

Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Facultad de Ingeniería Mecánica



# TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:  
**INGENIERO MECANICO**

**T E M A:**

“Diseño y Procesos de Fabricación de la  
Matricería para la Construcción de Filtros de  
Aceite para Motores de Combustión Interna”

*Presentada por:*

**Jorge Augusto Durán Camacho**



**-: 1. 9 8 7 :-**

**GUAYAQUIL :-: ECUADOR**

## AGRADECIMIENTO

Al los Profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela - Superior Politécnica del Litoral, - por haber contribuído en sus conocimientos ingenieríles a la culminación de mi carrera.

Al Ing. MANUEL HELGUERO G., Director de esta tesis, por su orientación y aporte para el presente estudio.

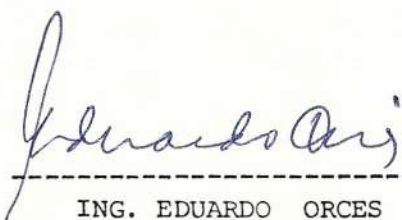
Especial agradecimiento para el señor VICENTE ADUM RODRIGUEZ, por su aporte en conocimientos prácticos - en el desarrollo de esta tesis.

Y para aquellas personas que de una u otra manera han aportado en el desarrollo de esta tesis de grado.

DEDICATORIA

- A MIS PADRES
- A MI ESPOSA
- A MI HIJA

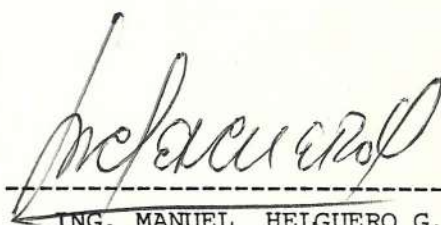
Por ser los estimuladores constantes  
para alcanzar esta meta.



ING. EDUARDO ORCES P.

DECANO

FACULTAD DE ING. MECANICA



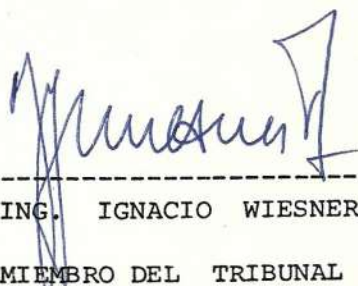
ING. MANUEL HELGUERO G.

DIRECTOR DE TESIS



ING. MARCELO ESPINOZA L.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. IGNACIO WIESNER


MIEMBRO DEL TRIBUNAL



DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS  
EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVA-  
MENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A  
LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la  
ESPOL).



-----  
JORGE DURAN CAMACHO

## R E S U M E N

La embutición metálica, ha sido en el campo de la metalmecánica, una de las operaciones en trabajado en frío, más - utilizadas en la rama de la industria, tanto para la fabricación de piezas de gran tamaño, como pequeños objetos útiles de uso doméstico.

Su constante uso industrial, exige en la actualidad, un progreso tecnológico contínuo, convirtiéndose de ésta manera en un campo de excelente futuro en la Ingeniería Moderna , para quienes gustan de la investigación.

Esta interesante operación, que a una chapa plana gradualmente la transforma en un cuerpo hueco, sin desprendimiento de viruta, requiere de un correcto diseño de la herramienta que tiene la forma del cuerpo a formar. A demás , con la extensa variedad de maquinaria para embutir, hace - posible un fácil diseño de cualquier proceso de producción en esta rama.

Para nuestro caso la fabricación del cilindro para formar el filtro propiamente requerimos de lo siguiente:

1. La materia prima que se presenta en forma de chapa o lámina metálica.
2. La herramienta de corte y embutir diseñada de acuerdo a los requerimientos del filtro.
3. La maquinaria de embutición llamada prensa, que suministrará el trabajo operacional sobre la herramienta, que la lleva convenientemente montada.
4. Las herramientas, máquinas adicionales, que perfilan el filtro según la necesidad.

Si consideramos que en nuestro país hay una gran demanda de filtros de aceite especialmente para motores 4 cilindros; se ve claramente la necesidad de producirlos, ya que su producción nacional es actualmente baja.

Para este proceso de fabricación, se requiere la instalación de un conjunto de máquinas para los diferentes trabajos sobre el metal, de manera que existe una coordinada secuencia de operaciones, desde la recepción de la materia prima, hasta la salida del producto terminado.

Como el principal objetivo de éste proyecto es el diseño

de las herramientas que conformarán la chapa en una capa profunda, se dedica este tema a todo el Capítulo III. Se desarrolla entonces los cálculos correspondientes a cada forma principal del punzón y de la matriz para todos los pasos de embutición. Se concreta también el diseño de sus elementos complementarios para cada caso. Estos cálculos, criterio de selección de materiales, tratamientos, etc., en conjunto con los planos, hace posible la construcción de la herramienta en el taller mecánico.

Una vez realizado el diseño de todas las herramientas desde el corte del disco hasta que sale completamente terminado el filtro vemos que es suficientemente rentable como para poder montar una industria para la fabricación de este tipo de filtro, como se explica en el Análisis de Costos del Capítulo III.

Finalmente, esta tesis ha sido útil para sacar conclusiones de ingeniería, que servirán de base para futuros proyectos.



INDICE GENERAL

PAG.

RESUMEN -----	VI
INDICE GENERAL -----	IX
INDICE DE FIGURAS -----	XIII
INDICE DE CUADROS -----	XV
INDICE DE TABLAS -----	XVII
INDICE DE FOTOGRAFIAS -----	XIX
INDICE DE SIMBOLOGIA -----	XXI
INTRODUCCION -----	XXV
CAPITULO I	
ESTUDIO DE MERCADO -----	27
1.1. IMPORTACIONES -----	27
1.1.1. Evolución de las importaciones-----	27
1.1.2. Importaciones por países proveedores-----	27
1.1.3. Oferta -----	28
1.1.4. Sistemas de comercialización -----	29
1.1.5. Volumen, estructura y distribución geográfi ca del consumo -----	30
1.1.6. Precios -----	30



Pags.

1.2. PUNTO DE EQUILIBRIO -----	31
CAPITULO II	
INGENIERIA DEL PROYECTO -----	56
2.1. ANALISIS DE ESFUERZOS DEL EMBUTIDO CILINDRICO ----	56
2.2. ESTUDIO Y SELECCION DE LA CHAPA DE ACERO -----	75
2.3. ESTUDIO Y SELECCION DE LUBRICANTES PARA EL EMBUTIDO PROFUNDO -----	91
2.4. ESTUDIO DE LA MAQUINARIA PARA LA EMBUTICION -----	95
2.4.1. Clasificación de las prensas -----	99
2.4.2. Cálculo y selección de la prensa -----	109
CAPITULO III	
DISEÑO DE LAS HERRAMIENTAS PARA LA EMBUTICION -----	147
3.1. DESCRIPCION DE LAS ESPECIFICACIONES DEL CILINDRO A FABRICAR -----	147
3.1.1. Determinación de las dimensiones -----	147
3.2. SELECCION DE LA HERRAMIENTA A DISEÑARSE -----	151
3.2.1. Número de operaciones -----	151
3.3. CALCULOS PARA DIMENSIONAR LAS PIEZAS DE CHAPA OBTENI DAS EN CADA OPERACION -----	152
3.3.1. Operación de corte -----	152
3.3.2. Primera operación de embutido -----	156
3.3.3. Reembutición -----	159

3.4. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DE CORTE DEL DESARROLLO DEL FILTRO -----	163
3.4.1. Determinación de los diámetros del punzón y matriz de corte -----	163
3.4.2. Determinación de otras dimensiones princi pales de los elementos de corte -----	166
3.5. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA PARA LA PRIMERA EMBUTI CION -----	172
3.5.1. Diseño del punzón de embutición -----	172
3.5.2. Diseño de la matriz de embutición -----	174
3.6. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA PARA LA SEGUNDA EMBUTI CION -----	180
3.6.1. Diseño del punzón de la segunda embutición	181
3.6.2. Diseño de la matriz de la segunda embu tición -----	182
3.7. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA PARA LA TERCERA EMBUTI CION -----	183
3.7.1. Diseño del punzón de la tercera embutición	189
3.7.2. Diseño de la matriz de la tercera embuti ción -----	191
3.8. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DEL ESTAMPADO DE LA CA BEZA DEL FILTRO -----	194
3.8.1. Determinación de las alturas totales de las matrices -----	194

3.8.2. Diseño del punzón de estampado -----	194
3.9. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DEL CORTE DE REBABA Y CUA DRADO DEL FILTRO -----	198
3.10. DISEÑO DE LA TAPA DEL FILTRO -----	198
3.11. DISEÑO DEL SUJETADOR DEL FILTRO PROPIAMENTE DICHO-----	202
3.12. DETALLE DE LA CONSTRUCCION DE LAS MATRICES -----	203
3.13. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE LAS MATRICES-----	205
3.14. TRATAMIENTO TERMICO DE LAS MATRICES -----	208
3.15. CONTROL DE CALIDAD DEL FILTRO -----	214
3.15.1. Inspección de materias primas e insumos---	214
3.15.2. Inspección durante la fabricación-----	217
3.16. ANALISIS DE COSTOS -----	224
3.16.1. Costos de fabricación de las matrices-----	227
3.16.2. Costo de materia prima -----	232
3.16.3. Costo de fabricación -----	233
3.16.4. Costo de producción -----	234
3.17. PRODUCCION -----	235
3.17.1. Descripción del proceso -----	235
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	250
APENDICES -----	253
BIBLIOGRAFIA -----	380



## INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>		<u>Pags.</u>
1	DETALLE DE FUERZAS DE EMBUTICION-----	58
2	ELEMENTO SOMETIDO A ESFUERZO DE EMBUTICION-----	59
3	FUERZA DE EMBUTICION -----	72
4	ESFUERZOS DURANTE LA EMBUTICION -----	73
5	DIAGRAMA CARGAS - DEFORMACIONES DEL COA Y DEL <u>LA</u> TON -----	78
6	DIAGRAMA DUREZAS - DEFORMACIONES DEL COA Y DEL LATON -----	79
7.a.	PRENSA MECANICA -----	100
7.b.	PRENSA HIDRAULICA -----	101
8.a.	PRENSA INCLINABLE -----	103
8.b.	PRENSA BANCADA AJUSTABLE -----	104
8.c.	PRENSA DE COLUMNAS -----	105
9	ESQUEMA DE CABEZAL DE DOBLE EFECTO -----	108
10	GRAFICO FUERZA DE CORTE - CARRERA -----	115
11	DETERMINACION DE LA FUERZA 'Y DEL TRABAJO DE CORTE	118
12	DIAGRAMA PARA EL CALCULO DE LA FUERZA PARA LA <u>EM</u> BUTICION PROFUNDA DE PIEZAS CILINDRICAS EN <u>ESTIRA</u> DO UNICO -----	131

NºPags.

13	COMPRESION DEL SUJETACHAPAS EN LA EMBUTICION PROFUNDA -----	141
14	BORDON DE FLUENCIA -----	145
15	BORDON DE AMORTIGUAMIENTO -----	145
16. a.	DIMENSIONES DEL CILINDRO A FABRICAR -----	148
16. b.	DIMENSIONES DEL CILINDRO A FABRICAR -----	149
17	DIMENSIONES DE LA TAPA A FABRICAR -----	150
18	DIMENSIONES PRINCIPALES DE LOS ELEMENTOS DE CORTE -----	164



INDICE DE CUADROS

<u>Nº</u>		<u>Pags.</u>
1.1.	IMPORTACIONES ANUALES Y PERIODICAS DE LOS FILTROS PARA MOTORES DE COMBUSTION INTER- NA (PERIODO 1.975 - 1.985 ) -----	34
1.2.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES - (AÑO 1.975)-----	35
1.3.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1.976) -----	36
1.4.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1. (&&) -----	37
1.5.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1.978)-----	39
1.6.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1.979) -----	41
1.7.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1.980) -----	43
1.8.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1.981) -----	45
1.9.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1.982) -----	47

<u>Nº</u>		<u>Pags.</u>
1.10.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1.983)-----	49
1.11.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1.984)-----	51
1.12.	IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1.985)-----	52
1.13.	CANALES DE COMERCIALIZACION -----	53
1.14.	FILTROS Y DEPURADORES DE LIQUIDOS ( AÑO - 1.984)-----	54
1.15.	MAQUINAS PARA TRABAJO DE CHAPA -----	97

INDICE DE TABLAS

<u>Nº</u>		<u>Pags.</u>
I	VALORES DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION DE VARIOS METALES Y ALEACIONES -----	66
II	VALORES DE $\varphi$ EN FUNCION DE D/d PARA CALCULO DE ESFUERZO DE EMBUTICION -----	67
III	PRESION MEDIA DEL PISADOR PARA VARIOS META LES -----	68
IV	COEFICIENTES X PARA EL CLAUCLÓ DE TRABAJO DE EMBUTICION -----	70
V.	CHAPA DE ACERO PARA EL ESTAMPADO EN FRIO--	80
VI	RESISTENCIA A LA ROTURA Y A LA CORTADURA - DE LOS METALES -----	83
VII	DATOS PARA EL RECOCIDO DE LA CHAPA A EMBU- TIR -----	85
VIII	TOLERANCIAS SOBRE EL ESPESOR Y PESO DE LAS CHAPAS -----	88
IX	SIGLAS DE REFERENCIA CORRESPONDIENTES A - LOS PRINCIPALES LUBRICANTES USADOS PARA EL ESTAMPADO EN FRIO -----	93

<u>Nº</u>		<u>Pags.</u>
X	LUBRICANTES A USAR SEGUN EL TIPO DE TRABAJO	94
XI.	VALORES DE RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO (Ks) DE DIFERENTES MATERIALES METALICOS-----	111
XII	TOLERANCIAS ADMISIBLES ENTRE PUNZONES Y MATRICES -----	125
XIII.	COMPOSICION Y TRATAMIENTOS TERMICOS DE LOS ACEROS PARA MATRICERIA -----	206
XIV	COEFICIENTES DE REDUCCION "M" PARA VARIOS MATERIALES -----	158
XV	ACEROS PARA MATRICERIA -----	212

INDICE DE FOTOGRAFIAS

<u>Nº</u>		<u>Pags.</u>
I.	TROQUEL DE CORTE MONTADO EN UNA PRENSA HIDRAU LICA -----	169
II.	TROQUEL DE CORTE -----	170
III.	PUNZON (MACHO) DE LA PRIMERA EMBUTICION-----	173
IV.	MATRIZ (HEMBRA) DE LA PRIMERA EMBUTICION-----	175
V.	MATRIZ DE LA PRIMERA EMBUTICION MONTADO EN - UNA PRENSA HIDRAULICA -----	176
VI.	PRUEBAS DE LA PRIMERA EMBUTICION-----	177
VII.	CALIBRANDO LA ALTURA DE LA PRIMERA EMBUTICION	178
VIII.	PUNZON Y PISADOR DE LA SEGUNDA EMBUTICION----	179
IX	MATRIZ DE LA SEGUNDA EMBUTICION -----	184
X.	PRUEBAS DE LA PRIMERA Y SEGUNDA EMBUTICION---	185
XI.	PRUEBAS DE LA SEGUNDA EMBUTICION -----	186
XII.	RECTIFICANDO UNA MATRIZ DE LA SEGUNDA EMBUTI- CION -----	187
XIII.	TORNEANDO EL PISADOR DE LA SEGUNDA EMBUTICION	188
XIV.	PUNZON DE LA TERCERA EMBUTICION -----	190
XV.	PISADOR DE LA TERCERA EMBUTICION -----	192



NºPags.

XVI.	MATRIZ DE LA TERCERA EMBUTICION -----	193
XVII.	MATRIZ DE ESTAMPADO DE LA CABEZA DEL FILTRO	195
XVIII.	CALIBRANDO LAS ESTRIAS DE LA CABEZA DEL FILTRO -----	196
XIX.	PRUEBAS Y MATRIZ DEL ESTAMPADO DE LA CABEZA DEL FILTRO -----	197
XX.	TROQUEL DE CORTE Y CUADRADO DEL FILTRO ---	199
XXI.	VELAS (GUIAS) DE TODAS LAS MATRICES-----	200
XXII.	REBORDEADORA DEL SELLADO DEL FILTRO -----	201

## SIMBOLOGIA

A	TRABAJO DE CORTE
Ad	TRABAJO DE EMBUTICION
C	HOLGURA RELATIVA
D	DIAMETRO DEL CORTE A MEDIDA
Dpc	DIAMETRO DEL PUNZON DE CORTE
Dmc	DIAMETRO DE LA MATRIZ DE CORTE
Ccp	CUOTA CILINDRICA DEL PUNZON DE CORTE
Ccm	CUOTA CILINDRICA DE LA MATRIZ DE CORTE
E	FACTOR EXPERIMENTAL
F	SUPERFICIE DE CORTE
P	PRECIO UNITARIO
Ps	ESFUERZO CORTE
Pp	ESFUERZO DE EMBUTICION
Pr	ESFUERZO DE REEMBUTICION
Pt	FUERZA DE EMBUTICION
Pz	FUERA MAXIMA DE EMBUTICION
P <sub>B</sub>	FUERZA DEL SUJETA CHAPAS
Pd	FUERZA MEDIA DE EMBUTICION
P.E.	PUNTO DE EQUILIBRIO
T	TRABAJO DE EMBUTICION

Rr	RADIO DEL PUNZON DE LA SEGUNDA EMBUTICION
X	COEFICIENTE DE IRREGULARIDAD DE LA FUERZA Pp
Ks	RESISTENCIA DE CIZALLAMIENTO
Kfm	RESISTENCIA MEDIA A LA DEFORMACION
S	ESPESOR DE LA CHAPA
Jc	JUEGO DE CORTE
Jac	JUEGO ANGULAR DE LA MATRIZ DE CORTE
Je	JUEGO DE EMBUTICION
Jre	JUEGO DE LA SEGUNDA EMBUTICION
J're	JUEGO DE LA TERCERA EMBUTICION
b	COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDAD
d	DIAMETRO DEL PUNZON DE CORTE
d <sub>1</sub>	DIAMETRO DE COPA PARA PRIMERA EMBUTICION
d'	DIAMETRO INTERIOR DE LA MATRIZ
ds	DIAMETRO EXTERIOR DE LA MATRIZ DE CORTE
dp <sub>e</sub>	DIAMETRO DEL PUNZON DE EMBUTICION
dme	DIAMETRO DE LA MATRIZ DE EMBUTICION
dp <sub>r</sub>	DIAMETRO DEL PUNZON DE LA SEGUNDA EMBUTICION
d <sub>mr</sub>	DIAMETRO INTERIOR DE LA MATRIZ DE LA SEGUNDA EMBUTICION
d <sub>emr</sub>	DIAMETRO EXTERIOR DE LA MATRIZ DE LA SEGUNDA EMBUTICION
d' <sub>mr</sub>	DIAMETRO INTERIOR DE LA MATRIZ DE LA TERCERA EMBUTICION
d' <sub>emr</sub>	DIAMETRO EXTERIOR DE LA MATRIZ DE LA TERCERA EMBUTICION
d <sub>n</sub>	DIAMETRO DE COPA PARA CADA OPERACION
d <sub>n-1</sub>	DIAMETRO DE COPA . . DE LA FASE ANTERIOR
h	ALTURA DE LA EMBUTICION

$h_1$	ALTURA DE LA COPA... PARA PRIMERA EMBUTICION
$h_{1f}$	ALTURA FINAL DE LA COPA PARA PRIMERA EMBUTICION
$h_{mc}$	ALTURA TOTAL DE LA MATRIZ INFERIOR
$h_{pe}$	ALTURA DEL PUNZON DE EMBUTICION
$h_{pr}$	ALTURA DEL PUNZON DE REEMBUTICION
$h_{jac}$	VALOR ESTIMADO DE LA ALTURA DEL JUEGO ANGULAR
$h_{pp}$	VALOR ESTIMADO DE LA ALTURA PARA ALOJAR PISADOR
$f$	SECCION DEL PUNZON
$u$	INTERSTICO DE CORTE ENTRE EL PUNZON Y LA MATRIZ
$n$	NUMERO DE OPERACIONES DE EMBUTIDO
$r$	RADIO DE LA MATRIZ DE EMBUTICION
$m_1$	COEFICIENTE DE REDUCCION
$X$	FACTOR REAL DE LA FUERZA
$m_0$	VALOR RECIPROCO DE LA RELACION DE EMBUTICION
$m$	RADIO DEL PUNZON
$q$	COEFICIENTE DE EMBUTICION
$r_d$	RESISTENCIA IDEAL A LA DEFORMACION
$\delta$	PERFIL DEL FONDO DE LA COPA
$\sigma_r$	TENSIONES RADIALES
$\sigma_c$	TENSIONES TANGENCIALES DE COMPRESION
$\sigma_R$	ESFUERZO A LA TRACCION
$\sigma_P$	TENSIONES DE COMPRESION
$\sigma_v$	TENSION VERTICAL
$\sigma_n$	TENSIONES CIRCUNSFERENCIALES
$\sigma_B$	RESISTENCIA DE UN MATERIAL A LA TRACCION

$\beta$	RELACION DE EMBUTICION MAXIMA
$\eta_f$	RENDIMIENTO
$\beta_o$	RELACION DE EMBUTICION
$\sigma$	TENSION DE EMBUTICION



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

El elevado consumo de filtros de aceite, fundamentalmente en motores de combustión interna dentro de la rama automotriz, me ha llevado a desarrollar una tecnología - apropiada para fabricar éste a nivel nacional.

Las partes más críticas de éste diseño son: los elementos metálicos y la selección del elemento que filtra por lo que el estudio se basa fundamentalmente en ello.

En cuanto a la parte metálica se ha diseñado la matricería necesaria para corte, embutido, estampado y rebordado de los diferentes elementos; haciéndose además un análisis de los esfuerzos a que van a ser sometidas estas matrices, para poder seleccionar el material del cual va a construirse, su tratamiento térmico y adicionalmente la máquina en la cual va a ser trabajada.

También se realiza un estudio detallado de la mate

ria prima para la parte metálica, ya que debido a las exi  
gencias a la cual va ha estar sometido, tanto en el proce  
so de embutición como posteriormente, cuando se encuentra  
elaborando el filtro, éste debe de reunir ciertas condi  
ciones y características.

En lo que se refiere al elemento que filtra nos hemos  
basado para su selección en la experiencia de las diver  
sas casas fabricantes que existen y por consiguiente adap  
tadas a nuestro medio.

## C A P I T U L O I

### ESTUDIO DE MERCADO

#### 1.1. IMPORTACIONES

##### 1.1.1. Evolución de las importaciones

Las importaciones de los filtros de aceite pa  
ra motores de combustión interna que viene  
bajo la partida arancelaria 84.18.02.21, rea  
lizada por el Ecuador durante el período de  
1.975 - 1.985, ascendieron y descendieron de  
una manera irregular, dando como resultado un  
índice de decrecimiento anual promedio de al  
rededor del 7.68 %. En el cuadro N° 1, se  
registran las importaciones realizadas por  
el país durante éste período en donde se pue  
den apreciar fluctuaciones considerables.

##### 1.1.2. Importaciones por países proveedores

Las importaciones de los filtros de aceite pa

ra motores de combustión interna, provienen especialmente de países como: Estados Unidos, Japón, España, Inglaterra, Suecia, Suiza, Yugoslavia, Hong - Kong, U.R.S.S., Canadá, Colombia, Brasil, Alemania Federal, Alemania Occidental, Austria, Finlandia, Francia, Italia, Corea del Sur, China, Taiwan, etc. Especialmente E.E.U. U. y Japón, son los países mayores proveedores con 22 % y 65 %, respectivamente del total de las importaciones. En los cuadros del N° 2 al N° 12, se puede apreciar el porcentaje de contribución de cada país a las importaciones hechas por el Ecuador.

### 1.1.3. Oferta

Actualmente el país se encuentra abastecido - por las importaciones realizadas desde los países anotados anteriormente.

En el país existe actualmente una pequeña industria que produce filtros de aceite, pero su producción no alcanza a abastecer la demanda que requiere nuestro país; ya que en los actuales momentos existen 250.000 vehículos, y se



gún la revista "Automóvil Internacional", esa cifra (exactamente 250.960), correspondía a 1.983, cuando ya estaban prohibidas las importaciones de vehículos.

Ecuador tiene 76.662 automóviles, 174.299 camiones y autobuses. Según la Cámara de Comercio de Guayaquil, citando a la aludida revista, en el Ecuador, con una población de 8.5 millones de habitantes, hay un promedio de 110.9 habitantes por coche, por lo tanto "hay que renovar el envejecido parque automotor". Con estos datos obtenidos vemos la gran importancia de implantar industria que se dediquen a la fabricación de filtros, para así ahorrar divisas al país, disminuyendo las importaciones.

#### 1.1.4. Sistemas de Comercialización

Las principales empresas importadoras hacen sus importaciones directamente del fabricante. La forma como se comercializa el producto, es por lo general en unidades.

A nivel de la industria existente las ventas las realiza directamente, ya que mantienen - compromisos establecidos de ventas con los usuarios industriales, quienes realizan las compras en forma mensual. Se observa los canales de comercialización en el cuadro N° 13.

1.1.5. Volumen, estructura y distribución geográfica del consumo

El mercado consumidor de filtros está distribuido de acuerdo al cuadro N° 14. En el año 1.984 (los datos corresponden a la zona de Guayaquil).

1.1.6. Precios

Los precios de los filtros importados han tenido un incremento considerable en el período analizado (1.975 - 1.984), habiendo subido continuamente desde el inicio de éste período, hasta alcanzar un aumento del 150 % - en el año 1.985 (valor Cif. en dólares).

Los precios dependen del país de procedencia; el precio más bajo corresponde a los filtros importados desde el Japón.

## 1.2. PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio (P.E) nos indica el número de unidades que se tendrán que vender y cuyo ingreso por ventas será igual al valor gastado en producir las; lo que significaría que se está vendiendo el producto al mismo precio del costo.

De la ecuación de los gastos podemos obtener la ecuación de los costos y decimos que  $C = b + A/n$ ; ésta identidad nos indica que el costo unitario de un producto es igual al coeficiente de proporcionalidad  $b$  más los gastos fijos  $A$  divididos para el número de unidades producidas  $n$ .

Si decimos que no vamos a tener pérdidas ni utilidades, entonces el precio unitario  $P$  será igual al costo de producción. Si  $P = C$ , sustituimos  $P$  por  $C$  en la ecuación y decimos  $P = b + A/n$ ; en este caso el precio  $P$  o ingreso por ventas -

será igual al gasto realizado o costo de producción. Como necesitamos saber el número de unidades en que se encuentra el punto de equilibrio, despejamos  $n$  y decimos que  $n$  será igual:

$$n = \frac{A}{P-b} \left( \frac{\text{gasto fijo}}{\text{precio de venta-coeficiente de proporcionalidad}} \right)$$

Si ésta producción  $n$  se vendiera a un valor mayor que  $A/P-b$  obtendríamos utilidades, si la producción  $n$  se vendiera a un precio inferior de  $A/P-b$  obtendríamos pérdidas.

RESUMEN:

Fórmula para obtener el P.E. en unidades de producción.

$$\text{P.E. (u)} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Contribución Marginal Unitaria}}$$

Fórmula para obtener el P.E. en unidades monetarias:

$$\text{P.E. (\$)} = \frac{\text{Costos fijos}}{1 - \frac{\text{Costos variables totales}}{\text{Ventas totales}}}$$



Fórmula para obtener el P.E. más una utilidad deseada:

$$P.E. (\$ + u.d) = \frac{\text{Costos fijos} + \text{utilidad deseada}}{1 - \frac{\text{Costos variables totales}}{\text{Ventas totales}}}$$

Una vez analizado en lo que se respecta al estudio de mercado, me ha llevado personalmente a realizar el diseño de un tipo de filtro (MA - 2825), cuyas características están especificadas en el capítulo siguiente; ya que es un filtro que mayor se vende en el mercado y es usado en vehículos livianos de 4 cilindros.

## CUADRO N° 1

IMPORTACIONES ANUALES Y PERIODICAS DE LOS FILTROS PARA MOTORES DE  
 COMBUSTION INTERNA  
 (Período 1975-1985)\*  
 (en miles )

AÑOS	PESO NETO (Ton.)	VALOR FOB (dól.)	VALOR CIF (dól.)	INDICE DE CRECIMIENTO°
1975	1.425,0	2.825,5	3.683,6	100,0
1976	1.869,7	2.401,8	2.780,1	131,2
1977	3.782,7	3.535,7	4.047,3	265,0
1978	1.241,4	3.465,8	3.942,6	87,0
1979	1.213,6	3.455,1	3.965,4	85,0
1980	1.108,5	2.979,1	3.425,2	77,8
1981	878,2	2.245,6	2.665,3	61,6
1982	1.260,9	1.747,7	1.977,3	88,5
1983	1.364,6	1.509,8	1.696,2	95,8
1984	250,2	783,1	896,5	17,6
1985*	330,1	612,3	721,9	23,2

\*Datos acumulados hasta Marzo de 1.985

°Base 1975 = 100

FUENTE: Permisos de Importación

1975 - 1985 - Banco Central.

CUADRO N° 2  
 IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES  
 (Año 1975 - en miles)

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Inglaterra	3.0	3.2	25.3	27.4
Suecia	4.0	4.4	21.1	23.2
Suiza	8	8.7	2.3	2.5
Yugoeslavia	-	-	2.2	2.3
Hong Kong	1.0	1.1	2.4	2.7
Japón	75.2	82.4	192.0	221.0
U.R.S.S.	1.0	1.3	1.6	1.1

% porcentaje de las importaciones  
 por países proveedores

FUENTE: Permisos de importación

Años 1975 - Banco Central

## CUADRO N° 3

## IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES

(Año 1976 - en miles)

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Canadá	100.3	6.7	247.6	275.6
E.E.U.U.	948.3	64.1	673.3	763.4
Colombia	2.3	0.2	29.0	29.3
Brasil	7.2	0.5	22.5	32.5
Argentina	3.0	0.2	1.0	2.1
Alemania F.	8.5	0.6	52.4	56.1
Alemania O.	-	-	2.0	2.0
Austria	-	-	3.0	3.0
España	125.9	8.5	2.3	2.5
Finlandia	125.9	8.5	5.0	5.0
Francia	1.0	0.1	2.0	9.0
Italia	2.2	0.2	9.2	11.6
Inglaterra	6.5	0.4	48.0	52.2
Suecia	3.7	0.3	18.5	29.2
Suiza	4.0	0.3	2.0	2.2
Yugoeslavia	1.0	0.1	1.0	2.0
Corea del Sur	6.5	0.4	12.6	14.6
China, Taiwan	6.5	0.4	20.1	23.5
Japón	136.2	9.2	362.9	403.6

‡Porcentajes de las importaciones por países proveedores.



## CUADRO N° 4

## IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES

(Año 1977 - en miles)

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
San Pedro	1.1	0.9	1.6	2.4
Canadá	59.3	4.6	148.8	172.7
E.E.U.U.	914.3	71.2	719.8	817.0
México	1.3	0.1	3.8	4.5
Panamá	9.0	0.7	8.1	8.5
Colombia	17.1	1.3	37.9	38.4
Brasil	17.0	1.3	49.6	58.4
Argentina	1.9	0.2	12.5	13.7
Alemania F.	9.7	0.8	85.2	95.8
Austria	-	-	2.0	2.0
Bélgica	-	-	5.0	5.0
Checoslovaquia	-	-	1.0	1.0
Dinamarca	-	-	1.0	1.0
España	-	-	1.0	1.0
Francia	3.0	0.2	2.7	3.2
Italia	1.8	0.1	12.9	15.1
Inglaterra	6.4	0.5	41.5	46.1
Suecia	5.0	0.4	9.3	16.6
Yugoslavia	8.0	0.6	3.1	3.4

Viene....				
Corea del Sur	-	-	1.0	1.0
China, Taiwan	11.6	0.9	23.5	27.3
Japón	216.9	17.0	586.3	659.1

\*Porcentaje de las importaciones por países proveedores.

FUENTE: Permisos de Importaciones

Año 1977 - Banco Central.

## CUADRO N° 5

## IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES

(Año 1978 - en miles)

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Canadá	70.2	7.9	155.2	177.7
E.E.U.U.	363.4	40.8	1.061.2	1.237,5
Panamá	6.1	0.7	6.1	6.4
Colombia	14.5	1.6	40.5	41.7
Brasil	24.7	2.8	54.0	52.2
Argentina	2.2	0.3	13.4	15.3
Perú	12.5	1.4	20.0	27.4
Alemania F.	12.5	1.4	70.3	77.4
Alemania O.	1.0	0.1	7.5	8.5
Bélgica LX	-	-	2.0	2.0
Checoslovaquia	-	-	5.0	6.0
Dinamarca	-	-	2.0	8.0
España	1.0	0.1	1.8	2.0
Francia	1.2	0.1	5.0	5.8
Italia	3.5	0.4	23.4	26.7
Portugal	2.0	0.2	3.2	3.5
Inglaterra	7.0	0.8	297.5	418.7
Suecia	9.0	1.0	8.6	9.5
Suiza	-	-	3.0	3.0

Viene.....				
Yugoeslavia	-	-	1.5	1.8
Corea del Sur	6.2	0.7	23.1	27.7
China, Taiwan	21.4	2.4	55.4	64.8
Japón	331.2	37.2	395.6	453.3

%Porcentaje de las importaciones  
por países proveedores.

FUENTE: Permisos de Importación

Año 1978 - Banco Central.



CUADRO N°6

## IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES (AÑO 1979-EN MILES)

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Canadá	70.2	7.9	155.2	177.7
E.E.U.U.	364.4	40.8	1.061.2	1.237,5
Panamá	6.1	0.6	6.1	6.4
Colombia	14.5	1.3	40.5	41.7
Brasil	24.7	2.8	54.0	52.2
Argentina	2.2	0.5	13.4	15.3
Perú	12.5	1.4	20.0	27.4
Alemania F.	12.5	1.4	70.3	77.4
Alemania O.	1.0	0.1	7.5	8.5
Bélgica	-	-	2.0	2.0
Checoslovaquia	-	-	5.0	6.0
Dinamarca	-	-	2.0	8.0
España	1.0	0.9	1.8	2.0
Francia	1.2	0.1	5.0	5.8
Italia	3.5	0.3	23.4	26.7
Portugal	2.0	0.2	3.2	3.5
Inglaterra	7.0	0.6	297.5	418.7
Suecia	9.0	0.8	8.6	9.5
Suiza	-	-	3.0	3.0

Viene...Tabla N° 6

---

Yugoeslavia	-	-	1.5	1.8
Corea del Sur	6.2	0.6	23.1	27.7
China, Taiwan	21.4	2.4	55.4	64.8
Japón	331.2	37.2	395.6	453.3

---

% Porcentaje de las importaciones por países proveedores.

FUENTE: Permisos de Importación

Año 1978 - Banco Central.

## CUADRO N° 7

## IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES

(Año 1980 - en miles )

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Canadá	284.1	6,9	250.4	299.4
E.E.U.U.	443.3	36.6	1.487.1	1.685.4
Panamá	1.8	0.12	30.9	31.9
Colombia	9.3	0.8	36.5	37.1
Brasil	101.9	8.4	160.1	186.0
Argentina	1.7	0.12	12.0	13.5
Perú	7.8	0.6	26.0	29.0
Rep. F/A	12.8	1.0	130.2	146.2
Checoslovaquia	-	-	0.3	0.4
Dinamarca	-	-	0.4	0.5
España	0.3	0.02	1.0	1.1
Francia	0.3	0.02	25.9	30.4
Italia	8.0	0.6	38.9	42.8
Inglaterra	4.7	0.3	41.4	50.1
Suecia	0.1	0.007	7.9	8.8
Yugoslavia	0.2	0.014	3.7	4.0

## Viene...Cuadro N°7...

---

Corea del Sur	2.4	0.2	10.2	12.2
China Taiwan	89.4	7.37	185.5	274.6
India	-	-	2.3	2.7
Japón	444.6	36.7	1.003.9	1.158,6

---

% Porcentaje de las importaciones por países proveedores.

FUENTE: Permisos de Importación. Año 1980 - Banco Central.



CUADRO N° 8  
 IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES  
 (AÑO 1981 - en miles)

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Canadá	59.2	4.7	149.9	182.6
E.E.U.U.	778.0	62.7	2.091.8	2.329.2
Panamá	0.8	0.1	3.8	4.2
Colombia	5.2	0.4	22.3	22.6
Brasil	120.1	9.7	248.0	293.6
Argentina	0.2	0.02	2.8	3.1
Perú	3.3	0.3	13.2	15.1
Rep.F/A	15.3	1.2	125.4	142.6
Dinamarca	-	-	0.7	0.7
España	-	-	1.3	1.4
Francia	2.0	0.2	10.3	12.0
Italia	0.6	0.1	18.9	21.2
Holanda	-	-	0.5	0.6
Polonia	-	-	0.3	0.3
Inglaterra	14.7	1.2	108.8	120.9
Rumania	0.3	0.02	3.3	4.0
Suecia	0.1	0.01	4.0	5.0
Yugoeslavia	-	-	0.9	1.0

Continua...

## Viene....Cuadro N° 8....

---

Corea del Sur	0.5	0.04	2.7	2.9
China,Taiwan	35.4	2.8	53.6	67.8
Singapur	-	-	0.1	0.1
India	0.1	0.01	5.7	7.3
Japón	202.1	16.2	589.2	699.3
U.R.S.S.	2.6	0.2	7.3	9.0

---

%Porcentaje de Importación

por países proveedores.

FUENTE: Permisos de Importación

Año 1981 - Banco Central.

## CUADRO N° 9

## IMPORTACIONES POR PAISES    PROVEEDORES

(AÑO 1982 - EN MILES )

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Canadá	44.2	1.2	129.8	150.4
E.E.U.U.	426.8	11.2	1.881.5	2.121.5
México	4.0	-	17.0	19.3
Panamá	69.0	-	7.2	7.7
Colombia	4.9	-	48.2	48.9
Brasil	133.4	3.5	291.1	335.9
Argentina	1.3	-	14.1	15.5
Rep.F/A	2.748.7	72.7	181.7	711.3
Austria	0.9	-	5.9	7.4
Bélgica LX	0.1	-	2.0	2.6
Checoslovaquia	-	-	1.5	2.0
Dinamarca	-	-	0.4	0.4
España	0.1	-	2.8	3.4
Francia	0.5	-	5.3	6.4
Italia	3.2	-	17.2	19.3
Holanda	-	-	1.1	1.2

Continua.....

## Viene...Cuadro N° 9...

---

Polonia	-	-	0.1	0.1
Inglaterra	8.1	-	101.3	113.5
Suecia	-	-	0.7	0.8
Suiza	-	-	1.7	1.8
Corea del Sur	0.5	-	3.5	4.5
China, Taiwan	8.8	0.23	37.1	43.1
Singapur	0.1	-	2.2	2.5
Japón	326.7	8.6	777.2	921.6
U.R.S.S.	0.4	-	2.5	3.1
Australia	-	-	1.4	1.6

---

% Porcentaje de Importaciones  
por países proveedores

FUENTE: Permisos de Importación

Año 1982 - Banco Central.

CUADRO N° 10

## IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES

(AÑO 1983 - EN MILES)

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Canadá	24.1	1.3	64.4	74.8
E.E.U.U.	327.6	17.5	1.102.7	1.268,7
Panamá	-	-	0.9	0.9
Brasil	443.5	23.7	390.0	448.6
Argentina	0.4	-	3.2	3.5
Perú	0.6	-	1.2	1.4
Rep.F/A	611.9	32.7	147.4	174.2
Bélgica, LX	0.2	-	3.5	4.5
Checoslovaquia	-	-	0.4	0.5
Dinamarca	-	-	0.2	0.2
España	1.0	-	3.7	4.2
Franria	0.4	-	6.3	7.5
Italia	- .1	-	2.3	2.6
Inglaterra	2.1	-	32.3	37.5
Suecia	1.1	-	10.0	12.0
Suiza	-	-	0.1	0.1

Continua.....



Viene....Cuadro N° 10....

---

Corea del Sur	0.1	-	1.7	2.1
China,Taiwan	8.8	0.5	34.7	41.1
Singapur	-	-	0.6	0.7
Japón	447.1	23.9	591.8	690.1
Australia	-	-	3.3	3.9

---

% Porcentaje de las Importaciones  
por países proveedores

FUENTE: Permisos de Importación

Año 1983 - Banco Central

CUADRO N° 11  
 IMPORTACIONES POR PAISES PROVEEDORES  
 (AÑO 1984 - EN MILES)

PAIS	TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Canadá	51.0	3.6	154.1	172.3
E.E.U.U.	388.6	23.8	1.380.0	1.932.3
Panamá	0.6	-	5.1	5.4
Brasil	221.9	15.6	318.0	376.5
Argentina	-	-	0.4	0.5
Rep. F/A	462.2	32.4	59.1	71.4
Bélgica, LX	-	-	1.6	2.3
España	1.2	-	2.5	2.8
Francia	1.4	-	6.4	8.1
Italia	0.4	-	3.1	3.5
Holanda	-	-	0.3	0.3
Polonia	-	-	0.2	0.3
Inglaterra	8.5	-	67.4	78.1
Suecia	0.1	-	1.9	2.3
China, Taiwan	14.6	-	29.9	37.8
Singapur	-	-	0.4	0.8
Japón	273.5	19.2	792.2	986.3
Australia	0.1	-	1.2	1.4

% Porcentaje de Importaciones por países proveedores

FUENTE: Permisos de Importación  
 AÑO 1984 - Banco Central.

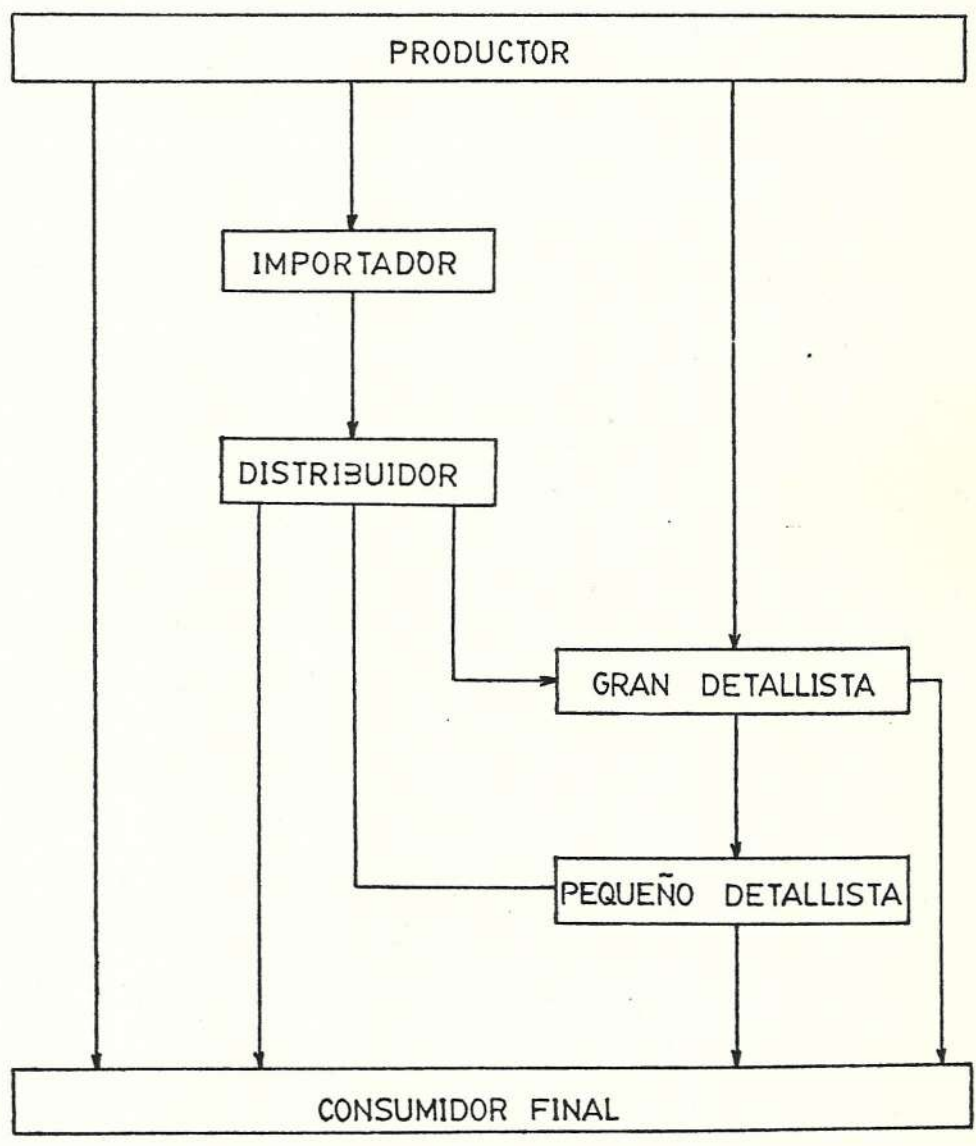
CUADRO N° 12  
 IMPORTACIONES POR PAISES    PROVEEDORES  
 (AÑO 1985 + EN MILES)

PAIS	· TONELADAS	%	FOB (dólares)	CIF (dólares)
Canadá	1.9	0.6	9.1	10.4
E.E.U.U.	69.8	21.1	204.8	321.3
Brasil	27.5	8.3	104.3	118.1
Argentina	-	-	0.5	0.5
Rep.F/A	4.2	-	21.3	26.5
Francia	-	-	0.2	0.3
Italia	0.4	-	4.0	4.5
Inglaterra	4.2	-	37.3	44.2
Suecia	0.5	-	5.9	9.1
Suiza	-	-	0.1	0.1
Rep.Pop./Ch.	4.2	-	10.5	12.4
China, Taiwan	10.5	3.8	9.2	15.6
Singapur	-	-	0.4	0.7
Japón	206.5	62.6	203.8	247.6

+ Datos recopilados hasta MARZO de 1,985.-

CUADRO N° 13

CANALES DE COMERCIALIZACION



## CUADRO N° 14

## FILTROS Y DEPURADORES DE LIQUIDOS

(Período 1.984)

## IMPORTADORES DE GUAYAQUIL - ECUADOR

Almacenes Andretta S.A.

Anglo Ecuatoriana de Guayaquil C. Ltda.

Compañía Comercial Panamericana

Humberto Alvarez

Auto Accesorio.

Auto Parts Japoneses Cia. Ltda.

Avila Berberán, Joel.

Azar Amat, Víctor Hugo

C.A. Automotriz Conauto

Cía. Azucarera Váldez S.A.

Cía. de Cervezas Nacionales C.A.

Comercial Automotriz S.A.

Distribuidores Agrícolas Industriales S.A.

Distribuciones Generales S.A. (D.I.G.E.S.A.)

Fincom Servicio C.A.

Importadora Asociados de Repuestos Automotrices Cía. Ltda.

Importadora Jácome - Jácome Mantilla Amado.

Continúa.....



Viene.....

La Llave Cía. Ltda. de Comercio

Maquinarias y Vehículos S.A.

Laboratorio S.A. (L.E.F.I.S.A.)

Miranda Cía. Ltda., Gustavo

Noboa N., Luís A.

Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos.

Su Repuesto Cía. Ltda., Eduardo

Trujillo Cía. Ltda. Eduardo

Grace & Cía. (Ecuador) S.A. Comercial

FUENTE: Guía de Importadores y Exportadores

Cámara de Comercio.-

## C A P I T U L O   I I

## INGENIERIA   DEL   PROYECTO

## 2.1. ANALISIS DE ESFUERZOS DEL EMBUTIDO CILINDRICO

Los esfuerzos que se consideran en esta operación son básicamente dos: el esfuerzo de embutición propia mente dicho y el esfuerzo del pisador.

El primero, en los casos de embutir piezas cilíndricas, depende de los diámetros del disco y pieza embu tida, como también del espesor y calidad del material.

Consideremos que el elemento superficial  $A_0$  de la fi gura N° 2 a un radio cualquiera  $X$ , se deforma a espe sor constante, se deduce que estará sometido a tensio nes radiales  $\sigma_r$  de extensión o estiramiento y tensiones tangenciales de compresión  $\sigma_c$  y de sig no contrario respectivamente.

La fuerza radial que actúa sobre el elemento su

perificial será:

$$|(x + dx) \cdot d\alpha \cdot (\sigma_r + d\sigma_r) - |x \cdot d\alpha \cdot \sigma_r|$$

y las componentes de las fuerzas tangenciales en la dirección radial es: (Ver figura N<sup>o</sup> 1).

$$2|dx \cdot \text{Sen} \frac{d\alpha}{2} \cdot \sigma_c|$$

Para que el elemento esté en equilibrio se debe cumplir:

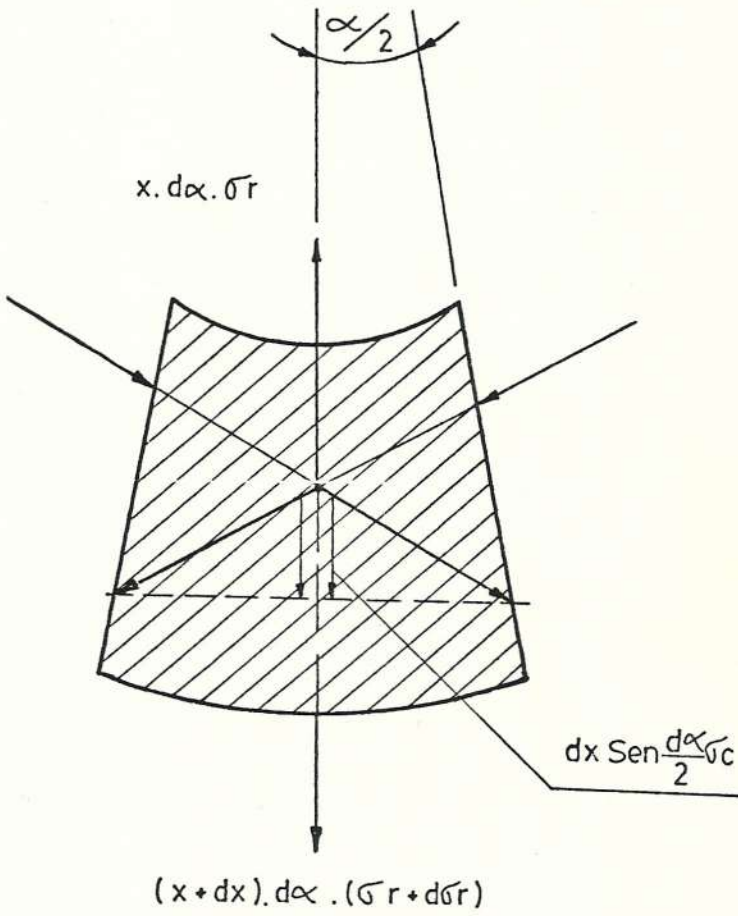
$$|(x + dx) d\alpha (\sigma_r + d\sigma_r) - |x d\alpha \sigma_r| = 2|dx \cdot \text{sen} \frac{d\alpha}{2} \cdot \sigma_c|$$

Resolviendo esta ecuación y eliminando infinitesimales de orden superior por ser muy pequeños se llega:

$$x \cdot d\alpha \cdot d\sigma_r + dx \cdot d\alpha \cdot \sigma_r = dx \cdot d\alpha \cdot \sigma_c$$

Para obtener entonces:

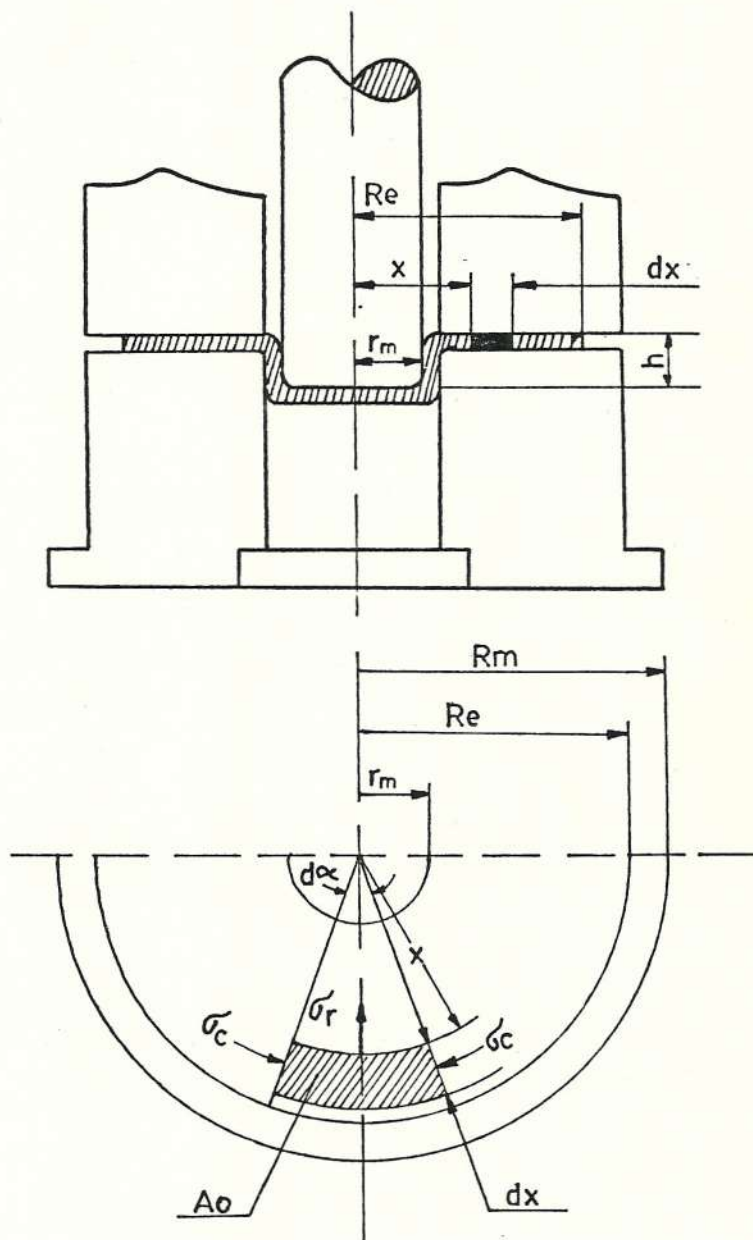
$$d\sigma_r = (\sigma_c - \sigma_r) \frac{dx}{x}$$



DETALLE DE FUERZAS

FIG.1

FUERZAS DE EMBUTICION



ELEMENTO SOMETIDO A ESFUERZO DE EMBUTICION

FIG. 2



Si se expresa como  $\gamma_d$  la resistencia ideal de la formación, o sea aquella fuerza interior que resiste los desplazamientos causados por las acciones externas y que es vencida en un cierto instante; se puede escribir:

$$\gamma_d = \sigma_r - \sigma_c \quad (\sigma_r > \sigma_c)$$

De donde:

$$-\gamma_d = \sigma_c - \sigma_r$$

Tomando un valor real de la resistencia a la deformación se tiene:

$$-R_d = \sigma_c - \sigma_r$$

$R_d$  = resistencia real a la deformación

Reemplazando en la relación anterior se encuentra:

$$d\sigma_r = -R_d \frac{dx}{x}$$

Como interesa conocer la tensión radial correspondiente al borde la embocadura de la matriz, habrá

que integrar:

$$\int_{Re} \gamma_m d\sigma_r = \int_{Re} \gamma_m -Rd \frac{dx}{x}$$

$$\left| \sigma_r \right|_{Re}^{\gamma_m} = -Rd \left| \rho_m \right| x \left| \gamma_m \right|_{Re}$$

$$\left| \sigma_{\gamma_m} - \sigma_{Re} \right| = -Rd (\rho_m \gamma_m - \rho_m Re)$$

Relación en la cual

$\sigma_{Re} = 0$  por ser la condición límite al borde del material. Se obtiene finalmente:

$$\sigma_{\gamma_m} = Rd \cdot \rho_m \frac{Re}{\gamma_m}$$

El valor de la resistencia real a la deformación varía continuamente para cada sección elemental, por lo que, para simplificar la relación anterior, se debe introducir un valor medio de dicha resistencia quedando finalmente:

$$\sigma_{\gamma_m} = Rdm \cdot \rho_m \frac{Re}{\gamma_m}$$

Esta relación permite calcular únicamente, la ten si ón radial en un punto sobre el borde de la matriz cuyo radio es  $\gamma m$  pero en realidad interesa la fuerza en la circunsferencia entera  $2\pi\gamma m$  y con un espesor  $e$ . Se verifica entonces:

$$P_d = 2\pi m.e.\sigma\gamma m$$

$P_d$  = fuerza media de embutición (Kg).

$e$  = espesor de la chapa (mm).

$m$  = radio del punzón (mm).

Si se reemplaza el valor de la tensión radial resul ta:

$$P_d = 2\pi .\gamma m.e.R_{dm}.I_m \frac{R_e}{\gamma m}$$

Relación que da la fuerza de deformación entre un radio  $R_e$  del disco en el momento que se desea - computar la fuerza, y el radio del punzón. Se puede deducir de ésta fórmula que la fuerza de deformación, aumenta las pérdidas por frotamiento, las fuerzas - del doblado y las debidas a otras causas, es continua mente variable para toda la carrera del punzón

según una regla logarítmica.

Dicha fuerza es, máxima al iniciar la carrera y disminuye gradualmente durante el embutido hasta alcanzar un mínimo que es cero, para el caso de un embutido completo.

Para encontrar el esfuerzo máximo entonces se debe hacer  $R_e = R_m$  ; obteniéndose:

$$P_d \text{ máx} = 2\pi \cdot \gamma \cdot m \cdot e \cdot R_{dm} \cdot I_m \frac{R_m}{\gamma_m}$$

Esta fuerza dividida por la sección resistente o - área de la corona circular con espesor ~~e~~ dará una tensión máxima de embutido que no debe - ser mayor que el esfuerzo a la tracción del material.

Para encontrar los valores de  $R_{dm}$  habrá que ensayar con el material de resistencia a la tracción conocida, para diferentes deformaciones y luego obtener un promedio, valor que servirá para el cálculo de la fuerza de embutición.

Para generalizar la relación anterior o sea, que

se aplique para cualquier material con determinado valor de esfuerzo a la tracción se puede hacer:

$$\gamma_m = 1$$

$$e = 1$$

Resultando:

$$P'd \text{ máx} = 2\pi R_{dm} I.m R'm$$

Se puede entonces establecer algunas relaciones probables de embutido:

$$\frac{R_m}{m} = \frac{R_m}{1} = R'm = 1; 1.05; 1.10; 1.15; 1.2 \dots \dots 2$$

Valores que sustituyendo en la fórmula anterior da las fuerzas máximas correspondientes a varias relaciones de embutido para un material con un esfuerzo a la tracción  $\sigma_R$  conocido, con espesor y radio del punzón unitarios. Si cada una de estas fuerzas es dividida para el valor de  $\sigma_R = 1$ , espesor = 1 y con un punzón de radio = 1. Se obtiene entonces la fórmula general para el esfuerzo máximo de embutición.



$Pd \text{ máx} = \gamma_{m.e.} \cdot q$

$\sigma$  = resistencia a la tracción de la chapa ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ )  
 tabla N° 1.

$q$  = coeficiente, tabla N° 2, (obtenidos de un material  
 con  $\sigma_R = 31 \text{ Kg}/\text{mm}^2$ ).

El esfuerzo del pisador se aplica tanto para retardar el movimiento del recorte del disco - como para ayudar a la adherencia del borde - de la chapa sobre la superficie de apoyo de modo que permita el deslizamiento en sentido radial sin producir deformaciones o pliegues .  
 Su valor es:

$$P_s = P \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

$P_s$  = esfuerzo del pisador (Kg).

$P$  = presión media del pisador. Tabla N° 3 ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ ).

TABLA Nº I

VALORES DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION DE VARIOS  
METALES Y ALEACIONES .

MATERIAL	RECOCIDO	DURO
Plata	45	
Niquel	40-45	70-80
Cobre	21-25	
Latón	32	45
Bronce	40-50	75-90
Aluminio	7-11	18-28
Duraluminio	22-27	
Chapa de embutición	22-31	31-35
Chapa de carrocería	30-35	35-40
Acero inoxidable	60-70	

TABLA N°2

VALORES DE  $q$  EN FUNCION DE  $D/d$  PARA CALCULO DE  
ESFUERZO DE EMBUTICION

$D/d$	$q$	$D/d$	$q$
1.05	0.197	1.55	2.928
1.10	0.404	1.60	3.189
1.15	0.732	1.65	3.443
1.20	1.013	1.70	3.704
1.25	1.287	1.75	3.963
1.30	1.565	1.80	4.228
1.35	1.853	1.85	4.485
1.40	2.110	1.90	4.714
1.45	2.405	1.95	4.939
1.50	2.666	2.00	5.194

TABLA Nº 3

PRESION MEDIA DEL PISADOR PARA VARIOS METALES

M A T E R I A L	P(Kg/mm <sup>2</sup> )
Alumínio	0.12
Zinc	0.15
Duraluminio	0.16
Latón	0.20
Acero inoxidable	0.20
Acero	0.25
Chapa estañada	0.30

Como la embutición de copas cilíndricas profundas se las realiza con pisador, se deberá tomar en cuenta principalmente estos dos esfuerzos.

Otro parámetro importante es el trabajo de embutición, que se lo calcula por la fórmula:

$$T = \Sigma \text{ fuerzas } \times \text{ distancias}$$

$$T = (P_p \cdot X + P_s) \cdot h$$

T = trabajo de embutición (Kg.m)

P<sub>p</sub> = esfuerzo de embutición (Kg).

X = coeficiente de irregularidad de la fuerza P<sub>p</sub>.  
(Tabla N<sup>o</sup> 4).

P<sub>s</sub> = esfuerzo del pisador (Kg)

h = altura de la embutición (m).

Las operaciones de reembutido exigen un esfuerzo - que es un poco mayor al de la primera operación dado en la fórmula anterior, debido al mayor endurecimiento por deformación que sufre el material, al ser doblado dos veces durante



TABLA N<sup>o</sup> 4

COEFICIENTES X , PARA EL CALCULO DEL TRABAJO DE  
EMBUTICION

d/D	X
0.55	0.8
0.575	0.8
0.6	0.77
0.625	0.77
0.65	0.74
0.675	0.74
0.7	0.70
0.725	0.70
0.75	0.67
0.775	0.67
0.8	0.64

esta operación. Buenos resultados se ha obtenido con el valor siguiente:

$$Pr = 5/4 Pp$$

Pr = esfuerzo de reembutición (Kg).

Debido a que la fabricación de botes cilíndricos - se realiza en un proceso de embutición profunda, se analizará lo que acontece en una operación de embutido con pisador.

La figura Nº 3, señala todas las fuerzas involucradas en la operación, durante el flujo de material y son:

- a. Fuerzas del pisador
- b. Fuerzas de fricción
- c. Fuerzas del punzón.

Estas fuerzas originan en el metal, diferentes - estados de tensiones y deformaciones. Figura Nº 4. Tal es así, que la fuerza del pisador prácticamente comprime la chapa, por lo que aparece en

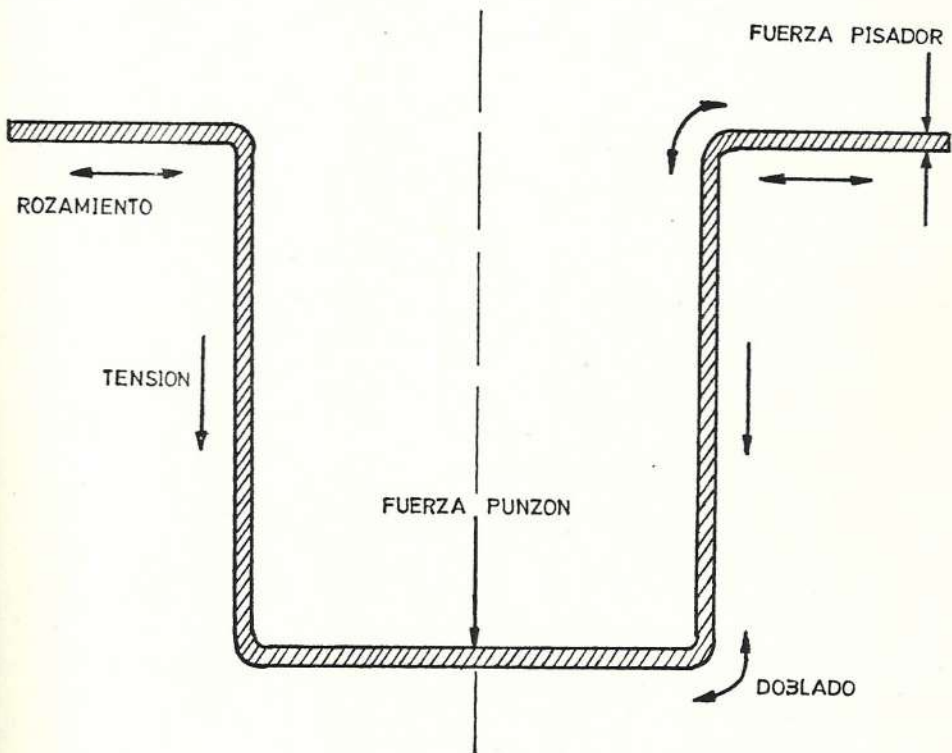


FIG: 3

FUERZA DE EMBUTICION

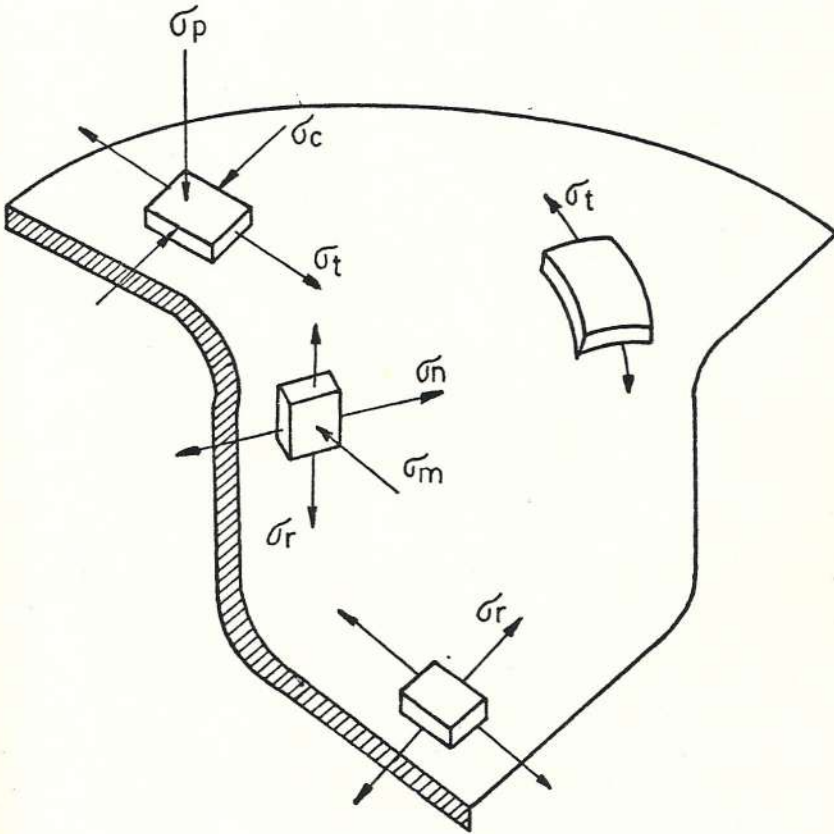


FIG:4

ESFUERZOS DURANTE LA EMBOUCION

esta área tensiones de compresión.  $\sigma_p$ . Debido a que el metal de esta corona, tiene que embutirse a través de la matriz, disminuyendo la circunsferencia inicial del disco al diámetro de la copa, sufrirá una deformación de tracción en la dirección radial y, uno de compresión en la dirección circunsferencial, que originan las respectivas tensiones  $\sigma_r$  y  $\sigma_c$ . Los esfuerzos circunsferenciales  $\sigma_c$  provocan una tendencia de aumentar el espesor, que al mismo tiempo lo evita la misma presión del sujetador.

La pared de la copa se somete básicamente a una tensión vertical  $\sigma_v$ , por el continuo empuje descendente del punzón, pero además aparecen ciertas tensiones de compresión  $\sigma_m$ , con sus consiguientes tensiones circunsferenciales,  $\sigma_n$ , a causa de un pequeño laminado del metal entre el juego punzón y matriz, lográndose también controlar aún más el espesor del material, para obtener finalmente el espesor original, característica de esta operación de embutido.

Sobre el fondo de la copa, actúa directamente toda la fuerza del punzón que origina un esti



ramiento del metal, aunque es mínimo, cesando finalmente cuando toma la forma del punzón . Aparecen aquí tensiones biaxiales de tracción.

#### ESTUDIO Y SELECCION DE LA CHAPA DE ACERO

La chapa de acero antes de ser sometida al embutido mecánico, es necesario que haya sido laminada hasta llegar a la forma de chapa plana, caracterizándola entonces su pequeño espesor, con relación a sus otras dimensiones.

Si se desea conseguir que la chapa que se emplee en la embutición en frío ofrezca la máxima garantía de buen resultado, debe cumplir los requisitos fundamentales de fabricación que reseñamos a continuación:

- a. Las superficies deben presentarse púldas, - exentas de arrugas, marcas, surcos, etc.
- b. El espesor debe ser constante en toda la extensión de la misma.
- c. El material que compone la chapa debe ser

homogéneo, sin impurezas ni escorias incrustadas.

- d. El material que compone la chapa, por las fuertes tensiones que experimenta durante el embutido debe ser maleable y resistente, a fin de evitar rápidos endurecimientos con los subsiguientes recocidos.
- e. La calidad de la chapa debe elegirse en relación a la profundidad del embutido.

Si se desean obtener los mejores resultados, se deberá emplear chapa de acero al carbono extradulce. Citemos, por ejemplo, el COA, producto de la Acciaierie Cogne; este acero es el más dulce de los aceros Cogne y el más maleable. Para obtenerlo puro, con un determinado contenido de carbono y de silicio y con grano de dimensiones fijas, se fabrica con procedimientos especiales. La composición, la estructura y las características de cada colada vienen controladas especialmente a los efectos de embutido, soldabilidad y resistencia al envejecimiento. - Hasta hoy, el acero COA se ha empleado especialmente en la fabricación de tubos herbidores de

calidad superior, piezas para esmaltar y electrodos de soldar, pero por razones de carácter económico, se ha extendido su empleo a otros sectores, en sustitución de metales maleables más caros, especialmente el latón en las vainas de las balas. Para demostrar las características del acero COA en comparación con las del latón, presentamos dos diagramas realizados por la casa Cogne basados en concienzudos ensayos (figuras N<sup>o</sup> 5 y N<sup>o</sup> 6).

Recordemos que entre las diferentes sustancias que componen los aceros, el silicio ejerce una sensible influencia sobre el comportamiento de los aceros de embutir; el efecto, es suficiente la presencia del 0.2 % de éste para disminuir la deformabilidad en frío; aún se pueden embutir y estirar aceros con el 3 % de silicio, porque estas operaciones se ejecutan a temperaturas de 200 a 300 grados centígrados. También el manganeso y el cromo reducen la deformabilidad en frío. Un acero extradulce para chapa contiene los siguientes elementos : 0.10% C, 0.18% Si, 0.48 % Mn, 0.018 % P, 0.016 % S. Para la elección de la chapa de acero ver las indicaciones generales de la tabla N<sup>o</sup> 5; la resistencia a la rotura y al corte se indican en la tabla N<sup>o</sup> 6.

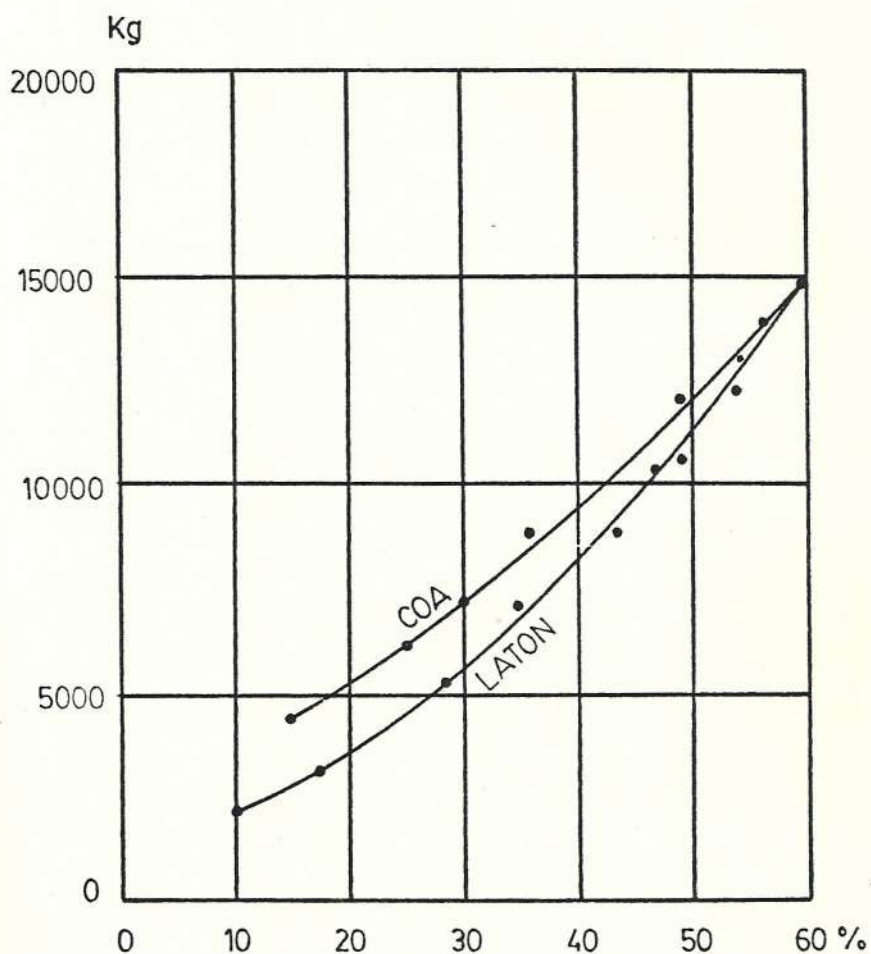


FIG: 5

DIAGRAMA CARGAS-DEFORMACIONES DEL COA Y DEL LATON. EN LAS ORDENADAS SE HALLAN LAS CARGAS NECESARIAS PARA REDUCIR LA ALTURA DE UNA PROBETA CILINDRICA DE 10x10 PARA LAS MEDIDAS INDICADAS EN LAS ABSCISAS.



VICKERS

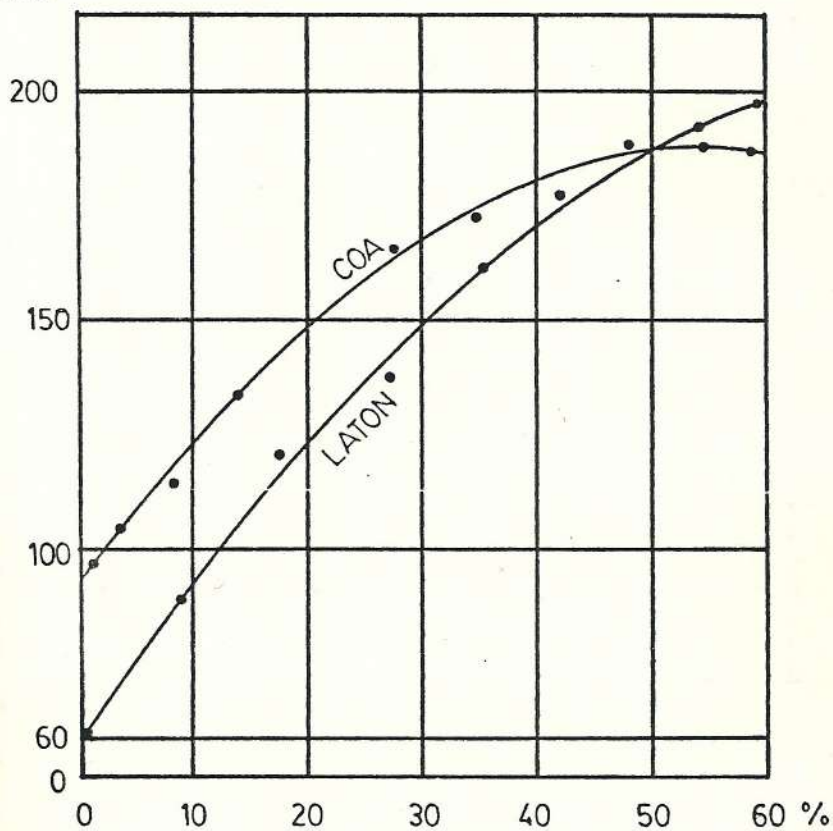


FIG: 6

DIAGRAMA DUREZAS-DEFORMACIONES DEL COA Y DEL LATON .  
 EN LAS ORDENADAS SE ENCUENTRAN LAS DUREZAS DE UNA  
 PROBETA CILINDRICA DE 10x10 DESPUES DE LOS DIVERSOS  
 ENSAYOS DE ROTURA INDICADOS EN LAS ABSCISAS.



TABLA # 5

CHAPA DE ACERO PARA EL ESTAMPADO EN FRIO

(ESPEORES DE 0.3 a 4 mm.)

TIPO	ENSAYO DE TRACCION			ENSAYO DE EMBUTIDO		INDICACIONES  GENERALES  DE EMPLEO
	R (Kg/mm <sup>2</sup> )	ALARGAMIENTO PARA ESPEORES		ESPESOR DE LA PROBETA (mm.)	I.E. mínimo (mm.) ERICKSEN	
		< 1 mm. A mínimo (%)	≥ 1 mm. A mínimo (%)			
C7I UNI 3145	30*40	22	24	0.5	8.2	PARA ESTAMPADO MEDIO
				1.0	9.6	
				1.5	10.7	
				2.0	11.4	
				0.5	8.6	

C7II UNI 3145	30÷38	27	29	1.0 1.5 2.0	10.0 11.1 11.8	PARA ESTAMPADO PROFUNDO
C7III UNI 3145	29÷37	28	30	0.5 1.0 1.5 2.0	9.0 10.3 11.4 12.2	PARA ESTAMPADO MUY PROFUNDO
C7IV UNI 3145	29÷35	30	34	0.5 1.0 1.5 2.0	9.4 10.7 11.7 12.5	PARA ESTAMPADO MUY PROFUNDO CON DIFICULTADES
ACABADOS DE LAS SUPERFICIES						

GRADO DE ACABADO	SUPERFICIE DE LAS PROBETAS	CALIDAD DEL ACERO
A	SUPERFICIE LISA, DECAPADA O SEMIPULIDA; APLANADA, ESMERADA; ADMITIDAS LIGERAS IMPERFECCIONES.	C7-I UNI 3145 C7-II UNI 3145
B	SUPERFICIE MUY LISA, BRILLANTE U OPACA; APLANADO ESMERADO; TOLERADAS IMPERFECCIONES PEQUEÑISIMAS.	C7-III UNI 3145 C7-IV UNI 3145
C	SUPERFICIE MUY LISA, BRILLANTE U OPACA; PRACTICAMENTE SIN IMPERFECCIONES.	

TABLA # 6

## RESISTENCIA A LA ROTURA Y A LA CORTADURA DE LOS MATERIALES

## LAMINADOS MAS CORRIENTES.

MATERIAL	RESISTENCIA A LA ROTURA $\sigma_T$ EN Kg/mm <sup>2</sup>		RESISTENCIA A LA CORTADURA $\sigma_R$ EN kg/mm <sup>2</sup>		PESO ESPECIFICO Kg/dm <sup>3</sup>
	RECOCIDO	CRUDO	RECOCIDO	CRUDO	
ACERO LAMINADO CON 0.1% DE C...	31	40	25	32	7.8-7.9
" " " 0.2%	40	50	32	40	
" " " 0.3%	44	60	35	48	
" " " 0.4%	56	70	45	56	
" " " 0.6%	70	90	56	72	
" " " 0.8%	90	110	72	90	
" " " 1.0%	100	130	80	105	
" " INOXIDABLE	65	75	52	60	
" " AL SILICIO	56	70	45	56	



Durante las operaciones de embutición, el material sufre un endurecimiento y pierde parcialmente la propiedad de ser blando. Es necesario - entonces hacerle recuperar una característica - inicial mediante el recocido, que consiste en calentar el material hasta la temperatura de 650 a 700°C y enfriado al aire (ver tabla N°7). Con este tratamiento los granos tienden a - unirse y aumentar de forma que en su estructura presentan una superficie de granos gruesos, aunque el material es dúctil y resistente. Para obtener el grano frío, es necesario normalizar el acero; la operación consiste en recocer las piezas a una temperatura algo superior a la del temple (punto crítico). En este punto el grano resulta muy fino. La temperatura de normalización está comprendida entre los 900 y los 930°C. Luego se procede al enfriamiento rápido hasta los 700°C y finalmente a un enfriamiento más lento; esta operación puede realizarse prácticamente enfriando las piezas (sacadas del horno) en una corriente - de aire frío hasta la temperatura requerida, dejándola por último enfriar al aire ambiente.



TABLA # 7

## DATOS PARA EL RECOCIDO DE LA CHAPA A EMBUTIR

MATERIAL	TEMPERATURA DE RECOCIDO (°C)	TIEMPO DEL RECOCIDO EN (min.)	OBSERVACIONES
CHAPA DE ACERO DE EMBUTIR (C 0.15%): RECOCIDO..... NORMALIZADO...	650+700 900+930	4+6 6+8	ENFRIAMIENTO AL AIRE. ENFRIAMIENTO RAPIDO HASTA 700°C, LUEGO NORMAL AL AIRE.
CHAPA DE ACERO AL 0.3% C: RECOCIDO..... NORMALIZADO..	680+720 820+850	4+6 6+8	ENFRIAMIENTO AL AIRE. ENFRIAMIENTO RAPIDO HASTA 700°C, LUEGO NORMAL AL AIRE.
CHAPA DE ACERO AL NIQUEL (0.4%C+3+4%Ni): RECOCIDO..... NORMALIZADO....	650+680 780+800	4+6 6+12	ENFRIAMIENTO AL AIRE O EN AGUA. ENFRIAMIENTO NATURAL AL AIRE.
CHAPA DE ACERO INOXIDABLE (8%Ni-18%Cr)	750+800	6+8	ENFRIAMIENTO EN AGUA.

La pieza después de recocida, queda recubierta de una película de óxido que debe de eliminarse antes de proceder a las sucesivas operaciones.

Para facilitar las operaciones de embutido, es tirado, etc., es necesario que las superficies estén pulidas. El púlido se puede hacer:

- a. Mecánicamente; y,
- b. químicamente.

El púlido mecánico puede ser realizado a mano - con un simple cepillado o en la pulidora mediante cepillos de acero.

El púlido químico se conoce con el nombre de decapado. Este consiste en sumergir las piezas en un baño ácido por un tiempo mínimo suficiente para obtener el pulido. Las piezas, después del baño, se neutralizan en una solución caliente de sosa y luego se secan rápidamente en un secadero de aire caliente. Para la chapa de acero la composición del baño ácido está constituida por ácido clorhídrico y sulfúrico en la proporción de 1 a 3 aproximadamente; tiempo de inin

mersión en el baño de 10 a 30 minutos. O bien: solución de ácido sulfúrico en proporción de 1 a 5 aproximadamente y a la temperatura de 50 a 60° C tiempo de inmersión en el baño, de 5 a 10 minutos; lavado en agua y neutralización en solución caliente de sosa al 1 ó 2 %.

Por el contrario las chapas de acero inoxidable se decapan en una solución de ácido clorhídrico en proporción de 1 a 2 aproximadamente, más 3 a 5 % de ácido nítrico a la temperatura ambiente; tiempo de inmersión, de 10 a 20 minutos. Necesita un buen lavado en agua corriente.

Las chapas están ya preparadas para el estampado. Para las tolerancias y dimensiones. Ver tabla N° 8.

TABLA # 8

TOLERANCIAS SOBRE EL ESPESOR Y PESO DE LAS CHAPAS

CHAPAS NORMALES C7-I, C7-II, C7-III			CHAPAS ESPECIALES		
ESPESOR S en mm.	TOLERANCIAS EN ±		ESPESOR S en mm.	TOLERANCIAS EN ±	
	SOBRE EL ESPESOR mm.	SOBRE EL PESO %		SOBRE EL ESPESOR mm.	SOBRE EL PESO %
0.10	± 0.02	± 9	0.10	± 0.01	± 9
0.15			0.15		
0.20			0.20		
0.25			0.25		
0.30	± 0.03		0.30	± 0.02	
0.35			0.35		



0.40	$\pm 0.04$		0.40	$\pm 0.03$	
0.45	$\pm 0.05$		0.45		
0.50			0.50	$\pm 0.04$	
0.60	$\pm 0.06$		0.60		
0.70	$\pm 0.07$		0.70	$\pm 0.05$	
0.80			0.80	$\pm 0.06$	
0.90	$\pm 0.09$	$\pm 7$	0.90		$\pm 7$
1.00			1.00	$\pm 0.07$	
1.20	$\pm 0.11$		1.20	$\pm 0.08$	
1.30	$\pm 0.12$		1.30	$\pm 0.09$	
1.40			1.40	$\pm 0.10$	
1.50	$\pm 0.13$		1.50		
1.60	$\pm 0.14$	$\pm 6$	1.60	$\pm 0.11$	$\pm 6$
1.70			1.70		
1.80	$\pm 0.15$		1.80	$\pm 0.12$	



1.90	± 0.16		1.90	± 0.13
2.00			2.00	± 0.15
2.25	± 0.17		2.25	± 0.16
2.50	± 0.18		2.50	± 0.16
2.75	± 0.19		2.75	± 0.17
3.00	± 0.20		3.00	± 0.18
3.50	± 0.22		3.50	± 0.20
3.90	± 0.25		3.90	± 0.22

## ESTUDIO Y SELECCION DE LUBRICANTES PARA EL EMBUTIDO PROFUNDO

La chapa metálica responderá favorable o desfavorablemente, dependiendo del tipo de lubricantes que se emplee.

Un buen lubricante reduce el rozamiento entre la chapa, la matriz y el pisador, obteniéndose de ésta manera una mejor calidad superficial de la copa, un menor esfuerzo del punzón y un menor desgaste de herramientas. Además es necesario que este lubricante sea adecuado a la naturaleza de la chapa.

En general, existen clasificaciones de lubricantes para el embutido, teniendo cada grupo sus desventajas y ventajas. Así tenemos:

1. Soluciones de jabón de agua, son de fácil manejo y comparativamente económicos. No tienen una elevada resistencia pelicular y por consiguiente pueden causar trastornos, si las tensiones de estirado rompen la película. Pero tienen una mayor aptitud que el aceite para retener la -

chapa. No es un lubricante muy adecuado para embutidos severos.

2. Existen compuestos entre grasas, aceites y - algún pigmento inerte, como por ejemplo el carbonato de calcio, que en ciertas combinaciones actúan como lubricante adecuado para el embutido.
3. Los aceites solubles poseen varias ventajas, como su disolución en agua, que permite a los lubricantes su fácil desprendimiento del producto terminado. Además son de bajo costo.

Según los diversos materiales con que se trabaje, el lubricante puede ser de varias formas. Es aconsejable referirse a la tabla N<sup>o</sup> 9 y N<sup>o</sup> 10.

TABLA # 9

SIGLAS DE REFERENCIA CORRESPONDIENTES A LOS PRINCIPALES LUBRICANTES  
USADOS PARA EL ESTAMPADO EN FRIO

SUSTANCIA	SIGLA DE REFERENCIA
PASTA DE GRASA Y JABON, NO PIGMENTADA, HIDROSOLUBLE.	421
PASTA DE GRASA Y JABON Y POLVO LUBRICANTE, HIDROSOLUBLE.	448
ACEITE DE BASE COLORADA, VISCOSO, SOLUBLE EN ACEITE.	DO-2A
ACEITE DE BASE COLORADA, POCO VISCOSO, TRANSPARENTE.	DC-2
MEZCLA DE ACEITE DO-2A Y OTROS EMULSIONANTES, SOLUBLE EN ACEITE.	DO-29
ACEITE GRASO, NOSOLUBLE EN AGUA PERO SI EN ACEITE.	DO-5A
ACEITE GRASO, SULFURADO, DENSO, SOLUBLE EN ACEITE.	CB-66
ACEITE GRASO SULFURADO, SOLUBLE EN ACEITE LUBRICANTE.	DO-6A
PASTA JABONOSA, SOLUBLE EN AGUA.	DC-5
POLVO GRANULAR JABONOSO DE "FILM SECO" SOLUBLE EN AGUA.	DC-K
JABON LIQUIDO, SOLUBLE EN AGUA.	DO-17



TABLA # 10

TIPO DE TRABAJO	TIPO DE LUBRICANTE	LUBRICANTES A USAR			
		ACEROS AL CARBONO	ACEROS INOXIDABLES Y ALEADOS	ALUMINIO	COBRE, LATON, BRONCE
EMBUTICION POCA PROFUNDA	HIDROSOLUBLE	448	-	-	DO-17 ó 421
	OLEOSOLUBLE	CC-2 ó MEZCLA (1p. DO-2A +1p. ACEITE MINERAL)	DO-29 ó MEZCLA (2p. DO-2A +1p. ACEITE MINERAL)	CC-2 ó MEZCLA (1p. DO-2A +1p. ACEITE MINERAL)	CC-2 ó DO-6A
EMBUTICION PROFUNDA	HIDROSOLUBLE	448 ó DC-K	-	-	448
	OLEOSOLUBLE	DO-29 ó MEZCLA (2p. DO-2A +1p. ACEITE MINERAL)	DO-2A ó DO-29	DO-29 ó MEZCLA (2p. DO-2A +1p. ACEITE MINERAL)	CB-66 ó DO-29 ó MEZCLA (2p. DO-2A +1p. ACEITE MINERAL)



Como complemento de las pruebas prácticas de embutir puede escogerse el lubricante más adecuado, experimentando los diferentes tipos de las mismas estampas y con la misma chapa. El lubricante que produzca el mínimo aumento de superficie, ó sea, el mínimo estiramiento, es el que mejor responderá a las exigencias del trabajo.

Para el buen funcionamiento de las estampas - es de ley, y por cuantas veces sea necesario eliminar las incrustaciones producidas por las partículas de metal incorporadas en el lubricante.

#### ESTUDIO DE LA MAQUINARIA PARA EMBUTICION

La transformación de la chapa metálica, tiene lugar entre los componentes de la herramienta, la cual es accionada por una prensa, en la que va convenientemente montada. Es así como se obtiene la copa o cápsula en su forma simple. Posteriormente debe proseguirse con otras transformaciones sencillas, para que obtenga sus perfiles definitivos.

Un resumen de la extensa clasificación de los equipos que trabajan la chapa metálica, se presenta en el cuadro N<sup>o</sup> 15.



<p>CON MOVIMIENTO RECTILINEO ALTERNATIVO (CORREDORA)</p>	<p>PRENSAS</p>	<p>ACCIONAMIENTO CORREDERA</p> <p>MOVIMIENTO CORREDERA</p>	<p>CIGUEÑAL EXCENTRICA ENGRANAJE EXCENTRICO LEVAS</p> <p>SIMPLE EFECTO DOBLE EFECTO TRIPLE EFECTO</p>
<p>CON MOVIMIENTO GIRATORIO CONTINUO (RODILLOS)</p>	<p>TIJERAS DE GUILLOTINA DOBLADORAS RECTAS</p> <p>LAMINADORAS APLANADORAS TIJERAS CIRCULARES ROLADORAS CURVADORAS ENGRAPADORAS RECUBRIDORAS</p>		

#### 2.4.1. Clasificación de las prensas

Estas máquinas deberán ser capaces de desarrollar presión en la cantidad, localización, dirección y por el período de tiempo necesario para completar una operación específica.

Las prensas más importantes son las mecánicas e hidráulicas. Estas pueden clasificarse de acuerdo con los efectos o movimientos de la corredera, que es el elemento transportador de la parte móvil de la herramienta. La prensa de simple efecto es la más común de todas las prensas, luego siguen las prensas de doble y triple efecto.

##### a. Prensas de simple efecto:

Tiene un movimiento alternativo de la corredera que se obtiene asegurándola a un cigüeñal, excéntrica, leva u otro mecanismo en las prensas mecánicas, y un cilindro inversor en un equipo hidráulico. Figura N<sup>o</sup> 7.



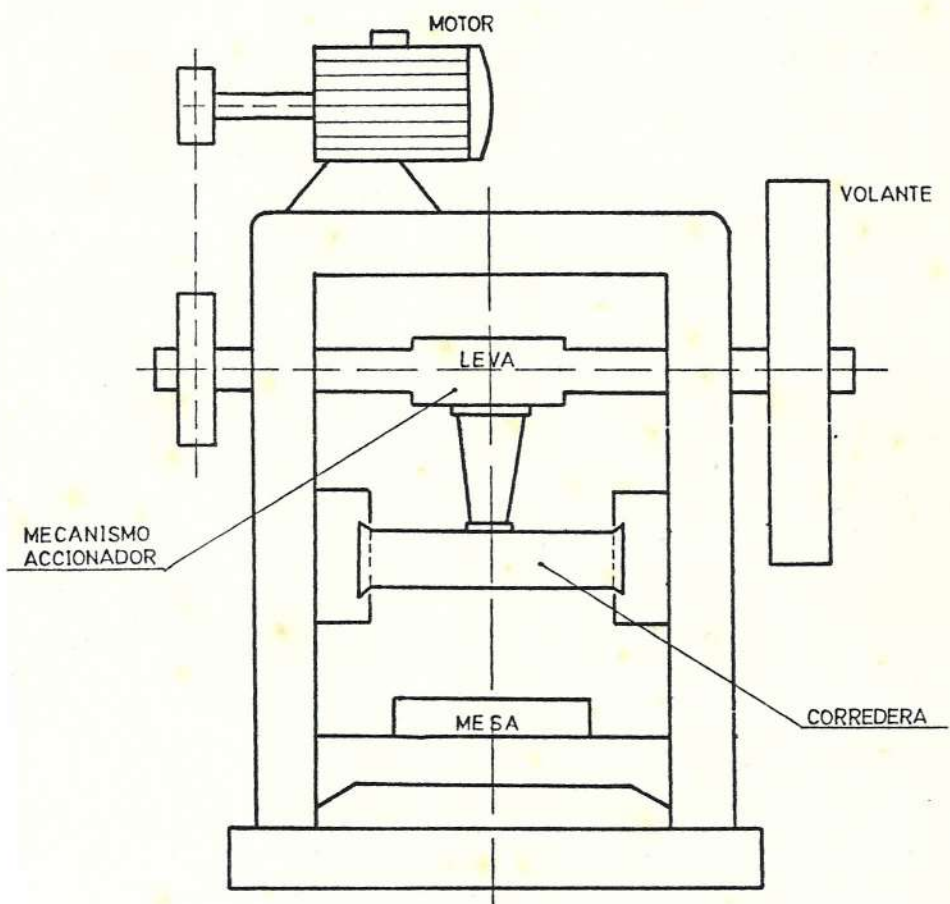


FIG: 7.A.

PRENSA MECANICA

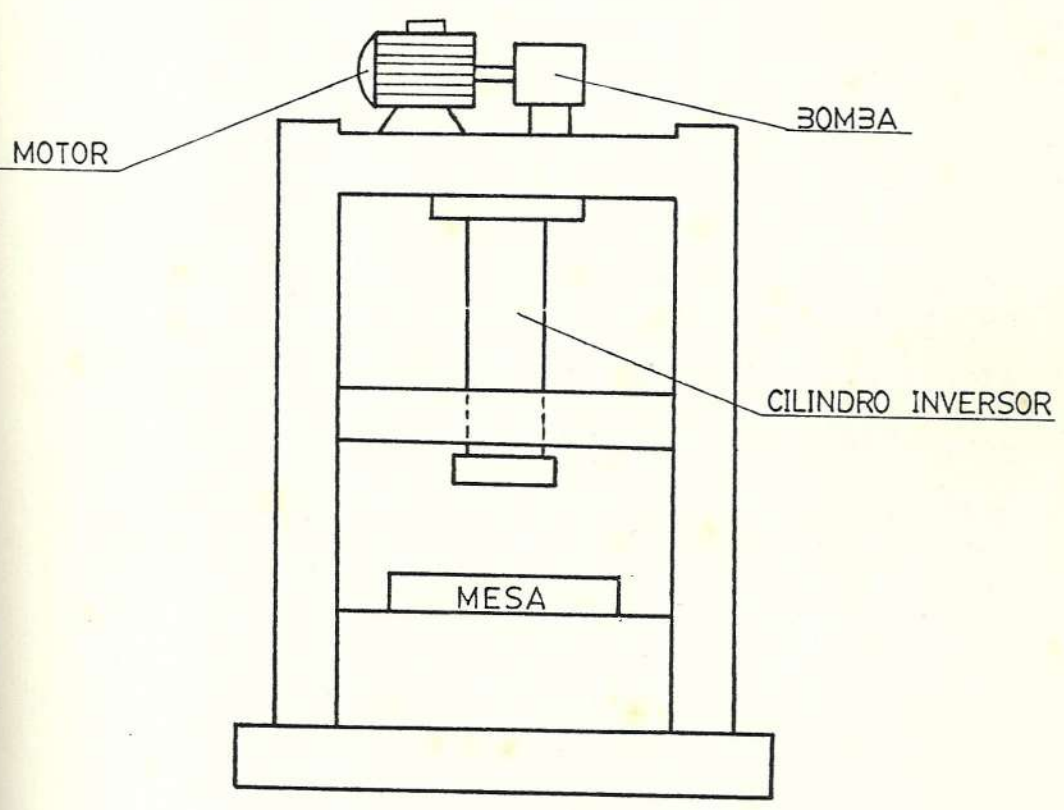


FIG: 7.B.

PRENSA HIDRAULICA

ESQUEMA DE PRENSA DE SIMPLE EFECTO E HIDRAULICA

En estos tipos de máquinas, no existen ningún otro movimiento que afecte el trabajo de la pieza. Dichas prensas se emplean extensamente para dar forma a la pieza en bruto, en las que el embutido profundo no es una condición; también son utilizadas en cizallar, agujerear y otras operaciones de corte similares.

Pero sus funciones en su mayor parte se determina por el herramental que se emplea en la prensa. Por ejemplo, los amortiguadores mecánicos o neumáticos de la matriz utilizados en estas prensas, permiten operaciones de embutido poco profundo, simulando así las funciones de las prensas de doble efecto. Las herramientas se las denomina también herramientas de doble efecto.

Estas prensas se las construye en una variedad de estilos y tipos, tales como las prensas inclinables de respaldo - abierto o garganta, prensas de bancada - ajustable, y las prensas de columnas. Ver figura N<sup>o</sup> 8.

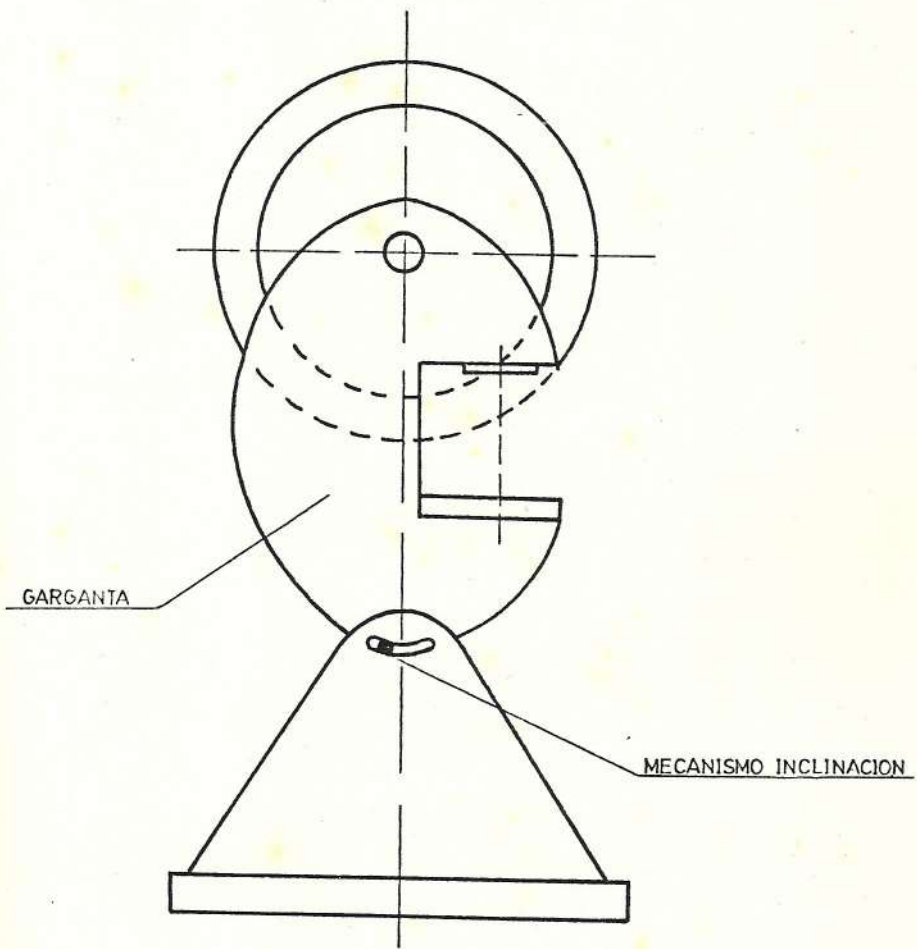


FIG: 8,A.

PRENSA INCLINABLE

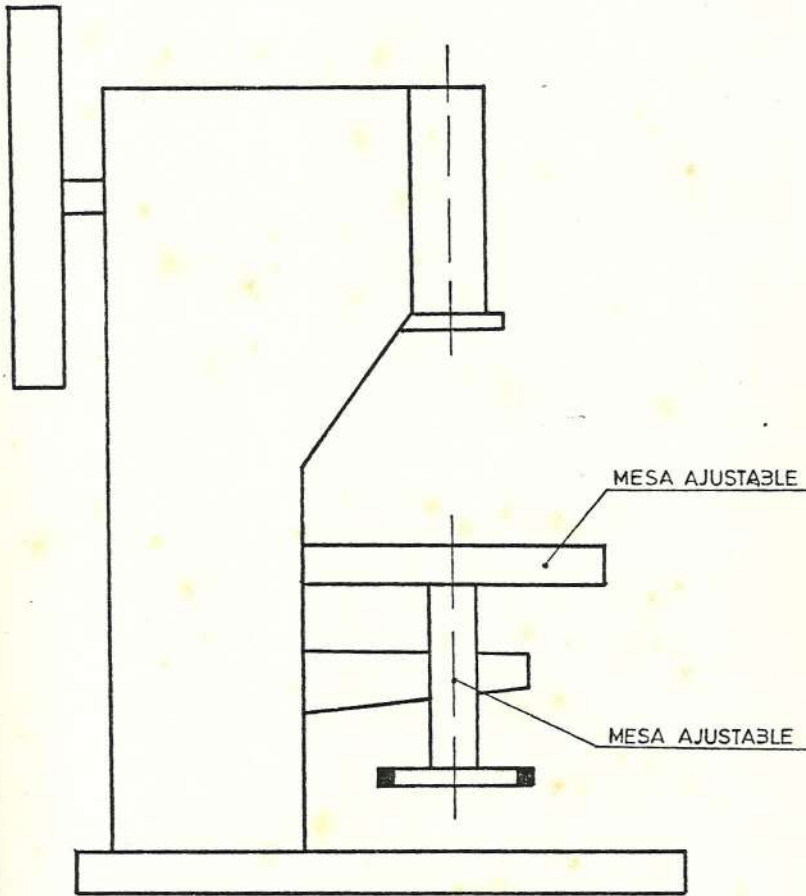


FIG. 8. B.

PRENSA BANCADA AJUSTABLE



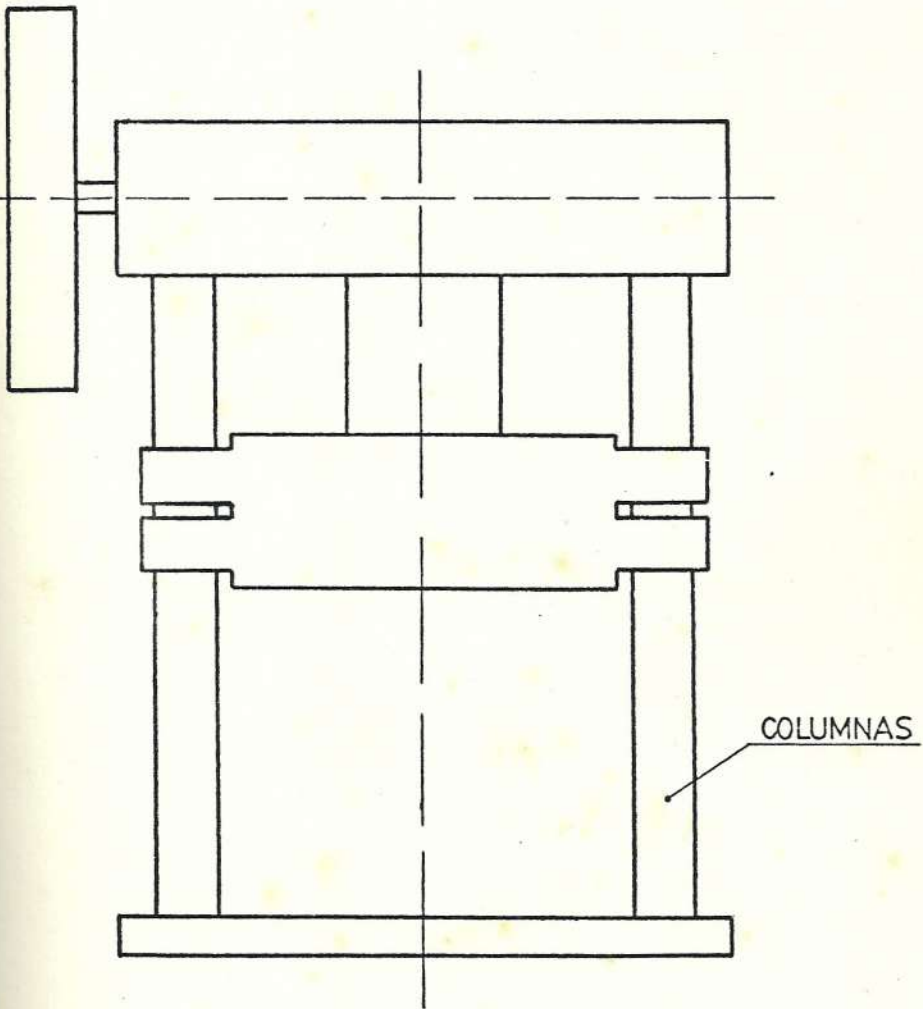


FIG. 8. C.

PRENSA DE COLUMNAS

Las prensas hidráulicas ya sean de simple, doble o triple efecto, no se recomiendan para operaciones de corte, ya que los esfuerzos de tensión sobre el sistema hidráulico son muy severas, a causa de la penetración repentina de la operación de cizallado o punzado. Sin embargo amortiguando convenientemente la matriz pueden emplearse estas prensas.

El diseño estructural de las prensas de simple efecto, proporciona un manejo simple y rápido del material. Por ejemplo - las prensas de garganta, permiten el movimiento fácil del material, desde la parte anterior a la posterior. Además vienen equipadas con mecanismos de inclinación para la garganta, ayudando así por gravedad la descarga de las piezas terminadas. Las prensas de columna, ofrecen mayor rigidez para ciertos trabajos fuertes.

b. Prensas de doble efecto:

Tienen dos movimientos para accionar dos

correderas concéntricas, funcionando para  
lelamente la una con la otra. La primera  
es llamada corredera interior o émbolo;  
y la otra corredera exterior o portapiezas.

La corredera portapieza, se emplea para -  
retener el metal se la conoce como pisa  
dor y funciona independientemente antes  
que la corredera interior o ariete, o con  
juntamente con el mismo.

La corredera del ariete de la prensa mecá  
nica de doble efecto, es usualmente accio  
nada por un cigueñal, mientras que la co  
rredera del pisador que queda en reposo -  
durante el intervalo de estirado, es accio  
nado en la mayoría de los casos por un me  
canismo de palancas o levas. Figura N<sup>o</sup> 9.

En las prensas hidráulicas de doble efec  
to, sus correderas son accionadas por ci  
lindros independientes para cada una, o  
mediante una conexión mecánica a la corre  
dera del pisador, desde el pistón principal.

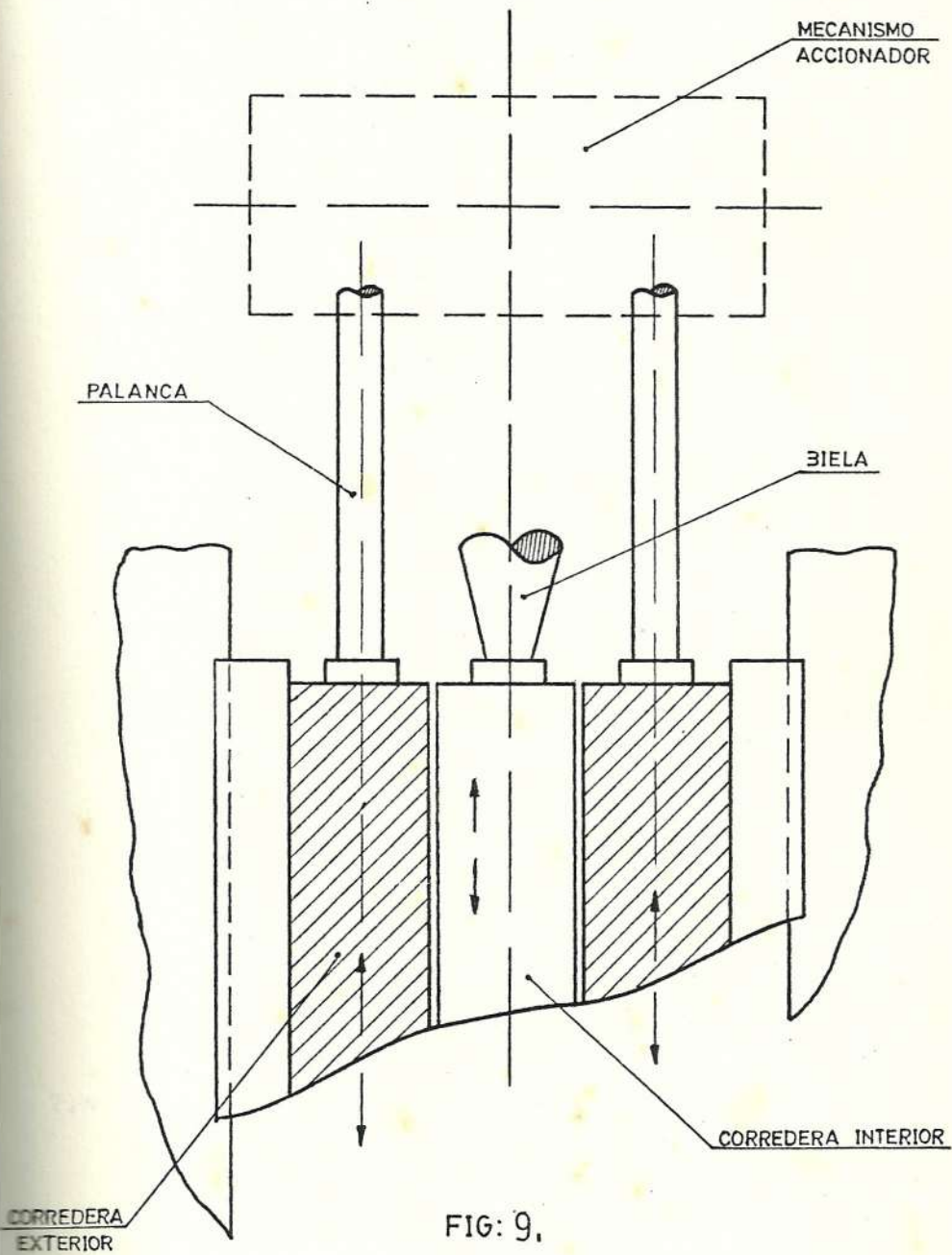


FIG: 9.

ESQUEMA DE CABEZAL DE DOBLE EFECTO



El fin principal de las prensas de doble efecto, es realizar las operaciones de embutir, dar forma y estampado profundo.

c. Prensas de triple efecto:

Se construyen por tres correderas, con efectos provenientes de cada corredera. Son ampliamente usadas para dar forma a los paneles de automóviles y otros trabajos similares de gran tamaño.

Las prensas de doble efecto, equipadas con asientos amortiguadores en las matrices, proporcionan el triple efecto, dependiendo del amortiguador para el movimiento adicional.

2.4.2. Cálculo y selección de la prensa

a. Fuerza de corte:

La necesaria fuerza de corte  $P_s$  para pun



zones corrientes con superficie de trabajo rectificadas, se calcula por la fórmula:

$$P_s = F \cdot K_s$$

Siendo  $F$  la superficie de corte en  $\text{mm}^2$  y  $K_s$  la resistencia al cizallamiento del material en  $\text{Kg}/\text{mm}^2$ . La superficie de corte se determina a partir del contorno multiplicado por el espesor de la pieza a cortar, debiéndose entender por contorno la suma de todas las longitudes de arista en  $\text{mm.}$ , a cortar. La resistencia de cizallamiento debe tomarse de la tabla N<sup>o</sup> 11.

Para un cálculo aproximado se puede poner  $K_s = 0.8 \cdot \sigma_B$  sin con  $\sigma_B$  se denomina la resistencia de un material a la tracción.

Los valores que aparecen en la tabla N<sup>o</sup> 11, corresponden aproximadamente a los de la práctica. La ejecución del filo de corte tiene influencia en la resistencia al cizallamiento son mayores que los valo

VALORES DE RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO (Ks)  
DE DIFERENTES MATERIALES METALICOS

CLASE DE MATERIAL	RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO. Ks en kg/mm <sup>2</sup>	
	BLANDO	DURO
ACERO CON CONTENIDO DE CARBONO.		
0.1% CHAPA BLANDA PARA TROQUELADO Y EMBUTICION PROFUNDA.....	24	32
0.2%.....	30	40
0.3%.....	36	48
0.4%.....	45	56
0.6%.....	55	72
0.8% CASI DUREZA DE MUELLE.....	70	90
1.0% CASI DUREZA DE MUELLE.....	80	105
ACERO INOXIDABLE.	50	56
ACERO AL SILICIO	45	55

res estando las aristas de corte embotadas. Rige así mismo la norma de que a menor espesor de material en relación con la resistencia a la tracción, las resistencias al cizallamiento son mayores que con un espesor más grande. También influye en la relación de la resistencia al cizallamiento, a la tracción, la capacidad de deformación de un material. Cuando más tenáz sea un material, tanto mayor es la resistencia al cizallamiento en relación con la resistencia a la tracción. En chapas delgadas de un material tenaz, esta relación puede ser mayor de 1.0.

Las fuerzas de retroceso para separar la pieza del punzón son del 3 al 5 % de la fuerza de corte, si la relación del diámetro del punzón  $d$  al espesor de la chapa  $s$  es como de 10 ( $d/s = 10$ ). A menores relaciones  $d/s$  aumenta considerablemente las fuerzas de retroceso y, con  $d/s = 2$ , ascienden aproximadamente del 10 al 20% de la fuerza de corte, en tanto que siguen -

disminuyendo a mayores relaciones d/s. En materiales tenaces se necesita para la separación una fuerza de retroceso mayor - que en materiales frágiles.

El valor obtenido para la fuerza de corte no debe pasar de la fuerza máxima indicada en la placa de característica, pues de lo contrario la máquina está expuesta a sobrecargas. La magnitud de la fuerza de retroceso es importante para la sujección del punzón y de las herramientas.

Se consigue una disminución de la necesaria fuerza de corte, si en lugar de un punzón con superficie de trabajo plana, según la ejecución A en la figura N<sup>o</sup> 10, se emplea un punzón rectificado oblicuamente según la ejecución B. La diferencia de altura h debe elegirse aquí en una medida que corresponda aproximadamente a 0.6 hasta 0.9 veces el espesor de la chapa S, debiendo tenerse en cuenta que el ángulo de bisel no debe ser mayor de 5 grados, para



evitar que la arista de corte sufra desperfectos por empuje lateral del punzón. Cuanto más frágil sea un material, tanto menor debe ser la inclinación elegida. Se obtienen de ordinario valores óptimos - cuando la diferencia de altura  $h$  corresponde a la profundidad de penetración - del punzón hasta que se rompe la chapa - al cortar con punzón no biselado.

Está descartado un empuje unilateral del punzón y del material, cuando el punzón dispone de un rectificado cóncavo o de una garganta según la ejecución C, o - bien de un rectificado bombeado o un bisel de doble lado según la ejecución D - en la figura N<sup>o</sup> 10. En este caso se deforma, sin embargo el disco, troquelado y no sale ya plano. En caso de - que el corte tenga que ser plano y limpio y que la chapa que quede sobre la placa de corte no deba aprovecharse, tiene que estar el punzón plano y dicha placa a de ser ejecutada mediante rectificado bombeado o cóncavo.



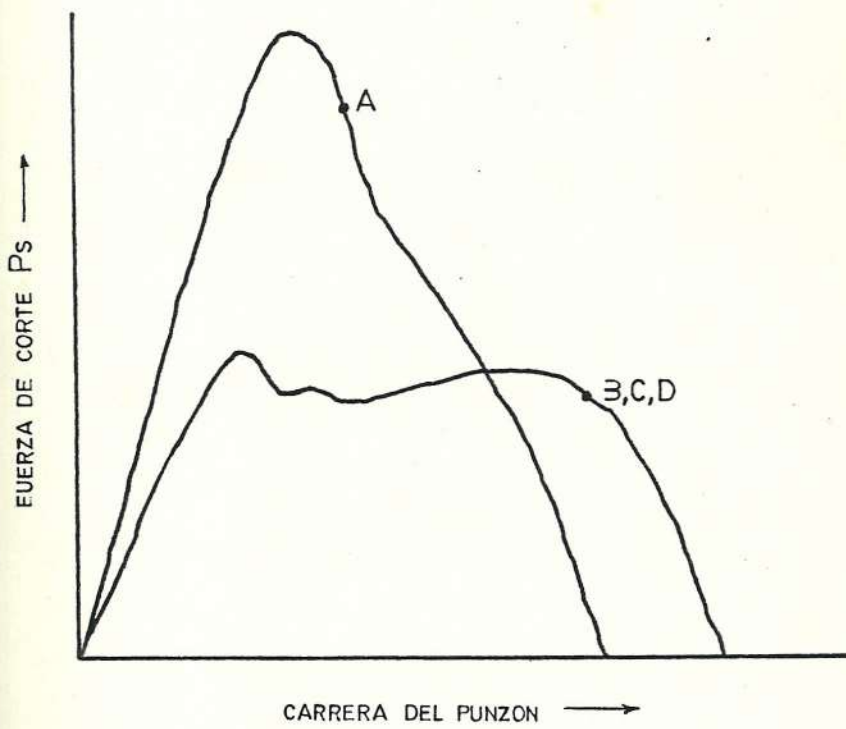
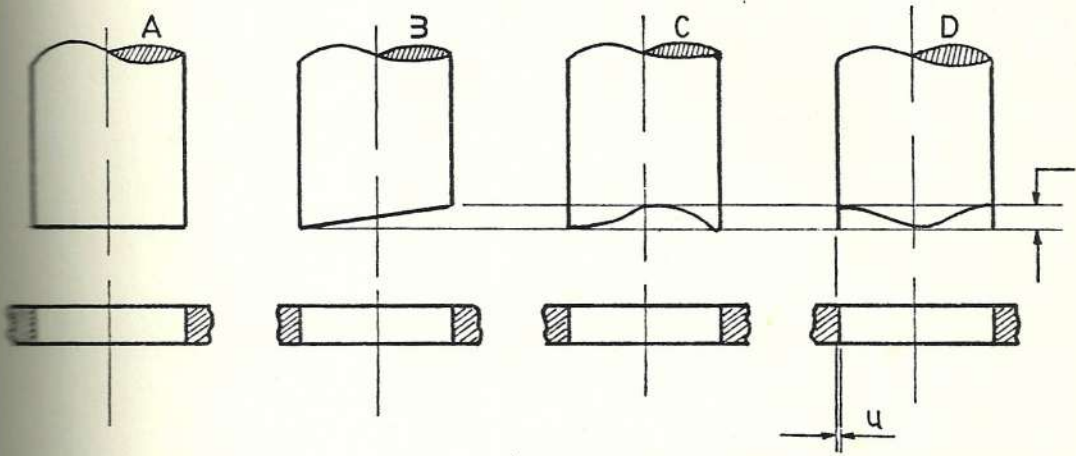


FIG: 10.

GRAFICO FUERZA DE CORTE-CARRERA

Con semejantes medidas según la ejecución B, C y D se reduce la fuerza de corte por lo menos en un 30 % en comparación con la ejecución A. Si existen varios punzones en una herramienta, puede disminuirse toda la fuerza de corte, dándoles longitudes diferentes. Los punzones inciden así sobre la placa de corte uno tras otro, y no al mismo tiempo. No obstante con miras al trabajo regular de una prensa y a la protección de las herramientas, la diferencia de altura de punzón a punzón, no debe ser mayor de lo que corresponde a la profundidad de penetración de los punzones hasta romper la chapa.

b. Trabajo de corte:

La energía del volante necesaria para un determinado trabajo de corte se determina por la fórmula:

$$A = X \cdot P_s \cdot S$$

Debiendo ponerse la fuerza de corte  $P_s$  -

en Kg., y el espesor del material  $S$  en m o bien  $P_s$  en  $T_m$  y  $S$  en mm. El factor  $X$  tiene presente la variación real de la fuerza durante el corte y, como revelan las valoraciones en la figura N<sup>o</sup> 11, de pende del material dentro de los límites de 0.4 a 0.7. La figura N<sup>o</sup> 10, muestra el trabajo de corte como las superficies circunscritas por las curvas de la fuerza de corte en función de la carrera del punzón. Se trata aquí de diagramas de trabajo de diferentes formas de corte, a los que ya se ha hecho referencia más arriba.

Como muestra la figura, el trabajo de corte, al contrario que la fuerza de corte, no es influido sensiblemente por punzones biselados y mientras la inclinación no sea demasiado grande, tienden sólo a aumentar de modo insignificante. Con ayuda de monogramas. Figura N<sup>o</sup> 10, N<sup>o</sup> 11, puede determinarse fácilmente el trabajo de corte y la fuerza de corte.

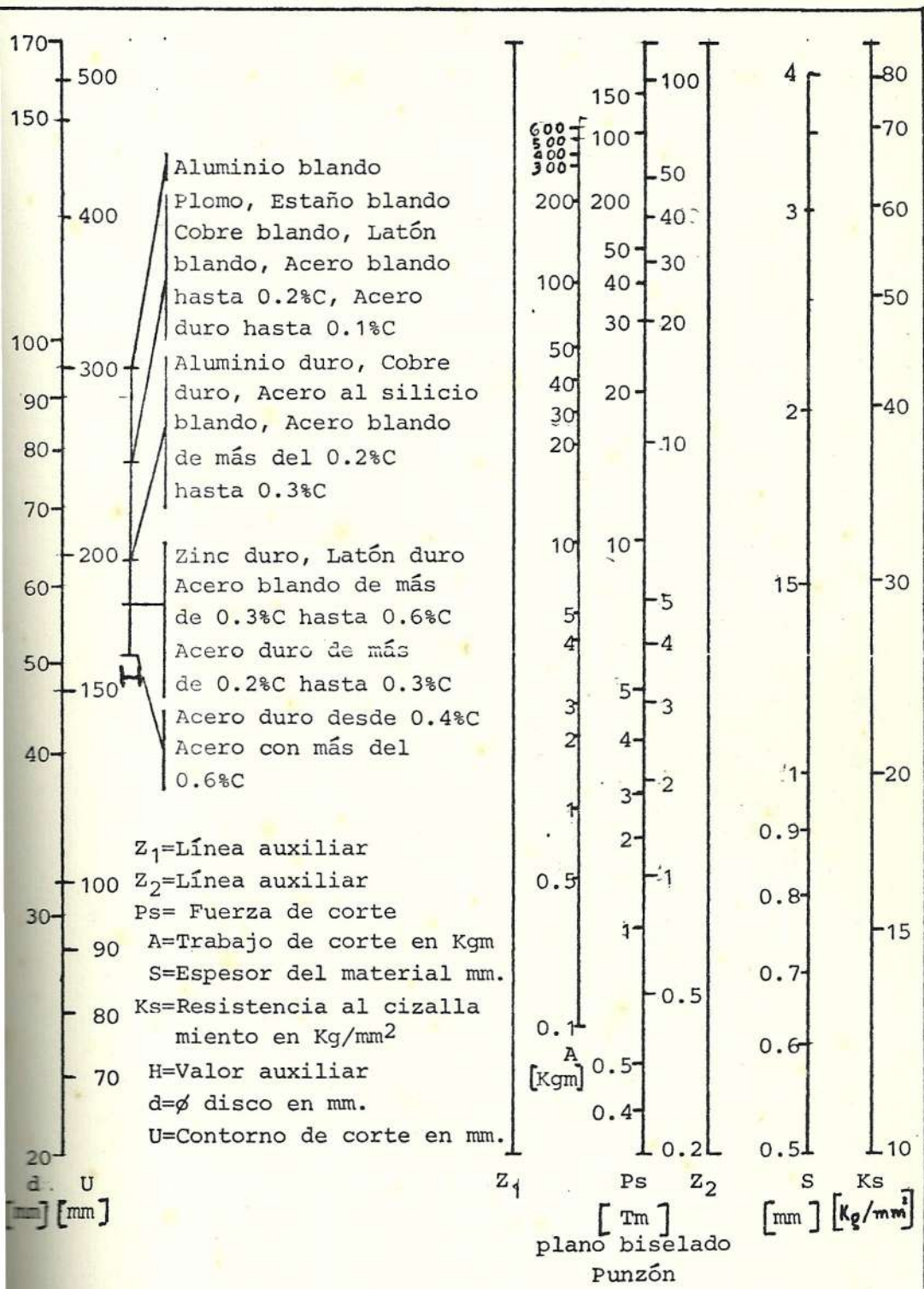


FIG:11 DETERMINACION DE LA FUERZA Y DEL TRABAJO DE CORTE



El hecho de sobrepasar la energía útil - admisible no tiene por consecuencia la sobrecarga de la máquina, pero si una sobre carga del motor al tratarse de accionamiento individual. Con accionamiento por transmisión y en regimen intermitente, es admisible, sin inconveniente alguno, una toma mayor de energía útil , mientras que el accionamiento eléctrico individual, con miras al motor debe evitarse el pasar con frecuencia de los valores estipulados. Según que se trabaje en servicio intermitente o continuo varía la energía que se puede tomar del volante; la cantidad de energía a tomar de éste último depende de su peso, dimensiones y revoluciones; después de una toma de energía, ésta última disminuye.

En el servicio intermitente, o sea en - una carrera individual, de acuerdo, con la característica del motor puede aprovecharse una caída de revoluciones hasta el 30 % correspondiente a una toma de



energía como el 50 %, mientras que en ca  
rrera continua, es decir, aprovechando -  
cada descenso del punzón, solamente se  
registra una disminución de revoluciones  
del 15 al 20 %, lo que equivale a una to  
ma de energía como del 28 al 36 %, respec  
tivamente.

Ejemplo típico de un trabajo intermitente, es la perforación de discos ya corta  
dos que hay que ir colocando uno a uno,  
o también todos los trabajos de corte de  
flejes, los cuales se van empujando a ma  
no y donde el transporte no puede ser -  
tan rápido que llegan a pasar por la -  
prensa. El servicio continuo se utiliza  
corrientemente en trabajos con avance.  
En la determinación del trabajo y fuerza  
de corte puede suceder, sobre todo el ca  
so de chapas delgadas, que una máquina -  
sea suficiente en cuanto al trabajo de  
corte, pero no en lo que respecta a la  
fuerza de corte. El remedio en semejan-  
tes casos, como ya se expuso antes

con la figura N<sup>o</sup> 10, puede consistir en dar al punzón o al anillo de corte forma biselada u ondulada. La fuerza de corte y el trabajo de corte pueden determinarse de modo aproximado, cuando la inclinación viene a ser igual que el espesor del material, a base del cuadro de cálculos. Figura N<sup>o</sup> 11, escala derecha de la columna Ps.

Intersticio de corte entre el punzón y matriz:

Los valores determinados con los cuadros de cálculo y a base de las fórmulas anteriores presuponen que entre el punzón y la matriz se elija el intersticio correcto.

Para chapas hasta 3 mm., de grueso rige según OEHLER la siguiente relación empírica para el intersticio de corte  $u$  ( Ver figura N<sup>o</sup> 10 ).

$$U = 0.005.S\sqrt{Ks}$$

y para chapas de más de 3 mm.:

$$U = (0.01 S - 0.015) \cdot \sqrt{K_s}$$

En donde S es el espesor de chapa en mm.  
y  $K_s$  la resistencia al cizallamiento, tal  
como se desprende de la tabla N<sup>o</sup> 12.

La duración de las herramientas de corte  
es influida esencialmente por la elección  
del intersticio de corte.

Al perforar chapas, la medida de perfora-  
ción es determinada por el punzón de cor-  
te o sea que el paso en la placa de corte  
tiene que ser el doble del intersticio de  
corte mayor que el punzón. En cambio al  
cortar discos, la placa de corte determi-  
na el tamaño de éstos. Por lo tanto, el  
punzón tiene que ser entonces el doble -  
más pequeño que el intersticio de corte.

La precisión de los objetos fabricados me-  
diante punzonado depende, como es lógico,  
de la exactitud con que ha sido construí-

do el útil. El juego entre punzón y ma  
tríz depende del grueso de la chapa y ca  
lidad del material, que podrá ser duro ,  
dulce o blando. Para punzones pequeños,  
agujereando chapa de espesor limitado, el  
juego no debe existir prácticamente; pe  
ro teniendo que trabajar chapas de elevad  
o espesor, el juego debe ser aplicable.  
Para la chapa metálica, generalmente es  
tá subordinado al espesor, y varía pro  
porcionalmente con éste. El juego u hol  
gura, considerado bajo el punto de vista  
de las diferentes clases de materiales ,  
tendrá que ser mayor para acero laminado  
duro que para el acero dulce, latón y  
aluminio. Para punzones de grandes di  
mensiones, tendrá que ser de proporciones  
ligeramente mayores, mientras que para  
punzones de tamaño normal será constante  
para cada dureza del metal.

También debemos tener presente que, des  
pués del punzonado, el material alrededor  
del agujero se contrae escasamente al -



ser librado de la presión de los útiles. El valor del juego entre punzón y matriz puede variar, según los casos, del 5 % al 13 % del espesor de la chapa. En general se estima menor el porcentaje para los agujeros pequeños de precisión; en los cortes de mayores dimensiones y para mayores espesores se aumenta el porcentaje hasta alcanzar el valor máximo.

Al determinar los diámetros del punzón y de la matriz es necesario tener en cuenta que el diámetro de la matriz determina las dimensiones de la pieza y, por lo - tanto, es necesario precisar exactamente tales dimensiones; el juego deberá obtenerse reduciendo el diámetro del punzón. El diámetro de éste, por el contrario, determina las dimensiones del agujero y, por ello se requiere igual exactitud; el juego debe obtenerse aumentando el diámetro de la matriz.



TABLA # 12

## TOLERANCIAS ADMISIBLES ENTRE PUNZONES Y MATRICES

ESPESOR DE LA CHAPA (mm)	JUEGO ENTRE PUNZON Y MATRIZ			
	ACERO DULCE	ACERO MEDIO DURO	ACERO DURO	ALUMINIO
0.25	0.01	0.015	0.02	0.02
0.50	0.025	0.03	0.035	0.05
0.75	0.04	0.045	0.05	0.07
1.00	0.05	0.06	0.07	0.10
1.25	0.06	0.075	0.09	0.12
1.50	0.075	0.09	0.10	0.15
1.75	0.09	0.10	0.12	0.17
2.00	0.10	0.12	0.14	0.20
2.25	0.11	0.14	0.16	0.22
2.50	0.13	0.15	0.18	0.25
2.80	0.14	0.17	0.20	0.28
3.00	0.15	0.18	0.21	0.30
3.30	0.17	0.20	0.23	0.33
3.50	0.18	0.21	0.25	0.35
3.80	0.19	0.23	0.27	0.38
4.00	0.20	0.24	0.28	0.40
4.30	0.22	0.26	0.30	0.43
4.50	0.23	0.27	0.32	0.45
4.80	0.24	0.29	0.34	0.48
5.00	0.25	0.30	0.36	0.50

## c. Fuerza de embutición:

Para la embutición de piezas cilíndricas redondas en estirado-único, puede calcularse la fuerza de embutición en el máximo de potencia con arreglo a la siguiente ecuación:

$$P_2 = \pi \cdot d \cdot s \cdot \frac{K_{fm}}{\eta_F} \cdot \text{Im} \beta'$$

En donde:

$\beta'$  =  $D'/d$  la relación de embutición - en el máximo de fuerzas.

$K_{fm}$  = resistencia media a la deformación en la brida de la pieza embutida - durante el máximo de fuerzas.

$\eta_F$  = rendimiento

$d$  =  $\emptyset$  del punzón

$s$  = espesor de la chapa.

El cálculo de la fuerza de embutición - con ayuda de esta ecuación resulta algo más complicado, porque la relación de em

butición en el máximo de fuerzas  $\beta' = D'/d$  así como la resistencia media a la deformación  $D/d$  y del material. Además, el rendimiento no es incluido solamente por la lubricación y las propiedades de deslizamiento de la pieza sobre la herramienta, sino también una medida muy considerable por la relación del diámetro del punzón al espesor de la chapa. Precisamente esta influencia en el rendimiento origina la fuerte disminución de la mayor relación de embutición posible  $\beta_0$  máx.

El factor  $\beta_0 = D/d$ , representa la relación de embutición, mediante estirado único, mientras que su valor recíproco es:

$$\beta_0 = d/D.$$

Para materiales fácilmente embutibles, rige aproximadamente:

$$\beta_0 \text{ máx} = 2.15 - 0.001 d/s$$

Para materiales embutibles rige:

$$\beta_0 \text{ máx} = 2.0 - 0.0011 \text{ d/s}$$

Ambas ecuaciones deberían aplicarse en lo posible, únicamente en un margen de  $d/s = 25$  a  $600$ .

Por esta razón parece ser conveniente - calcular la fuerza de embutición a base de la siguiente ecuación, la cual representa a la ecuación expuesta anteriormente en distinta versión:

$$P_z = n \cdot \pi \cdot d \cdot s \cdot \sigma_B$$

Donde:

$\sigma_B$  = resistencia a la tracción del material.

$d$  =  $\emptyset$  del punzón

$s$  = espesor de la chapa

$$n = \frac{\sigma}{\sigma_B} = \frac{\text{tensión de embutición}}{\text{resistencia a la tracción}}$$

$$\sigma = \text{tensión de embutición} = \frac{K_{f_m}}{\eta_F} \cdot I_m \beta'$$



Cuando el factor  $n = \sigma/\sigma_B$  alcanza el valor 1, es decir, cuando la tensión de embutición en el máximo de fuerzas, llega a ser igual que la resistencia de p<sup>á</sup>r<sup>t</sup>i<sup>da</sup> del material, hay que contar con que la pieza embutida se rompe. La máxima fuerza de embutición ascendería entonces a:

$$Pz = \pi \cdot d \cdot s \cdot \sigma_B$$

En materiales de buena capacidad para embutición, la tensión de embutición tiende a subir, debido al aumento de resistencia del material que está en contacto con la parte redondeada del punzón, hasta un 10 a 30 % por encima de la relación de embutición. De este modo se conoce el factor n para la mayor relación de embutición posible la cual, a su vez, depende del punzón y del espesor de la chapa. Este factor n hay que elegirlo correspondientemente menor para condiciones de embutición que quedan por debajo de la máxima posible.



Para el cálculo de la fuerza de embutición en estirado único puede tomarse el factor  $n$  de la figura N°12. El factor  $n = 1.0$ , corresponde aquí a las condiciones de embutición límite representadas en la figura N° 12; para materiales susceptibles de embutición, mientras que el factor  $n = 1.1$ , reproduce los límites de los materiales de buena capacidad para embutición en función del  $\emptyset$  del punzón con relación al espesor de la chapa.

Para determinar el factor  $n$  hay que proyectar siempre desde la relación de embutición hasta la recta que corresponde a la capacidad de embutición del material, y a la relación del punzón al espesor de la chapa, con lo que puede tomarse la lectura del factor  $n$  directamente. Entre los dos mencionados alcances de material susceptible de embutición y de buena capacidad de embutición pueden, naturalmente, determinarse tam

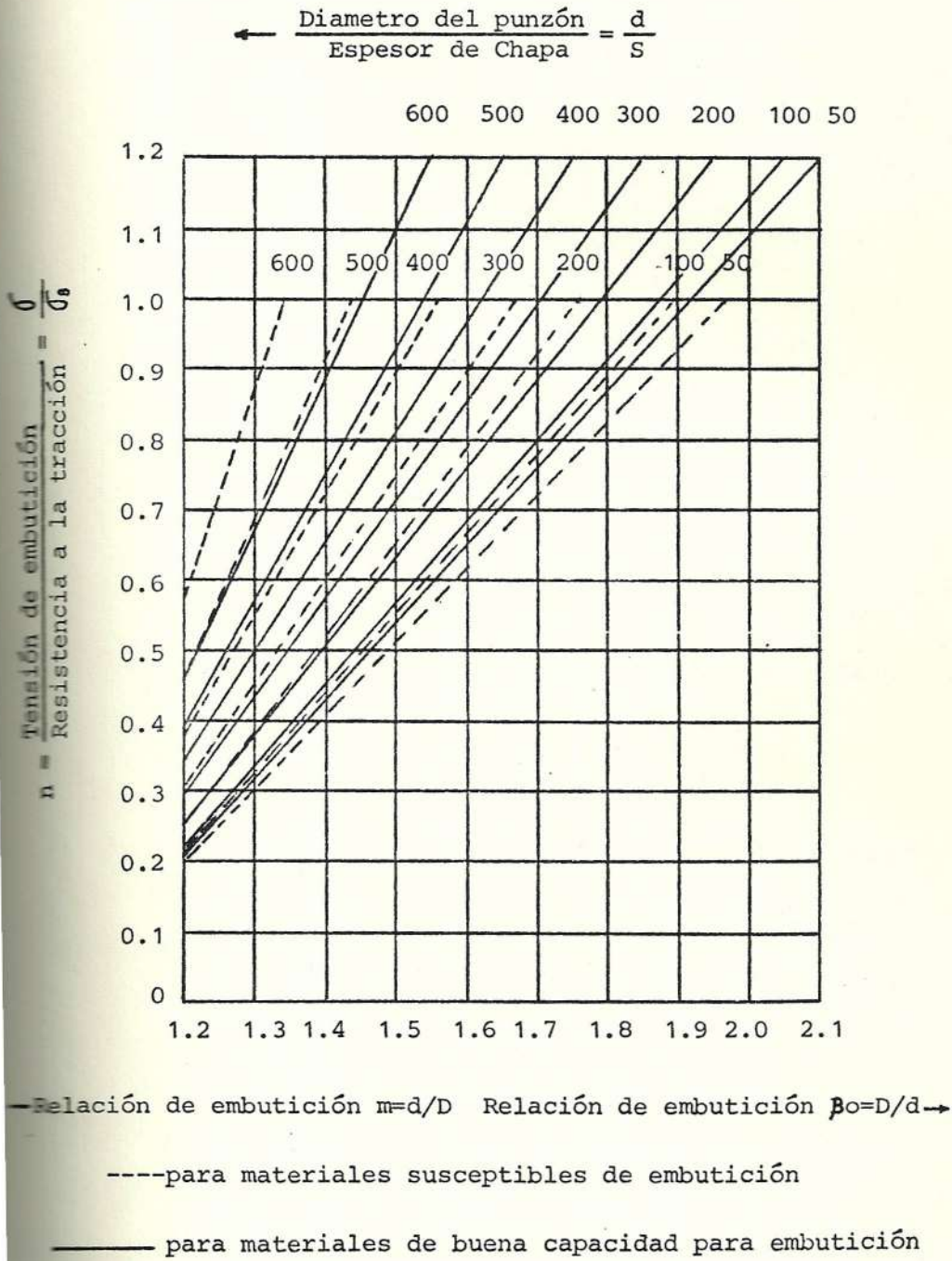


FIG:12 Diagrama para el cálculo de la fuerza para la embutición profunda de piezas cilíndricas en estirado único.

bién valores intermedios para  $n$ . Para materiales de buena capacidad de embutición, el factor  $n$  puede calcularse también con arreglo a la fórmula siguiente:

$$n = 1.2 \frac{\beta_0 - 1}{\beta_0^{\text{máx}} - 1}$$

En ella,  $\beta_0$  es la relación de embutición correspondiente en tanto que  $\beta_0^{\text{máx}}$ , es la mayor relación de embutición posible en las condiciones existentes, la cual puede tomarse de la figura N° 12.

En lugar de tomar el factor  $n$  de la figura N° 11 o determinarlo con la ayuda de la ecuación mencionada y con la relación de embutición límite con arreglo a la figura N° 12, también se puede calcular con la ayuda de la siguiente ecuación:

Factor  $n$  para un material de buena capacidad para embutición;



$$n = \frac{1.2}{1.15 - 0.001 \cdot d/s} (\beta_0 - 1)$$

Caso de que  $n$  llegue a ser mayor de 1.2, es que se ha elegido demasiado grande la relación de embutición, por lo que son de temer roturas en el fondo.

Factor  $n$  para un material susceptible de embutición.

$$n = \frac{1.0}{1.0 - 0.0011 \cdot d/s} (\beta_0 - 1)$$

Caso de que  $n$  sea mayor de 1.0 se habrá elegido demasiado grande la relación de embutición, por lo que son de temer roturas en el fondo.

Siempre que sea posible ambas ecuaciones deberán emplearse solamente con la relación de  $d/s = 25$  a  $600$ , en tanto que la ecuación:

$$n = \frac{\beta_0 - 1}{\beta_{0\max} - 1} 1.2$$

puede aplicarse con carácter universal. Esta tiene en cuenta las influencias más importantes para la fuerza de embutición, tales como por ejemplo fluctuaciones del rendimiento por diferente lubricación, etc.

La fuerza de embutición es igual a la fuerza del punzón en prensas de embutir de doble efecto. En las prensas de simple efecto, en cambio, la fuerza del punzón aumenta en proporción a la fuerza del porta chapas, toda vez que contrarresta a lo largo de toda la carrera de embutición el movimiento del punzón.

Si para la confección de una pieza embutida son necesarias varias operaciones, el diámetro máximo del punzón es entonces el factor decisivo para la determinación de la fuerza de embutición. En parte, el embutir piezas elípticas, cuadradas, rectángulares, y otras parecidas con radio angular no demasiado pequeño, también pueden calcularse las fuerzas de acuerdo con las reglas de la embutición cilíndrica -



profunda, siempre que se ponga:

$$d = 1.13\sqrt{f} \quad \text{y} \quad D = 1.13\sqrt{F}$$

Donde  $f$  y  $F$  significan la sección del punzón y la superficie del corte a medida, respectivamente.

d. Trabajo de embutición

El trabajo necesario para la embutición - en prensas de doble efecto es:

$$Ad = X.Pz.h$$

Donde  $Pz$  es la fuerza de embutición expresada en Kg.,  $h$  la altura del recipiente - en m., o bien  $Pz$  en  $T_m$  y  $h$  en mm, y  $X$  un factor de corrección dependiente del material y de la relación de embutición  $\beta_0 = D/d$ , que tiene en cuenta el verdadero desarrollo de la fuerza durante la embutición. Este factor de corrección  $X$  oscila entre 0.5 y 0.8. El valor más grande es - válido para materiales blandos, que se em

buten aprovechando su mayor relación posible de embutición  $\beta_0$ . También hay que elegir un  $X$  más grandes para piezas con brida de chapa invariable, que se estiran sólo en parte, o sea no completamente. El valor inferior de  $X$  es válido para una reducida relación de diámetros o sea poca profundidad de embutición y chapa más dura. Para la embutición de materiales corrientes se puede poner  $X = 0.65$  a  $0.75$ . Mientras que el trabajo necesario para la deformación de una pieza es independiente de la clase del tipo de máquina, la fuerza del punzón, como ya se dijo oportunamente, al embutir en las prensas de efecto simple, es mayor que en las de doble efecto. En este caso la fuerza del punzón es igual a la suma de la fuerza de embutición  $P_z$  y de la fuerza del sujetachapas  $P_B$ . De este modo, para el trabajo de embutición necesario en el recorrido de descenso en prensas de efecto simple se obtiene:

$$A_d = (X \cdot P_z + P_B) \cdot h$$

Debe tenerse presente aquí, que en el retroceso del punzón se puede recuperar en parte el trabajo P<sub>B</sub>.h.

e. Fuerza del sujetachapas y bordones de embutición:

La magnitud de la fuerza del sujetachapas es de extraordinaria importancia, no sólo con el fin de evitar la formación de pliegues, sino también debido a su influencia en el alargamiento superficial. A medida que aumenta la fuerza del sujetachapas se intensifica el efecto de frenado sobre el material situado entre la matriz de estirar y el sujetachapas, con lo que aumenta su alargamiento superficial. Por lo expuesto suele ser contraproducente ajustar una fuerza del sujetachapas muy por encima del mínimo valor límite admisible.

En la prensa de doble efecto con sujeta-chapas accionada mecánicamente, el ajuste de la fuerza de éste último se realiza de ordinario por vía puramente empírica ,



para lo cual se va estirando el recipiente cada vez a mayor profundidad por escalonamientos, con idéntico diámetro, y se desplaza el sujetachapas hacia abajo durante el tiempo necesario para que la pieza salga sin pliegue alguno de la herramienta. La fuerza del portachapas es cada vez mayor debido al creciente espesor del borde durante la embutición. En la mecanización de una chapa de dimensiones no correctas, la citada fuerza aumenta además considerablemente al aparecer tolerancias adicionales, ya que la presna ha de estar ajustada de manera que en ella puedan estirarse todavía sin formación de pliegues, chapas con tolerancias negativas. Esto tiene como consecuencia al que se trabaje por lo regular con una fuerza demasiado grande del sujetachapas. El escalonamiento establecido para las herramientas no responde siempre por lo mismo a la verdadera capacidad de embutición del material, y el número de recodos es en acciones mayor de lo estrictamente necesario.



La fuerza del sujetachapas  $P_B$  necesaria - para la embutición se calcula con arreglo a la siguiente fórmula, siendo  $D$  el diámetro del corte a medida,  $d'$  el diámetro interior de la matriz de estirado,  $r$  el radio de la arista de embutición en cm. y  $p$  la presión específica del sujetachapas en  $Kg/cm^2$ .

$$P = \frac{\pi}{4} \cdot \{ D - (d' + 2r) \}^2 \cdot p$$

Como quiera que el radio de la arista de embutición y el intersticio de embutición son corrientemente pequeños en relación - con el  $\emptyset$  del punzón, la fuerza del sujetachapas viene dada aproximadamente por:

$$P_B = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p$$

La magnitud de la presión específica del sujetachapas  $p$  varía para los diferentes materiales, y además del  $\emptyset$  del punzón y del espesor de chapa. La compresión mínima del sujetachapas, que impide

todavía justamente la formación de pliegues, puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

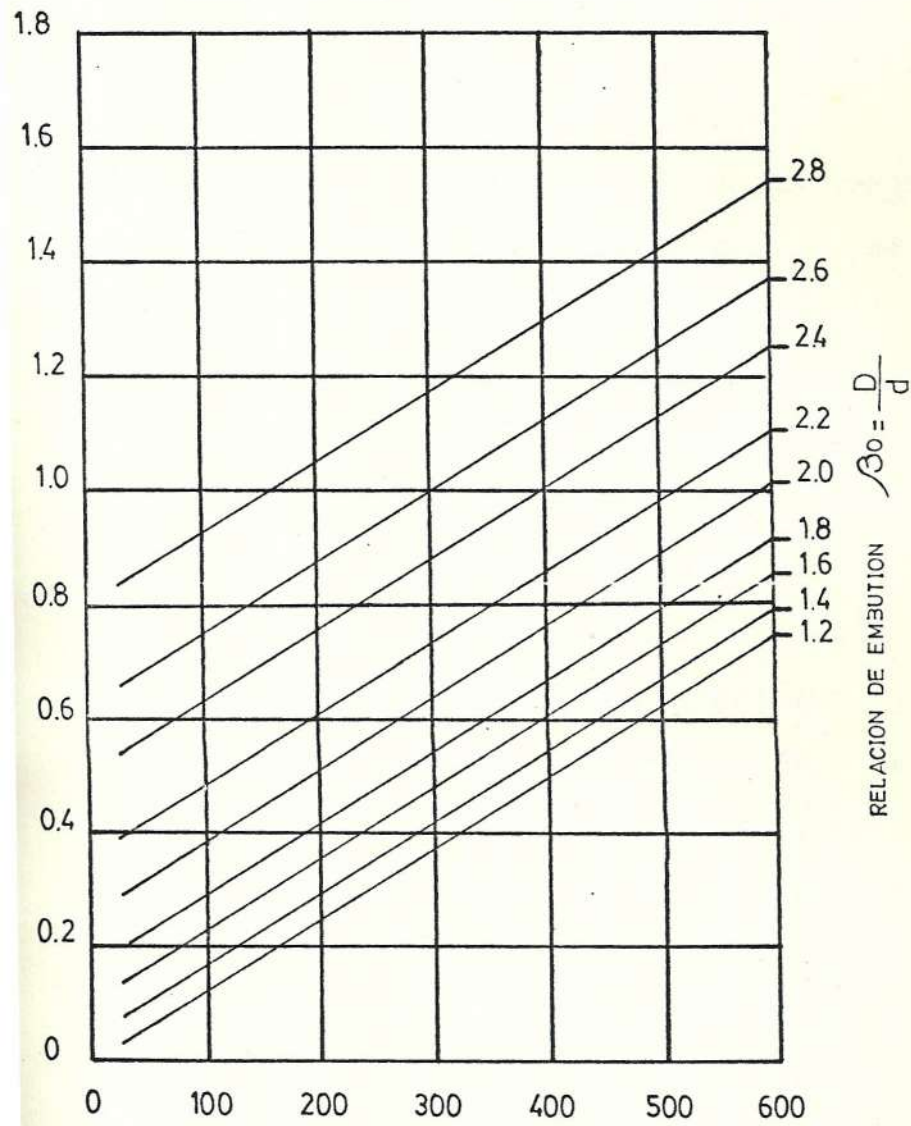
$$p \approx 0.25 \cdot \left\{ (\beta_0 - 1)^2 + \frac{0.5d}{100s} \right\} \cdot \sigma_B$$

p en Kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_B$  en Kg/mm<sup>2</sup>

En donde  $\sigma_B$  es la resistencia a la tracción del material a embutir, en Kg/mm<sup>2</sup>, p la compresión del sujetachapas en Kg/cm<sup>2</sup>,  $\beta_0$  la relación de embutición y d y s el  $\emptyset$  del punzón y el espesor de chapa, respectivamente. Esta ecuación se representa gráficamente en la figura N<sup>o</sup> 13, con lo que con la ayuda del diagrama puede averiguarse rápidamente la compresión mínima del sujetachapas.

Siempre debe tenerse presente que para calcular la fuerza del sujetachapapas se han de poner todas las dimenensiones en cm.



$$\frac{\text{diámetro del punzón}}{\text{espesor de la chapa}} = \frac{d}{s}$$

FIG: 13

COMPRESION DEL SUJETACHAPAS EN LA EMBUTICION PROFUNDA

Estas fuerzas del sujetachapas representan fuerzas mínimas. Como las irregularidades en el paralelismo entre la matriz de estirar y el sujetachapas, aumentan las necesarias compresiones de este último, es conveniente que principalmente en la transformación de chapas de metal ligero, se elijan fuerzas del sujetachapas de un 2- a un 30 % más elevadas.

Con el fin de mantener la más pequeñas posibles fuerzas de fricción en la matriz, y sujetachapas, debe procurarse que exista una presión específica baja del sujetachapas. En parte, existe la opinión de que no es conveniente asentar el sujetachapas sobre la propia chapa. Por eso se suelen colocar sobre el borde de la matriz frecuentemente trazos de chapas, o pasadores que sobresalgan sólo ligeramente hacia arriba y sobre las cuales se monta el sujetachapas durante el descenso. Las medidas sobresalientes de estos pasadores o los espesores de chapa de las capas intermedias, apenas son mayores que -



el espesor de chapa del disco a embutir .  
En el momento que empieza el proceso de embutición profunda y se acorta el diámetro exterior del disco del corte a medida, de acuerdo con el intersticio entre el sujetachapas y la platina, se forman pliegues muy planos que, sin embargo no alteran el proceso de embutición. Este proceso corresponde exactamente al - que se desarrolla cuando el sujetachapas se apoya sobre la chapa con la compresión mínima correcta. No obstante, ofrece la ventaja de que una compresión demasiádo alta del sujetachapas no es tan contraproducente como si el sujetachapas se hallase directamente apoyado sobre la chapa, puesto que la fuerza del sujeta- chapas sólo es plenamente eficaz cuando el espesor del disco del corte a medida exterior excede, como consecuencia - del aplastamiento tangencial durante el proceso de embutición del espesor de las chapas o pasadores distanciadores. Esto sucede corrientemente cuando la fuerza - de embutición ha sobrepasado su valor má

ximo y, por lo tanto, no influye esencialmente en el proceso de embutición.

En piezas muy planas, en las que es relativamente pequeña la fuerza de embutición se requiere muchas veces una fuerza muy grande del sujetachapas con el fin de que la fricción en éste y en la matriz frene la chapa, y por consiguiente, aumente tanto la tensión de embutición que la chapa se ciña, sin formar pliegues, a los contornos del punzón. Para tener suficiente con fuerzas menores de el sujetachapas, se recurre a la disposición de bordones de embutición, como los que se muestran en las figuras N<sup>o</sup> 14 y N<sup>o</sup> 15.

En la matriz expuesta en la figura N<sup>o</sup> 14, o en el sujetachapas de la figura N<sup>o</sup> 15, se montan bordones, mientras que en la parte opuesta se práctica la correspondiente escotadura. Al asentarse el sujetachapas, la chapa es presentada primero por intermedio del bordón, debiéndose mover durante el proceso de embutición a lo largo de

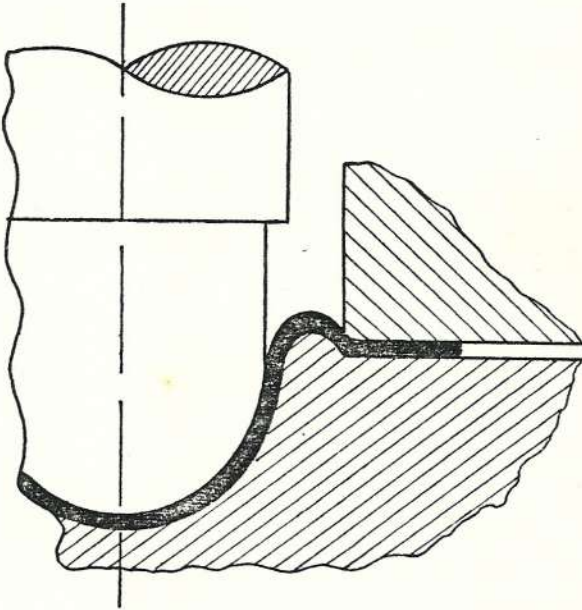


FIG: 14

BORDON DE FLUENCIA

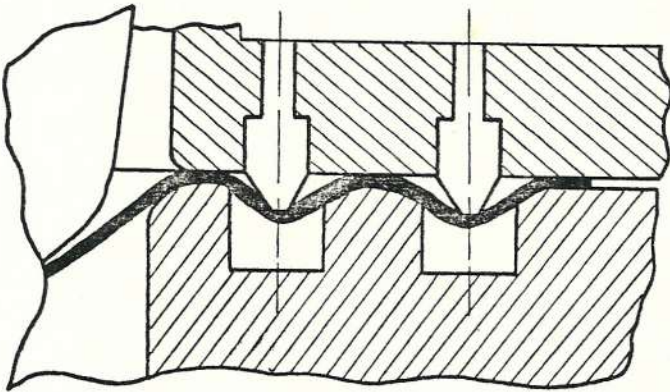


FIG: 15

BORDON DE AMORTIGUAMIENTO



este último. La fuerza necesaria para ello se suma a la fuerza de embutición, por lo que ésta tiene que ser mayor que sin bor  
dón.

La incorporación de bordones encarece, en parte, muy considerablemente la fabricación de las herramientas, por lo cual se tiende a evitarlos siempre que sea posible. En la embutición de piezas no redondas, puede - conseguirse esto muchas veces mediante com  
presiones diferentes de el sujetachapas en los lugares respectivos. Para ello se em  
plea una placa portachapas, capaz de fle  
xionar ligeramente, y se lo apoya en los lugares correspondientes mediante cilindros hidráulicos o neumáticos. A cada uno de és  
tos se suministran presiones diferentes . Otra posibilidad consiste en colocar colum  
nas de longitud regulable entre el sujeta-  
chapas y el punzón del mismo.



## C A P I T U L O   I I I

## NO DE LAS HERRAMIENTAS PARA LA EMBUTICION

DESCRIPCION DE LAS ESPECIFICACIONES DEL CILINDRO A  
FABRICAR3.1.1. Determinación de las dimensiones

Se debe tomar en consideración, las di  
mansiones correspondientes al diámetro de -  
la tapa sobre la cual hará el sello, a la  
altura del cilindro, al diseño de la cab  
eza del cilindro y en definitiva a las dimen  
siones totales del cilindro con su respec  
tiva tapa.

Una muestra de las dimensiones del cilindro  
y de la tapa a fabricarse se muestran en -  
las figuras N<sup>o</sup> 16 y N<sup>o</sup> 17, respectivamente.

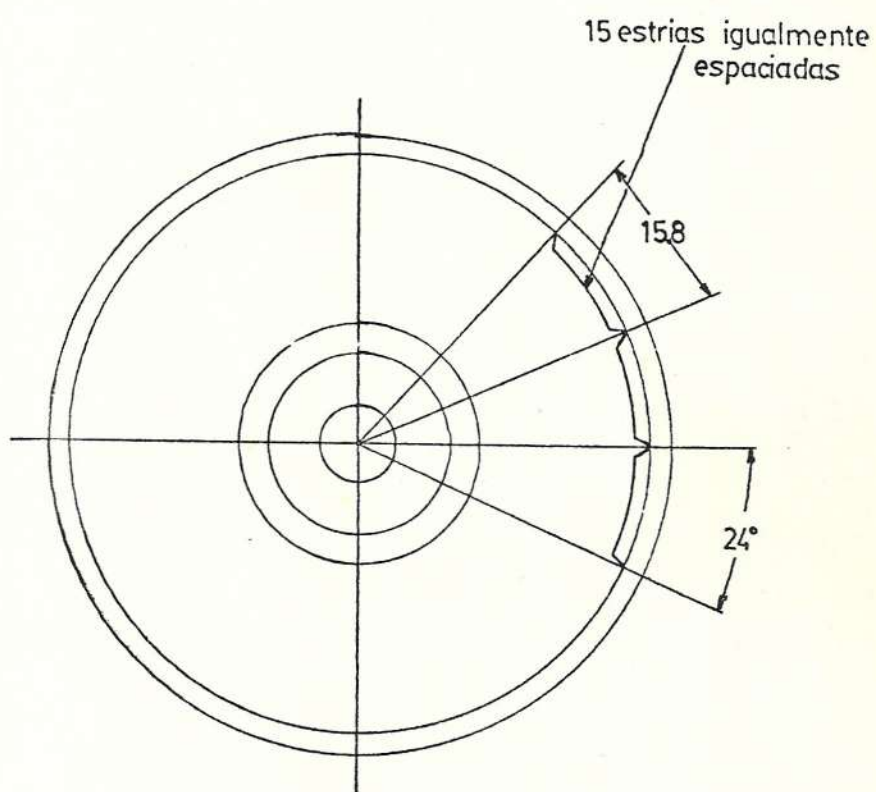


FIG N°16(a)

DIMENSIONES DEL CILINDRO A FABRICAR

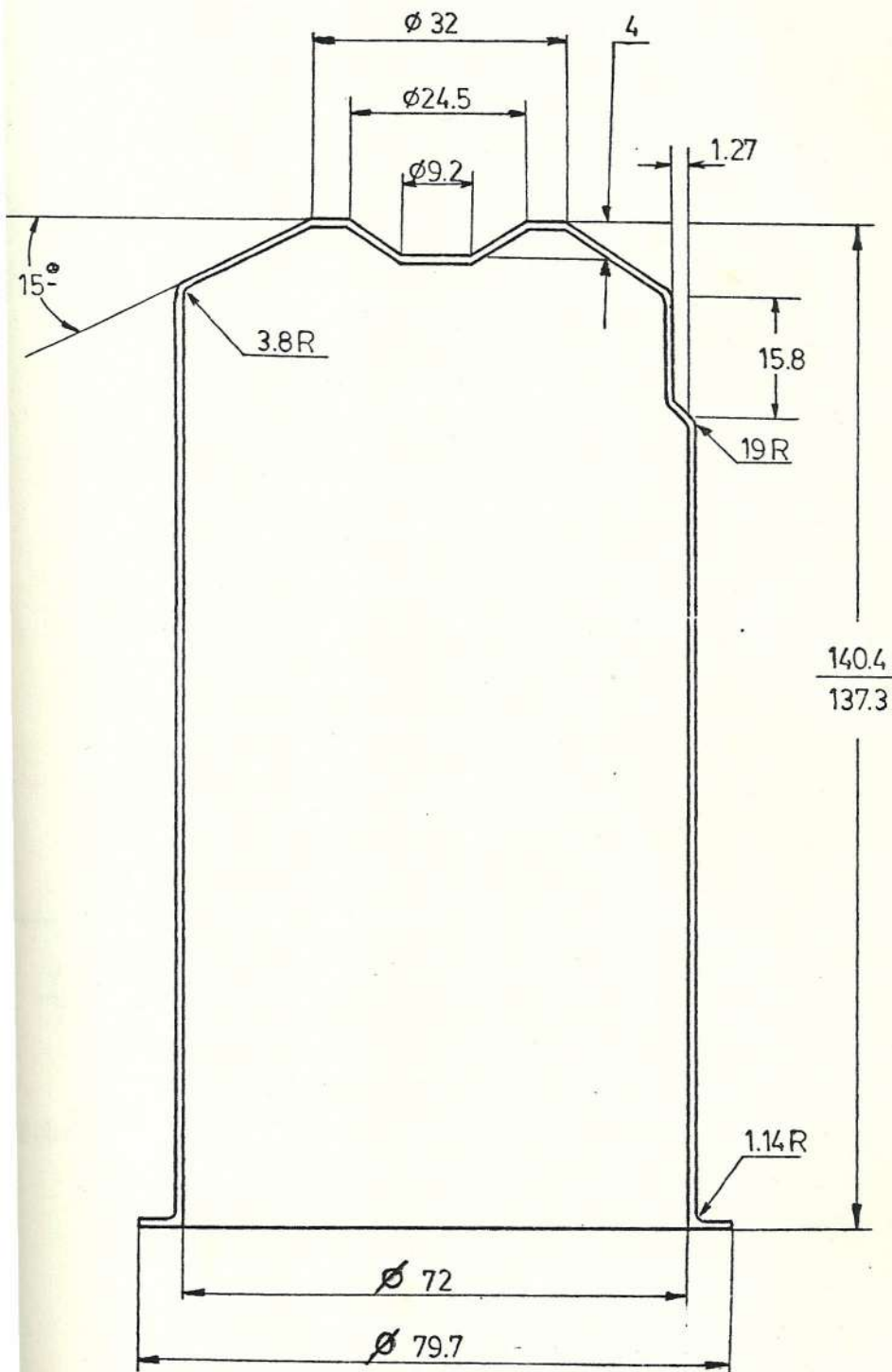
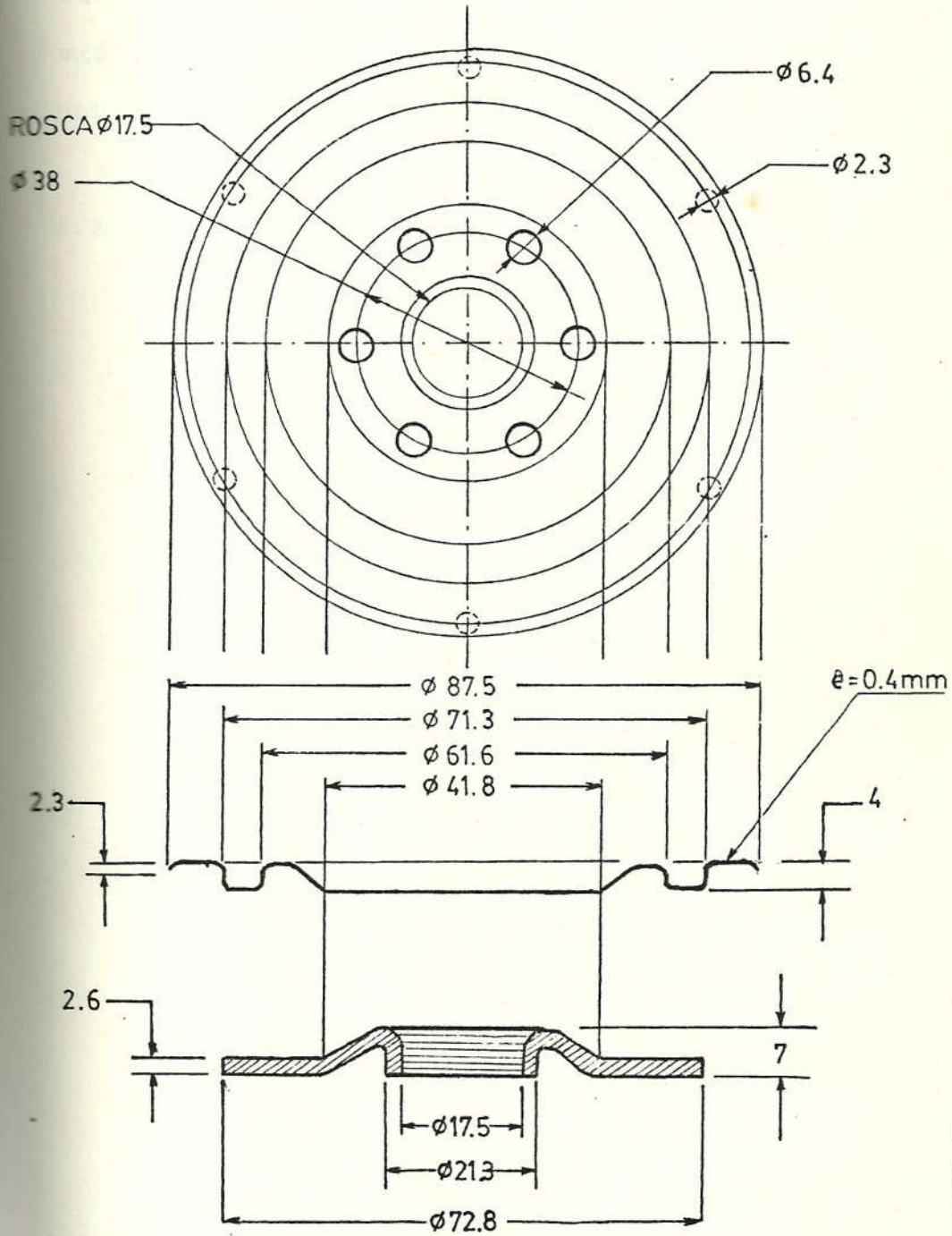


FIG: 16 (b)

DIMENSIONES DEL CILINDRO A FABRICAR

FIG N°17

DIMENSIONES DE LA TAPA A FABRICAR





## SELECCION DE LA HERRAMIENTA A DISEÑARSE

La profundidad que presenta el cilindro a fabricar, exige que las herramientas seleccionadas sean de doble efecto, es decir, provistas de un pisador.

3.2.1. Número de operaciones

La relación altura diámetro para este caso es:

$$S = \frac{h}{d} = \frac{140}{72} = 1.94$$

Demostrándose que:

$$\frac{h}{d} > 0.5$$

Concluyéndose en primera instancia, que la fabricación de este cilindro requiere más de una operación, y su valor numérico se encuentra de la relación:

$$n = \frac{S}{E} = \frac{h/d}{E}$$

El factor experimental para piezas grandes

es igual a 0.6, de donde:

$$n = \frac{1.94}{0.6} = 3.23$$

Este valor indica, que tres operaciones es lo mínimo requerido, para la fabricación de éste cilindro. El decimal (0.23) hace factible la eliminación de una cuarta herramienta, con el empleo de operaciones de más fácil ejecución como: tratamiento térmico del cilindro a reembutir, mejorar la lubricación, etc. Esto es por supuesto, si las diferencias entre los dos cilindros sucesivos, no son considerables.

CALCULOS PARA DIMENSIONAR LAS PIEZAS DE CHAPA OB  
TENIDAS EN CADA OPERACION

### 3.3.1. Operación de corte

La operación de corte lo realiza el punzón y matriz de corte, antes de iniciar la embutición. La pieza resultante es un disco plano.

Para materiales delgados, como la chapa de acero seleccionada, se cumple las dos condiciones básicas de embutido; espesor prácticamente constante, así como también la superficie del disco, con relación al cilindro terminado.

Con estos principios, se encuentra que el diámetro del disco para el cilindro final, depende en primer lugar de la relación  $d/R$  con las siguientes fórmulas:

Para  $d/R > 20$

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh}$$

15  $d/R < 20$

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh} - 0.5R$$

10  $d/R < 15$

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh} - R$$

$$d/R < 10$$

$$D = \sqrt{(d-2R)^2 + 4d(h-R) + 2R(d-0.7R)}$$

En nuestro caso:

$$\frac{d}{R} = \frac{79.7}{38} = 2.09$$

Por lo tanto:

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1 h}$$

Datos:

$$d_2 = 79.7 \text{ mm.}$$

$$d_1 = 72 \text{ mm.}$$

$$h = 140 \text{ mm.}$$

Por lo tanto el diámetro del disco será:

$$D = \sqrt{(79.7)^2 + 4(72)(140)}$$

$$D = 216 \text{ mm.}$$



Pero si nosotros necesitamos cortar un anillo al final de la operación, se necesitará en entonces mayor superficie del disco que el dado por la fórmula anterior

La corrección se hace, por adición en altura de cilindro correspondiente al anillo en cada operación.

Si se toma una altura adicional de 1.5 mm., - por operación

$$h_t = h + 3(1.5 \text{ mm})$$

$$h_t = 140 + 4.5 = 144.5 \text{ mm}$$

y finalmente el diámetro del disco será:

$$D = \sqrt{(79.7)^2 + 4(72)(144.5)}$$

$$D = 219 \text{ mm.}$$

### 3.2. Primera operación de embutido

a. Diámetro de la copa:

Para la primera operación de embutido -  
aplicaremos la siguiente relación:

$$d_1 = m_1 D$$

Donde:

$d_1$  = diámetro de copa para la primera -  
embutición.

$D$  = diámetro del disco

$m_1$  = coeficiente de reducción que corres-  
ponde a la primera operación.

Y en general:

$$d_n = m_n d_{n-1}$$

Donde:

$d_n$  = diámetro de copa para la operación

$m_n$  = coeficiente de reducción

$d_{n-1}$  = diámetro de copa de la fase anterior

Experimentalmente se han encontrado valores medios para "m" que se tabulan en la tabla N<sup>o</sup> 14.

b. Altura de la copa:

Igualando la superficie del disco con la correspondiente a la copa a obtenerse:

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} + d_1 h_1$$

De donde:

$$h_1 = \frac{D^2 - d^2}{4d_1}$$

$$D = 219 \text{ mm.}$$

$$d_1 = 123 \text{ mm.}$$

Por lo tanto:

$$h_1 = \frac{(219)^2 - (123)^2}{4(123)}$$

$$h_1 = 66.7 \text{ mm.}$$

MATERIAL	CON PISADOR		SIN PISADOR
	$M_1$	Mn	$M_2$
CHAPA DE ACERO:			
ESPEJOR INFERIOR A 2 MM.	0.56	0.77	0.90-0.93
POR ENCIMA DE 2 MM.	0.56	0.80	"
LATON, COBRE, PLATA:			
ESPEJOR INFERIOR A 2 MM.	0.50	0.75	"
POR ENCIMA DE 2 MM.	0.52	0.75	"
ZINC.	0.75	0.91	"
ALUMINIO:			
ESPEJOR INFERIOR A 2 MM.	0.55	0.80	"
POR ENCIMA DE 2 MM.	0.55	0.83	"
ACERO INOXIDABLE.	0.60	0.80	"



Para el corte del anillo en esta operación, se tomará desde el punto de vista económico; 1.7 mm., quedando la altura final.

$$h_{1f} = 66 \text{ mm.}$$

c. Perfil del fondo de la copa:

Para copas que van a ser reembutidas se acostumbra a perfilar este borde con un chaflán angular suficientemente amplio, con el fin de evitar riesgos de rotura del material.

El ángulo correspondiente se toma:

$$\delta = 30^\circ$$

Para materiales hasta un espesor

$$e = 0.762 \text{ mm.}$$

.3.3. Reembutición

a. Diámetro de la copa  $|d_2|$ :

$$d_2 = m_n d_{n-1}$$

$$d_2 = m_2 d_1$$

$$d_1 = 123 \text{ mm.}$$

$$m_2 = 0.80$$

$$d_2 = 0.77(123 \text{ mm}).$$

$$d_2 = 95 \text{ mm.}$$

b. Altura de la copa  $|h_2|$ :

También por igualdad de superficie de  
copa anterior y final:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} + d_1 h_{1f} = \frac{\pi d_2^2}{4} + d_2 h_2$$

Se llega:

$$h_2 = \frac{(123)^2 + 4(123)(66) - (9.5)^2}{4(95)}$$

$$h_2 = 101.5 \text{ mm.}$$

Cortando un anillo de 1.5 mm., se llega -  
finalmente

$$h_{2f} = 100$$

c. Perfil del fondo de la copa:

$$\delta = 30^\circ$$

d. Diámetro de la copa  $|d_3|$

$$d_3 = m_3 d_2$$

$$d_2 = 95 \text{ mm.}$$

$$m_3 = 0.77$$

$$\therefore d_3 = 0.77 (95 \text{ mm})$$

$$d_3 = 73 \text{ mm.}$$

e. Altura de la copa  $|h|$  :

Por igualdad de superficies, se tiene:

$$\frac{\pi d_2^2}{4} \cdot d_2 h_{2f} = \frac{\pi d_3^2}{4} d_3 h_3$$

Se llega:

$$h_3 = \frac{d_2^2 + 4d_2 h_{2f} - d_3^2}{4d}$$

$$d_2 = 95 \text{ mm}$$

$$h_{2f} = 100 \text{ mm}$$

$$d_3 = 73 \text{ mm}$$

De donde:

$$h_3 = \frac{(95)^2 + 4(95)(100) - (73)^2}{4(73)}$$

$$h_3 = 142.7 \text{ mm.}$$

Cortando un anillo de 1.7 mm., se llega fi  
nalmente.

$$h_{3f} = 141 \text{ mm.}$$



## RESUMEN DE LAS OPERACIONES DE EMBUTIDO

Corte del disco:  $D = 219$  mm.

Primera operación de embutido:  $d_1 = 123$  mm

$h_{1f} = 66$  mm.

Segunda operación de embutido:  $d_2 = 95$  mm.

$h_{2f} = 100$  mm.

Tercera operación de embutido:  $d_3 = 73$  mm.

$h_{3f} = 141$  mm.

DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DE CORTE DEL DESARROLLO DEL FILTRO

3.4.1. Determinación de los diámetros del punzón y

matriz de corte

(ver figura Nº 18, en la siguiente página)

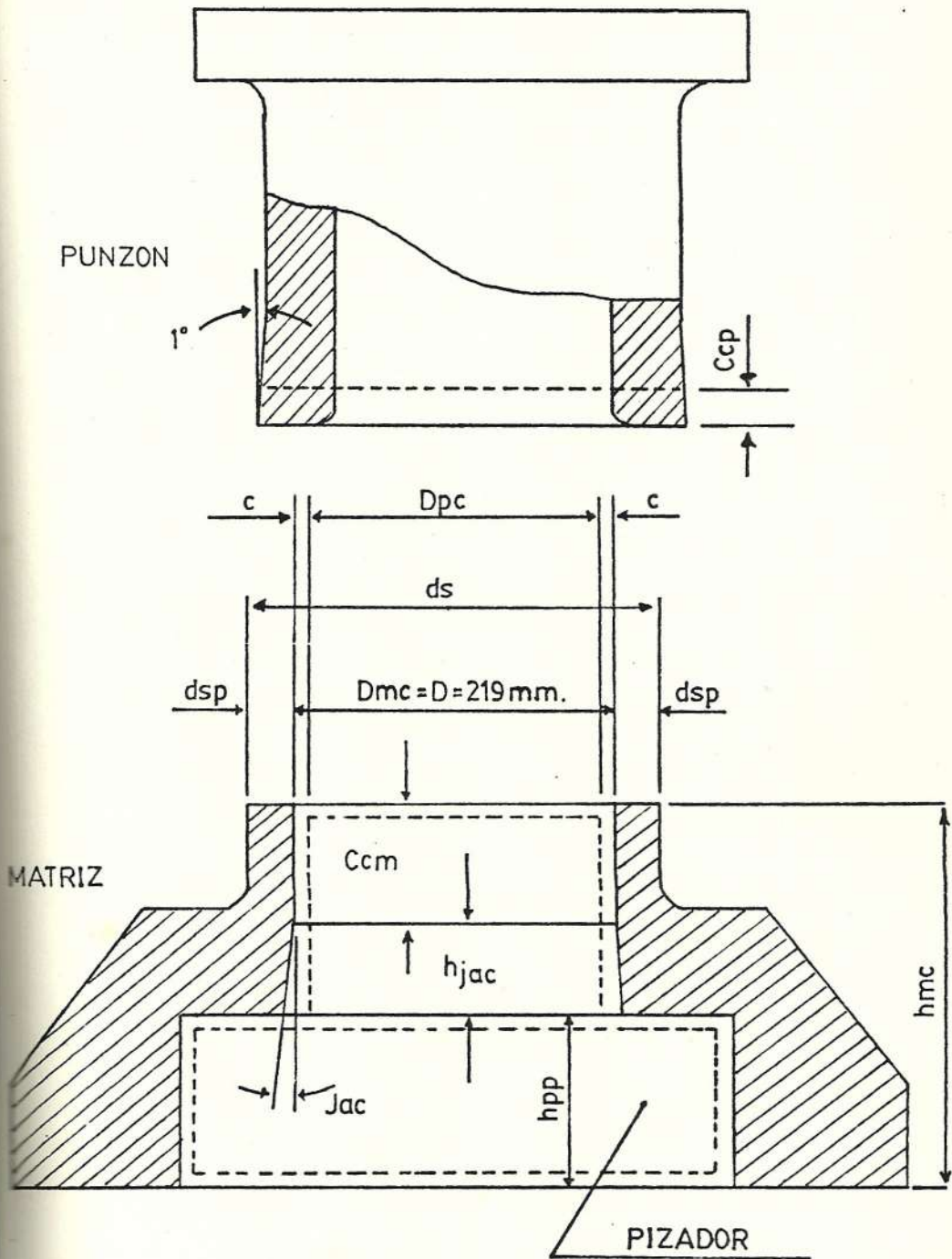


FIG N° 18

DIMENSIONES PRINCIPALES DE LOS ELEMENTOS DE CORTE

Los parámetros principales para la determi  
nación de éstos son: diámetro del disco y  
el juego de corte.

El diámetro del disco (D) fue establecido pa  
ra ésta operación:

$$D = 219 \text{ mm.}$$

El juego de corte (Jc) para materiales blan  
dos y específicamente para chapa de acero -  
de embutición profunda es igual a:

$$Jc = 2C$$

Donde:

$$C = 4.5\%$$

C = holgura relativa

e = espesor del material 0.4846 mm.

Por lo tanto:

$$Jc = 2x(0.045 \times 0.4846) = 0.0436 \text{ mm.}$$

a. Diámetro del punzón de corte  $D_{pc}$ :

Para ésta operación, la pieza final es el disco y no el agujero:

$$D_{pc} = 219 - J_c$$

Luego:

$$D_{pc} = 218.95 \text{ mm.}$$

b. Diámetro de la matriz de corte  $D_{mc}$ :

Es el mismo diámetro del disco

$$D_{mc} = 219.00 \text{ mm.}$$

2. Determinación de otras dimensiones principales de los elementos de corte

a. Cuota cilíndrica del punzón de corte  $C_{cp}$ :

Su altura limita el número de rectificado del punzón, cuando su periferia de corte presenta defectos. Generalmente se toma:



$6 \text{ mm} < C_{cp} < 8 \text{ mm}.$

Por ser la chapa de acero un material más o menos blando que producirá poco desgaste, se tomará para el diseño:

$C_{cp} = 7 \text{ mm}.$

Para referencia de esta cota, se suele - construir cónica la parte del punzón, inmediatamente sobre ésta, con una conicidad de  $1^\circ$ . (ver figura N<sup>o</sup> 18).

b. Juego angular de la matriz de corte  $|Jac|$ :

Facilita el desprendimiento de la pieza - cortada desde la matriz de corte.

Su variación:

$1/4^\circ < Jac < 3/4^\circ$

Buenos resultados ha dado.

$Jac = 3/4^\circ = 0.75^\circ$

c. Cuota cilíndrica de la matriz de corte  $|C_{cm}|$ :

Es la porción angular. Hace posible también rectificaciones de la herramienta, en ca sos de fallas del filo-cortante.

Buena práctica es una cota igual:

$$C_{cm} = 3.18 \text{ mm.}$$

Para todos los materiales con espesores me nor a 3.18 mm.

d. Diámetro exterior de la matriz de corte  $d_s$ :

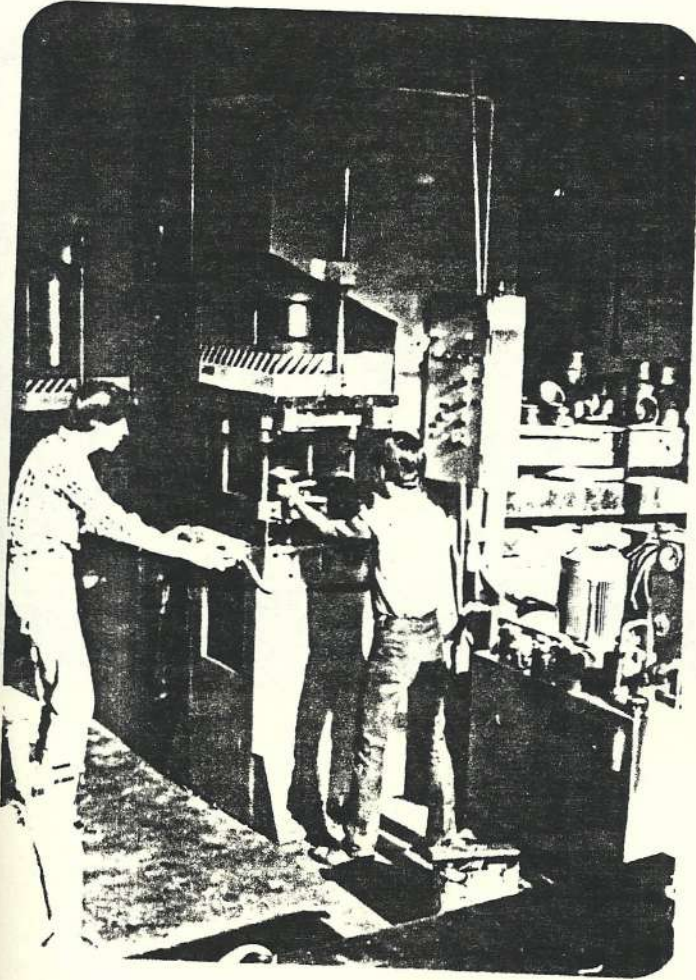
Se lo debe dimensionar de tal manera, que exista una pared suficientemente resistente alrededor del filo cortante. Así se ha tomado:

$$d_{sp} = 10 \text{ mm.}$$

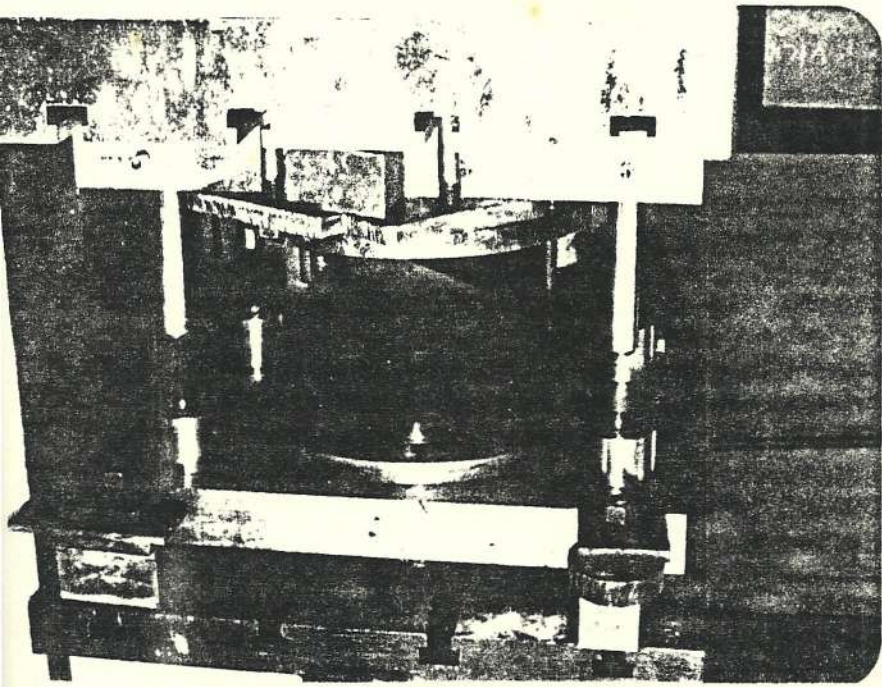
Por lo tanto:

$$d_s = 219 + 2(10) \text{ mm.}$$

## FOTOGRAFIA I



Troquel de corte montado en  
una prensa hidráulica



Troquel de corte

FOTOGRAFÍA II



$$ds = 239 \text{ mm.}$$

e. Altura total de la matriz inferior  $[hmc]$ :

Debe incluir esta dimensión principalmente a la cota cilíndrica y a la altura del juego angular. Por cuanto la siguiente operación es una embutición que requiere de pisador, se puede aprovechar para que la matriz de corte sirva de alojamiento, ya que dimensionándola convenientemente, se situará el pisador justo debajo de la chapa metálica, para que ejecute el pisado después que el disco haya sido cortado.

Entonces:

$$hmc = Ccm + hjac + hpp$$

$$Ccm = 3.18 \text{ mm.}$$

$hjac = 7 \text{ mm.}$  valor estimado de la altura del juego angular.

hpp = 25 mm. valor estimado de la al  
tura para alojar pisador.

hmc = 35.18 mm.

DE LA HERRAMIENTA PARA LA PRIMERA -  
ACION

Diseño del punzón de embutición

a. Diámetro del punzón |dpe| :

La copa envuelve a este, por lo tan  
to :

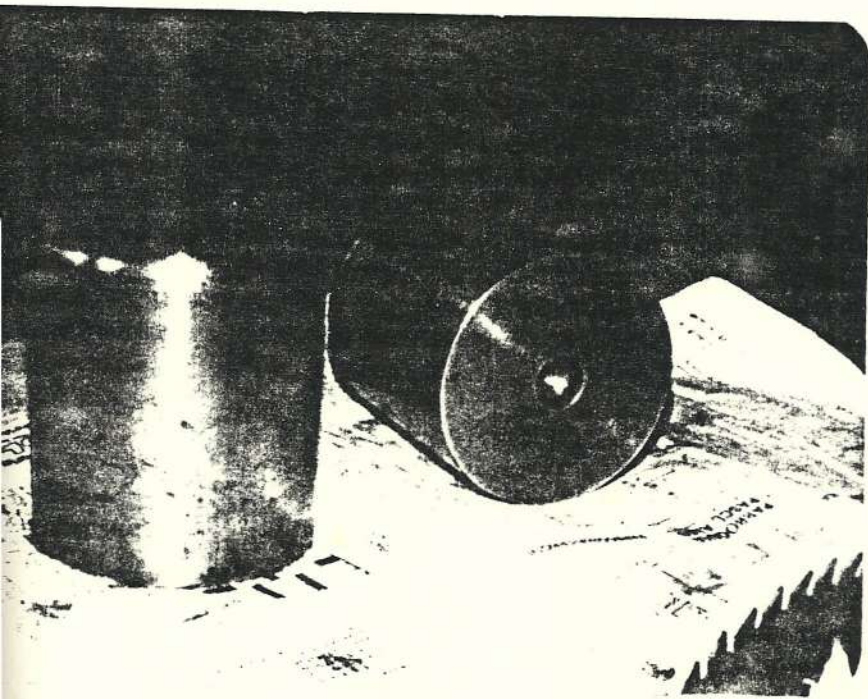
$$dpe = d1$$

$$dpe = 123 \text{ mm.}$$

b. Altura del punzón |hpe| :

$$hpe = h1f$$

$$hpe = 66 \text{ mm.}$$



Punzon (macho) de la  
primera embutición

FOTOGRAFIA III

## Diseño de la matriz de embutición

### a. Determinación del juego de embutición $|J_e|$ :

Para la chapa de acero de embutición profunda y en la misma operación, experimentalmente ha dado buenos resultados:

$$J_e = 0.3e$$

$$e = 0.4846 \text{ mm.}$$

$$J_e = 0.15 \text{ mm.}$$

### b. Diámetro de la matriz $|d_{me}|$ :

Debe permitir el paso por el agujero tanto del punzón como el material, por lo tanto:

$$d_{me} = d_{pe} + 2(J_e)$$

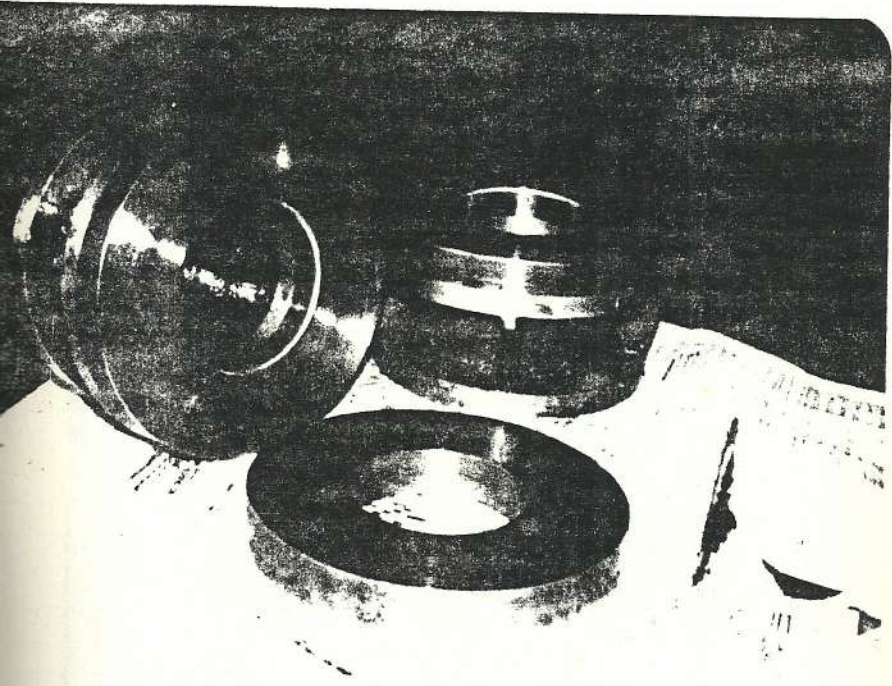
$$d_{me} = 123 \text{ mm} + 2(0.15) \text{ mm.}$$

$$d_{me} = 123.3 \text{ mm.}$$

### - Radio de la matriz de embutición $|r|$ :

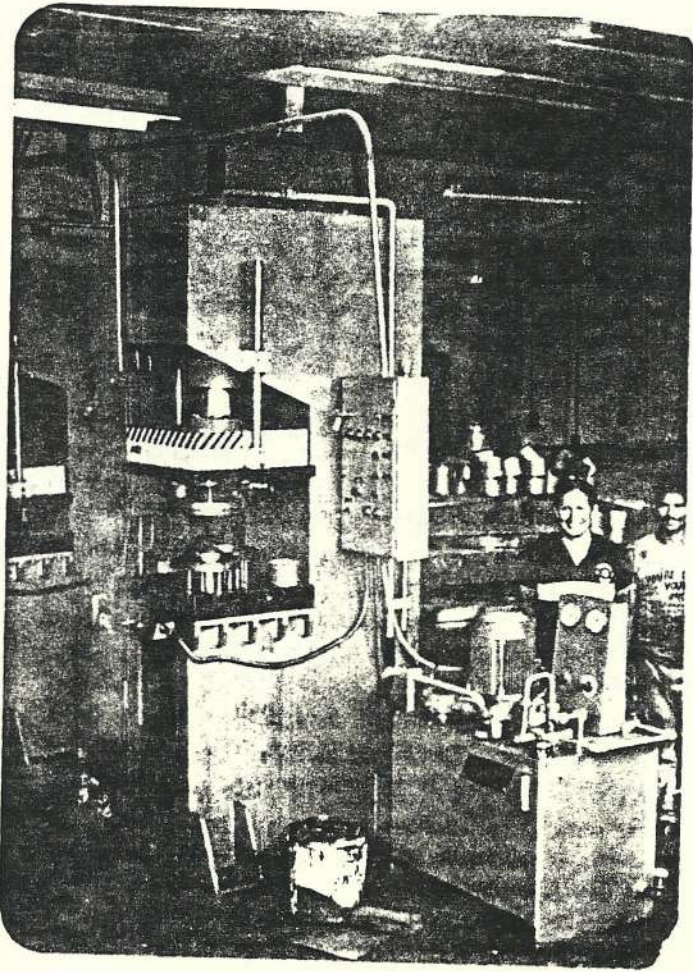
Se adopta generalmente:





Matriz (hembra) de la  
primera embutición

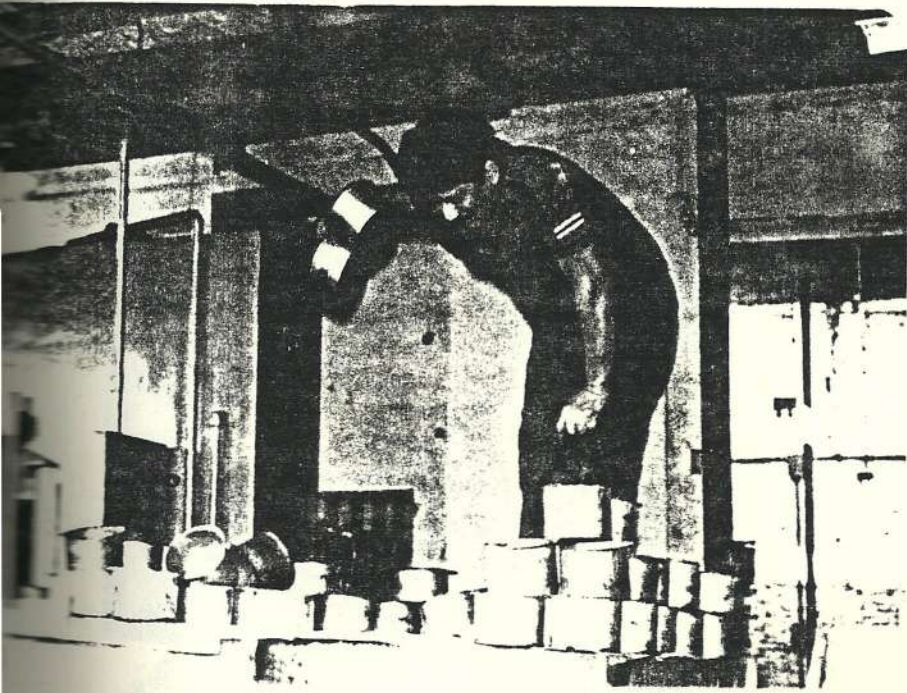
FOTOGRAFIA IV



riz de la primera embutición  
tado en una prensa hidráulica

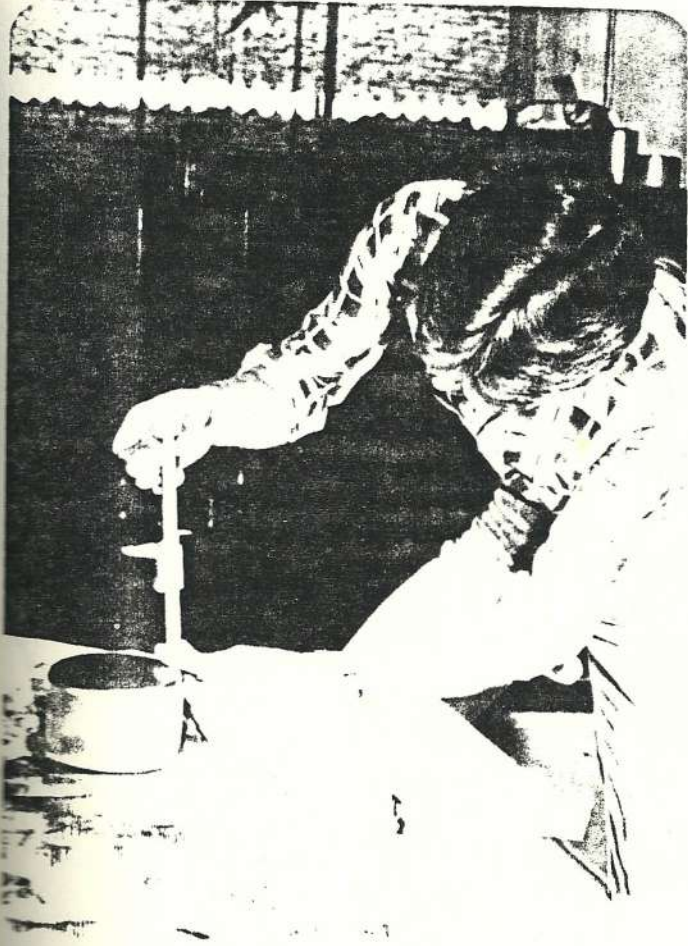
FOTOGRAFIA V





Pruebas de la primera embutición

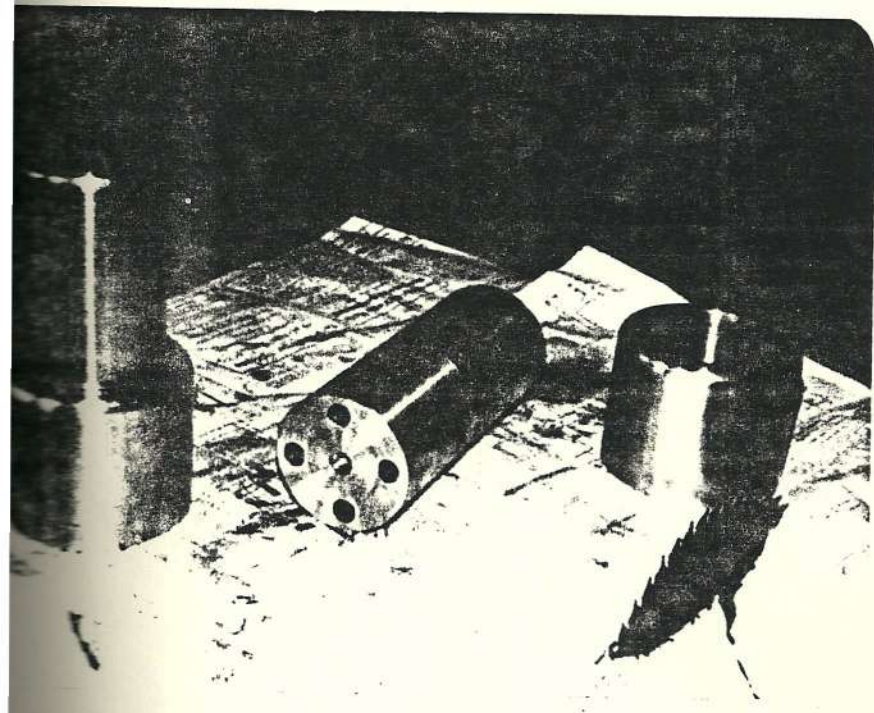
FOTOGRAFIA VI



Calibrando la altura de la  
primera embutición

FOTOGRAFIA VII





Punzon y pisador de la  
segunda embutición

FOTOGRAFIA VIII

$$6e < r < 8e$$

Para la chapa de acero es buena práctica toma:

$$r = \sqrt{0.9 (D - d_1) e}$$

$$D = 219 \text{ mm.}$$

$$d_1 = 123 \text{ mm.}$$

$$r = 0.9 \sqrt{(219 - 123) 0.4846}$$

$$r = 6.13 \text{ mm.}$$

## DISEÑO DE LA HERRAMIENTA PARA LA SEGUNDA EMBU TACION

La mayoría de los elementos que componen esta herramienta tienen analogía funcional con los similares de la primera herramienta, razón por la cual los cálculos para su diseño son también similares, resultando únicamente diferencias dimensionales.

### 6.1. Diseño del punzón de la segunda embutición

Las dimensiones interiores de la copa, dimen  
sionan básicamente este importante elemento.

a. Diámetro del punzón  $|dpr|$  :

Es igual al diámetro interior de la copa.

$$dpr = d = d_2$$

$$dpr = 95 \text{ mm.}$$

b. Radio del punzón de la segunda embutición  
 $|Rr|$  :

$$Rr = 6 \text{ mm.}$$

c. Altura del punzón  $|hpr|$  :

Es el mismo que la copa

$$hpr = h_2f$$

$$hpr = 100 \text{ mm.}$$

## 2. Diseño de la matriz de la segunda embutición

### a. Determinación del juego de embutición $|Jre|$ :

El espesor del material en la copa que va a ser reembutada, como se conoce, es prácticamente igual que el de la chapa original.

$$e = 0.4846 \text{ mm.}$$

Después de ésta segunda operación, debe también cumplirse dicha condición. Para lo cual se toma un juego:

$$Jre = 0.3 e$$

$$Jre = 0.3 (0.4846) \text{ mm.}$$

$$Jre = 0.15 \text{ mm.}$$

### b. Determinación del diámetro interior de la matriz $|d_{mr}|$ :

Se relaciona con el correspondiente del punzón de reembutado por el juego que debe de existir entre ellos, o sea:



$$dmr = dpr + 2(Jre)$$

$$dpr = 95 \text{ mm.}$$

$$Jre = 0.15 \text{ mm.}$$

De donde:

$$dmr = 95 \text{ mm} + 2(0.15)$$

$$dmr = 95.3 \text{ mm.}$$

c. Diámetro exterior de la matriz  $|demr|$ :

No tiene efecto sobre la operación pero se debe cumplir:

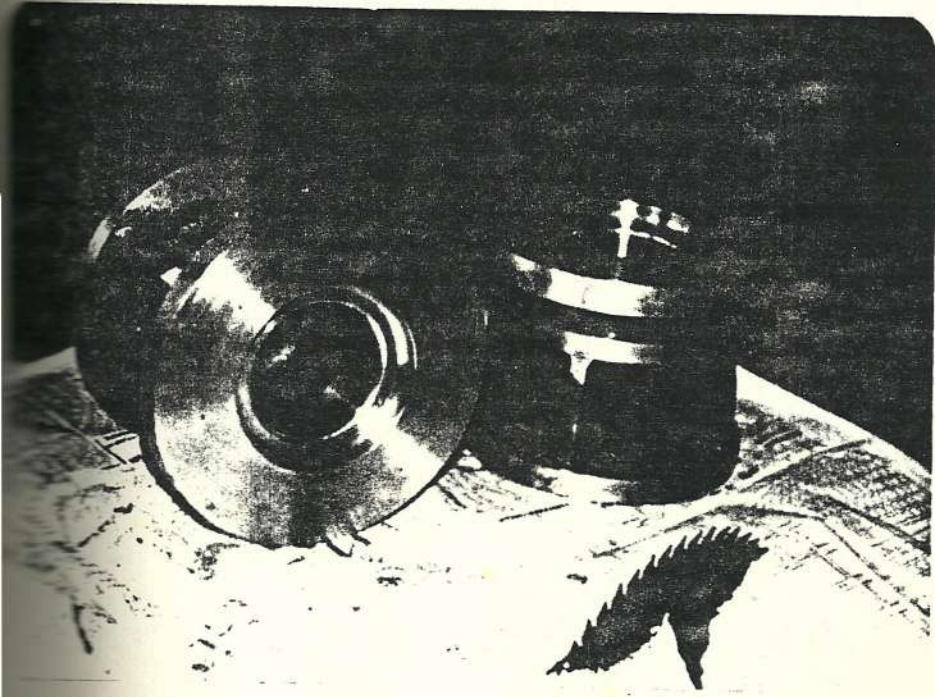
$$demr > d_1$$

Para obtener entonces:

$$demr = d_1 + 20 \text{ mm.}$$

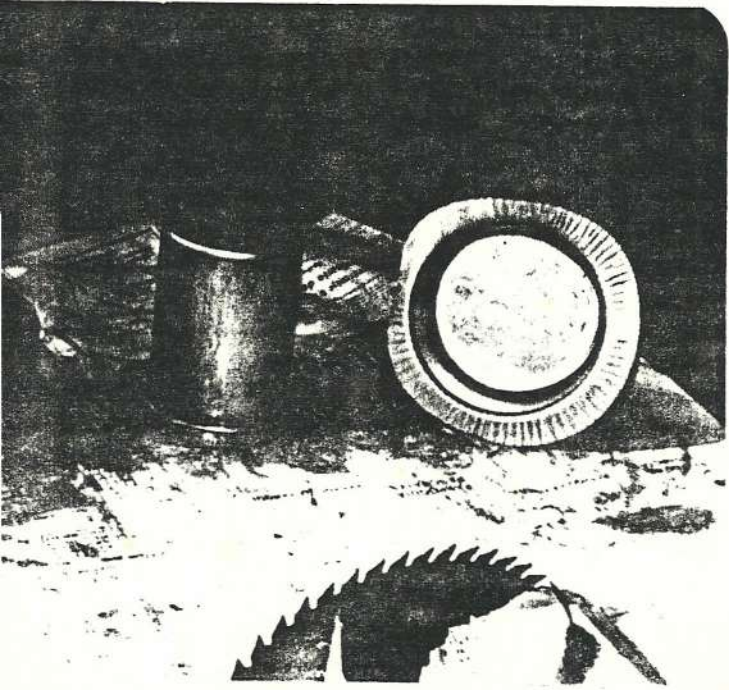
$$demr = 143 \text{ mm.}$$

DE LA HERRAMIENTA PARA LA TERCERA EMBUTI-



atriz de la segunda embutición

FOTOGRAFIA IX



la primera y segunda  
embuticion

FOTOGRAFIA X

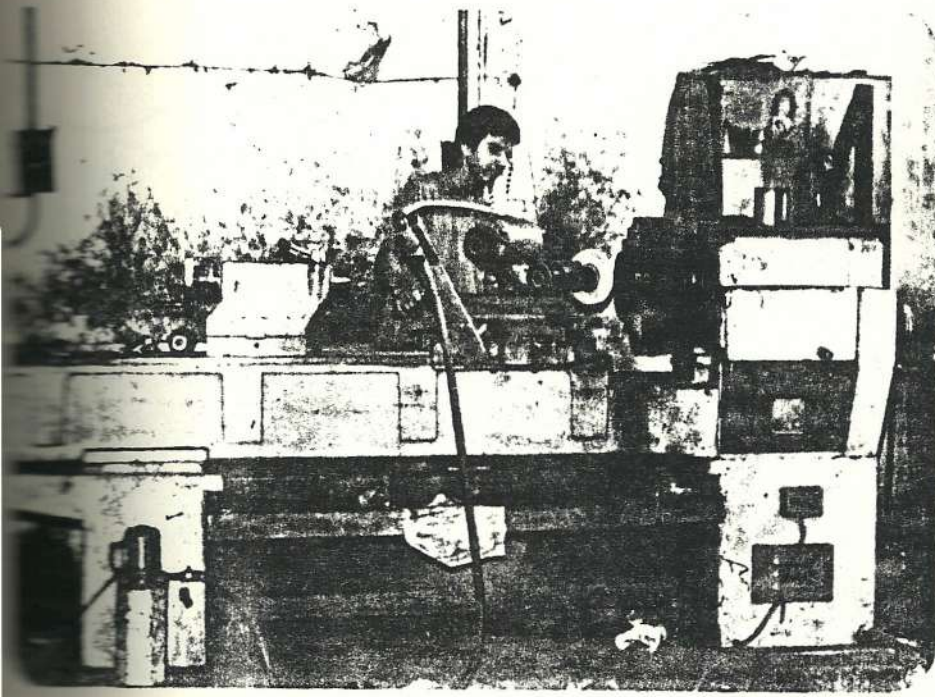




Pruebas de la segunda embuticion

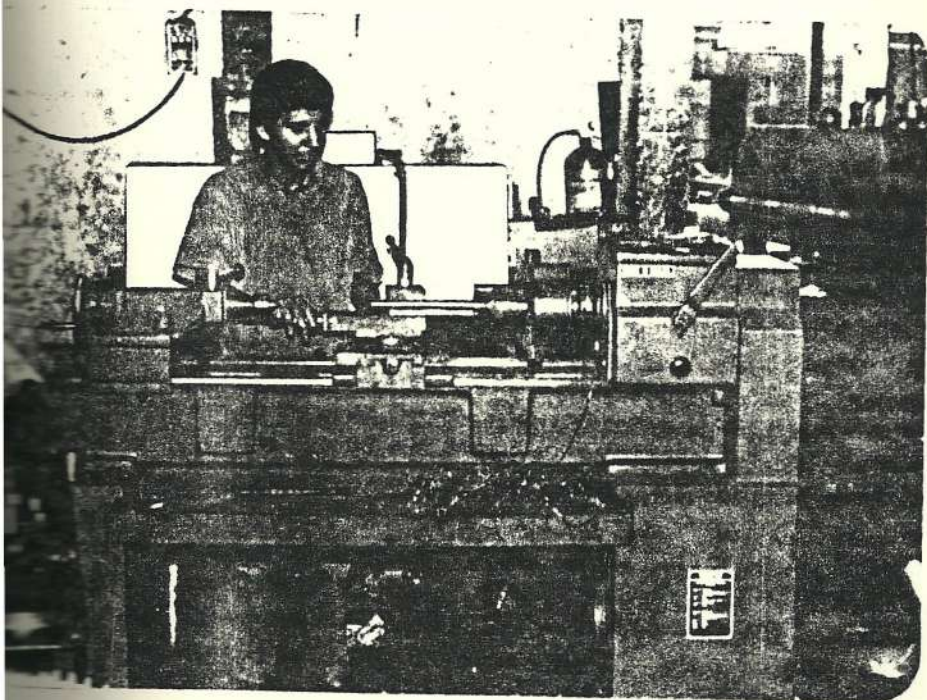
FOTOGRAFIA XI





Rectificando una matriz de la  
segunda embutición

FOTOGRAFIA XII



ando el pisador de la  
segunda embutición

FOTOGRAFIA XIII

Como en el caso anterior los cálculos son similares resultando únicamente diferencias dimensionales.

### 3.7.1. Diseño del punzón de la tercera embutición:

Las dimensiones interiores de la copa, dimensionan básicamente este importante elemento.

a. Diámetro del punzón |dpr|:

Es igual al diámetro interior de la copa.

$$dpr = d = d_3$$

$$dpr = 73 \text{ mm.}$$

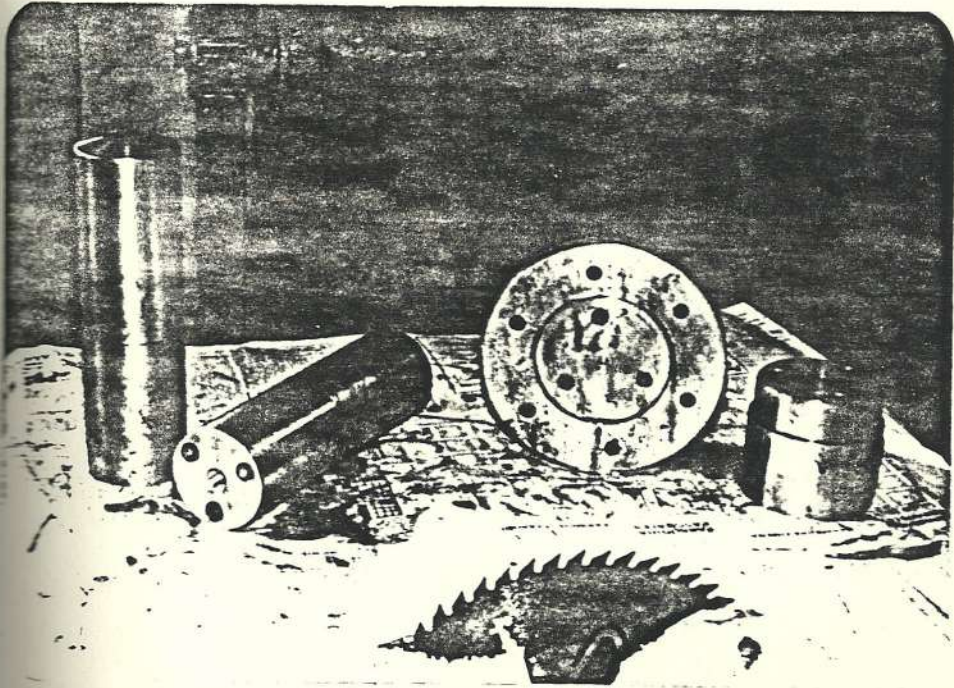
b. Radio del punzón de la tercera embu-  
tición Rr :

$$Rr = 4.8 \text{ mm.}$$

c. Altura del punzón hpr :

Es el mismo que la copa





Punzon(macho) de la tercera  
embuticion

FOTOGRAFIA XIV



$$h_{pr} = h_{3f}$$

$$h_{pr} = 141 \text{ mm.}$$

## 7.2. Diseño de la matriz de la tercera embutición

a. Determinación del juego de embutición  $|Jr'e|$ :

$$Jr'e = 0.3 e$$

$$Jr'e = 0.3 (0.4846) \text{ mm.}$$

$$Jr'e = 0.15 \text{ mm.}$$

b. Determinación del diámetro interior de la matriz  $|dm'r|$ :

$$dm'r = dp'r + 2(Jr'e)$$

$$dp'r = 73 \text{ mm} + dm'r = 73.3 \text{ mm.}$$

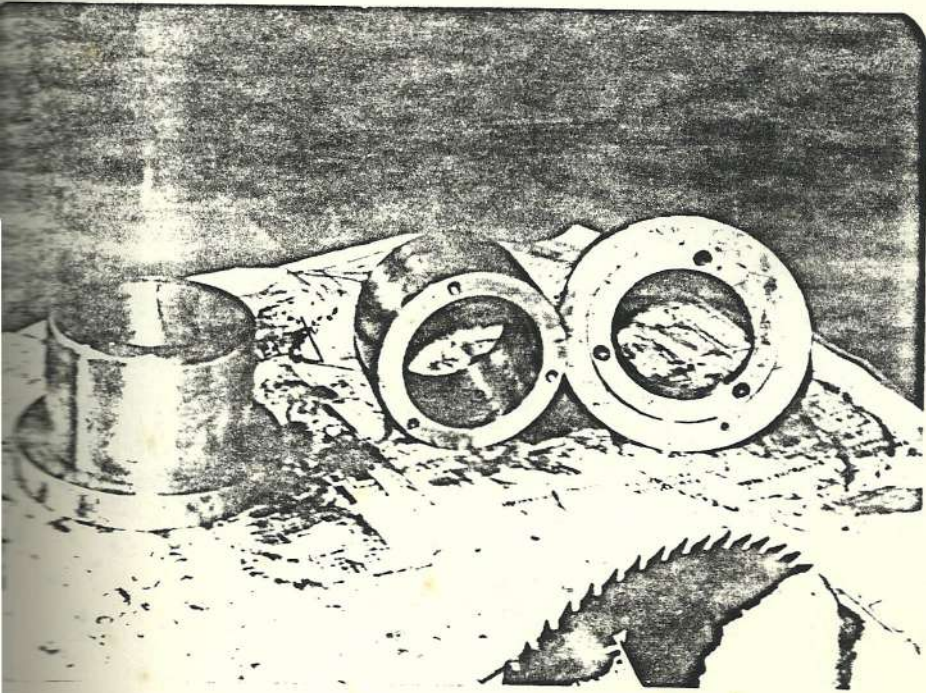
$$Jr'e = 0.15 \text{ mm.}$$

De donde:

$$dm'r = 73 \text{ mm} + 2(0.15) \text{ mm} + dm'r = 73.3 \text{ mm.}$$

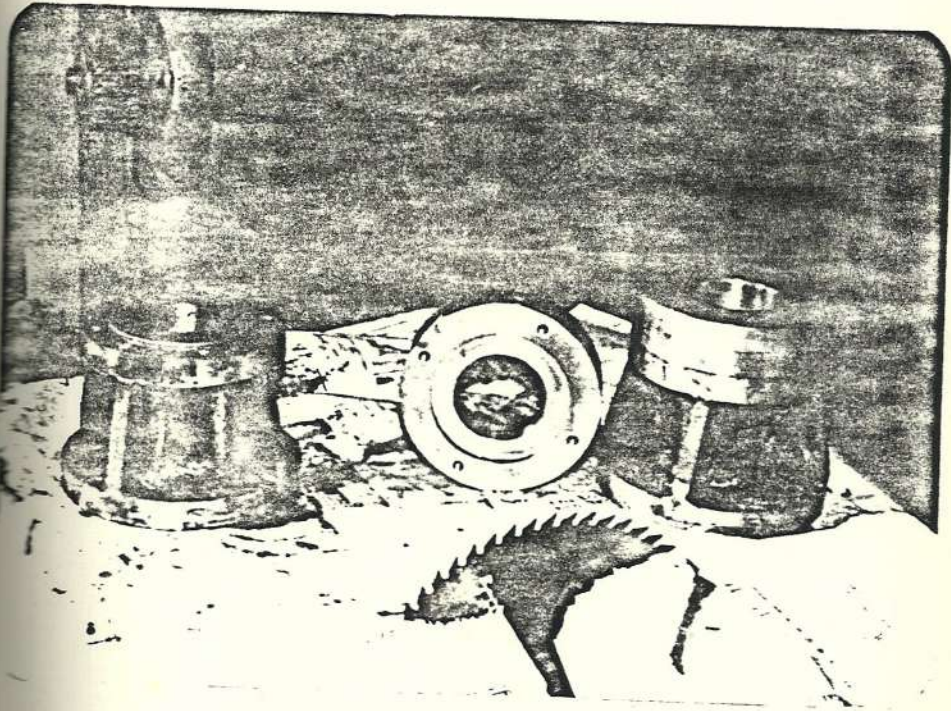
c. Diámetro exterior de la matriz  $|dem'r|$ :

$$dem'r > d_2$$



Pisador de la tercera embuticion

FOTOGRAFIA XV



Matriz(hembra) de la tercera  
embuticion

FOTOGRAFIA XVI



## DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DEL ESTAMPADO DE LA CABEZA DEL FILTRO

En esta herramienta lo que vamos a hacer es darle -  
forma a la cabeza del filtro, tal como lo muestra -  
el plano N° JADC VII.

### 3.8.1. Determinación de las alturas totales de las matrices

#### a. Matriz superior:

Interviene tanto la brida del portamatriz,  
como la matriz de estampado. Si el expulsor  
se fija a una altura equivalente de la ter-  
cera embutición.

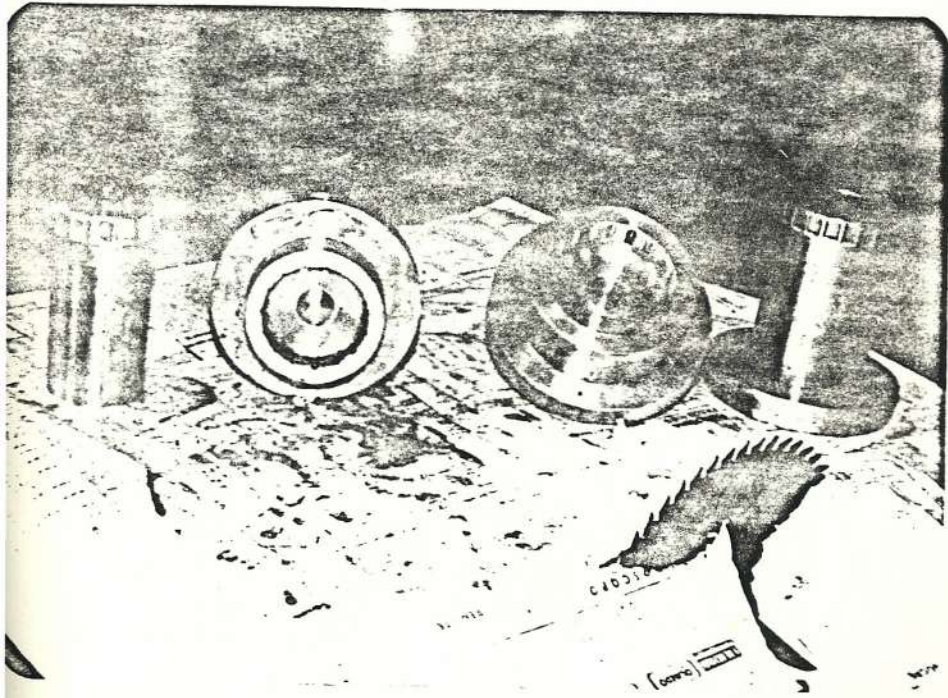
#### b. Matriz inferior:

La altura total especificada es  $\approx 370$  mm. De-  
duciéndose entonces que la altura de la ma-  
tríz es  $\approx 145$  mm.

### 3.8.2. Diseño del punzón de estampado

Las dimensiones interiores del filtro, di-  
mensionan básicamente este importante. ele





Matriz de estampado de la cabeza  
del filtro

FOTOGRAFIA XVII



Calibrando las estrias de  
la cabeza del filtro

FOTOGRAFIA XVIII





Pruebas y matriz del estampado  
de la cabeza del filtro

FOTOGRAFIA XIX

de

n,

-

en-

de

de

r -

ica

da

ue

la

mento.

Este elemento consta de dos partes fundamentalmente, la una es propiamente la forma de la cabeza del filtro y la otra es un postizo para darle la altura del filtro.

#### DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DEL CORTE DE REBABA E CUADRADO DEL FILTRO

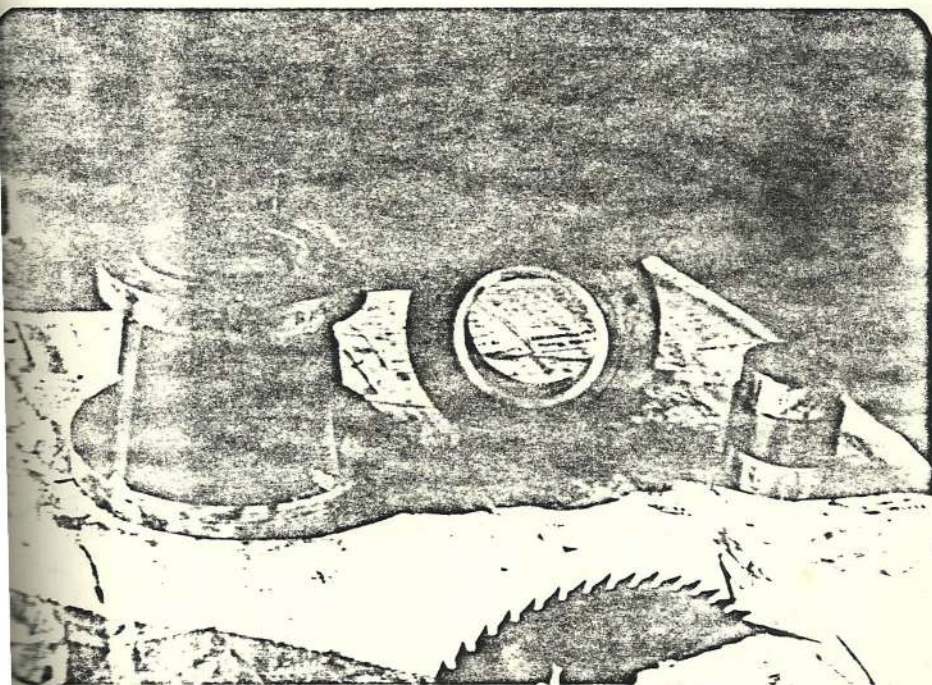
En esta herramienta de corte lo que vamos a hacer es cortar la rebaba que queda en el filtro en la parte inferior, una vez que han terminado todas las operaciones de embutido.

Esta herramienta consta fundamentalmente de una matriz y un punzón de corte, con un anillo que sirve para cuadrar el borde del filtro que va a servir para el sellado de la tapa del mismo.

#### DISEÑO DE LA TAPA DEL FILTRO

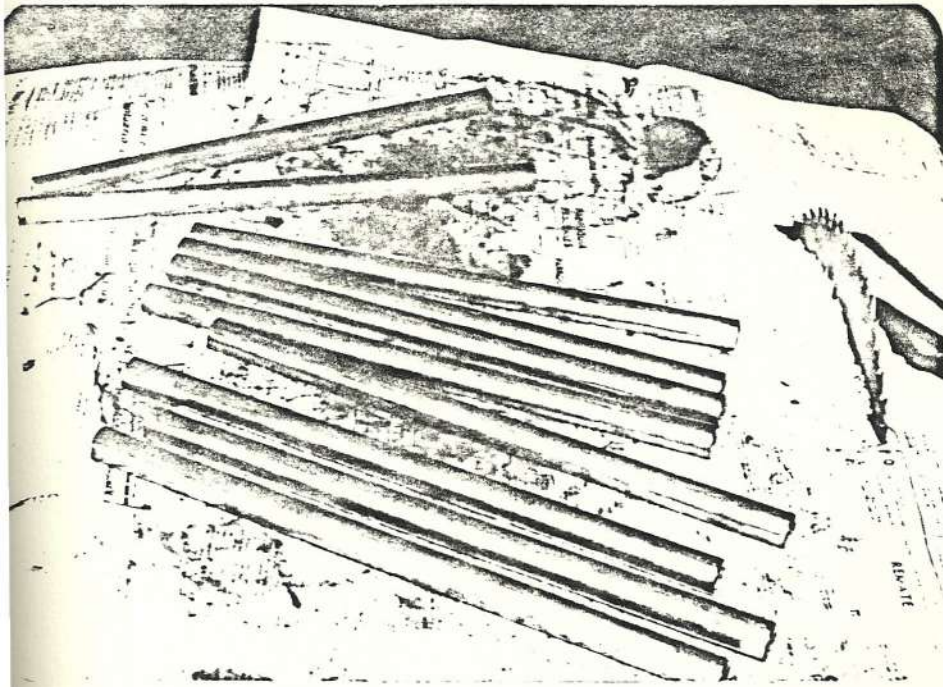
Este diseño constan esencialmente las siguientes herramientas:





Troquel de corte cuadrado del  
filtro

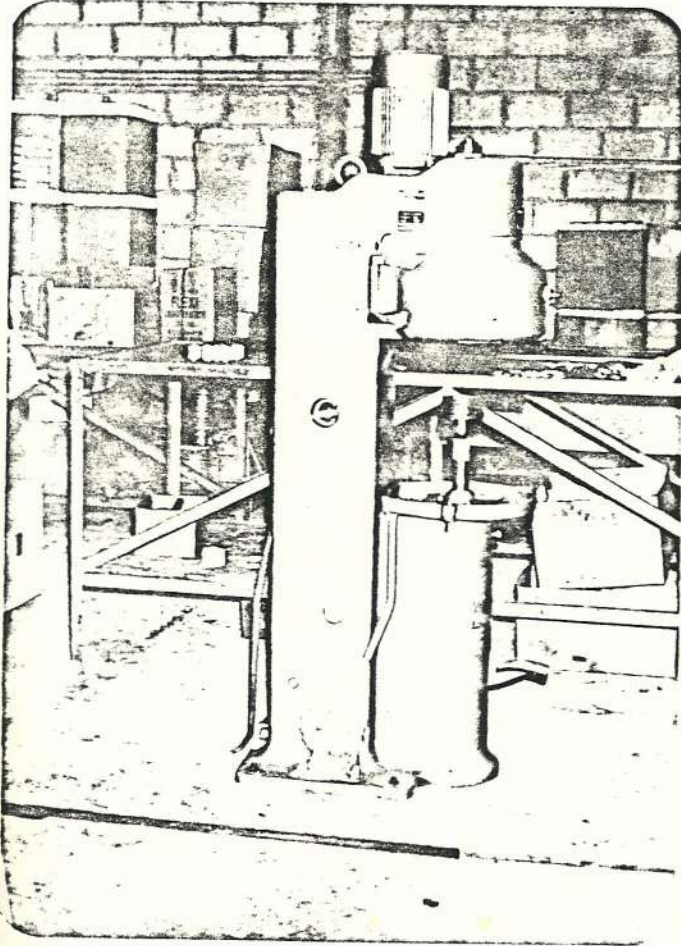
FOTOGRAFIA XX



Velas(guias) de todas las matrices

FOTOGRAFIA XXI





Rebordeadora del sellado del  
filtro

FOTOGRAFIA XXII

- Matriz para el corte del disco de la tapa (JADC-XII).
- Matriz para el estampado de la tapa (JADC-VIII).
- Matriz de corte y punzonado de la sobretapa (AJDC-X).
- Matriz de estampado de la sobretapa (JADC-XI).

DISEÑO DEL SUJETADOR DEL FILTRO PROPIAMENTE DI  
CHO

En este diseño constan esencialmente las siguientes herramientas:

- Matriz de corte del disco del sujetador del filtro (JADC-XIV).
- Matriz de estampado del sujetador del filtro (JADC-VI).
- Matriz de estampado del sujetador del filtro (JADC-IX).



## DETALLE DE LA CONSTRUCCION DE LAS MATRICES

Una vez determinadas las dimensiones principales de los diferentes elementos que constituyen la herramienta, es necesario especificar ciertas formas y acabados finales, que permitirán ejecutar la operación con la mayor eficiencia posible, y además facilitar el ensamble y montaje del conjunto sobre la prensa.

Así, por ejemplo, es de importancia, maquinar en cada elemento una guía para el centrado relativo de las partes á más de los pernos de fijación. Para el caso de partes cilíndricas se acostumbra a usar la unión MACHO - HEMBRA con muy buenos resultados.

Hay que cuidar también, que las superficies de asentamientos sean perfectamente paralelas a más de un correcto acabado superficial. Este aspecto en combinación con las guías de centrado hacen que la herramienta una vez ensamblada conserven un perfecto eje de simetría.

Los pernos de fijación entre partes serán en núme-

ro adecuado para evitar así el debilitamiento de piezas por taladros indebidos.

Aquellas cantos y superficies que tienen contacto directo con la chapa metálica, deben ser construídas lo más exactas posibles tanto en dimensiones como en acabados superficiales. Un chequeo continuo con patrones o gages, tal como el caso para los radios de embutición, filos cortantes, etc., es una práctica muy útil.

Los diferentes ajustes de piezas con movimiento relativo de deslizamiento serán ejecutadas al pie de la letra según las especificaciones dadas, ayudando a evitar desgaste de piezas con el uso de un lubricante liviano.

Tiene capital importancia también el centrado relativo de matriz superior e inferior aconsejándose hacer primero varias pruebas y comprobaciones de una manera manual para posteriormente lanzar las partidas a fabricar.

El mantenimiento y reparación de las diferentes elementos de la herramienta es un factor también im

portante en la fabricación.

#### MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE LAS MATRICES

Los materiales usados en la construcción de matrices, son aceros con diferentes grados de dureza , dependiendo del trabajo a ejecutar. El HIERRO FUNDIDO debido a su capacidad para amortiguar vibraciones, también se utiliza en especial para los elementos grandes como portaherramientas.

Los aceros deberán ser:

1. Indeformables incluso al ser templados
2. Con dureza entre 57 a 64 RC.
3. Resistencia al desgaste y a los golpes repetidos.
4. Fáciles de maquinar.
5. Con buena templabilidad hasta los 1100°C.

La mayoría de estas cualidades se las encuentra en los aceros aleados, razón por la cual son ampliamente usados en matricería. Los elementos de aleación más comunes son Mn, Si, Ni, Cr, W, Mo, V y P; cada uno de los cuales se agrupan en diferentes porcentajes según se ve en la tabla N° 13 con sus designaciones standarizadas.



TABLA # 13

COMPOSICION Y TRATAMIENTOS TERMICOS DE LOS ACEROS PARA MATRICERIA

DESIGNACION	COMPOSICION						
	C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V
ACERO FUNDIDO	0.95	0.95	0.15				
EXTRA FINO	a	a	a				
	1.06	0.3	0.35				
ACERO STUBB	1.0			0.3	1.0		
6 W	a			a	a		
	1.2			1.0	1.8		
ACERO SIN	0.9	0.15	1.0	0.4	0.45		0
CONTRACCIONES	a	a	a	a	a		a
	1.0	0.3	1.5	1.2	1.5		0.2
ACERO	1.8	0.3	0.3	11	0	0	0
INDEFORMABLE	a	a	a	a	a	a	a
	2.25	0.4	0.4	14	1.5	0.9	0.5
ACERO PARA TRA	0.25	0.3	0.3	2	8	0	0.2
BAJAR EN CALIEN	a		a	a	a	a	a
	0.35		0.4	4	10.5	1.0	0.5
				Ni 0			
				a			
				2			
ACERO RAPIDO	0.75			4	18	0	1.0
	a			a	a	a	a
	0.85			5	19	1.0	2
ACERO AL CARBONO	0.4	0.2	0.8				
(CALIDAD FINA)	a						
	0.5						
ACERO DE	0.11	<0.4	0.5	0.6		2.5	
MENTACION	a		a	a		a	
	0.18		0.9	0.9		3	
ACERO NO	0.35	<0.5	<0.5	14	0	0	0
ENCHABLE	a			a	a	a	a
	0.8			17	1.0	2.5	1.0
ACION DULCE	3.5	2.6	0.5	S= 0.08 a 0.13			
ROZAMIENTO	a	a	a				
	3.8	2.4	0.7	P= 0.2 a 0.8			
ACION ALTA	2.9	2.1	0.5	S= 0.06 a 0.12			
RESISTENCIA	a	a	a				
	3.1	1.7	0.7	P= 0.1 a 0.2			



FUNDICION AL		2.9	2.2	0.8	S	0.1
Ni-Mo		a	a	a		
		3.1	2.6	1.2	P	0.12
CARACTERISTICAS ESTADO RECOCIDO				TRATAMIENTO STANDARD		
g/mm	RECOCIDO		TEMPLE	FLUIDO	REVENIDO	
R	BRINELL	T °C	T °C		T °C	Rc
67	195	750	780/820	AGUA	180/200 220/250	62-60 58-57
72	210	760	780/800	ACEITE AGUA	200/220 220/240	63-61 61-60
76	220	790	780/820	ACEITE	100/150 175/225 220/260	62 61/60 60/58
84	280	800 850	940/970	ACEITE O AIRE INSUFLADO	250/260 300 425	61/62 60 55/57
88	250	860	1050/1175	ACEITE	650 610	45 45
90	265	850	1150/1300	ACEITE O AIRE	580 625	66 33
95	160	850	830	AGUA	200	26
100	220	680 a 700	DESPUES DE LA CEMENTACION 850	ACEITE	200	55
102	200	875	1.000	ACEITE	500	46
105	160 a 200					
108	228 a 260					
110	280 a 320					

## TRATAMIENTO TERMICO DE LAS MATRICES

Los tratamientos térmicos a estos aceros se hace necesario en vista de estar solicitado a grandes esfuerzos y desajustes por razonamiento, durante las operaciones de conformado.

Los tratamientos térmicos más comunes son:

## a. Temple:

Utilizado únicamente para aquellos aceros que con un contenido de carbono superior al 0.3 % , para conferirles un aumento de dureza.

Consiste en calentar la pieza en un horno hasta unos 400°C manteniéndole en dos o tres horas con el fin de uniformizar el calentamiento. Se sigue entonces un aumento continuo pero lento de la temperatura hasta alcanzar la adecuada según el tipo de acero. Tabla N° 13, y manteniendo otra vez algunas horas a dicha temperatura.

El enfriamiento debe ser rápido preferiblemente con agitación de la pieza en el líquido enfria-

dor. Los aceros ordinarios al carbono se enfría en agua a unos 15°C. El aceite mineral es utilizado para aceros fuertemente aleados y de formas complicadas o secciones complicadas o secciones delgadas para que el enfriamiento sea menos severo evitando así los peligros de fisuramiento del material.

b. Revenido:

Se aplica a los aceros que han sido templados , favoreciendo así la eliminación de las tensiones internas adquiridas en el temple, y a la disminución de fragilidad. La dureza se conserva en un grado suficiente.

Consiste en calentar la pieza templada hasta la temperatura de Revenido. Tabla Nº 13; y, mantenerla por pocas horas para luego enfriarlo lentamente en aceite o aire insuflado.

c. Recocado:

Ablanda los aceros por su fácil maquinabilidad



y también elimina tensiones internas. Consiste en calentar la pieza a la temperatura que indica la Tabla Nº 13 y mantenerla por cierto tiempo. Posteriormente el enfriamiento debe ser lento, de preferencia en el mismo horno, al aire ambiente.

d. Cementación:

Se aplica a los aceros con menos del 0.2 % de carbono para provocar la carburación superficial de la pieza adquiriendo así una gran dureza superficial conservando su parte interior las propiedades de tenacidad. Consiste en introducir la pieza con el cementante en las superficies a tratar; en una caja cerrada y calentarla en un horno hasta unos 900 a 925° C, por un tiempo que depende de la profundidad superficial a cementar (0.1 mm/hr con cementantes en polvo 0.2 mm/hr., con cementantes granulados). Se sigue entonces con un enfriamiento en agua, aceite o aire, pero de una manera rápida.

e. Nitruración:

Se consigue elevadas durezas superficiales, aún



mayores que la cementación.

Consiste en calentar el material entre 500 a - 525°C en presencia de nitrógeno o gas amoníaco. Las superficies que no se deseen endurecer se recubrirán con estaño. El tiempo de calentamiento debe determinarse tomando como base 0.01 - mm/hr de nitruración superficial.

Por lo tanto para seleccionar los materiales y sus tratamientos térmicos se deberá analizar la función de cada pieza y seguir las recomendaciones que los fabricantes de aceros ofrecen para estos trabajos específicos! La tabla N° 15, es un resumen del empleo de aceros para matricería. En los planos de construcción al final del texto se encontrará las especificaciones de materiales y tratamientos térmicos para el presente diseño.

DESIGNACION	USOS
ACERO FUNDIDO (EXTRA FINO).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HERRAMIENTAS EN LAS CUALES NO SE TEME - CONTRACCIONES, DEFORMACIONES NI FISURAS</li> <li>- HERRAMIENTAS QUE NO TRABAJAN POR ENCIMA DE 150°C.</li> <li>- HERRAMIENTAS OCASIONALES. PEQUEÑAS SE - RIES A SOLICITACIONES CORRIENTES.</li> </ul>
ACERO STUBB OW.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EVITAR EL MECANIZADO DE PRECISION SOBRE EL DIAMETRO EXTERIOR.</li> <li>- PUNZONES PEQUEÑOS, PASADORES, COLUMNAS-PEQUEÑAS PARA GUIAS, CAÑONES DE CALADRA DO, MACHOS PEQUEÑOS DE ROSCAR.</li> </ul>
ACERO SIN CONTRACCIONES.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MATRICES PARA RECORTAR LATON, ALUMINIO- Y ACERO DULCE SALVO SI LAS FORMAS SON - DELICADAS Y SOLO PARA PEQUEÑAS SERIES.</li> <li>- MATRICES DE EMBUTICION.</li> <li>- MOLDES PARA MATERIALES NO CORROSIVOS.</li> </ul>
ACERO INDEFORMABLE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UTILES PARA RECORTAR.</li> <li>- UTILES PARA EMBUTICION Y ESTIRADO.</li> <li>- PEINES PARA ROSCADO A PRESION.</li> <li>- CALGAS Y CALIBRES DE VERIFICACION.</li> </ul>
ACERO PARA TRABAJAR EN CALIENTE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CON COBALTO (DE 0 A 3%) PARA FUNDICION- A PRESION DEL LATON</li> <li>- SIN COBALTOS PARA FUNDICION A PRESION - DEL ALUMINIO, HERRAMIENTAS PARA ESTAM - PAR EN CALIENTE.</li> </ul>

ACEROS AL CARBONO  
(CALIDAD FINA).

ACERO DE CEMENTACION.

ACERO NO MANCHABLE.

FUNDICION DULCE PARA  
ROZAMIENTO.

FUNDICION DE ALTA RE  
SISTENCIA.

FUNDICION AL Mo-Ni

- RAPIDO, AL MENOS FRAGIL PARA TEMPLAR, -  
RESISTE LOS CHOQUES.
- HERRAMIENTAS DE TORNEAR Y DE CEPILLADO-  
RAS FRESAS, HILERAS DE MACHOS DE ROSCAR  
PUNZONES PARA RECORTAR METALES DUROS.
- BLOQUES, PLACAS Y PIEZAS DE CONSTRUC -  
CION.
- HERRAMIENTAS, CALIBRES.
- PUEDE TEMPLARSE PARA RESISTIR AL DESGAS  
TE.
- PARA ELEMENTOS DE MAQUINAS.
- MONTAJES DE PIEZAS FABRICADAS.
- PIEZAS DE GRAN DUREZA SUPERFICIAL Y DE-  
ALMA MUY TENAZ.
- MOLDES PARA MATERIALES PLASTICOS CORRO-  
SIVOS.
- MOLDES PARA METALES BLANCOS.
- MOLDES PARA PLASTICOS TERMOENDURECIBLES  
A BASE DE UREA.
- PIEZAS CON SUPERFICIES QUE TRABAJAN POR  
TRATAMIENTO.
- CALIBRES Y MAQUINAS SIN SOLICITACIONES-  
ESPECIALES.
- BLOQUES PARA MATRICES Y PIEZAS QUE DE -  
BEN RESISTIR GRANDES ESFUERZOS.
- RESISTENCIA A LOS CHOQUES Y SUPERFICIES  
DURA.
- BLOQUES PARA HERRAMIENTAS DE ESTAMPADO.
- HERRAMIENTAS DE EMBUTICION (DIRECTAMEN-  
TE SOBRE LA FUNDICION).



## CONTROL DE CALIDAD DEL FILTRO

En una empresa industrial organizada, el control de calidad es una etapa breve dentro de la producción, por cuanto determina si el bien o servicio puede ser entregado al mercado.

La complejidad e importancia de ésta función dependerá de la naturaleza del producto. El control de calidad significa la formulación de estándares de calidad y la medición permanente de la producción en relación a esas normas.

El control de calidad durante el proceso de fabricación comprende:

- a. Inspección de materias primas, insumos
- b. Inspección durante la fabricación
- c. Inspección de los bienes terminados.

### B.15.1. Inspección de materias primas e insumos

- a. La chapa de acero antes de ser sometida al embutido mecánico, es necesario que halla sido laminada hasta llegar a la



forma de chapa plana, de un espesor de 0.45 mm.

La chapa de acero debe cumplir los requisitos fundamentales de fabricación que reseñamos a continuación:

- El espesor debe de ser constante en to da la extensión de la misma;
- Las superficies deben presentarse pulidas, exentas de arrugas, marcas, surcos, etc.
- El material que compone la chapa debe ser homógeno, sin impurezas ni escorrios inscrustados;
- El material que compone la chapa, por las fuertes tensiones que experimenta durante el embutido, debe ser maleable y resistente, a fin de evitar rápidos endurecimientos con los subsiguientes recocidos;
- La calidad de la chapa debe elegirse -

en relación a la profundidad de embutido.

- Si se desea obtener los mejores resultados, se deberá emplear chapa de acero - al carbono extradulce.

b. El papel filtro empleado en nuestro caso utiliza residuos de algodón empaquetados en una malla metálica o en un cilindro de metal perforado. En el empaquetado del filtro es importante emplear la cantidad de material adecuado exento de bona e introducirlo de tal modo que constituya - una masa sólida y homogénea en vez de estar formado por trozos separados colocados unos sobre otros de modo irregular, ya que éste último caso se forman canales entre los distintos trozos y el filtro deja pasar partículas demasiado gruesas. Este material de empaquetado se vende en bolsas de tela que evitan el desprendimiento de hilos sueltos que pueden atacar el filtro, aunque, como garantía adicional, se monta en un tamíz de malla fina a continuación del filtro empaquetado.

Por regla general, el papel se impregna con algún tipo de resina plástica inerte que evita que se desintegre o se humedezca demasiado.

El papel debe retener impurezas de un tamaño de 0.01 mm., estos filtros pueden lavarse una o dos veces invirtiendo la dirección del flujo a través del elemento, o lavándolo en un disolvente adecuado.

## 2. Inspección durante la fabricación

El control de calidad en el proceso de fabricación del filtro, está basado en los diferentes pasos de elaboración del producto desde que se corta el disco - hasta que sale el producto terminado.

Para el corte del disco, éste debe tener un diámetro de 219 mm., y debe estar exento de rebaba, ya que de otra manera cuando vaya a ser embutido dañará el pisador de la matriz.



Para la primera operación de embutido, la copa debe tener un diámetro de 123mm. una altura de 66 mm. y el radio adecuado; no debe existir arruga ni desprendimiento de material.

Para la segunda operación de embutido, la copa debe de tener un diámetro de 95 mm., y una altura de 100 mm., y el radio adecuado; una vez más no debe tener arrugas ni desprendimiento de material.

Para la tercera operación de embutido, la copa debe tener un diámetro de 73 mm. una altura de 141 mm., y el radio adecuado ya que todas éstas medidas son definitivas y definen el tamaño del filtro a fabricar.

Cuando se realice la operación de corte de rebaba y cuadrado del filtro, este debe tener una ceja en la parte inferior de un diámetro igual a 79.7 mm., que va a servir para el rebordeado de la



tapa con el cilindro y así dejar sellado el filtro.

Para el estampado de la cabeza del filtro, éste debe tener 15 estrías igualmente espaciadas de una profundidad de 1.27 mm., con una altura de 15.8 mm.; y en el asiento del filtro debe tener una cavidad de 92 mm., de diámetro por una profundidad de 4 mm., que va a servir para sujetar internamente el papel filtro.

Realizando el corte del disco de la tapa, este debe tener un diámetro de 72 mm., y un espesor de 2.6 mm.; en esta operación también se realizan el punzonado de 8 huecos de un diámetro de 8 mm., y el agujero central de un diámetro de 12 mm.; la pieza en esta operación de corte y punzonado debe estar excenta de rebaja y para el control de calidad de dicha pieza se lo realiza por calibres pasa y no pasa.

Cuando realizamos el estampado de la tapa del filtro, tenemos que ver que el agujero central quede formándose un reborde con un diámetro igual a 17.5 mm., para después ser machuèleado para obtener dicha rosca; de esta operación también utilizamos calibre pasa y no pasa.

En el corte y punzonado de la sobre-tapa tenemos que calibrar que el espesor de la lámina sea de 04 mm., el diámetro exterior sea de 87.5 mm., que las entrantes y salientes del disco cumpla con las dimensiones del plano respectivo (ver figura N° 17), el control lo realizamos por medio de un patrón.

Para el estampado de la sobre-tapa, el control es similar a la operación anterior.

En el troquel de corte del sujetador del filtro, tenemos que ver que el espesor de la lámina sea de 0.4 mm., y sin arru-

gas y que el diámetro del disco sea de 79 mm.; lo principal de todo que no tenga rebaba.

Para el estampado de la operación anterior, usamos calibre pasa y no pasa, ya que es una manera rápida de calibración y realmente no tenemos ningún problema ya que se trata de una matriz sencilla.

En el rolado de la malla metálica para envolver el papel filtro no tenemos ni ningún problema ya que es una operación relativamente sencilla; tenemos que ver que la malla tenga un diámetro exterior de 38 mm., y una altura de 109 mm.

Para plizar el papel filtro, usamos al rededor de 1.20 m. de papel por un ancho igual a 110 mm.; todo el plizado lo realizamos en una máquina automática - que está calibrada para dicho propósito.

En el roscado de la tapa, usamos machuelo 3/4" UNF y lo controlamos por me



dio de calibre rosca y no rosca, para cu  
yo efecto tenemos que analizar los ele  
mentos susceptibles de medida en una ros  
ca, los cuales son:

- diámetro externo
- diámetro medio
- diámetro del núcleo
- paso
- ángulo de filete

La última operación de rebordeado de la  
tapa con el cilindro, para así formar el  
filtro, decimos que es una operación muy  
importante, ya que de ella depende de que  
el filtro esté o no sellado; el control -  
lo realizamos por medio de un sistema neu  
mático que consiste en lo siguiente:

(Ver figura N° 19).

Partimos de un compresor de aire, el cual  
es alimentado por medio de una manguera a  
una cámara donde está colocado el filtro  
previamente roscado y sellado; la presión  
del aire la controlamos por medio de una



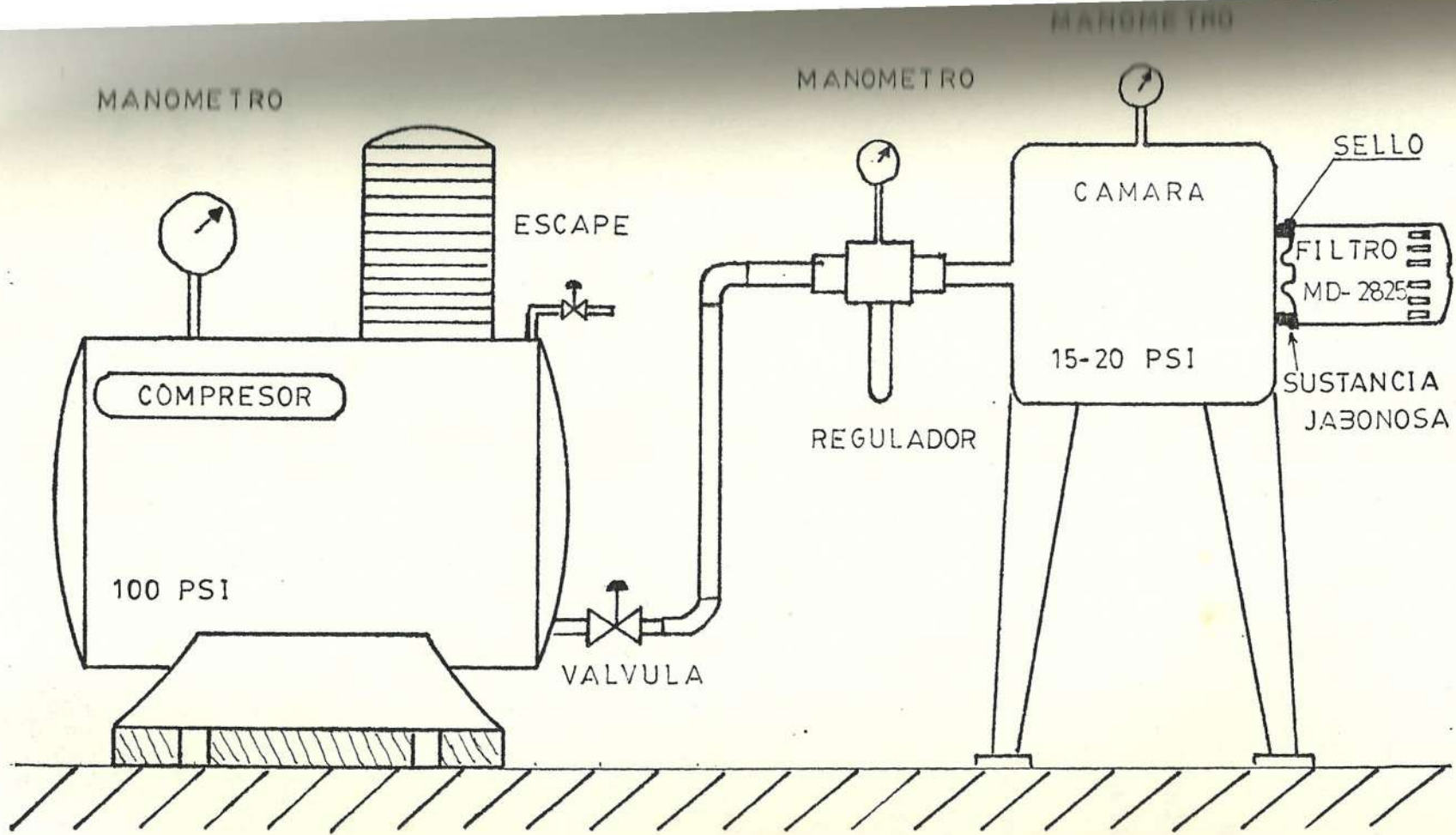


fig. 19. Prueba de sellado del filtro

válvula y un regulador de presión; la presión del aire a utilizarse para esta prueba es de 15 a 20 Psi; una vez que tenemos el aire a esa presión, colocamos una esponja empapada con una sustancia jabonosa (agua más jabón) en el perfil donde se encuentra el sello y vemos si hay o no fuga de aire; de no haber fuga, el filtro queda automáticamente listo para su funcionamiento y de haber fuga el filtro queda rechazado.

Una vez realizadas todas estas pruebas de control de calidad y si no hemos tenido ningún problema, podemos decir - que el filtro queda apto para su funcionamiento.

#### ANALISIS DE COSTOS

El volumen de producción por unidad de tiempo y los costos de producción son de vital interés para el ingeniero de manufactura. A pesar que en la práctica una elevada producción por unidad de

tiempo significa probablemente bajos costos, conviene aclarar que estos dos factores deben considerarse separadamente y que las condiciones de manufactura para máxima producción por unidad de tiempo no serán idénticas a las que dan el costo de producción mínimo.

El costo directo debe ser definido como la separación de los costos de fabricación, en aquellos que son fijos y aquellos que varían directamente, con el volumen de producción.

Solamente el costo primo (materia prima más mano de obra directa), más los otros costos variables, son usados para evaluar los costos de ventas y los inventarios; los otros costos de fabricación, esto es de los fijos, son encargados a pérdidas y ganancias, es decir, que tales costos fijos son considerados íntegramente entre los otros gastos del período.

Los **COSTOS VARIABLES**, son aquellas partículas de costos que varían en proporción al volumen o actividad, en un departamento o en cualquier otra subdivisión de la firma.



Los COSTOS SEMI-VARIABLES, son aquellas partículas de costo que aumentan o disminuyen a medida que el volumen de producción también, se incrementa o disminuye, pero no en forma proporcional a dicho volumen o actividad de producción.

Los COSTOS FIJOS, son aquellas partículas de costos que no varían con el volumen o actividad productiva, ellos permanecen constantes, dentro de un determinado rango, independientemente del volumen de producción.

Una vez que conocemos las características generales respecto de los costos, es necesario destacar que tales enunciados se cumplen si lo analizamos dentro de cierto rango a nivel de producción.

En nuestro caso supongamos que en nuestras herramientas (matrices) vamos a producir 100.000 filtros de aceite (modelo 2825).



.1. Costos de fabricación de las matrices

a. Herramienta de corte del disco para la embutición:

-Costo Ingeniería Diseño...	S/. 80.000,00
-Costo matricería....."	132.860,00
-Costo mano de obra ....."	<u>78.000,00</u>
	S/. 290.860,00

Precio por pieza...S/. 2,90

b. Herramienta de la primera embutición:

-Costo ingeniería Diseño..S/.	25.000,00
-Costo matricería....."	63.700,00
-Mano de obra....."	<u>25.000,00</u>
	S/. 113.700,00

Precio por pieza...S/. 1,13

c. Herramienta de la segunda embutición:

-Costo Ingeniería Diseño.S/.	40.000,00
-Costo matricería ....."	58.500,00
-Costo mano-obra....."	<u>35.000,00</u>
	S/. 133.500,00

Precio por pieza...S/. 1,33

## d. Herramienta de la tercera embutición:

-Costo ingeniería diseño..S/.	52.500,00
-Costo matricería....."	54.730,00
-Costo mano-obra....."	<u>45.000,00</u>
	S/.152.230,00

Precio por pieza...S/.1,52

## e. Herramienta para el corte de rebaba y cuadrado del filtro:

-Costo ingeniería diseño..S/.	40.000,00
-Costo matricería....."	24.750,00
-Costo mano-obra....."	<u>22.500,00</u>
	S/. 87.250,00

Precio por pieza..S/.0,87

## f. Herramienta para el estampado de la cabeza del filtro:

-Costo ingeniería diseño..S/.	20.000,00
-Costo matricería....."	19.500,00
-Costo mano-obra....."	<u>24.000,00</u>
	S/. 63.500,00

Precio por pieza...S/.0,635

g. Herramienta para el corte del disco de la tapa:

-Costo ingeniería diseño..S/.	45.500,00
-Costo matricería....."	55.500,00
-Costo mano-obra....."	<u>45.000,00</u>
	S/. 146.000,00

Precio por pieza..S/.1,46

h. Herramienta para el estampado de la tapa:

-Costo ingeniería diseño..S/.	22.500,00
-Costo matricería....."	36.000,00
-Costo mano-obra....."	<u>18.000,00</u>
	S/. 76.500,00

Precio por pieza..S/.0,765

i. Herramienta de corte y punzonado de la sobre-tapa:

-Costo ingeniería diseño..S/.	45.000,00
-Costo matricería....."	61.500,00
-Costo mano-obra....."	<u>39.000,00</u>
	S/. 145.500,00

Precio por pieza..S/.1,45



j. Herramienta de estampado de la sobre -  
tapa:

-Costo ingeniería diseño..S/.	24.000,00
-Costo matricería ....."	41.250,00
-Costo mano-obra....."	<u>24.000,00</u>
	S/. 89.250,00

Precio por pieza...S/.0,89

k. Herramienta de corte del sujetador del  
papel filtro:

-Costo ingeniería diseño..S/.	37.500,00
-Costo matricería ....."	32.500,00
-Costo mano-obra....."	<u>30.000,00</u>
	S/. 100.000,00

Precio por pieza...S/.1,00

l. Herramienta de estampado del sujetador -  
del papel filtro:

-Costo ingeniería diseño..S/.	24.000,00
-Costo matricería....."	32.250,00
-Costo mano-obra....."	<u>20.000,00</u>
	S/. 76.250,00

Precio por pieza...S/. 0,76



m. Herramienta de corte del sujetador del papel filtro:

-Costo ingeniería diseño...S/.	30.000,00
-Costo matricería....."	44.250,00
-Costo mano-obra....."	<u>30.000,00</u>
	S/. 104.250,00

Precio por pieza...S/.1,04

n. Herramienta de estampado del sujetador del papel filtro:

-Costo ingeniería diseño...S/.	24.000,00
-Costo matricería....."	33.000,00
-Costo mano-obra....."	<u>20.000,00</u>
	S/. 77.000,00

Precio por pieza...S/.0,77.

Por lo tanto COSTO DE MATRICERIA..S/.16,58

## 2. Costos de materia prima

- a. Materia prima para el cilindro:
  - Precio por disco.....S/. 22,60
  
- b. Materia prima para la malla del filtro:
  - Precio por unidad..... S/. 18,50
  
- c. Materia prima para el papel filtro:
  - Precio por unidad..... S/. 4,00
  
- d. Materia prima para el sujetador del pa  
pel filtro:
  - Precio por unidad.....S/. 5,00
  
- e. Materia prima para la tapa del filtro:
  - Precio por unidad..... S/. 11,50
  
- f. Materia prima para el lubricante:
  - Precio por unidad..... S/. 0,80
  
- g. Materia prima del caucho de sellado:
  - Precio por unidad..... S/. 8,00
  
- h. Materia prima para la pintura:

-Precio por unidad..... S/. 2,00

Por lo tanto COSTO MATERIA PRIMA..S/.71,80

### 3. Costos de Fabricación

a. Corte del disco.....S/.	0,13
b. Primera embutición....."	0,28
c. Segunda embutición....."	0,41
d. Tercera embutición....."	0.55
e. Corte de rebaba y cuadrado....."	0.13
f. Estampado de la cabeza....."	0.18
g. Corte del disco de la tapa....."	0.13
h. Estampado de la tapa....."	0.16
i. Corte y punzonado de la sobre - tapa....."	0.28
j. Estampado de la sobre-tapa....."	0.28
k. Corte del sujetador del papel filtro ....."	0.10
l. Estampado sujetador del papel filtro....."	0.28
m. Corte del sujetador del papel filtro....."	0.28
n. Estampado del sujetador del pa- pel filtro....."	0.28

ñ. Rolado de la malla del papel filtro.....	S/.0,17
o. Rolado del papel filtro....."	0.28
p. Machueado de la tapa .....	" 0.55
q. Rebordeado de la tapa con el borde....."	0.28

Por lo tanto, COSTO DE FABRICACION..S/.4,75

#### 4. Costo de Producción

El costo de producción lo obtenemos su-  
mando los diferentes costos, es decir,  
costo de matricería más costo de mate-  
ria prima, más costo de fabricación y  
agregándole un costo en imprevistos, es  
to es:

Costo de matricería.....	S/. 16,58
Costo de materia prima.....	" 71,80
Costo de fabricación.....	" 4,75
Costo imprevistos.....	" <u>3,00</u>
	S/. 96.13



Por lo tanto el costo de producción de un filtro de aceite para motores de combustión interna es de S/.96,13.

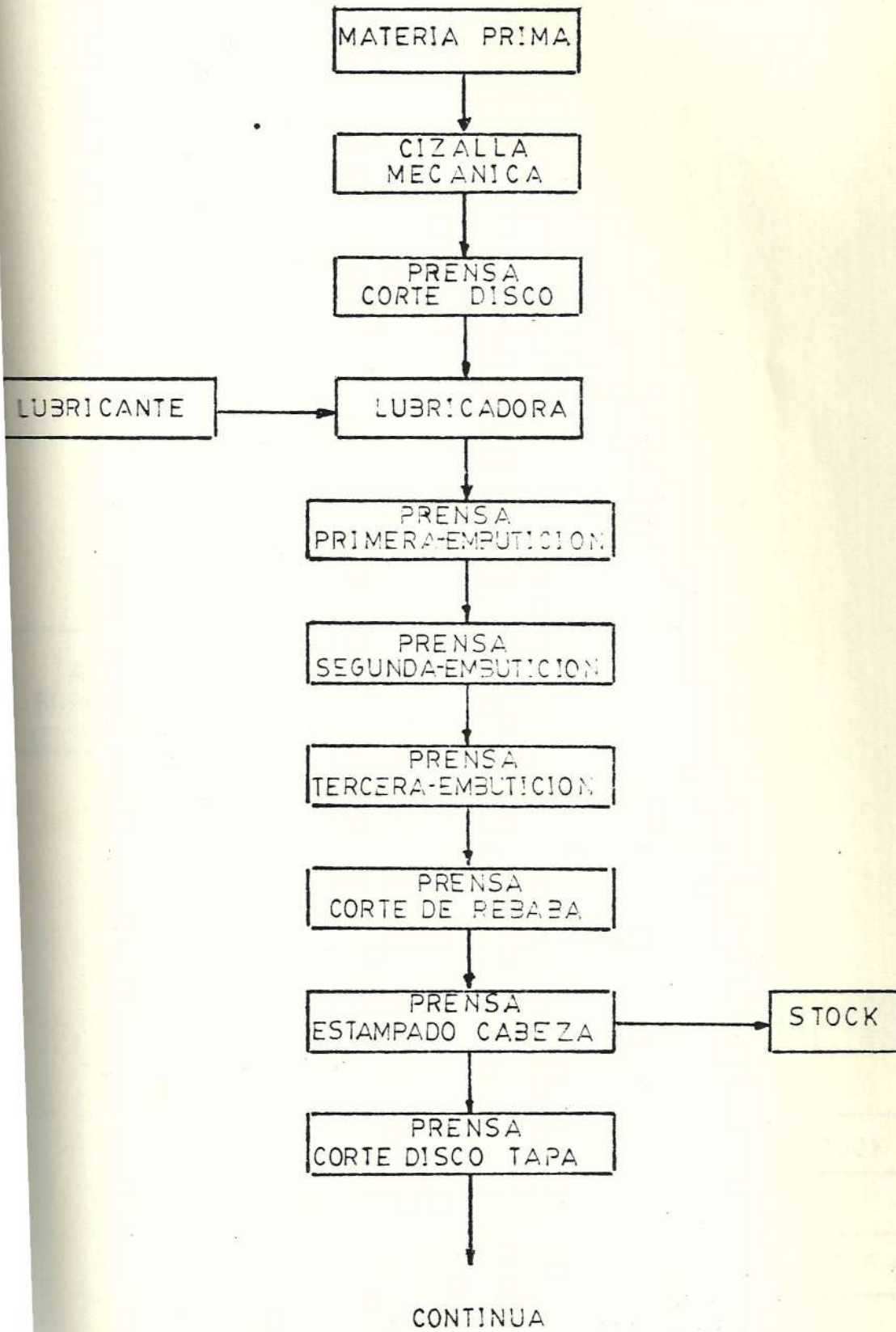
## PRODUCCION

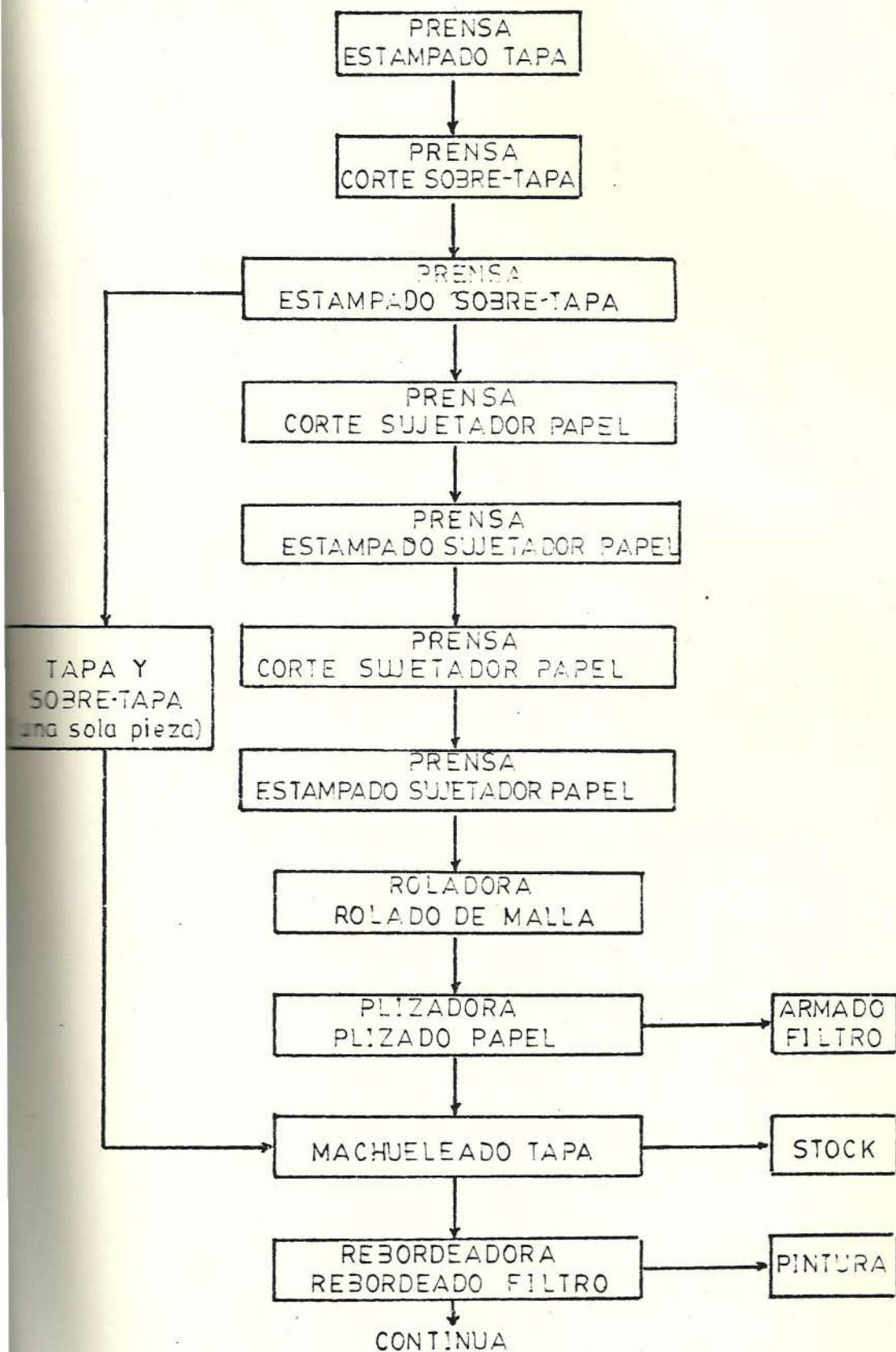
### 3.17.1. Descripción del proceso

La descripción del proceso se la presenta en el diagrama de flujo que se detalla en la figura N° 20.

La chapa de acero, materia prima de este proceso, es recibida en planta, ya sea en forma de pacas o rumas para el caso de chapas rectangulares, o en pequeños rollos, si se trabaja con flejes.

Una vez teniendo la materia prima, ésta es pasada a través de una cizalla mecánica para ser cortada en tiras de 23 cm., de ancho por 3 metros de longitud.





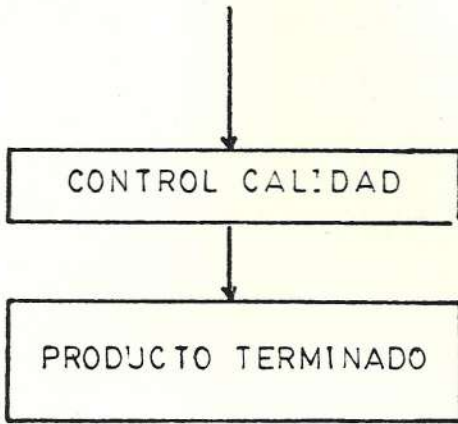


FIGURA N° 20

Diagrama de flujo



La lubricación de las chapas de acero es imperativo para el éxito del embutido, por lo cual se dispone en la línea de una lubricadora manual, la misma que impregnará una fina película de lubricante en aquella superficie, que no tendrá contacto con el punzón de embutido, en esta operación.

La chapa así tratada, inmediatamente es llevada a la prensa, donde se efectuará la operación de corte del disco. La alimentación de la chapa a través de la prensa es en forma manual.

Los discos formados son puestos sobre un pequeño canal transportador, y continúan - deslizándose hasta colocarlos sobre otra prensa para ser ejecutada la primera operación de embutido.

Una vez realizada la primera operación de embutido, el bote es transportado hasta - otra prensa para realizarse la segunda embutición y por consiguiente la tercera embutición.

Realizada las tres operaciones de embutido, el bote es llevado hasta otra prensa para ser sometido al corte de rebaba y cuadrado, simultáneamente es conducido a otra prensa para realizar el estampado de la cabeza (estriás). Los botes (cilindros) así formados se almacenó en stock de planta hasta tener listas las otras partes constitutivas del filtro para proceder a su ensamblaje.

Luego procedemos a cortar el disco de la tapa del filtro, en esta operación de corte también realizamos el punzonado de los huecos de dicha tapa. Siguiendo el proceso de producción, estas tapas son llevadas a otra prensa para proceder a su estampado.

Después de la tapa del filtro, tenemos otra pieza que es la sobre-tapa, la cual es cortada y punzonada a la vez, para luego ser estampada similar al caso anterior. La tapa y sobre-tapa son unidas entre sí formando una sola pieza (tapa general del filtro). Luego pasamos el machucado

de la tapa y así mismo se almacenarán en stock, hasta tener listas las otras piezas.

Ahora pasamos a realizar los cortes y es tampados de los dos sujetadores del pa pel filtro, como también el corte y rola do de la malla metálica, para luego for mar un sólo cuerpo que sería el filtro - propiamente dicho.

Teniendo las tres partes constitutivas - del filtro que serían, el bote (cilindro) la tapa, y el filtro propiamente, procedemos al armado y sellado, para cuyo efecto lo realizamos en una máquina rebordeadora.

Una vez teniendo el filtro armado, procedemos al control de calidad del mismo, y así obtenemos el producto terminado.



## RENTABILIDAD DEL PROCESO

PRECIOS DE VENTA E INGRESOS TOTALES: Am. 1.936

Productos	Cantidad Unidades	Precio de Venta S/	Ingreso en S/
Filtros de aceite			
Modelo M4 2325	114.000	S/ 300	S/ 34.200.000

## MÁQUINARIA Y EQUIPOS AUXILIARES

Designación	País de Orig.	Año Adq.	V. Costo
Cizalla Mecan.	Ecuador	1.934	S/ 1.300.000
Pres. Hidr. 70T	"	"	S/ 3.000.000
" Excéntrica 40T	"	"	S/ 3.000.000
Lubricadora	"	"	100.000
amoladora Pequeña	"	"	300.000
Cámara de Pintura	"	"	20.000
Soldadora de Punto	"	"	150.000
Rebordadora	"	"	300.000
Alisadora de Papel	"	"	100.000
Aladro Machelador	"	"	150.000
Otros	"	"	300.000
Suman			S/ 12.000.000

## INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO

### a) Inversión Fija:

Terreno: 400 m<sup>2</sup> (arrendado)

Edificio: 200 m<sup>2</sup> (arrendado)

Oficina: 50 m<sup>2</sup> (

Galpón industrial: 110 m<sup>2</sup>

Bodega: 40 m<sup>2</sup>

Adecuaciones e instalaciones

Especiales realizadas S/. 1.000.000

Maquinarias y Equipos S/ 12.000.000

Herramientas Existentes S/ 200.000

Muebles y Enseres S/ 100.000

Vehículos Existentes S/ 600.000

Sigue.....



Gastos Constitución Compañía y Estudios S/ 150.000  
 Imprevistos de la Inversión Fija S/ 50.000  
 Suman S/14.100.000

2) CAPITAL DE OPERACION:

Materias Primas ( 3 meses) S/ 1'000.000  
 Mano de obra directa ( 1 mes) S/ 200.000  
 Materiales indirectos ( " ) S/ 120.000  
 Mano de obra indirecta ( " ) S/ 50.000  
 Depreciaciones y amortizaciones (1mes) S/ 200.000  
 Reparación y mantenimiento (1 mes) S/ 40.000  
 Sueldos ( " ) S/ 40.000  
 Personal de Ventas ( " ) S/ 30.000  
 Personal Administrativo ( " ) S/ 400.000  
 Gastos Generales ( " ) S/ 200.000  
 Seguros e Intereses ( " ) S/ 200.000  
 Suman S/ 1'520.000  
 INVERSIÓN TOTAL S/15'630.000

3) COSTO Y RESPONSABILIDAD COMUNITARIA: L.A. 1.936

1.- Detalle de los rubros de costos:

1.1.- Materias Primas ( materiales, Puentes, Pien.  
 SUMAN S/ 4'500.000

1.2.- Mano de Oera Directa

Esp	N.-	sueldo Mensual	Total Anual
de Calificada	1	S/ 10.000	S/ 120.000
de no calif.	---	S/ ---	S/ ---
Calificada	<u>3</u>	S/ 30.000	S/ 3'600.000
Suman	9		S/ 3'000.000

Los cargos sociales y bonificaciones especiales

S/ 1'200.000

TOTAL

S/ 4'200.000

1.3.- Materiales Indirectos:

Destinación parcial S/ 130.000  
 Pintura anticorrosiva S/ 630.000  
 Alquile S/ 300.000

Sigue.....

Mijas	S/	50.000
Shield de Punto (electrodos)	S/	120.000
Grasas y Aceites	S/	40.000
Alimentos	S/	200.000
Abrazivos	S/	80.000
TOTAL	S/1'	500.000

## 1.4.- Mano de Obra Indirecta

Denominación	N.-	Sueldo mensual	Total anual
Supervisor técnico	1	S/ 30.000	S/ 360.000
Sierra	1		S/ 350.000
Más cargos sociales y bonificaciones especiales			140.000
TOTAL			S/ 850.000

## 1.5.- Depreciaciones y amortizaciones.

Concepto de Inver.	Valor	Vida útil	% Deprec.	Total
Terreno: 400 m <sup>2</sup>				
Edificio: 300 m <sup>2</sup>				
Depreciaciones Inst.	S/ 4'000.000	2 años	50%	S/ 2'000.000
Equip. y E.P. de	S/ 12'000.000	10 "	10%	S/ 1'200.000
Herramientas	S/ 200.000	" "	20%	S/ 40.000
Utens. y Enseres	S/ 100.000	5 "	20%	S/ 20.000
Vehiculos	S/ 600.000	10 "	10%	S/ 60.000
Inst. Constitución	S/ 150.000	10 "	10%	S/ 15.000
Inputs de la Inve.	S/ 50.000	5 "	20%	S/ 10.000
TOTAL	S/ 14'100.000			S/ 1'184.000

## 1.6.- Reparación y Mantenimiento

Concepto	Valor anual
2% del valor de la maquinaria y equipos para repuestos	S/ 240.000
1% del valor de la maquinaria y equipos para mantenimiento	S/ 120.000
TOTAL	S/ 360.000



## 1.7.- Suministros

Concepto	Valor Anual
Energía Eléctrica: 150 KWh de consumo anual a S/ 3.00 KWh tarifa Industrial	S/ 450.000
Combustible	---
Lubrificantes, aceites y grasas	30.000
Otros:	
Materiales de limpieza (( Wype, gasolina, etc)	10.000
Imprevistos	50.000
TOTAL	<u>S/ 570.000</u>

## 1.8.- Personal de Ventas

Designación	N.-	Sueldo Mensual	Total Anual
Jefe de Ventas	1	S/ 40.000	S/ 480.000
Agente de Ventas	<u>2</u>	S/ 60.000	S/ 720.000
Suplente	3		S/ 1'200.000
Más cargos sociales y bonificaciones especiales			500.000
TOTAL			<u>S/ 1'700.000</u>

## 1.9.- Otros Gastos de Ventas

Concepto	Valor Anual
Publicidad	S/ 300.000
Propaganda	S/ 300.000
Instructivos	S/ 200.000
Gastos de Viaje	S/ 200.000
TOTAL	<u>S/ 1'000.000</u>

## 1.10.- Personal Administrativo

Designación	N.-	Sueldo Mensual	Total Anual
Presidente	1	S/ 100.000	S/ 1'200.000
Gerente Técnico	1	S/ 100.000	S/ 1'200.000
Secretaria	1	S/ 15.000	S/ 180.000
Contador	1	S/ 25.000	S/ 300.000
Cofre	1	S/ 10.000	S/ 120.000
Mensajero	1	S/ 3.000	S/ 36.000
Guardian	<u>1</u>	<u>S/ 12.000</u>	<u>S/ 144.000</u>
Suplente	7	S/ 270.000	S/ 3'240.000

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez terminada ésta tesis nos damos cuenta que no es tan compleja, diríamos prácticamente sencilla de ejecutarla, si a más de tener los conocimientos teóricos y prácticos del proceso se dispone en el mercado de buena materia prima.

También podemos observar la gran utilización de prensas de embutición y prensas excéntricas, trayendo como consecuencia la buena selección de la maquinaria.

La planta de fabricación la podemos llamar de tipo li real por ser una producción en serie debiéndose cuidar principalmente de la continuidad de la producción con los respectivos materiales y herramientas que evitarían gastos innecesarios.

Esta línea tiene además una ventaja en cuanto a la de arda futura, especialmente en lo referente a las rensas en las cuales fácilmente se puede montar herramientas de punzones múltiples para así obtener el



crecimiento de su producción.

En el diseño del mecanismo más importante es la herramienta, ha sido preciso tener un sentido claro de los movimientos relativos de las partes que la componen, e importante también llevar metódicamente las dimensiones que se relacionan entre sí. El análisis es el método recomendado para diseñar estas herramientas. Los planos que visualizan lo antes dicho son básicos, para luego obtener los planos definitivos de construcción de la herramienta.

Analizando la rentabilidad del proceso vemos que dicho proyecto es rentable 100% ya que mediante el estado de pérdidas y ganancias para el año 1.986 tendríamos una Utilidad Líquida o Base Imponible de S/.7'943.250,00 con un ingreso total en Ventas de S/.34'200.000,00 todo esto nos arroja el 23% sobre el ingreso total en ventas y el 31.9% sobre el Costo Global de Producción. Todo esto nos lleva a obtener un punto de Equilibrio P.E. = 19'120.258,00 dicho valor está demostrado analíticamente y gráficamente.

Se recomienda que el personal seleccionado para la operación de la línea de fabricación sea suficientemente

especializado con los respectivos entrenamientos, ya que es posible detectar y corregir fallas, únicamente son criterios razonados del funcionamiento los diferentes componentes.

Igual se puede recomendar para la selección del personal de taller ya que mecánicos especializados podrán construir las herramientas y rectificarlas de acuerdo a los ajustes que exige la matriz.

Se recomienda también un programa sistemático de control de las herramientas. Además debe existir la colaboración mutua entre el personal de fabricación y el personal técnico y resolver así a tiempo los posibles problemas de la producción.