo de mi carrera

A mi asesor el Ing. Vérulo Castro López por su ayuda en la realización de este trabajo

INDICE

INTRODUCCION	i
I .- ANTECEDENTES	
1.1. LA EMPRESA	1
1.1.1. CLIENTES DE LA EMPRESA	3
1.1.2. REQUERIMIENTOS Y PROCESOS IMPORTANTES	4
II .- PRINCIPIOS DE LA ELECTROEROSION	
2.1. TEORIA DE LA ELECTROEROSION	5
2.2. FUNDAMENTOS DE LA ELECTROEROSION	8
2.3. PARTES DE LA MAQUINA ELECTROEROSIONADORA	10
2.4. EL PANTOGRAFO FRESADOR	16
2.4.1. PARTES DEL PANTOGRAFO FRESADOR TRIDIMENSIONAL	16
2.4.2. DISPOSITIVO PARA EL GRABADO EN CILINDRICO	18
III .- PROCESOS DE FABRICACION DE LAS CAVIDADES DEL MOLDE	
3.1. FABRICACION DE LOS ELECTRODOS	20
3.1.1. OBTENCION DE UN MODELO A TAMAÑO NATURAL	20
3.1.2. OBTENCION DE UN MODELO DE RESINA	20
3.1.3. FABRICACION DE LA PLANTILLA DE LA SUPERFICIE DEL MODELO DE RESINA	22
3.1.4. MAQUINADO DEL ELECTRODO DE COBRE	25
3.1.5. GRABADO EN PANTOGRAFO DEL ELECTRODO DE COBRE	26
3.1.6. GRABADO EN PANTOGRAFO DE LA MARCA DE LA EMPUÑADURA	27
3.1.7. ACABADO DEL ELECTRODO	28
3.2. ELECTROEROSIONADO DE LAS CAVIDADES	28
IV .- CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFIA	33

INTRODUCCION

El presente trabajo recepcional consiste en la aplicación del proceso de electroerosión para formar las cavidades de un molde para la inyección de empuñaduras de plástico . La forma de estas empuñaduras , como la de otras piezas complejas , no es posible realizarla en maquinas herramienta convencionales.

El objetivo para la justificación de este trabajo, es tener una manera de hacer un molde para la inyección de plásticos de calidad y al menor costo.

En este trabajo recepcional se explican los principios básicos de la electroerosión y los pasos para hacer las cavidades de un molde de plástico. Para lo cual se ha dividido este trabajo recepcional en la siguiente manera:

En el capitulo primero se habla del mercado donde se requieren este tipo de moldes , el porque la electroerosión es el método mas idóneo para la elaboración de las cavidades de un molde para empuñaduras de plástico y del lugar en donde se elaboro el trabajo.

En el segundo capitulo se habla de los aspectos generales de la electroerosión y del pantógrafo fresador , para entender mejor el proceso para la fabricación de las cavidades del molde así como las variables a controlar

El tercer capitulo se dedica en si a los pasos que se siguen para la elaboración de las cavidades del molde de inyección .

CAPITULO I

ANTECEDENTES

En la actualidad existen en México muchas empresas fabricantes de artículos de plástico que requieren moldes con diseños sofisticados.

Una de estas empresas , se dedica al la fabricación de empuñaduras de plástico . En días pasados tubo la necesidad de sacar una nueva empuñadura al mercado, por lo cual requiere del molde. En este trabajo se propone la forma mas económica de poder fabricarlo.

Existen en el mercado maquinas de control numérico que pueden maquinar las cavidades del molde rápidamente pero no todas las fabricas de moldes tienen la posibilidad económica de adquirir una . Además de esto, entre mas sofisticada sea la pieza, el programa requerido será mas complicado costeándose solo para la fabricación de moldes demasiado grandes o con muchas cavidades.

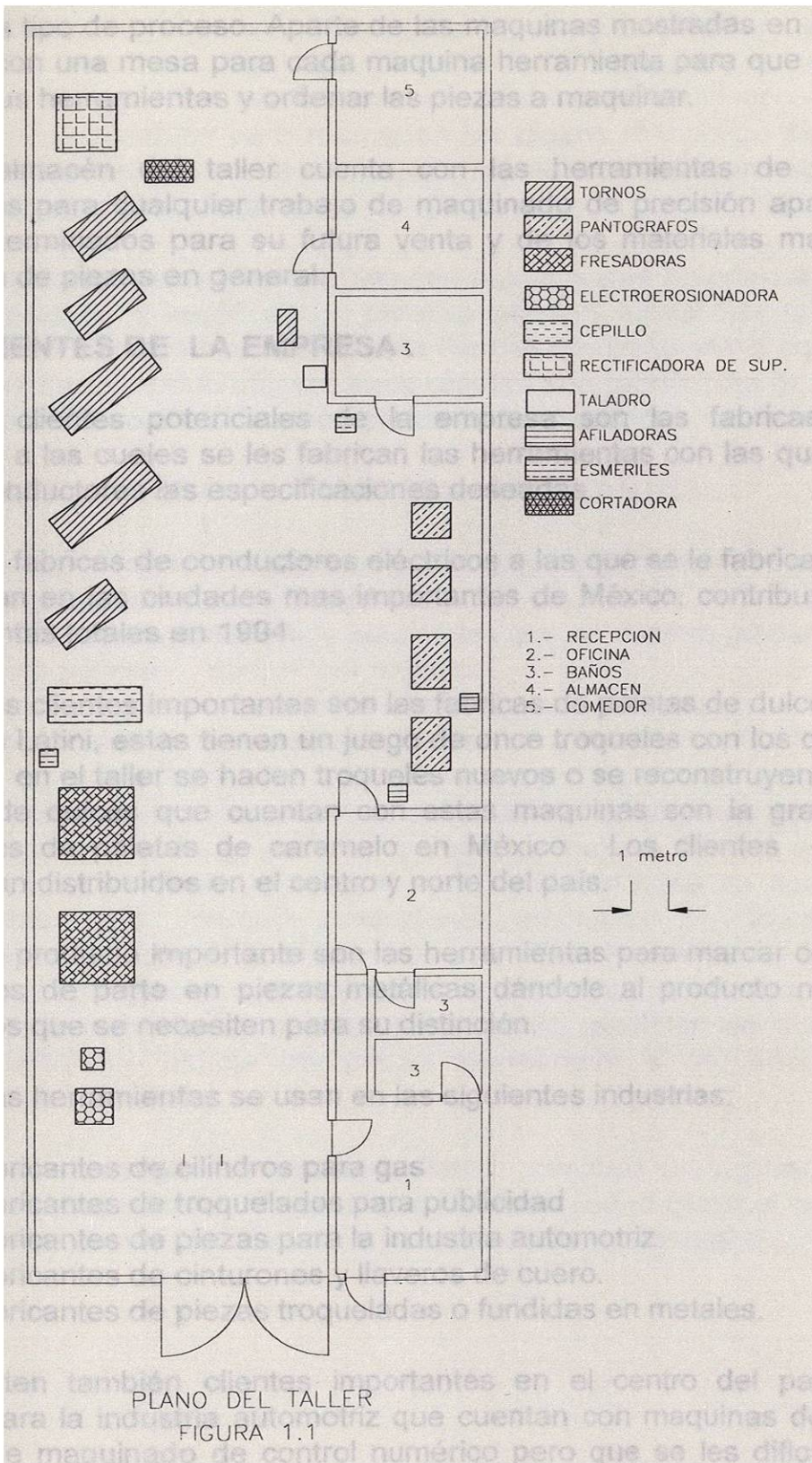
En los últimos años la electroerosión a ganado importancia en la fabricación de moldes para plástico por la facilidad del proceso. Este consiste primero en hacer una pieza de cobre de la forma de la pieza que se desea producir .Esta nos sirve como electrodo para obtener las cavidades en el molde de inyección con un buen acabado y con las dimensiones deseadas.

1.1. LA EMPRESA .

Este proyecto se llevo a cabo en una compañía Potosina dedicada a la fabricación de grabados con pantógrafo fresador y electroerosión. Esta empresa también hace trabajos de maquinado con torno , fresadora , cepillo y rectificadora de superficies.

El taller se encuentra en la ciudad de San Luis Potosí . En la actualidad cuenta con nueve personas trabajando : Gerente general, gerente de producción, gerente de ventas, secretaria , dos pantografistas , fresador, tornero y un ayudante . Se ha tenido hasta quince trabajadores pero debido a que los trabajos con electroerosión y pantógrafo son mas remunerados necesitando menos personal se opto por dejar un poco el trabajo de maquinado en general el cual es muy competido en la actualidad por lo cual deja pocas utilidades.

Debido a que se ha dejado a un lado el trabajo de maquinado el taller cuenta con maquinas que no se utilizan, pero la política de la empresa es no desasarse de ellas ya que son mal pagadas y en el caso de necesitar alguna nueva su precio es casi prohibitivo . El plano del taller y la disposición de las maquinas se encuentran en



en la figura 1.1. Esta disposición se tiene por tipos de maquinas para tener una zona para cada tipo de proceso. Aparte de las maquinas mostradas en el plano se cuenta también con una mesa para cada maquina herramienta para que el operador pueda colocar sus herramientas y ordenar las piezas a maquinar.

El almacén del taller cuenta con las herramientas de medición y corte necesarias para cualquier trabajo de maquinado de precisión aparte de contar con trabajos terminados para su futura venta y de los materiales mas usados para la obtención de piezas en general.

1.1.1. CLIENTES DE LA EMPRESA .

Los clientes potenciales de la empresa son las fabricas de conductores eléctricos a las cuales se les fabrican las herramientas con las que marcan o pintan en sus conductores las especificaciones deseadas..

Las fabricas de conductores eléctricos a las que se le fabrican herramientas se encuentran en las ciudades mas importantes de México, contribuyendo con el 65% de las ventas totales en 1994.

Otros clientes importantes son las fabricas de paletas de dulce que cuenten con maquinas Latini, estas tienen un juego de once troqueles con los que dan la forma a la paleta, en el taller se hacen troqueles nuevos o se reconstruyen los gastados. Las fabricas de dulces que cuentan con estas maquinas son la gran mayoría de los fabricantes de paletas de caramelo en México . Los clientes que se tienen se encuentran distribuidos en el centro y norte del país.

Otro producto importante son las herramientas para marcar con golpe logotipos o números de parte en piezas metálicas dándole al producto marcado los datos necesarios que se necesiten para su distinción.

Estas herramientas se usan en las siguientes industrias:

- Fabricantes de cilindros para gas
- Fabricantes de troquelados para publicidad
- Fabricantes de piezas para la industria automotriz
- Fabricantes de cinturones y llaveros de cuero.
- Fabricantes de piezas troqueladas o fundidas en metales.

Existen también clientes importantes en el centro del país fabricantes de moldes para la industria automotriz que cuentan con maquinas de Electroerosión y centros de maquinado de control numérico pero que se les dificulta demasiado la

fabricación de electrodos de cobre debido a lo complicado del diseño o al lo pequeño de los grabados, los mandan a hacer al taller para que se hagan con pantógrafo.

Otros clientes son las fabricas de productos de plástico que requieren de insertos intercambiables para marcar en las piezas el logotipo de sus clientes o la fecha en la que se fabrico tal producto , para esto se hace un reloj fechador el cual se cambia de posición cada mes.

Los clientes menos importantes son aquellos que mandan a hacer trabajos de torno , fresadora y rectificado , pero se pueden mencionar fabricas que tienen cuchillas para cortar hules o para moler hierbas medicinales las cuales se desgastan y requieren de un nuevo afilado, otros clientes son fabricantes de papeles impresos que requieren de rodillos para sus procesos de impresión.

1.1.2. REQUERIMIENTOS Y PROCESOS IMPORTANTES .

Para casi todos los trabajos de grabado con pantógrafo es necesario contar con los siguientes herramientas y materiales:

- Plantillas fotograbadas con las siluetas que se deseen grabar.
- Resina poliester , para hacer modelos.
- Celoron , para hacer modelos mas duros que la resina.
- Herramientas de carburo para grabar

Las herramientas para marcar conductores eléctricos y las necesarias para hacer herramientas de golpe que marquen aceros o fierros, se hacen (la gran mayoría) en acero AISI-O1 el cual es el indicado para tal tipo de trabajo. Las herramientas para marcar conductores eléctricos se templan o cianuran (dependiendo del acero) en un horno de gas . Para templan el AISI-O1 se calienta a una temperatura aproximada de 810°C e inmediatamente después se enfría en aceite. El taller no cuenta con los aparatos de medición de dureza, cuando se necesita una muy exacta las piezas se mandan a un taller de temple mas especializado.

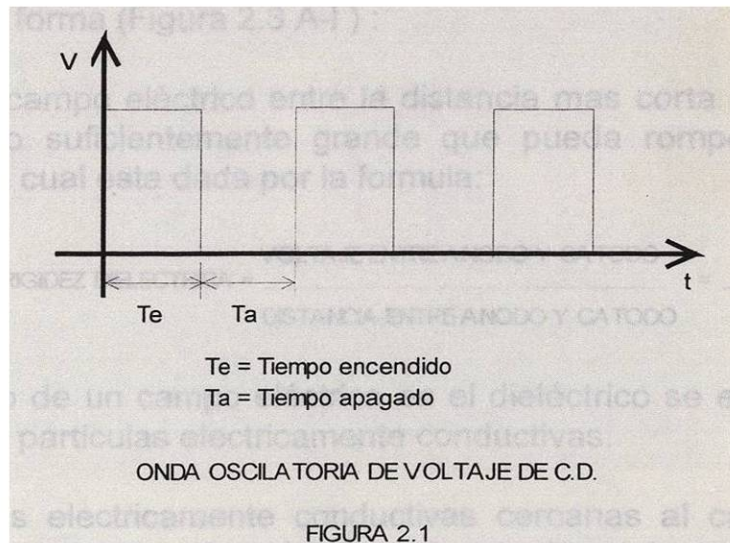
Antes de entregar las piezas al cliente, después de templanlas se rectifican o se les da un ataque de chorro de arena a presión (Sand Blast) el cual da un acabado uniforme a las piezas dándoles una presentación muy aceptable.

CAPITULO II

PRINCIPIOS DE LA ELECTROEROSION.

El maquinado por descargas eléctricas o electroerosión , se desarrollo durante 1950 a 1960 como una tecnología , es ahora un proceso de maquinado muy común.

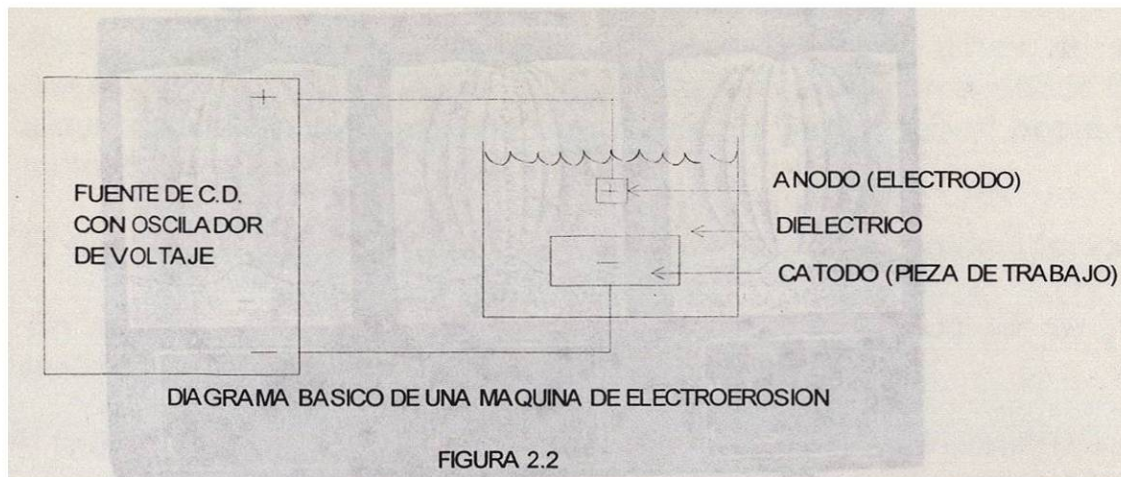
La electroerosión es un proceso de remoción precisa de metal . Utiliza series de descargas eléctricas para erosionar el metal , lo cual esta controlado con la mayor seguridad. Estas descargas son generadas con corriente directa y por medio de un circuito regulable oscilador de voltaje vibran de 500 a 250,000 ciclos por segundo (Figura 2.1).



En la electroerosión un electrodo se usa como herramienta. Este puede ser de cualquier metal conductor, siendo los mas usados el cobre y el grafito . La pieza de trabajo tiene que ser también de cualquier material conductor. Como puede erosionar cualquier metal conductor, fue utilizada en un principio para trabajar carburos y otros materiales duros de desbastar .

2.1 TEORIA DE LA ELECTROEROSION

La teoría de la electroerosión fue descubierta por los esposos Lazarino , científicos de la Unión Soviética , haciéndola publica en 1944 . El principio se basa en aplicar altos voltajes para generar una chispa eléctrica entre un ánodo (electrodo de cobre) y un cátodo (pieza de trabajo) que se debe desbastar , teniendo en medio un líquido dieléctrico (figura 2.2).



La descarga en un ciclo entre un ánodo de cobre y un cátodo de acero se genera de la siguiente forma (Figura 2.3 A-I) :

A.- Se crea un campo eléctrico entre la distancia mas corta del ánodo (+) al cátodo (-) lo suficientemente grande que pueda romper la rigidez del dieléctrico la cual esta dada por la formula:

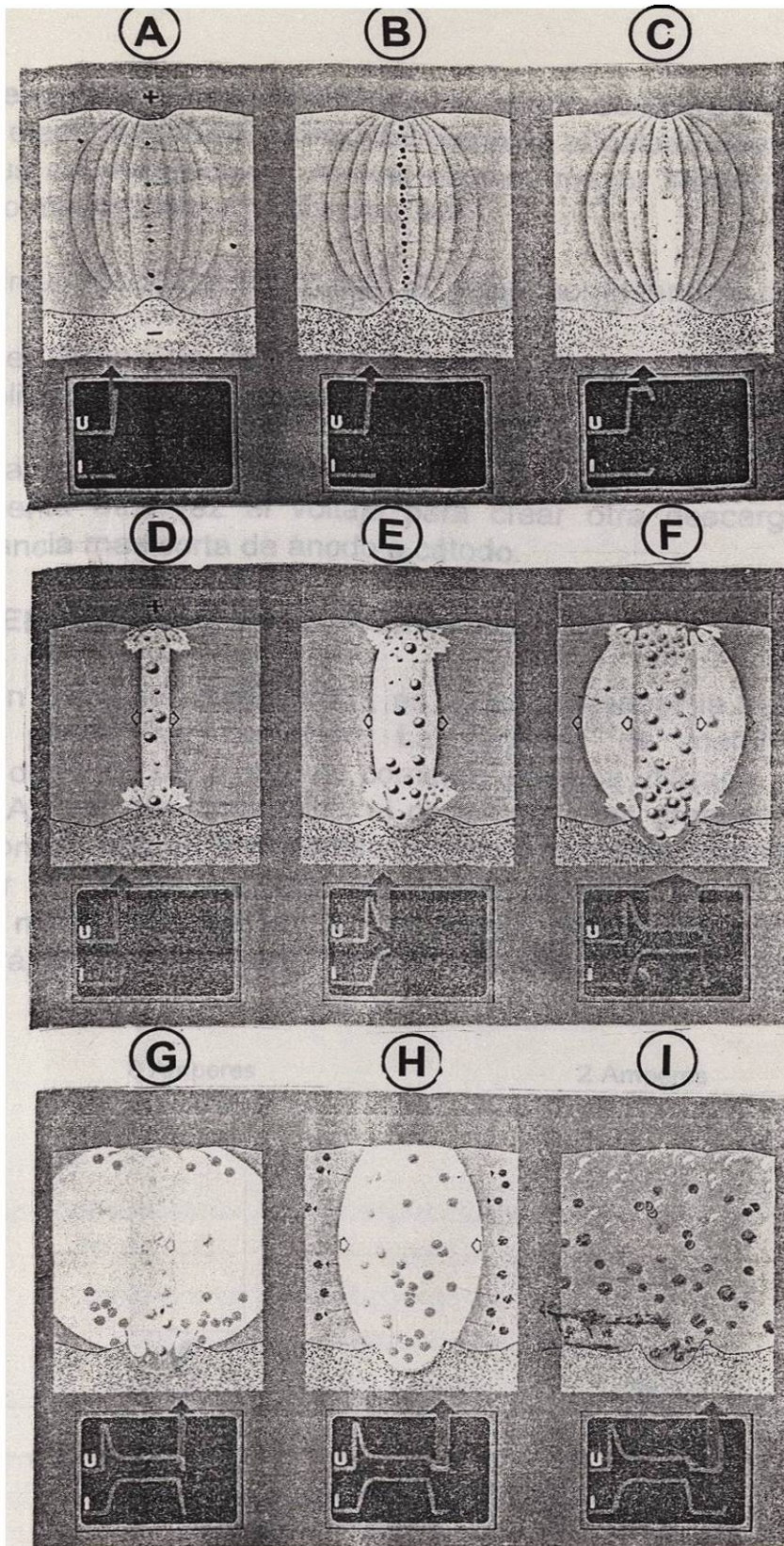
$$\text{RIGIDEZ DIELECTRICA} = \frac{\text{VOLTAJE ENTRE ANODO Y CATODO}}{\text{DISTANCIA ENTRE ANODO Y CATODO}} = \frac{\text{VOLTS}}{\text{METRO}}$$

B.- Por el efecto de un campo eléctrico en el dieléctrico se empieza a formar un curso de partículas electricamente conductivas.

C.-Las partículas electricamente conductivas cercanas al cátodo se cargan negativamente debido a los electrones que salen del cátodo y se mueven hacia el ánodo, este paso dura solo una fracción muy pequeña de cada ciclo.

D.- En el momento en que las partículas cargadas negativamente chocan con el ánodo depositan los electrones en el, originando un arco o chispa eléctrica con una temperatura entre 8000°C y 12000°C, causando un derretimiento local en la superficie del cátodo y el ánodo . En este tiempo de vaporización del cátodo, ánodo y dieléctrico se expande una burbuja de gas.

E.- Debido al aumento de electrones que entran por el anodo la corriente aumenta hasta llegar a un nivel estable. La altas temperaturas originan la vaporización de dieléctrico, ánodo y cátodo , estos vapores se expanden hacia los lados del arco.



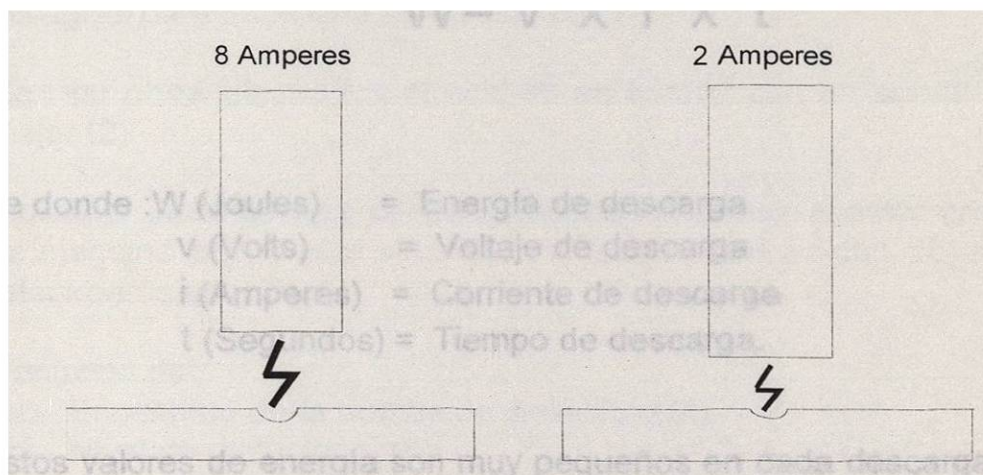
PASOS EN UN CICLO DE ELECTROEROSION

FIGURA 2.3

- F.- En este caso en el que tenemos un cátodo de acero y un ánodo de cobre los electrones fluyen mas dificilmente en el cátodo que en el ánodo debido a sus conductancias , lo cual origina mayor fricción en el acero por lo tanto mayor calor y mayor desgaste.
- G.- El circuito oscilador interrumpe el voltaje por lo tanto la corriente tambien
- H.- En el tiempo de descanso del ciclo (Figura 2.1) la burbuja de gas se resolidifica en el dieléctrico .
- I.- Al final de un ciclo tenemos residuos en el dieléctrico y el circuito oscilador aumenta otra vez el voltaje para crear otra descarga entre la nueva distancia mas corta de ánodo a cátodo.

2.2 FUNDAMENTOS DE LA ELECTROEROSION.

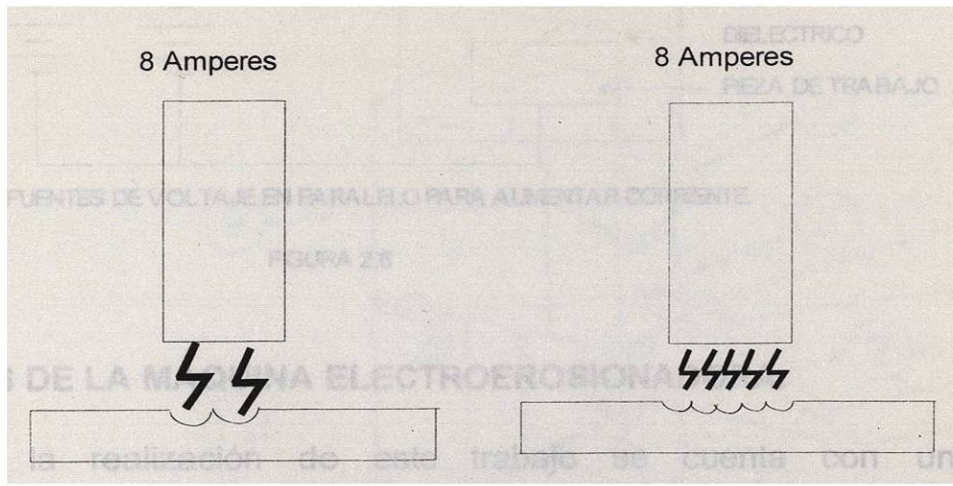
Como en cualquier maquinado , es necesario saber la velocidad de corte y cual material puede ser removido. La cantidad de metal removido en la electroerosión depende del monto de corriente eléctrica utilizada . Esto se mide con el amperaje . A mas alto amperaje , el corte será mas grande. Considerando por ejemplo dos cortes : uno de 2 amperes y otro de 8 amperes (Figura 2.4) ; las chispas generadas por la de 8 amperes tienen mas energía, por lo cual los cráteres formados son mas profundos dando una mayor rapidez de remolision de metal. Aunque este rápido removimiento también nos da un acabado de superficie mas burdo .



METAL REMOVIDO A DIFERENTES CORRIENTES
FIGURA 2.4

Para regular los acabados de superficie (Figura 2.5), se utiliza un control de frecuencia, el cual regula los valores del circuito oscilador de voltaje. La frecuencia hace que se distribuya la corriente en toda la superficie del electrodo. Como se

pueden tener muchas combinaciones, el fabricante de maquinas electroerosionadoras proporciona las mejores para cada valor de corriente.



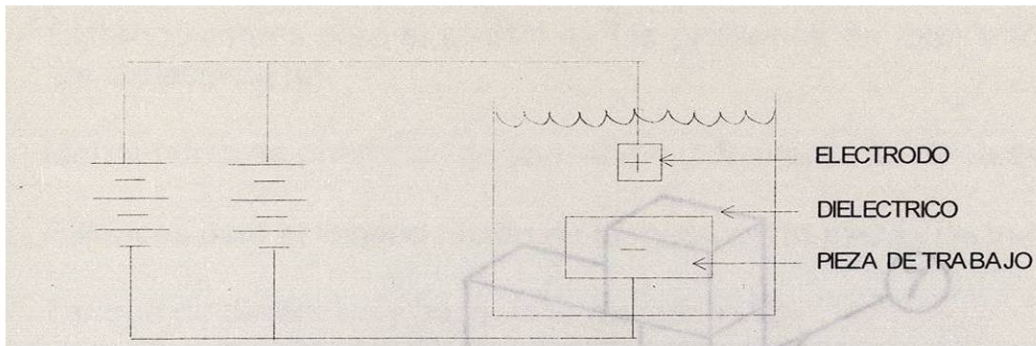
EFFECTO DE LA FRECUENCIA EN LA SUPERFICIE DE ACABADO
 FIGURA 2.5

La formula de la energía de una descarga eléctrica esta dada por:

$$W = v \times i \times t$$

- De donde :W (Joules) = Energía de descarga
- v (Volts) = Voltaje de descarga
- i (Amperes) = Corriente de descarga
- t (Segundos) = Tiempo de descarga.

Estos valores de energía son muy pequeños en cada descarga, con valores que van de desde un mili-Joule hasta un Joule . El voltaje de descarga es la caída que se encuentra en el dieléctrico entre el electrodo y la pieza a maquinar, este voltaje es constante. La corriente se puede aumentar colocando fuentes de voltaje en paralelo (Figura 2.6) . El tiempo de descarga se puede regular por medio de la velocidad del servo del porta electrodos .



FUENTES DE VOLTAJE EN PARALELO PARA AUMENTAR CORRIENTE

FIGURA 2.6

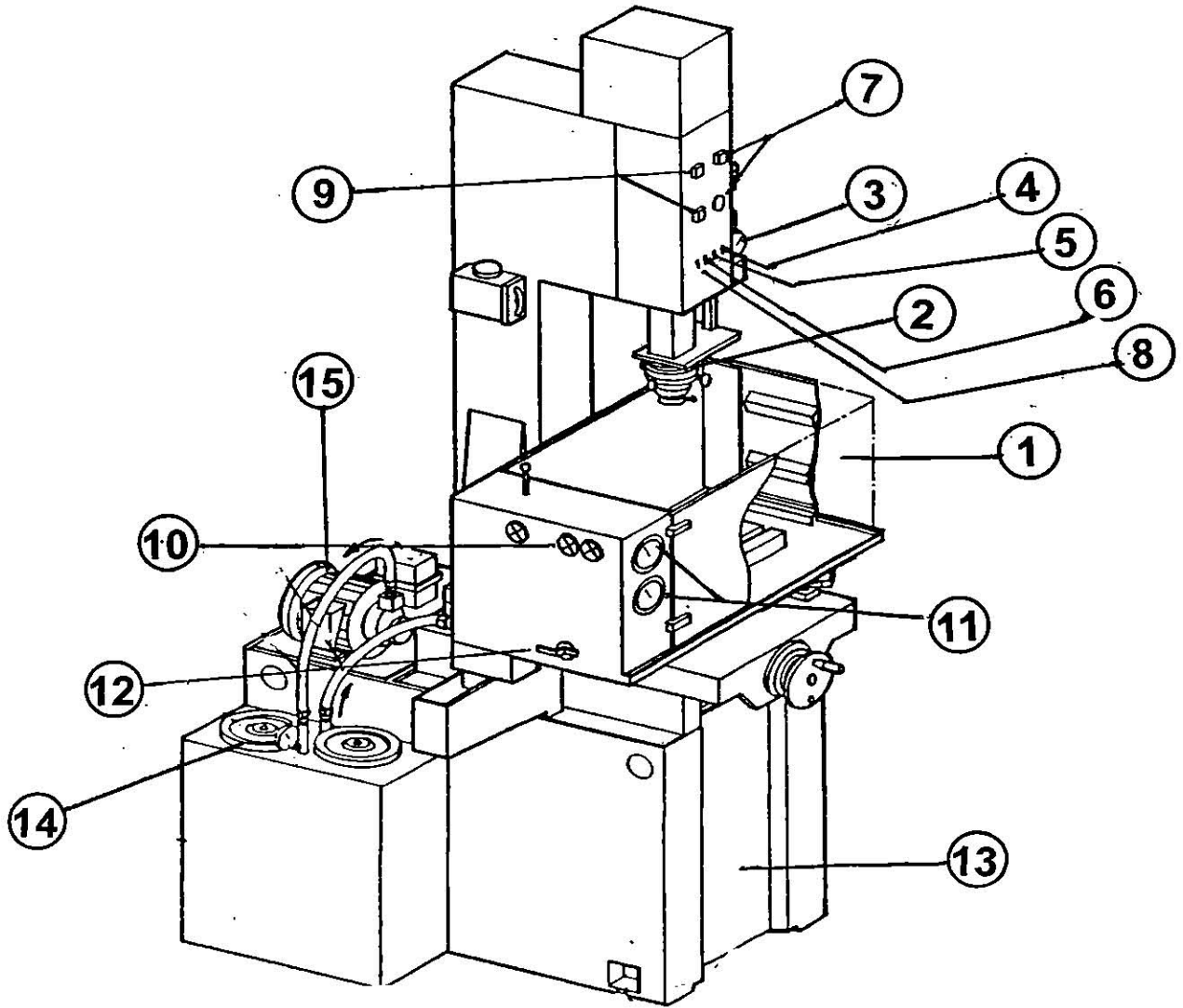
2.3 PARTES DE LA MAQUINA ELECTROEROSIONADORA.

Para la realización de este trabajo se cuenta con una maquina electroerosionadora de 30 amperes de capacidad fabricada en 1989, por lo cual tiene todas las partes básicas de una maquina de electroerosión de resiente fabricación.

La maquina electroerosionadora básicamente consta de :

1.- Maquina herramienta (Figura 2.7) .

- Mesa de trabajo que se puede mover en dos ejes (X y Y) y con un caja con bisagras para inundarla de dieléctrico (1).
- Con un porta electrodos el cual es accionado con un servo para subir o bajar (2).
- Indicador de la carrera del porta electrodos el cual al estar en cero detiene la maquina por lo cual sirve para ajustar la profundidad de una cavidad a electroerosionar(3).
- Controles de :
 - a).- Encendido de la bomba de dieléctrico (4).
 - b).- Nivel de dieléctrico (5).
 - c).- Flama (6)
 - d).- Arranque y paro manual (7)
 - e).- Subida del electrodo al llegar al final (indicador en cero) (8)
 - f).- Botones de subida y bajada del electrodo (9).



MAQUINA DE ELECTROEROSION
FIGURA 2.7

- Estranguladores para el control de las presiones de aspiración y descarga de dieléctrico(10).
- Manómetros de presiones de aspiración y descarga de dieléctrico (11).
- Palancas para el llenado rápido de la mesa porta piezas de trabajo (12).
- Tanque de dieléctrico y base de la maquina (13)
- Filtros de aceite (14)
- Bomba de dieléctrico (15)

2.- Fuente de poder (Figura 2.8).

Esta se ubica en un gabinete que contiene en su interior todos los elementos necesarios para dar poder a la maquina y en su exterior tiene un panel de controles digitales para regular o seleccionar valores deseados .

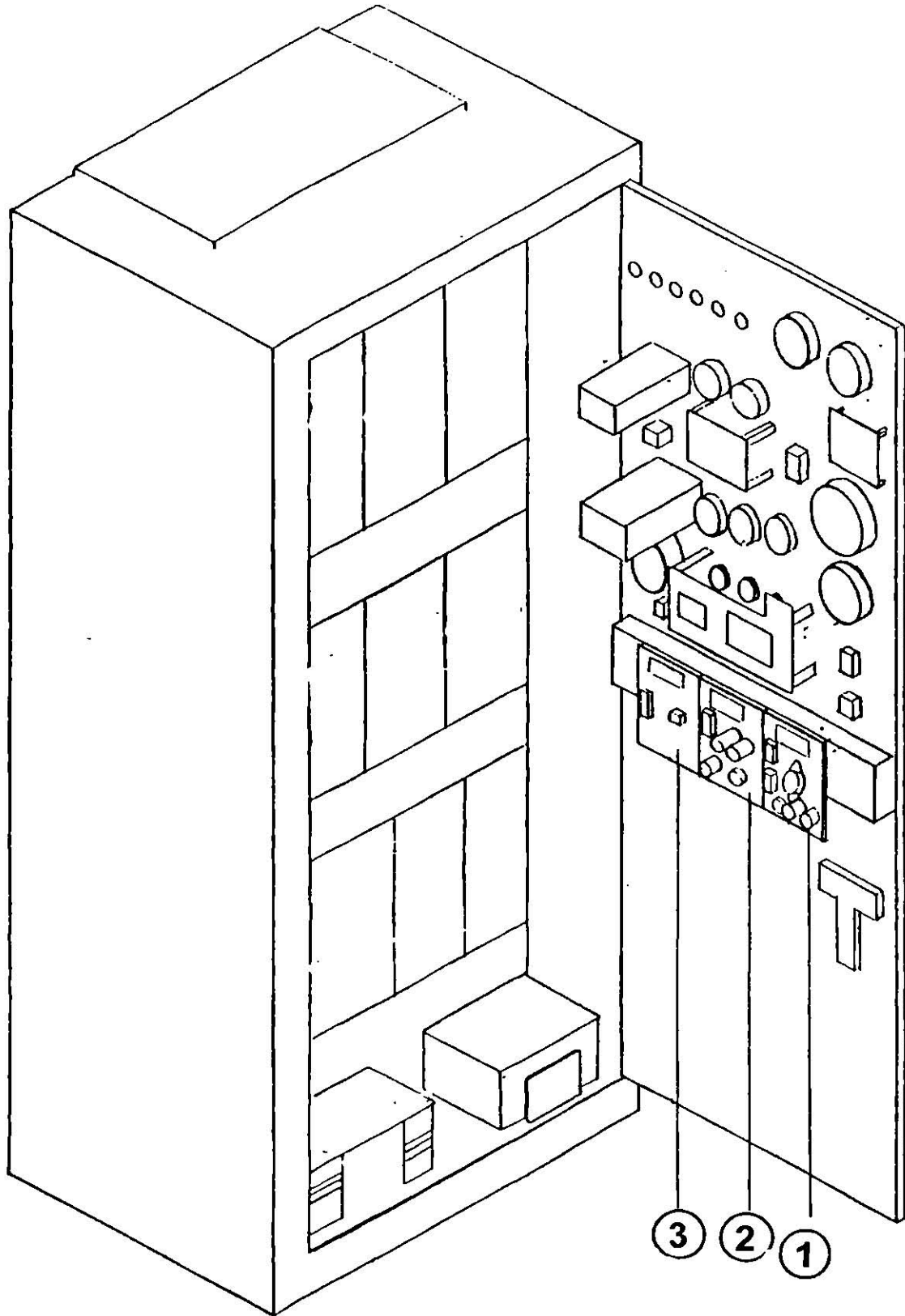
En el interior del gabinete se encuentran módulos en cajas de lamina, tabletas de circuitos y aparatos que se listan a continuación

- a).- Módulos de corriente
- b).- Módulos amplificadores de voltaje
- c).- Modulo amplificador de corriente directa del servo
- d).- Modulo de la fuente de poder.
- e).- Transformador y diodos rectificadores
- f).- Circuito oscilador (1).
- g).- Circuito de control del cronometro (2).
- h).- Circuito de frecuencia automática (3).
- i).- Relevadores y múltiples conexiones.

En el panel de controles se encuentran los siguientes dispositivos (Figura 2.9).

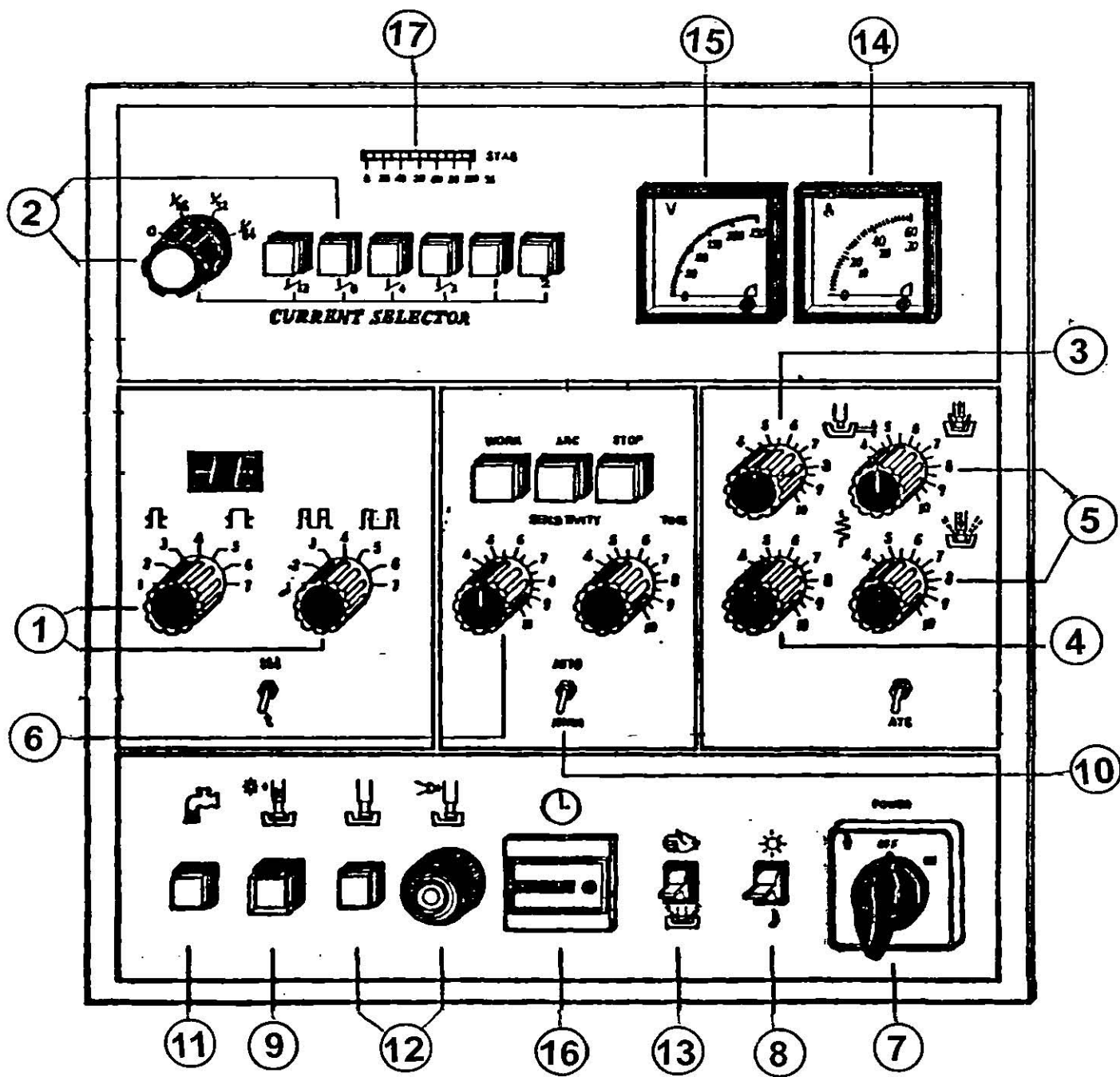
- De regulación:
 - a).- Frecuencia (1).
 - b).- Corriente (2).
 - c).- Voltaje (3).
 - d).- Velocidad del servo del portaelectrodo (4).
 - e).- Tiempos de subida y bajada del electrodo (5).
 - f).- Frecuencia automática (6).

- De selección:
 - a).- Interruptor general (7).



FUENTE DE PODER

FIGURA 2.8



PANEL DE CONTROLES

FIGURA 2.9

- b).- Paro manual o automático (8).
- c).- Polaridad (9).
- d).- De frecuencia normal o automática (10).
- e).- Interruptor general de la bomba de dieléctrico (11).
- f).- Botón del localizador de límites el cual cuenta con su bocina (12).
- g).- Selector de velocidad del servo: lenta o rápida (13).

-De medición:

- a).- Amperímetro (14)
- b).- Voltímetro (15).
- c).- Cronometro del servicio de la maquina (16).
- d).- Marca de estabilidad del arco eléctrico en porcentajes (17).

3.- Liquido dieléctrico.

El liquido dieléctrico tiene tres funciones:

- a).- La mas importante la de formar una barrera aislante entre el electrodo y la pieza de trabajo
- b).- Refrigerar el electrodo y la pieza de trabajo
- c).- Evacuar las partículas erosionadas de la cavidad.

El liquido dieléctrico es una mezcla de queroseno y aceite de transformador. Debe ser fabricado con un control de calidad muy estricto . Con un dieléctrico inadecuado la velocidad de maquinado por electroerosión seria impredecible.

En la tabla 2.1 se puede ver la viscosidad del liquido dieléctrico requerido dependiendo del acabado deseado en las superficies electroerosionadas. La viscosidad en un liquido dieléctrico aumenta con la cantidad de aceite de transformador.

ACABADO REQUERIDO	VISCOSIDAD EN CTS (Centi-stokes)
Fino	2-6
Medio	6-12
Rugoso	12-20

VISCOSIDADES Y ACABADOS DE SUPERFICIES ELECTROEROSIONADAS
TABLA 2.1

El liquido dieléctrico que se tiene en la maquina electroerosionadora tiene un 70% de queroseno y un 30% de aceite de transformador, mezcla que nos da una

viscosidad de 6 Centi-Stokes y una temperatura de fusión aproximada de 130°C. la rigidez dieléctrica aproximada de la mezcla es de 2000 KV/m

Los líquidos dieléctricos de viscosidades más altas tienen temperaturas de fusión más elevadas llegando hasta los 158°C.

4.- Electrodo

El electrodo es muy importante y puede ser determinante en el éxito o el fracaso de la electroerosión. Los materiales más usados son el cobre y el grafito, el cobre por tener una alta conductividad y el grafito por soportar altas temperaturas, una mezcla de estas dos propiedades darían un electrodo perfecto.

Los factores que determinarían el electrodo idóneo para cada aplicación serían:

- a).- Costo del material a utilizar
- b).- Facilidad de manufactura
- c).- Grado de desgaste
- d).- Cantidad de metal removido durante el proceso.

El grafito utilizado para electroerosión es fabricado especialmente para este proceso y los hay para cada tipo de acabado de superficie.

2.4 EL PANTOGRAFO FRESADOR

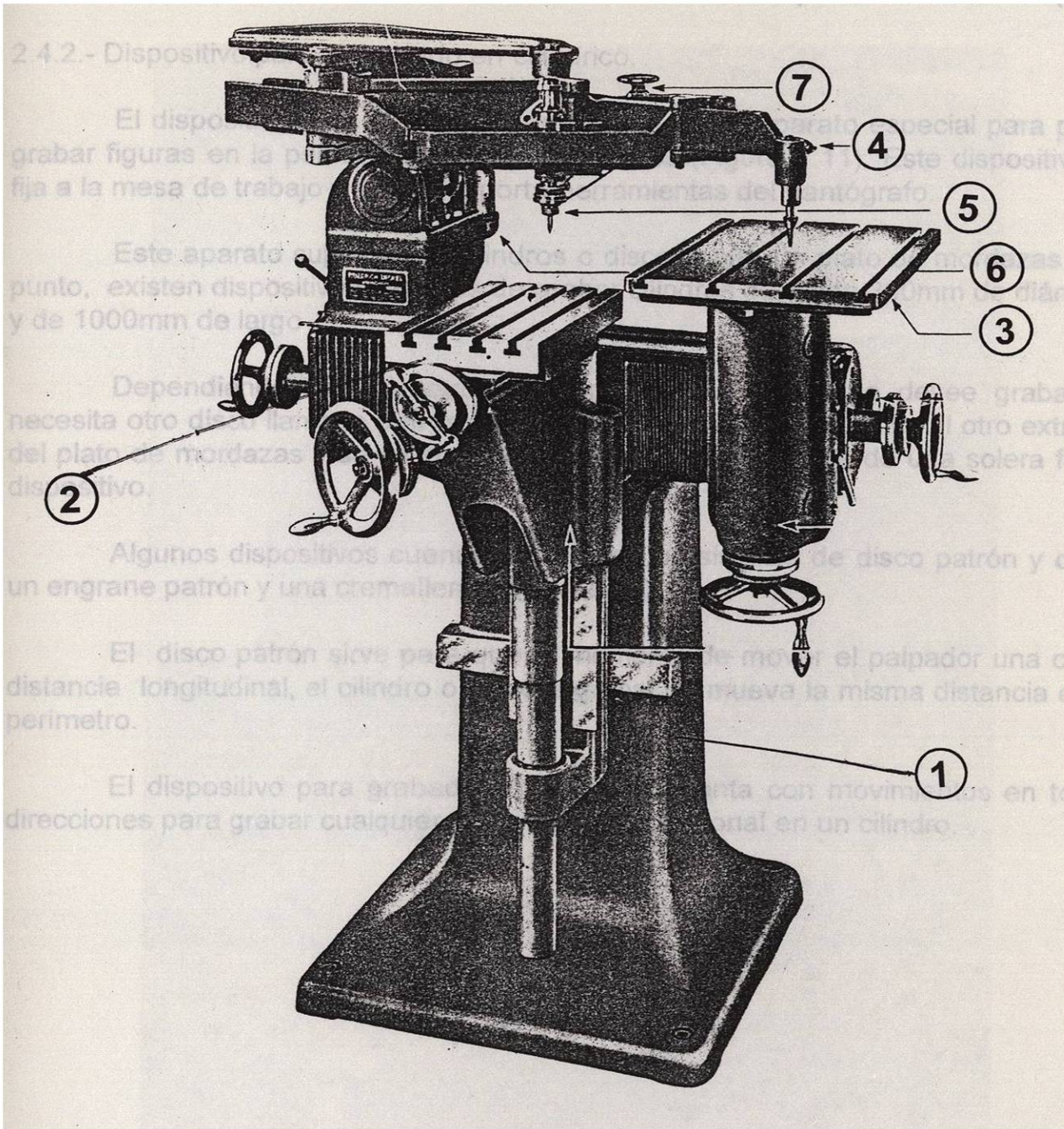
Esta máquina herramienta recibe su nombre del mecanismo de pantógrafo que se usa para reproducciones de un modelo a escala y a la facilidad de poder maquinar piezas como en una fresadora común. Si el pantógrafo puede copiar cualquier superficie de una figura este será tridimensional.

La función principal del pantógrafo fresador es la de obtener piezas de metales duros partiendo de modelos de materiales suaves.

2.4.1.- Partes del Pantografo fresador tridimensional

Las partes más importantes del pantógrafo tridimensional son las siguientes (figura 2.10):

- Columna (1).
- Mesa de trabajo con movimiento en los tres ejes (2).
- Mesa porta-plantillas con movimientos vertical y transversal (3).
- Pantógrafo con cuatro brazos (4).
- Husillo porta-herramientas (5).



PANTOGRAFO FRESADOR

FIGURA 2.10

- Motor (6).
- Bandas y poleas para tracción del motor al husillo porta-herramientas (7).

2.4.2.- Dispositivo para el grabado en cilíndrico.

El dispositivo para el grabado en cilindro es un aparato especial para poder grabar figuras en la periferia de discos o cilindros (Figura 2.11). Este dispositivo se fija a la mesa de trabajo y al husillo porta-herramientas del pantógrafo.

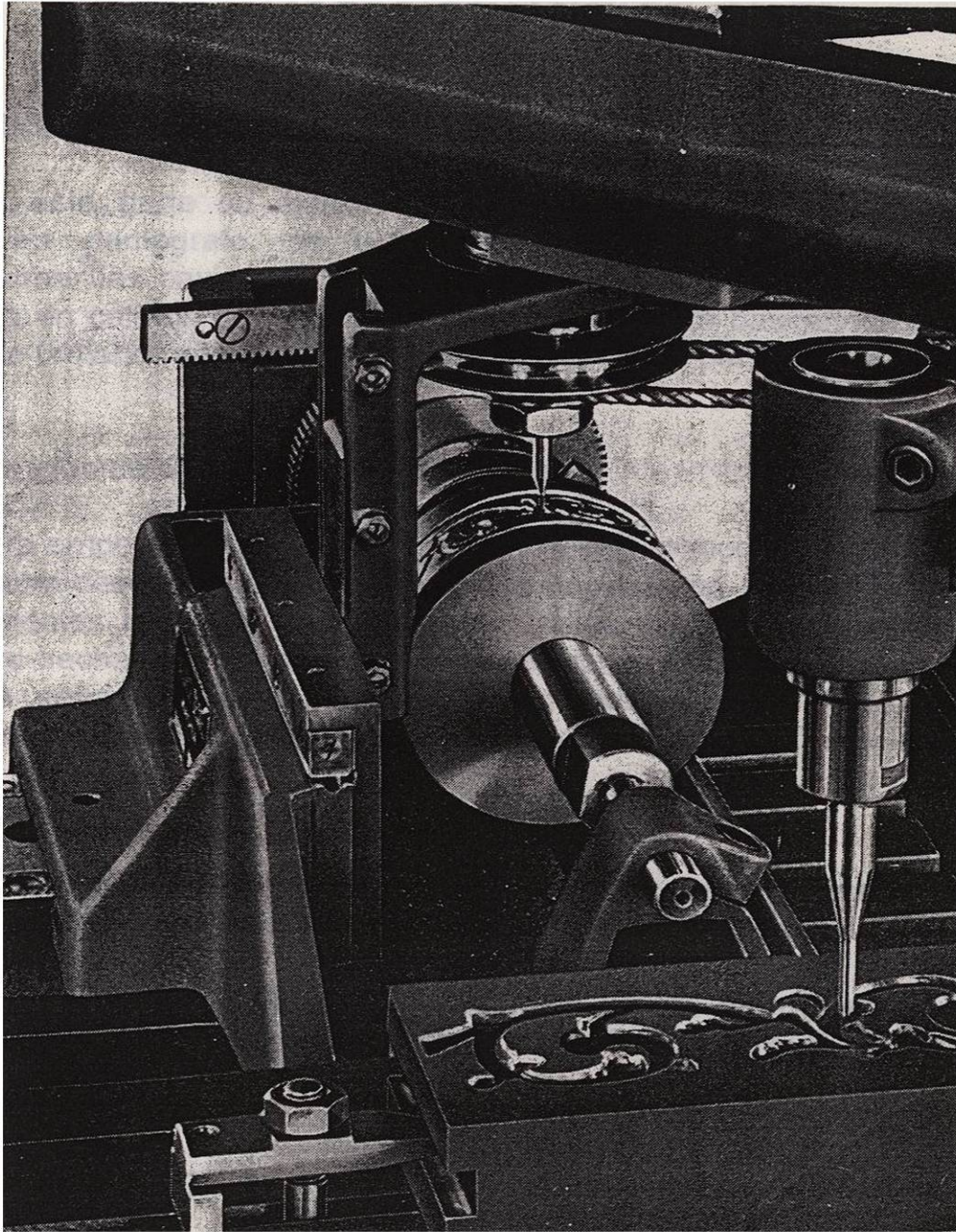
Este aparato sujeta a los cilindros o discos entre un plato de mordazas y un punto, existen dispositivos capaces de grabar cilindros de hasta 300mm de diámetro y de 1000mm de largo .

Dependiendo del diámetro del cilindro o disco que se desee grabar se necesita otro disco llamado patrón del mismo diámetro el cual se fija al otro extremo del plato de mordazas y se sujeta con un cable a los extremos de una solera fija al dispositivo.

Algunos dispositivos cuentan en vez de un sistema de disco patrón y cable un engrane patrón y una cremallera (Figura 2.11).

El disco patrón sirve para que al momento de mover el palpador una cierta distancia longitudinal, el cilindro o disco a grabar se mueva la misma distancia en el perímetro.

El dispositivo para grabado en cilíndrico cuenta con movimientos en todas direcciones para grabar cualquier superficie tridimensional en un cilindro.



DISPOSITIVO PARA EL GRABADO EN CILINDRICO

FIGURA 2.11

CAPITULO III

PROCESOS DE FABRICACION DEL MOLDE

3.1. FABRICACION DE LOS ELECTRODOS.

En esta parte se explican en orden de fabricación los procesos para maquinar en pantógrafo los electrodos de cobre que nos servirán para electroerosionar las cavidades. Para maquinar los electrodos es necesario hacer una plantilla en celoron de la periferia de la empuñadura basándose en un modelo de resina de tamaño natural con la ayuda del dispositivo para grabar en cilíndrico del pantógrafo.

3.1.1.- Obtención de un modelo a tamaño natural.

Para empezar a trabajar es necesario tener un modelo a tamaño natural de la empuñadura deseada por el cliente (fabrica de plásticos). Este se puede conseguir de las siguientes maneras : con una muestra de plástico , con el modelo de la empuñadura hecha en madera o con las dimensiones del modelo en un dibujo. Para este ultimo seria necesario conseguir a un modelista que basándose en las dimensiones del dibujo haga un modelo de madera .

3.1.2.- Obtención de un modelo de resina.

Teniendo el modelo a tamaño natural, es necesario obtener uno de las mismas dimensiones pero en resina debido a que se requiere de un modelo duro para que al momento de copiarlo a una plantilla de celoron el palpador del pantógrafo no lo deforme. Al modelo a tamaño natural es importante hacerle un centro de acero (Fig. 3.1), para poder tener una referencia de el eje central de la

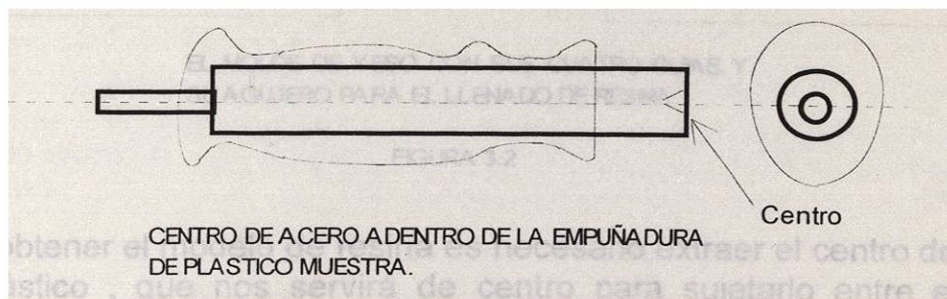


FIGURA 3.1

empuñadura, para darle cuerpo al modelo si este es de plástico , para sacarlo del molde de yeso y para que sirva también como centro del modelo de resina para poderlo sujetarlo mejor en el dispositivo para grabar en cilíndrico del pantógrafo.

Teniendo ya el modelo a tamaño natural con el centro de acero, se procede a hacer el molde de yeso de dos partes :

- 1.-Para obtener la primera parte del molde se prepara una caja de cartón que contenga al modelo con mas o menos un centímetro por cada lado. Para que sea fácil sacar el modelo del molde se le da una capa de jabón liquido, luego se calza al modelo de tal forma que quede levantado del fondo de la caja permitiendo así el paso del yeso liquido, luego se procede a colar con yeso liquido hasta un poco mas de la mitad del modelo (aprox. 2mm) agitando bien para evitar burbujas. Cuando se seque por completo el yeso se saca del molde la empuñadura. Se revisa si quedo bien y se le hacen unas muescas en la superficie del molde para que sirvan de guías entre las dos partes del molde (Fig. 3.2).
- 2.-Para obtener la otra parte del molde se coloca de nuevo el modelo en la primera parte del molde y se le da una capa de jabón liquido a toda la superficie , luego se hace una caja de cartón alrededor del yeso , enseguida se cuela el yeso liquido arriba del modelo agitando bien para evitar burbujas, ya que este esta bien seco se separan las dos partes del molde y se retira el modelo de plástico teniendo ya el molde de yeso.



FIGURA 3.2

Para obtener el modelo de resina es necesario extraer el centro de acero del modelo de plástico , que nos servirá de centro para sujetarlo entre el plato de mordazas y el punto del dispositivo para grabar en cilíndrico del pantógrafo. Se coloca el centro de acero adentro del molde de yeso al cual se le hace un agujero para permitir el llenado de resina (Fig. 3.2). Se les da a las cavidades del molde una

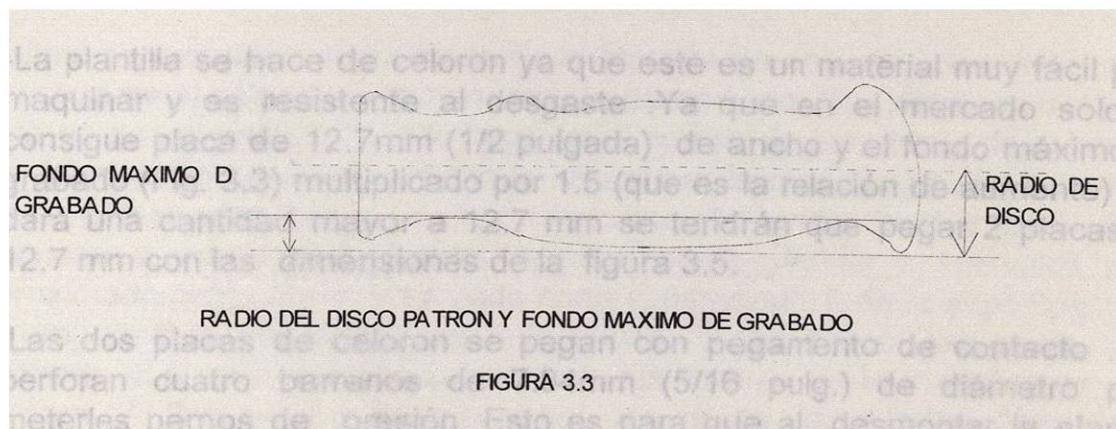
capa de liquido especial para permitir que el molde salga fácilmente y una vez seca esta, una capa de resina blanca (que posee gran dureza). Se amarran las dos partes del molde de yeso con hilo de cáñamo para evitar derramamientos. Luego se procede a preparar una resina, la cual se hace con la mezcla de cien partes de resina por una de catalizador. Se cuela la resina liquida por el agujero especial dejando un poco en el recipiente donde se hizo la mezcla para saber cuando la resina ya este fraguada . Ya que se haya endurecido la resina se retira el modelo del molde.

Para terminar el modelo de resina, se procede a llenar las imperfecciones del vaciado con plastilina epoxica lijando los excedentes. Cabe indicar que en las resinas, el liquido especial para permitir que el molde salga fácilmente y el catalizador son los mismos que los utilizados en la hechura de piezas de fibra de vidrio

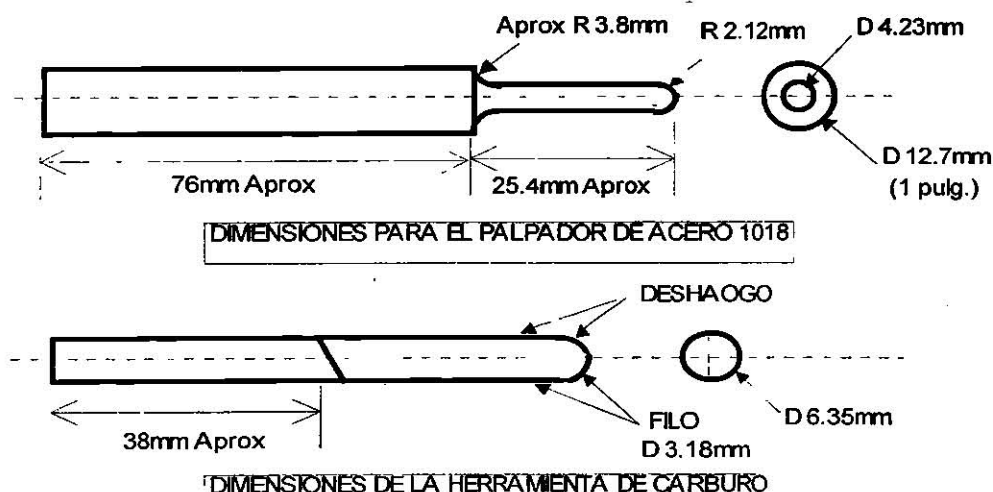
3.1.3.- Fabricación de la plantilla de la superficie del modelo de resina

Este proceso se hace en el pantógrafo con la ayuda de su dispositivo para grabar en cilíndrico y los pasos son los siguientes:

- 1.-El modelo de resina se coloca en el dispositivo para grabar en cilíndrico del pantógrafo sujetándolo de la parte mas delgada en el plato de mordazas y el otro extremo se detiente con el punto del dispositivo, este se sujeta en la mesa de trabajo de forma que corra de adelante hacia atrás y viceversa (que es lo normal).
- 2.-El dispositivo para grabar en cilíndrico requiere de un disco patrón del mismo diámetro del que se va a grabar pero como la empuñadura tiene varios diámetros se tomara el mayor para tener una plantilla con la mejor definición posible (Fig 3.3)



- 3.-Se ajustan los brazos del pantógrafo de tal manera que nos de la relación mas pequeña que es la de 1:1.5 para hacer una plantilla lo mas pequeña y por lo tanto lo mas económicamente posible , se coloca el porta palpadores en el lugar del husillo portaherramientas y viceversa para aumentar el modelo una y media veces mas la superficie de la empuñadura.
- 4.-Como la relación que se tomo es la de 1-1.5, esta también se debe tomar para los afilados del palpador que seguirá la figura y de la herramienta que maquinara la plantilla . Por lo tanto tomamos por conveniencia una herramienta de 6.35 mm de diámetro (1/4 de pulgada) y debido a la relación, el palpador será de un diámetro de 4.23mm (esto es $6.35/1.5$) .El afilado de el palpador y de la herramienta deberán tener un radio para que el palpador pueda tocar todas las partes del modelo de resina (Fig 3.4).

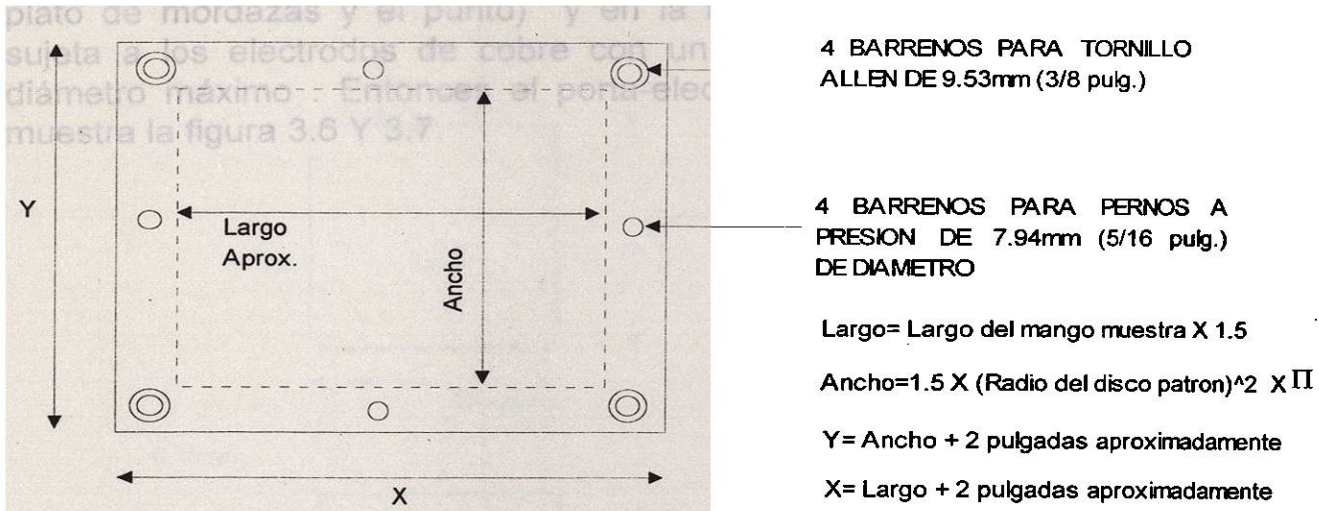


DIMENSIONES DEL PALPADOR Y LA HERRAMIENTA DE CARBURO PARA GRABAR LA PLANTILLA DE CELORON.

FIGURA 3.4

- 5.-La plantilla se hace de celoron ya que este es un material muy fácil para maquinara y es resistente al desgaste .Ya que en el mercado solo se consigue placa de 12.7mm (1/2 pulgada) de ancho y el fondo máximo de grabado (Fig. 3.3) multiplicado por 1.5 (que es la relación de aumento) nos dará una cantidad mayor a 12.7 mm se tendrán que pegar 2 placas de 12.7 mm con las dimensiones de la figura 3.5.
- 6.- Las dos placas de celoron se pegan con pegamento de contacto . Se perforan cuatro barrenos de 7.94mm (5/16 pulg.) de diámetro para meterles pernos de presión. Esto es para que al desmontar la plantilla

después de hacer todo el trabajo esta no se nos mueva pudiéndola usar en el futuro. Por ultimo se le hacen cuatro barrenos para alojar tornillos de 9.525mm (3/8 pulg.) que servirán para sujetar la placa en las ranuras T de la mesa porta-plantillas del pantógrafo , por lo tanto se deben hacer los barrenos procurando que coincidan con las ranuras T .



DIMENSIONES DE LA PLANTILLA DE LA PERIFERIA DE LA EMPUÑADURA HECHA DE DOS PLACAS IGUALES DE CELORON PEGADAS.

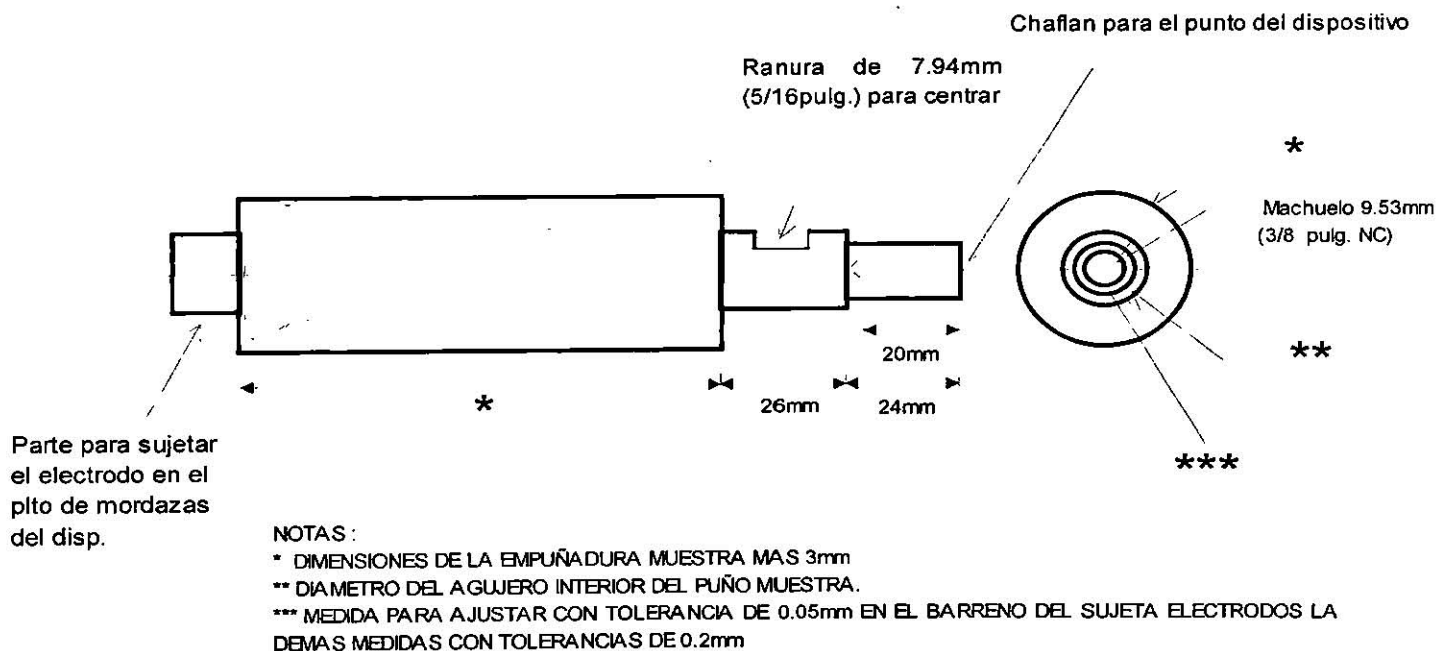
FIGURA 3.5

6.- Las dos placas de celoron se pegan con pegamento de contacto . Se perforan cuatro barrenos de 7.94mm (5/16 pulg.) de diámetro para meterles pernos de presión. Esto es para que al desmontar la plantilla después de hacer todo el trabajo esta no se nos mueva pudiéndola usar en el futuro. Por ultimo se le hacen cuatro barrenos para alojar tornillos de 9.525mm (3/8 pulg.) que servirán para sujetar la placa en las ranuras T de la mesa porta-plantillas del pantógrafo , por lo tanto se deben hacer los barrenos procurando que coincidan con las ranuras T .

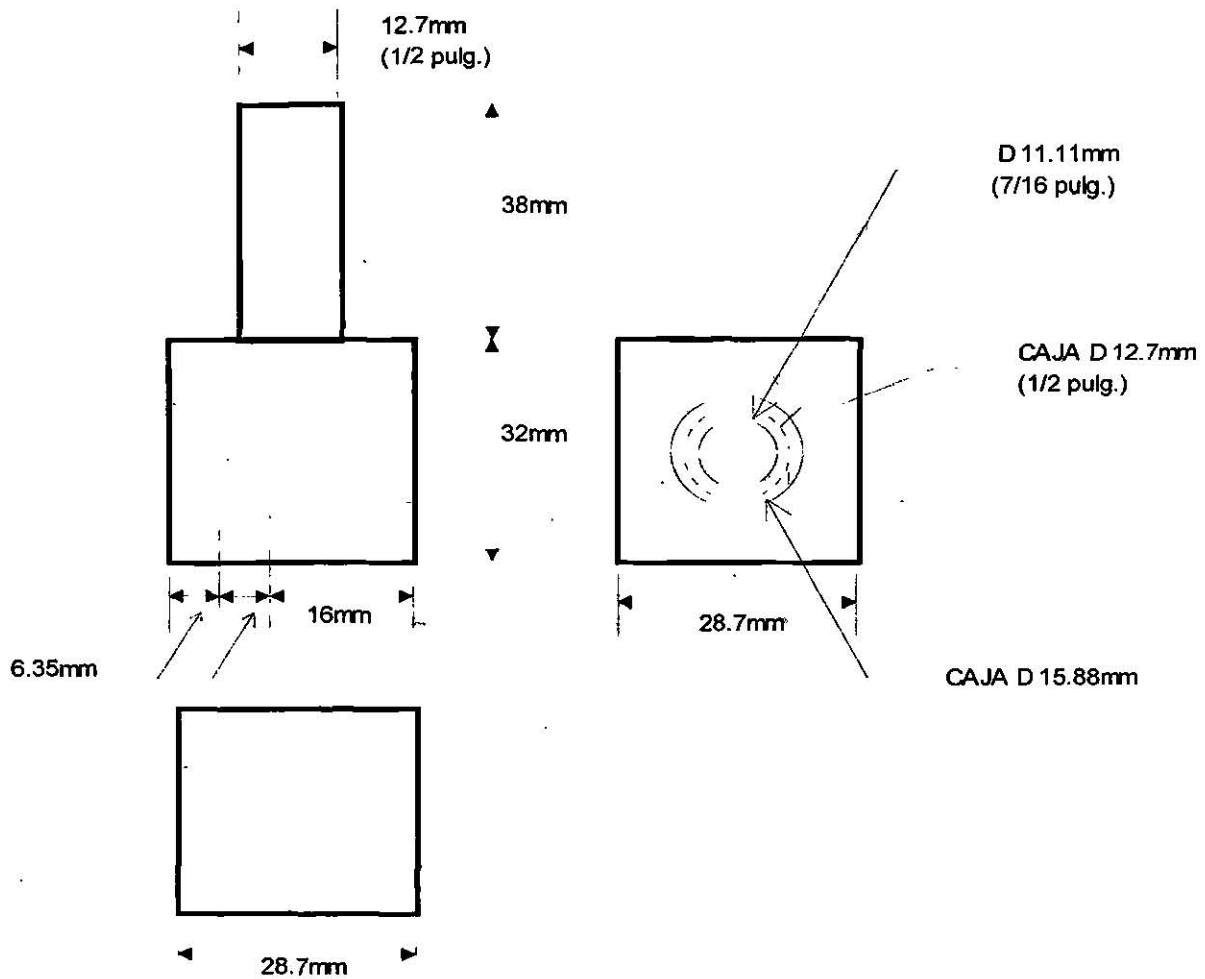
7.- Al final se procede al maquinado de la plantilla de celoron. Se alinea con la escuadra el palpador y la herramienta de carburo. Se centra la plantilla, esto es que el grabado nos lo haga en el centro de las placas de celoron moviendo las mesas del pantógrafo . Se sube la mesa de trabajo hasta que el palpador llegue al fondo máximo de grabado (Fig 3.3.). Se empieza a maquinar subiendo la mesa porta-plantilla a intervalos de aproximadamente 2 mm y en cada corte recorriendo toda la superficie de la empuñadura de resina una sola vuelta . Se sabrá que ya se ha acabado la plantilla cuando salgan toda las formas de la superficie en el celoron . Al final se le dará un acabado con lija de papel 280 a la plantilla para que borre las posibles huellas de la herramienta.

3.1.4.- Maquinado del electrodo de cobre.

Para el torneado de los electrodos es necesario diseñarlos de acuerdo a su forma de sujeción en el dispositivo para grabar en cilíndrico del pantógrafo (entre el plato de mordazas y el punto) y en la maquina electroerosionada; ya que esta sujeta a los electrodos de cobre con un broquero de 12.7mm (1/2 pulg.) como diámetro máximo . Entonces el porta-electrodos y los electrodos se hacen como muestra la figura 3.6 Y 3.7.



DIMENSIONES PARA MAQUINAR LOS ELECTRODOS
FIGURA 3.6



SUJETA ELECTRODOS DE LA MAQUINA ELECTROEROSIONADORA

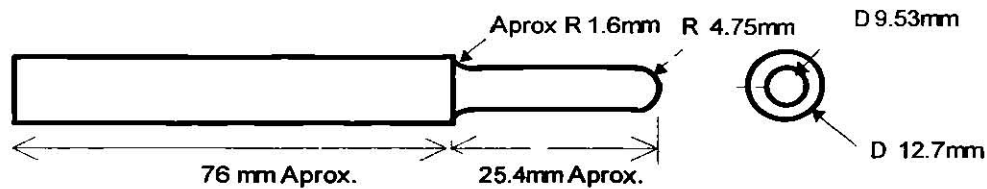
FIGURA 3.7

3.1.5.- Grabado en pantógrafo del electrodo de cobre.

Para este proceso se mantiene la misma relación del pantógrafo. Se cambia el modelo de resina por una pieza de cobre de las dimensiones de la figura 3.6 . El porta-palpadores y el husillo porta-herramientas se intercambian de lugar esto, es a la posición normal. La herramienta de carburo que se afilo para hacer la plantilla de celoron se usará para maquinar el cobre por lo que hay que hacer un nuevo palpador de 9.53mm de diámetro (esto es 6.35mm x 1.5) como se muestra en la figura 3.8 . Después de centrar la herramienta de carburo con el palpador se maquina el cobre con cortes de 1.25mm rociando de gasolina con una brocha para mejor facilidad de maquinado.

Se necesitan electrodos de desbaste y acabado. Los electrodos de desbaste se maquinan mas delgados para que erosionen hasta el fondo de las letras del

logotipo, es decir, si el fondo del logotipo de la empuñadura se desea de 0.7mm los electrodos de desbaste se harán de 1.4mm mas delgados que los de acabado (un logotipo de cada lado) ya que estos se les grabara el logotipo en pantógrafo.



DIMENSIONES DEL PALPADOR DE LA PLANTILLA DE CELORON

FIGURA 3.8

3.1.6.- Grabado en pantógrafo de la marca de la empuñadura.

Ya que se han terminado de grabar todos los electrodos solo resta a los de acabado grabarles el logotipo deseado, esto se hace siguiendo los siguientes pasos:

- 1.-Con el logotipo de las empuñaduras deseado por el cliente se hace una placa fotograda de el logotipo en bajo relieve 1.5 veces mas grande de lo deseado.
- 2.-Después se desmonta la plantilla de celoron del pantógrafo y se sujeta la placa fotograda con grapas a la mesa porta-plantilla alineándola de tal manera que sea grabada a largo de los electrodos
- 3.-Los electrodos se sujetan en el dispositivo para grabar en cilíndrico pero fijo y con el husillo porta-herramientas fuera del dispositivo.
- 4.-Se afila una herramienta de carburo plana lo mas ancha que permita el logotipo y un palpador plano también de 1.5 veces mas diámetro que la herramienta de carburo que siga el logotipo de la placa fotograda.
- 5.-Se centra el logotipo en la posición que se desee grabar en los electrodos moviendo las mesas del pantógrafo
- 6.-Se pasa al grabado de los electrodos maquinando con gasolina. Si se necesita un fondo de logotipo de 0.75mm no importa si es mayor ya que esta medida se tendrá con los electrodos de desbaste. Pero si es

importante que en todos los lados del logotipo tengan por lo menos un fondo de 0.75mm.

3.1.7.- Acabado del electrodo.

Al finalizar de grabar un electrodo en el pantógrafo es necesario cortarle con una segueta la parte que sirvió para sujetarlo en el plato de mordazas, y con una lima darle la forma con cuidado.

A los electrodos de acabado es necesario darles una superficie lisa con lija para quitar las revabas del grabado del logotipo y para borrar las huellas posibles de herramienta en todo el electrodo, ya que esto lo puede grabar en las cavidades. A los electrodos de desbaste bastara con darles un acabado graneado con arena a presión.

3.2. ELECTROEROSIONADO DE LAS CAVIDADES.

Para calcular el tiempo de electroerosion, la maquina cuenta con tablas donde se tiene la velocidad de desbaste de acero dependiendo del amperaje . Un calculo muy aproximado es el siguiente:

$$\text{TIEMPO DE ELECTROEROSION} = \frac{\text{MASA DE LA PARTE DEL ELECTRODO QUE SE VA A ELECTROEROSIONAR}}{\frac{\text{DENSIDAD DEL ELECTRODO}}{\text{VELOCIDAD DE DESBASTE}}}$$

$$\text{HORAS} = \frac{\frac{\text{gm}}{\text{gm / mm}^3}}{60 \times \text{mm}^3 / \text{min}}$$

Para el proceso de electroerosión de las cavidades es importante saber el diseño del molde, por lo que se asume dependiendo de la capacidad de la mesa de la maquina electroerosionadora y ya que es lo mas económico , un molde de ocho cavidades y de dos partes. Cada parte de dos placas una superior y una inferior con cuatro cavidades en fila, con el punto de inyección en una parte alimentando a la otra con una vena . Se hace en dos partes porque de una sola pieza rebasaría las dimensiones de la mesa de la maquina electroerosionadora, y no se hace de cuatro porque el punto de inyección del molde debe estar en el centro para que la maquina inyectora de plásticos tenga un asiento parejo. Sin embargo se puede hacer de

cuatro solo que se ponga en el otro extremo del molde una placa de fierro de la misma altura del molde para que sirva de apoyo.

Primero se electroerosionaran el desbaste y el acabado de cuatro cavidades de una parte del molde y después las otras cuatro de la otra parte, a continuación se enlistan los procesos para el grabado de las cuatro primeras cavidades de la primera parte que son los mismos que los de la segunda.

- 1.-Primero se sujeta en la mesa de la electroerosionadora una placa inferior del molde y se centra en sus tres ejes con un indicador de carátula . En el lugar donde se electroerosionaran las cavidades es necesario hacer un maquinado previo pasando una broca en las dos mitades para disminuir el tiempo de electroerosionado
- 2.-Luego se coloca en el broquero de la maquina electroerosionadora el sujeta electrodos y se centra en sus tres ejes con ayuda de un indicador de carátula. Después se le coloca un electrodo de desbaste apretándolo con un tornillo de cabeza sumergida de 9.53mm (3/8 pulg.) por 19.1mm (3/4 pulg.) de largo. Se centran los dos ejes del electrodo con el indicador de aguja en la parte de 26 mm de la figura 3.6, para centrar el giro del electrodo se hace con un indicador de carátula en el fondo de la ranura hecha con un cortador recto de aproximadamente 7.94mm (5/16 pulg.) que se muestra en la figura 3.6.
- 3.-Como el primer electroerosionado de todas las cavidades será el de desbaste se selecciona una corriente alta (pero que no nos desgaste demasiado el electrodo). Tomando de la tabla 3.1 , que es la que nos da el fabricante de la maquina electroerosionadora se tiene la posición de los controles de corriente , la posición de los controles de frecuencia (descarga y descanso), la corriente en amperes, el acabado de la superficie electroerosionada , el desgaste del electrodo en porcentaje y la velocidad de desbaste . Tomamos los controles de 1,1/2,1/16 de selección de corriente ya que con esta el electrodo se desgastara solo un 0.3% esto es que si tendría que electroerosionar el electrodo 100 mm se desgastaría 0.3mm
- 4.-Seleccionada la corriente , se centra la posición del electrodo con respecto a la placa para electroerosionar la primera cavidad auxiliandose con el señal auditiva de la protección del servo y del posicionador digital . Luego se ajusta con el indicador de la maquina la profundidad de la cavidad que es la mitad del diámetro mayor medido previamente con un

micrómetro. Cerramos las puertas de la electroerosionadora , se inunda de dieléctrico y se empieza a electroerosionar la primera cavidad .

- 5.-Terminando de erosionar la primera cavidad pasamos a la segunda leyendo el desplace con el posicionador digital. Al terminar la segunda se cambia el electrodo para hacer el desbaste de la tercera y cuarta cavidades.
- 6.-Ya que se han electroerosionado el desbaste de las cuatro cavidades se cambia el electrodo por uno de acabado , se centra correctamente y se selecciona otra corriente mas pequeña para que desgaste menos el electrodo y para obtener una superficie mas fina que nos permitirá que el logotipo resalte mejor. Se electroerosionan las cavidades con el mismo procedimiento que en el de desbaste solo se recomienda pasar primero un electrodo nuevo de acabado a aquella cavidad que fue la ultima de un electrodo de desbaste.
- 7.-Se desmonta la primera placa del molde y se procede a electroerosionar las cuatro cavidades restantes de la parte superior siguiendo los mismos pasos.

También es importante seguir las siguientes precauciones:

- Es muy importante que cada vez que se cambie un electrodo se centre el giro con un indicador en la ranura de 7.94mm (5/16 pulg.) y también la posición del electrodo con respecto a la placa con la ayuda de la señal auditiva de la protección del servo y del posicionador digital.
- Es importante numerar los electrodos para que con los electrodos de desbaste y acabado que hicieron una media cavidad sean los mismos que se usen para la otra mitad.
- Las caras de las placas con las que se centro los electrodos deben de ser las mismas para todos los electrodos y para las dos placas .
- Ya que se electroerosionara con corrientes considerablemente altas, es importante que el nivel del dieléctrico este por lo menos tres centímetros encima del electrodo .
- Antes de comenzar a electroerosionar es importante colocar las dos mangueras de flujo de dieléctrico para remover el material electroerosionado a una presión de 5 kg/cm² cerca de la superficie a

electroerosionar . Hay que ubicarlas en un mismo sentido para no crear turbulencias .

-Es importante ajustar los controles del servo de tal manera que den el tiempo apropiado para desalojar el material electroerosionado.

CORRIENTES DE TRABAJO		TIEMPO DE DESCARGA	TIEMPO DE DESCANSO	RUGOSIDAD μmRa	AMPLIACION DOS CARAS mm	DESGASTE DEL ELECTRODO %	VELOCIDAD mm3/min
1+1/2+1/4+1/8+1/16	30A	6	3	16.8	0.3	0.35	116
		6.5	3.5	18	0.32	0.3	110
1+1/2+1/16	25A	5.5	2.5	15	0.26	0.3	82
		6	3	17	0.29	0.2	78
1+1/4+1/16	21A	5.5	2.5	12.8	0.22	0.26	72
		6	3	13.2	0.26	0.1	70
1/2+1/4+1/8+1/16	15A	5	2	10.5	0.18	0.3	47
		5.5	2.5	11	0.22	0.1	38
1/2+1/4+1/16	13A	5	2	9	0.16	0.4	35
		5.5	2.5	9.3	0.19	0.2	28
1/2+1/8+1/16	11A	5	2	7.8	0.15	0.4	25
		5.5	2.5	8	0.18	0.2	20
1/2+1/8+1/16	11A	4.5	1.5	6	0.14	0.4	21
		5	2	6.3	0.17	0.3	16
1/2+1/16	9A	4.5	1.5	5	0.14	0.4	17
		5	2	5.4	0.16	0.3	12
1/4+1/8+1/16	7A	4	1	4.8	0.13	0.6	13.5
		4.5	1.5	5	0.14	0.3	11
1/4+1/16	5A	3.5	1.5	4	0.09	0.7	5.5
		4	1	4.4	0.1	0.4	5.1
1/8+1/16	3A	3	1	3	0.08	1	2.5
		3.5	1.5	3.2	0.09	0.5	1.8
1/12+1/16	2A	2.5	1.5	2.4	0.07	1.6	1.42
		3.5	1.5	2.6	0.08	0.6	1.3

Selección de la corriente para electrodos de cobre y pieza a maquinar de acero.

Tabla 3.1

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

Al haber obtenido las cavidades del molde de inyección por electroerosión se tienen las siguientes conclusiones:

-En el proceso de fabricación de cavidades de moldes por electroerosión, se puede tener la entera seguridad de que el electrodo maquinado tendrá la misma apariencia que la pieza de plástico a inyectar, por lo cual el cliente al ver los electrodos autorizará la electroerosión de las cavidades.

-Debido a que la máquina electroerosionadora que se tubo cuenta con posicionadores digitales esto ayuda a que las dos cavidades de cada pieza cierren perfectamente, evitando rebabas y diferencias en la figura.

-Al tener electrodos de desbaste y acabado, se lograron acabados de superficie finos y una medida final más controlada entre cavidades.

BIBLIOGRAFIA

Haley Stuart, BOLETIN TECNICO DE FUNDAMENTOS DE EDM, Sociedad de Ingenieros en Manufacturas.

Schumacher B. Dr. , MOLD-MAKING HANDBOOK FOR THE PLASTICS ENGINEER, Hanser Publishers, 1993

MANUAL DEL USUARIO, Maquina electroerosionadora CHMER CD-30M, 1989

BOLETIN DE PUBLICIDAD, Pantografo fresador DECKEL GK21

Myers S.D., Kelly J.J. , Parrish R.H. , TRANSFORMER MAINTENANCE GUIDE , S.D. Myers, 1981

Weiss G. , HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK , Noyes, 1986

