

4/
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"

FORJA CERRADA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
APOLINAR JAVIER CORTES OROPEZA



Cuautitlán Izcalli

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

Prólogo

Nomenclatura

Introducción ----- 1

CAPITULO I

EVOLUCION DE LA FORJA

1.	DEFINICION DE FORJA -----	3
1.1	FORJA EN LOS TIEMPOS ANTIGUOS -----	3
1.2	DESARROLLO DE LA FORJA EN LA EPOCA ACTUAL -----	5
1.3	CARACTERISTICAS DE LOS TIPOS DE FORJA EXISTENTES -----	7
1.3.1	FORJA ABIERTA -----	7
1.3.2	FORJA CERRADA -----	8
	A) FORJA CERRADA CON ALOJAMIENTO DE REBABA	
	B) FORJA EN MATRIZ CERRADA	
1.3.3	FORJA EN CALIENTE -----	12
1.3.4	FORJA EN FRIO -----	13
1.3.5	PROCESOS AUXILIARES PARA LA FORJA -----	14

CAPITULO II

EQUIPOS EMPLEADOS EN FORJA

2.	CLASIFICACIONES -----	19
----	-----------------------	----

A) MAQUINAS DE ENERGIA RESTRINGIDA

B) MAQUINAS DE CARRERA RESTRINGIDA

C) MAQUINAS DE FUERZA RESTRINGIDA

2.1	MARTILLOS -----	22
2.2	MARTILLOS DE CAIDA LIBRE -----	22
2.2.1	MARTILLOS DE REGLILLA O TABLA -----	23
2.2.2	MARTILLO DE CORREA -----	23
2.2.3	MARTILLO DE PISTON -----	26
2.3	MARTILLO DE DOBLE EFECTO -----	28
2.4	MARTILLO DE CONTRAGOLPE VERTICAL -----	31
2.5	PRENSAS DE FORJA -----	34
2.5.1	PRENSAS MECANICAS -----	34
2.6	PRENSAS HIDRAULICAS -----	41
2.7	RECALCADORES ELECTRICOS -----	48

CAPITULO III

DISEÑO DE FORJA CERRADA

3	EMPLEO DE FORJA CERRADA -----	51
3.1	MATERIALES EMPLEADOS EN LA FORJA CERRADA -----	52
3.1.1	SELECCION DE MATERIALES DE FORJA -----	56
3.2	PROCEDIMIENTO EMPLEADO EN EL DISEÑO DE FORJA CERRADA-----	58
3.2.1	DETERMINACION DEL PESO NETO -----	61

3.2.1.1	PASOS PARA LOGRAR UN BUEN CALCULO DEL PESO TOTAL CALCULO DEL VOLUMEN -----	62
3.2.2	DETERMINACION DEL PESO FORJADO -----	64
3.2.3	DETERMINACION DEL PESO DE CORTE -----	67
3.2.3.1	LA REBABA EN LA FORJA -----	70
3.2.3.1.1	TABLAS DE ALOJAMIENTO DE REBABA -----	72
3.2.4	ECONOMIA DE MATERIALES EN FORJA CERRADA -----	73
3.3	DETERMINACION DE LA SECUENCIA DE FORJADO -----	75
3.4	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACION DEL HERRAMENTAL -----	82
3.4.1	DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DEL HERRAMENTAL -----	84
3.4.1.1	HERRAMIENTAS DE RECORTE -----	85
3.5	DESARROLLO DE DISEÑO DE FORJA CERRADA -----	90

CAPITULO IV

CONTROL DE CALIDAD

4	EL CONTROL DE CALIDAD EN LA FORJA -----	96
4.1.	TOLERANCIAS -----	96
4.2	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES -----	98
4.3	UNIDADES Y METODOS DE MEDICION -----	99
4.4	TOLERANCIAS DIMENSIONALES EN MARTILLOS O PRENSAS VERTICALES -----	100
4.5	DIAGRAMA DE FLUJO POR PROCESO -----	109

	CONCLUSIONES GENERALES -----	110
--	------------------------------	-----

	BIBLIOGRAFIA -----	112
--	--------------------	-----

P R O L O G O

Para muchos Ingenieros y diseñadores la aplicación de un mé todo de diseño de forja es un tema que no se ha desarrollado to talmente, debido a una abundancia de información miscelánea que es difícil de relacionar con un problema dado.

Aún cuando algunos fabricantes dedican una parte de sus catálogos a las fases técnicas de aplicación de forjado de piezas, rara vez tienen suficiente espacio para presentar mas que una tabulación de datos adecuados y delinear un ejemplo típico para una elección de diseño de forja.

Al exhibir excelentes equipos como martillos y prensas disponibles así como bastante literatura para cada uno de ellos, el problema de seleccionar el mas adecuado, se incrementa.

Esto es lamentable debido a que cada fabricante extranjero de equipos de forja, da la selección de sus equipos; pero esto no es suficiente por lo que nuestra industria nacional trata de elegir y aplicar el mejor equipo de forja y herramental para una combinación dada de condiciones.

Esperando cumplir con el objetivo trazado en este trabajo, -

se ha elaborado éste de tal forma que sea accesible y fácil de comprender, en el cual el lector y usuario encontrará algunos procedimientos que le sirvan en la resolución de problemas de diseño, seleccionando el tipo de equipo más adecuado para la aplicación correspondiente. Se presentan algunos ejemplos ilustrativos así como un ejemplo con su secuencia completa de diseño de forja presentando algunos datos tabulados para entender el diseño del desarrollo del producto.

Puesto que es esencial un conocimiento de las clases y tipos de equipos en cualquier estudio o análisis, los dos primeros capítulos cubren brevemente las diversas clases y equipos de forja que se tienen en nuestra industria.

Una vez clasificadas las herramientas, el capítulo tres, se dedica a los principales factores que se toman en cuenta para la elaboración del diseño como son: tipo y capacidad del martillo, tipo de la prensa, peso neto, peso forjado, peso de corte, economía de materiales, determinación de procesos de forjado, factores que intervienen en la determinación de herramental, tipos de material de forja, algunos tratamientos termicos.

Entre otras cosas, el capítulo cuatro trata sobre el control de calidad, tolerancias, diseños, especificaciones, unida-

des y metodos de medición de tolerancias dimensionales. en martillos o prensas verticales y por último un diagrama de flujo por proceso.

Mi agradecimiento a Industrias C.H., S. A. y su personal técnico de División HEMA por las facilidades dadas para llevar a cabo el presente trabajo y muy especialmente al Ingeniero - - José Rubén Aguilar Sánchez por sus consejos y sugerencias, dada su experiencia profesional en el campo de la forja cerrada.

N O M E N C L A T U R A

P	=	Presión aplicada
F	=	Esfuerzo necesario
S	=	Esfuerzo de compresión con deformación plana
V_t	=	Esfuerzo de tracción
K	=	Esfuerzo de torsión
hgr	=	Espesor de flah (rebaba)
S	=	Espesor de núcleo
L	=	Longitud de la materia prima
Vh	=	Volumen de habilitado
Vf	=	Volumen de finalizado
Vr	=	Volumen de rebaba
Sp	=	Superficie de la pieza más rebaba en la línea de <u>da</u> dos
p	=	Peso de la materia prima
Pp	=	Peso de la pieza sin rebaba
hmin	=	Altura mínima de la pieza
hmáx	=	Altura máxima de la pieza
G	=	Peso del pilón
J	=	Juego entre cortador y punzón

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

Una de las necesidades más importantes para el desarrollo industrial del país, es la de contar con una tecnología propia.

En el presente trabajo se pretende mostrar las diversas posibilidades que la deformación plástica ofrece, utilizando procesos de conformado de materiales basados en la aplicación de esfuerzos que provocan deformaciones permanentes, realizadas en frío o en caliente.

Ahora bien por su extensión y generalidad los procesos industriales mas importantes son la forja y la laminación, éstos son realizados con materiales calentados previamente a temperaturas próximas a su punto de fusión.

Este trabajo se ha realizado basándose en el estudio, la práctica y la experiencia adquirida en el campo del diseño de forja.

Por otra parte sin alejarnos del objetivo principal de proporcionar información sobre el diseño, selección de equipos y fabricación de piezas manufacturadas mediante forja cerrada, se ha agregado más información para la solución de problemas.

Dada la información editada por fabricantes y productores de equipos, se ha hecho lo posible por emplear una exposición lógica de los temas; presentando los mismos en lenguaje directo y cotidiano, ya que con ésto se pretende facilitar la comprensión y aplicación de los conocimientos adquiridos y contribuir con ello en la capacitación del individuo, así como el de las nuevas generaciones de forjadores en la empresa metalmeccánica.

Esperando que sea de utilidad a estudiantes de diversas ramas de ingeniería, así como a aquellas personas que se ocupan de la investigación y fabricación de piezas, a fabricantes y transformadores de productos laminados y forjados que hallarán en él un valioso elemento para deducir y canalizar los problemas de diseño de forja cerrada.

CAPITULO I

EVOLUCION DE LA FORJA

1. DEFINICION DE FORJA

Forjar es la operación de deformar plásticamente y bajo un tipo de control a los metales, ésto puede lograrse en frío o en caliente aplicando golpes o por medio de presión para dar la forma deseada, ya sea por medio de estampa o por medio de una impresión dada.

1.1 FORJA EN LOS TIEMPOS ANTIGUOS

La forja ocupa un lugar importante dentro de la historia de la humanidad.

Este tipo de trabajo desde sus orígenes tuvo una evolución lenta para poder llegar al proceso actual de fabricación del metal sometido a impacto y ésto ha sido comprobado gracias a los descubrimientos de puntas de flechas, cuchillos rudimentarios, espadas, escudos, etc; los cuales fueron realizados en la antigüedad por la mano del hombre.

Entre la información que se tiene hasta nuestros días sobre el arte de hacer a los materiales plásticos, tenemos que la

estampa se remonta a una época extremadamente lejana. Estampar una pieza significa la impresión en un modelo con los objetos mencionados anteriormente. El proceso de los metales, descrito por M. Fremont, el cual consiste en acabar a la matriz metálica, laqueada para poder ser utilizada, por embutido o también para estampar es otro ejemplo de la evolución de la forja.

La primera industria, donde se utilizó la estampa fue en la elaboración de monedas, en donde la naturaleza de los metales empleados generalmente eran fuertemente maelables.

Los procesos para acuñación particularmente apropiados, -- fueron realizados en talleres hasta el siglo XVI, en donde muy escasamente se lograba imprimir un mayor impacto de martillo en la elaboración de piezas.

1.2 DESARROLLO DE LA FORJA EN LA EPOCA ACTUAL

Los principios de la forja hacen su aparición en el siglo XVI en los países de Francia y Alemania, con el nacimiento de los equipos empleados como son martillos y prensas.

Al inicio las masas eran levantadas por una rueda que se movía por una fuerza hidráulica, posteriormente en 1940, la perfección de la máquina de vapor en donde indirectamente se puede decir que en el mismo momento nace el martillo y pilón. Esto -- fue realizado por BOUDON Y CREUSOT en Nasmyth, Inglaterra. A lo largo del nacimiento de las grandes industrias de forja representada por WATT en 1774.

A raíz de estas fechas empieza la fabricación de grandes martillos para forjar o estampar en metal los que estaban elaborados con otros metales o materiales sin intervenciones mecánicas rotatorias o ruedas, en ellos se fijaba la distancia del martillo al pilón que esta conectado directamente a un pistón de la máquina.

A partir de 1847 surgen los procesos de forja, usando matrices de acero, es decir, que a pesar de haber - - - - - tenido una lenta evolución, la forja es actualmente de gran uti

lidad, por lo consiguiente se utilizan equipos modernos para --
producciones en serie, ya que las empresas encargadas del dise-
ño y construcción de equipos de forja los realizan de tal forma
que satisfagan las necesidades de la industria metal-mecanica,-
así como de el desarrollo industrial del país.

1.3 CARACTERISTICAS DE LOS TIPOS DE FORJAS EXISTENTES

Las características de los tipos de forja son bastante claras, ya que actualmente se puede deducir cuando se emplea un tipo de proceso de forja determinado, ya sea abierta o cerrada - (con alojamiento de rebaba o sin alojamiento de rebaba).

1.3.1 FORJA ABIERTA

Se le da el nombre de forja abierta, (mejor conocida como forja de herrero o forja libre) al proceso que consiste en deformar un material maleable (tocho) por un tratamiento preestablecido (en general un calentamiento). Sometida entre dos herramientales (denominados troqueles, matrices o estampas). Los cuales son colocados respectivamente a la " mesa " y a la " maza " del equipo de forja, en donde el metal es comprimido lateralmente. En donde estos herramientales pueden ser planos (o con algo de forma) en cuyo caso se dice que este tipo de proceso es una forja abierta o libre como se muestra en la figura 1.3.1.

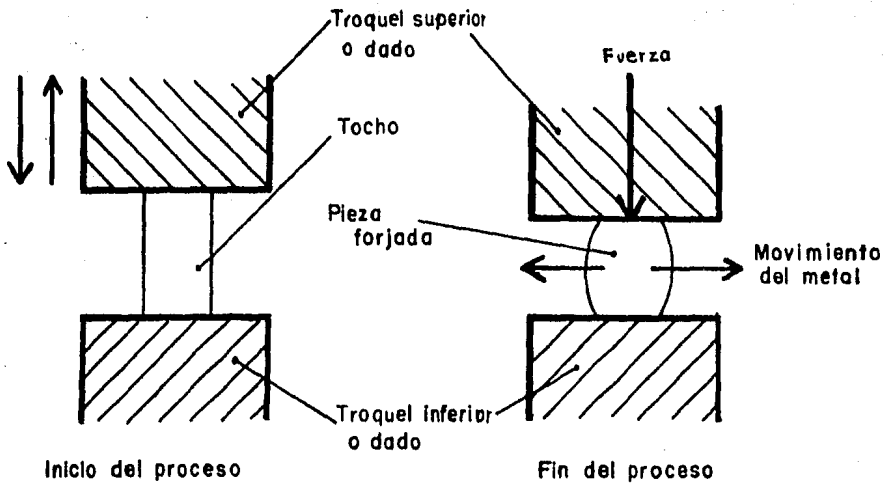


Fig. 1.3.1 Forja abierta

1.3.2 FORJA CERRADA

En este tipo de proceso ocurre lo mismo que en la forja -- abierta, la única diferencia es que los troqueles o dados ya -- llevan una impresión determinada para el requerimiento de una -- pieza dada, por lo que es necesario dividirla en dos tipos:

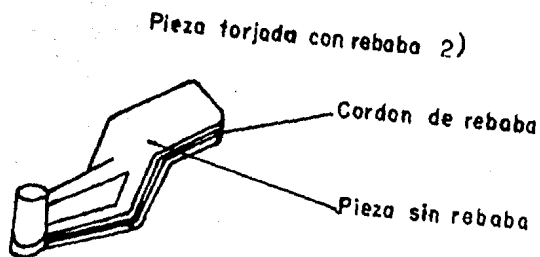
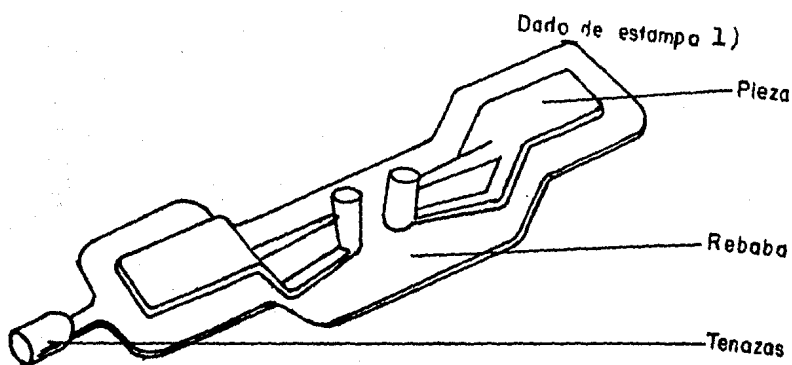
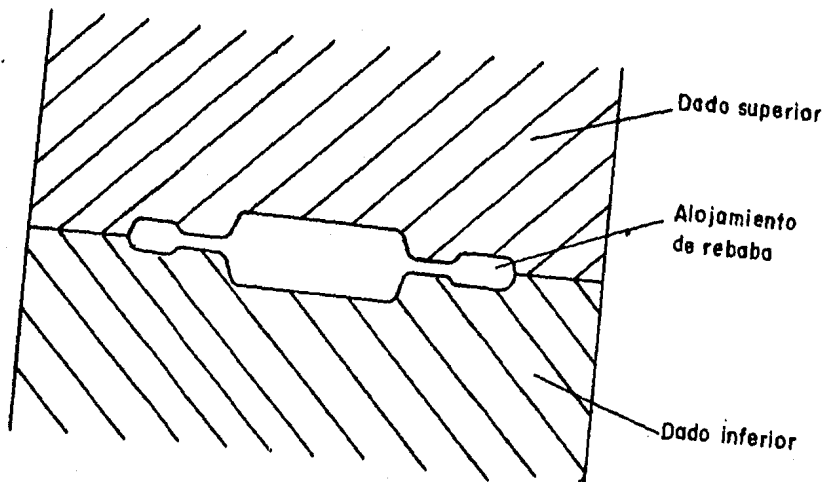
- FORJA CERRADA {
- a) Forja cerrada con alojamiento de rebaba
 - b) Forja en matriz cerrada.

a) FORJA CERRADA CON ALOJAMIENTO DE REBABA:

A este tipo de proceso se le conoce también como forja en estampa, en este caso los herramentales o dados se construyen con una zona de escape de manera que el material sobrante tenga posibilidad de salir al rellenar por completo el hueco entre los dados; esta parte se le conoce con el nombre de: alojamiento de rebaba, zona de rebaba, caja de rebaba o flasheo. Aquí el material se aloja o infiltra por medio del alojamiento de rebaba, por lo que se le da el nombre de " rebaba ". En este caso para la terminación de esta operación será necesario realizar otro paso de trabajo que consistirá en desprender la rebaba por medio de un troquel de corte (o rebabeo) por lo que se elabora un herramental adicional para troquelar esta rebaba como se muestra en la figura 1.3.2. a.

b) FORJA EN MATRIZ CERRADA

Este proceso es el que se lleva a cabo en una matriz cerra



Pieza libre de rebaba 3)

fig. 1.3.2.a. Pieza forjada con alojamiento de rebaba.

da ésto quiere decir que no se tendrá alojamiento de rebaba, conformándose la pieza en unos troqueles en forma de cilindro-émbolo de tal manera que al apretar el material caliente con un émbolo, se deforma y rellena la cavidad comprendida entre las paredes laterales, el fondo del cilindro y la cabeza del émbolo. En este tipo de procesos la cantidad de material ya va calculado, debido a que si no es el peso del tocho, entonces no llenará y si se pasa de material ésto originará que la matriz del troquel terminaría por reventarse por el exceso de golpeteo. Este tipo de proceso de forja en matriz cerrada se muestra en la figura 1.3.2. b.

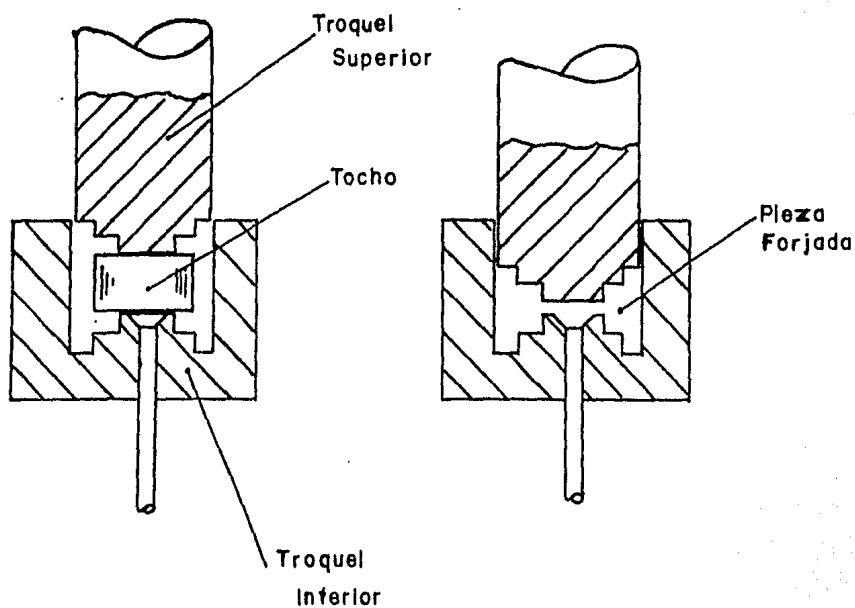


Fig. 1.3.2 b Forja en matriz cerrada

1.3.3 FORJA EN CALIENTE

Como ya se mencionó, en la forja abierta y en la forja cerrada se describieron algunos conceptos y observaciones de efectos que tienen sobre ellos el esfuerzo y la temperatura en el proceso de forja en caliente, se toman estos efectos ya que son importantes por dos razones:

1.- Para lograr que las partes tengan la forma requerida y obtener las propiedades deseadas, es necesario utilizar combinaciones de esfuerzo y temperatura, en donde la temperatura va a depender del tipo de material a forjar.

2.- Durante su empleo todas las partes están sometidas a esfuerzo y en muchos casos a temperaturas elevadas como ocurre con los álabes forjados utilizados en una turbina.

Un efecto importante se presenta en el proceso de forja en caliente, es el esfuerzo en los metales de deformación permanente o plástica, ya que ésta es una facultad para deformarse sin romperse, esta es una característica importante de los metales.

1.3.4 FORJA EN FRIO

En este proceso el término "frío" es relativo ya que significa que se trabaja a una temperatura que no altera los cambios estructurales producidos por el trabajo.

Existen una variedad de métodos como los que se muestran en la fig. 1.3.4 donde se observa que, al mismo tiempo, se puede estar produciendo la forma definitiva que deseamos.

En este proceso las piezas se hacen más resistentes por medio del trabajo en frío.

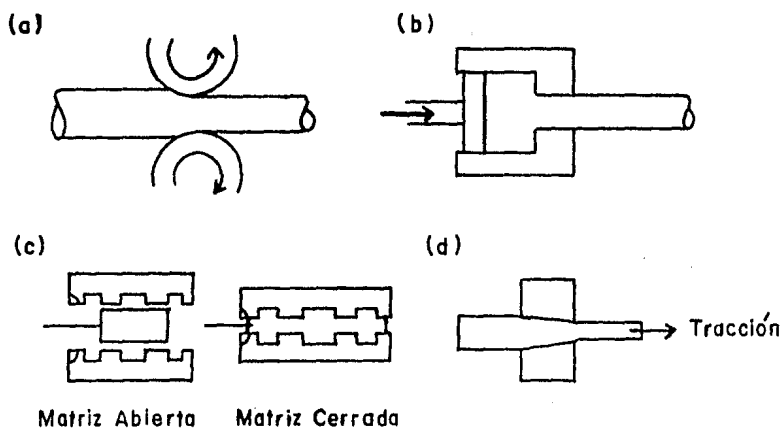


Fig. 1.3.4 Método de endurecer por trabajo en frío.

- a) Laminado en frío
- b) Extrusión en frío
- c) Forja en frío
- d) Trefilado en frío

1.3.5 PROCESOS AUXILIARES PARA FORJA

Los procesos auxiliares surgen para hacer más eficiente el trabajo de los equipos empleados en la forja, para tal efecto se

utiliza una gran variedad de maquinaria auxiliar entre los que podemos citar a los famosos trenes de producción como, mostrados en la fig. 1.3.5.

Ahora bien, dentro de los talleres de forja y laminación, se utilizan también ciertos equipos especiales que se preparan para operaciones características del proceso de forja, como son las prensas auxiliares a las que se les denomina de acuerdo a la operación que realizan:

- a) Prensas de " rebaba " Empleados para eliminar la rebaba de la pieza forjada.
- b) Prensas de " punzonar " Para taladrar orificios y eliminar pepitas residuales.
- c) Prensas de " acuñar " o " calibrar " utilizadas en piezas forjadas que requieren de tolerancias específicas.
- d) Prensas de " doblado " para doblar piezas forjadas.
- e) Prensas de " enderezar " para enderezado de piezas forjadas, etc.

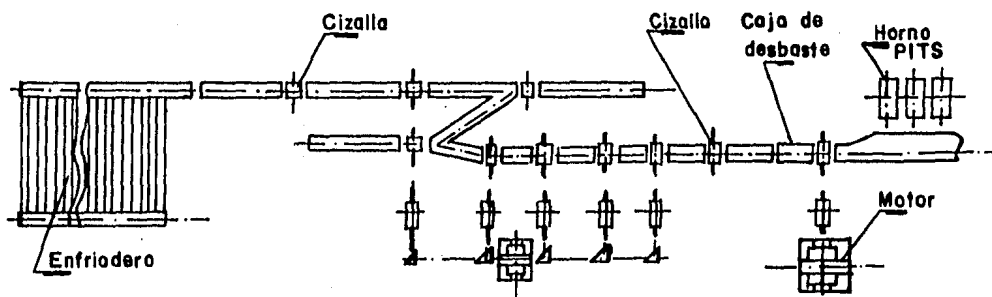
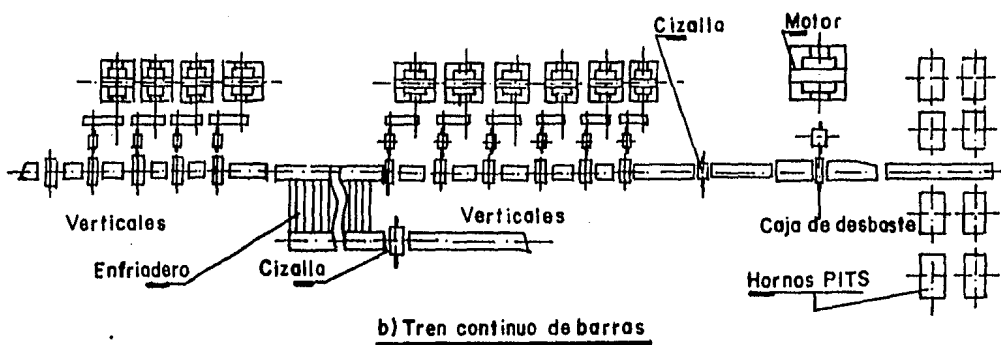
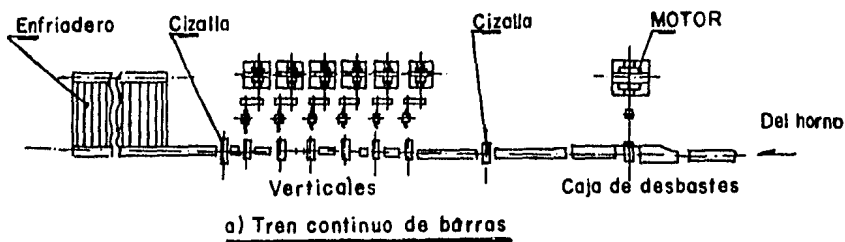
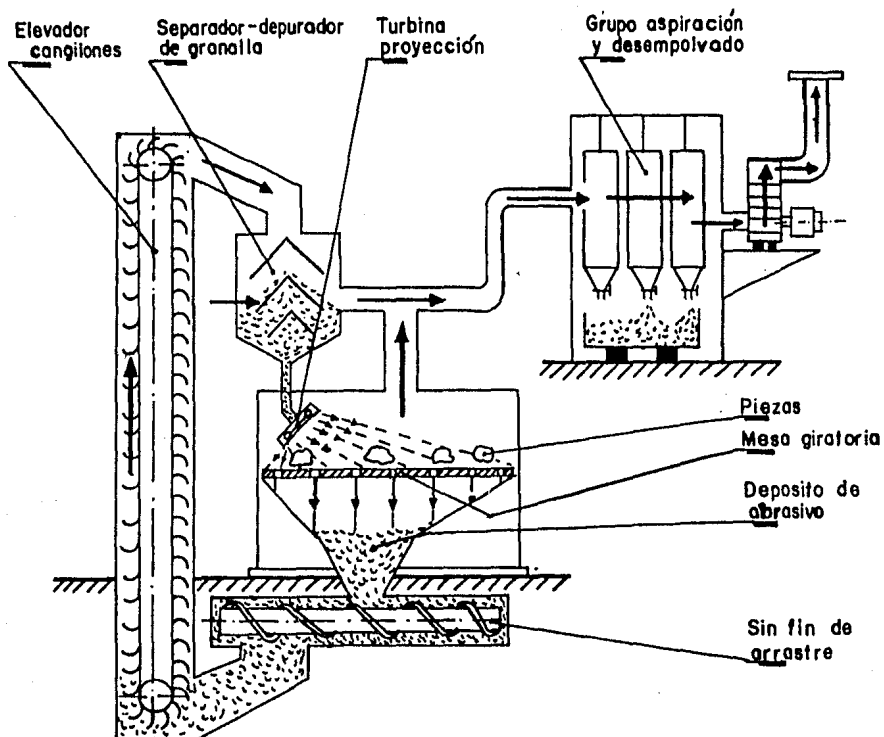


Fig. 1.3.5 Tres distribuciones en planta de trenes de barras.

Así como también aquellos equipos que nos ayudan a la limpieza de la cascarilla, que son empleados para la limpieza superficial de las piezas forjadas que debido al calentamiento previo a su deformación se recubren de una capa de óxido denominada cascarilla, y a los equipos de lubricación automática de los herramientales, cuyo objetivo principal es el de inyectar sobre la superficie de los dados o matrices de forja, los lubricantes apropiados para disminuir el rozamiento entre el tocho a deformar y las herramientas de deformación, algunos lubricantes usados son; aceite disulfuro de molibdeno, grafito coloidal disuelto en agua o en aceite, etc. Algunos equipos auxiliares se muestran en la figura 1.3.6.



Esquema general de una instalación de limpieza por granalla, tipo «de mesa».

Fig. 1.3.6 Equipo auxiliar

CAPITULO I I

EQUIPOS EMPLEADOS EN FORJA

2. CLASIFICACIONES

En este capítulo, daremos la siguiente clasificación de -- las máquinas de forja. Dado que existen muchas formas para clasificar estos tipos de equipos, en donde se tienen las más ampliamente utilizadas y de los métodos más útiles; para comprender su utilización y funcionamiento de éstas; las podemos definir de la siguiente manera:

Clasificación de acuerdo a su funcionamiento.	{	<ul style="list-style-type: none"> A) Máquinas de energía restringida B) Máquinas de carrera restringida C) Máquinas de fuerza restringida
---	---	---

2.a MAQUINAS DE ENERGIA RESTRINGIDA

En este tipo de equipos de energía restringida (o trabajo restringido), la energía de deformación es a partir de la energía cinética de un cuerpo o cuerpos en movimiento. Durante el impacto de forja, la deformación de la pieza a fabricar conti--

núa hasta que toda la energía disponible ha sido utilizada. Ahora bien si queremos obtener una deformación posterior sólo podremos lograrlo mediante la aplicación de nuevos golpes.

La forma de obtener este tipo de capacidad de las máquinas de energía restringida es mediante la medición de la máxima energía cinética disponible en cada golpe.

2.b MAQUINAS DE CARRERA RESTRINGIDA

Este tipo de máquinas de carrera restringida obtiene su impulso de un mecanismo giratorio excéntrico, el cual transmite un movimiento lineal a una maza, por medio de un sistema de acoplamiento. En este caso durante la deformación, la fuerza aumenta hasta que la maza atraviesa la posición del punto muerto inferior. En dichas máquinas la forja en una huella dada debe quedar completa en un solo golpe.

2.c MAQUINAS DE FUERZA RESTRINGIDA

En estas máquinas la prensa hidráulica es un equipo de fuerza restringida, ya que la fuerza máxima puede ser desarrollada en cualquier posición de la carrera disponible. La fuer-

za máxima que se puede aplicar depende de la presión de aceite en el cilindro, mientras que la velocidad de la carrera de la maza depende del régimen a que pueda suministrarse el aceite -- dentro del cilindro hidráulico.

En la tabla (2) se muestran los diferentes tipos de máquinas de forja que pertenecen a cada clasificación.

Tabla 2: CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE MAQUINAS DE FORJA

MAQUINAS DE ENERGIA RESTRINGIDA	MAQUINAS DE CARRERA RESTRINGIDA	MAQUINAS DE FUERZA RESTRINGIDA.
Martillos todos tipos	Prensas excéntricas y de cigüeñal.	Prensas Hidráulicas.
Prensas de husillos.	Prensas de rodillos.	Prensas Orbitales
	Prensas de Cuña Recaladoras horizontales	

2.1 MARTILLOS

Según el tipo de accionamiento, los martillos se pueden dividir en tres tipos.

- Martillos de caída libre
- Martillos de doble efecto
- Martillos de contragolpe

2.2 MARTILLOS DE CAIDA LIBRE

La maza se levanta por medio de un mecanismo determinado y seguidamente se deja caer por gravedad para dar un golpe de forja. Dependiendo del dispositivo de elevación utilizado se puede regular la altura de la caída en cada golpe (martillo de carrera regulable) o alternativamente la altura de la caída -- puede ser fija (martillos de carrera fija).

Los martillos de carrera fija emplean toda su energía en cada golpe, y si se utilizan en operaciones de estirado y de ro lado, la separación entre las matrices debe ser cuidadosamente seleccionada porque la deformación gradual no la puede conseguir el operario controlando el peso de cada golpe, lo que es posible en los martillos de carrera regulable.

A continuación se muestran tres tipos de martillos de caída, considerados como clásicos.

2.2.1 MARTILLO DE REGLILLA O TABLA

Este tipo de martillo tenemos es de golpe fijo, en él la maza va fija a un número de tablas de madera dura (maple) que van sujetas entre cilindros giratorios para levantar la maza.

Al final de la carrera las tablas se liberan, dejando caer la maza. Fig. 2.2.1.

2.2.2 MARTILLO DE CORREA

Este tipo de martillo lleva la maza sujeta a una correa que pasa enrollada sobre un eje giratorio (Fig. 2.2.2.) cuando la correa queda totalmente enrollada en el eje, la maza se encuentra elevada y cae en el momento en que la correa queda libre. En los martillos de control manual, se puede regular la altura de la caída a voluntad, mientras que en los martillos de control a pedal se puede normalmente graduar un golpe, corto --

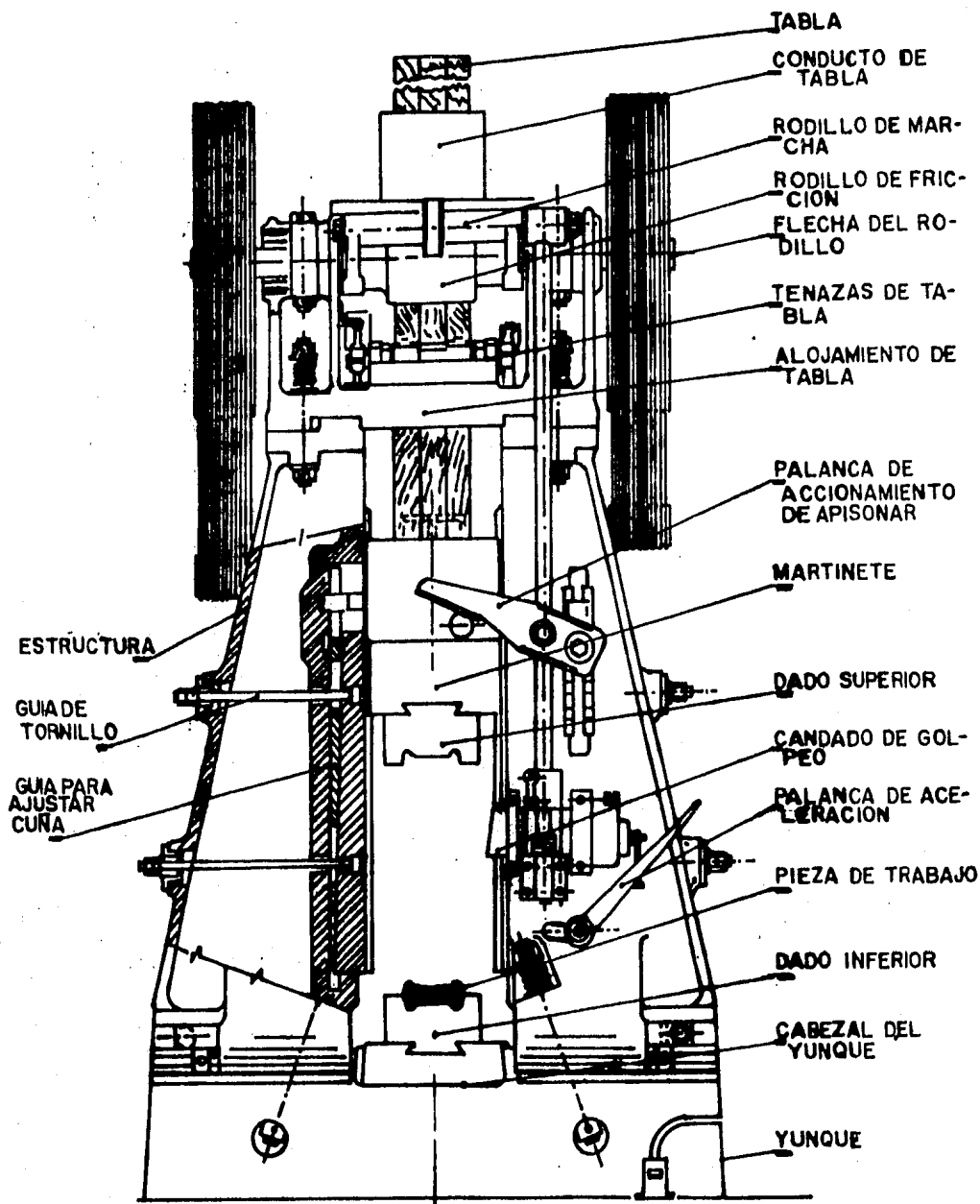


Fig. 2.2.1 Martillo de tablas.

(ligero) o largo (pesado), dependiendo de la posición del pedal.

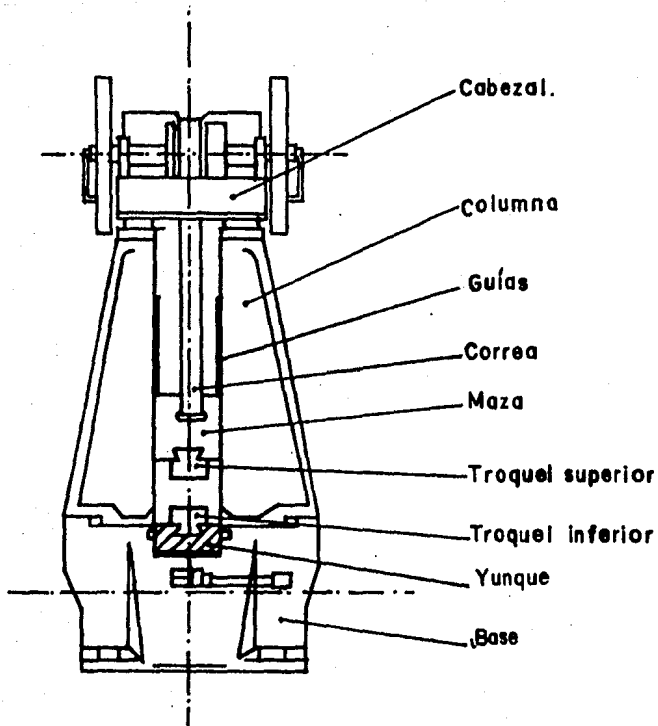


Fig. 2.2.2. Martillo caída libre de correa

2.2.3 MARTILLO DE PISTON

En este equipo la maza va sujeta a un pistón, y se eleva mediante la aplicación de un fluido a presión por debajo del pistón. Para ello se puede utilizar aire, aceite o vapor, aunque los martillos de vapor están desapareciendo poco a poco.

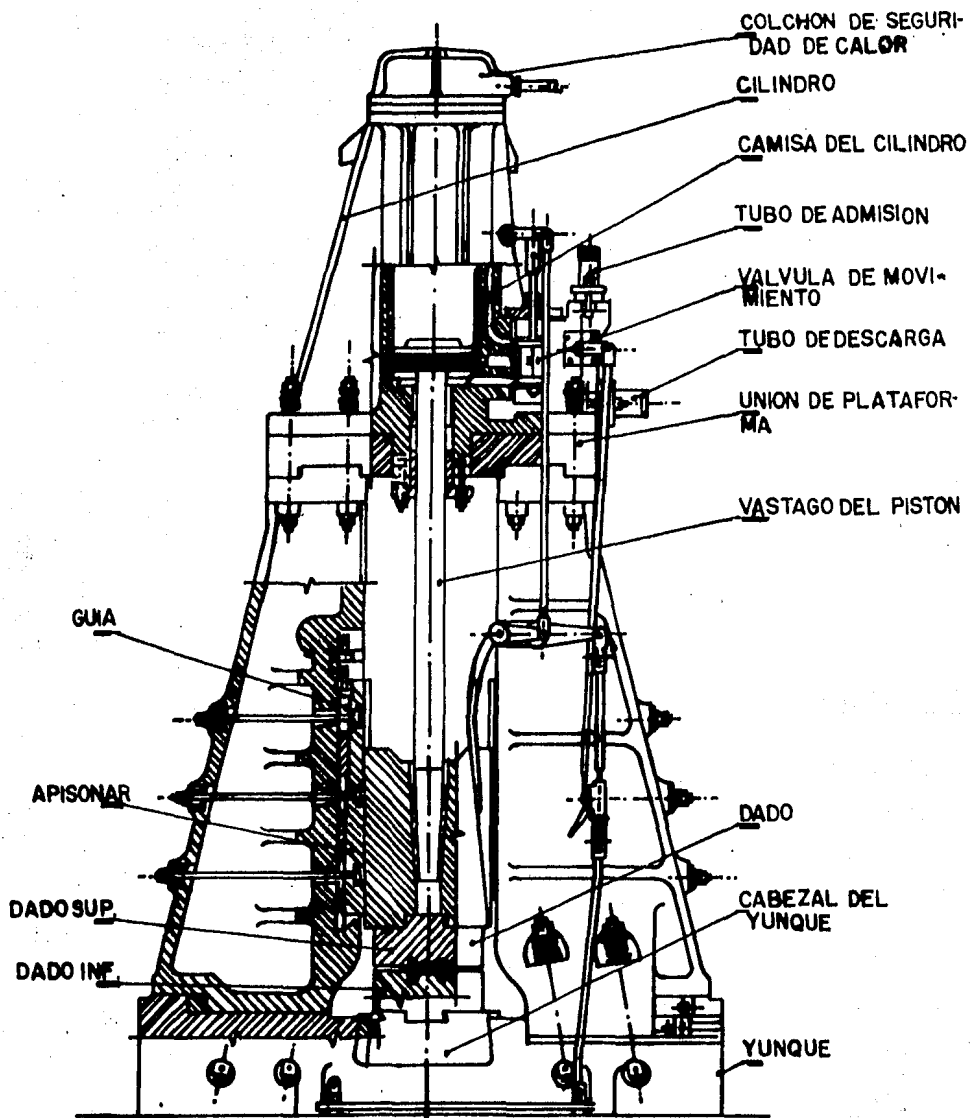


Fig. 2.2.3 Martillo de pistón

2.3 MARTILLOS DE DOBLE EFECTO

Este tipo de martillos encontramos que la maza va unida a un pistón y se eleva por fluido a presión (fig. 2.3). Durante la carrera de forja se aumenta la fuerza de la maza mediante la aplicación de un fluido a presión en la parte superior del pistón, incrementado así la energía del golpe en comparación con el martillo de caída libre del mismo peso de maza, lo que se observa en este tipo de martillo es otra ventaja que es su mayor cadencia de golpe en comparación con el martillo de caída libre de la misma energía, este tipo de martillo lo podemos distinguir del martillo tipo cabezal y del martillo tipo bástago como se muestra en la figura 2.3 a y 2.3 b.

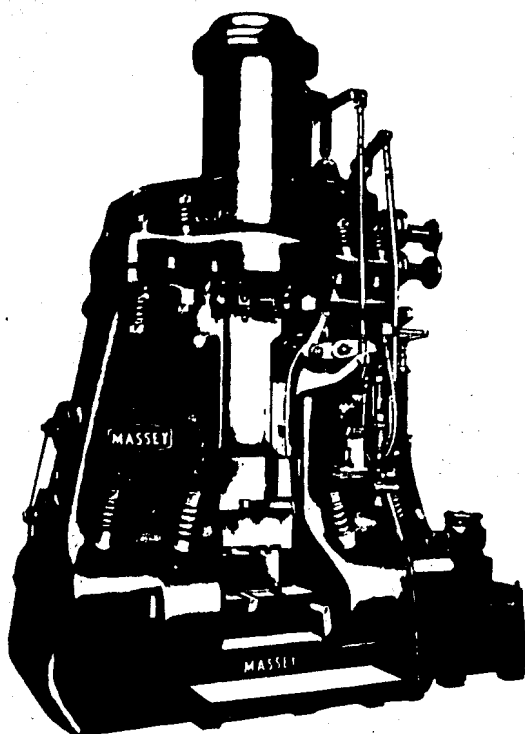


Fig. 2.3 a MARTILLO DOBLE EFECTO TIPO MAZA

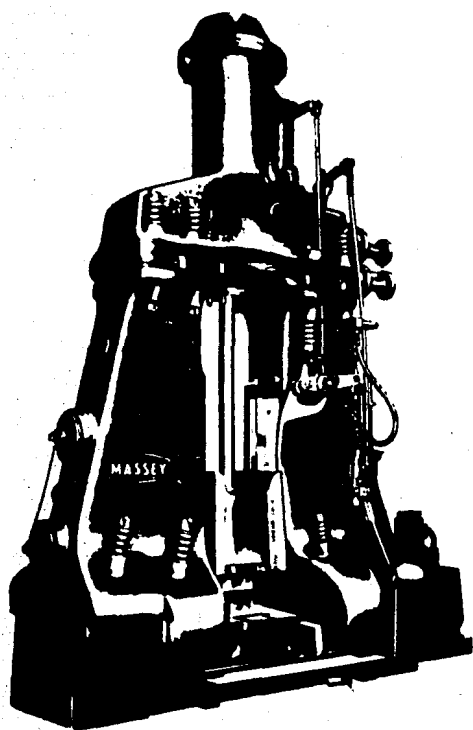


Fig. 2.3 b MARTILLO DOBLE EFECTO TIPO VASTAGO

2.4 MARTILLO DE CONTRAGOLPE VERTICALES

Este tipo de martillos según como se observa en la figura 2.4 a y 2.4 b, durante el golpe de forja impulsan una contra otra dos grandes mazas de aproximadamente el mismo peso. Donde la presión del fluido se aplica por encima del mecanismo del cabezal superior para impulsarlo hacia abajo y un cilindro-hidráulico une las dos mazas, de tal forma que la parte inferior es impulsada simultáneamente hacia arriba. Este movimiento hacia arriba de la maza inferior con un recorrido apreciable impide las operaciones de preforma partiendo " de barra " en los martillos de golpe, por consiguiente se utilizan para la forja de tochos, a veces forjados en matriz de huella única.

La velocidad de golpeo de las mazas en el martillo de contragolpe es solamente la mitad de las del martillo de caída, por lo que para conseguir los mismos niveles de energía hay que usar mazas muy pesadas.

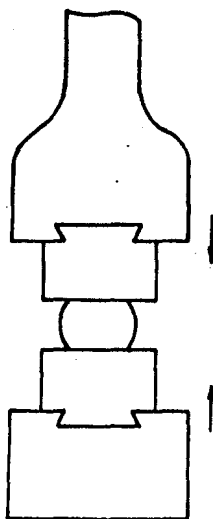


Fig. 2.4 a MARTILLO DE CONTRAGOLPE

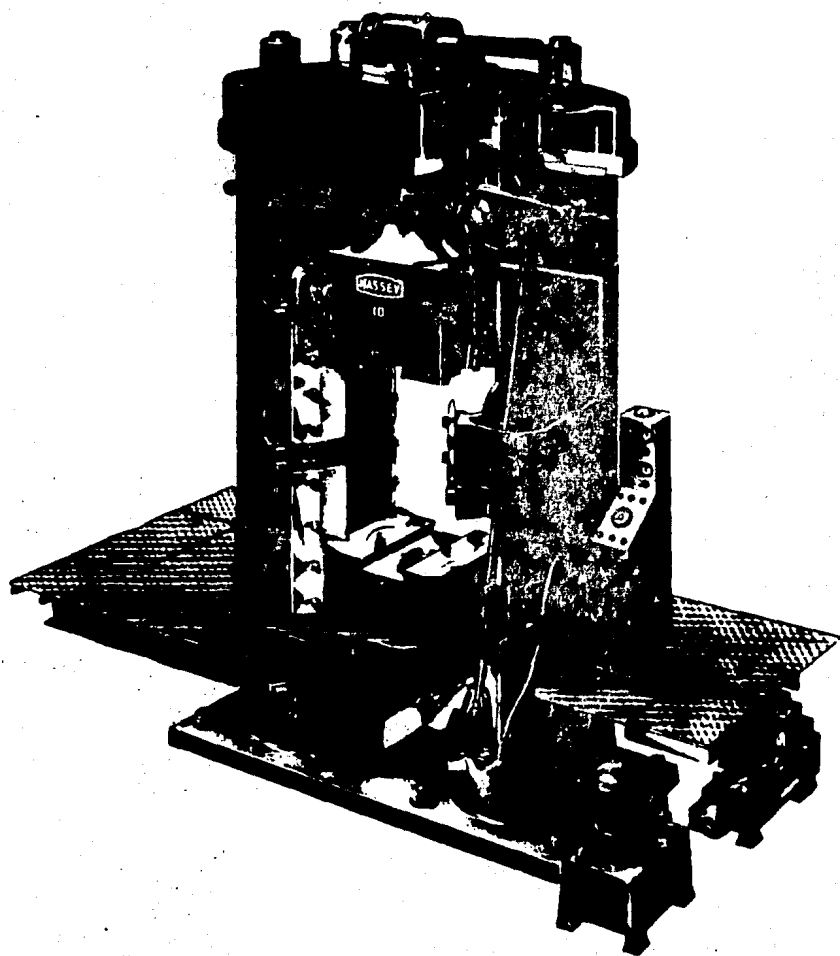


Fig. 2.4 b MARTILLO DE CONTRAGOLPE

2.5 PRENSAS DE FORJA

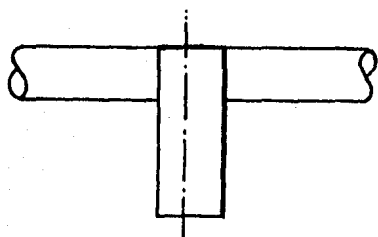
Las prensas de forja se dividen en dos tipos que son:

- PRENSAS MECANICAS
- PRENSAS HIDRAULICAS

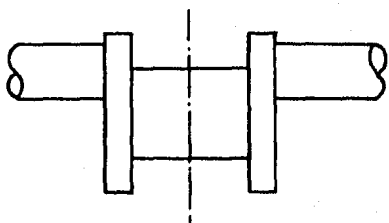
2.5.1 PRENSAS MECANICAS

Sistema de accionamiento de las prensas.- Todas las prensas que estén diseñadas para la forja u otra operación dependen para su acción, de un mecanismo excéntrico y rotativo que mueve la maza de la prensa por medio de un mecanismo de conexión directo o indirecto.

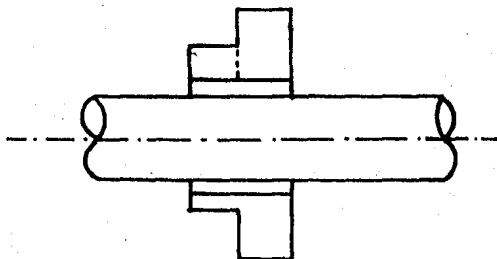
Los principales tipos de accionamiento excéntrico se muestran en la fig. 2.5.1.



1) EJE EXCENTRICO



2) CIGUEÑAL



3) CORONA EXCENTRICA

(1) El eje excéntrico

- (2) El cigüeñal.
- (3) La corona excéntrica

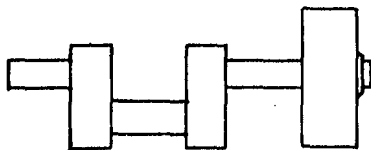
Fig. 2.5.1 DISPOSITIVOS DE ACCIONAMIENTO EN PRENSAS

Las grandes prensas de forja suelen llevar un eje excéntrico ya que este diseño es más rígido que el cigüeñal y permite además una construcción mejorada del cabezal.

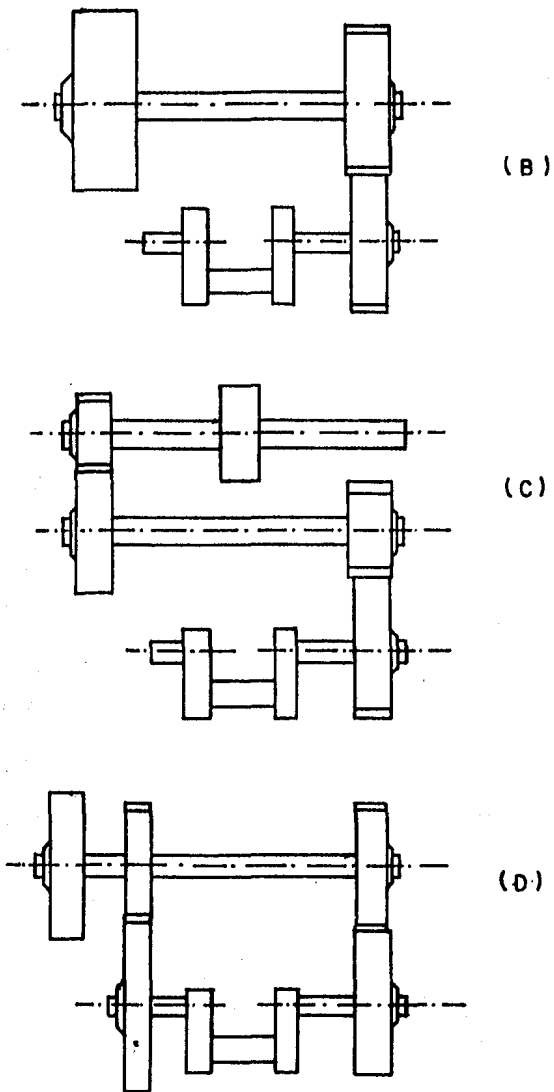
La corona excéntrica se suele utilizar en las prensas de maza ancha para el rebabado y preformado.

El accionamiento excéntrico o de transmisión por engranes. El empleo de esta última posibilidad permite utilizar, para una capacidad de energía determinada, una mayor velocidad del eje -- con la correspondiente reducción del tamaño del volante.

En la fig. 2.5.1 a se muestran los diferentes dispositivos de accionamiento por engranes que suelen utilizar:



(A)



- A) Accionamiento directo
- B) Accionamiento por engranes simples
- C) Accionamiento por engranes dobles
- D) Accionamiento simple por doble engrane

Fig. 2.5.1 a DISPOSITIVOS DE ACCIONAMIENTO PARA PRENSAS

Las diferentes formas en las que el movimiento giratorio de la excéntrica se convierte en movimiento lineal de la maza, se aprecian en las figuras 2.5.1 b, 2.5.1 c, 2.5.1 d:

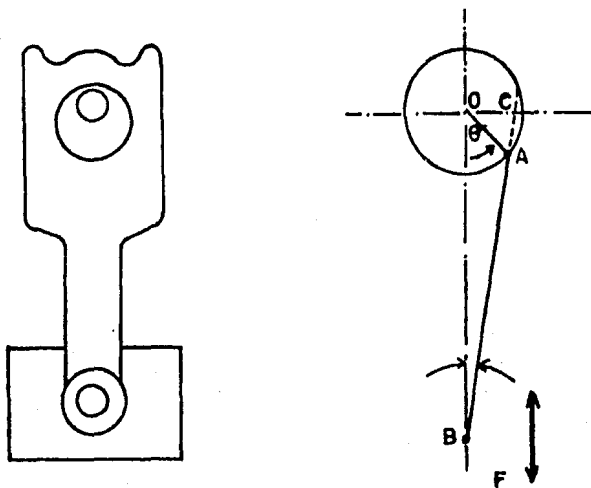
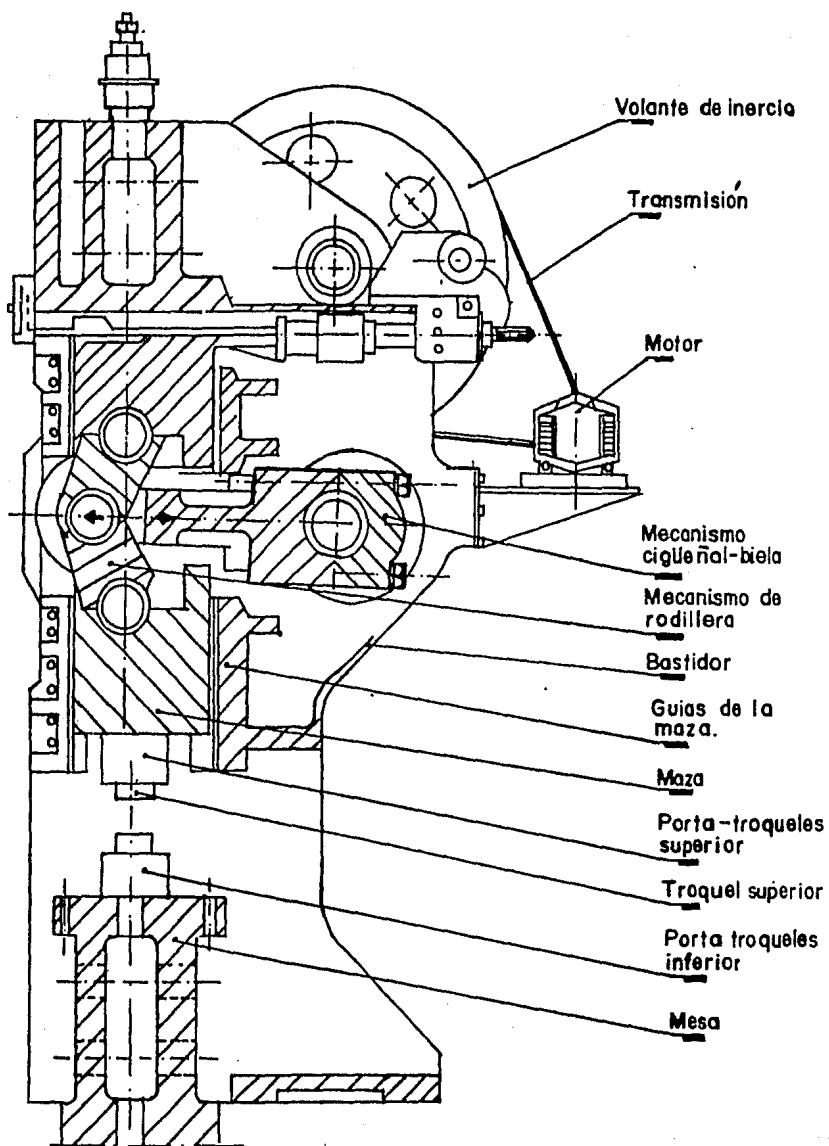


Fig. 2.5.1 b MECANISMOS DE PRENSA DE CIGÜENAL



Esquema de una prensa de rodillera.

Fig. 2.5.1 b MECANISMO PRENSA DE CIGUEÑAL

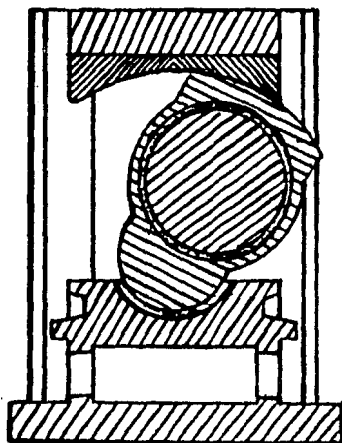


Fig. 2.5.1 c MECANISMOS DE ARO DE PRESION

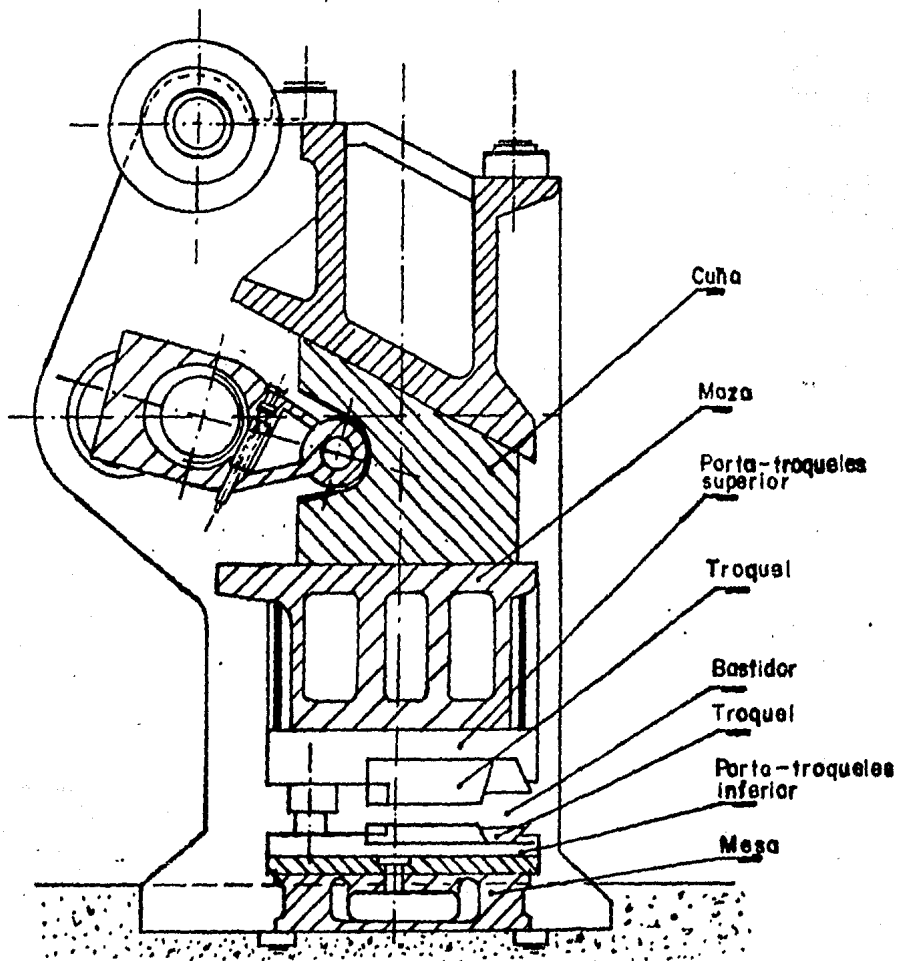


Fig. 2.5.1 d MECANISMOS DE PRENSA CUÑA

2.6 PRENSAS HIDRAULICAS

Construcción y accionamiento de la prensa. Actualmente -- los fabricantes de prensas hidráulicas han desarrollado muchos diseños diferentes según las necesidades particulares de los --

procesos de forja.

La prensa hidráulica consta de un bastidor que lleva un cilindro hidráulico en cuyo pistón va montado un plato con los herramentales de forja que actúan contra otros herramentales colocados en una mesa fija.

A pesar de las numerosas variantes de diseño las prensas - hidráulicas se pueden clasificar en dos tipos básicos, de tirón y empuje.

Los modelos antiguos eran del tipo de empuje, como el mostrado en la fig. 2.6.a. El cilindro hidráulico principal va -- montado sobre un cabezal transversal fijo que empuja hacia abajo una maza móvil, la cual lleva a su vez el herramental superior de forja, el herramental inferior va montado en la masa de la prensa.

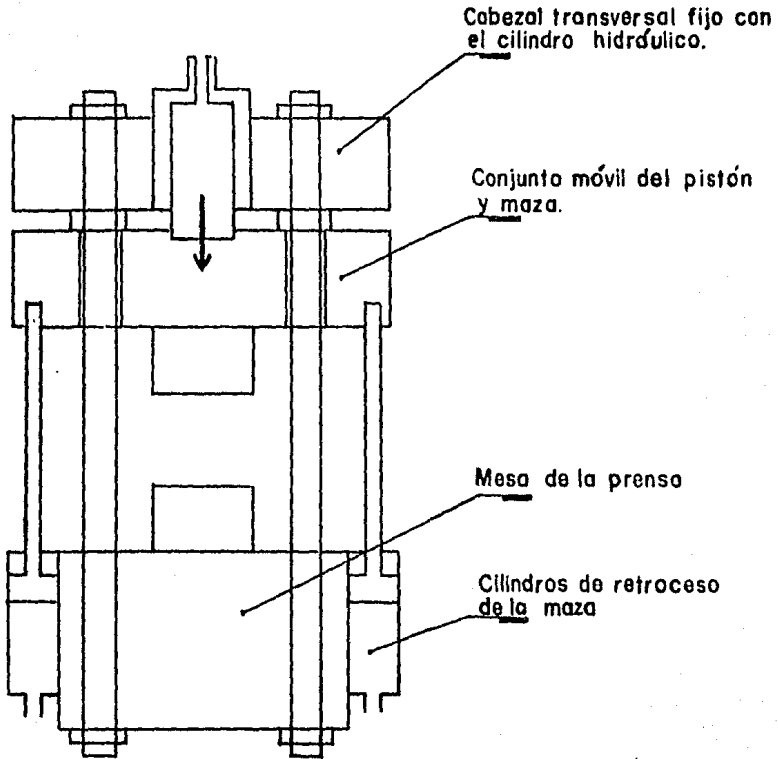


Fig. 2.6 a PRENSA HIDRAULICA

En la prensa de tirón, mostrada en la figura 2.6 b, el cilindro hidráulico principal va montado en la mesa de la prensa y tira hacia abajo de un cabezal transversal móvil que lleva incorporada la matriz superior

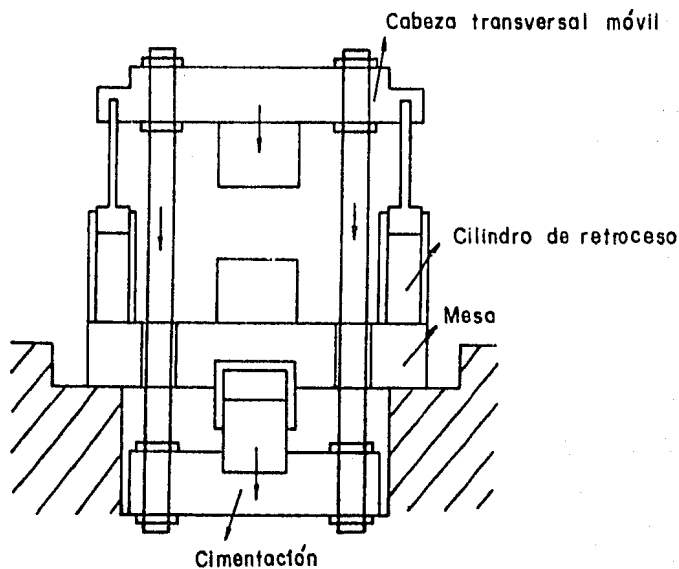


Fig. 2.6 b CONJUNTO BASTIDOR-CILINDRO MOVIL

Otra división importante de los tipos de prensas, independientemente de su diseño, es el sistema de accionamiento que puede ser directo por aceite o por medio de un acumulador.

Los modelos antiguos incorporaban un acumulador de agua co

mo el que se muestra en la Fig. 2.6 c.

En este sistema, la presión del gas en los acumuladores se utiliza para presurizar el fluido hidráulico en el cilindro principal, con este tipo de accionamiento, el grado de penetración en la pieza a forjar no depende directamente de las características de la bomba y puede variar según la presión de acumuladores y la resistencia a la deformación de la pieza.

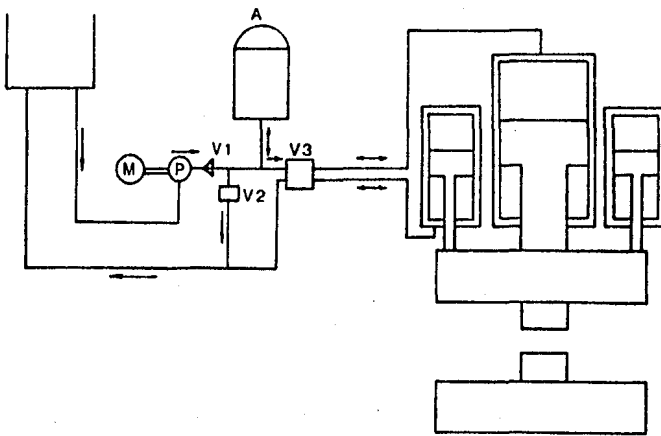
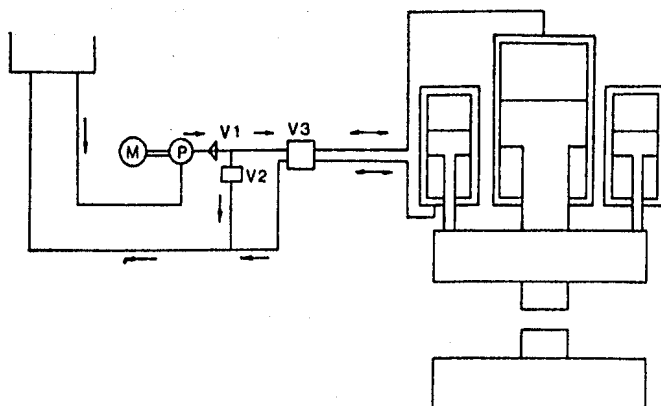


Fig. 2.6 c ACCIONAMIENTO POR ACUMULADOR

En las prensas de accionamiento directo por aceite, éste se bombea al cilindro principal desde un tanque de cebado a través de una válvula, que se cierra cuando la prensa entra en contacto con la pieza a fabricar.



ACCIONAMIENTO DIRECTO

Donde:

M = Motor

P = Bomba

A = Acumulador

V₁ = Válvula de peso único

V₂ = Válvula de Bay - pas

V₃ = Válvula de accionamiento

Fig. 2.6 d ACCIONAMIENTO DIRECTO

Durante la carrera de forja, el aceite es distribuido directamente al cilindro por las bombas, que deben tener la suficiente potencia como para mantener la presión de forja durante -

toda la carrera del pistón.

Al finalizar la operación de forja, señalado por una oposición del herramental predeterminado o por una presión máxima, -- las bombas principales se invierten a los cilindros elevadores, y el aceite del cilindro principal se vierte en el tanque de cebado a través de la válvula de cebado.

2.7 RECALCADORAS ELECTRICAS

Existen tres tipos de recaladoras eléctricas disponibles. Las máquinas horizontales Fig. 2.7, están destinadas en principio para barras largas, donde se requiere una longitud grande de recalcado. Estos equipos también disponen de mecanismos para evitar el alabeo de la barra sometida a la fuerza necesaria para el recalcado, y herramienta para el recalcado de perfiles.

Las recaladoras verticales (fig. 2.7 a) ocupan menos espacio de suelo, pero sólo pueden admitir barras de longitud limitada, por lo que solo se fabrican en la gama de tamaños más pequeños.

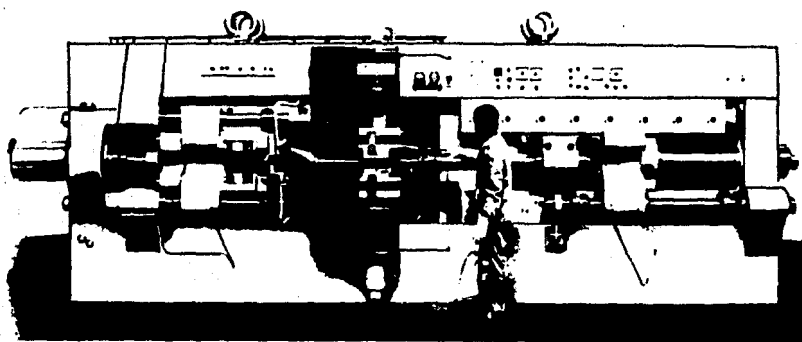


FIG. 2.7 RECALCadora ELECTRICA HORIZONTAL

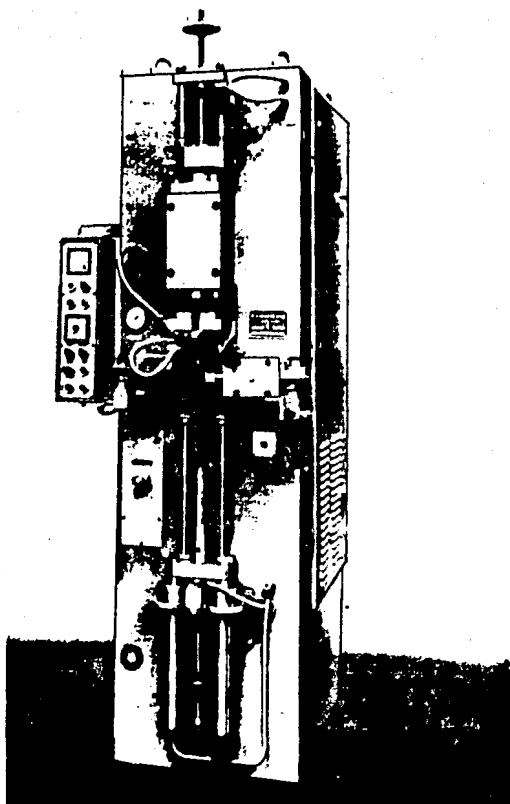


Fig. 2.7 a RECALCadora ELECTRICA VERTICAL

También se fabrican máquinas completamente automáticas - -
(Fig. 2.7 b) las cuales se incorporan tanto etapas de recalcado
como de forja.

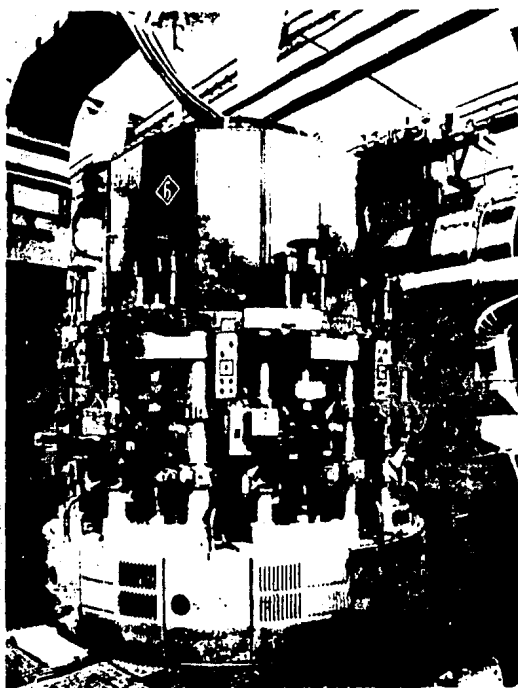


Fig. 2.7 b .RECALCADERA ELECTRICA AUTOMATICA

C A P I T U L O I I I

DISEÑO DE FORJA CERRADA

3. EMPLEO DE FORJA CERRADA

El empleo de forja cerrada es indispensable, ya que las ventajas que se tienen son bastante amplias, estas van a depender de la utilidad de la pieza forjada, por lo que actualmente se agrupan en familias:

- Para piezas de máquinas y motores (como bielas, cigüeñales, ejes, palancas, etc.) que precisan alta resistencia mecánica , se utilizan aceros de temple y revenido.
- Para piezas sometidas a grandes esfuerzos de rozamiento o a gran abrasión (como engranes, ejes, bulones, pifiones, etc.) se utilizan aceros para cementar o para nitrurar.

Y así sucesivamente, por lo cual dependerá del uso de la pieza forjada en frío o en caliente.

3.1 MATERIALES EMPLEADOS EN LA FORJA CERRADA

Dentro de los materiales empleados, cabe destacar que para todos los casos de deformación plástica, es necesario aplicar -- unas sollicitaciones o esfuerzos suficientes para que, una vez -- transmitidos a los materiales a través de los utillajes apropiados, permitan sobrepasar el límite de fluencia del material, y se inicia el flujo de materia plástica que nos da como consecuencia el producto deseado.

Se observa que a medida que un material se va deformando, puede sufrir transformaciones internas y redistribuciones de tensiones, las cuales producen agrietamientos o defectos que invalidan la pieza forjada. Por lo que este efecto impone un límite a los esfuerzos a aplicar.

También se ha observado que el aumento de temperatura produce, en algunas ocasiones, transformaciones internas de la estructura de los materiales, esto origina que la superficie de las piezas en la cual se producen reacciones químicas entre el material base o algunos de sus elementos de aleación y el medio ambiente en el que se realiza la deformación, por lo que origina un problema de oxidación mejor conocida como formación de cascarilla y reducción del carbono o descarburación los cuales se presentan -

al forjar o laminar aceros a elevada temperatura.

Debido a estos fenómenos y algunos otros específicos, de ciertos materiales o de ciertos procesos de deformación, los cuales imponen unas condiciones a los materiales, a los herramentales así como a los medios industriales usados, por lo cuál nos lleva a idear algunos ensayos, lo más simple posible y de fácil reproducción que den idea del comportamiento del material, como los que se muestran a continuación:

a) El ensayo de comprensión axial simétrica; el cuál consiste en un aplastamiento entre dos superficies planas, de un cilindro del material a ensayar a la temperatura que va a sufrir la deformación y con un diámetro y altura determinados.

Se observa que este ensayo resulta interesante para clasificar a los materiales para su forja o laminación.

Vease la Fig. 3.1 a, donde el ensayo consiste en aplicar el esfuerzo F necesario para el inicio de la fluencia del material, lo que se produce siempre en el plano medio m - m a la presión aplicada:

$$p = \frac{F}{\pi d^2/4}$$

donde:

p = Presión aplicada

F = Esfuerzo necesario

$d^2/4$ = Area del círculo

En donde el resultado es una medida del límite de fluencia del material, en las condiciones del ensayo. Resulta prácticamente independiente de h y de d , y solamente es función de su cociente: $K = \frac{h}{d}$

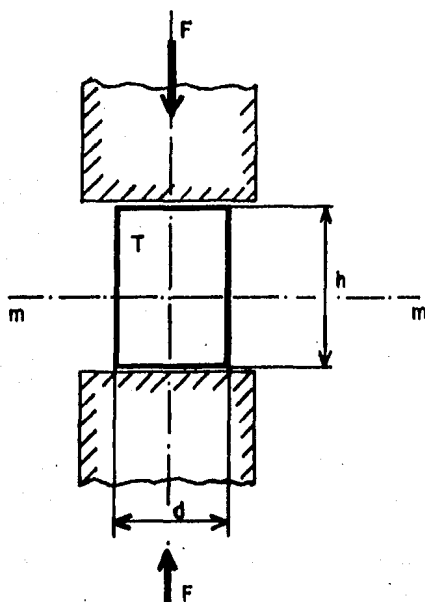


Fig. 3.1 a ENSAYO DE COMPRESION AXIAL SIMETRICA

b) El ensayo de compresión con deformación plana, o ensayo de Ford, el cual es muy útil cuando la deformación se produce de manera que en una dirección resulte prácticamente nula. Véase Fig. 3.1 b, los valores que se obtienen para el límite de fluencia son tales, que están relacionados con los correspondientes obtenidos en un ensayo clásico de tracción, por la expresión aproximada.

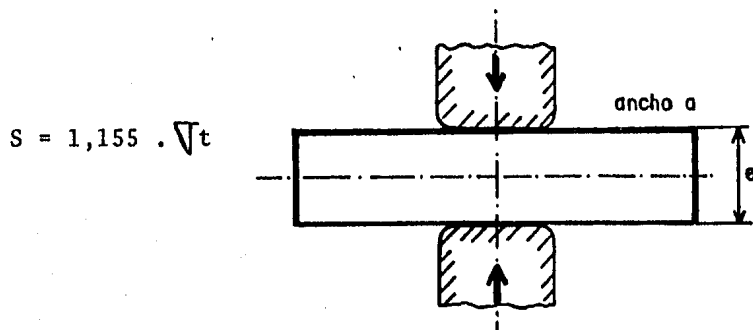


Fig. 3.1 b ENSAYO DE FORD

c) El ensayo de torsión, que nos permite medir la tensión de fluencia por esfuerzo cortante puro a distintas temperaturas, por torsión de cilindros estandarizados del material a ensayar. La relación entre tensión aplicada para la estricta torsión y la obtenida en un ensayo clásico de tracción, resulta ser:

$$K = \frac{\nabla t}{\sqrt{3}}$$

d) El ensayo de dureza nos sirve para ver la relación aproximada entre el valor obtenido de dureza Brinell y la tensión de fluencia en un ensayo de tracción : $H = C \cdot \sigma_t$

Con $C \simeq 3$ si H y σ_t se miden en Kg./ m m²

e) El análisis metalográfico que consiste en un análisis minucioso de una muestra de material determinado para conocer sus composiciones metalográficas.

3.1.1 SELECCION DE MATERIALES DE FORJA

MATERIALES PARA EL HERRAMENTAL.

La selección del material a utilizar en los dados de impresión, se hace en base a la capacidad para absorber los impactos y una buena resistencia térmica, además ser resistente al desgaste por lo cual, algunas empresas utilizan en su selección de acuerdo a su utilidad uno de los dos aceros que se muestran en la siguiente tabla 3.1.1 a y 3.1.1 b, entre otros tipos de acero:

Limites	C%	Mn%	Si%	P%	S%	Cr %	N %	Mo%	V %
Min.	0.50	0.50	0.50	0.025	0.025	1.00	1.40	0.70	0.08
Max.	0.60	0.80	0.70	MAX.	MAX.	1.20	1.60	0.90	0.13

TABLA 3.1.1 a COMPOSICION QUIMICA ACERO

Limites	C%	Mn %	Si %	P %	S %	Cr %	N %	Mo %	V %
Min.	0.53	0.70	0.20	0.025	0.025	0.90	0.50	0.40	0.07
Max.	0.58	0.95	0.35	MAX.	MAX.	1.20	0.60	0.50	0.12

TABLA 3.1.1 b COMPOSICION QUIMICA ACERO

La dureza de los dados después del temple y revenido deberá estar comprendida en un rango de 37 a 42 Rc.

MATERIALES PARA FORJAR

A continuación se dan algunos de los aceros más usuales fijándose, fundamentalmente en su forjabilidad en las siguientes tablas: 3.1.1 c aceros al carbono; 3.1.1 d aceros aleados, - - - 3.1.1 e, aceros inoxidable, en donde se pueden apreciar algunas composiciones de los tipos de aceros usados en la industria nacional.

ACEROS AL CARBONO

NORMA AISI ASTM	COLOR DE IDENTIDAD	COMPOSICION QUIMICA (%)										TRATAMIENTO TERMICO			PROPIEDADES MECANICAS					
		C	Mn	Si	P max.	S max.	Cr	Ni	Ma	V	OTRO	NORMALIZ.	ESTABILIZ.	REVENIDO	R.T.	DUREZA	L.E.	R.AREA	ELONG.	RESILEN.
												°C	AC-6 °C	°C	KG/MM ²	HBN	KG/MM ² MIN	% min	2% min	KG/M/CM ²
1008	AMARILLO	0.10	0.25	0.15	0.04	0.05						S/FORJA 900/930			36/50 35/43 50/75	89/140 97/119 139/208	20/30 20 26	28 30 28	55 60	12 14
	NEGRO	MAX.	0.30	0.30									900 G	200						
1018	AMARILLO	0.15	0.60	0.15	0.04	0.05						S/FORJA 875/900			42/49 42/50 52/72	121/140 121/147 144/200	35/42 26 36	35 28 19	15	
	CAFE	0.25	0.90	0.30									880 G	550						9
1020	AMARILLO	0.18	0.30	0.15	0.04	0.05						S/FORJA 870			46 45	134 133	34 35	59 67.9	36 35.8	
	BLANCO CAFE	0.23	0.60	0.30																
1022	AMARILLO	0.18	0.70	0.15	0.04	0.05						S/FORJA 926			51 49	151 145	37 36	67 67.5	38 34	
	NEGRO CAFE	0.23	1.00	0.30																
1025	NEGRO	0.22	0.30	0.15	0.04	0.05						S/FORJA			41	120	22.5	50	25	
	BLANCO	0.28	0.60	0.30																
1026	AMARILLO	0.22	0.60	0.15	0.04	0.05						S/FORJA								
	GRIS VERDE	0.28	0.90	0.30																
1030	NEGRO	0.28	0.60	0.15	0.04	0.05						S/FORJA 850/875			56 56/64 76/91	165 165/188 210/252	38 32 57	57 30 14	28 22	
	ROJO BLANCO	0.34	0.90	0.30									850 G	550						7
1035	VERDE	0.32	0.60	0.15	0.04	0.05						S/FORJA 850/880			53/72 52/65 55/75	156/210 146/187 156/217	28 20 34	20 20	48 50	6 6
		0.38	0.90	0.30									880 G	600						
1042		0.40	0.60	0.15	0.04	0.05						S/FORJA 840/870			64/75 82/97	188/218 228/269	36 70	19 11		
		0.47	0.90	0.30									830 G	550						4

TABLA 3.1.1. c. ACEROS AL CARBONO

ACEROS AL CARBONO

NORMA AISI ASTM	COLOR DE IDENTIDAD	COMPOSICION QUIMICA (%)										TRATAMIENTO TERMICO			PROPIEDADES MECANICAS						
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	OTRO	NORMALIZ. °C	ESTABILIZ. A-C-0 °C	REVENIDO °C	R.T. KG/MM ²	DUREZA HBN	L.E. KG/MM ² min	R.AREA % min	ELONG. 2% min	RESILEN. KG.M/CM ²	
1043		0.40 0.47	0.70	0.15 1.00	0.04 0.30	0.05						S/FORJA 840/870			64/73 82/97	188/215 228/269	36 70	19 11		4	
1045	AMARILLO	0.43 0.50	0.60 0.90	0.15 0.30	0.04 0.05	0.05						S/FORJA			62/80 60/73 83/98	183/232 176/218 230/270	30 65		45	3	
1049		0.46 0.53	0.60 0.90	0.15 0.30	0.04 0.08	0.08						S/FORJA									
1060	VERDE	0.55 0.65	0.60 0.90	0.15 0.30	0.04 0.05	0.05						S/FORJA 820/850			65/85 71/83 71/80	190/250 210/245 197/238					
1080	GRIS	0.75 0.88	0.60 0.90	0.15 0.30	0.04 0.05	0.05	0.20					S/FORJA									
1137	NEGRO	0.32 0.39	1.35 1.65	0.15 0.30	0.04 0.13	0.08 0.13						S/FORJA 850/870			850 C	600	65/100 80/85	190/290 230/278	42 60	13 14	5 5
1141	AZUL ROJO AZUL	0.37 0.45	1.35 1.65	0.15 0.30	0.04 0.13	0.08 0.13						S/FORJA									
1144	GRIS ROJO BLANCO	0.40 0.48	1.35 1.65	0.15 0.30	0.04 0.13	0.24 0.33						S/FORJA									
1146	GRIS ROJO BLANCO	0.42 0.49	0.70 1.00	0.15 0.30	0.04 0.13	0.08 0.13						S/FORJA									

TABLA 3.1.1.c ACEROS AL CARBONO

ACEROS AL CARBONO

NORMA AISI ASTM	COLOR DE IDENTIDAD	COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)										TRATAMIENTO TÉRMICO			PROPIEDADES MECÁNICAS						
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	OTRO	NORMALIZ °C	ESTABILIZ A-C8 °C	REVENIDO °C	R.T. KG/MM ²	DUREZA HBN	L.E. KG/MM ² min	R.AREA % min.	ELONG. 2" % min	RESILEN. KG.M /CM ²	
1541	AMARILLO																				
	VERDE	0.36	1.35		0.04	0.05								S/FORJA 850/880							
	AMARILLO	0.44	1.65												850 C	600					
1548M																					
		0.44 0.52	1.10 1.44		0.04	0.06 0.09								S/FORJA 850							

TABLA 3.1.1.c. ACEROS AL CARBONO

ACEROS ALEADOS

NORMA AISI ASTM	COLOR DE IDENTIDAD	COMPOSICION QUIMICA (%)										TRATAMIENTO TERMICO			PROPIEDADES MECANICAS						
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	OTRO	NORMALIZ.	ESTABILIZ.	REVENIDO	R. T.	DUREZA	L. E	R. AREA	ELONG.	RESILEN.	
													°C	°C	°C	KG/MM ²	HBN	KG/MM ² min	% min	2 ¹¹ %min	KGW/CM ²
4130	NARANJA	0.28	0.40	0.20	0.035	0.04	0.80		0.15			S/FORJA				75/115	217/337				
	AMARILLO	0.33	0.60	0.35			1.10		0.25			860/880				76/95	217/290	47	13	40	
4137		0.35	0.70	0.20	0.035	0.04	0.80		0.15			S/FORJA									
		0.40	0.90	0.35			1.10		0.25												
4140	NARANJA	0.38	0.75	0.20	0.035	0.04	0.80		0.15			S/FORJA				80/95	240/290				
	GRIS	0.43	1.00	0.35			1.10		0.25			850/880				90/110	262/321	60	11	30	2
4320	CAFE	0.17	0.45	0.20	0.035	0.04	0.40	1.65	0.20			S/FORJA				80/110	231/321				
	BLANCO	0.22	0.65	0.35			0.60	2.00	0.30			850/870				80/95	229/277	45	12	30	3
4340	ROJO	0.38	0.60	0.20	0.035	0.04	0.70	1.65	0.20			S/FORJA				110/130	320/380				
	VERDE AZUL	0.43	0.80	0.35			0.90	2.00	0.30							100/125	295/370				5.5
4815	NARANJA	0.13	0.40	0.20	0.035	0.04		3.25	0.20			S/FORJA									
	GRIS VERDE	0.18	0.60	0.35				3.75	0.30												
8615		0.13	0.70	0.20	0.035	0.04	0.40	0.40	0.15			S/FORJA									
		0.18	0.90	0.35			0.60	0.70	0.25												
8620	NARANJA	0.18	0.70	0.20	0.035	0.04	0.40	0.40	0.15			S/FORJA				57/78	166/226				
	ROJO GRIS	0.23	0.90	0.35			0.60	0.70	0.25			86/880				53/68	134/197	27	19	40	6
8720		0.18	0.70	0.20	0.035	0.04	0.40	0.40	0.20			S/FORJA									
		0.23	0.90	0.35			0.60	0.70	0.30												

TABLA 3.1.1. d ACEROS ALEADOS

ACEROS ALEADOS

NORMA AISI ASTM	COLOR DE IDENTIDAD	COMPOSICION QUIMICA (%)										TRATAMIENTO TERMICO			PROPIEDADES MECANICAS						
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	OTRO	NORMALIZ.	ESTABILIZ.	REVENIDO	R. T.	DUREZA	L. E.	R. AREA	ELONG.	RESILEN.	
												°C	A-C-G °C	°C	KG/MM ²	HBN	KG/MM ² min	% min	2" % min	KGM/CM ²	
8622		0.20	0.70	0.20	0.035	0.04	0.40	0.40	0.15			S/FORJA									
9840	VERDE	0.38 0.43	0.70 0.90	0.15 0.30	0.035 MAX.	0.035 MAX.	0.90 1.20	0.90 1.20	0.15 0.25			S/FORJA 850/900		840 C	600	85/110 80/115 81/110	250/324 235/338 225/310				

TABLA 3.1.1.d ACEROS ALEADOS

ACEROS INOXIDABLES

NORMA AISI ASTM	COLOR DE IDENTIDAD	COMPOSICION QUIMICA (%)										TRATAMIENTO TERMICO			PROPIEDADES MECANICAS					
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	OTRO	NORMALIZ.	ESTABILIZ.	REVENIDO	R. T.	DUREZA	L.E.	R.AREA	ELONG.	RESILEN.
		MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	°C	A-C-G °C	°C	KG/MM ²	HBN	KG/MM ² min	% min	2 ^a % min	KG.W/CM ²
302		0.15 MAX.	2.00 MAX.	1.00 MAX.	0.045 MAX.	0.03 MAX.	17.00 19.00	8.00 10.00					S/FORJA							
304	BLANCO VERDE BLANCO	0.08 MAX.	2.00 MAX.	1.00 MAX.	0.040 MAX.	0.03 MAX.	18.00 20.00	8.00 11.00					S/FORJA	1050 G	55/85 50/70	160/248 130/180	20	45	65	
309		0.20 MAX.	2.00 MAX.	1.00 MAX.	0.045 MAX.	0.03 MAX.	22.00 24.00	12.00 15.00					S/FORJA							
310		0.15 MAX.	2.00 MAX.	1.00 MAX.	0.040 MAX.	0.03 MAX.	24.00 26.00	19.00 22.00					S/FORJA		55		21	50	30	
314		0.25 MAX.	2.00 MAX.	1.50 3.00	0.045 MAX.	0.03 MAX.	23.00 26.00	19.00 22.00					S/FORJA							
316	BLANCO AZUL BLANCO	0.08 MAX.	2.00 MAX.	1.00 MAX.	0.045 MAX.	0.03 MAX.	16.00 18.00	10.00 14.00	2.00 3.00				S/FORJA		55/90 52/70	160/162 131/202	21 20	50 45	30 60	14
316L		0.035 MAX.	2.00 MAX.	1.00 MAX.	0.040 MAX.	0.03 MAX.	16.00 18.00	10.00 15.00	2.00 3.00				S/FORJA		45		18	50	30	
403		0.15 MAX.	1.00 MAX.	0.50 MAX.	0.040 MAX.	0.03 MAX.	11.50 13.00						S/FORJA							
405		0.08 MAX.	1.00 MAX.	1.00 MAX.	0.040 MAX.	0.03 MAX.	11.50 14.50				AL 0.10 0.30	S/FORJA								

TABLA 3.1.1. e ACEROS INOXIDABLES .

ACEROS INOXIDABLES

NORMA AISI ASTM	COLOR DE IDENTIDAD	COMPOSICION QUIMICA (%)										TRATAMIENTO TERMICO			PROMEDADES MECANICAS						
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	OTRO	NORMALIZ.	ESTABILIZ.	REVENIDO	R.T.	DUREZA	L.E.	R. AREA	ELONG.	RESILEM.	
													°C	A-C6 °C	°C	KG/MM ²	MBN	KG/MM ² MIN	% min	E ^{1/2} min	KOM/CM ²
410	NEGRO	0.15	1.00	1.00	0.03	0.03	11.50								80/130	238/395					
		MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	15.50						970 C	650	65/80		45	15	55		
416	BLANCO	0.15	1.25	1.00	0.03	0.15	12.00														
	GRIS BLANCO	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	0.30	14.00						975 C	650	121/136	360/400					
F5		0.15	0.30	0.50	0.03	0.03	4.00	0.50	0.44						49/74	143/217	28	35	20		
		MAX.	0.60	MAX.	MAX.	MAX.	6.00	MAX.	0.65				675	675	49/74	143/217	28	35	20		
F5A		0.25	0.60	0.50	0.04	0.03	4.00	0.50	0.44						64/84	187/248	46	50	22		
		MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	6.00	MAX.	0.65				675	675	64/84	187/248	46	50	22		
F11		0.10	0.30	0.50	0.04	0.04	1.00		0.44						49/70	143/207	28	30	20		
		0.20	0.60	1.00	MAX.	MAX.	1.50		0.55				620	620	49/70	143/207	28	30	20		
17-4PH		0.07	1.00	1.00	0.04	0.03	15.50	3.00	0.15		Cu										
		MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	MAX.	17.50	3.00	0.45		3.00 5.00										

TABLA 3.1.1.e. Aceros inoxidables

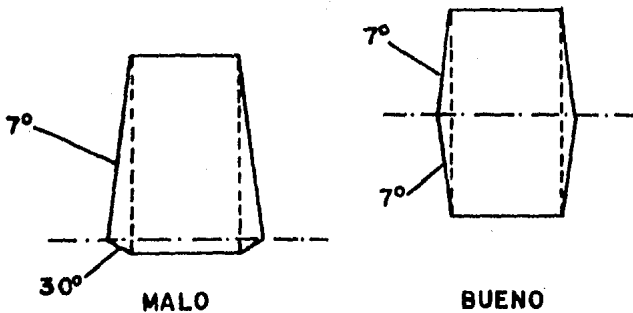
3.2 PROCEDIMIENTO EMPLEADO EN EL DISEÑO DE FORJA CERRADA

El procedimiento nace debido a la creación de diseño de dados con el objeto de asegurar la fabricación de piezas forjadas.

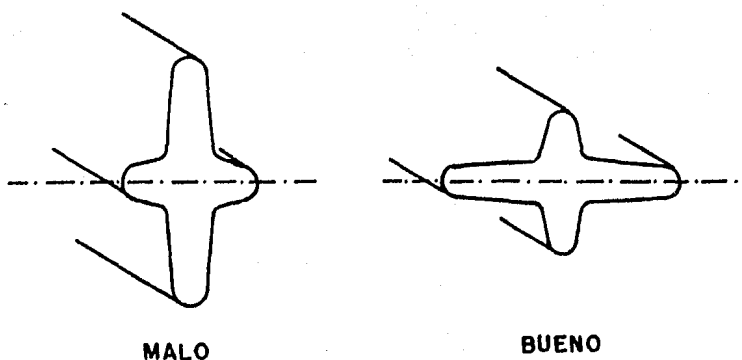
Se parte en base a la pieza maquinada, o a una pieza terminada, por lo que el desarrollo de diseño de la pieza forjada es de acuerdo a las observaciones siguientes:

A) DETERMINACION DEL SENTIDO DEL FORJADO DE LA PIEZA:

Se trata de seleccionar la posición en la cuál va a ir impresa en el troquel, ya sea horizontal o verticalmente dependiendo de la facilidad de fabricación del dado. Como se observa en la figura 3.2 a:



LOCALIZACION CENTRAL REDUCE EL EXCESO DE MATERIAL



EVITA LAS IMPRESIONES PROFUNDAS EN EL DADO

Fig. 3.2 a SUGERENCIAS DE COLOCACION DE LA PIEZA IMPRESA

B) PASOS EN EL DISEÑO DEL DADO:

- 1.- Calcular el volumen de la forja (peso).
- 2.- Determinar la línea local, tipo y grado de orientación del forjado.
- 3.- Checar la orientación del grano apropiado del flujo.
- 4.- Determinar el ancho y espesor, basado en posición ancho y -- profundidad de la cavidad y radios.
- 5.- Calcular la perforación de la base del dado (si requiere).
- 6.- Calcular el diámetro del material, sección del tamaño y lon-

gitud.

- 7.- Calcular la fuerza y energía requerida de la plataforma.
- 8.- Determinar la presión del aire de lubricación de forja.
- 9.- Cálculo de fuerza y energía requerida por cada espacio.
- 10.- Determinar el tamaño del bloque del dado por:
 - a.- longitud
 - b.- ancho
 - c.- cálculo del dado
 - d.- altura del dado (de la especificación del equipo)
- 11.- Determinar el número de piezas por impresión.
- 12.- Observar posibles fracturas del dado, durante el proceso.
- 13.- Prueba del dado de acuerdo a la dureza necesaria para el --
proceso..

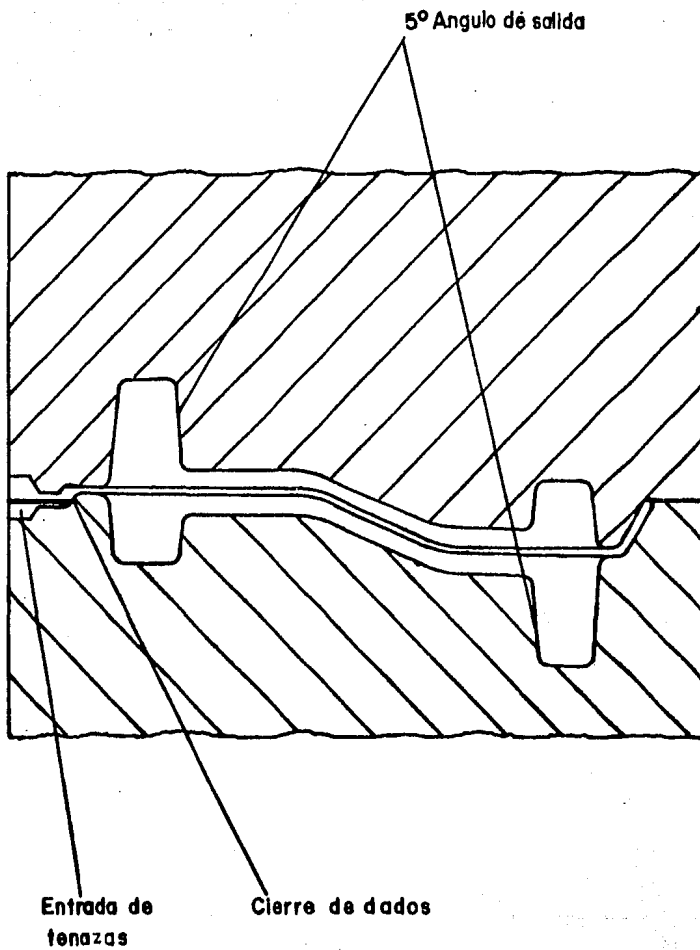


Fig. 3.2 b UBICACION DE LA PIEZA EN EL DADO

3.2.1. DETERMINACION DEL PESO NETO

PESO NETO: es el peso de la pieza determinado y calculado por el peso de la forja en base a los borradores de dibujos, modelos físicos elaborados con madera, metal, grafito, plastiduro, yeso entre otros tipos de materiales. El objeto de elaborar estos tipos de modelos, es el de contar con las piezas físicas en perfecto estado para futuras impresiones de dado. Por otra parte el no contar con la pieza puede acarrear problemas por in correcciones de las dimensiones del dibujo y por falta de notas e información.

Ahora bien los cálculos del peso del trabajo se elaboran en borrador en el cual el proceso consiste en dividir a la pieza conforme a la sección geométrica regular como: esférica, cilíndrica, cubo, etc. Ésto es obteniendo el volumen de cada una de estas secciones, después el volumen obtenido posteriormente es el de simple operación que consiste en convertir el volumen de la figura sobre el peso de los cálculos del volumen, también el peso puede ser obtenido directamente.

Por consiguiente el cálculo del peso de la pieza se determina en base a la curva de volumen y con ayuda del planímetro, el volumen de la pieza, en donde el producto del volumen encon-

trado por el peso específico del acero, da el peso de la pieza;-
entonces tenemos:

Peso de la pieza = Volumen (cm³) x $\frac{7.85}{1000}$ (Kg./dm³) Sistema Métrico Decimal

Peso de la pieza + Volumen (inch³) x 0.2834 (Lb/inch³) Sistema-Ingles

3.2.1.1 PASOS PARA LOGRAR UN BUEN CALCULO DEL PESO TOTAL, CALCULO DE VOLUMEN.

Para el cálculo del volumen se usa el siguiente procedimiento:

- a.- Dibujar la pieza en vista de planta y perfil sobre un mismo eje central, misma sección transversal a una conveniente escala de ser posible uno a uno.
- b.- Distribuir un contorno del flash estimado alrededor de la forja tanto en la vista de perfil como en la de planta.
Ver tabla 3.2.3.1.1.
- c.- Dibujar como base, una línea paralela a la longitud axial de la forja, a una distancia conveniente de la vista de planta.

- d.- Dividir la forja en secciones convenientes, de preferencia donde exista un cambio abrupto de dimensiones. Si es muy complicada se divide regularmente.
- e.- Dibujar líneas paralelas entre sí y al eje, que coincidan con los puntos analizados anteriormente, atravesando las dos vistas e identificándolas.
- f.- Dibujar cada una de las secciones a escala.
- g.- Calcular el área de cada una de las secciones y anotarlas en su línea correspondiente.
- h.- Trazar una gráfica de área axialmente a la forja, tomando la ordenada como las distancias de las diferentes secciones y la abscisa como el área. Trácela a escala uno a uno.
- i.- Calcular el área de la gráfica que es el volumen y analizar la forma de la gráfica.
- j.- Para piezas que requieren un herramental redondo, usar la fórmula $D = 2\sqrt{A/\pi}$ para calcular el diámetro de cada una de las diferentes secciones, repartiendo el radio sobre un eje longitudinal además punteando los puntos a es-

cala y uniéndolos con curvas elípticas.

3.2.2 DETERMINACION DEL PESO FORJADO

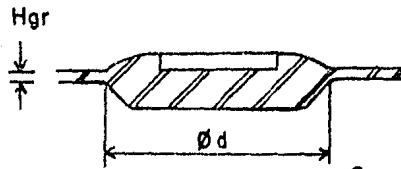
Va a depender del tipo de material empleado, ya que debido a los diferentes factores del peso específico de la variación de los diferentes metales como: aluminio, bronce, acero, monel y muchos otros, frecuentemente se dificulta dividir la pieza en figuras regulares como medio para obtener su peso teórico como son los surcos irregulares, tiras sobrantes etc.

Por lo que desde el punto de vista de la determinación del peso, se puede dividir la forja en distintas clases como sigue:

- a.- Forja simple: las secciones son fáciles de calcular en base a las tablas.
- b.- Forja de medianas dificultades, estas contienen secciones regulares y algunas de ellas ya no lo son.
- c.- Forja difícil: son las forjas con secciones irregulares -- que hacen difícil su cálculo.

A continuación se dan unas sugerencias para calcular los espesores de rebaba y núcleo.

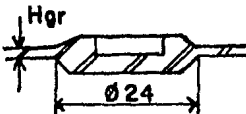
REBABAS EN PIEZAS REDONDAS



$$hgr = \frac{\text{SUPERFICIE}}{\text{PERIMETRO}} \times 0.07 = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{\pi d} \times 0.07$$

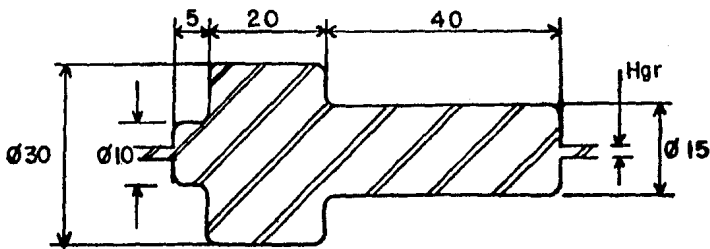
$$hgr = 0.017d$$

Ejemplo.



$$hgr = 0.0175 \times 24 = 0.42 \text{ mm}$$

REBABAS EN PIEZAS DE FORMA



$$hgr = 0.015 \sqrt{\text{SUMA DE SUPERFICIES}}$$

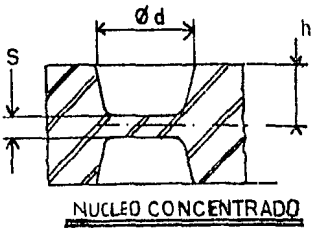
Ejemplo.

$$hgr = 0.015 \sqrt{(5 \times 10) + (20 \times 30) + (40 \times 15)}$$

$$= 0.015 \sqrt{50 + 600 + 600}$$

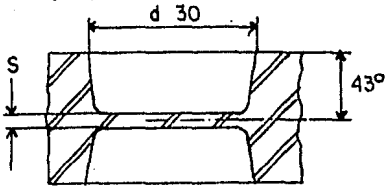
$$hgr = 0.015 \sqrt{1250}$$

$$= 0.015 \times 35.35 = 0.53 \text{ mm}$$

ESPEORES DE NUCLEOMINIMA

$$S = \left[0.45 \sqrt{d - (0.25)(h) - 5} \right] + 0.6\sqrt{h}$$

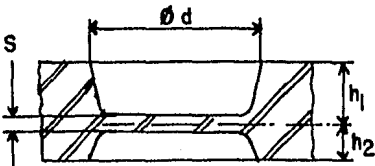
Ejemplo.



$$S = \left[0.45 \sqrt{30 - (0.25)(43^\circ) - 5} \right] + 0.6\sqrt{45^\circ}$$

$$= \left[0.45 \sqrt{30 - 10.875 - 5} \right] + 0.6(6.59)$$

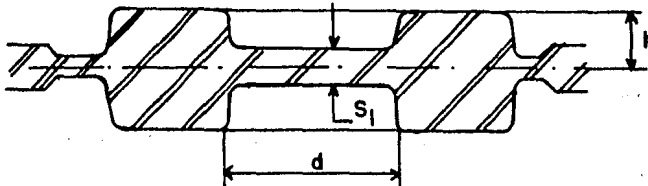
$$= \left[0.45(3.75) \right] + 3.95 = 5.6375$$

NUCLEO DESCENTRADO

$$S = \left[0.45 \sqrt{d - 0.25(h_1) - 5} + 0.6\sqrt{h_1} \right] +$$

$$+ \left[0.35 \sqrt{d - 0.25(h_2) - 5} + 0.6\sqrt{h_2} \right]$$

DETERMINACION DE ESPESOR DE NUCLEO O CENTRO DE REBABA



donde:

$$d = 90.47$$

$$h = 43.66$$

$$S_1 = \left[(0.45) \left(\sqrt{d - (0.25)(h) - 5} \right) + 0.6\sqrt{h} \right]$$

$$S_1 = 7.85$$

3.2.3 DETERMINACION DEL PESO DE CORTE

Para calcular el peso de corte conocido como rebaba, ésto se determina después del volumen de la pieza de la siguiente manera :

$$\text{Peso de rebaba} = [(\text{vol.pza.} + \text{reb}) - \text{vol.pza}] \times 7.85 \text{ Kg/dm}^3$$

3.2.3.a. EL PESO Y LONGITUD DE LA MATERIA PRIMA SE CALCULA DE LA SIGUIENTE MANERA:

1.- La sección de la materia prima es la de mayor sección:

Para obtener el peso de la materia prima, considerar los siguientes factores:

- peso de la pieza
- peso de la rebaba
- peso de la tenaza. Dar como longitud la mitad del diámetro correspondiente a la sección de la materia prima.
- pérdidas por oxidación o caspa, dar el 6% del total.

2.- Para obtener el peso de la materia prima (M.P.) tenemos:

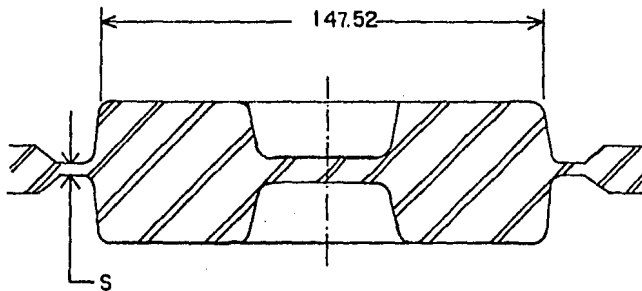
Peso M.P. = (peso pza. + peso reb. + peso tenza) x 1.06

3.- La longitud de la materia prima es calculada de la siguiente manera:

$$L = \frac{\text{Volumen total (cm}^3\text{)}}{\text{Sección (cm}^2\text{)}} = \frac{7.85 \text{ (gr/cm}^3\text{)}}{\text{Sección (cm}^2\text{)}}$$

A continuación se dan unas sugerencias para el cálculo de rebaba o flash.

DETERMINACION DE LA REBABA (FLASH)



S= Espesor de flash

$$S = \frac{\text{SUPERFICIE}}{\text{PERIMETRO}} \times 0.07$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \times 0.07$$

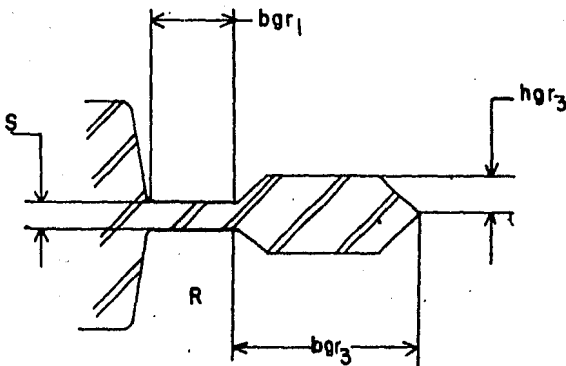
$$S = \frac{D}{4} \times 0.07$$

$$S = 0.0175 (D)$$

$$S = 0.0175 (147.52)$$

$$S = 2.582 \text{ mm}$$

Dimensiones en milímetros

DETERMINACION DE LONGITUD
O ANCHO DE FLASH

S= Espesor de flash

SI S= 3

DATOS :

$$bgr_1 = 10$$

$$bgr_3 = 25$$

$$R = 1.5$$

$$hgr_3 = 5$$

Nota: Datos obtenidos de la tabla 3.2.3

ϕ o ANCHO MAX. DE PZA	<20 mm	40	60	85	110	140	175
b ANCHO DEL LABIO mm	5.	6	7	8	9	10	11
ϕ o ANCHO MAX. DE PZA	<210	240	275	305	340	400	400
b ANCHO DEL LABIO mm	12	13	14	15	16	18	20

e= ESPESOR LABIO	mm	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
R ₁ MINIMO DE PZA	mm	1.0	1.2	1.6	1.6	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0
r ₁ = R	mm	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0
r = e/2	mm	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5

C O E N D I C E	MUY FACIL	b	5	6	8	10	12	14	16	18	20
	Ke=1.0 C=4.0	b ₁	22	23	24	26	28	29	30	31	32
	H/Ancho Prom.=0	S cm ²	0.85	1.05	1.30	1.65	2.05	2.45	2.85	3.30	3.85
	FACIL	b	5	7	9	11	13	16	18	20	
	Ke=1.2 C=4.5	b ₁	23	24	26	28	30	32	33	34	
	H/A Prom.<1.0	S cm ²	0.90	1.12	1.45	1.80	2.25	2.75	3.20	3.65	
	MEDIA	b	6	8	10	13	15	18	20		
	Ke=1.4 C=5.0	b ₁	24	26	28	30	32	34	36		
	H/A Prom.<2.5	S cm ²	0.95	1.23	1.55	2.00	2.45	3.00	3.50		
	DIFICIL	b	7	10	12	15	18	20			
	Ke=1.7 C=6.0	b ₁	26	28	30	32	35	38			
	H/A Prom. <4.5	S cm ²	1.05	1.35	1.70	2.15	2.75	3.35			
	MUY DIFICIL	b	8	11	14	18	20				
	Ke=2.0 C=7.0	b ₁	28	30	32	36	40				
	H/A Prom. >4.5	S cm ²	1.15	1.50	1.85	2.50	3.15				

3 2.3.1.1 TABLA DE ALOJAMIENTO DE REBABA

3.2.3.1 LA REBABA EN LA FORJA

Cuando a lo largo de un proceso de deformación plástica, el material debe fluir a través de un orificio y llenar una determinada cavidad, a la operación elemental consistente en formar esa cavidad se le denomina filaje o extrusión inducida.

Las presiones en el orificio de filaje deben ser suficientes para producir la extrusión a través de él, para conseguir el perfecto llenado de la cavidad y para vencer el rozamiento en las paredes de la misma.

De entre el conjunto de orificios usados para conseguir las presiones de filaje necesarias, el más común es la formación de rebaba fig. 3.2.3.1.

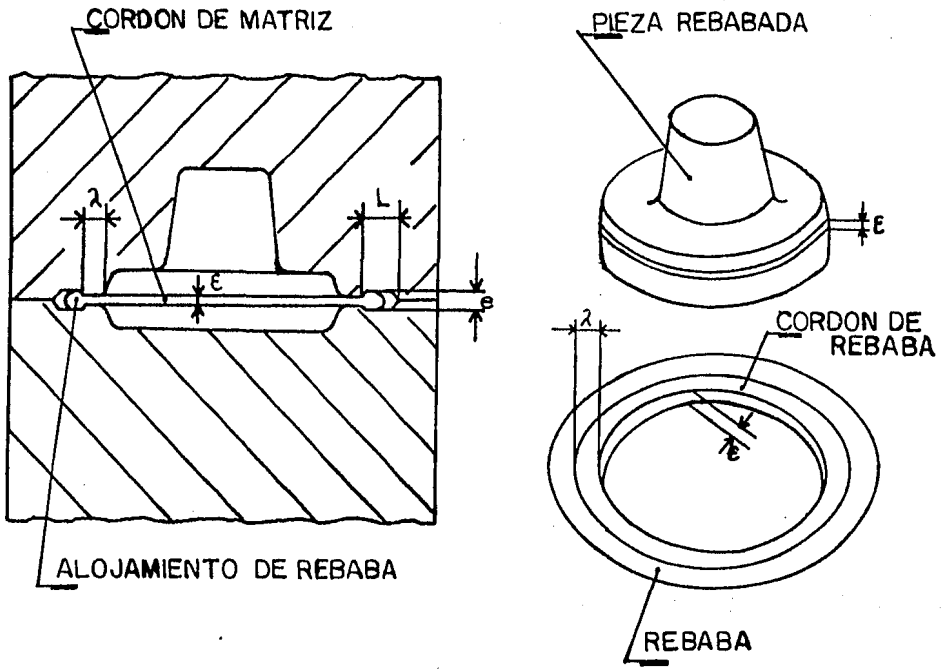


FIG. 3.2.3.1 FORMACION DE REBABA

Donde:

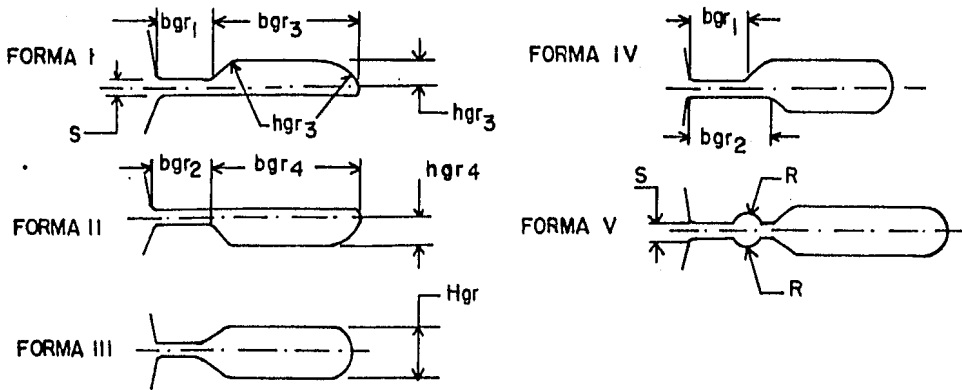
En la pieza {
 - cordón de rebaba } el conjunto de ambos es la rebaba
 - exceso de rebaba }
 ξ = espesor de rebaba
 λ = anchura del cordón de rebaba

En el troquel {
 - cordón de matriz, de anchura λ , y tal que al unirse los troqueles, dejan un hueco de anchura ξ .
 - alojamiento de rebaba, de espesor e y anchura L .

Este orificio de formación de rebaba tiene dos motivos importantes:

Uno es permitir evacuar el material sobrante que inevitablemente se produce en la forja de la pieza, y el otro, crear la retención necesaria para conseguir en los orificios de filage las presiones apropiadas para el buen llenado de las cavidades.

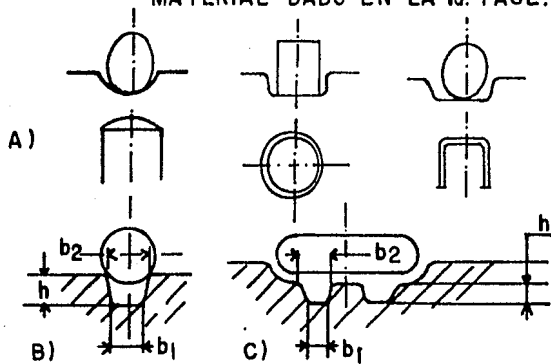
A continuación se dan algunas formas de posición de la rebaba Fig. 3.2.3.1. a



REBABA FORMA I y II : PARA TODAS LAS PIEZAS EN GENERAL, QUE SEAN FACILES.

REBABA FORMA III y IV : PIEZAS COMPLICADAS Y NECESITAN UN GRAN ALOJAMIENTO DE REBABA.

REBABA FORMA V : REBABAS PARA UNA 2ª. FASE QUE NECESITAN ALOJAR EL EXCESO DE MATERIAL DADO EN LA 1ª. FASE.



GRUPO A: PIEZAS ESTAMPADAS FACILES (PIEZAS REDONDAS y EJES MUY FACILES).

GRUPO B: PIEZAS ESTAMPADAS DE FORMA REGULAR (EJES PRIMARIOS, CUERPOS, ETC).

GRUPO C: PIEZAS ESTAMPADAS DE FORMA MUY COMPLICADA.

-DIMENSIONES EN MILIMETROS-

Fig. 3.2.3.1 DISTINTAS POSICIONES DE LA REBABA

ϕ o ANCHO MAX. DE PZA	<20 mm	40	60	85	110	140	175		
b ANCHO DEL LABIO mm	5.	6	7	8	9	10	11		
ϕ o ANCO MAX. DE PZA	<210	240	275	305	340	400	400		
b ANCO DEL LABIO mm	12	13	14	15	16	18	20		

e= ESPESOR LABIO	mm	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
R ₁ MINIMO DE PZA.	mm	1.0	1.2	1.6	1.6	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0
r ₁ = R	mm	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0
r = e/2	mm	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5

DIFICIL	MUY FACIL	b	5	6	8	10	12	14	16	18	20
	Ke=1.0 C=4.0	b ₁	22	23	24	26	28	29	30	31	32
	H/Ancho Prom=0	S cm ²	0.85	1.05	1.30	1.65	2.05	2.45	2.85	3.30	3.85
	FACIL	b	5	7	9	11	13	16	18	20	
	Ke=1.2 C=4.5	b ₁	23	24	26	28	30	32	33	34	
	H/A Prom.<1.0	S cm ²	0.90	1.12	1.45	1.80	2.25	2.75	3.20	3.65	
	MEDIA	b	6	8	10	13	15	18	20		
	Ke=1.4 C=5.0	b ₁	24	26	28	30	32	34	36		
	H/A Promi <2.5	S cm ²	0.95	1.23	1.55	2.00	2.45	3.00	3.50		
	DIFICIL	b	7	10	12	15	18	20			
DIFICIL	Ke=1.7 C=6.0	b ₁	26	28	30	32	35	38			
	H/A Prom. <4.5	S cm ²	1.05	1.35	1.70	2.15	2.75	3.35			
	MUY DIFICIL	b	8	11	14	18	20				
DIFICIL	Ke=2.0 C=7.0	b ₁	28	30	32	36	40				
	H/A Prom. >4.5	S cm ²	1.15	1.50	1.85	2.50	3.15				

3 2.3.1.1 TABLA DE ALOJAMIENTO DE REBABA

3.2.4 ECONOMIA DE MATERIALES EN FORJA CERRADA

Hoy en día, la forja requiere como en cualquier otra actividad, de la minimización de los costos totales de producción, hablando específicamente de forja, tenemos varios factores a -- considerar como los más importantes en la preparación de las -- piezas forjadas, por lo tanto tenemos:

VENTAJAS EN LA ECONOMIA DE MATERIAL

- a.- Material a forjar, el máximo utilizable y el mínimo de desecho.
- b.- Optimización de dados, con respecto a su vida y costo de fabricación.
- c.- Estándares de producción, golpes y tiempos de forja por -- pieza reducida.
- d.- Bajo consumo de energía necesaria para conformar el material.
- e.- Minimización del desecho, comunmente ligado con dobleces, falta de llenado y flujo de grano distorcionado.

f.- Impacto muy fuerte a la batería y herramienta, originando altos costos de mantenimiento por mal diseño.

g.- Facilidad de operación de forjado.

3.3 DETERMINACION DE LA SECUENCIA DE FORJADO

La determinación de la secuencia del forjado es en base a la configuración de la pieza a forjar por lo cual, se puede - - enunciar para la impresión del dado o troquel como sigue:

- a) Reductor
- b) Distribuidor
- c) Rolador
- d) Aplanador
- e) Doblador
- f) Tajador

3.3.a REDUCTOR

Es la impresión de un dado que permite la reducción de material en secciones transversales y además lo alarga sobre el eje longitudinal del material fig. 3.3.a.

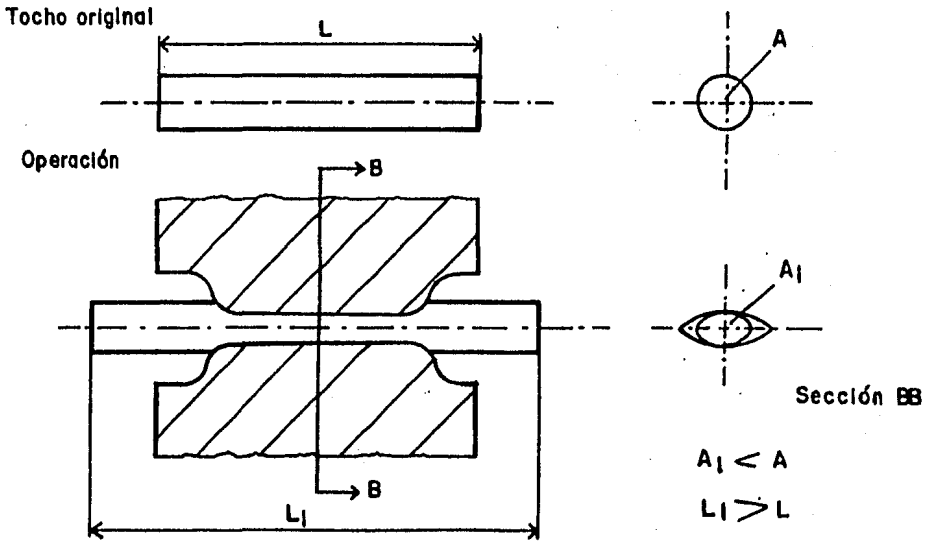


FIG. 3.3a REDUCTOR

3.3.b DISTRIBUIDOR

La función del distribuidor básicamente es el acumulamiento o redistribución del material donde a la vez da una ligera forma de la pieza final, además que puede distribuir mas fácil-

mente material para el finalizado o preformado, normalmente son abiertos en un lado o cerrados en la distribución del dado Fig. 3.3. b.

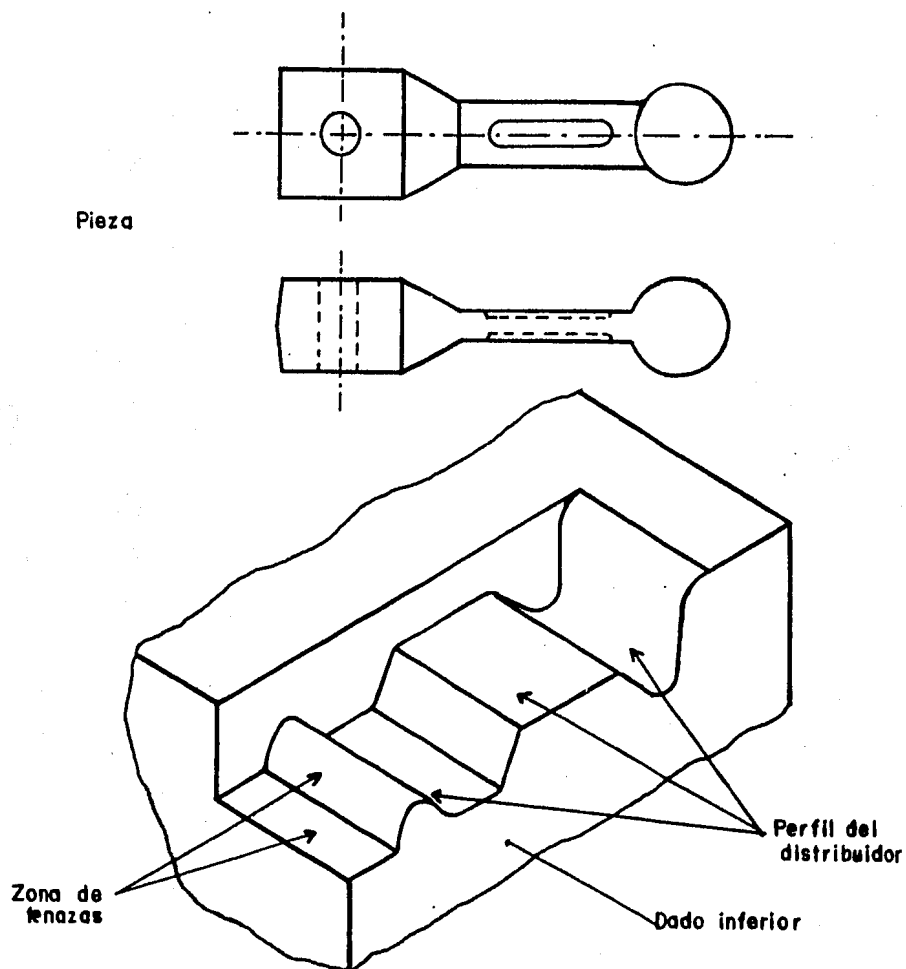


FIG. 3.3. b DISTRIBUIDOR

3.3. c ROLADOR

Los roladores son usados para redondear BILLET cuadrado o barra redonda y frecuentemente acomoda el material para los pasos siguientes en forma redonda y con varias figuras como se observa en la Fig. 3.3. c.

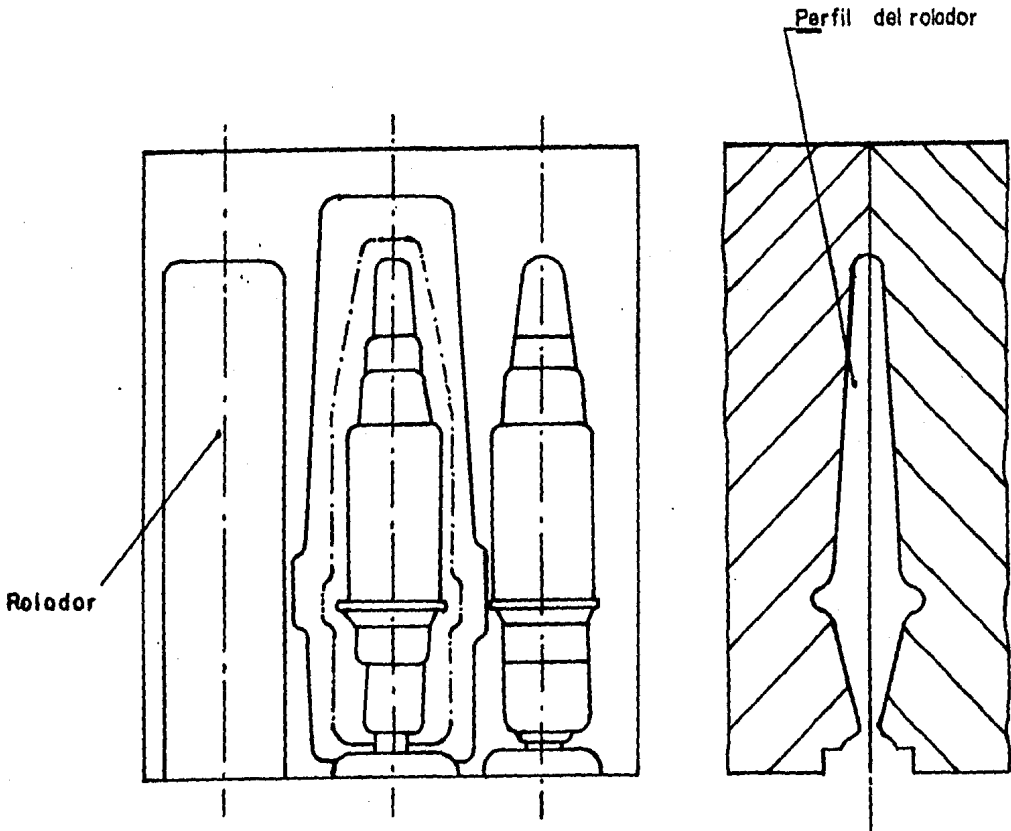


FIG. 3.3.C ROLADOR

3.3. d APLANADOR

El aplanador se usa para distribuir el material axialmente de una sección transversal dada, o solo aplanar el material como se muestra en la Fig. 3.3.d.

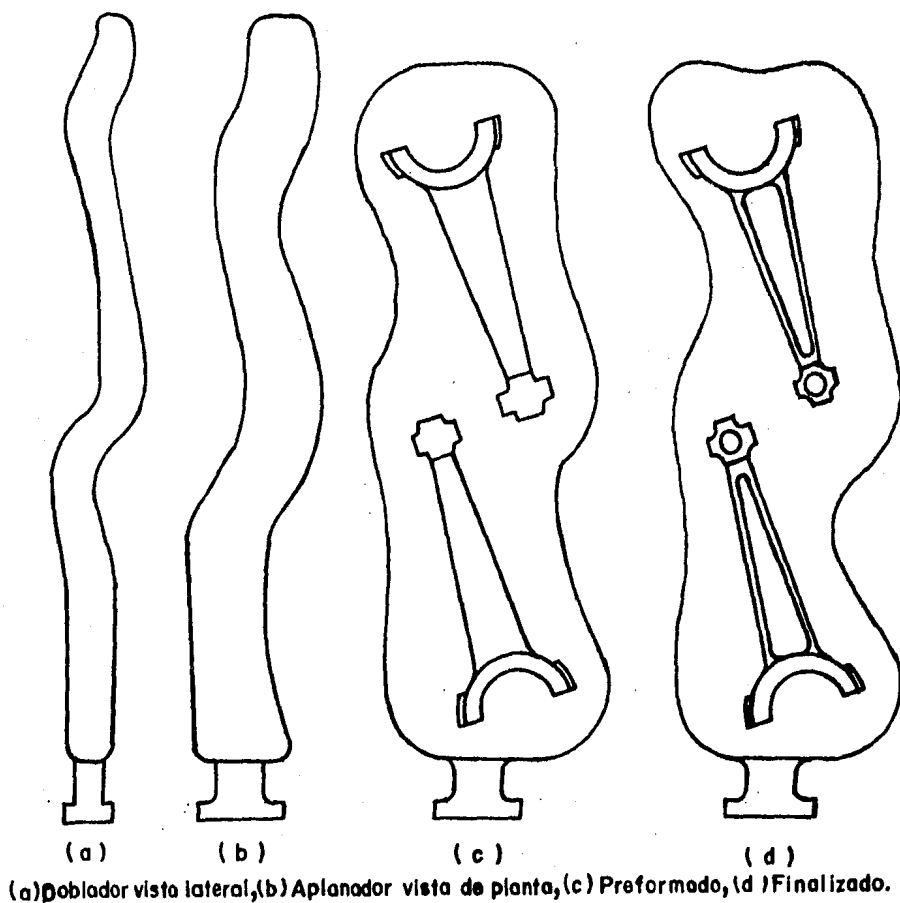


FIG. 3.3.d APLANADOR

3.3. e DOBLADOR

El doblador dobla o pandea el material, existen dos tipos- abiertos o cerrados, como se muestra en la Fig. 3.3.e.

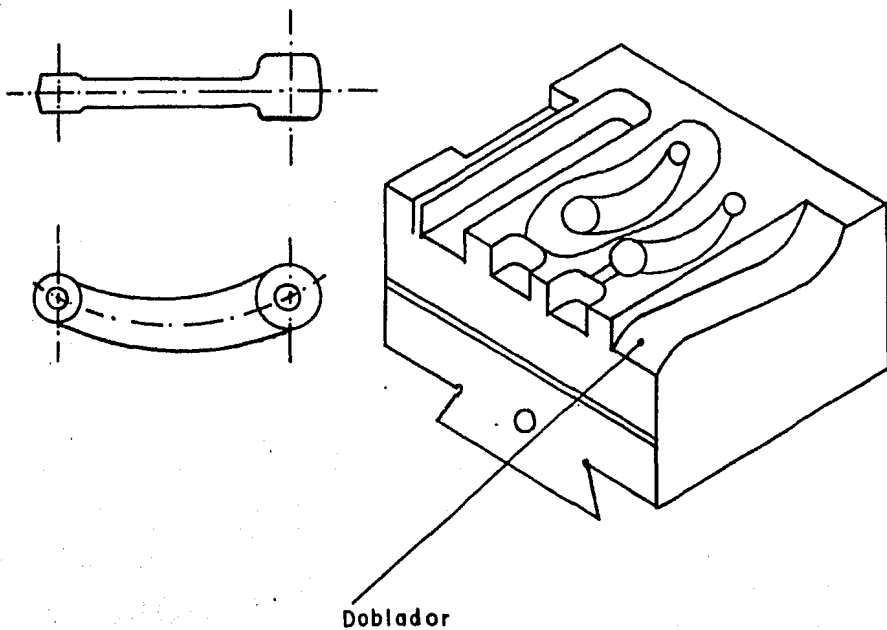


FIG. 3.3. e DOBLADOR

3.3. f TAJADOR

Se usan especialmente en piezas en forma de horquilla, el material parcialmente lo parte para llenar cavidades de mate-

rial muy distante entre si, empleandose radios bastante generosos para evitar los traslapes como se ve en la Fig. 3.3. f.

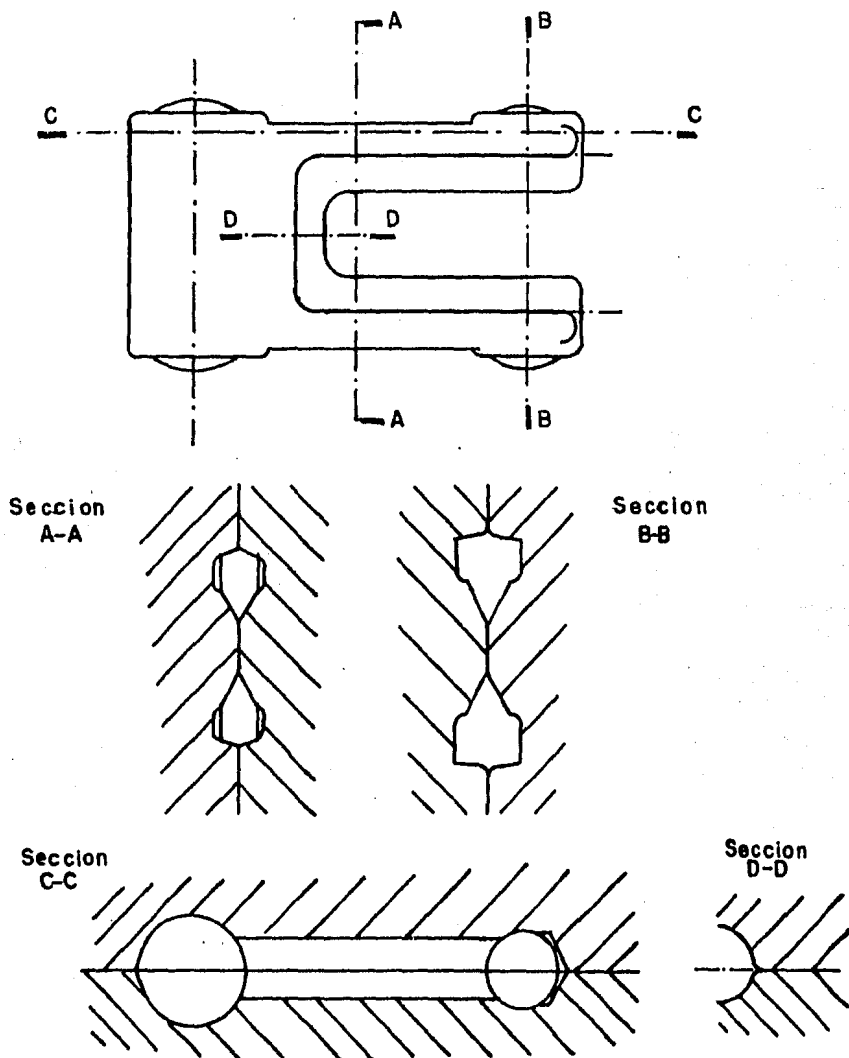


FIG. 3.3.f TAJADOR

3.4 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACION DEL HERRAMENTAL

Los factores son los siguientes:

a) El diseño debe permitir el movimiento fácil de material en la cavidad de la preparación.

b) Los radios deben ser amplios, los contornos y perfiles deben tener una forma elíptica para tener un buen flujo y evitar traslapes.

c) Evitar absolutamente los puntos fríos con ésto queremos decir que ninguna porción de material debe enfriarse.

d) El volúmen de material que se sale de las áreas donde es necesario, posteriormente es imposible el llenado de dichas áreas. El material que sale ya no entra.

e) Los volúmenes de metal habilitado deben ser:

$$V_h = \left[(v_f + v_r) (1.0475) \right] (1.03)$$

DONDE:

V_h = volúmen de habilitado

V_f = volúmen de finalizado

V_r = volúmen de rebaba.

1.0475 = factor de contracción volumétrica o dilatación a una temperatura de 1000°C, $(1.016)^3$

1.03 = porcentaje de descarburación (3%)

Equipos empleados en la preparación de forja.

EQUIPO	TIPO DE PREPARACION
Martillo	Reductor Distribuidor Rolador Aplanador Doblador Tajador
Prensa	Reductor Distribuidor Aplanador Doblador
Recalcadora	Reductor Aplanador Doblador

3.4.1 DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DEL HERRAMENTAL

Determinacion del tipo de martillo.

1.- La determinación de la capacidad del martillo necesario para forjar una pieza, depende principalmente de:

- peso de la pieza
- la complejidad de forma de la pieza
- la superficie de la pieza en la línea de dados.

2.- Utilizar la siguiente fórmula para determinar la capacidad del pilón a utilizar:

$$G = \frac{K_1 \times S_p \times P}{p \times p^2} \quad (6 \text{ h min} + 2.5 \text{ h máx.} + 300 \text{ kg})$$

Donde:

K_1 para martillo de reglas = 0.0075 Kg/cm^2

K_1 para martillo de caída acelerada = 0.005 Kg/cm^2

S_p = superficie de la pieza más rebaba en la línea de dados en cm^2

p = peso de la materia prima en Kgs.

P_p = peso de la pieza sin rebaba

h_{min}=altura mínima de la pieza en cm.

h_{máx}=altura máxima de la pieza en cm.

G =peso del pilón en Kgs.

3.4.1.1 HERRAMIENTAS DE RECORTE

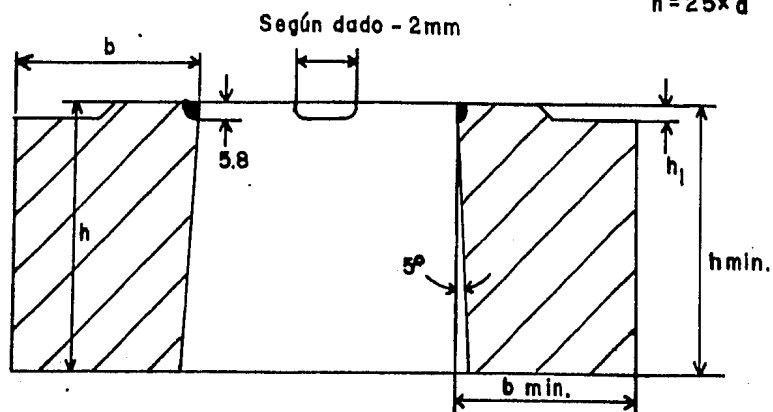
La operación de corte se utiliza en numerosas ocasiones a lo largo del proceso de fabricación de una pieza por deformación plástica.

La materia prima de partida para obtener una pieza forjada consiste en barras, normalmente obtenidas por laminación en caliente, que son cortadas en pequeñas porciones o " tochos ", por medio de una operación de corte.

A continuación se dan los tipos de herramientas de corte.

a) MEDIDAS DEL CORTADOR

a = espesor de rebaba

 $h \approx 25 \times a$ 

a (mm)	hmin (mm)	h_1 (mm)	b (mm)	b min (mm)
≤ 1.6	50	10	35	30
2-3.5	55	12	40	35
≤ 4	60	16	50	40

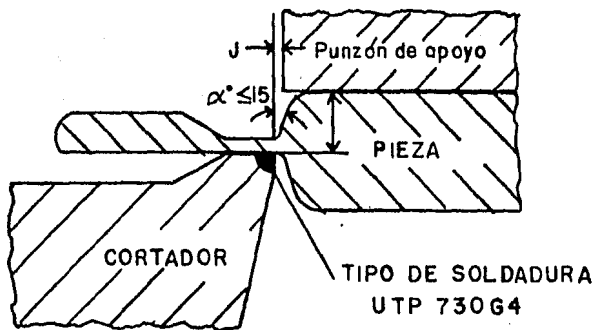
Perfil de cortador en caliente = perfil pieza x 1.01 (ajuste/yesso)

b) PUNZONES

Juego entre punzones y cortador.

1)- punzón de apoyo

$$\alpha^{\circ} \leq 15^{\circ}$$

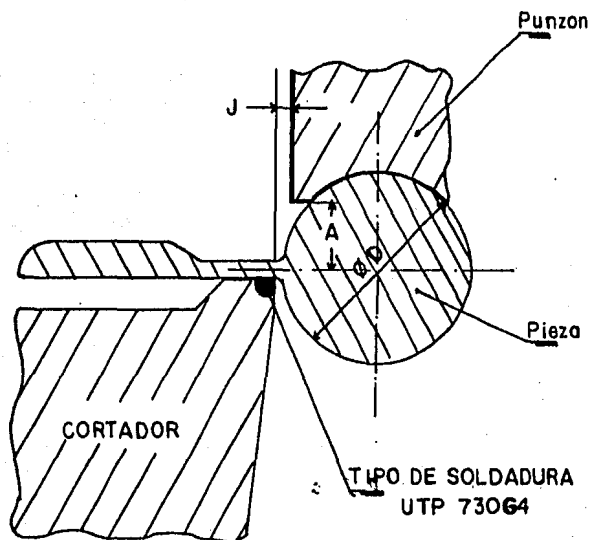


TIPO DE SOLDADURA UTP 730 G4

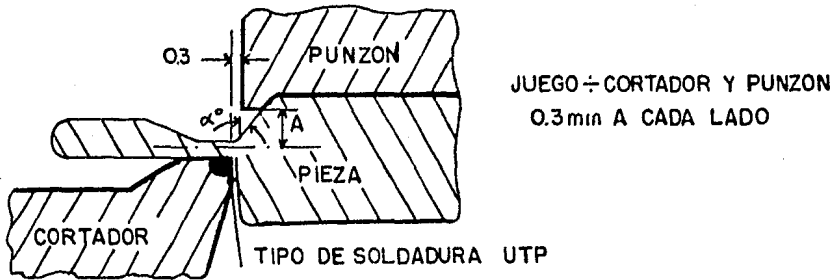
h (mm)	< 5	5/10	10/16	16/24	24/32	> 32
juego/lado	0.3	0.5	0.8	1	1.2	1.5
juego al \emptyset	0.6	1.0	1.6	2	2.5	3
Con extractor de rebaba						

2) PUNZON PARA PIEZAS REDONDAS

$\varnothing D$ (mm)	<20	20/32	32/45	45/58	58/70	> 70
Juego/lado	0.3	0.5	0.8	1	1.2	1.5
A max. (mm)	5	7	10	13	15	18
A max. = 0.2 D + 1mm.						



3) PUNZON PARA PARTES DE PIEZAS CON PENDIENTE $> 15^\circ$



α°	16°	20°	30°	40°	45°	50°	60°
Amax. (mm)	10	7.5	4	2.5	2	1.5	1
NECESITA EXTRACTOR DE REBABA							

4) PUNZON PARA CORTAR "SOBRE PLANO" (A EVITAR)

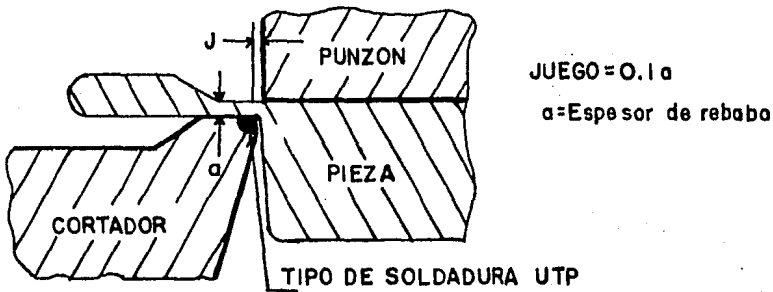


FIG 3.4.1.1.b PUNZONES DE RECORTE (1,2,3,4).

3.5 DESARROLLO DE DISEÑO DE FORJA CERRADA

A continuación se dará el desarrollo y análisis de diseño, así como su memoria de cálculo para llevar a cabo la parte final del proceso de una pieza forjada de acuerdo a los datos tabulados - y sugerencias anteriormente mencionadas.

DESARROLLO.

1.- Partimos del dibujo 3.5.a donde se observan las dos -- vistas principales de la pieza. Calculamos su:

$$\text{Area} = 65.48 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Volúmen} = 55.28 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Perímetro} = 26.5 \text{ cm}.$$

$$\text{Peso de la pieza} = 0.43 \text{ Kg}.$$

A continuación realizamos algunos cortes a criterio del diseñador en las secciones donde se presenten formas mixtas o irregulares de la pieza como se muestra en el dibujo 3.5.b donde calculamos el área de las secciones en cm^2 , considerando un exceso de material (ver tablas de alojamiento de rebaba) como se muestra a continuación.

AREA DE LA SECCION

AREA CON SECCION DE REBABA

A = 3.08 cm ²	3.17 cm ²
B = 3.78 cm ²	3.87 cm ²
C = 3.22 cm ²	3.31 cm ²
D = 1.62 cm ²	1.77 cm ²
E = 2.00 cm ²	2.09 cm ²
F = 2.75 cm ²	2.84 cm ²
G = 3.48 cm ²	3.57 cm ²
H = 7.50 cm ²	7.59 cm ²
I = 8.75 cm ²	8.84 cm ²
J = 8.25 cm ²	8.34 cm ²
K = 10.0 cm ²	10.09 cm ²

2.- Posteriormente se procede a elaborar un plano del área seccional de la pieza a trabajar para que posteriormente se de la impresión del habilitado como se muestra en el dibujo 3.5.b- (ésto es obtenido por el área de las secciones).

3.- Con la impresión del habilitado se procede a realizar lo que será el rolado, como se muestra en la figura 3.5.c lo cual nos dará la forma como será grabado en el dado.

4.- Con los datos de la tabla 3.2.3.1.1 de alojamiento de rebaba, se procede a dimensionar y con los datos de las tablas de

control de calidad 3.6.1 a 3.6.6 se darán las tolerancias correspondientes de la pieza en caliente como se observa en el dibujo 3.5.d.

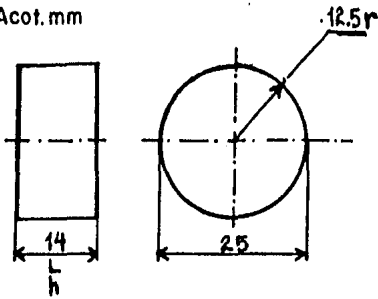
5.- A continuación se seleccionan las dimensiones del dado, como: ancho, altura, ángulos, etcétera; que serán de acuerdo a las condiciones y necesidades del martillo, donde se distribuirán las impresiones en el dado, como se muestra en el dibujo 3.5.e.

6.- Por último se elabora un herramental para troquelar las piezas como se muestra en el dibujo 3.5.f, seleccionando el ancho, largo y altura de la prensa de que se disponga.

7.- Memoria de cálculo:

MEMORIA DE CALCULO

Acot. mm



Volumen:

$$V = \pi r^2 L$$

Area de la superficie lateral:

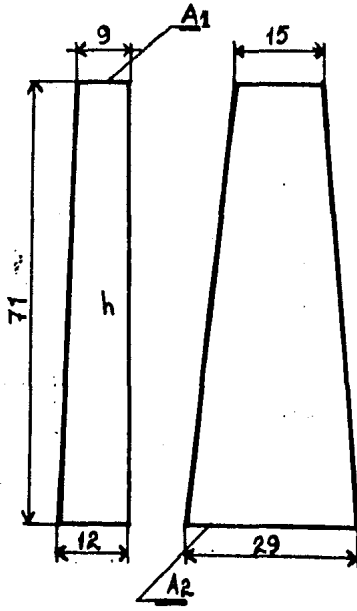
$$A = 2\pi r h$$

$$V = \pi (1.25 \text{ cm})^2 \times 1.4 \text{ cm}$$

$$V = 6.87 \text{ cm}^3$$

$$A = 2\pi (1.25 \text{ cm}) \times 1.4 \text{ cm}$$

$$A = 10.99 \approx 11 \text{ cm}^2$$



Volumen:

$$V = h/3 (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

$$h (A_1 = A_2) / 2$$

$$A = a b$$

$$A = 1.5 \times 0.9 = 1.35 \text{ cm}^2$$

$$A = 2.9 \times 1.2 = 3.48 \text{ cm}^2$$

$$V = (7.1/3) (1.35 + 3.48 + \sqrt{1.35 \times 3.48})$$

$$V = 16.56 \approx 17 \text{ cm}^3$$

$$A = 1/2 h (a + b)$$

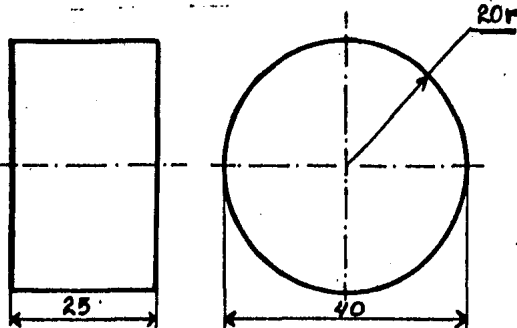
$$A = 1/2 \times 7.1 \times (1.5 + 2.9)$$

$$A = 15.62 \text{ cm}^2$$

$$A = 1/2 \times 7.1 \times (0.9 + 1.2)$$

$$A = 7.45 \text{ cm}^2$$

$$A = A + A = 23.07 \text{ cm}^2$$



$$V = \pi (2.0 \text{ cm})^2 \times 2.5 = 31.41 \text{ cm}^3$$

$$A = 2\pi (2.0 \text{ cm}) \times 2.5 = 31.41 \text{ cm}^3$$

Peso de la pieza :

$$P = 56 \text{ cm} \times 7.85/1000 \text{ Kg/dm}^3$$

$$P = 0.43 \text{ Kg}$$

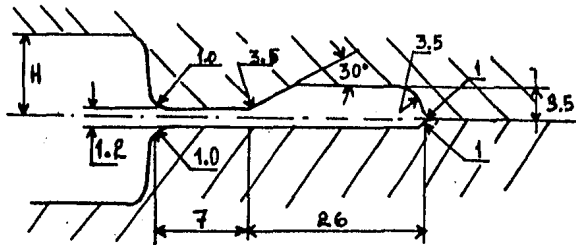
Cálculo del alojamiento de rebaba.

Altura \pm ancho de la pieza.

$$13.7 \quad 4.0 = 3.425$$

Como 3.425 1 observamos en la tabla 3.2.3.1.1

Bolsa de rebaba



se trata de una forja por ser mayor que uno. Tomando los datos de la tabla con ancho máximo de pieza 60 tenemos:

Area transversal de la bolsa = 1.05 cm

Cálculo del volumen de rebaba:

$$V_{\text{reb}} = 2/3 \times 1.05 \times 26.5 = 20 \text{ cm.}$$

Peso de la rebaba

$$P = V \times \text{peso específico} = 20 \times 7.85/1000 = 0.157 \text{ Kg}$$

Cálculo del peso de corte:

$$P_{\text{corte}} = (P_{\text{pza.}} + P_{\text{reb}}) \times \text{peso específico}$$

$$= (56 + 20) \times 7.85/1000 = 0.59 \quad 0.60 \text{ Kg}$$

Tomando en cuenta un 5% de exceso para oxidación del material:

$$P_{\text{corte}} = 0.60 \times 1.05 = 0.63 \quad 0.7 \text{ Kg}$$

Cálculo de las dimensiones del material:

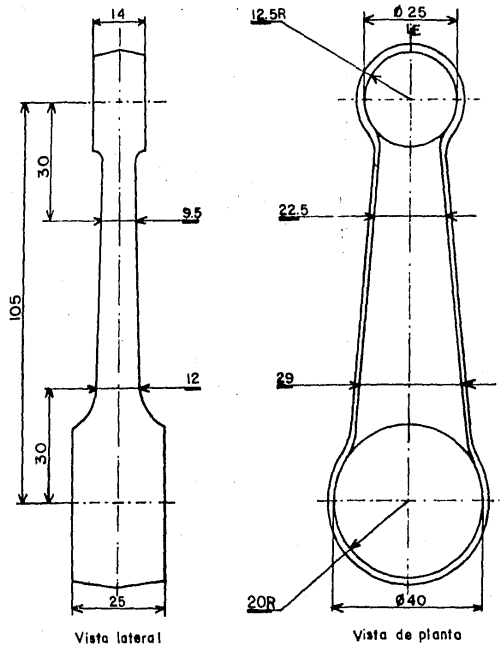
Tomar un 90% de la longitud total

$$L_T = 12.3 \text{ cm} + 2 \text{ cm}$$

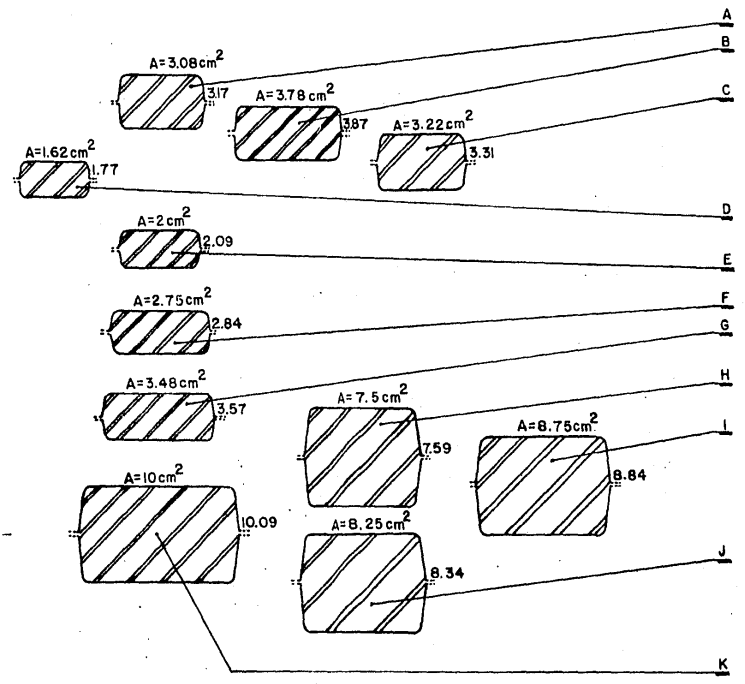
Nota: 2 cm para tenazas

$$= 14.3 \text{ cm}$$

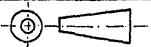
95'

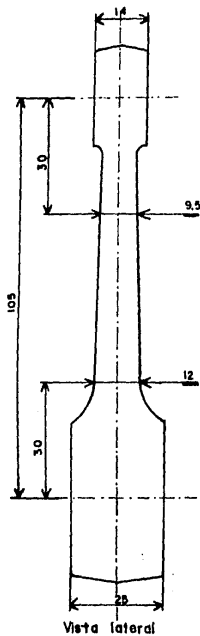


Pieza ha forjar

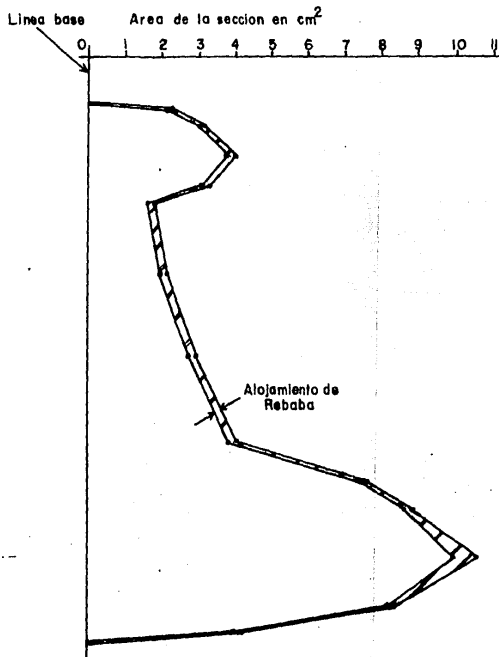
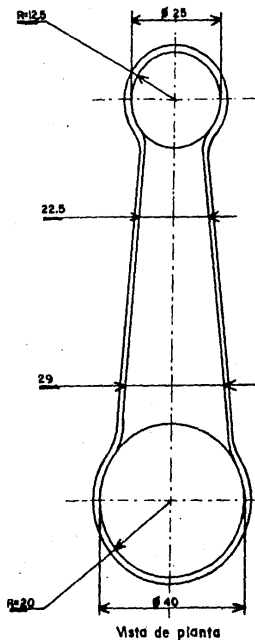


Area de la seccion en cm²

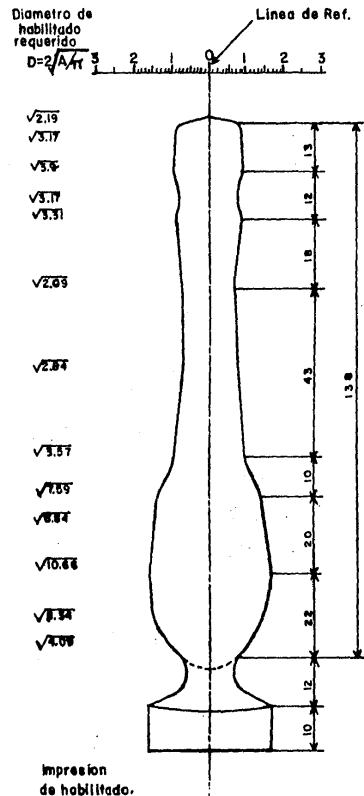
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN U.N.A.M.		ESCALA: 1:1
TESIS PROFESIONAL		ACOTACION: mm
CORTES OROPEZA APOLINAR JAVIER		DIBUJO No. 3.5. a.
 MAYO 1986	ANALISIS AREAS DE LAS SECCIONES	



pieza ha forjar



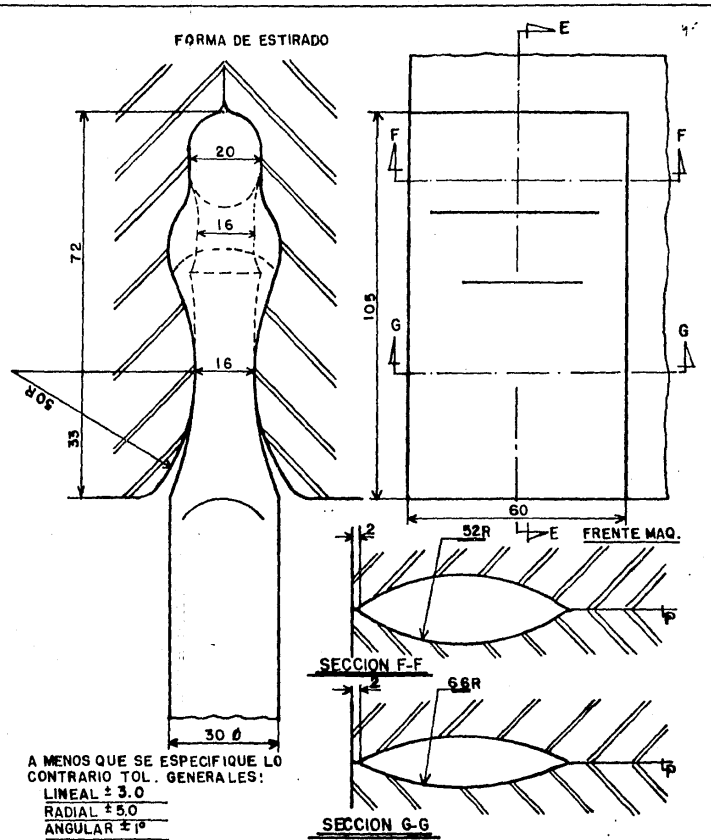
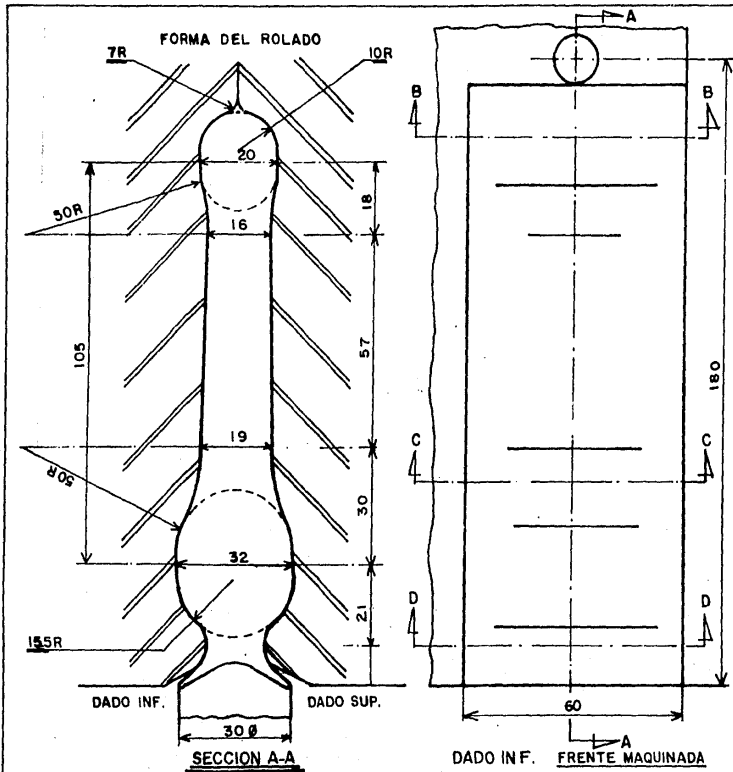
Plano del area seccional de pieza a trabajar y rebaba



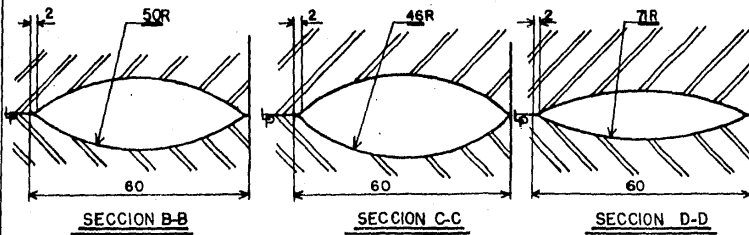
DATOS DE PROCESO

- No. DE IMPRESIONES: 1
- TOCHO: $\#1/4" \times 144mm$ LONG.
- PESO DEL TOCHO: 0.7 kg.
- PESO METO DE FORJA: 0.43 kg
- UTILIZACION DEL MATERIAL: 73 %

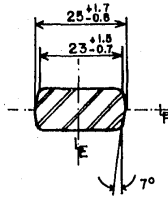
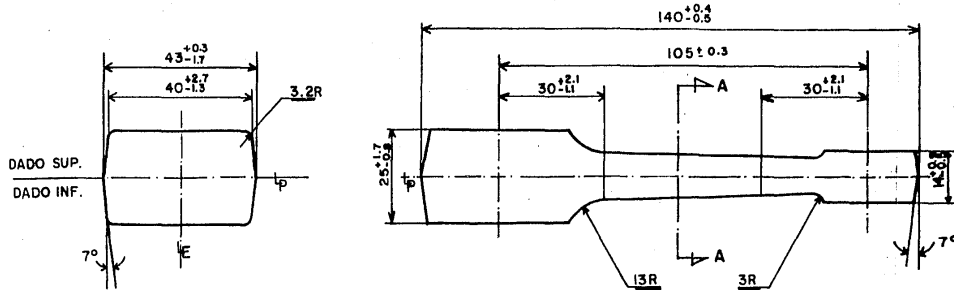
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILAN U.N.A.M.		ESCALA: 1:1
TESIS PROFESIONAL		ACOTACION: m.m
CORTES OROPEZA APOLINAR JAVIER		DIBUJO No. 3.5. b.
ANALISIS FORMA DE PREPARACION		
MAYO 1986		



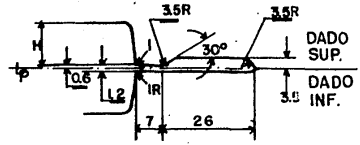
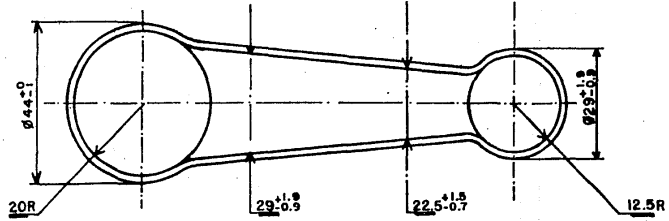
A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO TOL. GENERALES:
 LINEAL ± 3.0
 RADIAL ± 5.0
 ANGULAR ± 1°



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN U.N.A.M.	
TESIS PROFESIONAL	
CORTES OROPEZA APOLINAR JAVIER	
MEDIDAS GRABADO DE ROLADO	ESCALA: 1:1
MAYO 1986	ACOTACION: mm
	DIBUJO No. 3,5.c.



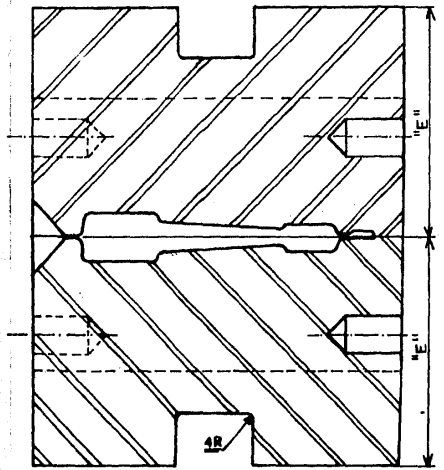
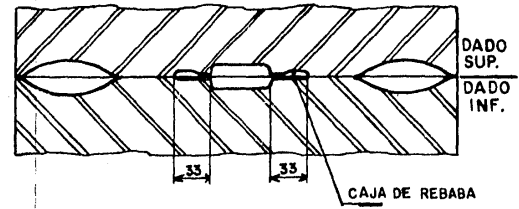
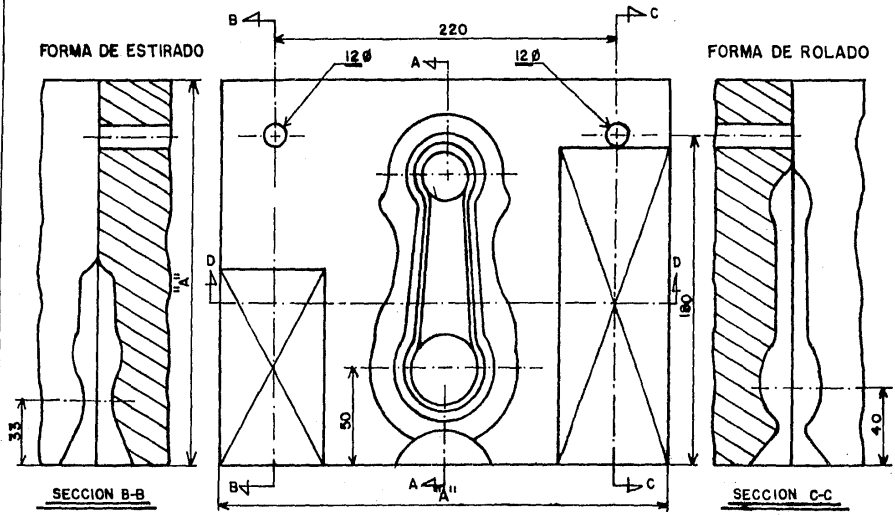
SECCION A-A



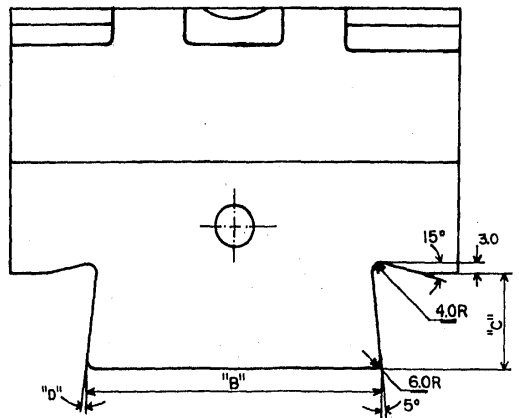
DETALLE: CAVIDAD PARA REBABA TÍPICO AL CONTORNO

NOTA:
 FACTOR DE DILATACION 1.016
 DIMENSIONES EN CALIENTE
 ✈ SALIDA NO ACOTADOS

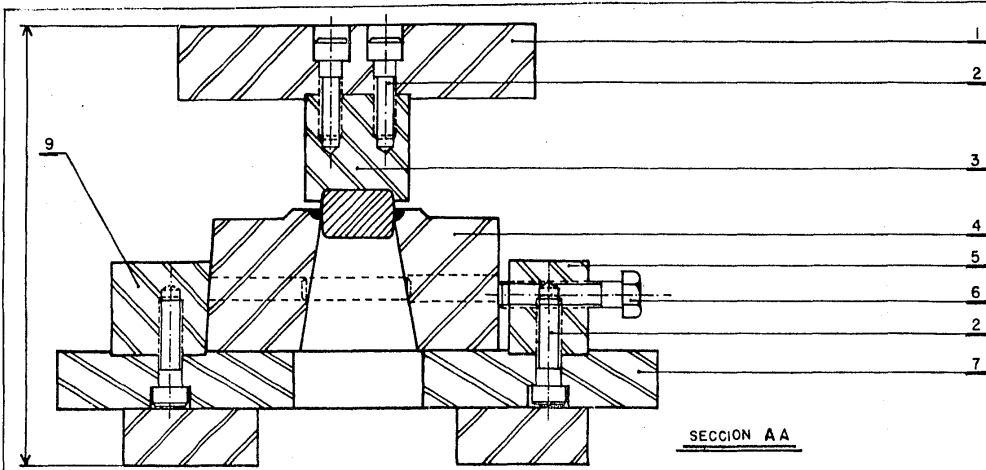
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN U.N.A.M.		ESCALA: 1:1
TESIS PROFESIONAL		ACOTACION: mm
CORTES OROPEZA APOLINAR JAVIER		DIBUJO No. 3.5.d.
	MEDIDAS PARA GRABAR DADOS FIGURA DEFINITIVA	
MAYO 1986		



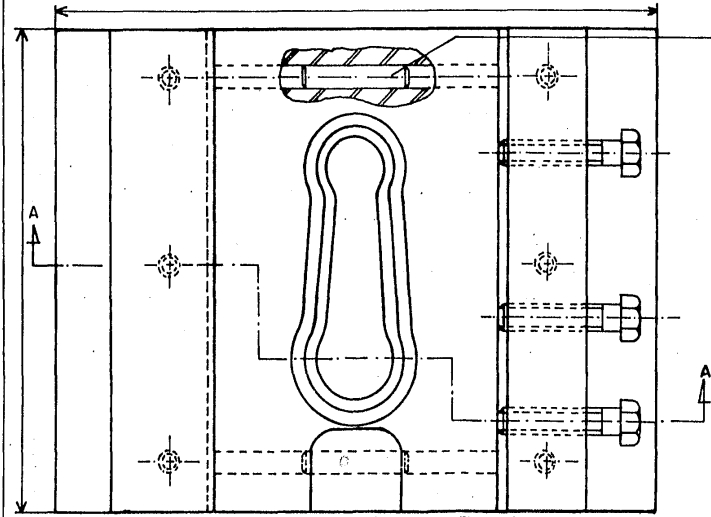
DADOS:
 "A" = ANCHO MAXIMO
 "B" = ANCHO
 "C" = ALTURA
 "D" = ANGULOS
 "E" = ALTURA MAXIMA
 ALTURA MINIMA.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN U.N.A.M.		
TESIS PROFESIONAL		
CORTES OROPEZA APOLINAR JAVIER		
 MAYO 1986	DADOS DE FORJA	ESCALA: S/E ACOTACION: mm DIBUJO No. 3.5.



SECCION AA



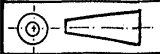
MATRIZ VISTA EN PLANTA

9	1	GUIA IZQUIERDA	1045	
8	2	PERNO-REGISTRO 1/2" Ø x 60 mm	COMERCIAL	
7	1	PLACA PORTAMATRIZ	1045	
6	3	TOR. CAB. HEXG. 1/2" Ø-13NG x 76 mm	COMERCIAL	
5	1	GUIA DERECHA	1045	
4	1	MATRIZ TROQUELADOR	1045	
3	1	PUNZON EMPUJADOR	1045	
2	10	TOR. ALLEN 1/2" Ø-13NG x 51 mm	COMERCIAL	
1	1	PLACA PORTA PUNZON	1045	
No.	CANTIDAD	DESIGNACION	MATERIAL	OBSERVACIONES

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN U.N.A.M.

TESIS PROFESIONAL

CORTES OROPEZA APOLINAR JAVIER



MAYO 1986

HERRAMENTAL PARA
TROQUELADO

ESCALA: S/E
ACOTACION: mm
DIBUJO No. 3.5.f.

C A P I T U L O I V

CONTROL DE CALIDAD

4. EL CONTROL DE CALIDAD EN LA FORJA

El control de calidad en la manufactura de piezas forjadas o productos de tipo básico nace con respecto a las tolerancias y procedimientos de inspección y medición, las cuales representan las normas y prácticas de manufactura.

4.1 TOLERANCIAS

Existen limitaciones prácticas en las dimensiones y otras características de las partes o productos forjados, que varían de acuerdo a la pieza, al producto y al equipo del productor.

El grado de precisión factible en la manufactura de productos forjados está determinado por las características propias - del equipo de forjar y por las contingencias inevitables en las operaciones del forjado.

Ahora bien nace la necesidad de contar con una exactitud teó

rica la cual, se puede obtener raras veces, por consiguiente es necesario dar un margen para las desviaciones. El sistema de tolerancias se ha determinado por mediciones de muestras forjadas en condiciones normales de operación.

La experiencia de productores y compradores de partes forjadas, indican que las tolerancias que se exponen, proporcionarán una exactitud dimensional adecuada a la mayoría de sus aplicaciones. Las necesidades especiales comunmente son tomadas por el cliente y el vendedor antes de la producción, indicando donde se requieren las consideraciones especiales y donde mayor restricción de tolerancias dimensionales, por lo que todas las tolerancias son aplicables a todas y cada una de las partes o productos de forja salvo donde se especifica otra cosa.

4.2 DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

Es importante que los diseños de las forjas sean exactos y completos, ésto quiere decir que la información, como dibujos proporcionados por el proveedor así como dibujos de piezas terminadas como son piezas maquinadas o información equivalente, ya que con esta información, facilitará el trabajo en la elaboración del diseño de los dados de forja así como el herramental requerido y en el establecimiento de procedimientos más efectivos de inspección final de la pieza a fabricar.

4.3 UNIDADES Y METODOS DE MEDICION

Dentro de los métodos de medición, el diseñador de forja debe hacer muchas de sus mediciones de la pieza forjada, aún cuando ésta está caliente, auxiliándose con instrumentos prácticos para tal propósito como: calibradores, escalas (reglas), plantillas templadas, etcétera, por lo tanto, la precisión de las medidas está limitada por las características de tales instrumentos.

Las tolerancias están expresadas en el sistema metrico decimal para mayor exactitud.

4.4 TOLERANCIAS DIMENSIONALES EN MARTILLOS O PRENSAS VERTICALES

A continuación, se proporcionarán las tolerancias dimensionales de piezas forjadas en acero sobre martillos o prensas verticales (extracto de la norma francesa NF - E - 82 - 002).

Las tolerancias en las cotas de las piezas forjadas en acero, se refieren a piezas no más pesadas de 250 Kg. , ni mayores de 2.5 m. en cualquiera de sus dimensiones.

Se distinguen dos clases de tolerancias, la clase F y la - clase E. En la fabricación de piezas de poca precisión, se emplean las tolerancias de la calidad F, llamada tolerancia normal.

La calidad E corresponde a tolerancias más cerradas; para la determinación de tolerancias es necesario calcular o proyectar:

- 1.- El peso de la pieza estampada.
- 2.- Las juntas de matrixes que para estos efectos se clasifican en juntas planas, simétricas y asimétricas.

3.- La dificultad de forja de los aceros a utilizar que, - - -
los que se clasifican en dos categorías.

Categoría M1: acero con contenido de carbono no mayor de -
0.65% y en el cual la suma de porcentajes de sus elementos de -
aleaciones sea $Mn + Ni + Cr + Mo + V + W \leq 5\%$

Categoría M2: acero con contenido de carbono mayor a 0.65%
o aceros cuyo contenido de elementos de aleación sea - - - -
 $Mn + Ni + Cr + Mo + V + W \leq 5\%$

4.- El coeficiente de dificultad de forma (S), que se define --
así:

$$S = \frac{\text{peso de la pieza}}{\text{peso del sólido envolvente (cilindro o prisma)}}$$

Este coeficiente es el factor del peso de la pieza con res-
pecto al peso del sólido envolvente delimitado por las dimensio-
nes máximas de la pieza.

A efectos de dificultad, y según sean el valor de S, se --
clasifican las piezas en:

Categoría S_1 :	$S > 0,63$
Categoría S_2 :	$0,32 < S \leq 0,63$
Categoría S_3 :	$0,16 < S \leq 0,32$
Categoría S_4 :	$S \leq 0,16$

Debe tenerse en cuenta que este coeficiente se calcula - - siempre exclusivamente para las de piezas que sufrirán deformación.

Una vez cuando conocidos estos datos, se aplican las tablas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 para calcular las tolerancias correspondientes.

Tabla No. 1.- Indica las tolerancias en la deformación de extremos cizallados.

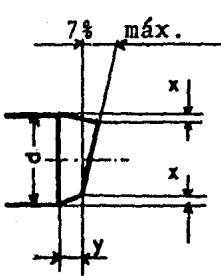
Tabla No. 2.- Indica las tolerancias en longitud, ancho y altura, se refieren a cotas paralelas o casi paralelas al plano de participación de matrices. Para todas estas cotas, suele ser práctico adoptar, si es posible, la tolerancia correspondiente a la cota mayor.

Tabla No. 3.- Indica las tolerancias en espesor. Se refieren a cotas que cortan la superficie de participación de matri-

ces. Por imposición del propio proceso de fabricación, es forzoso adoptar para todos los espesores la misma tolerancia, que será la correspondiente al espesor mayor.

Si la pieza tiene nervios o tetones de base d , deben considerarse a estos efectos como de un fondo $h \pm 1,5 d$ como máximo.

Tabla 1 Tolerancias en la deformación de extremos cizallados.



TOLERANCIA EN LA DEFORMACION DE EXTREMOS CIZALLADOS		
Diámetro nominal de la barra (d)	X max.	Y max.
≤ 36 mm	0,07 d	d
> 36 mm	0,05 d	0,7 d

La tabla No. 4.- indica las tolerancias a aplicar a las cotas que señalan las distancias entre dos ejes paralelos en la pieza, cuando esta distancia no es superior a 1250 mm. Cuando es superior a esta cifra debe aplicarse la tabla No. 2, como si fuera una longitud.

Las superficies no forjadas deben tener unas tolerancias similares a las partes forjadas adyacentes.

Las marcas dejadas en las piezas por los expulsores sean en relieve o bajo relieve, llevan unas tolerancias que se indican en la tabla No. 3, y la huella o el relieve dejado en la pieza no debe ser superior a la mitad de esta tolerancia.


Las tolerancias de excentricidad, fundamentalmente en piezas forjadas en máquina horizontal de forjar, vienen igualmente señaladas en la tabla No. 2, y son las mismas que las admitidas en los desplazamientos de estampas, es decir, las máximas distancias admisibles correspondientes a puntos homólogos situados a uno y otro lado de la superficie de partición de matrices.

Las tolerancias en rebabas residuales y rebajes de rebabado, vienen igualmente indicadas en la tabla No. 2. Las tolerancias de punzonado se indican en la tabla No. 3, pero -

NIVELES E Y F DE TOLERANCIAS		PESO DE LA PIEZA EN KG		TOLERANCIAS DIMENSIONALES PARA PIEZAS DE ACERO ESTAMPADAS EN MARTILLO O PRESA Y MAQUINAS HORIZONTALES												SUPERIOR A HASTA					
REBABAS DEL CORTE		Marcas del Impulsor		TIPO DE ACERO		COEFICIENTE DE DIFICULTAD		TOLERANCIAS EN LONGITUD (ANCHURA, ALTURA Y DIAMETRO) Y ESPESOR													
A	B			F	EM	M2	S1	S2	S3	S4	0	32	100	100	160	250	400	630	1000	1600	1600
									0	32	100	100	160	250	400	630	1000	1600	1600		
									0.6 ± 0.4	0.7 ± 0.5	0.8 ± 0.5	0.8 ± 0.5	0.9 ± 0.5	1.0 ± 0.5	1.1 ± 0.5	1.2 ± 0.5	1.2 ± 0.5				
									0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.3	0.9 ± 0.3	1 ± 0.3	1.1 ± 0.3	1.1 ± 0.4	1.2 ± 0.4	1.4 ± 0.4	1.4 ± 0.4				
									0.6 ± 0.5	0.8 ± 0.5	1 ± 0.5	1.1 ± 0.5	1.1 ± 0.7	1.2 ± 0.8	1.4 ± 0.9	1.6 ± 1.1	1.6 ± 1.1				
									0.9 ± 0.4	1 ± 0.3	1.1 ± 0.4	1.2 ± 0.4	1.2 ± 0.6	1.4 ± 0.5	1.6 ± 0.5	1.8 ± 0.5	1.8 ± 0.5				
									1 ± 0.7	1.1 ± 0.7	1.2 ± 0.8	1.4 ± 0.8	1.6 ± 0.8	1.8 ± 1.2	2 ± 1.3	2 ± 1.3	2.2 ± 1.5	2.2 ± 1.5			
1	0.5	1	0 a 0.4						1.1 ± 0.7	1.2 ± 0.8	1.4 ± 0.9	1.6 ± 1.1	1.8 ± 1.2	2 ± 1.3	2.2 ± 1.5	2.5 ± 1.7	2.5 ± 1.7	2.8 ± 1.9	2.8 ± 1.9		
		1.2	0.4 a 1.2						1.1 ± 0.4	1.2 ± 0.4	1.4 ± 0.5	1.6 ± 0.8	1.8 ± 1.2	2 ± 1.3	2.2 ± 1.5	2.5 ± 1.7	2.5 ± 1.7	2.8 ± 1.9	2.8 ± 1.9		
		1.6	1.2 a 2.5						1.2 ± 0.8	1.4 ± 0.9	1.6 ± 1.1	1.8 ± 1.2	2 ± 1.3	2.2 ± 1.5	2.5 ± 1.7	2.8 ± 1.9	2.8 ± 1.9	3.2 ± 2.1	3.2 ± 2.1		
		2	2.5 a 5						1.4 ± 0.9	1.6 ± 1.1	1.8 ± 1.2	2 ± 1.3	2.2 ± 1.5	2.5 ± 1.7	2.8 ± 1.9	3.2 ± 2.1	3.2 ± 2.1	3.6 ± 2.4	3.6 ± 2.4		
		2.4	5 a 8						1.6 ± 1.1	1.8 ± 1.2	2 ± 1.3	2.2 ± 1.5	2.5 ± 1.7	2.8 ± 1.9	3.2 ± 2.1	3.6 ± 2.4	3.6 ± 2.4	4 ± 2.7	4 ± 2.7		
2		3.2	8 a 12						1.8 ± 1.2	2 ± 1.3	2.2 ± 1.5	2.5 ± 1.7	2.8 ± 1.9	3.2 ± 2.1	3.6 ± 2.4	4 ± 2.7	4 ± 2.7	4.5 ± 3.1	4.5 ± 3.1		
		4	12 a 20						2 ± 1.3	2.2 ± 1.5	2.5 ± 1.7	2.8 ± 1.9	3.2 ± 2.1	3.6 ± 2.4	4 ± 2.7	4.5 ± 3.1	4.5 ± 3.1	5 ± 3.5	5 ± 3.5		
		5	20 a 36						2.2 ± 1.5	2.5 ± 1.7	2.8 ± 1.9	3.2 ± 2.1	3.6 ± 2.4	4 ± 2.7	4.5 ± 3.1	5 ± 3.5	5 ± 3.5	5.5 ± 3.7	5.5 ± 3.7		
		6.4	36 a 63						2.5 ± 1.7	2.8 ± 1.9	3.2 ± 2.1	3.6 ± 2.4	4 ± 2.7	4.5 ± 3.1	5 ± 3.5	5.5 ± 3.7	5.5 ± 3.7	6 ± 4.2	6 ± 4.2		
		8	63 a 110						2.8 ± 1.9	3.2 ± 2.1	3.6 ± 2.4	4 ± 2.7	4.5 ± 3.1	5 ± 3.5	5.5 ± 3.7	6 ± 4.2	6 ± 4.2	7 ± 4.7	7 ± 4.7		
		10	110 a 200						3.2 ± 2.1	3.6 ± 2.4	4 ± 2.7	4.5 ± 3.1	5 ± 3.5	5.5 ± 3.7	6 ± 4.2	7 ± 4.7	7 ± 4.7	8 ± 5.3	8 ± 5.3		
		12.6	200 a 250						3.6 ± 2.4	4 ± 2.7	4.5 ± 3.1	5 ± 3.5	5.5 ± 3.7	6 ± 4.2	7 ± 4.7	8 ± 5.3	8 ± 5.3	9 ± 6	9 ± 6		
4	2								4 ± 2.7	4.5 ± 3.1	5 ± 3.5	5.5 ± 3.7	6 ± 4.2	7 ± 4.7	8 ± 5.3	9 ± 6	9 ± 6	10 ± 6.7	10 ± 6.7		
		6.4	36 a 63						4.5 ± 3.1	5 ± 3.5	5.5 ± 3.7	6 ± 4.2	7 ± 4.7	8 ± 5.3	9 ± 6	10 ± 6.7	10 ± 6.7	11 ± 7.3	11 ± 7.3		
		8	63 a 110						5 ± 3.5	5.5 ± 3.7	6 ± 4.2	7 ± 4.7	8 ± 5.3	9 ± 6	10 ± 6.7	11 ± 7.3	11 ± 7.3	12 ± 8	12 ± 8		
		10	110 a 200						5.5 ± 3.7	6 ± 4.2	7 ± 4.7	8 ± 5.3	9 ± 6	10 ± 6.7	11 ± 7.3	12 ± 8	12 ± 8	14 ± 9.3	14 ± 9.3		
		12.6	200 a 250						6 ± 4.2	7 ± 4.7	8 ± 5.3	9 ± 6	10 ± 6.7	11 ± 7.3	12 ± 8	14 ± 9.3	14 ± 9.3	16 ± 10.7	16 ± 10.7		
6	3								6.5 ± 4.2	7 ± 4.7	8 ± 5.3	9 ± 6	10 ± 6.7	11 ± 7.3	12 ± 8	14 ± 9.3	14 ± 9.3	16 ± 10.7	16 ± 10.7		
			250																		

COEFICIENTE DE DIFICULTAD DE FORMA		Tipo de Acero	
s =	Peso sólido real	M1	M2
s =	Peso pálido circunscrito	%	ESB
	Coeficiente de dificultad de forma	ESB	ESB
5	0.5	≤ 5	> 5
5.2	0.32		
5.5	0.16		
5.4	0.16		

TABLA No 3

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN U.N.A.M.	
TESIS PROFESIONAL	
CORTES OROPEZA APOLINAR JAVIER.	
	TOLERANCIAS EN ESPESORES MARCAS DE EXPULSORES, RE- BABS E INFILTRACIONES.
	ESCALA: 5/E ACOTACION: mm DIBUJO TABLA 3
MAYO 1986	

los valores en más y en menos deben invertirse respecto a los que figuran en la tabla.

Las tolerancias en flecha y alabeo se refieren a las desviaciones de los ejes longitudinales respecto a los ejes teóricos geométricos, y a las desviaciones de una superficie respecto a la teórica geométrica, respectivamente. La tabla No. 5 señala estas tolerancias.

Las aristas y ángulos vivos se redondean con radios cuyas tolerancias se señalan en la tabla No. 6, si debido al rebabado o punzonado estos radios van a desaparecer, no es necesario aplicar las tolerancias en menos, si los radios son iguales o menores de 3 mm.

Las tolerancias para rebabas de corte y las tolerancias para las infiltraciones de material se obtienen de la tabla No.3.

Para las imperfecciones superficiales (huellas de cascarilla, marcas de enderezado, etc.), debe tenerse en cuenta si la superficie será o no mecanizada posteriormente. Si se va a mecanizar, estas imperfecciones no sobrepasarán la mitad del exceso de mecanizado; si no se va a mecanizar, no deben sobrepasar $1/3$ de la tolerancia de espesor.

Los ángulos de salida llevarán siempre una tolerancia de $+2^{\circ} - 1^{\circ}$.

La falta de paralelismo (inclinación) en huecos profundos ($h > d$), se admite hasta un máximo de desviación, entre el eje central de la pieza y el eje del hueco, de un 0.5% de la profundidad (h) del hueco.

Las imperfecciones geométricas tales como ovalizaciones, defectos de cilíndricidad, defectos de paralelismo, y en general diferencias con respecto a la geometría teórica, no deben sobrepasar los límites definidos por las tolerancias.

TABLA 4

TOLERANCIAS DE LAS DISTANCIAS ENTRE EJES PARALELOS

		Tolerancias de los ejes Cotas de longitud										
Superior a	0	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1,000	
Hasta	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1,000	1,250	
NIVEL F	0.6 ^{+0.3}	0.8 ^{+0.4}	1 ^{+0.5}	1.2 ^{+0.6}	1.6 ^{+0.8}	2 ⁺¹	2.4 ^{+1.2}	3.2 ^{+1.6}	4 ⁺²	5 ^{+2.5}	6.4 ^{+3.2}	
NIVLE E°	0.5 ^{+0.25}	0.6 ^{+0.3}	0.8 ^{+0.4}	1 ^{+0.5}	1.2 ^{+0.6}	1.6 ^{+0.8}	2 ⁺¹	2.4 ^{+1.2}	3.2 ^{+1.6}	4 ⁺²	5 ^{+2.5}	

TABLA 5

TOLERANCIAS EN FLECHA Y ALABEO

		Tolerancias en flecha y alabeo Longitud en mm														
Superior a	0	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	
Hasta	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000		
NIVEL F	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.5	2.8	3.2	
NIVEL E	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	

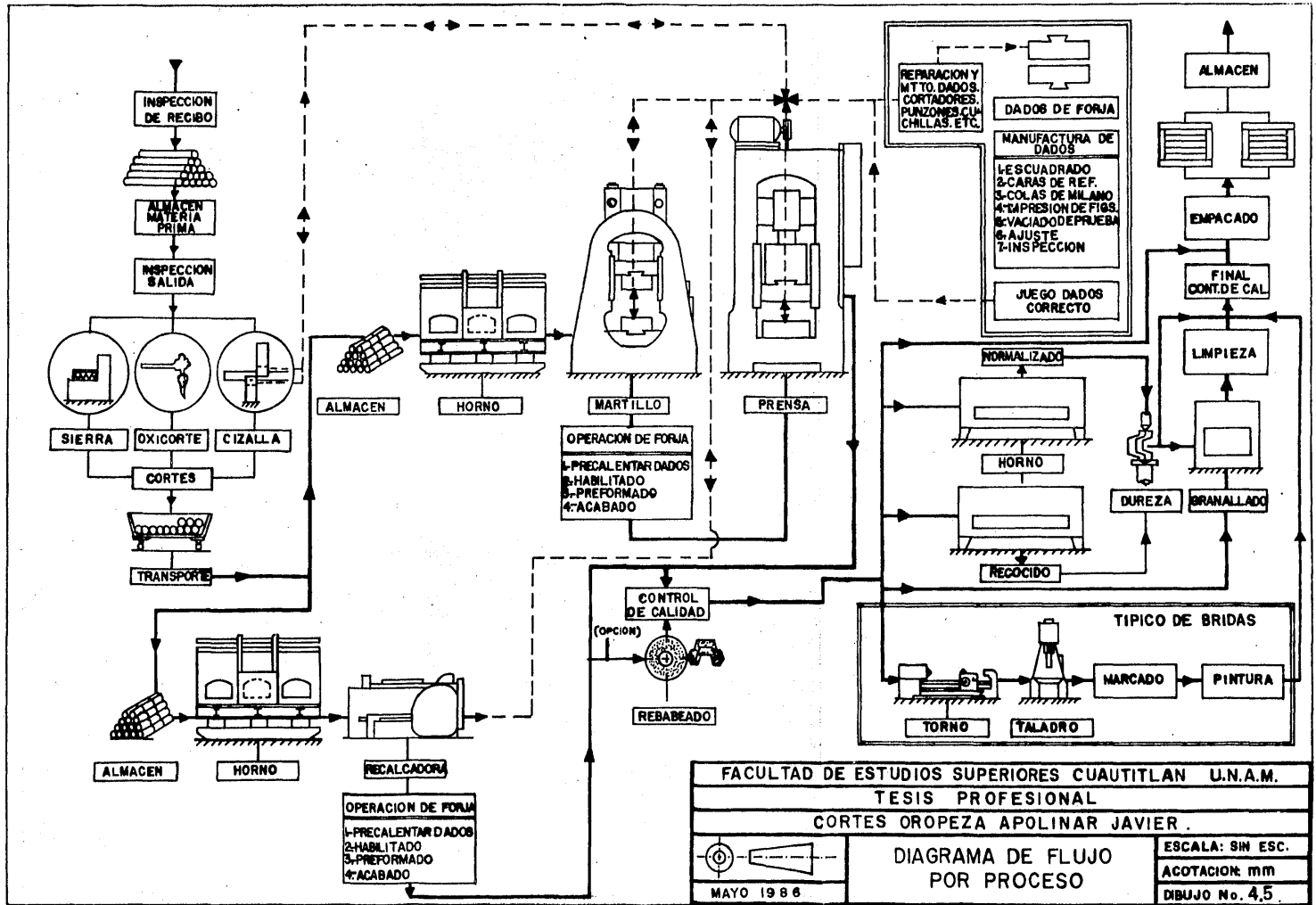
TABLA 6 TOLERANCIAS DE CURVAS DE ENLACE Y REDONDEO DE ARISTAS

Valor de l en mm		TOLERANCIAS EN CURVAS DE ENLACE Y REDONDEADO DE ARISTAS.	
Superior a	hasta	Porcentaje sobre el radio nominal	
		+	-
0	10	50%	25%
10	32	40%	20%
32	100	32%	15%
100		25%	10%

4.5 DIAGRAMA DE FLUJO POR PROCESO

En el siguiente diagrama se muestran los pasos a seguir iniciando con la entrada y selección de materia prima, inspección de salida, selección de proceso de corte (sierra, oxicorte, cizalla), transporte para su distribución a los almacenes, inicio de forja en el horno, selección de martillo, operación de forja (1.- PRECALENTAR DADOS, 2.- PREPARACION, 3.- PREFORMADO, 4.- ACABADO), selección de la prensa, control de calidad de las piezas forjadas, tratamientos térmicos de la forja, maquinados, revisión final de control de calidad, empacado, almacén, fin del proceso de forja.

También se incluye el proceso del diseño y reparación del dado.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN U.N.A.M.

TESIS PROFESIONAL

CORTES OROPEZA APOLINAR JAVIER.

DIAGRAMA DE FLUJO
POR PROCESO

MAYO 1986

ESCALA: SIN ESC.

ACOTACION: mm

DBUJO No. 4.5

C O N C L U S I O N E S

El presente trabajo ha tenido como finalidad, mostrar un panorama general de los diferentes factores que están relacionados específicamente con la deformación plástica de los aceros al carbono, en el cual se han destacado los métodos de diseño de piezas forjadas así como algunos criterios tomados en la práctica.

El sistema que concluimos es el más apropiado y que mayores ventajas ofrece para el proceso de forja. Esta selección fue basada en :

- 1.- Cumple con las normas establecidas en el SISTEMA METRICO DECIMAL DE UNIDADES (S.M.D.).
- 2.- Por las características de este sistema es posible obtener medidas más exactas en su aplicación para el diseño de piezas forjadas.
- 3.- Este método impide las pérdidas del material, con lo que se logra un total aprovechamiento del mismo.

Señalados los aspectos anteriores, podemos concluir que da

das las características generales de nuestra industria metal-me
cánica es el procedimiento mas adecuado para mejorar la calidad
del producto y aumentar el ingreso en nuestra industria y la --
sustitución de importaciones en esta actividad.

B I B L I O G R A F I A

Trabajo Bibliográfico: consultas de información técnica tomada de diferentes manuales extranjeros; así como el desarrollo de trabajos en la industria privada, mencionándose dichas fuentes ya que si requiere aclarar más ampliamente y/o recabar mayor información sobre cuestionamientos que surjan del mismo se recurra a los tomos que a continuación se indican.

FORGING HANDBOOK

WALDEMAR NAUJOKS

DONALD C. FABEL.

FORGING INDUSTRY HANDBOOK

JHON E. JENSON.

ESTAMPAGE ET FORGE

A. CHAMOUARD.

GUIDE POUR L'ETUDE ET L'EXECUTION DES OUTILLAGES DE FORGE REGIE
NATIONALE DES USINES RENAULT

J. BUCHET.

FORGING PLANT

A. THOMAS.

DIE MATERIAL SELECTION

CHAMBERSBURG ENGINEERING COMPANY

METALS HANDBOOK

8TH EDITION VOL. 5

FORGING AND CASTING

HABILITADOS PARA PROCESOS DE DEFORMACION DE FORJA

EN CALIENTE

ING. MIGUEL ANGEL BAUTISTA

AUTOFORJAS

DISEÑO DE DADOS PARA MARTILLOS

ING. MIGUEL ANGEL BAUTISTA

FABRICACIONES METALICAS

JOSEPH FLIMM.