

85
2/24/85

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**



Facultad de Ingeniería

**Diseño y Construcción de una Máquina Simple
de Fundición a Presión, Cámara Caliente.**

TESIS PROFESIONAL

**Que para obtener el Título de
Ingeniero Mecánico Electricista**

P r e s e n t a n

Víctor Manuel Marmolejo Gómez

Amador Marmolejo Gómez

Alfonso Flores Sánchez



Dir. Ing. Santiago Pérez García

México, D. F.

1985



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.

- I N D I C E -

		pág.
CAPITULO I	Descripción del proceso.	1
CAPITULO II	Utilidad en la industria.	6
CAPITULO III	Características de los materiales a moldear.	13
CAPITULO IV	Características de las máquinas de fundición a presión cámara caliente.	22
CAPITULO V	Tecnología de los moldes.	35
CAPITULO VI	Procesos secundarios al proceso de fundición a presión.	70
CAPITULO VII	Diseño y construcción de la máquina.	79

I.- DESCRIPCION DEL PROCESO.

I.- Descripción del proceso.

La producción de piezas fabricadas por el proceso que consiste en introducir metal no ferroso, en estado líquido, dentro de un molde de acero aplicándole presión, es uno de los -- descubrimientos más notables en la manufactura.

La fundición a presión, como se le llama a éste proceso, proporciona un medio para producir grandes cantidades de piezas uniformes y exactas; reduce grandemente los costos de maquinado y en algunos casos los elimina completamente, el proceso es aplicable a piezas con gran variedad de formas y tamaños y de una basta selección de metales.

Las piezas fundidas a presión son inherentemente lisas, -- tanto en sus superficies internas como externas, ya que son -- moldeadas en cavidades y corazones metálicos cuyas superficies se encuentran perfectamente pulidas.

La aplicación de éste proceso involucra:

- a) El uso de una máquina con características peculiares -- para el proceso de fundición.
- b) Equipar la máquina con moldes, éstos con la forma de -- la pieza que se requiera fabricar.
- c) Usar una aleación no ferrosa que tenga propiedades físicas conforme a su aplicación.

El término fundición a presión generalmente se refiere a fundiciones que se hacen en moldes metálicos, introduciendo a una gran velocidad el material (aleación no ferrosa en estado líquido) dentro del molde, utilizando para ello una presión -- considerable obtenida mediante elementos mecánicos, neumáticos o hidráulicos.

Esta definición excluye los moldeados que se hacen por -- gravedad dentro de moldes metálicos, éste proceso se conoce como fundición en molde permanente.

Las piezas fundidas a presión se hacen actualmente con diferentes aleaciones no ferrosas de diversas propiedades físicas, cuando la aleación tiene un bajo punto de fusión y la pieza es de un diseño simple, la operación de fundición es sumamente fácil, el uso de aleaciones de relativo alto punto de fusión son hechas con mayor dificultad ya que se requieren mol--

des que resistan altas temperaturas, y cuando el diseño de la pieza es intrincado o su interior es hueco, se requiere el uso de corazones en los moldes; esto no solamente significa un molde más complicado sino también un diseño de máquina más avanzado, especialmente cuando la cantidad de producción es esencial.

En el desarrollo de las máquinas de fundición a presión se han encontrado varios problemas y también diferentes condiciones de trabajo, en algunos casos, una máquina de diseño simple y operación manual conviene para sus requerimientos, mientras en otros, debido al diseño de la pieza ó al número de piezas requeridas necesita el uso de una máquina altamente desarrollada.

Existen dos tipos básicos de máquinas de fundición a presión y se denominan de acuerdo al tipo de cámara de presión como "cámara caliente" y "cámara fría".

En las máquinas del tipo "cámara fría", la aleación utilizada para fabricar las piezas se funde en un crisol, en un horno separado e independiente de lo que es la máquina. El metal en estado líquido es cuchareado manualmente, como se indica en la figura I.I, dentro de la cámara de presión, posteriormente el material es forzado a introducirse dentro del molde mediante un pistón, el cual es actuado por presión hidráulica, las presiones de inyección varían de 250 a 2500 Kg/cm² (4000-35000 PSI).

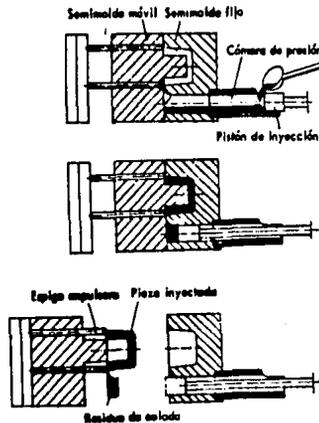


Figura I.I Principio de operación de una máquina de fundición a presión de "cámara fría".

des que resistan altas temperaturas, y cuando el diseño de la pieza es intrincado o su interior es hueco, se requiere el uso de corazones en los moldes; esto no solamente significa un mol de más complicado sino también un diseño de máquina más avanzado, especialmente cuando la cantidad de producción es esencial.

En el desarrollo de las máquinas de fundición a presión se han encontrado varios problemas y también diferentes condiciones de trabajo, en algunos casos, una máquina de diseño simple y operación manual conviene para sus requerimientos, mientras en otros, debido al diseño de la pieza ó al número de piezas requeridas necesita el uso de una máquina altamente desarrollada.

Existen dos tipos básicos de máquinas de fundición a presión y se denominan de acuerdo al tipo de cámara de presión como "cámara caliente" y "cámara fría".

En las máquinas del tipo "cámara fría", la aleación utilizada para fabricar las piezas se funde en un crisol, en un horno separado e independiente de lo que es la máquina. El metal en estado líquido es cuchareado manualmente, como se indica en la figura I.I, dentro de la cámara de presión, posteriormente el material es forzado a introducirse dentro del molde mediante un pistón, el cual es actuado por presión hidráulica, las presiones de inyección varían de 250 a 2500 Kg/cm² (4000-35000 PSI).

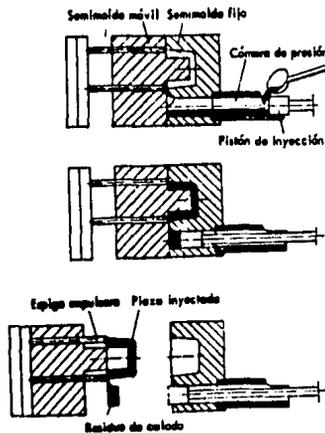


Figura I.I Principio de operación de una máquina de fundición a presión de "cámara fría".

Una de las más importantes ventajas del sistema de cámara fría, es que pueden utilizarse todos los metales y aleaciones colables, mientras que el procedimiento de cámara caliente que da limitado a las aleaciones de zinc, plomo y estaño, por lo tanto, las máquinas de cámara fría se utilizan para la inyección de las aleaciones antes mencionadas y además aluminio, magnesio y latón, que tienen un punto de fusión más elevado.

La figura I.2 nos indica una máquina típica de fundición a presión de "cámara caliente" del tipo "cuello de ganso".

El cuello de ganso está compuesto por un cilindro y un ducto curvo sumergido dentro de un crisol donde se funde el metal, cuando el pistón se retrae el "cuello de ganso" se llena con el metal en estado líquido. Al cerrarse el molde, el cilindro es actuado por presión hidráulica y el pistón fuerza al material a pasar a través del "cuello de ganso" y la boquilla hasta llegar dentro del molde.

Máquinas automáticas semejantes son relativamente rápidas pero una de las desventajas de las máquinas de "cámara caliente", es que, únicamente puede fundir aleaciones que no atacan el material de la cámara de presión y del cuello de ganso, por esto solo pueden colarse aleaciones de zinc, estaño y plomo, además, el cuello de ganso resiste únicamente presiones hasta 430 Kg/cm^2 (6000 PSI) a la temperatura de operación.

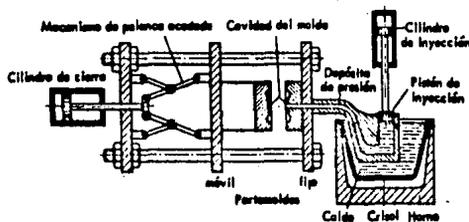


Figura I.2 Representación de una máquina de fundición a presión "cámara caliente" tipo "cuello de ganso".

El zinc atacaría al material del cuello de ganzo (hierro y acero), pero esto se contraresta si el zinc contiene aluminio en concentración suficiente. Para la inyección del zinc se utilizan por lo tanto aleaciones eutécticas con alrededor del 4% de aluminio.

Las aleaciones de zinc pueden inyectarse satisfactoriamente a 110 Kg/cm^2 (1500 PSI), pero es deseable presiones más altas para zinc y otros materiales, por su mayor densidad, es--- fuerzo y utilidad en la fundición.

Cabe indicar que independientemente del tipo de máquina, se utiliza en el molde un desmoldante que se aplica en cada colada, esto facilita la extracción de la pieza. Dicho desmoldante es a base de silicón y sirve además de lubricante de las -- partes móviles del molde.

II.- UTILIDAD EN LA INDUSTRIA.

II.- Utilidad en la industria.

El aumento de los costos de producción siempre ha obligado a desarrollar procesos nuevos para la fabricación de piezas, de los métodos de obtención de piezas a partir de metal fundido, el que se ha desarrollado más recientemente es el método de fundición de metal a presión. En casi todos los países industrializados, el método de fundición a presión ha alcanzado, desde hace años, uno de los mejores índices de crecimiento en lo que se refiere a fundición de metales no ferrosos.

Las principales ventajas del proceso de fundición a presión son:

1.- Formas mas complejas pueden ser hechas por fundición a presión, que por otros métodos de fundición en molde permanente.

2.- Por que los moldes son llenados a presión, obteniendo se así paredes mas delgadas, radios y superficies con acabado mas terso, además se puede obtener una gran exactitud dimensional por la fundición a presión que por otro proceso de fundición.

3.- Los rangos de producción son mas grandes en la fundición a presión, especialmente cuando moldes de varias cavidades son usados.

4.- Por que la fundición a presión produce casi siempre piezas totalmente terminadas, la inversión en inventario y espacio de área de trabajo se reducen al mínimo.

5.- Los moldes de fundición a presión pueden producir varios miles de piezas moldeadas sin cambios significantes en sus dimensiones.

6.- El costo del metal es frecuentemente mas bajo que en otros procesos de moldeo, porque la fundición a presión permite obtener secciones más delgadas.

7.- Algunas aleaciones de aluminio en la fundición a presión pueden desarrollar mas resistencia que en el moldeo en arena.

Las principales limitaciones del proceso de fundición a presión son:

1.- El tamaño de la pieza es limitado, el peso de una parte moldeada raramente excede 25 Kg y normalmente es menor de 5 Kg.

2.- Dependiendo de la forma de la pieza a moldear se puede tener dificultad con el aire atrapado en el molde, éste aire es la principal causa de porosidad.

3.- La máquina de fundición a presión, los moldes y el equipo auxiliar son relativamente caros, se requieren grandes cantidades de producción para que el proceso resulte económico.

4.- Con pocas excepciones el uso comercial de éste proceso, está limitado a los metales que tienen temperaturas de fusión no mayores que la de las aleaciones con el cobre como base.

Como se puede apreciar de lo anterior, la utilidad del proceso de fundición de metal a presión dependerá precisamente de las necesidades y limitaciones que se tengan (tamaño y forma de la pieza, volumen de producción, inversión requerida, etc.), y no sólo eso, sino que, en caso de ser útil el proceso, estos factores serán necesarios para seleccionar el tipo de máquina a usar.

A continuación se mostrarán algunos ejemplos donde se puede apreciar las diferencias que hay entre el proceso de fundición de metal a presión contra otros procesos en la obtención de las piezas, y como los factores antes mencionados pueden determinar si el proceso de fundición a presión es útil ó no.

Los procesos que compiten con la fundición a presión usualmente son otros procesos de fundición, algunas veces pueden ser tan económicos como la fundición a presión, particularmente cuando el uso final no es crítico o cuando la producción es pequeña.

Ya que la fundición de metal a presión es un proceso de alta producción, la cantidad de reproducciones que serán fabricadas es siempre el factor decisivo para elegir el proceso que se usará. Los tres ejemplos que siguen comparan la fundición a presión contra el moldeo por gravedad, el moldeo en arena, y el maquinado.

Ejemplo 1.

Costo de la fundición a presión vs. la fundición por gravedad para producir una pieza de aluminio.

Los costos de producción de la pieza de aluminio mostrada en corte en la figura II.1 por el método de fundición a presión y fundición por gravedad fueron comparados. Las operaciones en el método de fundición a presión fueron: moldeo, limpiar orillas y machuelar. Las operaciones para el moldeo por gravedad fueron, moldeo, cortar colada, rectificar, barrenar y machuelar.

El costo de las herramientas para la fundición a presión fue cerca del doble que para el moldeo por gravedad. Esto hace que el punto en el cual el costo por pieza sea igual, indistintamente del moldeo que se emplee para producirlo sea 9100 piezas como se muestra en la intersección de las curvas en la figura II.1.

Los siguientes factores favorecen el moldeo a presión: menos metal fue consumido por la pieza, los barrenos previos para hacer cuerda se obtienen directamente al moldear y se necesitó menor trabajo para el moldeo y acabado de la pieza.

Los factores que favorecen al moldeo por gravedad son: menores costos de preparación y menores costos de herramientas.

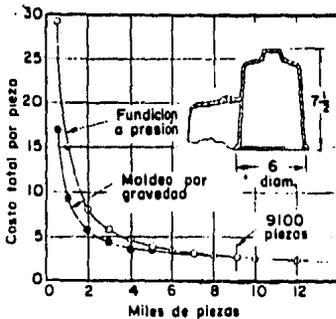


Figura II.1 Gráfica costo vs cantidad de piezas producidas de los procesos de fundición a presión y fundición por gravedad.

Ejemplo 2.

Cambio de fundición en arena a fundición a presión para -- reducir el costo de la pieza mostrada en la figura II.2.

La pieza que se muestra en la figura II.2, originalmente fue hecha en moldes de arena. Debido a que el método de fundición a presión es el más apropiado para hacer las paredes delgadas de la pieza, se hizo el cambio de proceso.

La pieza fabricada con el método de fundición en arena -- fue hecha de la siguiente manera:

- 1.- Fundición.
- 2.- Moldeo.
- 3.- Primera inspección.
- 4.- Cortar blank (desperdicio al rededor de la pieza)
- 5.- Maquinado.
- 6.- Limpieza de la pieza.
- 7.- Inspección final.
- 8.- Empaque y embarque.

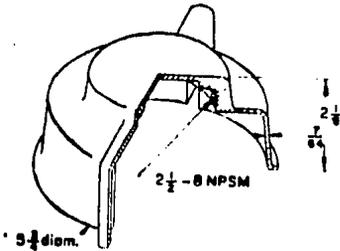


Figura II.2.

El metal fue fundido a 990-920 °C, el rango de producción -- fue de 54 piezas por hora. El -- cambio al proceso de fundición a presión redujo el costo en un -- 68 %. Una parte de la reducción de costos fue debido a la menor cantidad de metal requerido en -- el proceso.

Ejemplo 3.

Costo de fabricación de una flecha por maquinado (en dos piezas), maquinado (en una sola pieza) y por inyección a presión.

Originalmente, una flecha fue fabricada en cuatro operaciones, siendo la última el ensamble de dos partes de latón que se maquinaban en una máquina automática (grupo superior de figuras en la figura II.3).

Un cambio fue el maquinado de una sola pieza de acero (tres operaciones como se muestra en el grupo de figuras centrales en la figura II.3), redujo el costo en lotes de 100,000 piezas en 36% aproximadamente. En un segundo cambio, las flechas fueron producidas de una aleación de zinc, en una operación por el método de fundición a presión (figura inferior de la figura II.3).

El cambio de fundición a presión produjo un ahorro de 79% del costo del proceso de maquinado original en lotes de 100,000 piezas.

La siguiente tabla compara los detalles de costos de producción para los tres métodos.

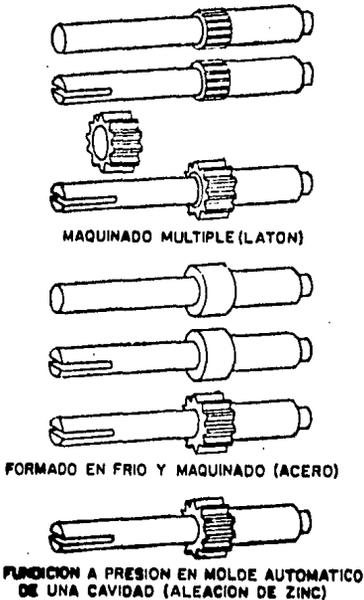


Figura II.3.

	Maquinado múltiple.	Maquinado en una pieza.	Fundición a presión en molde de una cavidad.
Material usado.	latón	acero	aleación de zinc
Núm. de pasos de producción.	4	3	1
Costo material X 1000 piezas.	\$30.00 U.S.	\$6.00 U.S.	\$3.64 U.S.
Generación de desperdicio.	30 %	10 %	ninguno
Núm. inspecciones requeridas.	3	2	1
Costo total por 1000 piezas en lotes de:			
100,000 piezas.	\$70.00 U.S.	\$45.00 U.S.	\$15.00 U.S.
500,000 piezas.	\$69.00 U.S.	\$43.50 U.S.	\$11.50 U.S.

III.- CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES A MOLDEAR.

- a.- Aleaciones de aluminio.
- b.- Aleaciones de magnesio.
- c.- Aleaciones de zinc.
- d.- Aleaciones de cobre.
- e.- Aleaciones de plomo y estaño.

III.- Características de los materiales a moldear.

En todo proceso de fabricación es importante conocer las características principales de los materiales que se van a trabajar.

En el proceso de fundición a presión se utilizan diversos tipos de materiales que por sus características y principalmente por condiciones de diseño de las máquinas son los metales - no ferrosos, que poseen bajo punto de fusión.

En la fabricación de productos inyectados se utilizan preferentemente aleaciones normalizadas, las aleaciones que generalmente se utilizan son:

- a.- Aleaciones de aluminio.
- b.- Aleaciones de magnesio.
- c.- Aleaciones de zinc.
- d.- Aleaciones de cobre.
- e.- Aleaciones de plomo y estaño.

a.- Aleaciones de aluminio.

Las aleaciones de aluminio poseen magníficas propiedades para colada, y se recomiendan especialmente para inyección a presión.

Designación según DIN 1725	Colabilidad	Fulimento mecánico	Resistencia frente a		Mecanizabilidad
			Influencia climato-lógica	Agua de mar	
GG-AlSi12	Excelente	Suficiente	Muy buena	Buena	Buena
GD-AlSi12(Cu)	Excelente	Suficiente	Suficiente	No se utilizan	Buena
GD-AlSi10Mg	Excelente	Buena	Muy buena	Buena	Buena
GD-AlSi10Mg(Cu)	Excelente	Buena	Suficiente	No se utilizan	Buena
GD-AlSi9Cu3	Excelente	Buena	Condicionada	No se utilizan	Muy buena
GD-AlSi9Cu4	Muy buena	Buena	Condicionada	No se utilizan	Muy buena
GD-AlMg9	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

Tabla III.1 Comparación de las propiedades de diversas aleaciones de aluminio para inyectar.

La tabla III.1 presenta una valoración comparativa de diferentes aleaciones de aluminio, en la cual se distinguen dos grupos, las aleaciones de AlSi y las de AlMg, cuyos componentes principales son el silicio y magnesio respectivamente.

La aleación GD-AlSi 12, es un material eutéctico que debido a sus propiedades de colada y su buena estabilidad climato-lógica se recomienda ampliamente para la fundición a presión - especialmente para piezas complicadas y de paredes delgadas. La aleación GD-AlSi 12(Cu) presenta un alto contenido de cobre y se utiliza para piezas con alta resistencia a la corrosión. La aleación GD-AlSi 10 Mg es subeutéctica y presenta las mismas características que la GD-AlSi 12, por lo cual también se recomienda para la fundición a presión.

La aleación GD-AlSi 10 Mg(Cu) posee propiedades contra la corrosión, excepto para el agua de mar.

Las aleaciones GD-AlSi 8 Cu 3 y GD-AlSi 6 Cu 4 son otros materiales subeutécticos, ambos resistentes al calor y utilizados en la inyección de piezas complicadas y de paredes delgadas.

Quando las piezas moldeadas requieren de resistencia a la corrosión y superficie pulida, se utiliza finalmente la aleación GD-AlMg 9.

La tabla III.2 presenta la composición y algunas propiedades de las aleaciones mencionadas anteriormente.

b.- Aleaciones de magnesio.

La característica más sobresaliente de las piezas moldeadas con aleaciones de magnesio es su bajo peso, este tipo de piezas son utilizadas principalmente en la construcción de motores y vehículos en donde el reducido peso específico de las aleaciones de magnesio (1.8 Kg/dm^3) juegan un papel importante.

La capacidad térmica de las aleaciones de magnesio es más reducida que los materiales de aluminio, la transferencia de calor de las aleaciones de magnesio al molde se efectúan muy rápido, por lo que los tiempos de solidificación son más cortos; las piezas de paredes delgadas deben moldearse con velocidades relativamente altas del pistón de inyección.

Designación abreviada	Composición en %		Límite 0,2- kp/mm ²	Resistencia a la tracción kp/mm ²	Alargamiento de rotura %	Dureza Brinell kp/mm ²
	Componentes de la aleación	Adiciones admisibles				
GD-ALSi12	Si 11,0 a 13,5 Mn 0,1 — 0,4 Al resto	Fe 1,0 Cu 0,10 Ti 0,15 Mg 0,05 Zn 0,10 otros 0,05 en total 0,15	14—18	22—28	1—3	60—80
GD-ALSi12(Cu)	Si 11,0 a 13,5 Mn 0,2 — 0,5 Al resto	Fe 1,3 N 0,2 Cu 1,0 Ti 0,15 Zn 0,5 Pb 0,2 Mg 0,3 Sn 0,1 otros 0,05 en total 0,15	14—20	22—30	1—3	60—80
GD-ALSi10Mg	Si 9,0 a 11,0 Mg 0,2 — 0,5 Mn 0,1 — 0,4 Al resto	Fe 1,0 Zn 0,10 Ti 0,15 Cu 0,10 otros 0,05 en total 0,15	14—20	22—30	1—3	70—90
GD-ALSi10Mg(Cu)	Si 9,9 a 11,0 Mg 0,2 — 0,5 Mn 0,2 — 0,5 Al resto	Fe 1,3 Ti 0,15 Cu 0,3 Ni 0,1 Zn 0,3 otros 0,05 en total 0,15	14—20	22—30	1—3	70—90
GD-ALSi8Cu†	Si 7,5 a 9,5 Cu 2,0 — 3,5 Mn 0,2 — 0,5 Mg 0 — 0,3 Al resto	Fe 1,3 Pb 0,2 Zn 1,2 Sn 0,1 Ni 0,3 Ti 0,15 otros 0,05 en total 0,15	16—24	24—31	0,5—3	80—110
GD-ALSi6Cu4	Si 5,0 a 7,0 Cu 3,0 — 5,0 Mn 0,3 — 0,6 Mg 0,1 — 0,3 Al resto	Zn 2,0 Pb 0,3 Fe 1,3 Ti 0,15 Ni 0,3 Sn 0,1 otros 0,05 en total 0,15	15—22	22—30	0,5—3	70—100
GD-ALMg9	Mg 7,0 a 10,0 Si 0,5 — 2,3 Mn 0,2 — 0,5 Al resto	Fe 1,0 Zn 0,1 Ti 0,15 Cu 0,05 otros 0,05 en total 0,15	14—22	20—30	1—5	70—100

Tabla III.2 Aleaciones de aluminio para inyectar normalizadas según DIN 1725.

La tabla III.3 se presenta un conjunto de aleaciones de -magnesio normalizadas, utilizadas generalmente para inyección. Al aumentar el contenido de zinc disminuye la resistencia a la corrosión y la elasticidad.

Designación abreviada	Composición en %		Limite 0,2- kp/mm²	Resisten- cia a la tracción kp/mm²	Alarga- miento de rota- ra %	Dureza Brinell kp/mm²
	Componentes de la aleación	Adiciones admisibles				
GD-MgAl18Zn1	Al 7,5 a 9,0 Zn 0,3 — 1,0 Mn 0,15 — 0,3 Mg resto	Si 0,30 Cu 0,20 otros en total 0,20	14—16	20—24	1—2	60—85
GD-MgAl19Zn1	Al 8,3 a 10,0 Zn 0,3 — 1,0 Mn 0,15 — 0,3 Mg resto	Si 0,30 Cu 0,20 otros en total 0,20	15—17	22—25	0,5—1,5	65—85
GD-MgAl19Zn2	Al 7,5 a 9,5 Zn 0,5 — 2,0 Mn 0,15 — 0,3 Mg resto (Al + Zn 10,5)	Si 0,5 Cu 0,35 ctros en total 0,20	14—17	20—25	0,5—2	60—85

Tabla III.3 Aleaciones de magnesio para inyectar DIN 1729.

La aleación GD-MgAl19 Zn 1 es la que presenta mejores proiedades de colada y se utiliza generalmente para la fabrica--ción de piezas complicadas y de paredes delgadas.

Las aleaciones de magnesio tienden en gran medida a la --oxidación, unida a un fuerte desarrollo exotérmico de calor, - que puede llevar a la autoinflamación, para evitar esto se protegeran las aleaciones fundidas, del contacto con el oxígeno - de la atmósfera por medio de una cubierta adecuada del baño ó con gas de protección. Contenidos de berilio del orden de algunas milésimas en porcentaje de peso, actúan como inhibidores - y protegen en cierta forma contra la combustión. La adición de berilio debe efectuarse por medio de una prealeación de AlBe ó AlMgBe.

c.- Aleaciones de zinc.

Las aleaciones de zinc se cuentan entre los metales pesados (6.5 a 6.7 Kg/dm³), el componente más importante de la aleación es el aluminio que proporciona al material una granulación muy fina y elevada tenacidad. Las únicas aleaciones de zinc que en estado de fusión no atacan al hierro ni al acero son las eutécticas con un contenido de aluminio de alrededor de 4 %, y permiten por tanto utilizar máquinas de cámara caliente.

La tabla III.4 presenta la composición y algunas propiedades de aleaciones normalizadas de zinc para inyectar.

Designación abreviada	Composición en %		Marca estampada	Límite 0.2. kp/mm ²	Resistencia a la tracción kp/mm ²	Alargamiento de rotura %	Dureza Brinell kp/mm ²
	Componentes de la aleación	Adiciones admisibles					
GD-ZnAl4	Al 3,5 a 4,3 Mg 0,020 - 0,06 Zn resto	Cu 0,1 Fe 0,05 Ni 0,02 Pb + Cd 0,009 Sn 0,002	Z 400	20-23	25-30	2-6	70-90
GD-ZnAl4Cu1	Al 3,5 a 4,3 Cu 0,75 - 1,25 Mg 0,020 - 0,06 Zn resto	Fe 0,05 Ni 0,02 Pb + Cd 0,009 Sn 0,01	Z 410	22-25	28-35	2-3	85-105

Tabla III.4 Aleaciones de zinc para inyectar DIN 1743

Las piezas fabricadas en zinc presentan una cierta inestabilidad dimensional, causada por la transformación eutécticoide de la fase alfa, que aparece a los 275 °C, que se puede retrasar con un contenido de cobre de más del 0.6 %. La mejor estabilidad dimensional se puede conseguir con la ayuda de un envejecimiento artificial, como por ejem. mediante un calentamiento de varias horas a temperaturas entre 90 y 95 °C. La alea---

ción GD-ZnAl 4 con mas de 0.1 % de cobre es la que se recomienda para la fabricación de piezas de exactitud.

La mayor parte de las piezas inyectadas en zinc son pulimentadas y cromadas galvánicamente. Para evitar los defectos de superficie resulta especialmente favorable el proceso de inyección por cámara fría.

d.- Aleaciones de cobre.

Existe una gran cantidad de aleaciones de cobre, pero la que se utiliza casi exclusivamente para la fundición a presión es el latón. Como se muestra en la tabla III.5, el latón para inyección esta aleado con aluminio, el cual disminuye la oxidación del zinc durante la conservación en caliente, alimentación y colada.

Designación abreviada	Composición %		Límite 0,2- kp/mm ²	Resistencia a la tracción kp/mm ²	Alargamiento de rotura %	Dureza Brinell kp/mm ²
	Componentes de la aleación	Adiciones admisibles				
GD-Ms 60	Cu 38,0 a 64,0 Al 0 — 1,0 Zn resto	Pb 2,0 Sn 1,0 Fe 0,8 Ni 0,5 Si 0,5 Mn 0,2 Sb 0,1 en total P 0,05 2,2 excepto Ni, Pb	16 (12)	35 (25)	4 (1,3)	100 (75)

Tabla III.5 Latón para inyectar DIN 1709.

El latón se utiliza sobre todo en la fabricación de piezas como: conexiones, válvulas, elementos constructivos de mecánica fina y especialmente en la industria eléctrica.

El latón tiene una gran resistencia a la corrosión, es de fácil mecanizado y admite pulimento, incluso es posible el tratamiento galvánico de las superficies. Las altas temperaturas de inyección del orden de los 1000 °C reduce considerablemente la vida de los moldes. La inyección de latón se efectúa solamente en máquinas de cámara fría.

e.- Aleaciones de plomo y estaño.

Los materiales de plomo y estaño para inyectar tienen una aplicación muy reducida, a pesar de que poseen buenas propiedades para la inyección. Generalmente se utilizan para la fabricación de piezas de aparatos de medición, interruptores, televisores, aparatos de radio, cierres de cremallera y pequeñas piezas similares.

Las tablas III.6 y III.7 contienen la composición así como algunas características de las aleaciones de plomo y estaño respectivamente.

Designación abreviada	Composición en %		Resistencia a la tracción kp/mm ²	Alarga- miento de rotura %	Dureza Brinell kp/mm ²
	Componentes de la aleación	Adiciones admisibles			
GD-Pb 97	Pb 96 — 98 Sb 2 — 4	Cd + Fe + As < 1,5	5	20	9
GD-Pb 87	Pb 86 — 88 Sb 12 — 14	Cd + Fe + As < 1,5	6	10	14
GD-Pb 85	Pb 84 — 86 Sb 9 — 11 Sn 4 — 6	Cd + Fe + As < 1,5	7,5	8	18
GD-Pb 59	Pb 58 — 60 Sb 12 — 14 Sn 24 — 26 Cu 2,5 — 3,5	Cd + Fe + As < 1,5	8	3	18
GD-Pb 46	Pb 45 — 47 Sn 39 — 41 Sb 11 — 13 Cu 1,5 — 2,5	Cd + Fe + As < 1,5	8	4	17

Tabla III.6 Aleaciones de plomo para inyectar DIN 1741.

Designación abreviada	Composición en % del peso		Peso específico kg/dm ³	Resis- tencia a la tracción kp/mm ²	Alarga- miento de rotura %	Dureza Brinell kp/mm ²
	Componentes de la aleación	Adiciones admisibles				
GD-Sn 80 Sb	Sn 79 —81 Sb 16 —18 Cu 2,5— 3,5 Pb — 1,5	Fe 0,08 As 0,08 Zn 0,01 Al 0,01	7,1	11,5	2,5	30
GD-Sn 60 Sb Pb	Sn 59—61 Sb 12—14 Cu 2— 3 Pb resto	Fe 0,08 As 0,08 Zn 0,01 Al 0,01	7,9	9	1,7	28
GD-Sn 50 Sb Pb	Sn 49—51 Sb 12—14 Cu 2— 3 Pb resto	Fe 0,08 As 0,08 Zn 0,01 Al 0,01	8,0	8	1,9	26

Tabla III.7 Aleaciones de estaño para inyectar DIN 1742.

IV.- CARACTERISTICAS DE LAS MAQUINAS DE FUNDICION
A PRESION CAMARA CALIENTE.

- a.- Equipo de inyección.
- b.- Equipo de cierre.
- c.- Dispositivos de seguridad.

IV.- Características de las máquinas de fundición a presión cámara caliente.

Los elementos más sobresalientes en una máquina de fundición a presión cámara caliente, son los siguientes:

- a.- Equipo de inyección.
- b.- Equipo de cierre.
- c.- Dispositivos de seguridad.

a.- Equipo de inyección.

La función primordial del equipo de inyección es, introducir a presión, en el molde, el metal fundido necesario para cada colada.

Las partes principales del equipo de inyección son:

- a1.- Acumulador de presión.
- a2.- Multiplicador de presión.
- a3.- Pistón de accionamiento.
- a4.- Pistón de inyección.
- a5.- Crisol.
- a6.- Platina fija.

a1.- Acumulador de presión.

Como se ve en la figura IV.1 el acumulador de presión, en su construcción normal, consta de una botella cilíndrica de acero, en la que se encuentra un gas (nitrógeno generalmente) como medio impulsor; existe además un tipo especial llamado acumulador de presión a pistón, como se ve en la figura IV.2, en éste tipo, un pistón separa el gas del fluido hidráulico y evita que el gas a presión se disuelva o borbotee en el fluido. Con el acumulador de presión a pistón se elimina la formación de espuma y el arrastre de gas al sistema hidráulico.



Figura IV.1 Acumulador de presión tipo normal.



Figura IV.2 Acumulador de presión a pistón.

El funcionamiento de un acumulador de presión se describe a continuación, una bomba hidráulica de alta presión suministra fluido al acumulador, hasta obtener en él la máxima presión ajustable de la bomba. Líquido y gas permanecen entonces bajo la misma presión, llamada presión de almacenaje.

Por consiguiente en el acumulador se almacena energía de presión, que puede suministrarse inmediatamente al abrir la válvula de disparo y pasar el fluido hidráulico al cilindro de accionamiento del grupo de inyección.

Actualmente, todas las máquinas modernas de inyección están equipadas con un acumulador de presión para el accionamiento del pistón de inyección.

Puesto que se prevé una maniobra de dos fases para la velocidad del pistón de inyección, se utiliza el acumulador para alcanzar alta velocidad, mientras que el movimiento lento de aproximación se consigue generalmente por la conexión a una bomba hidráulica.

a2.- Multiplicador de presión.

Para obtener una presión final que sea superior a la presión estática de colada, se utiliza el llamado transformador de presión ó multiplicador. En la figura IV.3, se muestra el principio del multiplicador; un pistón de gran superficie y diámetro D_1 esta rígidamente unido con otro pistón de superficie pequeña y diámetro D_2 ; si se acciona el pistón mayor con una presión P_1 , transmite la fuerza producida al pistón menor, de manera que en el fluido hidráulico ahí encerrado se forma la presión P_2 . De esta forma, son inversamente proporcionales a las áreas de los pistones, o al cuadrado de los diámetros.

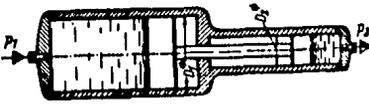


Figura IV.3 Principio de un multiplicador de presión.

$$P_2 = F_1 \frac{A_1}{A_2} = P_1 \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

Por lo tanto, la relación de transformación viene dada por el área de los pistones; las relaciones para las máquinas de inyección son de 2:1 hasta 3:1, lo que nos da un aumento considerable de presión.

a3.- Pistón de accionamiento.

Como se aprecia en la figura IV.4, generalmente el pistón de accionamiento se monta inmediato al multiplicador de presión y no es otra cosa que el elemento de unión del pistón de inyección con los elementos anteriormente descritos.

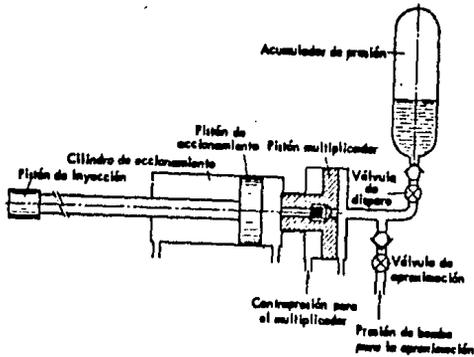


Figura IV.4 Representación esquemática de un grupo inyector con acumulador de presión y multiplicador.

Es en el pistón de accionamiento donde se presentan ya - las presiones y velocidades que vamos a tener en el pistón de inyección, debido esto a que ambos están unidos rigidamente me diante un vástago.

a4.- Pistón de inyección.

El pistón de inyección es el que estará en contacto con - el metal fundido (de hecho está sumergido en él), inyectándolo y transfiriéndole la presión sobre el metal en el recorrido de éste hasta el interior del molde.

El cilindro por el cual se mueve el pistón de inyección - es en este caso una parte importante, debido a que en conjunto con el ducto que lleva el metal a la cavidad del molde, se le denomina "cuello de ganso".

El pistón de inyección se diseña a manera que el cuello - de ganso sea intercambiable, variando con esto el volumen que se puede inyectar. Lo descrito anteriormente se ilustra en la figura IV.5.

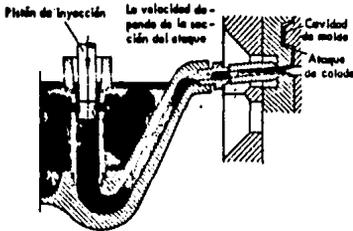


Figura IV.5 Disposición de inyección de una cámara caliente "cuello de ganso".

a5.- Crisol.

El crisol, en las máquinas de cámara caliente, esta integrada a la máquina (a esto se debe la clasificación de cámara caliente), y es la parte del equipo de inyección que se encargará de fundir y mantener a la temperatura adecuada al metal para su inyección, esto se hace mediante controles de temperatura (termos tatos).

El combustible usado en el crisol puede ser: gas, aceite, - electricidad, etc., y solo depende de la facilidad que se tenga de conseguirlo.

a6.- Flatina fija.

Esta es la última parte del equipo de inyección ya que es donde se sujetará el semimolde fijo, y donde se haran las conexiones necesarias para que el metal recorra el último tramo en su camino a la cavidad del molde.

b.- Equipo de cierre.

El mecanismo de cierre sirve para abrir y cerrar el molde y mantenerlo en posición durante la colada. Por este motivo la fuerza de cierre (K_g) ejercida debe ser superior a la fuerza máxima de reacción del molde (F_g) que aparece al efectuar la colada.

$$F_g = S P_g$$

F_g = Fuerza de reacción del molde (Kp).

S = Superficie de colada proyectada (cm^2).

P_g = Presión de colada (Kp/cm^2).

Por lo general la fuerza de cierre (K_g) esta dada por:

$$K_g = 1.25 F_g$$

Las partes principales del equipo de cierre son:

bI.- Mecanismo de cierre.

b2.- Flatina móvil (mecanismo de expulsión de la pieza).

bI.- Mecanismo de cierre.

En las máquinas de fundición a presión se tienen diversos mecanismos de cierre los cuales se pueden agrupar en dos tipos que son:

bI.1.- Cierre de fuerza.

bI.2.- Cierre de forma.

bi.1.- Cierre de fuerza.

El accionamiento del mecanismo de cierre se consigue en todas las máquinas de fundición a presión por medio de un cilindro hidráulico. Este puede servir al mismo tiempo para mantener el molde en su posición de cerrado. La fuerza de cierre, que a través del semimolde móvil ejerce el pistón de cierre, solo depende del área del pistón (A) y de la presión de accionamiento (P). Por lo tanto, la fuerza de cierre (K_s) se determina de acuerdo con:

$$K_s = P A$$

A este tipo de cierre se le denomina de fuerza.

bi.2.- Cierre de forma.

El método de cierre usado con más frecuencia, utiliza el sistema de palanca acodada (cierre de forma). El cual se muestra en la figura IV.6.

Un cilindro hidráulico efectúa el cierre y la apertura del molde, la tensión que actúa sobre el molde se consigue al hacer pasar la palanca acodada a la posición estirada, la presión en el pistón de cierre se mantiene con el molde cerrado, a fin de evitar que la palanca acodada pueda retirarse de su posición estirada, que no es su posición de punto muerto, de esta forma la fuerza originada por el cilindro de cierre puede ser considerablemente menor.

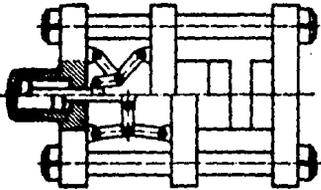


Figura IV.6 Retención por cierre de forma mediante palancas acodadas.

Todos los sistemas de cierre de forma exigen un ajuste de la altura del molde, muy preciso, a fin de que la fuerza de -- cierre necesaria, se produzca exactamente con el molde cerrado. Por esto, todo el mecanismo de cierre debe ser ajustable -- longitudinalmente. Esto se consigue en las máquinas modernas -- mediante un dispositivo de ajuste de la altura del molde, accionado por motor eléctrico que actúa uniformemente sobre las cuatro columnas guía.

Las columnas disponen de tuercas de husillo reguladas por ruedas dentadas, que son las que proporcionan la posición adecuada.

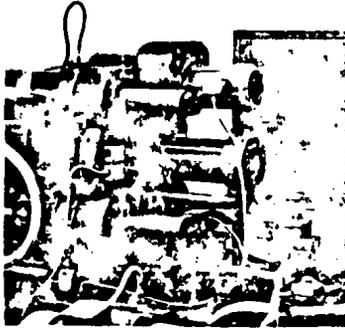


Figura IV.7 Mecanismo para la regulación de la altura de un molde.

b2.- Platina móvil (mecanismo de expulsión de la pieza).

El hecho de que éste tema se trate dentro del equipo de -- cierre, se debe a que el proceso de expulsar la pieza está intimamente ligado con el movimiento rectilíneo de cierre y apertura del molde.

El molde debe construirse siempre de forma tal, que al -- abrir, la pieza quede retenida en el semimolde móvil. Esta condición es indispensable para lograr la expulsión de la pieza,

ya que los dispositivos de expulsión, solo pueden montarse en el semimolde móvil, también llamado semimolde expulsor.

Todas las máquinas de inyección estan equipadas con un mecanismo de expulsión, que por lo general esta constituido por un cilindro hidráulico, que actúa cuando se abre el molde, sobre una placa expulsora dispuesta en la parte trasera del semimolde móvil; esta placa expulsora actúa sobre pernos botadores que forman parte del molde.

Por lo tanto, todo molde debe disponer de un dispositivo expulsor propio, el cual actúa gracias al cilindro expulsor.

c.- Dispositivos de seguridad.

Para prevenir los accidentes en las máquinas de inyección, éstas deben estar equipadas con dispositivos de seguridad efectivos, existen en este proceso dos tipos de accidentes más comunes, los causados por aprisionamiento y los ocasionados por proyección del metal fundido.

El peligro de aprisionamiento se presenta siempre debido a dos causas: accionamiento imprudente por el operario, y defectos o averías en el sistema hidráulico o eléctrico. Para evitar el error humano, las máquinas disponen de un accionamiento a -- dos manos, por el que él operario debe apretar dos pulsadores -- simultáneamente y con las dos manos, como se muestra en la figura IV.8, otra posible solución consiste en disponer el pulsador en un lugar suficientemente alejado del molde.

Para evitar los accidentes de aprisionamiento debidos a defectos en la máquina, se han ideado diferentes dispositivos de seguridad, entre los más comunes se pueden mencionar los siguientes: utilizar una cubierta que se abre horizontalmente sobre unas guías (que además sirve también de protección contra las -- proyecciones de metal), al abrir ésta cubierta actúa un inter-- ruptor que abre el circuito eléctrico de la electroválvula de -- mando del cilindro de cierre, impidiendo así el accionamiento -- del cilindro cuando ésta cubierta está abierta; otra opción es el bloqueo por descarga hidráulica, que consiste en accionar -- con la cubierta móvil, cuando está en posición abierta, una válvula de descarga que obliga al fluido hidráulico su retorno al tanque, impidiendo que el fluido a presión llegue y accione al cilindro de cierre, por tanto, el cilindro de cierre queda sin presión y solamente es posible el movimiento del molde cuando -- la cubierta de protección esta completamente cerrada.

Generalmente durante el funcionamiento automático de las -- máquinas de cámara caliente, el accionamiento de la cubierta de protección se efectúa neumáticamente, por lo que además, ésta -- cubierta puede disponer en su parte delantera de un palpador -- que cuando encuentra una resistencia o tropieza con el opera-- rio, el palpador acciona una válvula de inversión y la cubierta regresa inmediatamente a su posición de apertura total, accio-- nando con ésto todos los demás dispositivos de seguridad descri-- tos anteriormente.



Figura IV.8 Accionamiento a dos manos para el cierre del molde.

Al trabajar con el molde --abierto, por ejemplo, para eliminar metal adherido, para colocar insertos, etc., deberá preverse un bloqueo mecánico del molde, --éste se consigue mediante dos --cierres de seguridad, al retroceder la cubierta móvil de protección basculan al interior del --molde abierto bloqueándose así --el cierre del molde, y al cerrar la cubierta son nuevamente liberados por medio de una clavija --como se ve en la figura IV.9.

La protección contra la proyección de metal fundido se logra con la cubierta móvil descrita anteriormente, pero esta protección ofrece dificultades cuando se trabaja con moldes voluminosos o con los que tienen dispositivos para extracción de machos, entonces se recomienda montar en el molde láminas ó ángu--

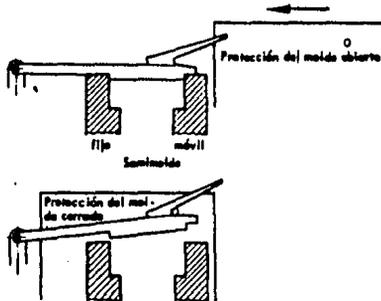


Figura IV.9 Bloqueo mecánico del molde mediante pestillo basculante.

los que recubran por fuera la línea de partición del molde, --
mostrado en la figura IV.10.

El peligro de proyección del metal se presenta cuando se dispara el movimiento del pistón de inyección antes de que el molde este completamente cerrado y que quede retenido por la fuerza de cierre, por lo tanto, éste pistón debe estar bloqueado en tanto no actúe sobre el molde la fuerza de cierre necesaria. Esto puede conseguirse mediante un interruptor de pre---sión, en máquinas con cierre de fuerza, ó mediante un interruptor de final de carrera, en máquinas con cierre de forma, que será accionado por las palancas acodadas en su posición estirada. Sin embargo lo más seguro es la medición directa de la --- fuerza de cierre efectiva alcanzada, mediante algún dispositivo de control que detenga inmediatamente la máquina cuando detecte un valor menor al requerido.

Otra causa de accidente en las máquinas de inyección son los incendios, que se producen cuando hay fugas ó se rompen -- las tuberías del sistema hidráulico en el cual se utilizan --- flúidos inflamables. Para ésto se estan utilizando cada vez -- más, flúidos hidráulicos no inflamables.

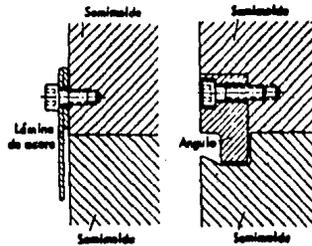


Figura IV.10 Láminas y ángulos en la parte exterior del molde para proteger de las proyecciones de metal.

V.- TECNOLOGIA DE LOS MOLDES.

- a.- Partes principales que constituyen el molde.
- b.- Evacuación del aire del molde.
- c.- Sistema de refrigeración del molde.
- d.- Materiales utilizados en los moldes.
- e.- Montaje de los moldes y su arranque en producción.

V.- Tecnología de los moldes.

a.- Partes principales que constituyen el molde.

En el proceso de fundición a presión se utiliza un molde permanente, metálico; éste molde debe estar diseñado para soportar fuertes cargas mecánicas y térmicas, para lo cual se utilizan aceros de aleaciones especiales.

El molde que se utiliza en este proceso está constituido básicamente por dos partes que son: semi molde bebedero que se fija a la placa porta molde fija de la máquina, y el semi molde expulsor que se fija a la placa porta molde móvil.

El semi molde bebedero está constituido de dos elementos constructivos, la placa porta cavidad del lado bebedero y una placa sufridera que sirve también para la fijación del molde. El semi molde expulsor se forma con los siguientes elementos, la placa portacavidad del lado expulsor, una placa sufridera, dos regletas de fijación, una placa porta botadores, una placa botadora y una placa de fijación; todos estos elementos atornillados adecuadamente entre sí. La figura V.1 nos indica ambos semi moldes.

A la unión de ambos semi moldes se le denomina línea de partición del molde y tiene por objeto que con el molde abierto permite la extracción de la pieza.

En el momento de colar, ambas mitades deben estar cerradas perfectamente, ya que de lo contrario el metal inyectado saldría por la línea de partición con gran presión, lo que causaría serios problemas en la seguridad del operador y las piezas producidas presentarían rebaba. Para evitar éste problema se deben tomar en cuenta dos puntos básicos: uno es la fuerza de cierre del molde que debe ser la suficiente para evitar que la fuerza de inyección lo abra, el otro punto es mantener perfectamente rectificadas las superficies de ambos semi moldes. El cálculo de la fuerza de cierre necesaria se efectúa de la siguiente forma.

donde:

$$F_g = S P_g$$

F_g = Fuerza de reacción del molde (K_p).

S = Sup. de colada proyectada (cm^2).

$$K_s = 1.25 F_g$$

P_g = Presión de colada (K_p/cm^2).

K_c = Fuerza de cierre (K_p).

Otros elementos que son muy importantes en los moldes, son los postes guía y bujes, cuya función es la de guiar ambos semi moldes y centrar las partes que forman la cavidad, para evitar que las piezas salgan descentradas en la línea de partición.

Los postes guía y bujes se ilustran en la figura V.1, el material con que se construyen estos elementos es acero especial para cementación (AISI 8620). Los bujes y postes tienen por lo tanto una dureza superficial y deben estar rectificadas a precisión. Estos elementos son estándar y los surten fabricantes especializados en partes para moldes y se pueden obtener en una amplia variedad de tamaños que se seleccionan de acuerdo a las necesidades.

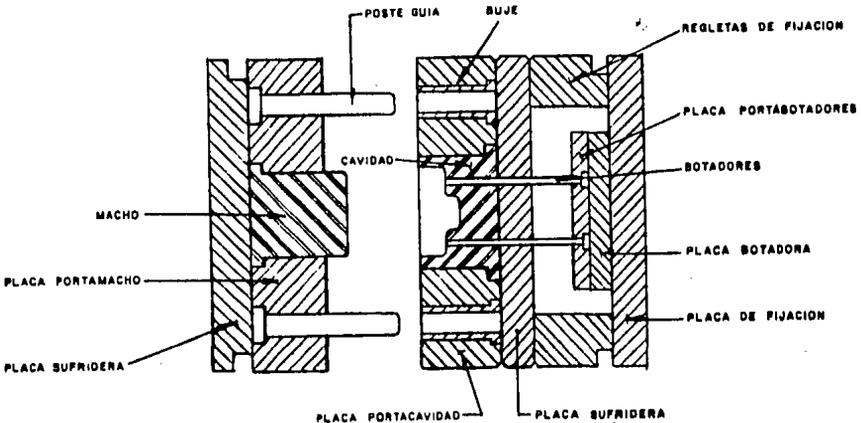


Figura V.1 Sección de un molde típico para fundición a presión.

al.- Sistema bebedero- canal-ataque.

La conducción del metal fundido en el interior del molde, hasta la cavidad, se realiza por canales que deben estar dispuestos y dimensionados adecuadamente.

El sistema de conducción se puede dividir en tres partes -- que son: el bebedero, canal de colada y ataque de colada, a través de los cuales el metal es conducido hasta la cavidad.

El bebedero realiza la conexión inmediata con el sistema de inyección y conduce el metal fundido al canal de colada, el metal es conducido por el canal de colada hasta la cavidad, pasando por el ataque de colada que es la unión entre el canal de colada y la cavidad.

Este sistema debe estar dispuesto de tal forma que el metal fundido alcance la cavidad por el camino más corto, evitando turbulencias.

El metal fundido pasa al semi molde fijo a través de un canal que recibe el nombre de cono bebedero debido a su forma cónica, hasta que llega al plano de partición del molde en donde el flujo de material se desvía en dirección a la cavidad del molde, éste cambio de dirección se fuerza por medio del cono de distribución, al canal que en el plano de partición se deriva del cono bebedero se llama canal de colada y conduce inmediatamente al -- ataque, ver figura V.2.

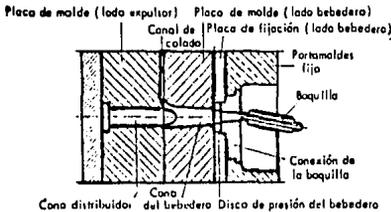


Figura V.2 Disposición del bebedero en una máquina de cámara caliente.

Frecuentemente se utiliza un manguito bebedero como el mostrado en la figura V.3 para el desprendimiento de la unión del cono bebedero solidificado y el metal todavía líquido en la boquilla. El cono bebedero junto con el canal de colada y la pieza solidificada permanecen en el molde, de ésta forma, al abrir el molde es retenido por el semi molde móvil y expulsado conjuntamente, para asegurar la retención en esta parte del molde el cono bebedero debe tener suficiente conicidad, -- por lo general es de 2.5 a 5°.

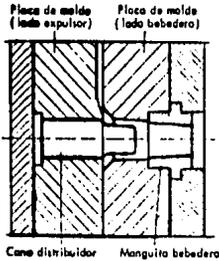


Figura V.3 Disposición del bebedero con manguito.

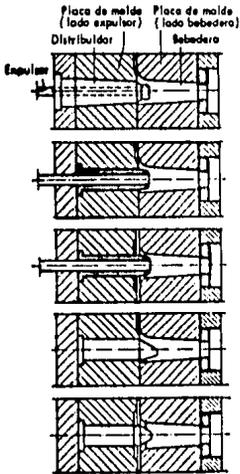


Figura V.4 Ejemplos de conos distribuidores.

Algunos ejemplos de conos bebederos se muestran en la figura V.4, tal como se utilizan en máquinas de cámara caliente. El cono distribuidor está sujeto a fuertes solicitaciones térmicas, por lo que ocasionalmente se deberá cambiar ésta pieza, para facilitar la expulsión del cono bebedero frecuentemente se dispone de expulsores.

Mediante una adecuada disposición entre la pieza y el bebedero se obtienen algunas ventajas en el moldeo. En la figura V.5 se presentan algunos ejemplos de disposición del bebedero, la figura V.5.a se ilustra un bebedero central, que es una solución especialmente favorable, ya que la introducción del metal se efectúa por un camino directo. Este sistema resulta conveniente en piezas de configuración complicada, especialmente cuando presentan un agujero central en la pieza. La figura V.5.b y V.5.c corresponden a un sistema de ataque normal, con cono de distribución y ataques exteriores.

En todas las piezas que no estén provistas de bebedero central, se precisa un canal de colada para la unión entre el cono bebedero y el ataque de la pieza. Este canal de colada debe conducir el metal fundido al ataque por el camino más corto y recto posible, en el caso que resulte inevitable un cambio de

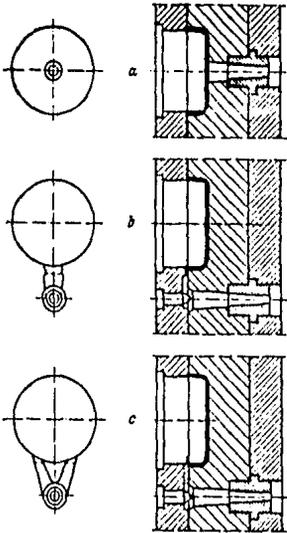


Figura V.5 Ejemplos de disposición del bebedero.

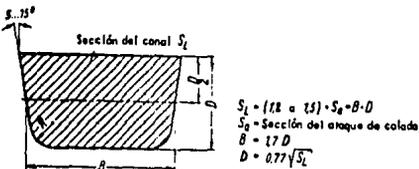


Figura V.6 Dimensiones de la sección del canal.

dirección, éste no debe ser nunca con perfil agudo, sino que debe redondearse suficientemente. Es necesario que el metal fundido se enfrie lo menos posible, lo que significa que la sección del canal en ningún caso debe ser demasiado plana o de pared demasiado delgada.

El canal de colada se fre-sará solamente en un semi mol--de, normalmente en el móvil, -- las paredes laterales deben disponer de una salida suficiente (5 a 15°).

Las dimensiones de la sección del canal de colada quedan determinadas en la figura V.6.

En el caso que sean necesarios varios canales, la sección del canal principal será igual a la suma de las secciones de -- los canales secundarios que se derivan de aquél. La sección -- más pequeña del cono bebedero -- debe ser por lo menos igual, pero de preferencia superior a la sección máxima del canal. En todo caso, es muy importante que las secciones de circulación -- desde el bebedero hasta el ataque no aumenten en ningún caso, sino que deben mantenerse constantes o en disminución. El paso del canal al orificio de ataque en la pieza se efectúa con una disminución uniforme de la sección.

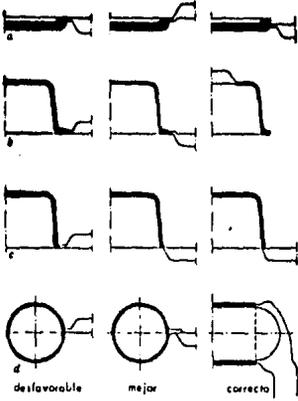


Figura V.7 Ejemplos de disposición adecuada de los ataques exteriores.

El ataque debe disponerse de forma que el caldo penetre en la cavidad del molde libremente y sin formación de embalses, algunos ejemplos de ataque por el exterior se muestran en la figura V.7.

En el moldeo de piezas planas se recomienda el empleo del llamado ataque en abanico que se muestra en la figura V.3; como se aprecia en las figuras V.9 y V.10 el ataque en abanico facilita el llenado progresivo uniforme, mientras que con un ataque en forma de tobera podría aparecer una fuerte formación de embalses unida a una contracorriente de circulación.

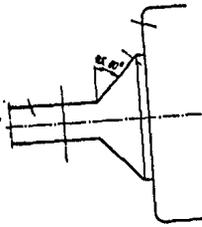


Figura V.8 Ataque en abanico.

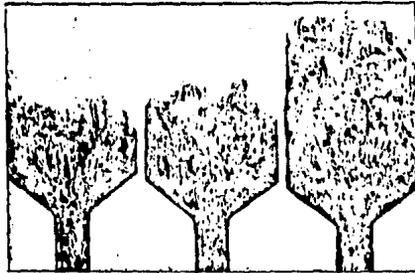


Figura V.9 Forma de actuar de un ataque en abanico.



Figura V.10 Forma de actuar de un ataque en forma de tobera.

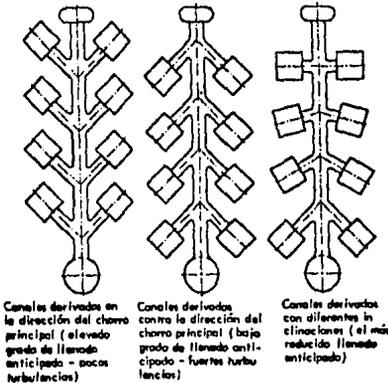


Figura V.11 Sistema de canales de colada para moldes múltiples con diferente grado de llenado anticipado.

En los moldes múltiples se presenta el problema de llenado anticipado, y consiste en un llenado precoz produciendo defectos superficiales de la pieza.

La figura V.11 muestra un ejemplo de éste problema, en la figura de la izquierda el metal fluye a los canales derivados en la dirección del chorro principal, en este caso el peligro de turbulencia es reducido, sin embargo el metal fluye en dirección de su menor resistencia hidráulica alcanzando en parte las cavidades inferiores antes de proseguir por el canal principal.

La disposición presentada en la figura V.11 del centro con derivación de los canales en sentido contrario a la dirección principal del flujo de metal, disminuye considerablemente el peligro del llenado precoz, pero aumenta en forma considerable la turbulencia.

La disposición de los canales presentada en la figura V.11 derecha con diferentes ángulos de inclinación, reduce al mínimo el llenado anticipado, pero la inclinación en retroceso de los canales produce fuertemente fuertes turbulencias. Por lo tanto éste problema se resuelve disponiendo la pieza a igual distancia de la cámara de presión.

A continuación se presenta una forma para el cálculo del ataque de colada y de otros datos de importancia.

La sección del ataque se calcula de la siguiente forma:

donde:

S_a = Sección del ataque.

Q = Caudal de entrada del metal fundido.

V_a = Velocidad de circulación del metal fundido.

$$S_a = Q/V_a \quad (1)$$

La velocidad V_a está comprendida en un rango de 30 a 50 m/seg.

Y el caudal Q se obtiene mediante:

donde:

G = Peso de la pieza incluidos rebosaderos.

γ = Peso específico del material a colar.

t = Tiempo de colada.

$$Q = G/t\gamma \quad (2)$$

El tiempo de colada depende del grosor medio de las paredes de la pieza, y según J. Czikel se calcula como:

donde:

t = Tiempo de colada (seg).

w = Espesor medio de la pieza (mm).

$$t = 0.04(w-1) \pm 0.02 \quad (3)$$

Esta ecuación es válida para valores de w de 1.5 a 6.4 mm.

Otra forma para determinar el tiempo t , la desarrollo F. C. Bennett, sobre una base físico-térmica, cuyos resultados se representan en la figura V.12.

El caudal de entrada calculado Q , que se tomó como base en la fórmula (1) para el dimensionado de la sección del ataque, depende del diámetro del pistón de inyección y de la velocidad del mismo:

donde:

$$Q = d^2 \pi V_k / 4 \quad (4)$$

d = Diámetro del pistón de inyección.

V_k = Velocidad del pistón de inyección

Por ello, la velocidad del pistón de inyección debe ajustarse de manera que se cumpla la condición:

$$V_k = 4Q/d^2 \pi \quad (5)$$

Cada máquina de inyectar presenta un campo de velocidades determinado, en el pistón de inyección, en las máquinas actuales la velocidad máxima es del orden de los 5 m/seg, recientemente se han conseguido ya velocidades de cerca de 10 m/seg.

La relación entre la presión de trabajo en el acumulador y la presión estática de colada en la cavidad del molde, dependen del diámetro del pistón de accionamiento y del diámetro del pistón de inyección.

donde:

P_b = Presión de trabajo del acumulador.

P_s = Presión estática en la cavidad del molde.

D = Diámetro del pistón de accionamiento

d = Diámetro del pistón de inyección.

$$P_s/P_b = (D/d)^2$$

5.- Desde este punto de corte en la escala H se traza otra recta hasta la presión de trabajo (presión de almacenaje) dada, en la escala K; esta recta se prolonga hasta la escala M, donde se obtiene la presión estática de colada. Para una máquina con multiplicador, desde el punto de corte con la escala H se traza otra recta hasta la escala K, donde se toma como base ahora la plena presión del multiplicador como si fuese la presión de trabajo. La prolongación de esta segunda recta hasta la escala M nos da el límite superior de la presión estática de colada.

6.- El punto de intersección con la escala M se une mediante una recta con la superficie proyectada de la pieza en la escala L, y se prolonga hacia la derecha hasta la escala N, en la que puede leerse la fuerza de reacción. Para el caso del multiplicador, se traza una segunda recta a través del límite superior de la presión de colada, que en la escala N indica el límite superior de la fuerza de reacción.

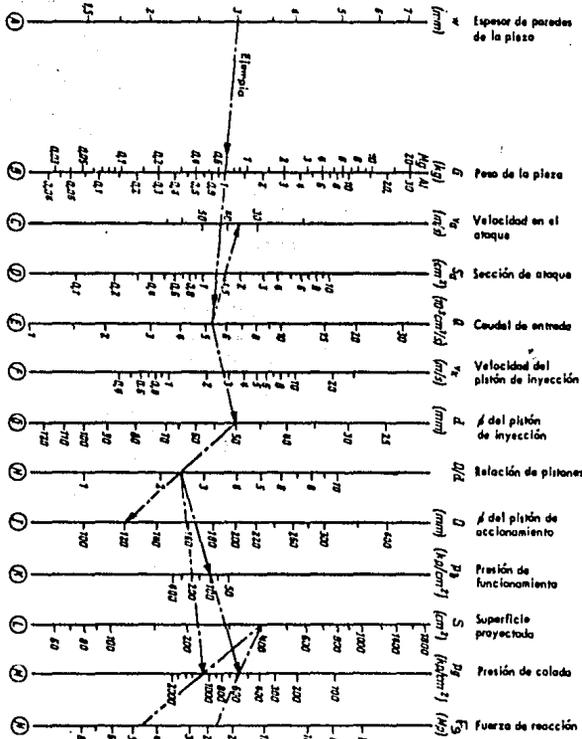


Figura V.13 Nomograma para inyección de metales ligeros según E. Brunhuber.

a2.- Piezas postizas, machos fijos y móviles.

La construcción de los moldes, debido al trabajo que realizan, requieren ser fabricados de aceros aleados de alta calidad, que resistan las altas sollicitaciones térmicas y mecánicas que existen en el moldeo. El costo de los aceros para éste tipo de trabajo es elevado, por consiguiente se debe procurar utilizar el acero de la forma más económica posible, por lo cual únicamente se fabrican de acero las piezas que están en contacto con el metal fundido. De esta forma, las placas de ambos semi-moldes sirven de bastidor para las piezas postizas construidas con aceros especiales. La figura V.14 muestra un molde con piezas postizas que forman la cavidad y el bebedero.

Por otra parte, el grado de dificultad para la fabricación de las cavidades depende de la configuración de la pieza moldeada. Se puede encontrar piezas de forma muy complicada, que sin la ayuda de los postizos sería sumamente difícil la fabricación de las cavidades, la figura V.15 muestra un ejemplo de esto.

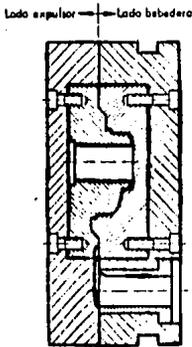


Figura V.14 Molde con piezas postizas.

Muchas veces es necesario montar en las placas del molde o en los postizos los llamados machos, que en sentido estricto se consideran como postizos y sirven para formar pequeños taldros, agujeros ciegos, aberturas o cavidades en la pieza inyectada, pero al abrir el molde no deben impedir la expulsión de la pieza.

Los machos, dependiendo de la función que realicen pueden ser fijos o móviles, un ejemplo de un macho fijo se ilustra en la figura V.16, los machos fijos de pequeñas dimensiones, sobre todo los machos para agujeros, están sometidos a fuertes contri

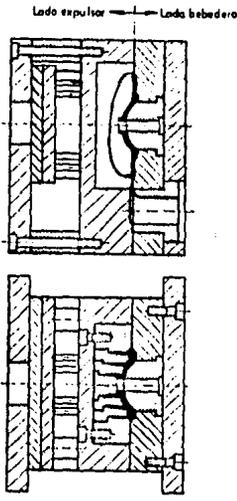


Figura V.15 Molde para inyección con postizo de múltiples divisiones.

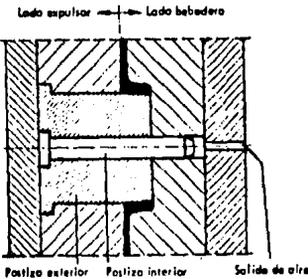


Figura V.16 Molde con postizos fijos.

bucciones térmicas, lo que puede llevar a un desgaste rápido, por consiguiente tales machos deben cambiarse frecuentemente. Por -- ello es conveniente poder efectu-- ar éste cambio sin tener que des-- montar el molde de la máquina, -- la figura V.17 presenta una posi-- bilidad: el macho esta sujeto me-- diante un tornillo de presión, -- que tiene una cabeza hexagonal -- interior o exterior y que puede -- ser soltado con el molde monta-- do, siempre que éste macho se en-- cuentre en el semi molde expul-- sor.

Los machos móviles sirven -- para formar taladros, rebajes, -- aberturas, superficies resalta-- das, nervios o aletas que no dis-- curran en la dirección de cierre del molde. Por consiguiente los machos móviles deben de introducirse dentro del molde antes de inyectar y retirarse después de la inyección, es decir, extraer-- se de la pieza inyectada. Para -- ello se utilizan dispositivos de extracción de machos, accionados mecánica o hidráulicamente.

En el momento de la inyec-- ción, la presión del metal fundi-- do actúa sobre los machos, por -- lo cual los machos móviles deben enclavarse en su posición de inyección, para evitar que la fuer-- za de reacción que actúa sobre -- el macho sea mayor que la fuerza de accionamiento de los machos, ya sea mecánica o hidráulica.

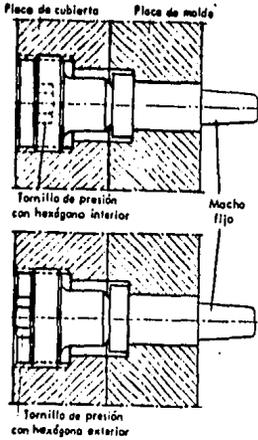


Figura V.17 Sujeción de machos fijos mediante tornillos de presión.

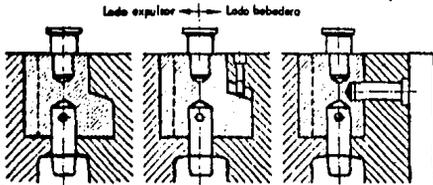


Figura V.18 Ejemplos de diferentes enclavamientos de machos.

Ejemplos de diferentes enclavamientos de machos móviles, accionados mecánicamente se muestran en la figura V.18.

Si se utilizan actuadores hidráulicos, como ocurre frecuentemente, la fuerza del pistón que actúa sobre el macho debe ser superior a la fuerza de reacción del macho provocada por la presión de inyección. Esto se aplica sobre todo al caso de actuadores hidráulicos en el semi molde fijo, que normalmente no pueden enclavarse, a no ser que se disponga un segundo cilindro hidráulico que solamente accione un pasador o cuña de enclavamiento.

La figura V.19 es un ejemplo de molde con machos móviles actuados hidráulicamente, los actuadores 1 y 6 se encuentran en el semi molde fijo y no pueden enclavarse; deben dimensionarse sus cilindros de forma que faciliten una retención segura por cierre de fuerza de estos machos contra la acción de la presión de colada. Los actuadores 2 y 5 actúan cada uno sobre un macho móvil en el semi molde expulsor para desprender los postizos de las aletas laterales; quedan enclavados por cuñas. En las correspondientes placas guía se han fijado unas cuñas de enclavamiento para los grupos 3 y 4, y es entonces cuando se libera el bloqueo del molde iniciándose la

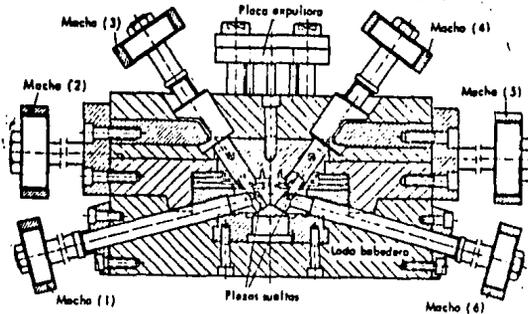


Figura V.19 Molde de inyección con seis machos móviles.

apertura, después abren los actuadores 2 y 5 y desenclavan al mismo tiempo los actuadores 3 y 4, los cuales pueden ya retirarse; no se efectúa la expulsión hasta que los machos 3 y 4 han salido completamente.

Las figuras V.20, V.21, V.22, V.23, V.24 y V.25 muestran ejemplos de moldes con machos móviles actuados de diferentes formas.

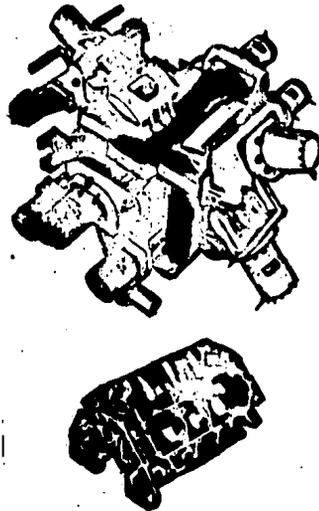


Figura V.20 Molde para inyectar el bloque de un motor de ocho cilindros.

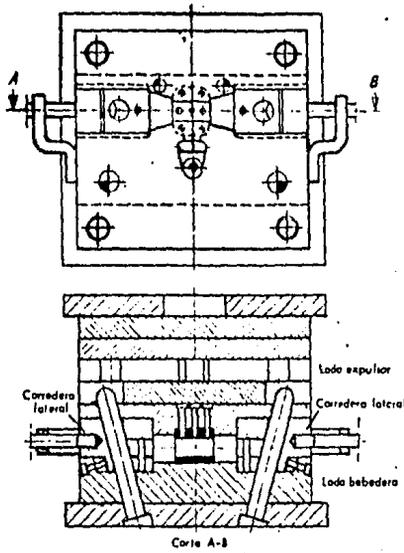
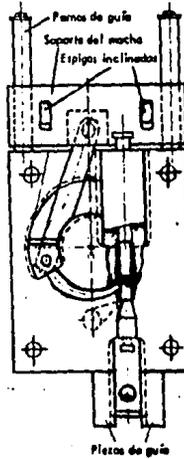


Figura V.21 Molde con dos espigas inclinadas.

Figura V.22 Molde con actuador de machos radial.



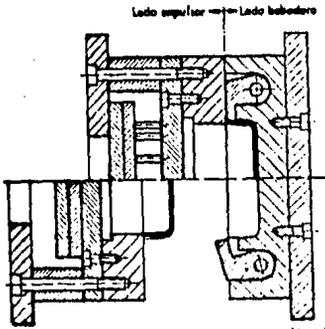


Figura V.23 Molde con machos basculantes para entallas exteriores

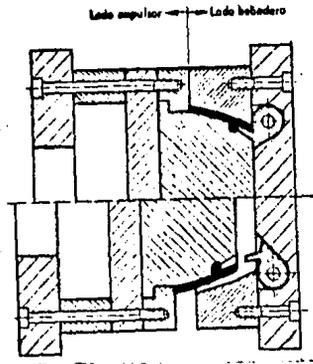


Figura V.24 Molde con machos basculantes para entallas interiores.

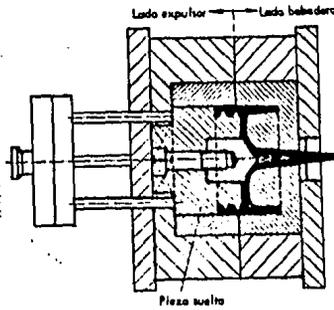


Figura V.25 Molde con pieza suelta para formar una rosca interior.

a3.- Expulsión de la pieza inyectada.

En el diseño de los moldes se debe considerar la expulsión de la pieza, y debe ser de tal forma que, al abrir el molde la pieza inyectada se quede retenida en el semi molde móvil. Esto es indispensable para lograr la expulsión de la pieza, ya que los dispositivos de expulsión sólo pueden montarse en el semi molde móvil ó expulsor. El mecanismo de expulsión en todas las máquinas de inyección, se encuentra montado en el semi molde móvil y consiste por lo general en un cilindro hidráulico -- que actúa al dispositivo expulsor, propio de cada molde.

El dispositivo de expulsión, se localiza entre la placa sufridera y la placa de fijación del semi molde móvil ó expulsor, y está constituido por la placa porta botadores, placa botadora y los botadores (ver figura V.26). Con el molde abierto el cilindro hidráulico actúa sobre éstas placas, con éste movimiento dichos botadores separan la pieza de la cavidad del molde. El retorno del dispositivo de expulsión se produce automáticamente al cerrar el molde por medio de las espigas de retorno (figura V.27) que empujan al dispositivo de expulsión a su posición de origen.

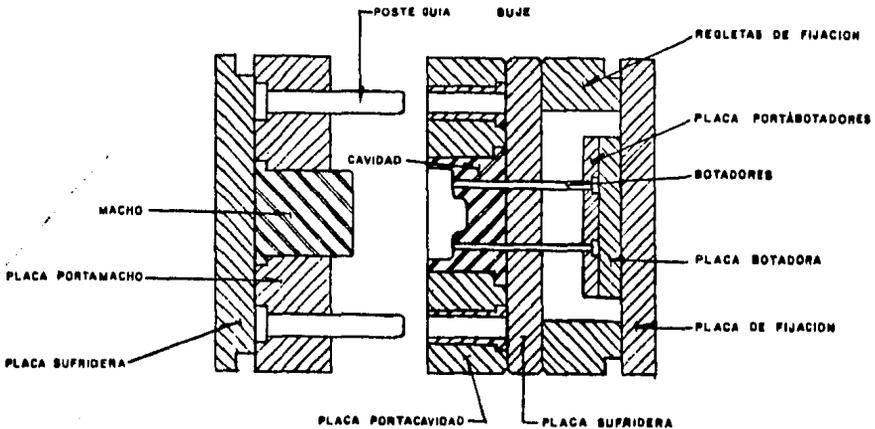


Figura V.26 Molde de fundición a presión (sistema de expulsión).

Antes de cerrar el molde de
be retroceder también el cilin-
dro hidráulico, ésto se produce
de forma automática por la manio-
bra de la máquina, durante el mo-
vimiento de cierre del molde.

La expulsión de una pieza -
inyectada requiere siempre ven-
cer unas fuerzas de contracción.
Puesto que las piezas inyectadas
se contraen en primer lugar alre-
dedor de los postizos interiores
o machos fijos, es conveniente -
aplicar la fuerza de expulsión -
lo más cerca posible de estos --
postizos interiores y preferente-
mente sobre zonas de la pieza de
mayor espesor.

Normalmente los botadores -
que se usan son elementos estan-
dar de forma cilíndrica y los --
surten fabricantes especializa-
dos en partes para moldes, y se
pueden obtener en una amplia ga-
ma de tamaños. Los botadores de-
ben ajustarse exactamente a la -
cavidad para evitar proyecciones
del metal fundido, la figura ---
V.28 presenta algunos ejemplos -
de botadores.

Cuando en determinadas pie-
zas, a causa de su configura-
ción, no existe la seguridad de
que las piezas queden retenidas
en el semi molde expulsor, puede
disponerse de una pequeña enta-
lla en la parte frontal del bota-
dor (figura V.29) de esta forma

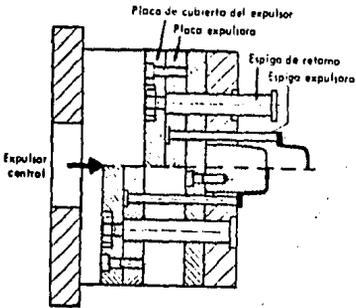


Figura V.27 Dispositivo de
expulsión con espigas de ex-
pulsión (botadores) y de re-
torno.

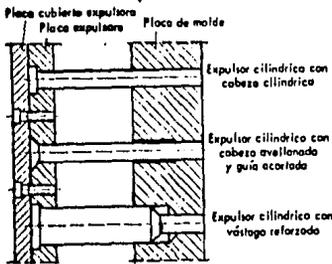


Figura V.28 Ejemplos de mon-
taje de botadores.

existe la suficiente seguridad de que la pieza no sea retenida en el semi molde fijo.

Deben dimensionarse exactamente la longitud de los botadores, ya que si no quedasen a nivel en el molde dejarían marcas visibles en la pieza.

Teniendo en cuenta la dilatación térmica en servicio prolongado, el ajuste final de los botadores deberá efectuarse con el molde caliente. Así mismo la limitación trasera de la carrera de retorno del dispositivo expulsor, debe ajustarse cuidadosamente con el molde cerrado. Por lo general, se utilizan para ello - las espigas de retorno, que al cerrar el molde llevan la placa botadora hasta su tope en la placa de fijación.

En caso de que el límite de la carrera de retorno no pueda ajustarse con la suficiente precisión, se recomienda el uso de tornillos guía como se muestra - en la figura V.30.

Algunas veces las piezas inyectadas pueden ser de paredes muy delgadas, por lo que podría llegarse a deformaciones causadas por la presión de los botadores normales. En tales casos será conveniente utilizar, en lugar de los botadores, un separador de la pieza según la figura V.31. Aquí se levanta la pieza - por todo su perímetro, mediante un movimiento adecuado de la placa del molde en la dirección de cierre.

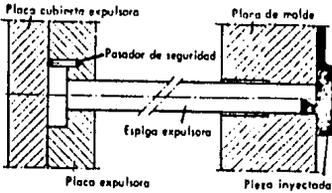


Figura V.29 Botador con entalla en el extremo para retener la pieza inyectada al abrir el molde.

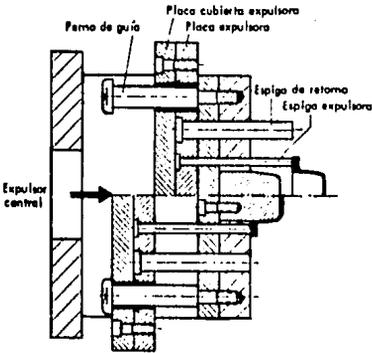


Figura V.30 Dispositivo expulsor con tornillos guía.

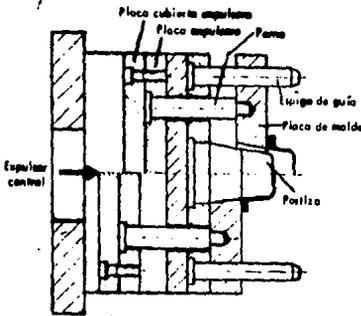


Figura V.31 Dispositivo de expulsión para piezas de pa- redes delgadas.

El apoyo de la placa del molde se consigue mediante tornillos - guía. El accionamiento de este tipo de placa botadora lo efectúa el expulsor central (cilindro hidráulico) que empuja a la placa del semi molde móvil en la dirección de cierre, de esta forma se desprende la pieza del molde.

En ocasiones sucede que la fuerza de expulsión proporcionada por la máquina no es suficiente para desprender la pieza inyectada, en tales casos se recomienda el montaje directo en el molde de un cilindro expulsor — adecuadamente dimensionado, que puede conectarse a la válvula direccional de un extractor de la máquina o a una bomba separada.

La expulsión debe disponerse, siempre que sea posible, en la dirección de cierre del molde. Las expulsiones inclinadas son desfavorables y propensas a defectos. Para este tipo de piezas se requiere un diseño de molde con botador basculante, que se mueve por uno o más vástagos al abrir el molde (figura V.32).

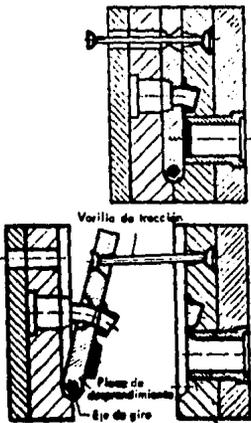


Figura V.32 Desprendimiento mediante una placa de molde basculante.

b.- Evacuación del aire del molde.

La disposición adecuada del sistema bebedero-canal-ata--- que, como sabemos, nos proporciona piezas inyectadas de gran calidad, esto se obtiene debido a que disminuye considerablemente las turbulencias de la corriente de llenado. Un factor importante que ayuda a disminuir estas turbulencias, es la evacuación del aire incluido en la cavidad, y esto en el corto tiempo de llenado del molde.

Una evidente solución de éste problema es el uso de un -- equipo de inyección al vacío, que facilita la evacuación del aire de la cavidad del molde, pero por razones económicas sólo es aceptable en casos especiales. Para la mayoría de veces puede obtenerse una evacuación satisfactoria del aire por medios mas simples.

Por lo general la evacuación del aire de la cavidad se -- efectúa a través de las superficies de partición y de las piezas componentes del molde (botadores y machos).

Una forma de extraer el aire del molde, es el uso de canales planos localizados en el plano de partición del molde, desde la cavidad hasta el exterior del molde (figura V.33); en ningún caso la profundidad de estos canales debe ser superior a --

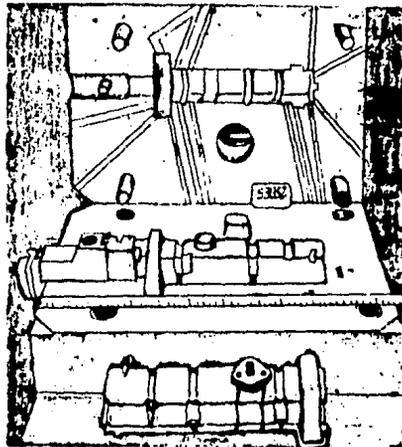


Figura V.33 Molde con canales de salida de aire en el plano de partición.

0.1 mm, con el fin de que el metal fundido no pueda penetrar en ellos.

Por lo general, se aplica la regla de la suma de las secciones de todos los canales de evacuación debe ser por lo menos el 50 % de la sección de ataque.

Otra forma de extraer el aire y los gases de colada fuera de la cavidad del molde, es a través de las holguras de ajuste de los postizos, botadores y machos fijos. Es conveniente colocar los machos fijos en la placa del molde con un juego de ajuste de 0.03 mm (figura V.34), aproximadamente unos 5 mm detrás de la cavidad del molde se dispone una regata en la que se reúne el aire; en el mango del macho se dispone una segunda regata unida con la anterior mediante uno o varios fresados planos. Este sistema garantiza un ajuste fijo de tales machos o postizos en la placa del molde y al mismo tiempo una buena evacuación del aire.

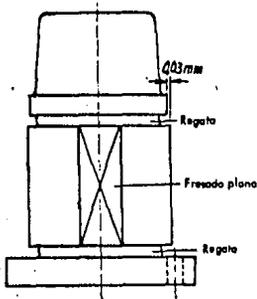


Figura V.34 Salida de aire de un macho fijo.

Los botadores se ajustan con una holgura no mayor de 0.03 mm, y los machos móviles con holgura de 0.05 a 0.10 mm, los cuales participan de forma muy útil en la evacuación del aire.

Las posibilidades de eliminación de aire citadas anteriormente, sirven exclusivamente para expulsar el aire fuera del molde impulsado por el caldo y para evitar una contrapresión neumática en la cavidad del molde, deben tomarse también medidas para apartar el aire que siempre se encuentra incluido en la corriente del metal, además de arrastrar consigo restos del separador. Por esta razón es muy importante contar con medidas adicionales y apartar de la cavidad del molde el caldo ensuciado por la formación de espuma y que contiene aire, gases y restos del separador.

Para ello se utilizan rebosaderos, consisten en pequeñas cavidades fresadas cerca del borde de la cavidad del molde, que se unen a la pieza por medio de un ataque delgado (figura V.35).

Ya que la corriente inicial de llenado es muy turbulenta y tiende en gran manera a borboteos de aire, a la formación de espuma y a la captación de restos del separador, deben disponerse los rebosaderos allí donde la corriente de llenado choca por primera vez con la pared del molde; éste metal revuelto con aire, óxidos y restos de separador es capturado por el rebosadero y separado así de la cavidad del molde. Es recomendable de todas formas disponer canales de salida de aire desde los rebosaderos hasta el exterior del molde (figura V.36).

Las dimensiones recomendadas para los rebosaderos son: -- longitud de 20 a 30 mm, ancho de 10 a 25 mm y profundidad de 5 a 8 mm. El ataque de los rebosaderos deberá ser de 0.5 a 1.0 mm de espesor y de 5 a 8 mm de ancho.

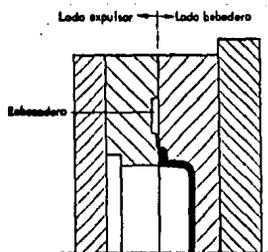


Figura V.35 Evacuación de aire por rebosaderos.

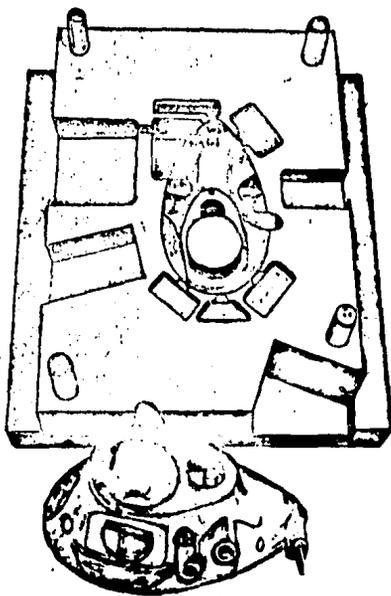


Figura V.36 Molde con rebosaderos.

c.- Sistema de refrigeración del molde.

En cada colada el metal fundido introduce una cantidad -- considerable de calor al molde aumentando considerablemente su temperatura, para poder abrir el molde y extraer la pieza es ne cesario que el metal inyectado se haya solidificado, esto signi fica que haya existido una transferencia de calor de la pieza - al molde. La eficiencia de la transferencia de calor afecta en forma directa a la eficiencia de la producción, ya que para con seguir una fundición económica, debe conseguirse una frecuencia de inyectado tan elevada como sea posible. Esto depende de dos magnitudes que son el espesor de paredes de la pieza y la refri geración del molde. Se comprende fácilmente que los productos - inyectados deben construirse con paredes relativamente delga--- das, para conseguir un tiempo de solidificación corto y de esta forma una elevada frecuencia de inyección; pero además la refri geración del molde es un auxiliar indispensable para conseguir un funcionamiento productivo de la fundición a presión.

La espera de solidificación, necesaria después de cada in yección y antes de abrir el molde puede reducirse mediante una intensa refrigeración del molde.

La refrigeración consiste generalmente en hacer circular agua en venas del molde situadas adecuadamente. Las dimensiones de estas venas y el caudal del agua que circula son factores -- que modifican considerablemente la eficiencia de refrigeración.

Durante la construcción del molde se toman en cuenta las condiciones de refrigeración, sin embargo, en la práctica resul ta necesaria una modificación posterior para obtener los resul tados deseados.

Existen aparatos automáticos de maniobra para la regula--- ción del caudal del refrigerante en función de la temperatura - media del molde; tales aparatos pueden estar también combinados en parte con un sistema eléctrico de calefacción del molde, un aparato de éstos se muestra en la figura V.37.

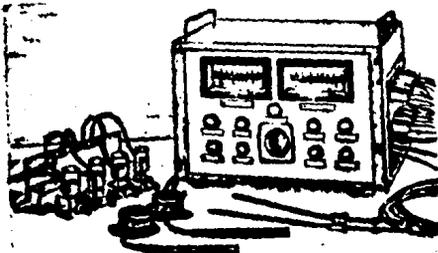


Figura V.37 Aparato para la regulación de la temperatura del molde.

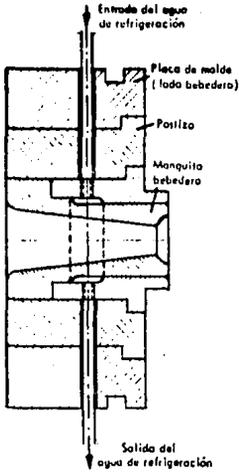


Figura V.38 Manguito bebedero refrigerado.

Los canales de refrigeración deben disponerse de la forma más efectiva. Se comprende fácilmente que deben hacerse pasar cerca de la cavidad del molde y que deben refrigerar sobre todo aquellos lugares expuestos a sollicitaciones térmicas especialmente fuertes, como son manguitos bebederos, conos de distribución y postizos (figuras V.38, V.39 y V.40).

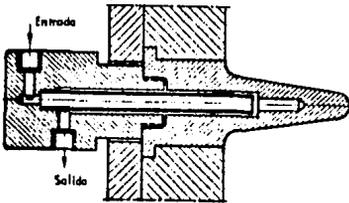


Figura V.39 Cono de distribución refrigerado.

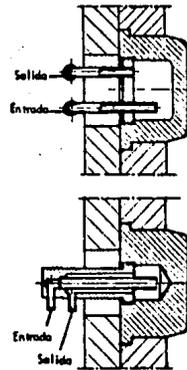


Figura V.40 Postizos refrigerados.

d.- Materiales utilizados en los moldes.

Los moldes utilizados para el proceso de fundición a presión están sometidos a esfuerzos mecánicos y térmicos, durante el trabajo se presentan cargas alternadas de compresión debido a la acción de cierre del molde, además debido al movimiento -- deslizante de botadores y machos móviles se presentan esfuerzos de fricción. El molde tiene la misión de absorber gran parte -- del calor aportado por cada colada y evacuarlo, de esta forma -- el molde está sometido a tensiones térmicas alternadas que poco a poco conducen a la formación de finas grietas superficiales.

Debido al alto costo de fabricación del molde, es sumamente importante la conservación o duración de éste, y esto depende de una correcta elección del material, tratamiento térmico -- adecuado y de un mantenimiento y trato adecuado durante la producción.

Durante el diseño del molde, se dimensionaran todas las -- placas de éste, adecuadamente, para soportar las cargas mecánicas y esfuerzos de flexión que se presentarían durante el trabajo de inyección.

El material adecuado para conseguir una buena duración -- del molde debe tener una conductividad térmica y límite de dilatación térmica relativamente elevados, su módulo de elasticidad y su coeficiente de dilatación deben ser relativamente pequeños. Los materiales que cumplen relativamente bien estas condiciones, se distinguen por una elevada resistencia a los cambios de temperatura.

Los materiales que se recomiendan para la fabricación de los moldes son los aceros para trabajo en caliente al cromo-molibdeno, se presenta una tabla de composición de éstos aceros -- en la tabla V.41, según norma DIN; en la tabla V.42 se presenta la composición de estos aceros según norma AISI.

La tabla V.43 presenta su campo de aplicación para la fabricación de moldes.

Los aceros se surten en estado recocido, ya que solamente así se pueden mecanizar fácilmente, la pieza terminada debe ser templada y revenida. Para templar se calienta el acero lenta y uniformemente, en un horno, hasta alcanzar la temperatura de -- temple, enfriando después rápidamente en aceite, aire o baño salino hasta la temperatura de equilibrio.

Material N.º	Designación abreviada según DIN 17006	Composición en %								
		C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Otros	
1740	C 60 W 3	0,60	0,4	0,7	—	—	—	—	—	—
2082	X 20 Cr 13	0,20	0,4	0,3	13,0	—	—	—	—	—
2093	X 40 Cr 13	0,40	0,4	0,3	13,0	—	—	—	—	—
2311	40 CrMnMo 7	0,40	0,3	1,5	2,0	0,2	—	—	—	—
2323	45 CrMoV 6 7	0,43	0,3	0,7	1,5	0,7	0,3	—	—	—
2341	6 CrMo 18	0,06	0,2	0,2	4,5	0,5	—	—	—	—
2343	X 38 CrMoV 5 1	0,38	1,0	0,4	5,0	1,3	0,3	—	—	—
2344	X 40 CrMoV 5 1	0,40	1,0	0,4	5,0	1,3	1,0	—	—	—
2365	X 32 CrMoV 3 3	0,32	0,3	0,3	2,8	2,8	0,5	—	—	—
2516	120 WV 4	1,20	0,2	0,3	0,2	—	0,1	1,0	—	—
2567	X 30 WCrV 5 3	0,30	0,2	0,3	2,5	—	0,6	4,5	—	—
2581	X 30 WCrV 9 3	0,30	0,2	0,3	2,5	—	0,4	9,0	—	—
2606	X 37 CrMoV 5 1	0,37	0,9	0,6	4,8	1,5	0,2	1,4	—	—
2662	X 30 WCrCoV 9 3	0,30	0,2	0,3	2,5	—	0,3	9,0	2,0 Co	—
2852	33 AlCrMo 4	0,33	0,2	0,6	1,1	0,2	—	—	1,1 Al	—

Tabla V.41 Composición de los aceros para la fabricación de moldes según norma DIN.

Utilización	Designación	Composición en %					Corresponde con el material N.º	Observaciones
		C	Cr	Mo	W	V		
Inyección de cinc, estaño y plomo	P-3	0,10	0,60	—	—	—	—	Para clavar en frío
	P-20	0,30	1,00	0,30	—	—	—	
Inyección de metal ligero	P-4	0,07	5,00	—	—	—	2342	Para clavar en frío
	H-10	0,40	3,25	2,50	—	0,40	2365	
	H-11	0,35	5,00	1,50	—	0,40	2343	
	H-12	0,35	5,00	1,50	1,50	0,40	2606	
	H-13	0,35	5,00	1,50	—	1,00	2344	
Inyección de latón	H-20	0,35	2,00	—	9,00	—	2581	
	H-21	0,35	3,50	—	9,50	0,50	2581	
Espigas expulsoras y machos	H-26	0,50	4,00	—	18,00	1,0	—	
	H-42	0,60	4,00	5,00	6,00	2,0	—	
Acero nitrurado	G	0,35	1,25	0,20	—	1,25 Al		

Tabla V.42 Composición de los aceros para la fabricación de moldes según norma AISI.

Elemento del molde	Material a inyectar	Tipo de acero		Orientación sobre la tenacidad Kp/mm ²	Observaciones
		Mate-rial N.º	Designación abreviada		
Bastidor		1740	C 60 W 3	70 a 85 90 — 110	Para fuertes sollicitaciones
		2311	40 CrMnMo 7		
Placas de molde, postizos, bebederos, machos, distribuidores	Aleaciones de cinc, estaño y plomo	2323	45 CrMoV 6 7	110 — 140	Para clavado en frío
		2341	6 CrMo 18	80 — 110	
		2343	X 38 CrMoV 5 1	110 — 140	
		2567	X 30 WCrV 5 3	130 — 160	
	Aleaciones de metal ligero	2343	X 38 CrMoV 5 1	120 — 170	Para machos pequeños
		2344	X 40 CrMoV 5 1	120 — 170	
		2365	X 32 CrMoV 3 3	120 — 170	
		2581	X 30 WCrV 9 3	120 — 150	
		2606	X 37 CrMoW 5 1	120 — 170	
	Latón	2344	X 40 CrMoV 5 1	100 — 140	
		2365	X 32 CrMoV 3 3	100 — 140	
		2581	X 30 WCrV 9 3	100 — 140	
		2606	X 37 CrMoW 5 1	100 — 140	
		2662	X 30 WCrCoV 9 3	100 — 140	
Expulsor	Aleaciones de cinc, estaño y plomo	2516	120 WV 4	130 — 160	
		2567	X 30 WCrV 5 3	130 — 160	
	Latón	2567	X 30 WCrV 5 3	130 — 160	

Tabla V.43 Campos de aplicación de los aceros para la fabricación de moldes.

El acero así templado se deja revenir a una temperatura - determinada que permita alcanzar una tenacidad y dureza determinados.

La tabla V.44 presenta datos para el tratamiento térmico de los aceros para moldes más comunes, y la figura V.45 presenta una gráfica para el revenido de éstos.

Material N.º	Recocido (min. 4h) °C	Temperatura de temple en aceite °C	Tenacidad (Kp/mm ²) despues de mín. 2h de recocido a				
			500°C	550°C	600°C	650°C	700°C
2311	720-740	830-860	145	135	120	100	--
2323	740-760	850-950	--	160	145	125	100
2343	740-780	980-1020	--	--	180	140	100
2365	720-740	1000-1080	--	--	185	160	110
2567	760-780	1050-1100	--	--	170	155	115
2581	760-780	1100-1150	--	--	175	160	120
2606	740-780	980-1050	--	--	170	125	100
2662	760-780	1130-1180	--	--	175	155	120

Tabla V.44 Datos para el tratamiento térmico de los aceros para moldes más comunes.

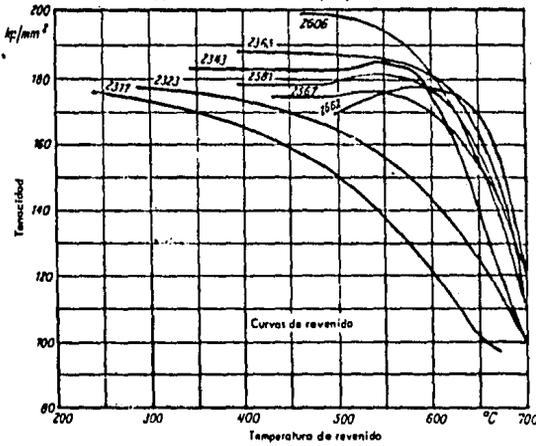


Figura V.45 Curvas de revenido de los aceros para moldes más comunes.

e.- Montaje de los moldes y su arranque en producción.

El molde ya fabricado, está dispuesto para trabajar para lo cual debe fijarse a la máquina, para ello se utilizan tornillos de sujeción generalmente introducidos en ranuras en forma de "T" de las platinas. El molde cerrado se sujeta en primer lugar a la platina fija de la máquina y después se actúa el mecanismo de cierre acercando la platina móvil, de forma que pueda atornillarse a ésta. Posteriormente se montan los actuadores de machos conectando las mangueras de alta presión al distribuidor.

Abriendo y cerrando el molde se comprobará la exactitud de las guías, la retención del molde, la función de los machos móviles y del expulsor, las conexiones hidráulicas y la secuencia de la maniobra.

eI.- Precalentamiento del molde

Todo molde debe ser precalentado antes de la puesta en --marcha de la máquina. En ningún caso deberá iniciarse la colada con un molde frío o insuficientemente calentado, ya que se producirían unas considerables tensiones térmicas en la superficie del mismo que, por lo regular, ya no se podrían eliminar. En un molde frío, la suma de todas las tensiones térmicas sobrepasa --pronto el límite de carga del acero, de forma que aparecen enseguida grietas finas en la superficie del molde.

La temperatura de precalentamiento debe ser aproximadamente igual a la temperatura media necesaria para el trabajo. De --unos 200 °C para la inyección de zinc, estaño y plomo, de 250 a 300 °C para la inyección de metal ligero y de 300 a 350 °C para la inyección de latón. Para precalentar se utilizan algunas veces mecheros de gas, pero se a visto que son poco adecuados, --puesto que los botadores y los machos delgados son calentados --muy fuertemente por las llamas y existe el peligro de que el --acero pierda tenacidad, ya que un recalentamiento local actúa --como un revenido. Son más recomendables los calentadores por rayos infrarrojos o los radiadores cerámicos de gas, pues permiten una distribución uniforme del calor. La figura V.46 muestra un calentador por rayos infrarrojos, que se coloca entre los dos semi moldes. La figura V.47 muestra algunos radiadores cerámicos

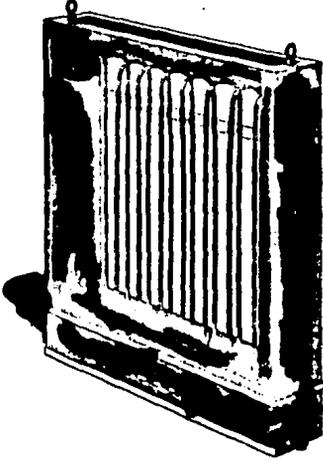


Figura V.46 Calentador de molde por rayos infrarrojos.



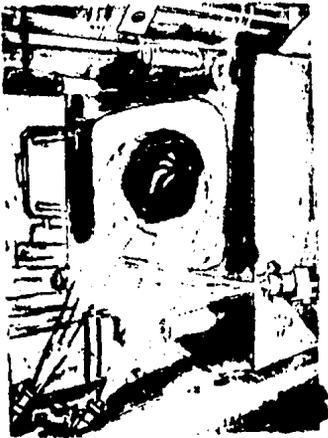
Figura V.47 Calentador con radiadores cerámicos de gas.

de gas. Los radiadores cerámicos tienen una elevada densidad de energía, lo que permite un calentamiento rápido y sin embargo benéfico al molde, se requiere un calentador para cada semi molde. Los calentadores antes mencionados pueden estar equipados con un regulador automático de temperatura, de forma que no se sobrepase la temperatura elegida para el molde y que, por ejemplo, durante una interrupción del trabajo, pueda aquella mantenerse constante.

e2.- Lubricación del molde.

La lubricación del molde tiene por misión evitar que la pieza inyectada se pegue a la pared del molde y disminuir el rozamiento de los elementos deslizantes de éste. Para tal fin se rocía el lubricante o desmoldante sobre las superficies del molde, el cual no debe estar ligado a ninguna formación de residuos en la superficie del molde ni en la pieza inyectada, tampoco debe atacar el acero del molde, y el desprendimiento de gases durante la inyección debe ser tan reducida como sea posible. Además, no debe tener efectos fisiológicos y debe estar libre de componentes que pudieran influir desfavorablemente en un posterior tratamiento en la superficie de la pieza.

Por lo tanto, los desmoldantes sirven en primer lugar para obtener piezas inyectadas con superficies limpias. De acuerdo a su composición, se distinguen entre desmoldantes pigmentados, con pigmentación reducida y sin pigmentación. Como pigmentos se utilizan sobre todo grafito y polvo metálico, así como productos especiales de color claro. Como vehículo aglutinante se utilizan hidrocarburos, y ultimamente también agua. Los desmoldantes se utilizan en forma pastosa y en forma fluida pulverizable. Los desmoldantes pastosos solamente sirven para aplicación manual, pero en éste caso existe siempre el peligro de una aplicación excesiva. Por lo general, solo se suele aplicar a mano cuando se requiere lubricar ocasionalmente elementos del molde difícilmente accesibles. Es conveniente aplicar el desmoldante por rociado, para lo que deben utilizarse preparados pulverizables. Para aplicar el desmoldante por rociado, lo que debe efectuarse con el molde abierto, se utilizan tanto pulverizadores manuales como dispositivos mecánicos. Los pulverizadores manuales de construcción moderna son seguros y permiten la aplicación individual de una película de desmoldante a las superficies del molde.



Con el uso de rociadores automáticos se aumenta considerablemente el rendimiento de la inyección, ya que su funcionamiento está encadenado al de la máquina. La figura V.48 muestra un dispositivo de rociado automático, en este caso en forma estática, aunque existen rociadores más sofisticados los cuales presentan un movimiento adecuado para mejorar la lubricación.

Figura V.48 Rociadora automática estática.

**VI.- PROCESOS SECUNDARIOS AL PROCESO DE
FUNDICION A PRESION.**

- a.- El desbarbado.
- b.- El acabado de superficies.

VI.- Procesos secundarios al proceso de fundición a presión.

Todas las piezas que se obtienen por el proceso de fundición a presión, al salir de la máquina, ya sea de cámara fría ó cámara caliente, pasan por otros procesos secundarios para poder llegar a ser un producto terminado.

Estos procesos los rodemos dividir en dos grupos, y son:

- a.- El desbarbado.
- a1.- Corte al aire.
- a2.- Con la pieza.
- a3.- Contra la pieza.
- a4.- Directo en el propio molde.
- a5.- Anillo de transporte.

- b.- El acabado de superficies.
- b1.- Frotación en tambor (químico-mecánico).
- b2.- Esmerilado.
- b3.- Fulido.
- b4.- Recubrimientos metálicos.

Todos los gastos necesarios para la construcción de herramientas adecuadas, para hacer más rápido y económico el desbarbado y acabado de las piezas, se justifican teniendo en cuenta la alta producción de las máquinas de fundición a presión.

a.- El desbarbado.

Consiste en todos los procedimientos necesarios, para liberar a la pieza de las rebabas, bebederos y canales de colada.

a1.- Corte al aire.

Es la herramienta más simple para desbarbar, se usa para todas las piezas inyectadas, siempre y cuando no se deban eliminar al mismo tiempo las rebabas de agujeros, ésta herramienta se muestra en la figura VI.1.

a2.- Desbarbado con la pieza.

Se utiliza cuando no solamente se precisa quitar las rebabas periféricas de la pieza, el ataque de colada y canales, si no también es necesario quitar rebabas de agujeros, ventanas y aberturas de la pieza, para ello se utilizan punzones -- montados en la matriz, entonces resultará necesario extraer la pieza del punzón, lo que se hace normalmente con una placa extractora actuada por resortes, ver figura VI.2; en este proceso la pieza se coloca de forma que la separación de las rebabas se efectúe, al igual que en el sistema de corte al aire, entre la placa matriz y el punzón de corte. La placa matriz puede estar también dispuesta en la zamarata superior de la herramienta, ver figura VI.3. Este proceso

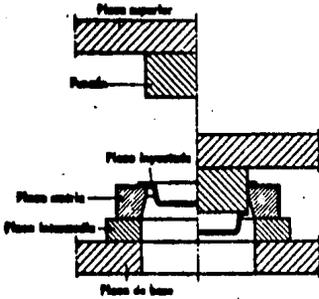


Figura VI.1 Herramienta para desbarbar, sistema corte al aire.

so se utiliza principalmente en las inyecciones de zinc, para lo que es conveniente utilizar herramientas con la placa matriz dispuesta arriba.

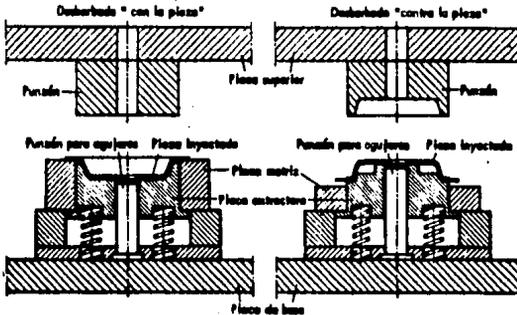


Figura VI.2 Herramienta para desbarbar con la placa matriz y punzón para agujeros abajo.

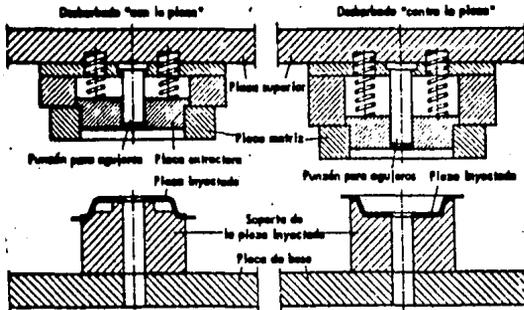


Figura VI.3 Herramienta para desbarbar con la placa matriz y punzón para agujeros arriba.

a3.- Desbarbado contra la pieza.

A diferencia de la anterior, la separación se efectúa solamente entre el borde de corte de la placa matriz y la propia pieza, de tal forma que el punzón se utiliza solamente para -- transmitir la fuerza, ver figuras VI.2 y VI.3.

Este proceso se utiliza principalmente en la inyección de metal ligero y latón, utilizándose herramientas con la placa - matriz situada abajo.

a4.- Desbarbado directo en el propio molde.

En este proceso se efectúa la inyección y el desbarbado - en una sola operación, esto se logra debido a machos móviles, que forman parte del molde y tienen la forma de la perifería - de la pieza, los cuales se mueven en la dirección del cierre - del molde, y de forma independiente a los movimientos de cierre y apertura del molde, el desbarbado se realiza en la placa

del molde, estando cerrada, por medio de un movimiento axial -- del macho móvil contra el plano de partición del molde. La figura VI.4, muestra el montaje y los pasos de operación de un -- molde de este tipo.

En éste proceso, las piezas no deben presentar ningún -- perfil exterior irregular, y -- además, las zonas del molde que colaboran al desbarbado deben -- tener una tenacidad relativamen-- te elevada.

a5.- Desbarbado en anillo de -- transporte.

Este proceso es un desarro-- llo más profundo del proceso an-- terior, y es aplicable para -- cuando las piezas son más com-- plicadas.

La pieza en cuestión se in -- yecta incluida en un anillo de transporte, que a su vez, antes de la expulsión, es desbarbado en el molde mediante el proceso anterior.

El anillo de transporte -- protege a la pieza y permite so -- bre todo un transporte más segu -- ro y una colocación exacta en -- otros puestos de mecanización.

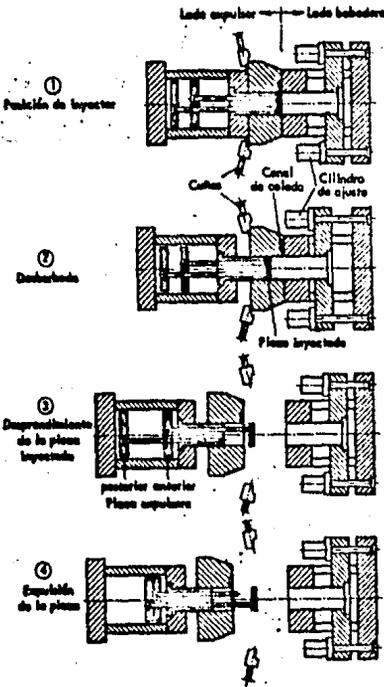


Figura VI.4 Desbarbado en el propio molde de inyectar.

El proceso de desbarbado en anillo de transporte se ha utilizado con éxito en la inyección de zinc.

En las figuras VI.5 y VI.6 se ven el anillo de transporte con la pieza inyectada y ya separada del anillo, respectivamente.

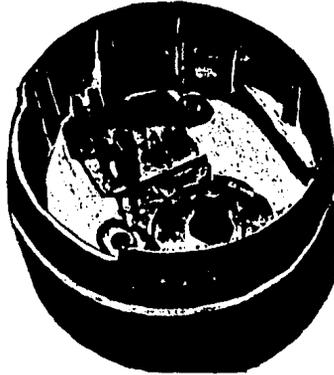


Figura VI.5 Anillo de transporte con la pieza inyectada.

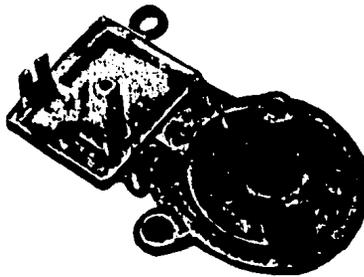


Figura VI.6 Pieza inyectada recortada del anillo de transporte

b.- El acabado de superficies.

Son procesos que se van a llevar a efecto para asegurar superficies tersas de gran precisión, de aspecto estético ó como recubrimiento protector.

bl.- Protación en tambor (químico-mecánico).

Este proceso además de quitar pequeñas rebabas, escamas y óxidos, mejora notablemente el acabado de las superficies. Es un proceso químico-mecánico de tratamiento de las superficies, las piezas en cuestión, se colocan en un barril giratorio o unidad vibratoria junto con un medio abrasivo (o no abrasivo), agua o aceite y comunmente algún compuesto químico para ayudar a la operación. A medida que el barril gira lentamente, la capa superior de las piezas a trabajar recibe un movimiento de deslizamiento hacia el lado inferior del barril, ocasionando que tenga lugar la acción abrasiva o de pulimento. También se obtienen los mismos resultados en una unidad vibratoria, en la que todo el contenido del recipiente está en movimiento constante, un factor importante en el éxito de la operación es la selección del abrasivo, el óxido de aluminio ha probado ser muy satisfactorio por su habilidad cortante, la selección atinada del abrasivo depende del tamaño y la forma de la pieza a procesar, la clase del material y el acabado deseado; como ejemplo de máquinas para éste proceso tenemos el Spiratron (Roto-Finish), que es un diseño especial de vibrador, consiste en una cuba de trabajo de forma espiral en cuyo centro se ha dispuesto un motor vibrador vertical, ésta máquina se muestra en la figura VI.7

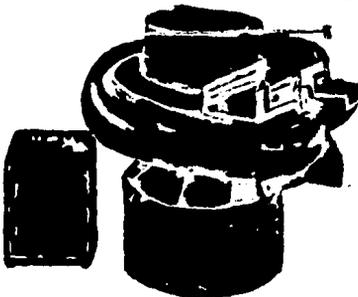


Figura VI.7 Spiratron (Roto-Finish).

b2.- Esmerilado.

Es un proceso que se refiere a raspar, desgastar por fricción una pieza, o sea la remoción del metal por medio de ruedas abrasivas rotatorias.

El proceso de esmerilado es de extrema importancia en los trabajos de alta producción, posee las siguientes ventajas, -- que no se encuentran en otros procesos de corte.

- Produce acabados que son extremadamente tersos, y en -- consecuencia, muy deseables en superficies de contacto y fricción.
- Es el único proceso para cortar materiales tales como - el acero endurecido, su aplicación más importante es en el afilado de herramientas manuales de corte.
- Se pueden acabar piezas a dimensiones muy precisas, en corto tiempo.
- Se requiere muy poca presión, lo cual permite aplicarlo a piezas muy livianas, que en otra forma tenderían a se pararse de la herramienta.

En piezas de fundición a presión, el esmerilado que se -- efectúa es del tipo superficial.

b3.- Pulido.

Se efectúa por medio de ruedas ó bandas cubiertas con par-tículas abrasivas, no se considera como proceso de precisión - para quitar metal, pero se puede quitar suficiente para eliminar rayaduras y otras imperfecciones menores.

Tanto las ruedas como las bandas son flexibles y se con-forman con áreas irregulares y redondas cuando es necesario. La cantidad de metal que se elimina y el acabado de las super-ficies es controlado por las características del material que se trata de pulir, por la velocidad de la banda, la presión y el tamaño del grano.

Las ruedas pulidoras se hacen de discos de tela de algodón, lona, cuero, fieltro o materiales similares, engomados ó cosidos juntos, para proporsionar el ancho requerido de la cara y, por lo general, se refuerzan lateralmente con discos metálicos.

Por lo general la pieza se pasa sobre diferentes ruedas - de tamaño decreciente de grano, antes de obtener el pulido final.

Dentro del pulido, tenemos el proceso de abrillantado, -- que es una operación final para mejorar el pulido del metal y para darle el máximo de lustre.

Las ruedas se hacen por lo general de tela de algodón, -- franela, lino ó badama. Estando en operación, se les unta un - abrasivo fino tal como el rojo de pulir, trípoli o sílice amorfa, en éste proceso solamente se quita una pequeña cantidad de metal al estar la pieza apoyada contra la rueda, que gira a alta velocidad. Frecuentemente, ésta es una operación previa a - los recubrimientos electrolíticos.

b4.- Recubrimientos metálicos.

En general, éste proceso es la aplicación de un espesor - finito de algún material sobre la superficie metálica de las - piezas, o sea, es la transformación de su superficie, por me--dios químicos o eléctricos, para lograr un óxido del metal original.

Antes de recubrir la pieza, es necesario preparar la su--perficie para la buena adhesión de éste recubrimiento metáli--co, esto se efectúa por cualquiera de los procesos mencionados anteriormente.

Entre los procesos de recubrimientos metálicos, tenemos - el siguiente.

- Galvanoplastía.- Se usa como un medio para aplicar a -- los metales capas decorativas y protectoras.--El metal - más utilizado para este recubrimiento es el cromo.

El proceso consiste en hacer pasar una corriente eléc--trica desde un ánodo hasta un cátodo (el cátodo viene a ser el objeto sobre el cual se deposita el metal) a través de una solución de cromo preparada, conductora de electricidad y en presencia de un catalizador.

VII.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA MAQUINA.

- a.- Objetivo.
- b.- Diseño de la máquina.
- c.- Diseño de la herramienta (molde).
- d.- Pruebas.
- e.- Conclusión.

VII.- Diseño y construcción de la máquina.

a.- Objetivo.

En el diseño de la máquina de fundición a presión que se construyó, se aplicó hasta donde fue posible la tecnología vista en los capítulos anteriores. Ya que la máquina tiene fines didácticos y su objetivo es facilitar la enseñanza del proceso, ésta fue diseñada en un tamaño reducido, en escala 1:10 aproximadamente respecto a una máquina real.

Además de construir la máquina con sus sistemas de cierre, inyección y horno se diseñó y fabricó un molde para demostrar su funcionamiento, el ensamble general de la máquina se presenta en el dibujo número 100-00.

b.- Diseño de la máquina.

bl.- Características de la máquina.

En el diseño de la máquina se tomaron en cuenta todos los parámetros que normalmente se consideran en una máquina real usada en la industria.

Estos parámetros nos definen las características y capacidad de la máquina, los más importantes son los indicados en la figura VII.1.

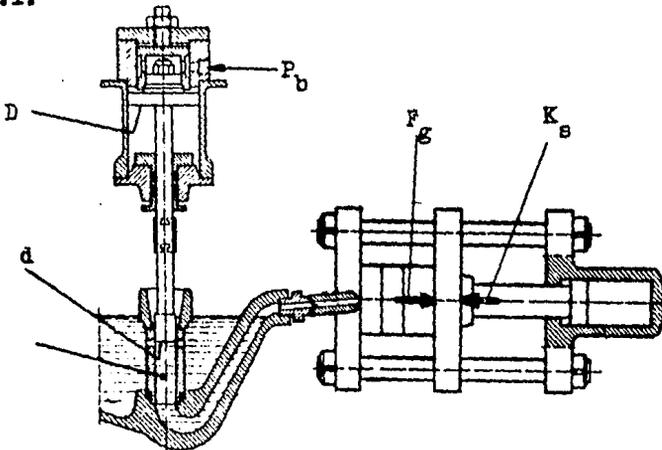


Figura VII.1 Parámetros más importantes de una máquina de fundición a presión de cámara caliente.

Donde:

F_g = Fuerza de reacción del molde.

S = Superficie de colada proyectada en el molde.

P_g = Presión de colada.

P_b = Presión de servicio.

D = Diámetro del pistón de accionamiento.

d = Diámetro del pistón de inyección.

K_g = Fuerza de cierre de la máquina.

Los valores de éstos parámetros para la máquina que se diseña son los siguientes:

$$P_b = 10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$D = 35.0 \text{ mm}$$

$$d = 25.0 \text{ mm}$$

La presión de colada P_g se obtiene de la siguiente relación:

$$P_g/P_b = (D/d)^2$$

Despejando P_g se obtiene:

$$P_g = P_b (D/d)^2 = 10(35/25)^2 = 19.6$$

Por lo tanto:

$$P_g = 19.6 \text{ Kg/cm}^2$$

Los valores de otros parámetros son:

$$K_s = 625 \text{ Kg máx.}$$

como

$$K_s = 1.25 P_g$$

Se obtiene el valor de la fuerza de reacción máxima del molde, siendo ésta la siguiente:

$$P_g = 500 \text{ Kg}$$

Normalmente la presión de servicio en las máquinas reales se obtiene mediante sistemas hidráulicos que nos proporcionan presiones considerables. Para el accionamiento de la máquina -- que se construyo se cambio el sistema hidráulico por neumático, el cual nos dá una presión de servicio muy limitada y por consiguiente también queda restringida la presión de inyección.

Debido a ésto la máquina solo puede inyectar metales con muy bajo punto de fusión, como son plomo y estaño, y elimina la posibilidad de inyectar metales como aluminio, zinc, magnesio, etc. los cuales además de tener un punto de fusión más elevado requieren de presiones de inyección mayores a la capacidad de la máquina.

Considerando ésta limitación, de solo inyectar metales como son plomo y estaño, se diseño el horno para fundir el metal que se va ha inyectar con capacidad suficiente para fundir los metales mencionados.

b2.- Diseño de la estructura de la máquina.

La estructura de la máquina consiste básicamente en dos -
platinas fijas unidas mediante cuatro columnas, las cuales sir-
ven de guía para deslizarse la platina móvil que es accionada -
por un cilindro hidroneumático.

Para el dimensionamiento de las columnas y platinas se hi-
cieron las siguientes consideraciones.

Las columnas estan sometidas a esfuerzos de tensión como
se muestra en la figura VII.2. La máquina tiene una fuerza de -
cierre de 625 Kg máx., las fuerzas de reacción en las columnas
son de 156 Kg, que es la fuerza de tensión que debe soportar la
cuerda de las columnas.

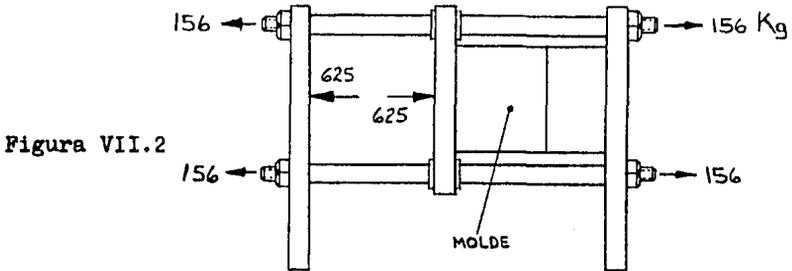


Figura VII.2

Como la fuerza de tensión es 156 Kg y los materiales uti-
lizados para la fabricación de las columnas y las tuercas son -
aceros AISI 8620 y AISI 1010 respectivamente, se tiene que cal-
cular el diámetro de la cuerda que soporte ésta fuerza de ten-
sión. A continuación se presenta éste cálculo.

$$A_t = P/S$$

donde:

A_t = Area de esfuerzo a la tensión.

P = Carga necesaria para el corte de un hilo
de la cuerda.

S = Máximo esfuerzo a la tensión.

datos: $S = 54,000 \text{ PSI}$
 $P = 156 \text{ Kg} = 344.16 \text{ lb}$

substituyendo:

$$A_t = 344.16 / 54,000 = 0.00637 \text{ pulg}^2$$

De la tabla de cuerdas se obtiene que el área de esfuerzo a la tensión que mas se aproxima es 0.00796 pulg^2 y corresponde a una cuerda núm. 5 UNC-40 (0.125 pulg).

Como se puede apreciar el diámetro de la cuerda calculado es sumamente pequeño y la columna sería muy delgada, para obtener una guía adecuada y robusta se optó por dar un diámetro de 0.625 pulg de la columna y una cuerda de 0.500 pulg UNC-13 con la cual se obtiene una fuerza máxima de tensión de:

$$A_t = 3.1416 (E_{g \text{ min}}/2 - 0.16238/n)^2$$

donde: $E_{g \text{ min}}$ = Mínimo diámetro de paso de la cuerda.
 n = Número de hilos por pulgada de la cuerda.

datos: $E_{g \text{ min}} = 0.45 \text{ pulg}$ (1/2 UNC-13)
 $n = 13$

substituyendo:

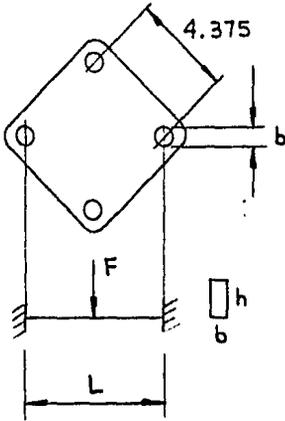
$$A_t = 3.1416 (0.45/2 - 0.16238/13)^2 = 0.14187 \text{ pulg}^2$$

$$P = SA_t$$

$$P = 54,000 (0.14187) = 7,661.24 \text{ lb} = 3,478.20 \text{ Kg}$$

Para poder definir el espesor de las platinas se optó por hacer un cálculo aproximado, considerando una viga apoyada en - sus extremos de un ancho igual al diámetro de la columna y una carga concentrada al centro igual a la fuerza de cierre de la - máquina (625 Kg).

Las dimensiones de largo y ancho de la platina se definie ron haciendo una proporcionalidad con una máquina real. El cal- culo es el siguiente:



Datos:

$$F = 625 \text{ Kg} = 1376 \text{ lb}$$

$$b = 0.625 \text{ pulg}$$

$$L = 6.187 \text{ pulg}$$

$$Y_{\text{máx}} = 0.005 \text{ pulg}$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ PSI (AISI 1010)}$$

Método de la segunda derivada

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = M \quad (1)$$

Momento flector

$$M = \frac{FL}{8} \quad (2)$$

Substituyendo 2 en 1

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{Fx}{8}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{F}{8EI} \int x dx$$

Integrando

$$\frac{dy}{dx} = \frac{F}{8EI} \left[\frac{x^2}{2} + C_1 \right] \text{---(3)}$$

condiciones

$$\frac{dy}{dx} = 0 \text{ PARA } x = \frac{L}{2}$$

substituyendo

$$0 = \frac{F}{8EI} \left[\left(\frac{L}{2} \right)^2 + C_1 \right]$$

$$0 = \frac{F}{8EI} \left[\frac{L^2}{8} + C_1 \right]$$

despejando C_1 tenemos

$$C_1 = -\frac{L^2}{8}$$

substituyendo en 3

$$\frac{dy}{dx} = \frac{F}{8EI} \left[\frac{x^2}{2} - \frac{L^2}{8} \right]$$

integrando tenemos

$$y = \frac{F}{8EI} \int \left(\frac{x^2}{2} - \frac{L^2}{8} \right) dx$$

$$y = \frac{F}{8EI} \left[\frac{x^3}{6} - \frac{L^2}{8} x + C_2 \right] \text{---(4)}$$

condiciones

$$y = 0 \text{ PARA } x = 0$$

substituyendo

$$0 = 0 - 0 + C_2$$

por lo tanto

$$C_2 = 0$$

substituyendo en 4

$$y = \frac{F}{8EI} \left[\frac{x^3}{6} - \frac{L^2}{8} x \right]$$

condiciones

$$y_{\text{MAX}} \text{ PARA } x = \frac{L}{2}$$

substituyendo

$$y_{\text{MAX}} = \frac{F}{8EI} \left[\left(\frac{L}{2} \right)^3 - \frac{L^2}{8} \left(\frac{L}{2} \right) \right]$$

$$y_{\text{MAX}} = -\frac{FL^3}{192EI} \text{---(5)}$$

momento de inercia

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

substituyendo en 5

$$y_{MAX} = - \frac{FL^3}{192E \left(\frac{bh^3}{12} \right)}$$

$$y_{MAX} = - \frac{FL^3}{16Eb h^3}$$

despejando h tenemos

$$h = \sqrt[3]{-\frac{FL^3}{16Eb y_{MAX}}}$$

Como se considera el signo positivo de la flecha hacia arriba se cancela el signo negativo.

$$h = \sqrt[3]{\frac{FL^3}{16Eb y_{MAX}}}$$

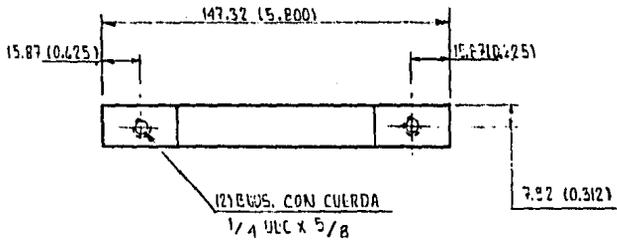
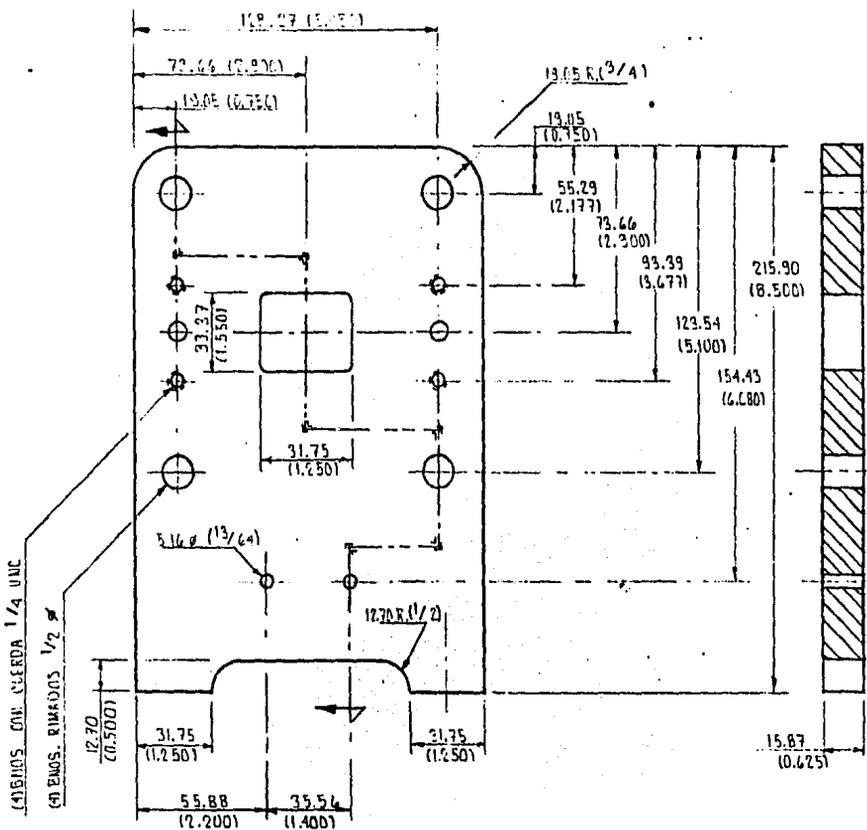
substituyendo valores

$$h = \sqrt[3]{\frac{1376 (6.187)^3}{16(30 \times 10^6)(0.625)(0.005)}} = 0.602 \text{ pulg}$$

El espesor de las platinas fijas será de 0.625 pulg

El espesor calculado mediante esta forma se sabe de antemano que tiene un factor de seguridad elevado, pero haciendo un cálculo más exacto nos daría un espesor bastante delgado y necesariamente tendríamos que aumentarlo para conservar la proporcionalidad de la máquina

Los dibujos del ensamble de la estructura de la máquina - (110-00), así como los de sus componentes se presentan a continuación.

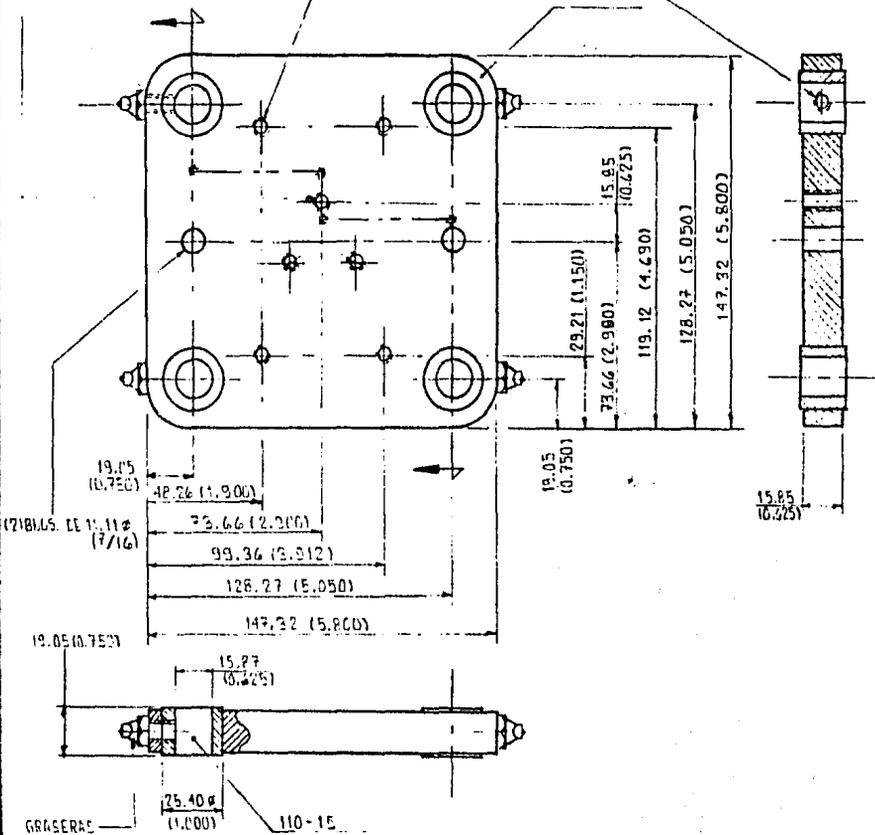


NOMBRE PARTE			UNAM INGENIERIA		NUMERO PARTE 110-01
PLATINA FIJA					
DIBUJO MAQUINABLE	REVISO ACOTACION 1:2 mm (0.125)	FECHA MAY-95 DUREZA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS UN DECIMAL ±0.3 mm. DOS DECIMALES ±0.15 mm. ANGULARES ±1°		
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL ACERO AISI 1010		

(3) BOLS. F. DISTANTES / C/QUERDA DE 1/4 UNC

(4) BOLS. C/QUERDA DE 1/4 UNC

(4) BOLS. C/QUERDA 1/4 UNC



NUMERO PARTE

PLATINA MOVIL

GRUPO
MATERIALES

REVISO

FECHA
MAY-85

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

ESCALA
1:2

ACOTACION
1:1 (p. 19)

DUREZA

UN DECIMAL ±0.3 mm.
DOS DECIMALES ±0.15 mm.
ANGULARES ±1°

TRATAMIENTO TERMICO

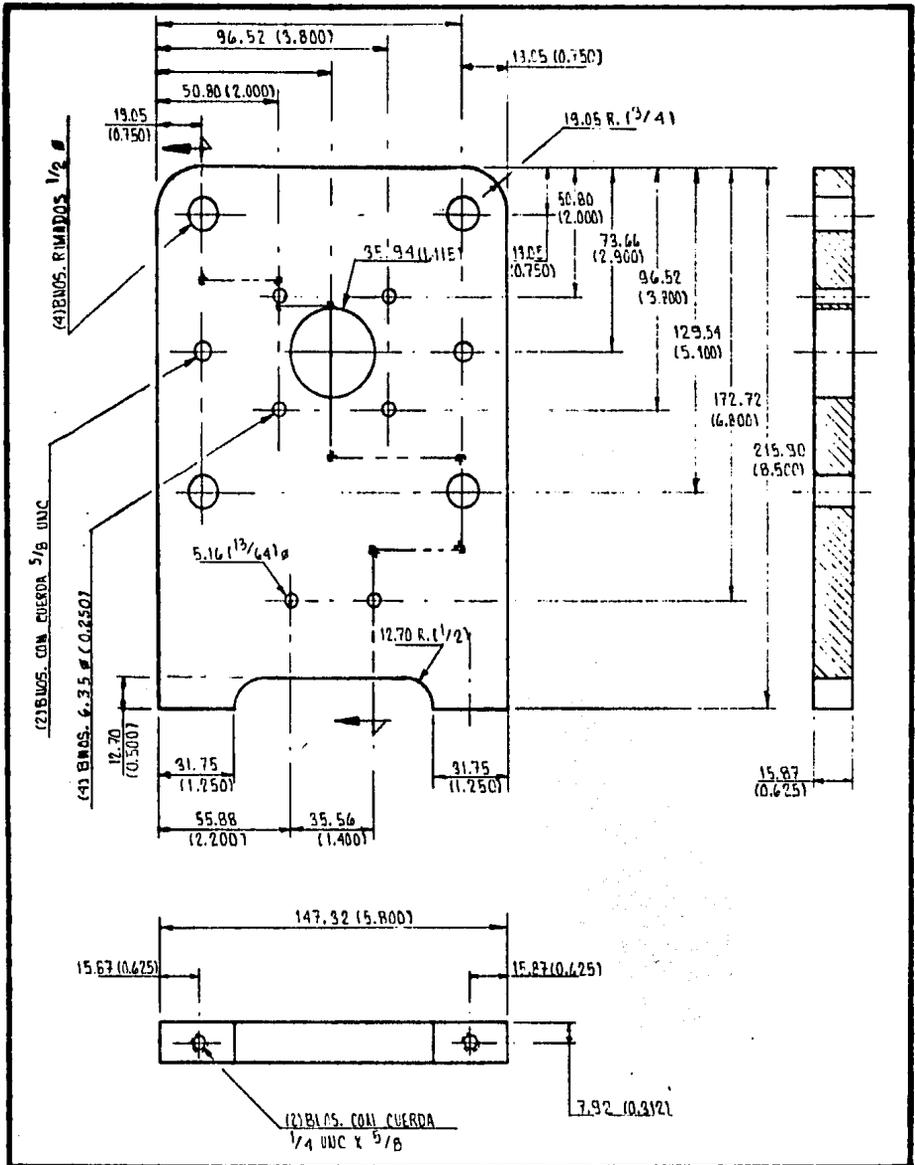
MATERIAL

ACERO AISI 1010

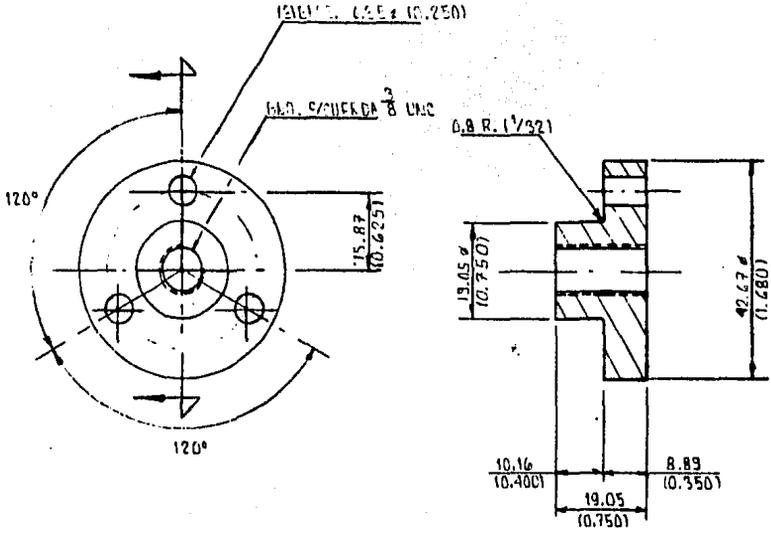
UNAM
INGENIERIA

NUMERO PARTE

110-02



NOMBRE PARTE			PLATINA FIJA		UNAM INGENIERIA
ENUNO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MARMOLEJO		MAY -85	UN DECIMAL	±0.3 mm.	NUMERO PARTE 110-04
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	DOS DECIMALES	±0.15 mm.	
1:2	mm (pulg.)		ANGULARES	± 1°	
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL		
			ACERO AISI 1010		

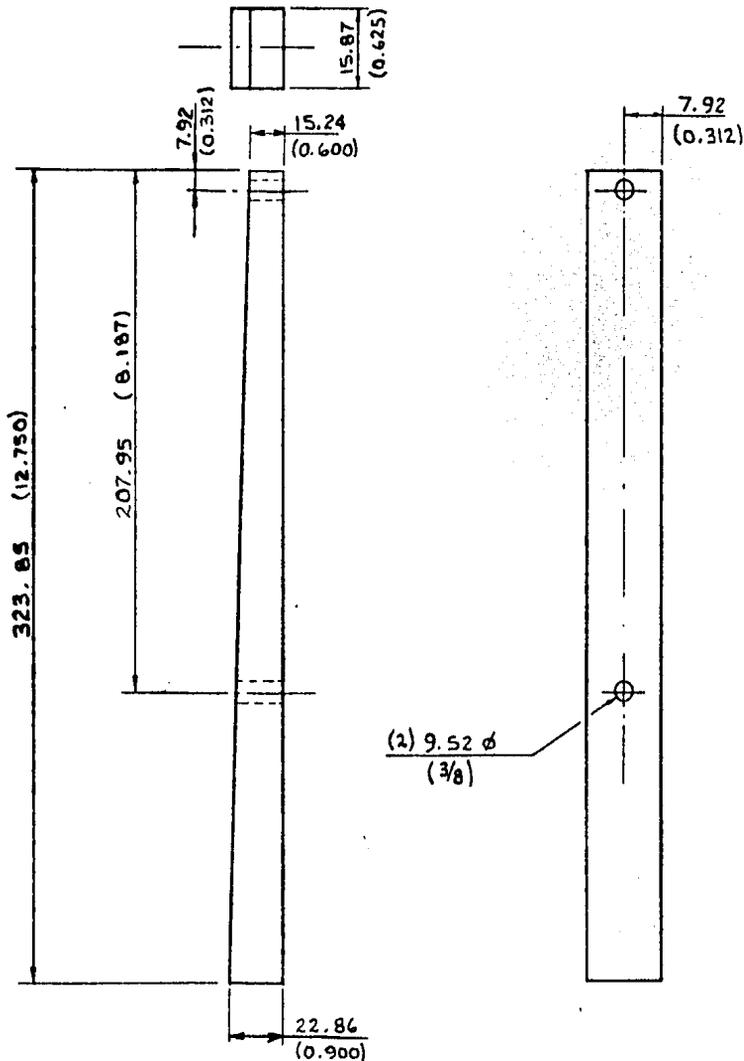


NOMBRE PARTE			<p style="text-align: center;">BRIDA</p>
DIBUJO	REVISO	FECHA	
REVISOR	ACOTACION	PUREZA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS
1:1	mm (0.1g)		UN DECIMAL ±0.3 mm. DOS DECIMALES ±0.13 mm. ANGULARES ±1°
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL
			ACERO AISI 1010

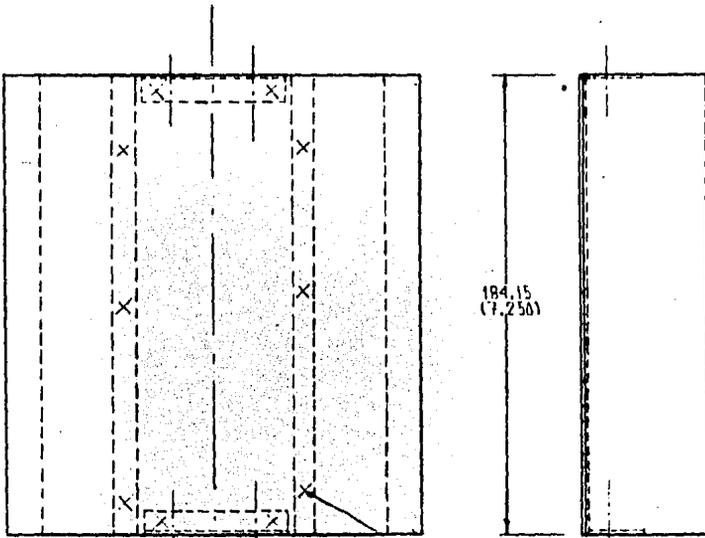
UNAM
INGENIERIA

NUMERO PARTE

- 110-06

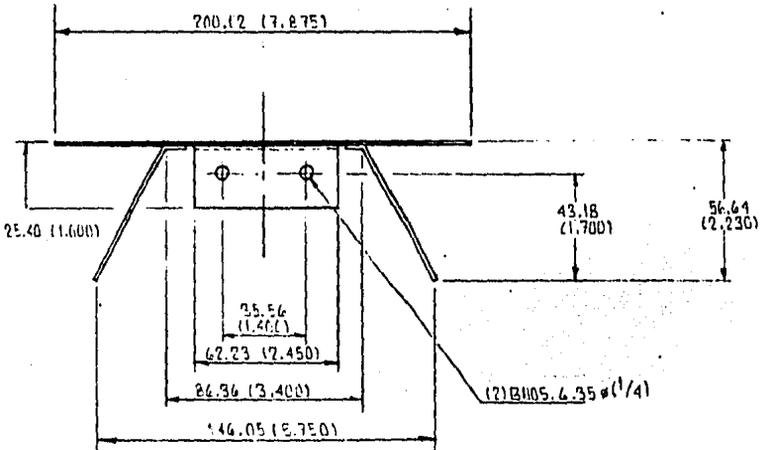


NOMBRE PARTE				UN-AM INGENIERIA
BASE INCLINADA				
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS	NUMERO PARTE
MARMOLEJO		MAYO-85	UN DECIMAL ± 0.3 mm.	
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	DOS DECIMALES ± 0.15 mm.	
1:2	mm (pulg)	—	ANGULARES $\pm 1^\circ$	110-08
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL	
—			ACERO AISI 1010	



184.15
(7.250)

ELC. CON REMACHE DCP 1/8 x 1/4



12) B1105.6.35 (1/4)

NOMBRE PARTE

CUBIERTA CENTRAL

DISEÑO

REVISO

FECHA

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

VARIZOLEJO

MEY-85

UN DECIMAL ±0.3 mm.

ESCALA

ACOTACION

DUREZA

005 DECIMALES ±0.25 mm.

1:2

mm(p.lg.)

ANGULARES ±1°

TRATAMIENTO TERMICO

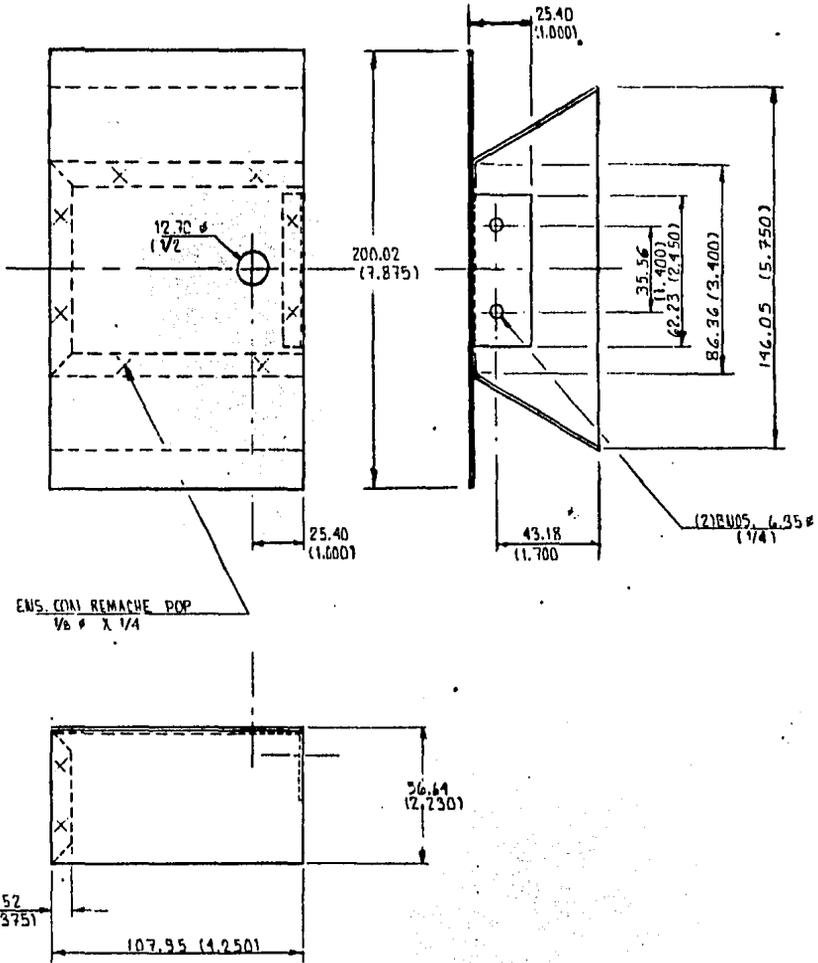
MATERIAL

NUMERO PARTE

UNAM
INGENIERIA

110-09

L.A.M. C.R.S. CAL. 18



NOMBRE PARTE

CUBIERTA POSTERIOR

SEÑALO	REVISO	FECHA
MARQUEJO		MAY.-85
ESCALA	ACOTACION	DUREZA
1:2	mm (pulg.)	

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

UN DECIMAL	± 0.3 mm.
DOS DECIMALES	± 0.15 mm.
ANGULARES	$\pm 1^\circ$

TRATAMIENTO TERMICO

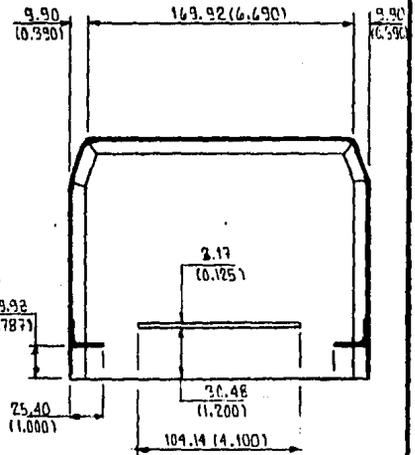
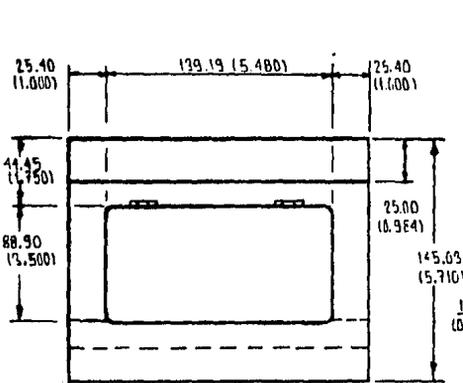
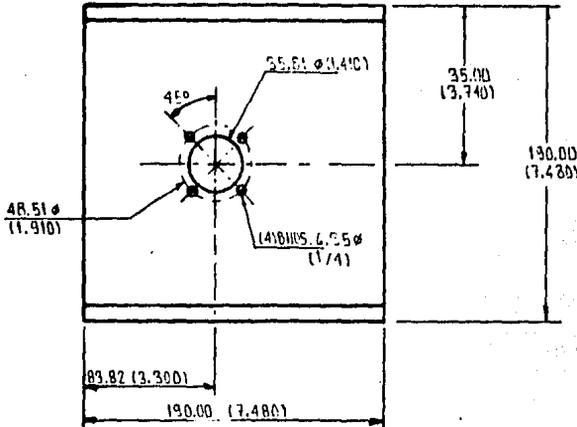
MATERIAL

LAM. C. R. S. CAL. 18

UNAM
INGENIERIA

NUMERO PARTE

110-10



INDICE PARTE

CUBIERTA DEL HORNO

DIBUJO REVISO FECHA
 MARMOLEJO MAY-95

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

ESCALA ACOTACION DUREZA
 1:1 mm (pulg)

UN DECIMAL ± 0.3 mm.
 DOS DECIMALES ± 0.15 mm.
 ANGULARES ± 1°

TRATAMIENTO TERMICO

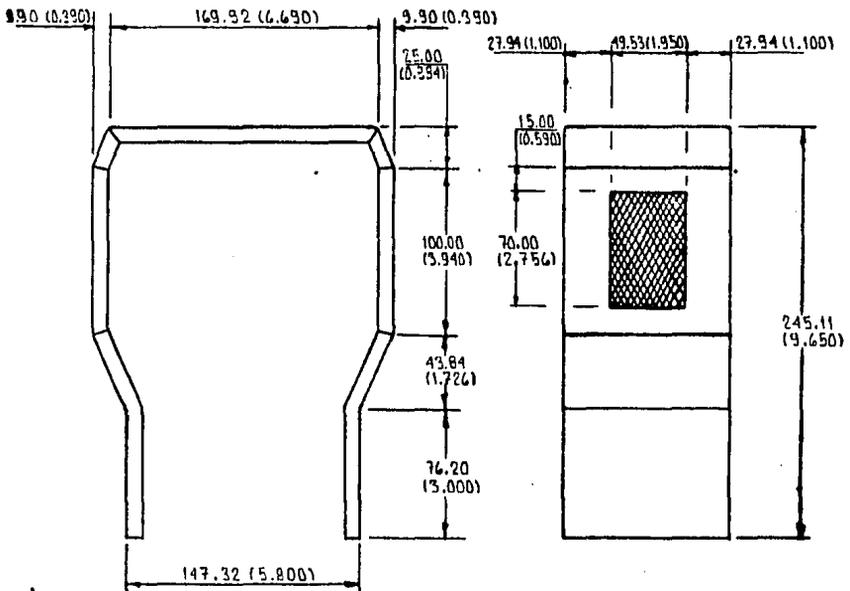
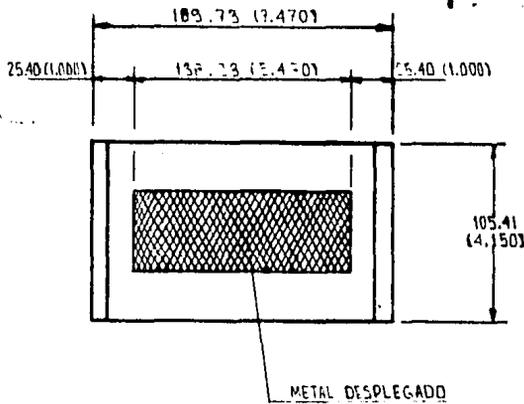
MATERIAL

LAMINA CRS CAL. 18

UNAM
INGENIERIA

NUMERO PARTE

110-12



NOMBRE PARTE

CUBIERTA DEL CUELLO DE GANZO

DIBUJO	REVISO	FECHA
PARMOLEJO		MAY-95

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

ESCALA	ACOTACION	DUREZA
1:3	mm (pulg.)	

UN DECIMAL	±0.3 mm.
DOS DECIMALES	±0.15 mm.
ANGULARES	± 1°

NUMERO PARTE

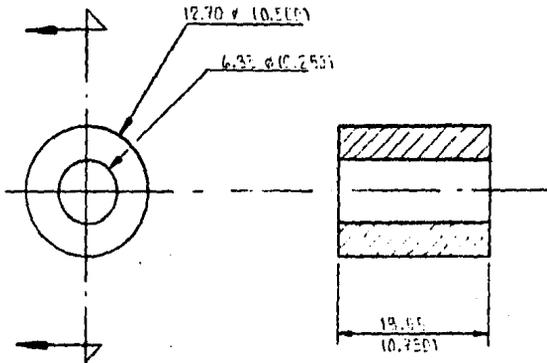
TRATAMIENTO TERMICO

MATERIAL

LAV. CRS. CAL. 1B

UNAM
INGENIERIA

110-13



NOMBRE PARTE BUJE

DISEÑO	REVISO	FECHA
MARMOLEJO		MAY-95
ESCALA	ACOTACION	UNIDAD
2:1		

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

UN DECIMAL ± 0.3 mm.
DOS DECIMALES ± 0.15 mm.
ANGULARES ± 1°

TRATAMIENTO TERMICO

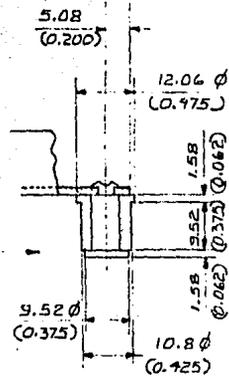
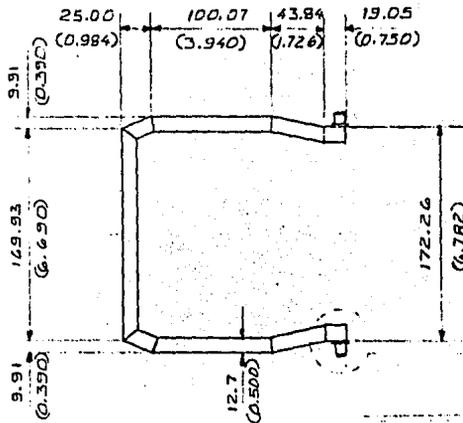
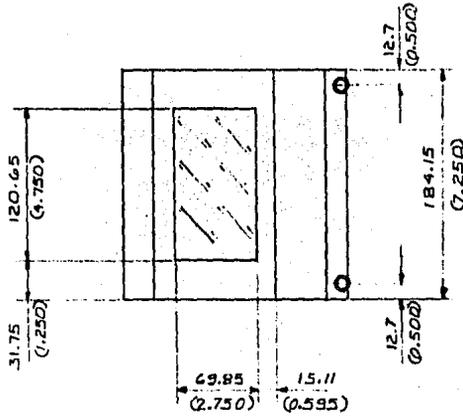
MATERIAL

BRONCE

UNAM
INGENIERIA

NUMERO PARTE

110-15



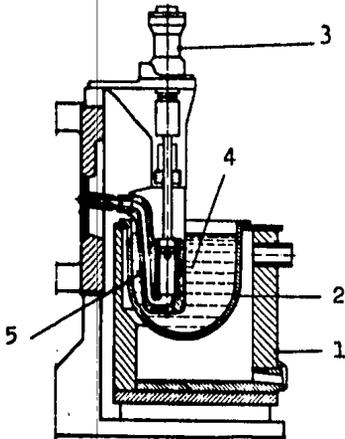
DETALLE

NOMBRE PARTE				UNAM INGENIERIA
CUBIERTA DE PROTECCION				
DIBUJO MARMOLEUD	REVISO	FECHA MAYO - 85	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS UN DECIMAL ±0.5 mm. DOS DECIMALES ±0.15 mm. ANGULARES ± 1°	
ESCALA 1:4	ACOTACION M.M. (PULG.)	DUREZA	MATERIAL LAMINA CRS. CAL. 18	NUMERO PARTE 110-14
TRATAMIENTO TERMICO				

b3.- Diseño del sistema de inyección.

El sistema de inyección tiene la función de llevar el material a moldear, en estado líquido, del crisol al molde con la presión y velocidad adecuadas.

Las máquinas de fundición a presión de cámara caliente -- tienen un sistema de inyección como el mostrado en la figura - VII.3, y está compuesto por:



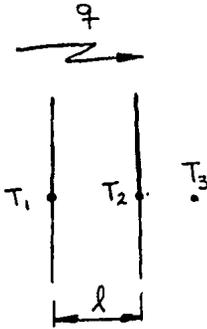
- 1) Horno.
- 2) Crisol.
- 3) Cilindro de accionamiento.
- 4) Cilindro de inyección.
- 5) Cuello de gancho.

1) El hornó que se construyó se presenta en el dibujo -- 130-00 y consta de una resistencia eléctrica de 127 volts con una potencia de disipación de - 1000 watts, puede alcanzar una temperatura máxima de 300 °C la cual es suficiente para fundir los materiales a inyectar conci derados anteriormente (plomo y estaño), cuenta con un control de temperatura de 50 a 300 °C,

Figura VII.3

el diagrama de éste control se ilustra en el dibujo 100-03.

la resistencia esta recubierta con cemento refractario para evitar al máximo las pérdidas de calor, el espesor de éste - recubrimiento se calculó de la siguiente forma:



$$q = q_k + q_c \quad (1)$$

$$q_k = -Ak/l (T_2 - T_1) \quad (2)$$

$$q_c = A\bar{h}_c (T_2 - T_3) \quad (3)$$

Substituyendo 2 y 3 en 1

$$q = \frac{-(T_2 - T_1)}{\frac{l}{AK}} + \frac{(T_2 - T_3)}{\frac{1}{A\bar{h}_c}}$$

$$q = UA \Delta T_{TOTAL}$$

$$UA = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots R_n}$$

$$R_1 = \frac{l}{AK}$$

$$R_2 = \frac{1}{A\bar{h}_c}$$

$$\therefore q = \frac{T_1 - T_3}{\frac{l}{AK} + \frac{1}{A\bar{h}_c}} \quad (4)$$

Datos:

$$T_1 = 300 \text{ } ^\circ\text{C} = 572 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_3 = 20 \text{ } ^\circ\text{C} = 68 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$q = 1000 \text{ W} = 3412 \text{ BTU/hr}$$

$$k = 0.14 \text{ BTU/hr } ^\circ\text{F pie}$$

$$\bar{h}_c = 1.4 \text{ BTU/hr } ^\circ\text{F pie}^2$$

$$D = 4.375 \text{ pulg} = 0.364 \text{ pie}$$

$$L = 3.000 \text{ pulg} = 0.25 \text{ pie}$$

Despejando de 4 a l queda:

$$l = \frac{AK(T_1 - T_3)}{q} - \frac{k}{\bar{h}_c} \quad (5)$$

$$A = \pi DL + \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \pi (.364)(.25) + \frac{\pi (.364)^2}{4} = .390 \text{ pie}^2$$

$$l = \frac{.39(.14)(572 - 68)}{3412} - \frac{.14}{1.4}$$

$$l = 0.092 \text{ pie} = 1.104 \text{ pulg.}$$

El espesor del recubrimiento será de 1.125 pulg.

2) Crisol, es el recipiente donde se funde el metal y donde se introduce el cilindro de inyección en conjunto con el cuello de gancho para inyectar el metal en estado líquido, el dibujo 130-01 nos muestra la forma del crisol.

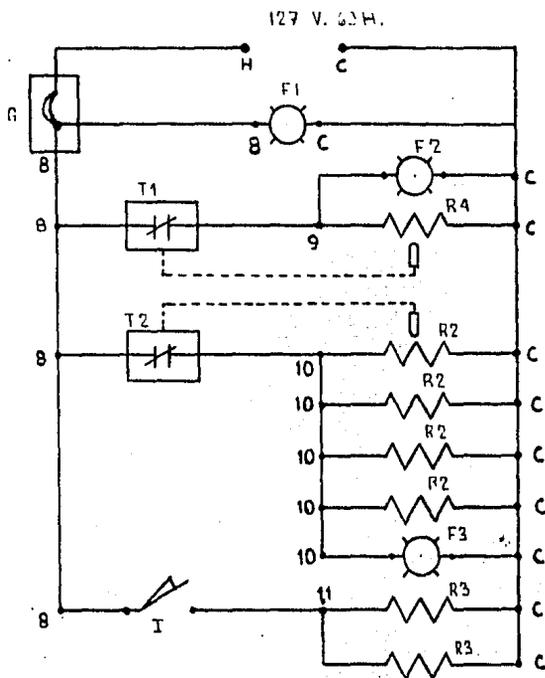
3) Cilindro de accionamiento (120-01), es un elemento neumático con las siguientes características: presión máxima de accionamiento 10 Kg/cm^2 , diámetro del pistón de 35 mm y carrera de 50 mm.

4) El cilindro de inyección está formado por la camisa (120-10) y el pistón (120-07) los cuales trabajan sumergidos en el metal fundido, por lo cual se construyeron con acero especial para trabajo en caliente. El diámetro del pistón es de 25 mm y tiene una capacidad de inyección de $23,000 \text{ mm}^3$ aproximadamente.

5) Cuello de gancho, es el ducto por el cual se transporta el metal inyectado hasta el molde, éste elemento se construyó con "tubing" de acero cobrizado con conexiones en ambos extremos, el cuello de gancho se muestra en el dibujo del ensamble del sistema de inyección 120-00.

Al cuello de gancho se le colocaron resistencias eléctricas en la parte externa, esto para mantener el material inyectado a una temperatura elevada y evitar que se solidifique antes de llenar las cavidades.

Los dibujos de éste sistema de calentamiento se muestran en el ensamble 150-00, y el control de temperatura de las resistencias en el diagrama 100-03.



- G - INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 15A.
 F1, F2 y F3 - LAMPARAS INDICADORAS
 T1 y T2 - CONTROLES DE TEMPERATURA
 R1 - RESISTENCIA 127V 1000W (HORNO)
 R2 - RESISTENCIA 127V 25W (MOLDE)
 R3 - RESISTENCIA 127V 150W (CUELLO DE GANCHO)
 I - INTERRUPTOR

NOMBRE PARTE

DIAGRAMA ELECTRICO CONTROL DE TEMPERATURA

DBUJO

REVISO

FECHA

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

MEMBRESA

MAY-85

ESCALA

ACOTACION

DUREZA

UN DECIMAL ± 0.3 mm.
 DOS DECIMALES ± 0.15 mm.
 ANGULARES $\pm 1^\circ$

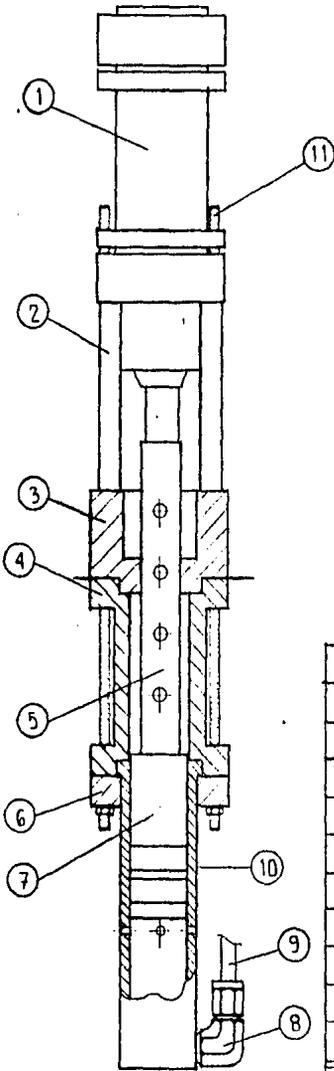
NUMERO PARTE

TRATAMIENTO TERMICO

MATERIAL

UNAM
INGENIERIA

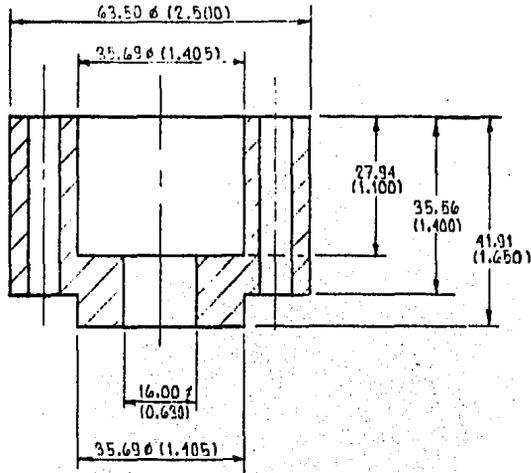
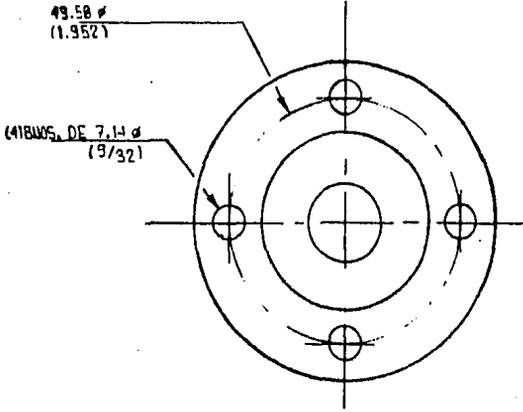
100-03



11	BIRLO DE ³ 16 UNC	120-11	4
10	CAMISA CILINDRO DE INY.	120-10	1
9	CUELLO DE GANZO	120-09	1
8	CONEXION CBU-3-2	120-08	1
7	PISTON DE INYECCION	120-07	1
6	BRIDA	120-06	1
5	VASTAGO DE UNION	120-05	1
4	TUBO DE UNION	120-04	1
3	AISLANTE TERMICO	120-03	1
2	TUBO SEPARADOR	120-02	4
1	CILINDRO DC-35-50	120-01	1
ITEM	DESCRIPCION	Nº PARTE	CANT.

NOMBRE PARTE				UNAM INGENIERIA	
ENSAMBLE UNIDAD DE INYECCION					
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MARMOLEO		MAY. P.F.			
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	UN DECIMAL	±0.3 mm.	NUMERO PARTE
1:2			DOS DECIMALES	±0.15 mm.	
TRATAMIENTO TERMICO			ANGULARES	± 1°	120-00
			MATERIAL		

-107-



NOMBRE PARTE

AISLANTE TERMICO

ORDEN

REVISO

FECHA

MAV-85

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

MARMOLEJO

ESCALA

ABSTACION

DUREZA

UN DECIMAL

± 0.3 mm.

DOS DECIMALES

± 0.15 mm.

ANGULARES

$\pm 1^\circ$

NUMERO PARTE

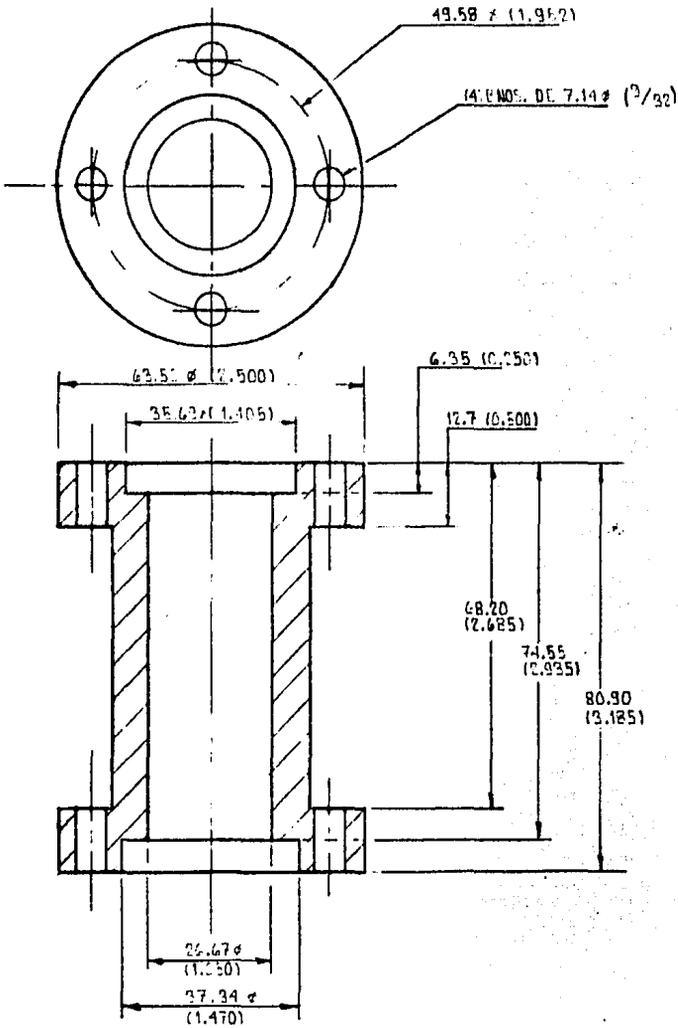
TRATAMIENTO TERMICO

MATERIAL

FENOLICO

UNAM
INGENIERIA

120-03



NOMBRE PARTE

TUBO DE UNION

**UNAM
INGENIERIA**

DISEÑO

REVISO

FECHA

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

MERQUELERO

MAY-85

UN DECIMAL ± 0.3 mm.
DOS DECIMALES ± 0.25 mm.
ANGULARES $\pm 1^\circ$

ESCALA

ACOTACION

DUREZA

NUMERO PARTE

1:1

mm.(Pulg.)

—

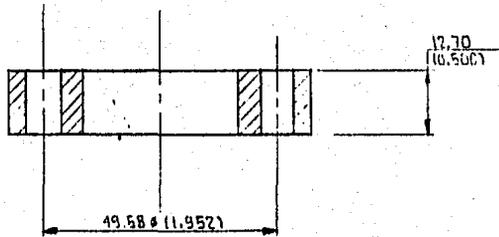
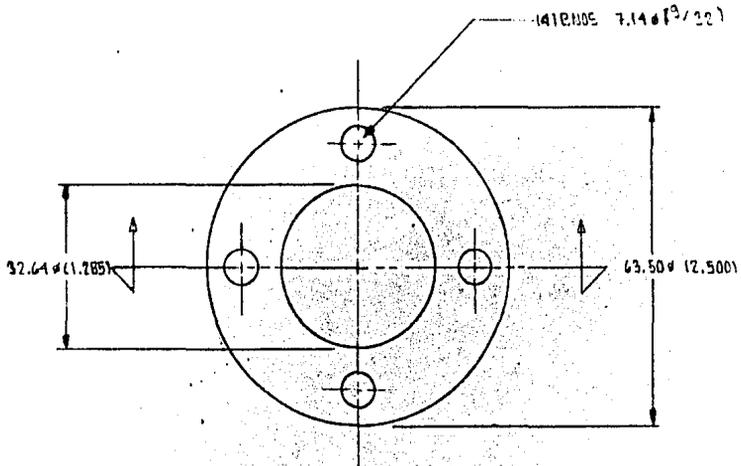
TRATAMIENTO TERMICO

MATERIAL

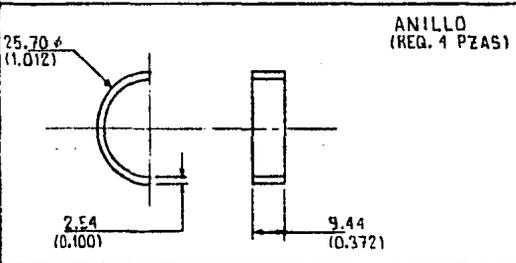
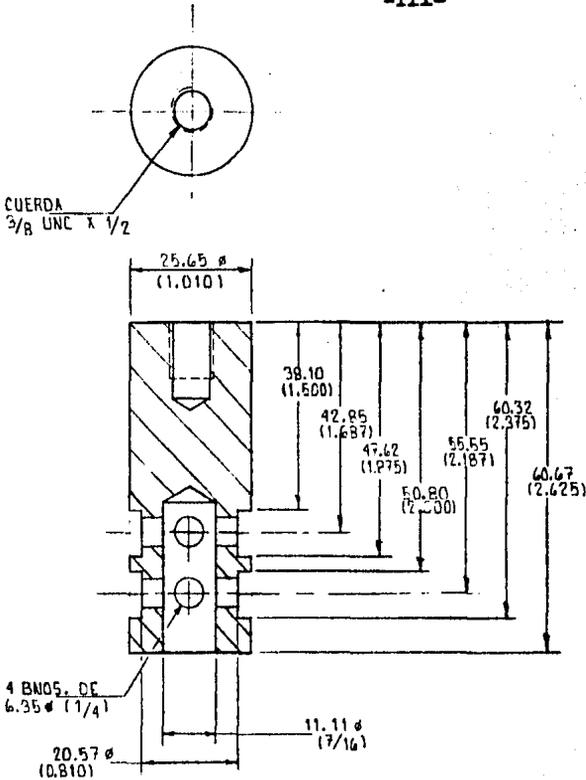
ACERO AISI 1010

120-04

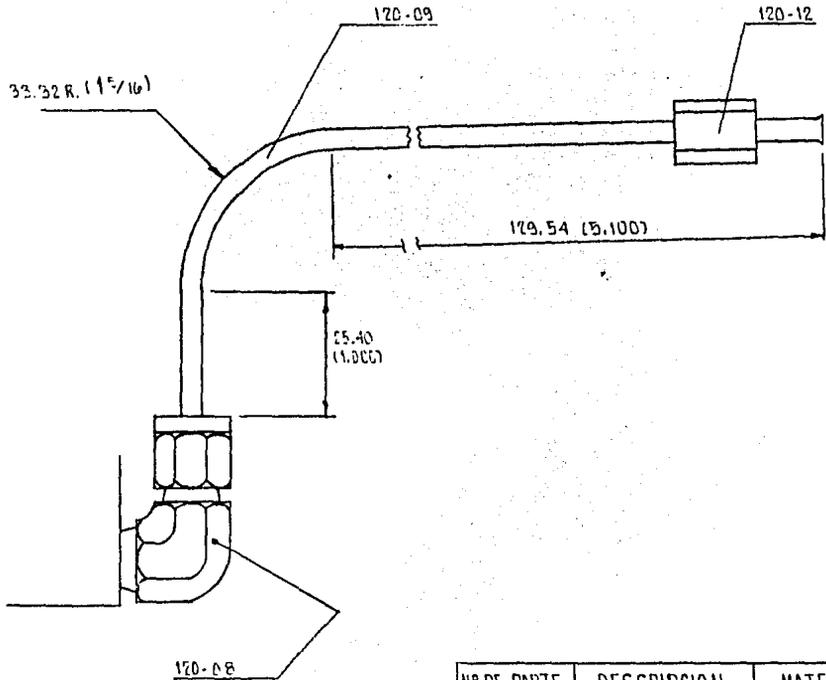
-110-



NOMBRE PARTE			BRIDA		UNAM INGENIERIA
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MARMOLEJO		MAY-85	UN DECIMAL	± 0.3 mm.	
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	DOS DECIMALES	± 0.15 mm.	
1:1	mm (pulg.)		ANGULARES	± 1°	
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL		NUMERO PARTE
			ACERO AISI 1010		120-06

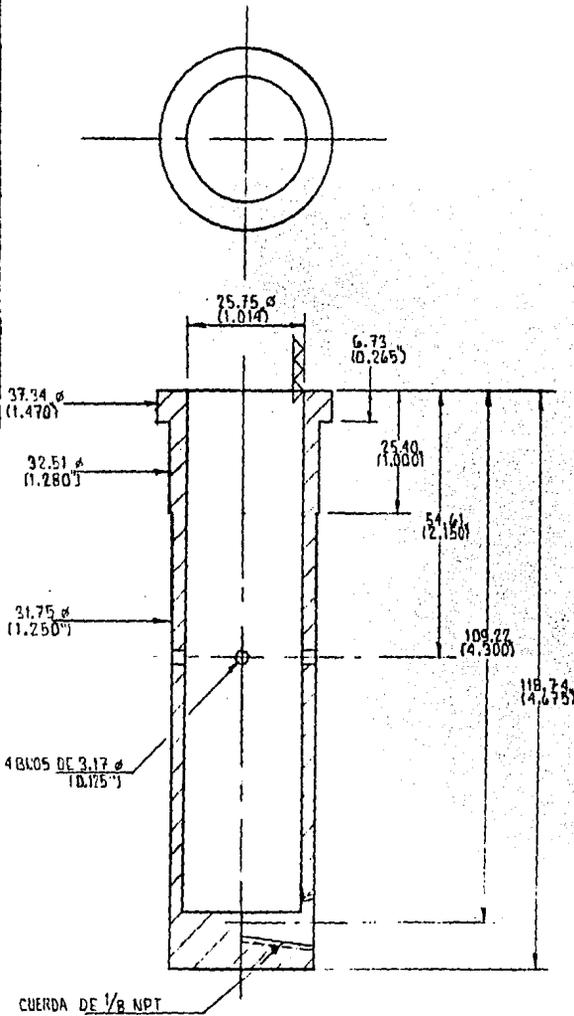


NOMBRE PARTE				UNAM ING^{EN}NERIA
PISTON DE INYECCION				
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS	
MARMOLEJO		MAY - 85		
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	UN DECIMAL ±0.3 mm.	NUMERO PARTE 120-07
1:1	mm. (Pulg)	—	DOS DECIMALES ±0.15 mm.	
TRATAMIENTO TERMICO			ANGULARES ± 1°	
			MATERIAL	
			ACERO AIEI 4140 -T	

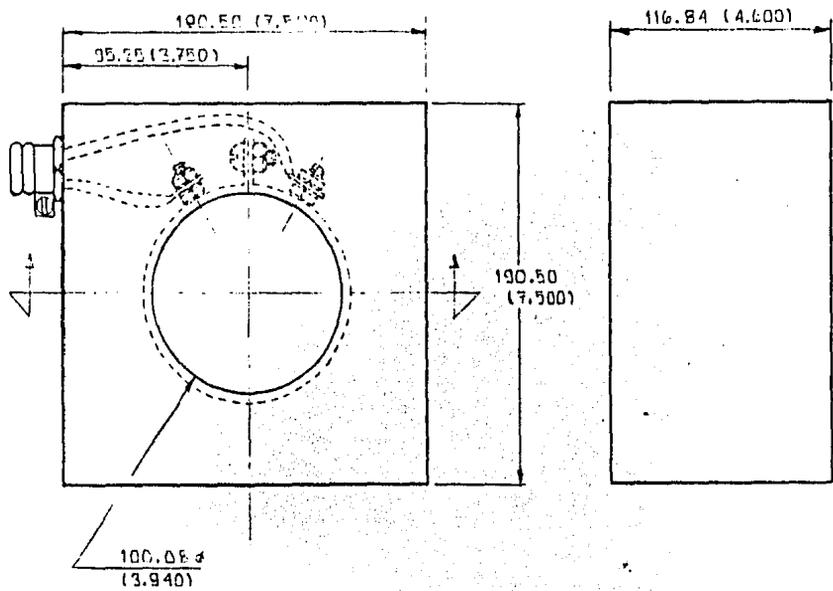


Nº DE PARTE	DESCRIPCION	MATERIAL
120-08	CONEXION CBU-3-2	ACERO
120-09	CUELLO DE GANZO	TUBO DE ACERO COBRIZADO
120-12	TUERCA 3/8 UNF	ACERO

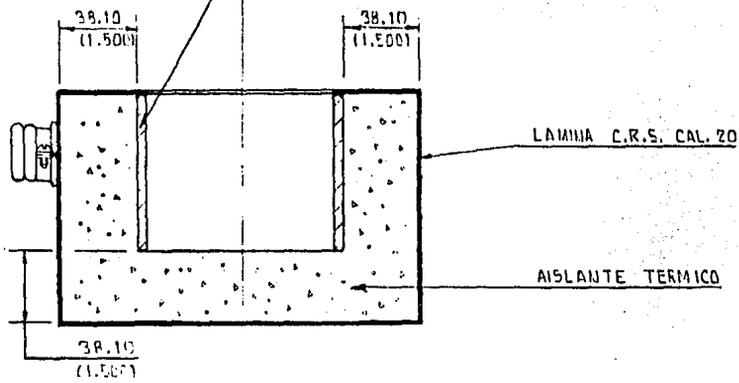
HOMBRE PARTE				UNAM INGENIERIA
ENS. DEL CUELLO DE GANZO				
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS	
MARMOLEJO		MAY-85	UN DECIMAL ± 0.3 mm. DOS DECIMALES ± 0.15 mm. ANGULARES ± 1°	
ESCALA	ACOTACION	DUREZA		NUMERO PARTE
1:1	mm. (pulg.)			VER TABLA
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL	



NOMBRE PARTE			CAMISA CILINDRO DE INYECCION		UNAM INGENIERIA
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MARMOLEJO		MAY-85	UN DECIMAL	± 0.3 mm.	NUMERO PARTE
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	DOS DECIMALES	± 0.15 mm.	
1:1	mm.(Pulg)	58-60 R.C.	ANGULARES	± 1°	120-10
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL		
TEMPLAR Y REVENIR			ACERO AISI H-13		

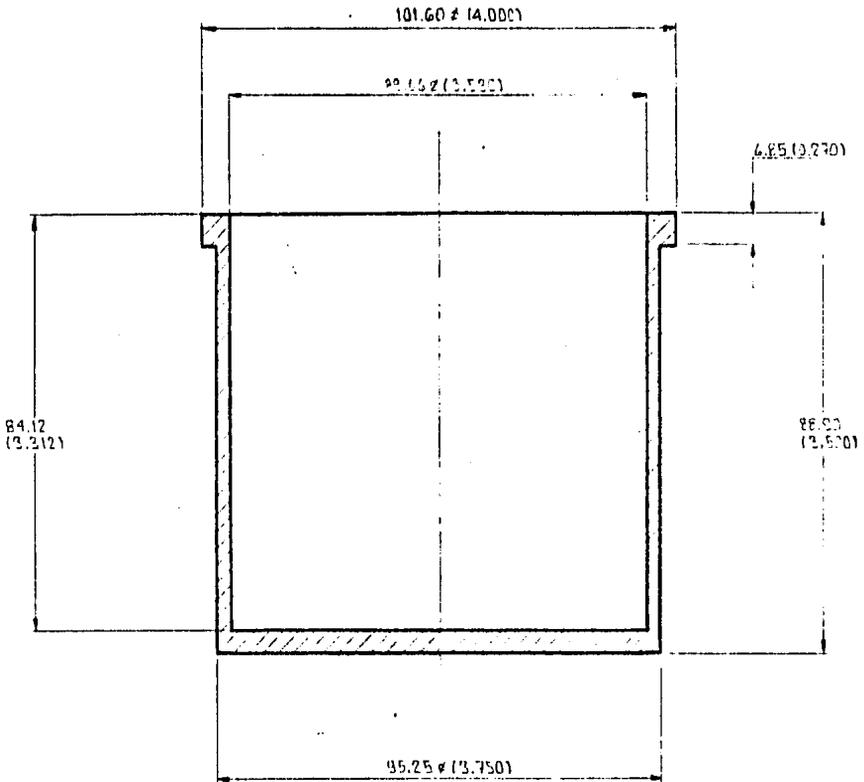


RESISTENCIA ELECTRICA 127 V.

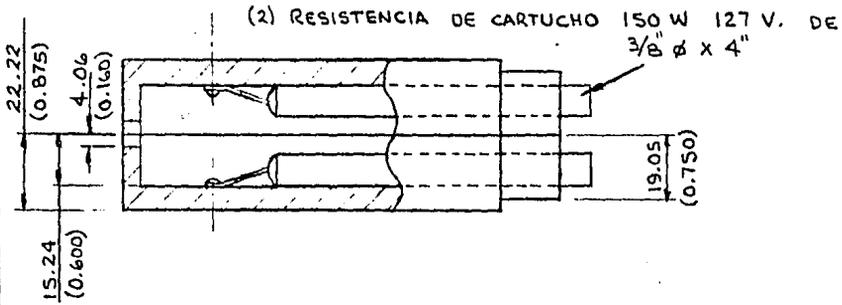
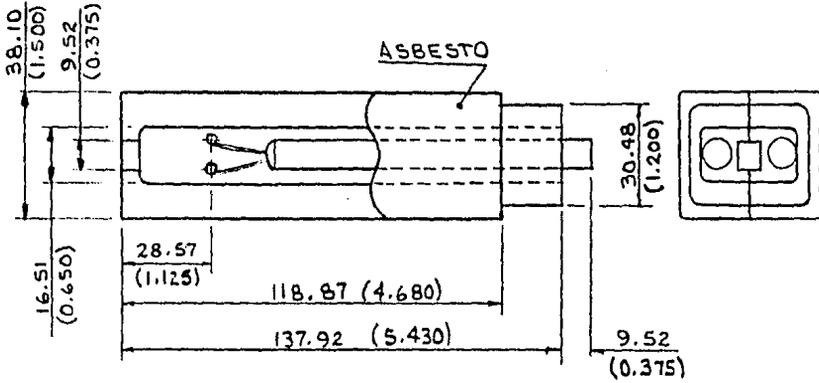


NOMBRE PARTE			UNAM INGENIERIA NUMERO PARTE 130-00
HORNOC			
DIBUJO	REVISO	FECHA	
ALFABOL		MAY-95	
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS
5/E	min.(P.13)		UN DECIMAL ± 0.3 mm.
TRATAMIENTO TERMICO		MATERIAL	DOS DECIMALES ± 0.15 mm.
			ANGULARES ± 1°

-115-



NOMBRE PARTE			CRISOL		UNAM INGENIERIA
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MAQUILAJE		MAY-85	UN DECIMAL	± 0.3 mm.	NUMERO PARTE
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	DOS DECIMALES	± 0.15 mm.	
1:1	mm (c/10)		ANGULARES	± 1°	
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL		130-01
			FIERRO FUNDIDO		



NOMBRE PARTE			SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL CUELLO DE GANZO		UNAM INGENIERIA
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MARMOLEJO		MAYO - 85	UN DECIMAL ± 0.3 mm.		NUMERO PARTE 150 - 00
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	DOS DECIMALES ± 0.13 mm.		
S/E	mm (pulg)	—	ANGULARES ± 1°		
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL		
—			—		

b4.- Diseño del sistema neumático.

Los sistemas de cierre de la máquina y de inyección, están actuados por aire comprimido mediante válvulas y pistones que conectados adecuadamente nos dan el movimiento deseado.

El diagrama del sistema neumático se ilustra en el dibujo 100-01 el cual presenta la característica de ser un sistema hidroneumático porque una parte está actuada por aceite y otra con aire, el objetivo de utilizar aceite es para aumentar la fuerza de cierre y obtener los 625 Kg de fuerza considerados inicialmente.

Su funcionamiento es el siguiente:

Al actuar simultáneamente los solenoides A y B el aire a presión pasa a través de la válvula 5 hasta el cilindro 1, el cual en un extremo se actúa por aire y por el otro mediante aceite, el aceite pasa por la válvula check 3, ya que la válvula 4 está energizada y se encuentra bloqueada, el aceite actúa al pistón 2 cerrando así la máquina; como el aceite es un fluido incompresible y al actuar una fuerza de reacción del molde de 625 Kg se genera una presión máxima en el aceite de 35 Kg/cm^2 considerando un diámetro de pistón de 50 mm en el cilindro 2, así es como, si los elementos 1, 2, 3 y 4 soportan una presión de trabajo mayor de 35 Kg/cm^2 se logrará soportar una fuerza de 625 Kg sin que la máquina se abra.

Para el retorno de los cilindros se deben desenergizar los solenoides A y B y así por acción de los resortes de las válvulas volver a su posición original, de ésta forma el aire a presión pasa por la válvula 5 hasta el cilindro 2 haciendo fluir el aceite a través de la válvula 4 la cual ya no se encuentra bloqueada.

El sistema de inyección es sumamente sencillo ya que consta únicamente de una válvula 6 actuada por solenoide que gobierna al cilindro de accionamiento.

La velocidad de los pistones está controlada por las válvulas de control de flujo 10.

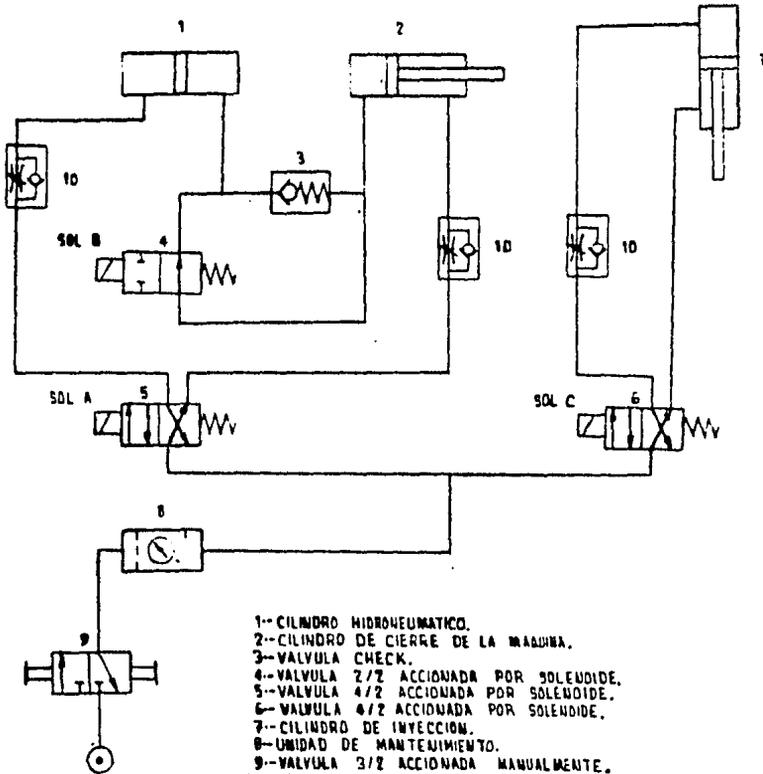


DIAGRAMA HIDRONEUMATICO

DISEÑO	REVISO	FECHA
MANDELEJO		28 - MARZO - 84
ESCALA	ACOTACION	DUREZA

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS	
UN DECIMAL	± 0.3 mm.
DOS DECIMALES	± 0.15 mm.
ANGULARES	± 1°

TRATAMIENTO TERMICO _____

MATERIAL _____

UNAM
INGENIERIA

NUMERO PARTE

100-01

b5.- Diseño del tablero de control.

El control de los movimientos para abrir y cerrar la máquina y el accionamiento del sistema de inyección se realiza -- con un tablero eléctrico, cuyo diseño contemplo las siguientes condiciones:

1) Si el molde se encuentra abierto, la operación de inyectar no se efectuará al accionar el botón.

2) Si la máquina está inyectando, el molde no abrirá hasta cumplir el tiempo preestablecido, aunque se accione el botón respectivo.

3) La máquina abrirá y cerrará en cualquier momento al -- operar los respectivos botones si no se encuentra inyectando el metal.

El diagrama eléctrico del tablero de control se presenta en el dibujo 100-02.

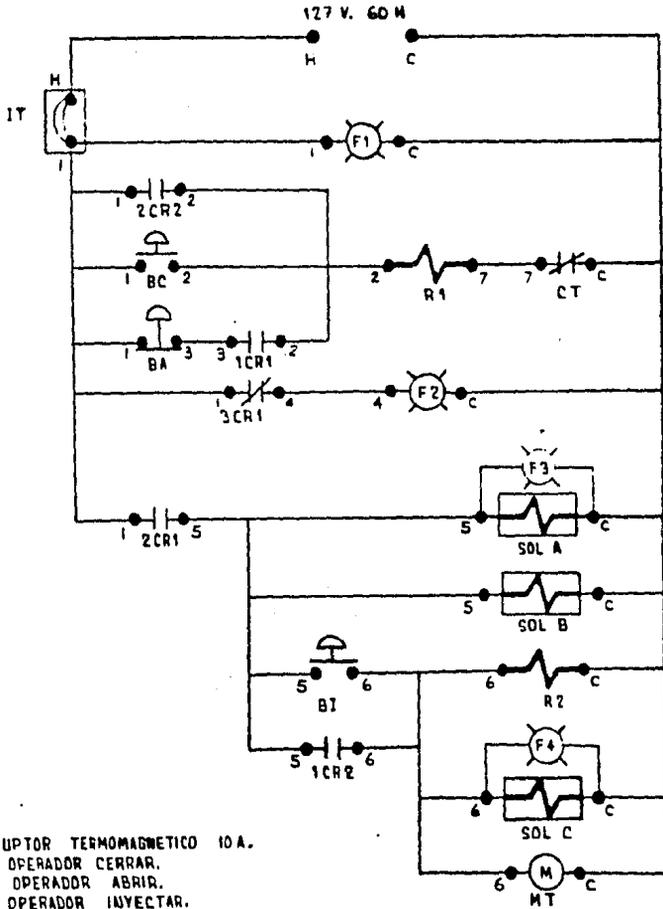
Su funcionamiento es el siguiente:

El tablero tiene una alimentación de 127 V, 60 H directa a un interruptor termomagnético IT que protege al sistema, al cerrar el circuito con éste interruptor se enciende la lámpara piloto F1 que nos indica que hay energía en el tablero de control.

Para cerrar la máquina se requiere pulsar el botón BC, -- el cual energiza la bobina del relevador R1 cerrando los contactos 1CR1 y 2CR1 y abriendo el contacto 3CR1; con el contacto -- 1CR1 se mantiene energizada la bobina del relevador R1, con el contacto 2CR1 se energizan los solenoides A y B además se enciende la lámpara piloto F3 y cierra el circuito para la operación de inyección; con el contacto 3CR1 abierto se apaga la lámpara piloto F2. Para abrir la máquina se pulsa el botón BA, con éste se corta la energía a la bobina del relevador R1 volviendo el sistema a su condición original.

Para la operación de inyección es necesario que la máquina esté cerrada, ya que en esta posición el contacto 2CR1 se encuentra cerrado.

La inyección se realiza pulsando el botón BI que energiza a la bobina del relevador R2, cerrando así los contactos 1CR2 y 2CR2; con el contacto 1CR2 se realizan las siguientes funciones: se energiza el solenoide C, se enciende la lámpara piloto F4 y se actúa el motor del control de tiempo MT, con el contacto 2CR2 se logra mantener cerrada la máquina durante la operación de inyección, aunque se oprima el botón BA, y no se abrirá hasta que el control de tiempo MT cumpla con el tiempo preestablecido, momento en el cual abrirá el contacto CT; con el contacto CT abierto se desenergiza la bobina del relevador R1 ---- abriendo el contacto 2CR1 y cortando la energía al circuito de inyección volviendo así el tablero de control a la condición -- original.



IT INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 10 A.
 BC BOTON OPERADOR CERRAR.
 BA BOTON OPERADOR ABRIR.
 BI BOTON OPERADOR INYECTAR.
 MT CONTROL DE TIEMPO 0-45 seg.
 R1, R2 RELEVADORES.
 F1 a F4 LAMPARAS PILOTO.

NOMBRE PARTE			
TABLERO DE CONTROL ELECTRICO			
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS
MMFMOLEJD		28-MARZO-84	UN DECIMAL ±0.3 mm. DOS DECIMALES ±0.15 mm. ANGULARES ±1°
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	
TRATAMIENTO TECNICO		MATERIAL	

UNAM
INGENIERIA

NUMERO PARTE

100-02

c.- Diseño de la herramienta (molde).

Para probar el funcionamiento de la máquina fue necesario contar con un molde, el cual se diseñó y construyó, utilizando para ello la tecnología vista en los capítulos anteriores.

La pieza que se va a moldear no tiene un uso específico ya que se busca únicamente construir un molde simple para la demostración de la máquina. El dibujo de la pieza se presenta con el número A-1.

Para el diseño del molde y su uso en la máquina se hicieron los siguientes cálculos:

- 1) Cálculo del peso de las piezas moldeadas (G).
- 2) Cálculo del caudal de entrada (Q).
- 3) Cálculo de la sección de ataque (S_a).
- 4) Cálculo de la velocidad del pistón de inyección (V_K).
- 5) Cálculo de la relación de pistones (D/d).
- 6) Cálculo de la presión de colada (F_2).
- 7) Cálculo de la fuerza de reacción del molde (F_3).

1) Cálculo del peso de las piezas moldeadas (G).

Donde:

V= Volúmen de las piezas (incluyendo rebosaderos).

$$G = V \delta$$

δ = Peso específico del material.

$$\delta = 9.34 \text{ Kg/dm}^3$$

Cálculo del volúmen de las piezas (V).

$$V = 2(V_1 + V_2 - V_3) + V_4$$

$$V_1 = \pi D^2 h / 4$$

$$V_1 = \pi (0.875)^2 \cdot 0.125 / 4$$

$$V_1 = 0.075 \text{ pulg}^3$$

$$V_2 = 0.2618 h(D^2 + Dd + d^2)$$

$$V_2 = 0.2618 (0.500) [0.750^2 + (0.750)(0.662) + 0.662^2]$$

$$V_2 = 0.196 \text{ pulg}^3$$

$$V_3 = 0.2618 h(D^2 + Dd + d^2)$$

$$V_3 = 0.2618 (0.500) [0.562^2 + (0.562)(0.474) + 0.474^2]$$

$$V_3 = 0.105 \text{ pulg}^3$$

$$V_4 = \pi D^2 h / 4 \text{ (volumen de los rebosaderos)}$$

$$V_4 = \pi (0.125)^2 7.0 / 4$$

$$V_4 = 0.086 \text{ pulg}^3$$

por lo tanto el volumen total es:

$$V = 2(0.075 + 0.196 - 0.105) + 0.086$$

$$V = 0.418 \text{ pulg}^3 = 0.00685 \text{ dm}^3$$

Y el peso de las piezas será:

$$G = 9.34(0.00685)$$

$$G = 0.064 \text{ Kg}$$

2) Cálculo del caudal de entrada (Q).

Donde:

$$Q = G/t$$

$$t = 0.04(w-1) \pm 0.02$$

w = Espesor medio de la pared -
de la pieza en mm.

$$w = 3.17 \text{ mm}$$

Cálculo del tiempo t

$$t = 0.04(3.17-1) \pm 0.02 = 0.087 \pm 0.02$$

considerando el menor tiempo

$$t = 0.067 \text{ seg}$$

Y el caudal de entrada será:

$$Q = 0.064/9.34(0.067) = 0.1022 \text{ dm}^3/\text{seg}$$

$$"" Q = 0.1022 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{seg} ""$$

3) Cálculo de la sección de ataque (S_a).

$$S_a = Q/V_a$$

Donde:

$$V_a = 50 \text{ m/seg} = 500 \text{ dm/seg}$$

Por lo tanto:

$$S_a = 0.1022/500 = 0.0002045 \text{ dm}^2$$

$$"" S_a = 0.02045 \text{ cm}^2 ""$$

4) Cálculo de la velocidad del pistón de inyección (V_k).

Donde:

$$V_k = Q/A$$

A = Area del pistón de inyección.

$$A = \pi D^2/4$$

D = Diámetro del pistón de inyección.

$$D = 0.254 \text{ dm}$$

Cálculo del área del pistón:

$$A = \pi(0.254)^2/4 = 0.0507 \text{ dm}^2$$

Por lo tanto la velocidad del pistón será:

$$V = 0.1022/0.0507 = 2.017 \text{ dm/seg}$$

$$"" V = 0.2017 \text{ m/seg} ""$$

5) Cálculo de la relación de pistones (D/d).

relación = D/d

D/d = 35/25

"" D/d = 1.4 ""

Donde:

D = Diámetro del pistón de accionamiento.

d = Diámetro del pistón de inyección.

D = 35 mm

d = 25 mm

6) Cálculo de la presión de colada (P_3).

$P_3 = (D/d)^2 P_b$

$P_3 = 1.4^2 (6)$

$P_3 = 11.76 \text{ Kg/cm}^2$

"" $P_3 = 0.8341 \text{ Kp/cm}^2$ ""

Donde:

P_b = Presión de funcionamiento.

$P_b = 6 \text{ Kg/cm}^2$

$P_b = 0.4256 \text{ Kp/cm}^2$

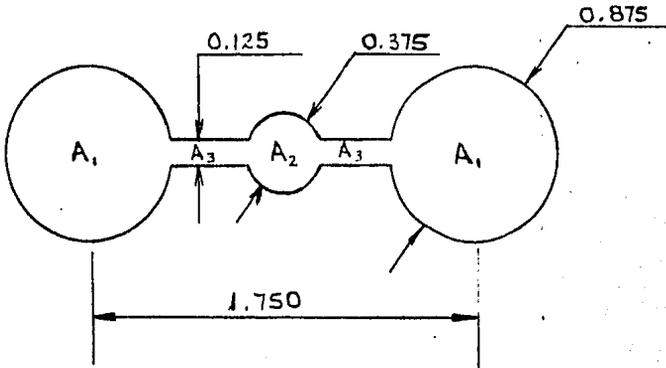
7) Cálculo de la fuerza de reacción del molde (F_9).

$F_9 = P_3 S$

Donde:

S = Superficie proyectada del molde.

Cálculo de la superficie proyectada (S).



$$S = 2A_1 + A_2 + 2A_3$$

$$A_1 = \pi D^2/4 = \pi(0.875)^2/4 = 0.601 \text{ pulg}^2$$

$$A_2 = \pi d^2/4 = \pi(0.375)^2/4 = 0.110 \text{ pulg}^2$$

$$A_3 = ab = 0.250(0.125) = 0.031 \text{ pulg}^2$$

La superficie proyectada es:

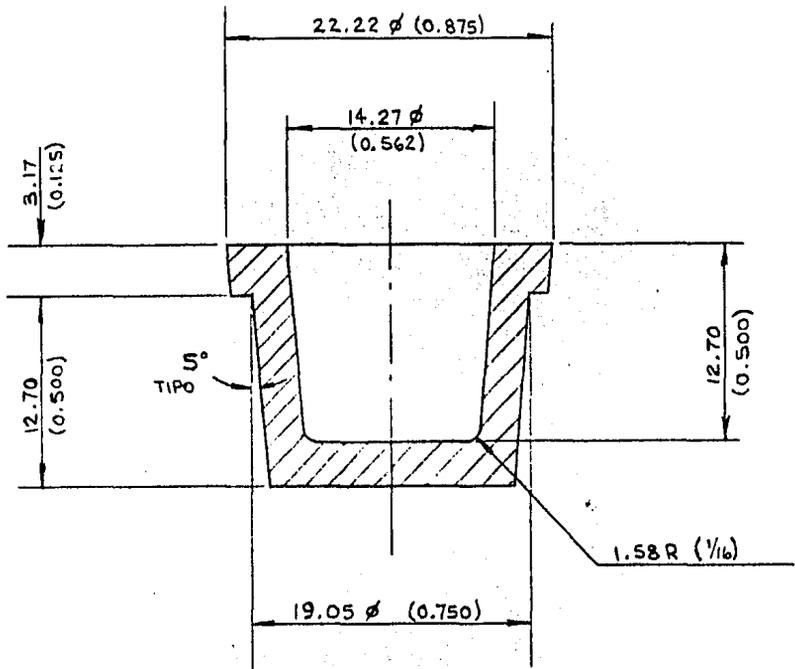
$$S = 2(0.601) + 0.110 + 2(0.031) = 1.375 \text{ pulg}^2$$

$$S = 8.87 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto la fuerza de reacción será:

$$F_3 = 11.76(8.87) = 104.31 \text{ Kg}$$

$$"" F_3 = 0.0074 \text{ Mp} ""$$



NOMBRE PARTE

PIEZA MOLDEADA

DIBUJO

MARMOLEJO

REVISO

FECHA

MAYO - 85

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

ESCALA

3:1

ACOTACION

mm (pulg)

DUREZA

—

UN DECIMAL ± 0.3 mm.

DOS DECIMALES ± 0.15 mm.

ANGULARES $\pm 1^\circ$

NUMERO PARTE

UNAM
INGENIERIA

A-1

TRATAMIENTO TERMICO

—

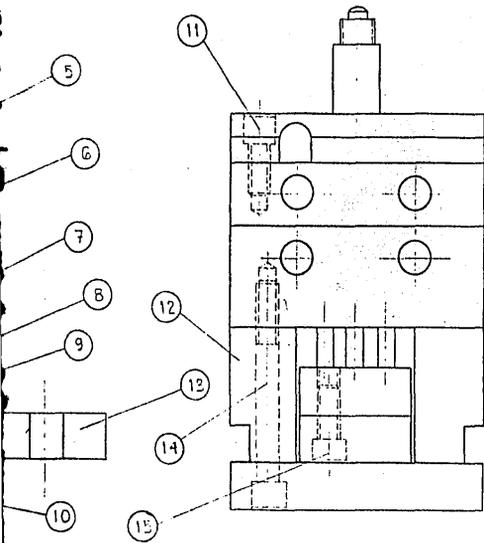
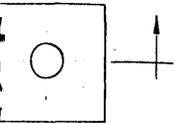
MATERIAL

ESTAÑO - PLOMO 50-50

Para el inicio de producción en todo proceso de fundición a presión es necesario calentar por algún medio (por ejemplo soplete de gas) el molde, esto para evitar un choque térmico entre el material inyectado y las paredes frías del molde. El calentamiento persistirá hasta que se normalice el proceso ya que posteriormente el molde es refrigerado haciendo pasar agua por venas situadas en forma estratégica lo más cerca posible de las cavidades, esto para lograr una eficiencia adecuada en la producción al reducir el tiempo de los ciclos de inyección.

El molde que se construyó se diseñó con resistencias eléctricas integradas a la placa de cavidades y al portacorazones, las resistencias sirven para efectuar el calentamiento del molde, y se eliminó el sistema de refrigeración ya que el objetivo no es producir. La temperatura del molde es controlada por un termostato, en el diagrama 100-03 se puede observar este control.

En base a los cálculos y consideraciones anteriores se diseñó el molde que se presenta a continuación en los dibujos del ensamble 140-00.



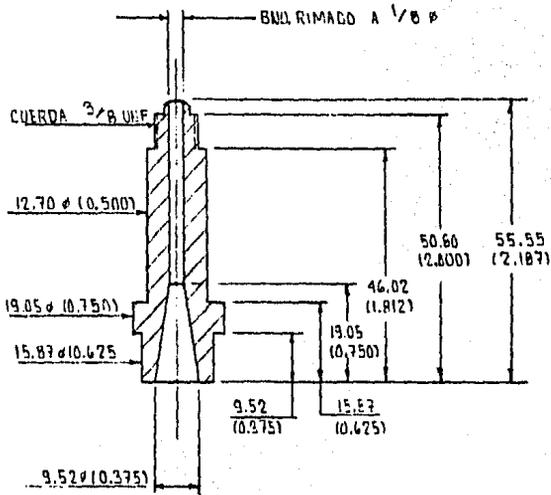
ITEM	IDENTIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT.
15	140-15	TORNILLO ALLEN	1/4 UNC X 5/8	1
14	140-14	TORNILLO ALLEN	1/4 UNC X 2	4
13	140-13	PLACA BOTADORA	ACERO AISI 1010	1
12	140-12	PLACA SOPORTE	ACERO AISI 1010	2
11	140-11	TORNILLO ALLEN	1/4 UNC X 3/4	4
10	140-10	PLACA SUFRIDERA	ACERO AISI 1010	1
9	140-09	PLACA PORTA-BOTADORES	ACERO AISI 1010	1
8	140-08	RECUPERADOR	ACERO AISI 2020	2
7	140-07	PLACA DE CAVIDADES	ACERO AISI H-13	1
6	140-06	PERNA-CORAZONES	ACERO AISI H-13	1
5	140-05	PLACA SUFRIDERA	ACERO AISI 1010	1
4	140-04	BOTADOR	ACERO AISI B220	1
3	140-03	EDTADOR	ACERO AISI B220	2
2	140-02	CORAZON	ACERO AISI H-13	2
1	140-01	BOQUILLA	ACERO AISI H-13	1
		ITEM INDEFINITE		

REVISION	FECHA	Vo.Bo.

DESCRIPCION:
 MOLDE (2) CAVIDADES
 FUNDICION A PRESION

UNAM
INGENIERIA

DISEÑO	MARKALEZ	APROBO	
DIBUJO	MARKALEZ	FECHA	MAY-75
REVISO			
PLANO No. 140-00			REV.



NOMBRE PARTE

BOQUILLA DE INYECCION

UNAM
INGENIERIA

DIBUJO

REVISO

FECHA

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

MARMOLEJO

MAY-95

UN DECIMAL ± 0.3 mm.
DOS DECIMALES ± 0.15 mm.
ANGULARES ± 1°

ESCALA

ACOTACION

DUREZA

NUMERO PARTE

1:1

mm. (calq.)

58-60 R.C.

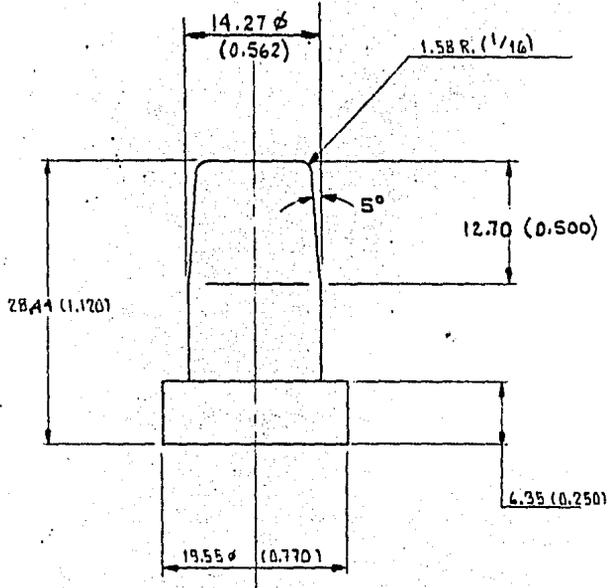
TRATAMIENTO TERMICO

MATERIAL

TEMPLAR Y REVENIR

ACERO AISI 14-13

140-01



NOMBRE PARTE

CORAZON

UNAM
INGENIERIA

DIBUJO	REVISO	FECHA
MARMOLEJO		MAY-85

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

ESCALA	ACOTACION	DUREZA
2:1	mm (pulg.)	56-58 R.C.

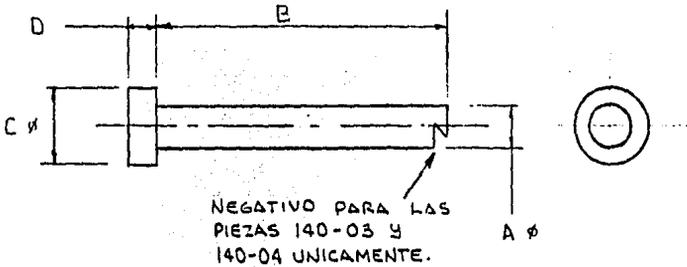
UN DECIMAL	± 0.3 mm.
DOS DECIMALES	± 0.15 mm.
ANGULARES	± 1°

NUMERO PARTE

TRATAMIENTO TERMICO
TEMPLEAF Y REVENAF

MATERIAL
ACERO AISI H-13

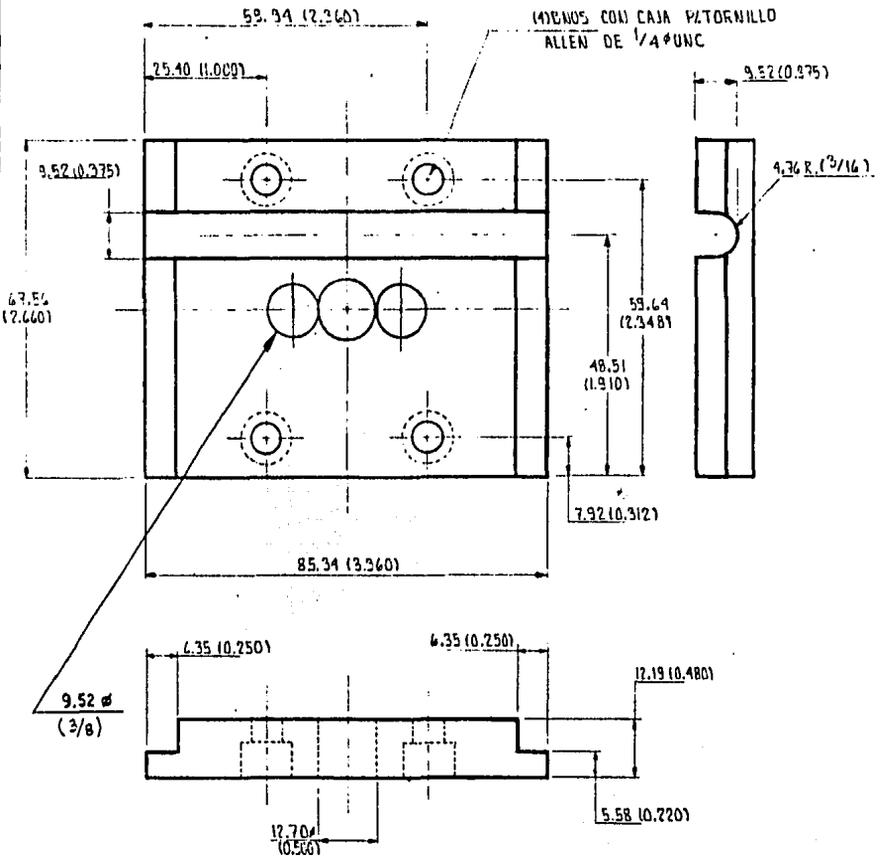
140-02



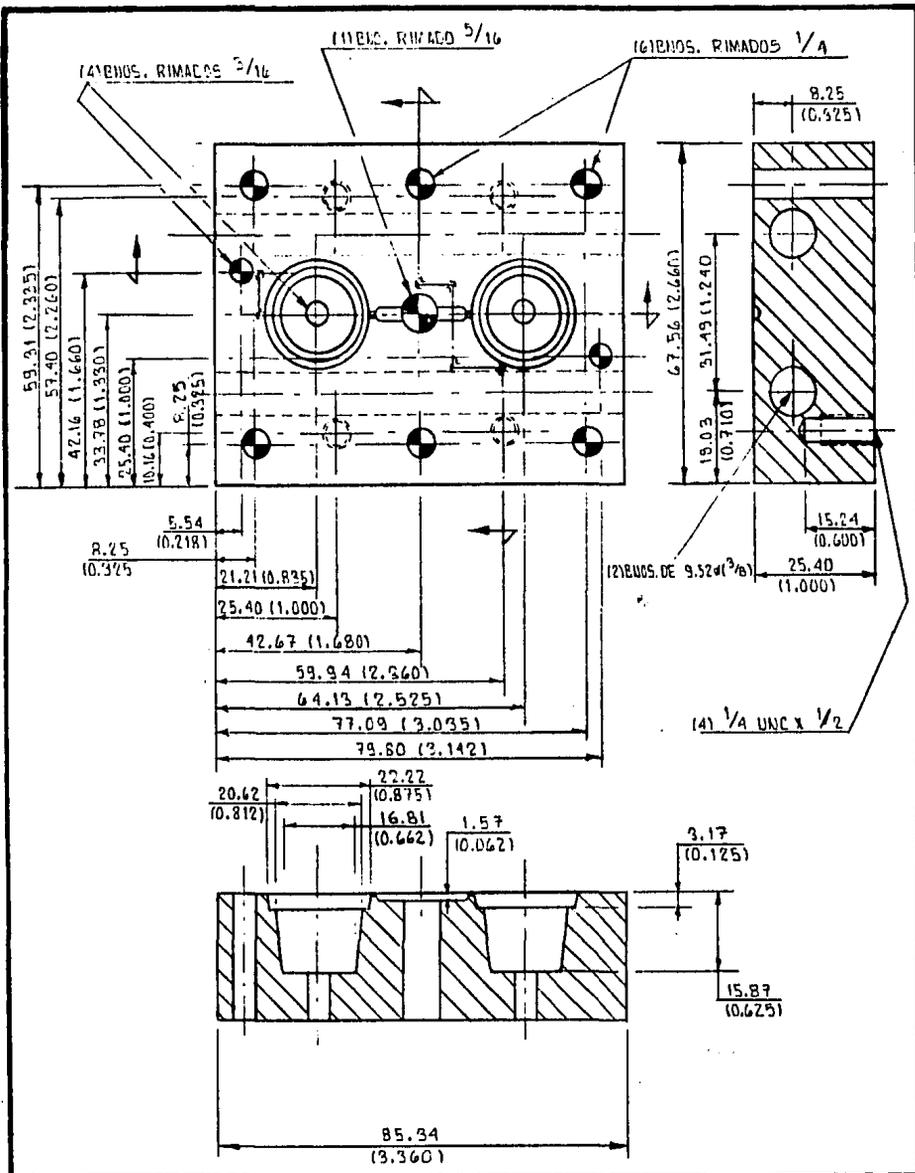
Nº DE PARTE	A	B	C	D
140-03	4.75 (0.187)	27.61 (1.087)	2.52 (0.099)	4.75 (0.187)
140-04	7.92 (0.312)	39.27 (1.550)	12.70 (0.500)	6.35 (0.250)
140-08	4.75 (0.187)	43.56 (1.715)	9.52 (0.375)	4.75 (0.187)

NOMBRE PARTE BOTADORES				UNAM INGENIERIA
DIBUJO MARMOLEJO	REVISO	FECHA MAY-75	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS	
ESCALA 	ACOTACION min. (Puls)	DUREZA 56-58 RC	UN DECIMAL ±0.3 mm. DOS DECIMALES ±0.15 mm. ANGULARES ± 1°	
TRATAMIENTO TERMICO CEMENTAR			MATERIAL ACERO AML 2020	NUMERO PARTE VER TABLA

-133-



NOMBRE PARTE				UNAM INGENIERIA	
PLACA SUFRIDERA					
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MARQUEJO		MAY-85	UN DECIMAL	± 0.3 mm.	
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	DOS DECIMALES	± 0.15 mm.	
1:1	mm (1:1)		ANGULARES	± 1°	
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL		
			ACERO AISI 1010		
				NUMERO PARTE	
				140-05	



NOMBRE PARTE

PLACA DE CAVIDADES

DIBUJO

REVISO

FECHA

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

MARMOLEJO

MAY-95

ESCALA

ACOTACION

DUREZA

UN DECIMAL ±0.3 mm.

DOS DECIMALES ±0.15 mm.

ANGULARES ±1°

1:1

mm.(Pala.)

EB-60 R.C.

TRATAMIENTO TERMICO

MATERIAL

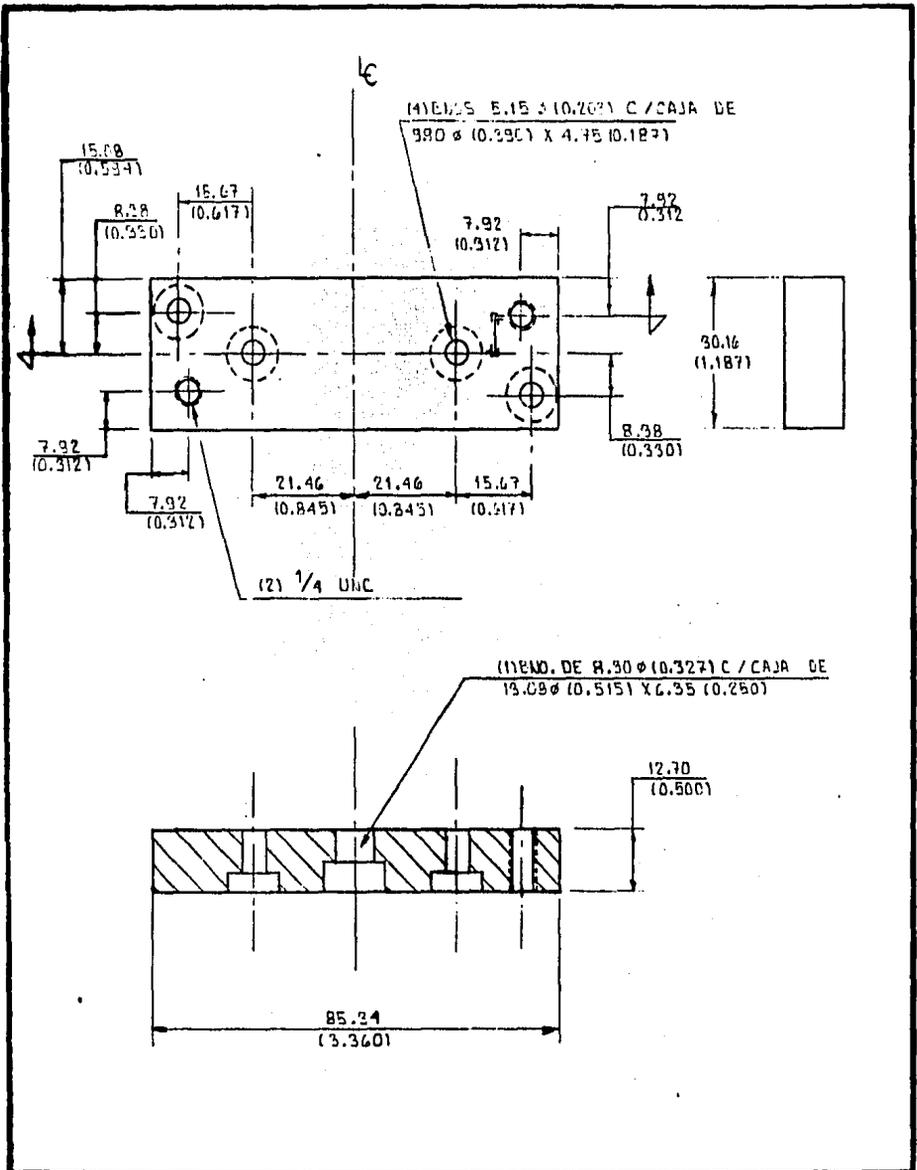
TEMPLEAR Y REVENIR

ACERO AISI 4140

UN·AM
INGENIERIA

NUMERO PARTE

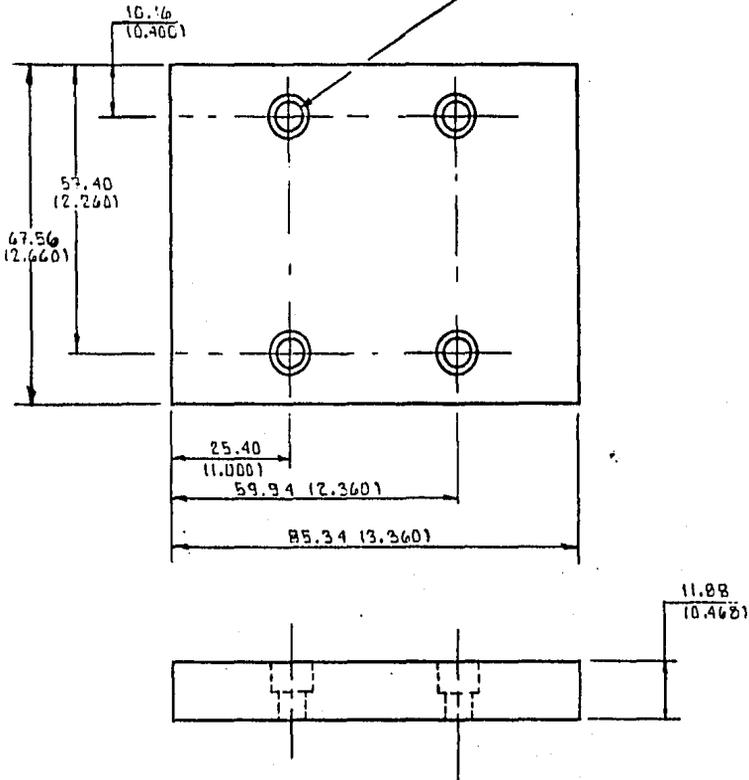
140-07



NOMBRE PARTE			UNAM INGENIERIA		
PLACA FORTALECIDA					
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MARMOLEJO		MAY-85			
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	UN DECIMAL	± 0.3 mm.	NUMERO PARTE
1:1	mm. (Pala.)		DOS DECIMALES	± 0.15 mm.	
TRATAMIENTO TERMICO			ANGULARES	± 1°	
			MATERIAL		110-09
			ACERO A151 180°		

-137-

41 ENCS. C/CAJA
P/TORN. ALLEN 1/4



NOMBRE PARTE

PLACA SUFIDERA

UNAM
INGENIERIA

DIBUJO
MANMOLEJO

REVISO

FECHA

MAY - 85

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS

ESCALA

ACOTACION

DUREZA

UN DECIMAL ± 0.3 mm.
DOS DECIMALES ± 0.15 mm.
ANGULARES $\pm 1^\circ$

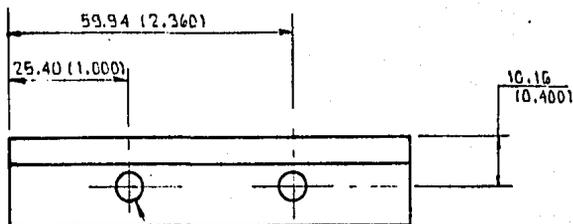
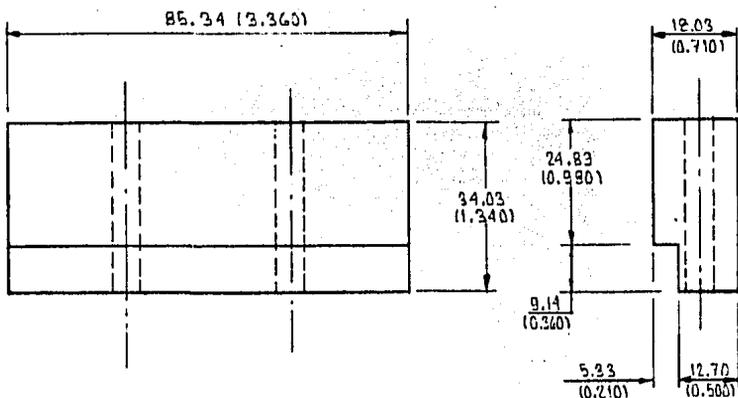
NUMERO PARTE

TRATAMIENTO TERMICO

MATERIAL

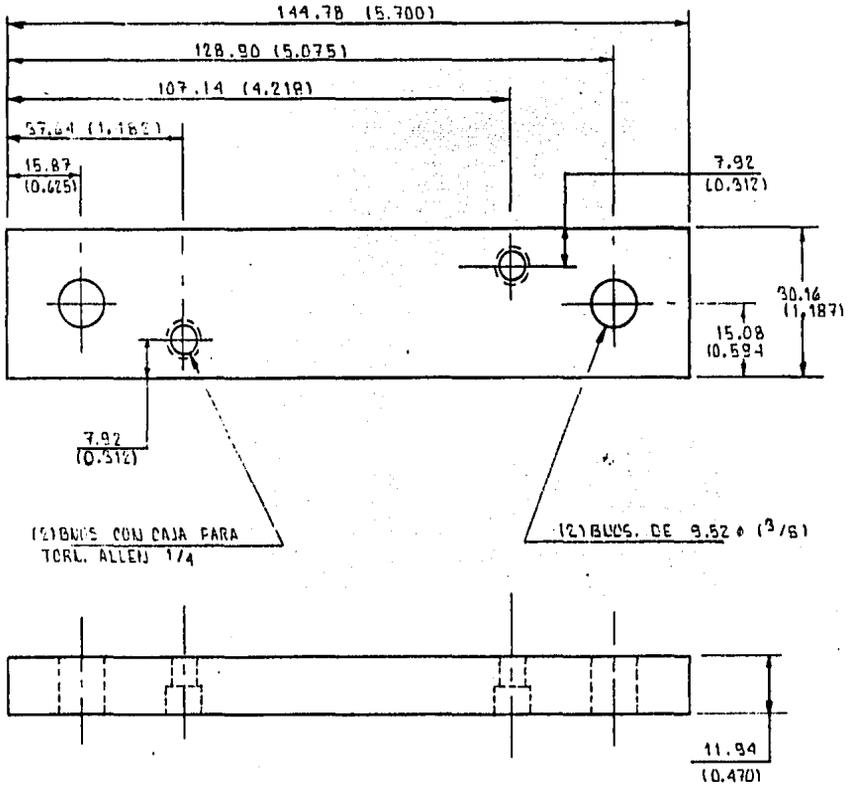
ACERO AISI 1010

140-10

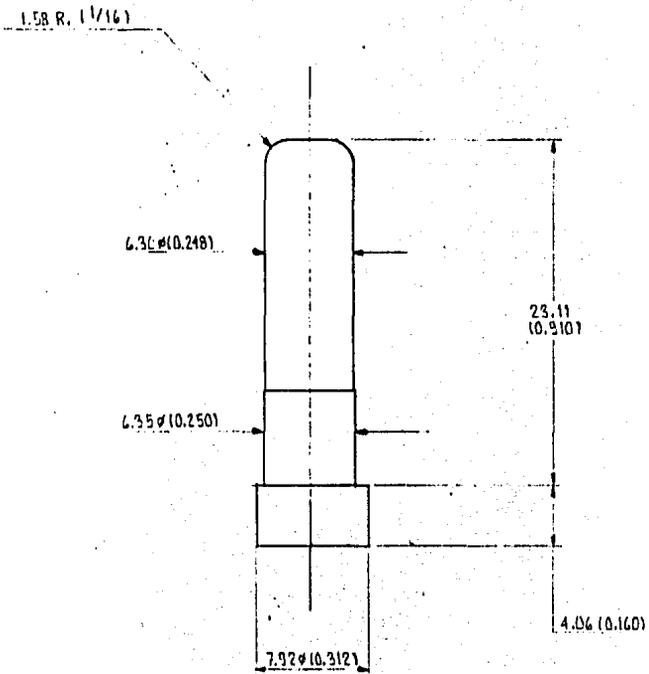


(2) 6.750 (17/64)

NOMBRE PARTE				UNAM INGENIERIA	
PLACA SOPORTE					
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MARMOLEJO		MAY - 85			
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	UN DECIMAL	± 0.3 mm.	NUMERO PARTE
1:1	mm.(Pulg.)		DOS DECIMALES	± 0.15 mm.	
TRATAMIENTO TERMICO			ANGULARES	± 1°	140-12
			MATERIAL	ACERO AISI 1010	



NOMBRE PARTE			PLACA BOTADORA		UNAM INGENIERIA
ORDEN	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS		
MARZALEJO		MAY-85	UN DECIMAL	± 0.3 mm.	
ESCALA	ACOTACION	DUREZA	DOS DECIMALES	± 0.05 mm.	
1:1	mm.(Pulg.)		ANGULARES	± 1°	
TRATAMIENTO TERMICO			MATERIAL		NUMERO PARTE
			ACERO AISI 1010		140-13



NOMBRE PARTE			UNAM INGENIERIA	
POSTE GUIA				
DIBUJO	REVISO	FECHA	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS	
MARMOLEJO		MAY-85		
ESCALA	ACOTACION	DUREZA		
1:3	mm. (pulg.)	60-67 K.C.	UN DECIMAL ± 0.3 mm.	NUMERO PARTE
			DOS DECIMALES ± 0.15 mm.	
			ANGULARES $\pm 1^\circ$	140-16
TRATAMIENTO TERMICO		MATERIAL		
CEMENTAR		ACERO AISI 9420		

d.- Pruebas.

Una vez ensamblada la máquina, y después de probar que el tablero de control realizara adecuadamente las funciones deseadas, se procedió a hacer las primeras pruebas de inyección con los siguientes resultados:

- El metal fundido no alcanzó a llegar al molde, por solidificarse éste en su trayecto a través del cuello de ganso.
- Fue imposible realizar un segundo ciclo de inyección debido al punto anterior.

Después de analizar este problema, se decidió mantener caliente el cuello de ganso, para lo cual se fabricó un sistema de calentamiento que al principio utilizó resistencias tipo parrilla (alambre arrollado), con las cuales se hicieron varias pruebas, pero que demostraron ser poco eficientes ya que constantemente se rompían, esto dió como resultado llegar al sistema de calentamiento del cuello de ganso - que aparece en el dibujo 150-00, el cual emplea dos resistencias tipo cartucho de 150 watts cada una; después de esto se realizó otro grupo de pruebas con los siguientes resultados:

- El metal ya llega a las cavidades aunque las llena parcialmente
- Ocasionalmente se quedan las piezas del lado fijo del molde.
- Aún cuando las piezas, junto con el cono bebedero son arrastradas del lado móvil del molde, una parte del metal sólido queda obstruyendo - la fase líquida de éste impidiendo repetir el ciclo de inyección.

Analizando los problemas anteriores y después de muchas pruebas, se observó que gran parte del metal desplazado por el movimiento del pistón de inyección se escapaba a través de la holgura que había entre éste y su cilindro, --

aún cuando la holgura total era de 0.012 mm (0.005"). La solución a este problema fue desarrollar el diseño de un pistón con anillos que se pegan a la pared del cilindro, cuando éste inicia su movimiento hacia abajo, aprovechando la presión ejercida sobre el metal fundido, este diseño se muestra en el dibujo 120-07.

Para evitar que las piezas se quedaran ocasionalmente - en la parte fija del molde se decidió realizar las muescas - (negativos) que se aprecian en los botadores con números de parte 140-03 y 140-04, obligando con ésto a las piezas y colada a quedarse del lado móvil del molde.

Buscando la manera de hacer repetitivo el ciclo de inyección, se encontró que el espesor del metal sólido que impedía volver a inyectar otra colada era muy pequeño, escasamente 1.0 mm (0.040"), se pensó por lo tanto que acercando - un poco más la zona en la cual se separan las dos fases del metal (sólido-líquido) hacia el interior del molde, sería su ficiente para que el botador del cono bebedero arrastrara hacia la parte móvil del molde la fase sólida del metal, dejando por lo tanto libre el conducto para una segunda inyección de metal; para esto se decidió acercar las dos resistencias (utilizadas para calentar el cuello de ganso, dibujo 150-00) un poco más dentro del molde a través de los dos barrenos de 9.52 mm de diámetro ($3/8$ ") que aparecen en la placa sufridera del dibujo 140-05. Cuando se tuvieron las modificaciones antes descritas se procedió a hacer otras pruebas con los resultados descritos a continuación:

- El metal llena completamente las cavidades.
- Las piezas junto con el cono bebedero son arrastradas del lado móvil del molde y botados adecuadamente por el sistema de expulsión.
- Se puede inyectar repetitivamente las siguientes coladas sin ningún problema.

Los parámetros de trabajo con los cuales se obtuvieron éstos últimos resultados son los siguientes:

Temperatura del horno	300 °C
Temperatura del molde	100 °C
Tiempo de solidificación	45 seg.
Presión del pistón de accionamiento ..	9 Kg/cm ²

e.- Conclusión.

Todo lo anterior es fácil de decir, pero se empleó mucho tiempo en la construcción, pruebas y modificaciones que se hicieron para dar por terminada en forma satisfactoria - la construcción de la máquina, la cual se muestra en la fotografía de la figura VII.4, si recordamos el objetivo descrito al principio de este capítulo, nos indica que la máquina será empleada para fines didácticos.

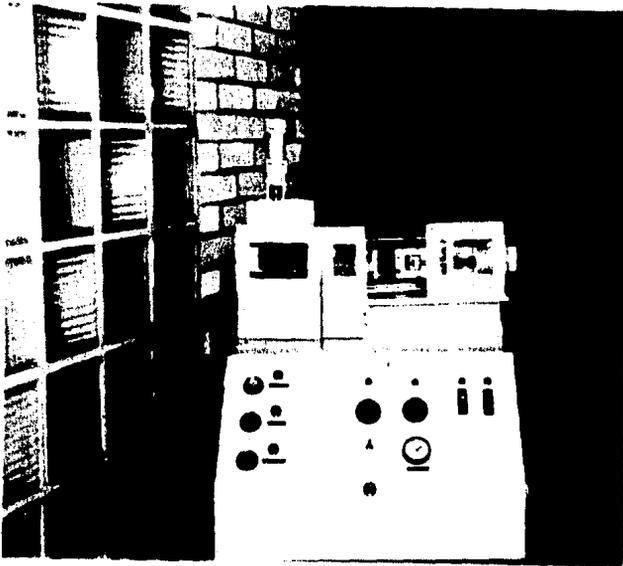


Figura VII.4 Máquina de fundición a presión cámara caliente.

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

American Society for Metals.: Metals Handbook volumen 5
Forging and Casting.

Andras J.: Die Casting Engineer.

Brunhuber E.: Moderne Druckgussfertigung.

Herb Charles.: Die Casting.

Herman E. A.: Die Casting Engineer.

Nagy A.: Die Casting Engineer.

Smith R. J.: Die Casting Engineer.