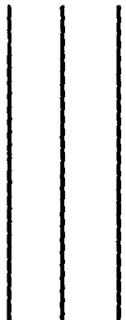


51
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



**DISEÑO Y FABRICACION DE UNA MAQUINA SIMPLE DE
FUNDICION A PRESION DE CAMARA FRIA HORIZONTAL**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Presenta:

José Luis Enríquez Vázquez

Director de tesis: *Ing. Santiago Pérez G.*

México, D.F. 1991.

FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

INDICE GENERAL

CAPITULO I .ASPECTOS GENERALES

- 1.1 Diversos metodos de fundicion.
- 1.2 Descripcion general de las maquinas de fundicion a presion.
 - 1.2.2 Maquinas de camara fria.
 - 1.2.2.1 Maquinas de camara fria vertical.
 - 1.2.2.2 Maquinas de camara fria horizontal.
- 1.3 Principios basicos de la tecnica del proceso.
 - 1.3.1 Llenado del molde y obtencion de la presion de colada.
- 1.4 Cualidades del material a inyectar.
- 1.5 Caracteristicas del producto inyectado.

CAPITULO II. SISTEMAS OPERATIVOS DE LA MAQUINA DE FUNDICION A PRESION.

- 2.1 Sistemas generales.
- 2.2 Equipo de inyeccion.
- 2.3 Sistema de cierre.
- 2.4 Equipo de accionamiento.
- 2.5 Equipo de control.
- 2.6 Equipo de seguridad.
- 2.7 Sistema de vaciado.

CAPITULO III.DETERMINACION DE LOS PARAMETROS CARACTERISTICOS.

- 3.1 Parametros caracteristicos de la maquina de inyeccion a presion.
- 3.2 Estudio de la camara de presion como punto fundamental en el diseno de la maquina.
- 3.3 Estudio del sistema de accionamiento.
- 3.4 Construccion del modelo y pruebas del mismo.
- 3.5 Estudio del metodo de vaciado.

CAPITULO IV.DISEÑO DEL PROTOTIPO.

- 4.1 Obtencion de los datos basicos a partir de los parametros caracteristicos.
 - 4.2 Sistema mecanico.
 - 4.2.1 Calculo de la camara de presion y del piston de inyeccion.
 - 4.2.2 Calculo de las platinas.
 - 4.2.3 Calculo de las flechas guia.
 - 4.2.4 Calculo del subsistema de retencion.
 - 4.2.5 Analisis de posicion de las palancas de retencion.
 - 4.3 Sistema de control.
 - 4.3.1 Control electrico electronico.
 - 4.3.2 Control Neumatico.
 - 4.4 Sistema termico.
 - 4.4.1 Diseno del horno de fusion y colada.
 - 4.4.2 Sistema calefactor del molde platina.
- 4.5 Parametros del molde.

CAPITULO V. DIBUJOS DEL PROTOTIPO DE LA MAQUINA DE FUNDICION A PRESION.

- 5.1 Dibujo de conjunto de la maquina.
- 5.2 Sistema de inyeccion y retencion.
- 5.3 Vista superior de los sistemas de inyeccion y retencion.
- 5.4 Platinas.
- 5.5 Sistema de retencion.
- 5.6 Molde.
- 5.7 Camara y piston de inyeccion.Eje guia.
- 5.8 Sistema de vaciado.
- 5.9 Diagrama electrico.

CAPITULO VI .PRUEBAS Y CONCLUSION.

- 6.1 Aspectos generales del prototipo de la maquina de fundicion a presion.
 - 6.1.1 Mantenimiento y servicio a la maquina.
- 6.2 Manual de operacion.
- 6.3 Pruebas de operacion y conclusion.

AFENDICES

- I Tabla comercial de cilindros neumaticos.
- II Especificacion de la valvula neumatica utilizada.
- III Programas para calcular el valor del radio exterior de la camara de presion.
- IV Caracteristicas de los elementos electronicos utilizados en el circuito de control.
- V Caracteristicas principales de los aceros utilizados para moldes de fundicion a presion por los fabricantes.
- VI Aleaciones de aluminio para fundicion a presion.

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

La presente tesis tiene como finalidad disenar y construir un prototipo de una maquina sencilla de fundicion a presion de camara fria horizontal, para utilizarla a nivel laboratorio. Dicha maquina debe ser construida con materiales nacionales.

El tabajo presente muestra en los primeros capitulos un resumen de los metodos de fundicion asi como la teoria general de la maquina. No es sino hasta el capitulo III en donde el trabajo de experimentacion, para obtener los parametros caracteristicos de la maquina, se lleva a cabo. Desde el punto de vista de experimentacion este es el capitulo mas importante de todo el trabajo ya que son los valores fundamentales del diseno de la maquina. En este capitulo se menciona la construccion de un modelo de experimentacion para obtener dichos valores que en si formo la parte mas importante para poder realizar este trabajo.

En el capitulo IV y V se muestra la memoria de calculo de la maquina y los dibujos respectivos de la misma, y por ultimo en el captulo VI se mencionala construccion y las pruebas reales de la maquina asi como la conclusion de la misma.

Se agregan al final una serie de apendices para reforzar algunos aspectos, de calculo, teoria, programas etc. que se utilizaron en el diseno y contruccion de la maquina.

Se utilizaron para la construccion de la maquina equipos convencionales (maquinas-herramienta, hornos, fuentes de poder etc.) y materiales nacionales que se encuentran en el mercado.

Ciertas partes de la maquina, como el control, molde y algunos otros se tuvieron que realizar en la forma mas simple posible ya que para su construccion no se conto con subsidio economico alguno.

El alcance de la maquina es modesto, sin embargo se sientan las bases suficientes para poder disenar una maquina de mayores dimensiones, como se dijo al principio esta construida a nivel laboratorio y es un prototipo en el cual se pueden seguir realizando pruebas.

Como en todo diseno siempre existe una parte critica de la maquina y este caso el dimensionamiento de la camara de presion fue el punto que llevo mas trabajo realizado en laboratorio.

A pesar de que las maquinas de inyeccion no son de creacion reciente ,sepuede decir que en la presente tesis proponemos tres cosas a utilizar,una es la realizacion de un circuito o control electronico,ya ampliamente utilizado en las maquinas sin embargo su costo comercial es elevado, segundo la forma de calentamiento del molde platinas basado en el principio de un horno de induccion a baja frecuencia y tercero un sistema de carga por gravedad,como el utilizado en el vaciado del acero.Se integraron dichos sistemas a la maquina obteniendose buenos resultados.

Como mencionamos anteriormente el alcance de esta tesis es limitado sin embargo se logro el objetivo de diseno y construccion de una pequena maquina,obteniendose experiencia en temas muy diversos que sentaran base en otros disenos.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

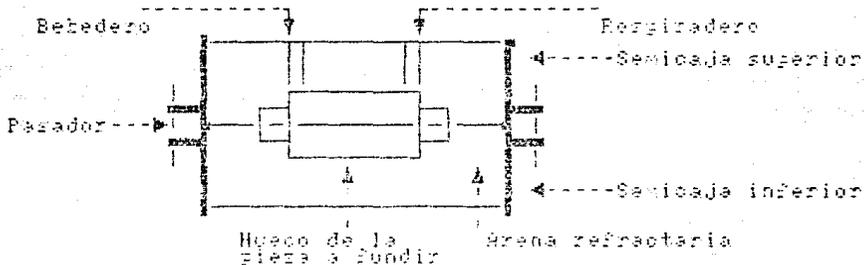
1.1 Diversos metodos de fundicion.

La fundicion puede definirse como la produccion de una forma deseada introduciendo un metal en fusion dentro de una cavidad previamente preparada y dejandola solidificar. La fundicion es uno de los metodos mas rapidos para producir formas complejas partiendo de materias primas que pueden ser licuadas temporalmente por medio del calor.

Los procesos de fundicion para metales pueden clasificarse de acuerdo con el tipo de molde o modelo y tambien de acuerdo con la presion empleada para llenar el molde. En los modelos convencionales de arena, cascarron y yeso, se usa un modelo permanente pero el molde es empleado una sola vez. Los moldes permanentes y las matrices para fundicion a presion, se maquinan en secciones de metal o grafito y se usan para un gran numero de coladas. La fundicion de revestimiento o cera perdida implica el uso de un molde y un modelo desechable.

1.1.1 Moldeo y vaciado en arena.

En los procesos de mayor uso para las fundiciones de metal, se emplea un modelo permanente de madera o metal que conforma la cavidad del molde cuando el material de moldaje se compacta alrededor del patron. Este material consiste en arenas relativamente finas que sirven de agregado refractario, a las cuales se adiciona un material aglutinante. Un molde tipico de arena se presenta a continuacion:



En dicha figura se destacan los diversos arreglos para verter el metal fundido y compensar la contraccion del metal en consolidacion; en la misma figura se muestra un nucleo de arena que forma una cavidad en la fundicion. Los moldes de arena estan constituidos por dos o mas secciones: el fondo (semicaja o caja inferior), el tope (semicaja o caja superior). La arena esta contenida en las cajas de moldeo, equipadas con pasadores y platinas que aseguran el alineamiento de la semicaja inferior y la semicaja superior. El metal fundido se vierte en el orificio de llenado y los canales de colada cumplen la funcion de canales de flujo para que el metal entre en la cavidad del molde a traves

de los accesos. Las cavidades de los bebederos se localizan sobre las secciones mas pesadas de la fundicion. El sistema de entrada, ademas de servir de via para la remocion de los gases del molde, actua como alimentador o bebedero para suplir el metal liquido a la fundicion durante su solidificacion.

En la produccion de moldes de arena, se debe elaborar primeramente un patron o modelo de madera o metal. El modelo, hecho normalmente en dos secciones tiene todas sus dimensiones ligeramente mayores que las de la pieza que se va a fundir, esto para compensar la contraccion que se presenta durante el enfriamiento de la fundicion. Esto se conoce como margen de contraccion y el modelista determina las tolerancias que se deben de usar, mediante el empleo de la regla de contraccion o escala del modelista, diferente para cada metal de fundicion.

La colada debe ser provista tambien de cantidades adicionales de metal para suplir las tolerancias de maquinado y acabado, esto cuando algunas de sus superficies requieran acabado especial. El paso siguiente es la preparacion de los moldes de arena. El marco inferior de la caja de moldeo se prepara primero en posicion invertida. La mitad inferior del modelo se coloca en posicion sobre el tablero de moldeo y la arena de moldeo se apisona y compacta en la caja inferior de moldeo. Sobre el marco inferior se coloca un tablero de fondo y se voltea el conjunto retirandose luego el tablero del molde. La mitad superior del modelo se coloca sobre la mitad inferior y la caja superior de moldeo se coloca en posicion. Los pasadores del bebedero y del sistema de ventilacion, ahusados para facilitar su extraccion, se colocan a continuacion y la arena del moldeo se apisona en la caja superior de moldeo. En seguida se levanta cuidadosamente la caja superior y se retiran el modelo y los pasadores del bebedero. El canal de colada y las vias de entrada del metal fundido a la cavidad del molde, se configuran en la arena de la caja inferior y en seguida el nucleo se coloca en posicion. Sobre el orificio de entrada puede formarse un vertedero, colocandose nuevamente la caja superior sobre la inferior. El metal fundido se vacia sobre el vertedero de donde baja por el bebedero al canal de colada y de este a la cavidad del molde. Una vez solidificado el metal, se rompe la arena y se retira la fundicion. El metal sobrante, asi como los bebederos y respiraderos se cortan para luego ser fundidos de nuevo.

1.1.2 Colada de precision con modelos de cera.

La colada de precision con modelos de cera, se emplean en la produccion de pequenas piezas, articulos acabados de toda clase de aleaciones, con alta precision y con muy poca elaboracion mecanica posterior. El procedimiento indicado comprende los siguientes ciclos: 1) elaboracion del modelo del

artículo; elaboración del molde de prensa para colar los modelos de cera; moldeo de los modelos de cera; elaboración de los moldes según los modelos de cera; extracción de la cera del molde fundiéndola y calentamiento de este; relleno del molde con metal líquido; extracción de la pieza moldeada del molde y su limpieza. El modelo de la pieza a moldear se hace de acero o de aleaciones de cobre con una elaboración mecánica de precisión y rectificadas minuciosas, teniendo en cuenta la contracción de la aleación con que han de ser producidas las piezas. Utilizando el patrón preparado, se hace con aleaciones ligeras un molde de prensa para la colada de los modelos de cera. La colada de estos se efectúa usando una aleación de cera fundida del mismo modo que para la elaboración de las piezas a presión. Se hace un bloque con pequeños modelos que se unen con un sistema común de alimentación de cera. Este bloque se pinta, sumergiéndolo en una emulsión acuosa de polvo de cuarzo. El bloque del modelo preparado con el sistema de alimentación se moldea en la caja de fundición de tal manera, que el sistema de alimentación sea accesible para suministrar el metal al molde. La elaboración del molde se realiza generalmente por percusión en máquinas vibradoras especiales. Como material de elaboración del molde se emplea la arena de cuarzo, agregándole 5% de arcilla refractaria. El molde se seca durante 2 horas.

La cera se quita (funde) del molde en el horno a una temperatura de 100 a 120 C; para quitar por completo la cera, el molde permanece en el horno a 150 C durante 1.5 a 2 horas. Luego el mismo horno calienta el molde a 800 C. La fusión de las aleaciones para la colada del molde se efectúa en hornos de fundición. Esta se vacía en el molde y se espera la solidificación. Una vez realizada se destruye el molde y se extrae la pieza, la cual solo se cortan los bebederos se limpia y se le da un pequeño acabado.

1.1.3 Colada centrifuga.

En este procedimiento, el metal líquido se introduce en el molde, que gira con rapidez; se lanza bajo la acción de una cavidad interior de forma cilíndrica, sin necesidad de emplear macho. Su aplicación principal es la elaboración de piezas huecas que tienen una forma simple de cuerpos de revolución. Sin embargo también se emplea para la elaboración de piezas complicadas.

Si el eje de rotación es vertical la superficie interior de la pieza no resulta cilíndrica, sino un tanto cónica. Por eso en las máquinas con eje de rotación vertical se producen tan solo piezas de longitud pequeña. En el molde con el eje de rotación horizontal, con un gran número de revoluciones, las paredes de la pieza cilíndrica hueca resultan de un grueso igual en toda su longitud, lo que lo hace ideal para la producción de tubos de fierro colado.

1.1.4 Colada continua.

La colada continua tiene un uso muy amplio en la manufactura de productos de acero, cobre, aluminio y sus aleaciones. Se emplea para producir varillas conformadas similares a las que se obtienen por estruccion.

En la colada continua se utiliza la fuerza de la gravedad para hacer pasar el material por troqueles o guias. Una corriente de metal fundido cae en una camara enfriada y se solidifica antes de llegar al nivel del piso. La nueva forma solidificada permanece blanda en su interior y sale del troque o lingotera por gravedad a lo largo de un espacio con enfriamiento. El material formado se corta en lingotes o se forma en bobinas para su uso posterior. Las ventajas de la colada continua son: la produccion continua de metal, desde su estado fundido a uno solido, y la forma deseada sin operaciones costosas como laminado de planchas, rolado, estirado o extrusion. El proceso de colada continua elimina la mayoria de las operaciones intermedias desde la colada de los lingotes hasta el producto final.

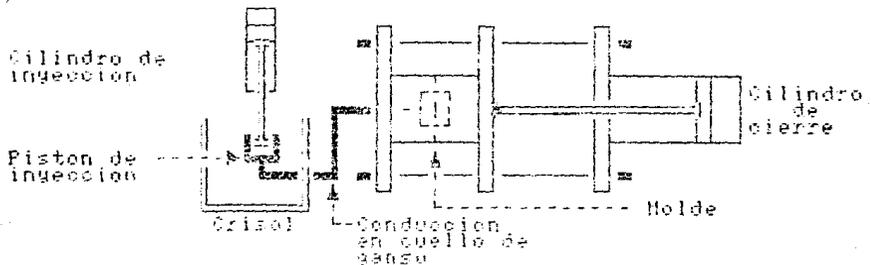
1.2 Descripción general de las maquinas de fundición a presión.

Para la fundición a presión se necesitan maquinas, basadas en el principio común de este procedimiento de colada, consistente en la introducción rápida de cierta cantidad de metal fluido en un molde permanente por medio de una presión ejercida desde el exterior. Se clasifican en dos grandes grupos: las maquinas de cámara de presión caliente y las maquinas con cámara de presión fría.

1.2.1 Maquinas de cámara caliente.

El montaje de la cámara de presión y el depósito de presión sumergido en el metal fundido en un crisol de mantenimiento, solamente es posible cuando el metal fundido no ataca al material de la cámara de presión y el depósito de presión (acero y hierro fundido). Por ello, con las maquinas de cámara caliente solo puede colarse aleaciones de cinc, estaño y plomo.

Para el proceso de cámara caliente se utilizan maquinas de colada por pistón como se indica en la figura:



El equipo de colada consta de un horno de mantenimiento calentado por gas o electricidad y forma una sola unidad con la maquina de colar. La cámara de presión se encuentra en el interior del crisol colocado dentro del horno de mantenimiento. La introducción a presión del metal fundido en el molde se produce con ayuda de un pistón de inyección que penetra en la cámara de presión. Puesto que la cámara de presión se encuentra dentro del metal fundido mantenido a temperatura, el equipo de colada por actúa como una bomba de pistón. En cada carrera proporciona metal fundido al molde, desde la cámara de presión y a través del depósito de presión. La aspiración del metal se produce automáticamente, tan pronto como el pistón de inyección ha alcanzado el punto muerto superior, con lo que el metal fundido pasa del crisol de mantenimiento a la cámara de presión a través de uno o varios orificios. Al descender el pistón, tales orificios quedan tapados.

Las presiones de inyección se sitúan entre 100 y 300 Kg/cm² son por tanto inferiores a las de cámara fría; sin embargo son totalmente suficientes, puesto que el sistema de cámara caliente es posible una transmisión de calor más efectiva al llenar el molde, que en el procedimiento de cámara fría. Con esto se disminuye la fuerza de reacción en el molde, se reduce el peligro de formación de rebabas y se aumenta la duración del molde. Además se evita la inclusión de lubricante en la pieza, puesto que desaparece la necesidad de engrase del pistón (necesidad que existe en las máquinas de cámara fría). No existe peligro de enfriamiento del metal fundido durante la colada, ya que se comprime en el molde inmediatamente después de salir del horno de mantenimiento.

Con esto, el procedimiento de cámara caliente ofrece también la secuencia de inyección más rápida posible y además las mejores condiciones para el funcionamiento automático.

1.2.2 Máquinas de cámara fría.

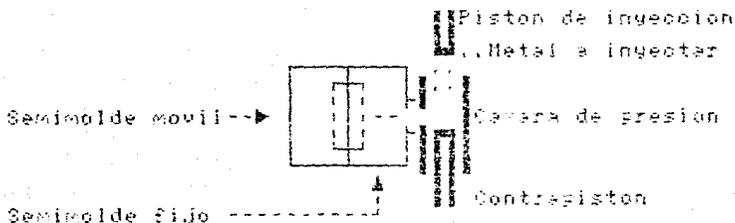
En el sistema de cámara fría, la cámara de presión se encuentra inmediata a la máquina de inyección. El metal fundido necesario para cada inyectada se introduce en la cámara de presión mediante una cuchara o un dispositivo de alimentación. La cámara es "fría", es decir, no está calentada (en oposición al proceso de cámara caliente) naturalmente en funcionamiento prolongado la cámara de presión fría se calienta y llega a alcanzar aproximadamente la temperatura media del molde. También antes de empezar a colar debe calentarse convenientemente la cámara de presión fría.

Una de las más importantes ventajas del sistema de cámara fría, es que pueden utilizarse todos los metales y aleaciones colables (mediano punto de fusión), mientras que el procedimiento de cámara caliente queda limitado a las aleaciones de cinc, plomo y estano. Por tanto se utilizan las máquinas de cámara fría para la inyección de aluminio, magnesio y latón, aunque también se pueden fabricar las piezas inyectadas en la máquina de cámara caliente. Por consiguiente, la máquina de cámara fría es independiente del metal a fundir y su principio constructivo no contiene ninguna limitación en cuanto a las dimensiones de la pieza colada.

1.2.2.1 Máquina de cámara fría vertical.

Según la disposición de la cámara a presión, se distingue entre máquinas con cámara de presión vertical y máquinas con la cámara de presión horizontal. La cámara de presión se encuentra dispuesta en el eje vertical, mientras que el movimiento de cierre y apertura del molde se efectúa en sentido horizontal. El metal fundido se recoge manualmente del horno de mantenimiento con una cuchara y se deja caer desde arriba en la cámara de presión, que permanece cerrada en su parte inferior por medio de

un llamado contrapiston. Al soltar el disparo, el piston de inyeccion, que penetra en la camara de presion por arriba, comprime el metal fundido contra el molde, a traves de una boquilla de inyeccion; el orificio de la boquilla queda accesible por un movimiento de retroceso o de giro del contrapiston. Al concluir el proceso de la colada, el piston de inyeccion corta el residuo y retrocede despues a su posicion inicial, mientras que el contrapiston retrocede y sale de la camara, expulsando o soltando el residuo de colada. El procedimiento se utilizo por primera vez en las maquinas llamadas 'Polak' y se denomino sistema Polak, en la cual originalmente el contrapiston, despues de cada colada, ascendia hasta salir fuera de la camara por su parte superior y expulsaba el residuo. A continuacion se observa el diagrama de operacion:



Este sistema presenta multiples ventajas. La primera es que el contenido calorico del residuo de la colada no debe evacuarse del molde, puesto que permanece fuera de el; por esto, el procedimiento resulta ventajoso para el molde. Ademas, la disposicion vertical de la camara de presion con el eje de cierre del molde horizontal ofrece tambien ventajas desde el punto de vista de la tecnica del ataque de colada: de forma similar a las maquinas de camara caliente, posibilita la posicion de un bebedero central en mitad del molde o de la pieza. Esta forma de ataque resulta especialmente favorable en el caso de piezas con bordes de paredes delgadas o de considerables diferencias de espesor en las paredes y en general para coladas de paredes muy delgadas, en las que se fijan altas exigencias a la camara de presion vertical, expone solo una pequena superficie a la accion del oxigeno del aire, por lo que la oxidacion es reducida; los oxidos quedan en su mayor parte en el residuo, que se expulsa fuera de la camara y dificilmente pueden alcanzar la pieza puesto que aqui la compresion del aire conjuntamente con el metal fundido resulta menos viable que en el caso de maquinas con camara de presion horizontal. La disposicion vertical de la camara resulta indicada sobre todo para piezas de altas exigencias de calidad. De todas formas, el sistema de camara fria

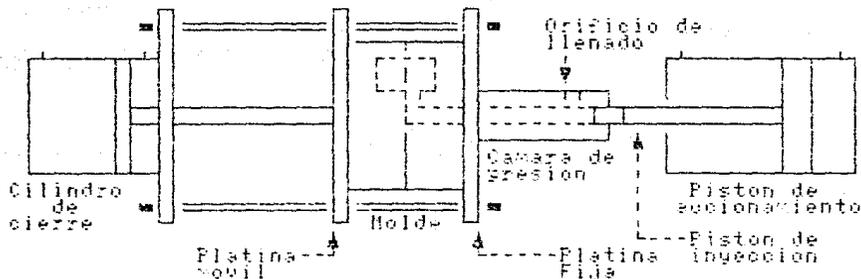
vertical presenta tambien algunas desventajas,de las que destaca que,a causa de la desviacion en angulo recto de la corriente de la colada desde la camara de presion a la boquilla,se produce una cierta caida de presion.Se compensa esta desventaja utilizando presiones de colada relativamente superiores o con una apertura prematura del orificio de la boquilla mediante un movimiento de giro del contrapiston en el momento de entrada del piston de inyeccion.En este ultimo caso el metal fundido no esta sometido a ninguna compresion previa y se consigue un llenado previo sin presion de la zona del bebedero, en el molde, antes de que empiece a actuar la presion producida por el piston inyector.A causa de las relativamente altas velocidades de circulacion,se presenta un desgaste por erosion no despreciable en la zona de la boquilla y del bebedero,que puede traer como consecuencia que el bebedero quede ocasionalmente enganchado en el semimolde fijo.El cambio de la boquilla es entretenido,porque hay que desmontar el semimolde fijo.Ademas con dos pistones dispuestos en oposicion en la camara,se presentan,naturalmente mas interrupciones del funcionamiento por agarrotamiento de los pistones que en las maquinas de camara fria horizontal.

1.2.2.2 Maquinas de camara fria horizontal.

Las desventajas del sistema de camara fria vertical quedan solventadas mediante la disposicion horizontal de la camara de presion.De esta forma se evita el desvio de la corriente de colada en una pieza constructiva del molde dificilmente accesible,por lo que la boquilla de inyeccion desaparece totalmente.La compresion del metal fundido se consigue solamente por medio del pison de inyeccion,que tambien expulsa el residuo de la colada al abrirse el molde.De todas formas,tambien en este caso el flujo de la colada esta sometido a una desviacion que produce una caida de presion,sin embargo esta desviacion tiene lugar en el plano de particion del molde,donde puede aparecer efectivamente un desgaste por erosion,pero por lo general no sera causa de ninguna interrupcion del funcionamiento.El proceso de colada con camara fria horizontal es como sigue:con el piston de inyeccion en su posicion mas retrasada,se introduce el metal fundido en la camara de presion mediante una cuchara o un dispositivo de alimentacion.Para ello,la camara de presion dispone en su parte superior un orificio de carga convenientemente dimensionado.La cantidad de metal necesario para cada colada ocupa solamente una determinada parte del volumen disponible de la camara de presion.Por tanto,la capacidad total de la camara de presion apenas se utiliza,porque su diametro se elige segun las caracteristicas de colada en cuestion y su longitud total y su continuacion en linea recta hasta el plano de particion debe adaptarse a las condiciones del molde.Por consiguiente el grado de llenado de la

camara de presion no es nunca del 100% y asi al soltar el disparo, tan pronto como el pistón de inyeccion en su movimiento de avance cubre el orificio de carga, se incluye aire en la camara de presion. Por tanto, es aqui muy importante que el aire escape oportunamente de la camara de presion, sobre el sistema de circulacion de la colada y con el plano de particion, que actua en cierta forma como eliminador de aire. Pero para ello no debe formarse ninguna onda de choque en la camara de presion y esto significa que el pistón de inyeccion debe avanzar al principio a poca velocidad. Asi se tiene suficiente seguridad de que no saltara metal fundido a traves del orificio de carga y la masa fundida se embalsara sin formar ninguna onda de choque. Justo ahora se efectua el paso a alta velocidad del pistón de inyeccion. De esta forma, el metal fundido pasa a traves del ataque de colada y es comprimido contra la cavidad del molde. Segun este procedimiento se producen la mayor parte de las coladas inyectadas de aluminio, magnesio y laton.

La figura siguiente nos muestra un esquema de una maquina de inyeccion a presion de camara fria horizontal.



Se encuentra a veces como desventaja la renuncia al ataque central, que como se sabe puede utilizarse en las maquinas de camara caliente y en las maquinas de camara fria vertical. Por ataque central se entiende una conduccion de la masa fundida situada en el centro de la pieza inyectada. Esta forma de ataque, en las maquinas de camara fria horizontal no es posible efectuarla sin mas, sino que las piezas de que se trate deben estar dispuestas anularmente y el anillo ser tan grande que la camara de presion pueda disponerse en el centro. Pero entonces los canales de colada entre la camara de presion y la pieza inyectada deben estar contruados de forma que el metal fundido no pueda colar en la cavidad del molde ni al llenar la camara de presion ni antes de soltar el disparo. En maquinas con camara fria horizontal deben disponerse, por tanto, la cavidad del molde por la parte de arriba de la camara de presion.

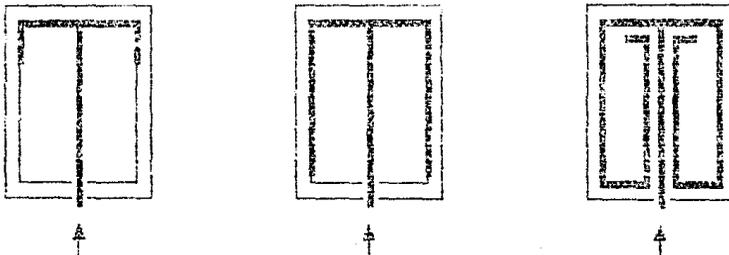
1.3 Principios basicos de la tecnica del proceso.

La característica primaria del proceso de fundición a presión la constituye la obtención de una presión de llenado o de colada suficientemente elevada, por lo que el metal líquido se introduce en la cavidad del molde con alta velocidad. El proceso de llenado del molde propiamente dicho transcurre por tanto de forma diferente a los demás procesos habituales de colada. Por ello se presentan determinadas condiciones para la construcción del molde y del ataque de colada. Por otra parte, la obtención de una elevada presión de colada precisa equipos especiales para mantener el molde en su posición. A causa de esto se ha desarrollado la máquina de inyección propiamente dicha, a la que competen las misiones de mantener el molde en posición, apertura y cierre del mismo y la compresión del metal fundido.

1.3.1 Llenado del molde y obtención de la presión de colada.

Las piezas inyectadas pueden tener una disposición constructiva cualquiera y pueden ser atacadas en el molde más o menos a voluntad, puesto que las altas presiones de colada y llenado de que se dispone en las modernas y potentes máquinas de inyección consiguen, en cualquier caso, la producción de piezas correctas. Esto ha sido posible gracias a un aumento de la presión de colada y más aun al aumento de la velocidad de llenado, en última instancia se puede compensar, parcial o totalmente, una disposición del ataque de colada. En vista del hecho de que las piezas inyectadas cada vez son de paredes más delgadas y más complicadas, se ha estudiado más sobre los procesos de colada y llenado del molde.

Según las investigaciones de L. Fromer, en el interior del molde el proceso de llenado sucede de forma que el chorro de metal, que entra por el ataque de colada, alcanza en primer lugar la pared del molde opuesta y allí se dispersa. Esto lo indica el siguiente diagrama:



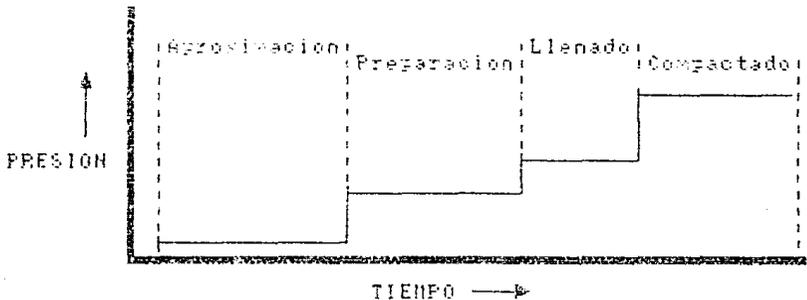
de llenado del molde es muy considerable. Tomando como base la ecuacion de Bernoulli, resulta que para una corriente casi estacionaria:

$$v = \sqrt{2gp/\gamma}$$

Donde v es la velocidad de la corriente; g es la aceleracion de la gravedad; p es la presion de la corriente y γ es el peso especifico del metal fundido. Si se comparan los metales mas indicados para la fundicion a presion, a causa de su diferente densidad se obtiene una muy considerable influencia sobre las velocidades de corriente alcanzables a una misma presion de colada. La relacion de velocidades teoricas alcanzables es para: laton, cinc, aluminio, magnesio aproximadamente 1:1.1:1.8:2.2.

Segun la ecuacion anterior para un mismo y unico metal fundido, al colar solo se puede influir la velocidad variando la presion de colada. Este hecho debe tenerse en cuenta en las maquinas de inyeccion, en las que se puede dimensionar en forma adecuada el diametro del piston de inyeccion que comprime el metal fundido en el molde; ademas, en muchas maquinas puede regularse la presion hidraulica de accionamiento de dicho piston.

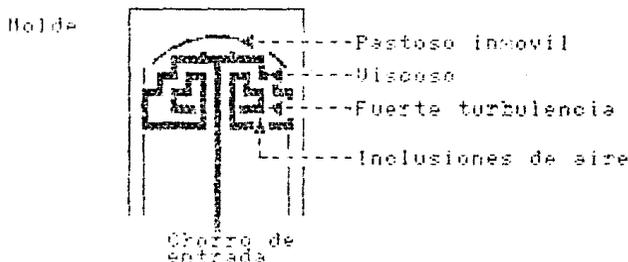
La siguiente figura muestra el comportamiento de la presion de accionamiento del piston de inyeccion durante la colada en una maquina de camara fria.



Al soltar el disparo, el piston de inyeccion, que debe introducir el metal liquido en el molde, marcha primero a velocidad lenta, a fin de no derramar metal a traves del orificio de carga de la camara. Por tanto, el piston se mueve a baja velocidad hasta que ha rebazado completamente dicho orificio. A esta fase de la carrera se le llama 'aproximacion'; solo es

Con ello se crea un embalsamiento y la masa que se dispersa corre a lo largo de las paredes del molde en sentido contrario, hasta que a causa de una nueva desviación provocada por el contorno del molde, vuelve a ser absorbida por el chorro de entrada. El proceso real de llenado, despreciando los rozamientos interiores y exteriores, representa un circuito constante, en que el molde se llena a partir de la pared de la opuesta al bebedero. Por lo general, el curso real de llenado se diferencia del ideal solamente en que, a causa del rápido aumento del rozamiento interior de la masa al aumentar el enfriamiento, no siempre se consigue un circuito cerrado de circulación en el interior de la cavidad del molde. El chorro de metal choca con la pared del molde, como indica la figura, sin dispersarse, y solo se desvía un poco localmente con lo que pierde rápidamente su energía cinética. A causa de esta acción de frenado se forman turbulencias en la corriente y cuando se trata de grandes secciones se forma una auténtica campana de turbulencias.

Por tanto, también en este caso el llenado del molde se efectúa en sentido contrario al de la corriente de entrada, desde atrás hacia adelante: el metal fundido, en forma de masa cerrada, retrocede hacia la entrada llevando en su frente libre una campana de turbulencias como lo indica en la figura:



Un cambio en la dirección del chorro de entrada, forzado por la disposición de la pieza puede llevar a un embalsamiento prematuro del caldo y como consecuencia a un llenado parcial de la zona del molde vecina al ataque de colada de forma que a continuación del llenado se efectúa con un cierto retraso.

En secciones con paredes muy delgadas, el chorro entra forzosamente en contacto con las paredes del molde, se desliza a lo largo de ellas y sobre una delgada piel formada. Por consiguiente en las zonas del molde muy estrechas, tiene lugar un llenado hacia adelante, sin estancamiento y sin corriente de retroceso. Puesto que en este caso es comprimido a través de

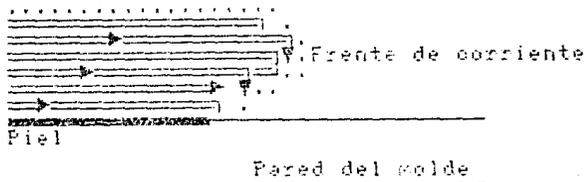
secciones estrechas, aparecen fuertes empujes en la corriente, que absorben una parte de la energía cinética y la transforman en calor; este aumento de temperatura originado evita un aumento del grosor de la piel endurecida en la pared del molde y de esta forma se mantiene abierto el paso de la corriente.

La formación de una piel en la superficie del molde durante el proceso de llenado, se encuentra en estrecha relación con la calidad de la pieza inyectada. Tal como ha señalado H.K. Barton al considerar un proceso de circulación en una superficie del molde conductora de la temperatura, puede observarse que el gradiente de enfriamiento actúa perpendicularmente a la dirección de la corriente de ello se sigue que:

1. Existe una caída de viscosidad en la parte frontal de la corriente allí donde solo el metal fundido toca la pared del molde.

2. Aparece un gradiente de velocidad, que aumenta desde cero en la superficie de contacto entre la pared del molde y la piel, hasta la plena velocidad de la corriente en la superficie libre del metal que está fluyendo.

La corriente de llenado que fluye a lo largo de la pared del molde forma una piel fina y endurecida, que fuerza a la punta de la corriente todavía líquida a un movimiento de arrollamiento en dirección a la pared del molde. El metal, en las zonas superiores de circulación rápida, alcanza el frente de la corriente y es captado por el centro de arrollamiento que circula con ella y siguiendo este movimiento choca contra la pared del molde con energía considerable, deteniéndose después de formar una piel endurecida.



La acción de la presión con la que el metal líquido del frente de la corriente de llenado choca contra la pared del molde, es determinante de la reproducción en contornos agudos, lo que constituye precisamente una de las ventajas del proceso de fundición a presión.

La influencia de la velocidad de la corriente en el proceso

precisa en maquinas de inyeccion con camara fria horizontal, si bien en las maquinas con camara caliente tambien se va despacio en la primera fase, a fin de poder expulsar efectivamente el aire de la camara de presion. En la segunda fase, el piston se acelera a alta velocidad; recorre la camara de presion y embalsa el metal liquido hasta el ataque de la pieza. Esta segunda fase se conoce con el nombre de "preparacion". En la tercera fase el movimiento del piston introduce el metal liquido a traves de la abertura del ataque de colada y llena la cavidad del molde; esta ultima fase se denomina "llenado" o "colada". Tan pronto como la cavidad del molde esta completamente llena, el piston experimenta un frenado brusco y su velocidad cae rapidamente a cero.

De la grafica de presiones se desprende que la presion de aproximacion es extraordinariamente baja, mientras que, por el contrario, durante la preparacion existe un cierto aumento de presion. Tan pronto como el metal fundido atraviesa el ataque de colada y penetra en la cavidad del molde, se produce un nuevo aumento de presion, y la compresion que aparece con ello se tomara como determinante de la presion de llenado, en el sentido del proceso de llenado propiamente dicho. Concluido el llenado del molde, el movimiento del piston se frena de golpe y se produce un rapido aumento de presion hasta alcanzar la presion final efectiva. Esta presion final produce la compactacion de la pieza. Tan pronto como el metal liquido empieza a traspasar el ataque de colada, se forma rapiamente una punta inicial de presion y durante el llenado la presion oscila segun las condiciones de circulacion provocadas por la forma de la pieza. Concluido el llenado del molde, el movimiento del piston queda detenido bruscamente y se forma ahora la presion final estatica que actua sobre el metal fundido y que provoca un posterior compactado al recomprimirse el caldo en las zonas de la pieza que estan solidificando. Este compactado posterior solamente resulta posible mientras exista metal liquido en el sistema de presion entre la camara de presion y la cavidad del molde y pueda participar en la transmision de presion. Tan pronto como el metal se ha solidificado en cualquier punto de este sistema y bloquea la transmision, la presion final en la cavidad del molde baja tambien hasta cero.

A fin de alcanzar una elevada velocidad de flujo en el llenado del molde, la admision del piston de accionamiento, que empuja hacia adelante el piston de inyeccion, se efectua a traves de un acumulador de presion. Al abrir la valvula de disparo, el fluido hidraulico contenido en el tanque bajo elevada presion, comunica al piston de accionamiento una aceleracion convenientemente elevada, de forma que el piston de inyeccion alcanza muy rapidamente la alta velocidad requerida. De todas formas, como ya se ha indicado, el piston de inyeccion debe moverse al principio lentamente a fin de que no se derrame el

metal liquido a traves del orificio de carga de la camara de presion. Esta aproximacion lenta, hasta que el piston de inyeccion ha rebazado completamente el orificio de carga, se obtiene normalmente por la conexcion de una bomba hidraulica de baja presion al cilindro de accionamiento. Cuando se ha concluido la aproximacion actua el deposito de presion y acciona el cilindro de accionamiento (y con el, el piston de inyeccion) a alta velocidad, con lo que el metal liquido se embalsa primero contra el ataque de colada y despues se comprime contra la cavidad del molde. La disposicion de colada anteriormente descrita se representa a continuacion en una maquina de camara fria horizontal (para completar la mayoria de las maquinas de inyeccion, justo antes de finalizar el llenado del molde, actua un llamado multiplicador o trasformador de presion, que produce una elevacion de la presion final para conseguir un compactado eficaz de la pieza).

1.4 Cualidades del material a inyectar.

Debido a que la presente tesis ha sido diseñada para la inyección de las aleaciones de aluminio, en este subtema se tratara unicamente de dichas aleaciones, quedando que no por esto las maquinas de fundición a presión solamente inyectan aluminio sino otras aleaciones tambien.

Los materiales colables de aluminio poseen unas propiedades de colada sobresaliente y son especialmente indicadas para la inyección o colada a presión. La siguiente tabla presenta una valoración comparativa de diferentes propiedades de productos inyectados en aluminio.

Designacion segun Din 1725	Colabilidad	Pulimiento mecanico	Resistencia frente a		Mecani- zabili- dad
			Clima	Mar	
GD-AlSi12	E	S	MB	B	B
GD-AlSi12(Cu)	E	S	S	No	B
GD-AlSi10Mg	E	B	MB	B	B
GD-AlSi10Mg(Cu)	E	B	S	No	B
GD-AlSi8Cu3	E	B	Cond	No	MB
GD-AlSi6Cu4	MB	B	Cond	No	MB
GD-AlMg9	B	E	E	E	E

Se distinguen dos grupos de aleaciones, el de los materiales de AlSi y el de los AlMg. En el primer grupo, el componente principal es el silicio. La aleación eutéctica GD-AlSi12 resulta muy adecuada a causa de sus notables propiedades de colada y su buena estabilidad frente a la influencia del tiempo (atmosférico). Se utiliza preferentemente para piezas complicadas y de paredes delgadas. En la aleación GD-AlSi12(Cu) se admite un alto contenido de cobre, que solamente reduce la resistencia a la corrosión. La aleación subeutéctica GD-AlSi10Mg tiene también excelentes propiedades de colada y una buena resistencia a la corrosión, al igual que el material GD-AlSi12, mientras que en la aleación GD-AlSi10Mg(Cu) se ha vuelto a admitir un elevado contenido de cobre, que solo tiene una influencia desfavorable sobre la resistencia a la corrosión por agua de mar. Las aleaciones GD-AlSi8Cu3 y GD-AlSi6Cu4 son otros materiales subeutécticos, ambos resistentes al calor y profusamente empleados, especialmente en piezas enredadas, de paredes delgadas y que exigen muy buenas propiedades de colada. Cuando existen altas exigencias de resistencia a la corrosión, posibilidad de pulido y aspecto superficial se utiliza finalmente, la aleación GD-AlMg9.

La oxidación anódica decorativa de los productos inyectados en aluminio no es posible de forma satisfactoria, si siquiera con

el material GD- AlMg9 . En ningun caso se obtienen capas de oxido brillante como en la fundicion en arena. En el procedimiento de colada por inyeccion y a causa de la presencia de una corriente de llenado siempre turbulenta, es dificil obtener superficies sin defectos que admitan una oxidacion anodica brillante.

La solidificacion eutectica anormal de las aleaciones de aluminio y silicio, por lo general apenas estorba en la fundicion inyectada, tanto menos cuando las piezas inyectadas son normalmente de paredes delgadas. A causa del enfriamiento tan rapido del metal fundido en el molde, se forma una estructura de granuacion mas fina que en la fundicion en arena. Por lo tanto, se puede prescindir de medidas de ennoblecimiento a no ser que se deban producir piezas de paredes gruesas y tiempo de solidificacion proporcionalmente mas largo.

En la aleacion con contenido de magnesio GD- AlMg9 para eliminar una elevada merma por combustion al mantener en caliente y para suprimir la oxidacion del magnesio, se recomienda una pequena adicion de berilio ($0.001\% \text{Be}$), en forma de una prealeacion de AlBe . El berilio es muy resistente a la merma por combustion, por lo que al refundir el metal de circulacion no sera preciso adicionar mas berilio.

1.5 Características del producto inyectado.

Las piezas inyectadas correctas tienen una estructura uniforme de granulación fina y no presentan defectos en la superficie. El enfriamiento brusco del caldo en el molde tiene como consecuencia una solidificación acelerada; los gases que posiblemente se hayan disueltos en el caldo, se enfrían y se eliminan por precipitación. Por tanto los productos inyectados no son generalmente porosos (en el sentido de una precipitación de gases disueltos), en tanto se trate de piezas relativamente delgadas, pero por otra parte pueden contener inclusiones de gases insolubles, que por las condiciones del procedimiento pueden captarse al soltar el disparo y durante el llenado del molde con metal fundido. En primer lugar, se trata aquí de aire incluido en la cavidad del molde y en el sistema de conducción de metal fundido entre la cámara o depósito de presión y ataque de colada, aire que al penetrar el metal fundido se desprende a través de las uniones de asiento y de los canales de evacuación de aire, pero que normalmente no puede drenarse completamente a no ser que se utilicen procedimientos especiales de vacío.

Por consiguiente, las piezas inyectadas tienen una porosidad fina o muy fina, puesto que a causa del llenado más o menos turbulento del molde contienen inclusiones de aire finamente repartidas. Esta es también la razón de que las piezas inyectadas no sean estancas con toda seguridad y no puedan soldarse ni someterse a un tratamiento térmico.

En la práctica hay que preocuparse de conseguir una desaireación del molde que sea suficiente. Además, cuando se trata de máquinas de cámara fría, es importante que el pistón de inyección arranque con una velocidad de aproximación lenta y se evite la formación de ondas de choque en el interior de la cámara de presión; esto exige un grado de llenado suficientemente elevado de la cámara de presión antes de soltar el disparo, por tanto el diámetro y la longitud de la cámara no deben ser demasiado grandes. Pero siempre puede suceder que queden retenidas en la cavidad del molde grandes cantidades de aire y formen burbujas claramente visibles en la pieza inmediatamente debajo de la piel. Tales defectos aparecen sobre todo en los recorridos largos a través de la cavidad del molde, cuando no existe posibilidad de evacuar el aire a través de las juntas de asiento. Esto puede solucionarse principalmente mediante una refrigeración intensiva precisamente en estos puntos, pues la formación de burbujas resulta favorecida en primer lugar por el fuerte calentamiento de las inclusiones de aire en la masa que está solidificando y cuya presión abomba la piel al extraer la pieza.

La porosidad puede ser también una consecuencia de la contracción de solidificación. Tales rechupes finos se producen cuando el compactado originado por la presión final sobre el

caldo que esta solidificando en el molde no es suficiente o no se puede ya actuar sobre todas las zonas de la pieza. Asi, puede suceder en piezas complicadas que ciertas zonas delgadas de la pieza esten ya solidificadas antes de que la cavidad del molde este completamente llena y actue la presion final. Si bien el brusco frenado del piston de inyeccion al finalizar el llenado del molde produce un cierto aumento de temperatura al transformarse la energia cinetica en calor, no debe esperarse que este aumento sea suficiente para refundir todas las secciones delgadas de la pieza ya solidificada. Pero este aumento de temperatura es siempre tanto mayor y por tanto tambien mas efectivo cuanto mas elevado sea la presion final y en este aspecto resulta sin duda muy efectiva la conexion de un multiplicador, que naturalmente debe producirse con el menor retraso posible. El golpe ocasionado por el frenado del piston de inyeccion y el aumento de presion originado por la conexion del multiplicador llevan a una compactacion intensiva del metal encerrado en la cavidad del molde y esta compactacion se mantiene hasta concluir la solidificacion, de forma que bajo estas condiciones ya no se puede reproducir ningun rechupe. Naturalmente, esto presupone que el metal a compactar, desde la parte frontal del piston de inyeccion hasta el interior de la cavidad del molde esta todavia fundido, a fin de que se pueda realizar la transmision hidraulica de la presion; esta transmision de presion concluye tan pronto como este sistema hidraulico queda bloqueado en algun lugar por la solidificacion. Este bloqueo puede aparecer anticipadamente en las zonas delgadas de la pieza, pero como maximo, despues del enfriamiento del ataque de colada, generalmente delgado; a partir de este momento la compactacion ya no es efectiva y si detras del punto de bloqueo se encuentra metal todavia fundido se pueden formar rechupes. Por todo esto el compactado es un medio muy conveniente para evitar el rechupado fino y sobre todo tambien para obtener una buena calidad en la superficie de la pieza, pero solo si esta no es demasiado gruesa ni el ataque demasiado delgado.

La calidad de la superficie de la pieza depende de varios factores. Los mas principales de ellos son el correcto dimensionamiento de la seccion de ataque y la adecuada eleccion de los datos de funcionamiento de la maquina, especialmente del diametro de la camara de presion y de la velocidad de inyeccion del piston. Cualquiera variacion de estas magnitudes de influencia actua sobre la velocidad de circulacion en el ataque y por lo tanto sobre el tiempo de llenado del molde, que a su vez influye de forma decisiva sobre la calidad superficial. Por lo regular, puede obtenerse una mejora de esta calidad superficial al acortar el tiempo de llenado o por un aumento de presion en el ataque. La reduccion del tiempo de colada se consigue al

aumentar la velocidad del piston de inyeccion. Otra posibilidad consiste en elegir un mayor diametro del piston de inyeccion a igual velocidad del mismo y para las mismas dimensiones del ataque, de forma que se obtenga una mayor velocidad de circulacion en el ataque; de esta forma tambien se consigue una disminucion del tiempo de llenado. Una velocidad del piston demasiado baja o una temperatura del molde o de inyeccion tambien bajas favorecen el enfriamiento anticipado del chorro de colada.

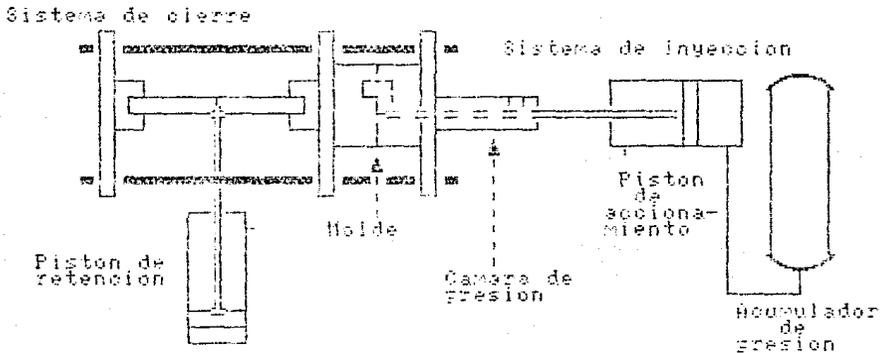
C A P I T U L O I I

SISTEMAS OPERATIVOS DE LA MAQUINA DE FUNDICION A PRESION

SISTEMAS OPERATIVOS DE LA MAQUINA DE INYECCION A PRESION.

2.1 Las maquinas de inyeccion a presion de camara fria horizontal podemos dividir las (a) igual que otras maquinas en sistemas de funcionamiento u operativos. Dichos sistemas son: sistema de inyeccion, sistema de cierre, sistema de accionamiento, sistema de control, sistema de seguridad y sistema de vaciado, aunque este ultimo no necesariamente forma parte de la maquina. En base a dicha clasificacion en los dos proximos capitulos sera llevado el orden de diseno y dimensionamiento de los sistemas.

En la siguiente figura se muestra un esquema caracteristico de una maquina de fundicion a presion de camara fria horizontal.



El sistema de inyeccion esta compuesto por un piston de inyeccion y una camara de presion. El sistema de cierre esta formado por las platinas fija y movil, asi como el mecanismo de cierre, accionado por el piston de cierre. El sistema de accionamiento esta formado por el piston de accionamiento, el acumulador de presion asi como la bomba y las valvulas hidraulicas. El sistema de control esta comprendido en dos partes una por el subsistema de control hidraulico (o neumatico segun sea el caso) y el subcontrol electrico-electronico. El subcontrol hidraulico (o neumatico) consta de pistones, valvulas, ductos de conduccion del fluido, acumuladores de presion, y bomba hidraulica o compresor neumatico. El subcontrol electrico-electronico esta formado por relevadores, temporizadores, interruptores, tarjetas con circuitos integrados, elementos de senalizacion, conductores electricos o en forma mas actual computador, PLC, etc.

El molde no ha sido considerado como sistema sino como herramienta de la maquina, forma parte fundamental del proceso ya que este es el que da la forma a la pieza que se desea inyectar.

2.2 Equipo de inyeccion.

El equipo de inyeccion consta de una camara de presion y un embolo o piston de inyeccion. El conjunto camara-piston tienen como funcion el comprimir el metal fundido y trasladarlo, bajo presion, al molde de inyeccion, mediante la semejanza con una bomba de desplazamiento positivo ya que el metal fundido se comporta como un fluido con todas sus caracteristicas. Por tanto la camara de presion y el piston de inyeccion deben estar debidamente dimensionados (a continuacion se explicara porque) y calculados para que resistan los esfuerzos mecanicos, termicos asi como el desgaste de los mismos.

El piston de inyeccion del grupo inyector comprime al metal fundido en el molde. La fuerza de compresion necesaria la produce el cilindro de accionamiento, que siempre es un elemento componente del grupo inyector. El piston de accionamiento esta rigidamente unido al piston de inyeccion.

La produccion de piezas inyectadas exige un llenado del molde muy rapido, para evitar una solidificacion anticipada, especialmente en zonas de la pieza con paredes delgadas o en canales de colada relativamente largos. Es mejor una colada mas rapida que un aumento en la presion estatica. Las altas velocidades del piston de inyeccion se obtienen al utilizar para su accionamiento la energia de presion disponible en el acumulador. El acumulador ofrece la posibilidad de alcanzar velocidades elevadas con un recorrido de aceleracion muy reducido y por ello los equipos actuales lo incluyen.

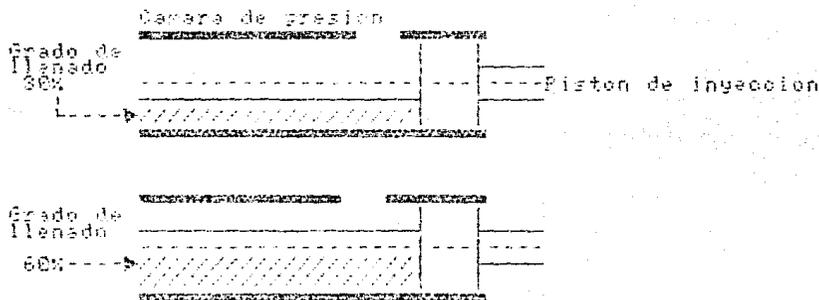
Debe tenerse en cuenta, que en las maquinas de camara fria horizontal, el piston de inyeccion debe empezar a moverse primero lentamente, a fin de que no expulse metal fundido por el orificio de carga. Por tanto, el piston de inyeccion avanza a una velocidad relativamente reducida hasta que ha rebasado completamente el orificio de carga, esto es carrera de aproximacion. Despues, el piston es acelerado hasta la alta velocidad, con lo que el metal fundido se embalsa en la camara de presion y penetra hasta el ataque de colada de la pieza; este segundo tramo se llama carrera de preparacion. En la tercera fase el movimiento del piston introduce el metal fundido en la cavidad del molde; el tramo recorrido ahora por el piston se llama carrera de llenado o de colada. Tan pronto como la cavidad del molde se ha llenado completamente, el piston de inyeccion experimenta un brusco y rapido frenado y su velocidad cae rapidamente a cero.

El camino recorrido por el piston (carrera de preparacion) depende del grado de llenado de la camara de presion. Para un mismo volumen de metal fundido, el grado de

llenado es tanto mayor cuanto menor se haya elegido el diametro de la camara de presion. Pero para un grado de llenado alto existe menos peligro de que al conectar la alta velocidad se forme una onda de choque debida al embalsamiento del metal fundido en la camara de presion, lo que provoque una turbulencia de aire y oxido. Por otra parte, al aumentar el grado de llenado disminuye la carrera de preparacion.

La formacion de una ola de choque es tanto mas facil de evitar cuanto mayor es el grado de llenado de la camara de presion antes de soltar el disparo.

A continuacion se observa el grado de llenado de dos camaras de presion de distinto diametro:



Esto significa que debe elegirse el diametro de la camara lo mas pequeno posible, mientras se puedan sostener las altas presiones de colada que se obtienen. Pero bajo esta condicion la carrera disponible de preparacion es relativamente corta y esto puede llevar bajo determinadas circunstancias a que la punta de presion inicial en el ataque no sea suficiente para poner en marcha inmediatamente la corriente de entrada a la cavidad del molde. Por consiguiente debe disponerse de una determinada carrera de preparacion, suficientemente larga, que sirva como carrera de arranque, pues a menudo no es posible empujar el metal hasta el ataque solo con el movimiento lento de aproximacion sin peligro de que se enfria.

Es determinante el llamado impulso del pistón de inyeccion durante la carrera de preparacion. Se puede representar como el producto de fuerza y espacio recorrido, es decir, presion de almacenaje, superficie del pistón de accionamiento y carrera de preparacion. Normalmente la unica variable sera la carrera de preparacion, en tanto no sea posible ningun aumento de la presion de almacenaje. Por consiguiente, cuanto mayor sea la carrera de

preparacion,tanto mayor sera el impulso y su dependiente velocidad inicial de paso por el ataque de colada.Los defectos de calidad de la pieza pueden evitarse no solo por un aumento de la velocidad del piston de inyeccion,sino tambien por un aumento de la carrera de preparacion.Esto significa que eventualmente debera cambiarse a una camara de presion de mayor diametro,aunque se obtengan menores presiones de colada.

Por tanto el piston de inyeccion y la camara de inyeccion forman la parte mas importante de la maquina ya que en ellos reside el concepto mismo de la maquina.

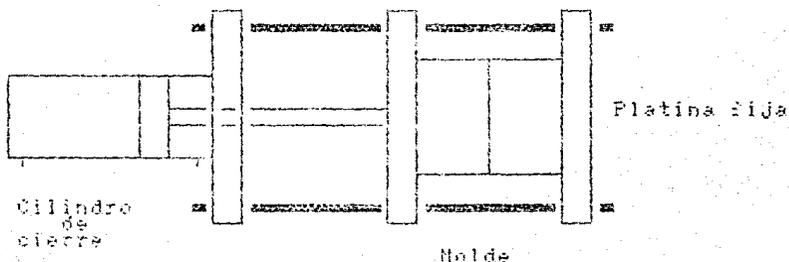
2.3 Sistema de cierre.

El mecanismo de cierre sirve para abrir y cerrar el molde y para mantenerlo en posicion durante la colada.Por consiguiente la fuerza de cierre ejercida debe ser superior a la fuerza maxima de reaccion del molde que aparece al efectuar la colada.La magnitud de la fuerza de reaccion teorica alcanzable puede calcularse multiplicando la superficie de la colada completa proyectada sobre el plano de particion,por el maximo valor efectivo de la presion de colada.Sin embargo,la fuerza de reaccion teorica puede ser mayor o menor que la real.Generalmente la fuerza de reaccion real es menor que la fuerza teorica,esta constatacion se apoya en el hecho de que el metal fundido empieza ya a solidificar durante el llenado del molde,especialmente en las zonas de la pieza de paredes relativamente delgadas.El compactado posterior efectuado por el piston de inyeccion solo actua en estos casos sobre una masa liquida en el nucleo,pero ya solidificada en la zona periferica o en zonas de paredes delgadas.De esta forma aumenta el trabajo de deformacion,mientras que la projection sobre el plano de particion de la superficie de aquellas zonas de la pieza susceptibles todavia de compactacion es menor.Bajo estas condiciones resulta que la fuerza de reaccion real es inferior a la calculada teoricamente.

La fuerza de reaccion teorica toma como base la condicion de que,al constituirse la presion estatica final,el caldo esta completamente liquido en todas las zonas del molde;se acepta por tanto un grado de fluidez del 100%.A base de diferentes ensayos en el servicio practico de la fundicion a presion,puede decirse que : grado de sobrecarga real(%) es igual a la fuerza de reaccion teorica sobre la fuerza de cierre por cien.Puede ser de hasta el 200%.Pero esto significa tambien,que es practicamente muy dificil estimar de antemano una determinada capacidad de sobrecarga.Si una capacidad de sobrecarga,que de por si no representa ninguna sobrecarga propiamente dicha,resultara posible en una determinada pieza,ello no quiere decir otra cosa sino que determinadas zonas de la pieza ya han solidificado antes de que alcance la presion estatica final.

Por otra parte, debe contarse también con que la fuerza de reacción real puede ser mayor que la calculada teóricamente, si a cause de la energía cinética del frenado del pistón de inyección y su sistema de insuflación se forman puntas de presión que sobrepasen la presión estática final. Por tanto para poder trabajar de forma aceptable, las máquinas de inyección deben estar equipadas con un equipo de compresión moderno y de poca masa, a fin de que no aparescan puntas oscilantes de presión al concluir el llenado del molde.

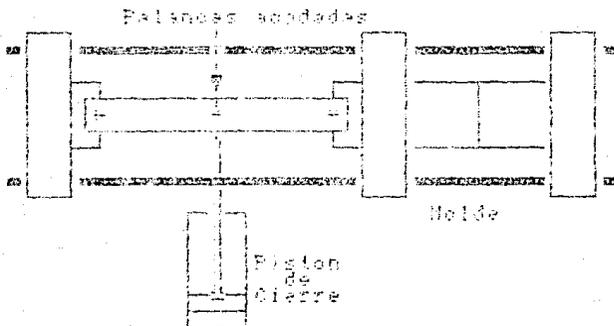
El accionamiento del mecanismo de cierre se consigue en la gran mayoría de las máquinas de fundición a presión por medio de un cilindro hidráulico. Este puede servir, al mismo tiempo, para mantener el molde en su posición, como lo muestra la siguiente figura:



La fuerza de cierre que a través del portamolde móvil ejerce el pistón de cierre sobre el molde, solo depende del diámetro del pistón y de la presión de accionamiento y se determina de acuerdo con ello. Si la fuerza de reacción del molde sobrepasa la fuerza de cierre, el pistón de cierre se retira inmediatamente y el molde queda descomprimido. Este sistema se conoce como retención por cierre de fuerza. Este sistema de cierre está limitado a poca fuerza de reacción.

Otro sistema es el llamado de cierre de forma. En este por medio de la acción de una fuerza exterior relativamente reducida y con los elementos constructivos adecuadamente dispuestos, se obtiene una fuerza de tensión previa. El método de cierre de forma usado generalmente, utiliza el sistema de palancas acodadas. Un cilindro de cierre hidráulico efectúa el cierre y la apertura del molde. La fuerza previa se consigue al hacer pasar la palanca acodada a su posición estirada. La admisión de presión en el pistón de cierre se mantiene también con el molde cerrado, a fin de evitar que la palanca acodada pudiera retirarse de su posición final, que no es su posición de punto muerto. De esta forma la fuerza originada en el cilindro de

sierra puede ser relativamente menor. A continuación se observa un sistema de palancas accionadas:



Todos los sistemas de cierre de forma exigen un ajuste de la altura del molde (longitud de montaje del molde) muy preciso, a fin de que la fuerza de cierre necesaria se produzca exactamente con el molde cerrado. Por ello todo el mecanismo de cierre ha de ser ajustable longitudinalmente. Referente a la retención del molde, prevalece la opinión de que una máquina de cierre de forma ofrece mas seguridad frente a la sobrecarga que una máquina de cierre de fuerza. Esta suposición no corresponde a la realidad de ninguna forma. En el sistema de cierre de forma, a causa de la acción de una fuerza exterior aparece y se mantiene una deformación del bastidor de cierre. Si aparece ahora un aumento de la fuerza de cierre, es decir una sobrecarga, la deformación adicional resultante de los elementos y el bastidor de cierre pueden traer como consecuencia una descompresión del molde. Si por ello la fuerza de reacción sobrepasa la fuerza de cierre durante la colada, el molde se abre como consecuencia de la deformación adicional producida. Con ello se tendrá una formación de rebabas en el plano de partición o bien se picará el metal. Por lo demás la misma deformación provoca un alargamiento de las columnas guía.

Puesto que una deformación primaria de rebabas aumenta al mismo tiempo la superficie específica activa de colada, aumenta con ello la sobrecarga, con lo que se puede llegar a una formación secundaria de rebabas. Esta formación de rebabas que aparece en el sistema de cierre de forma tiene como consecuencia un aumento de los esfuerzos mecánicos en el bastidor.

En máquinas de cierre de fuerza, no es tan probable la formación de rebabas, puesto que al sobrepasarse la fuerza de cierre al molde se descomprime inmediatamente y escapa el caldo.

2.4 Grupo de accionamiento.

Es el conjunto de todos los dispositivos que impulsan al pistón de inyección. Para que las fundiciones características del equipo de accionamiento sea impulsado el pistón un movimiento a distintas etapas de velocidad y éste se imprime a la fuerza suficiente para poder elevar los altos presiones de molde.

Las máquinas de inyección están equipadas con accionamiento hidráulico individual. Ten solo en algunas máquinas se encuentran accionamientos manuales.

La instalación hidráulica tiene como misión proporcionar fluido a presión para el accionamiento y la marcha de

trabajo con presiones de 10 hasta 100 Kg/cm² que son suficientes para los cilindros de cámara de explosión y de extracción de machos y también para los servomecanismos hidráulicos. Para las citadas funciones se utilizan bombas hidráulicas accionadas por motores eléctricos de potencia que proporcionan fluido con salida a las tuberías. Por medio de una válvula de presión manija ajustada a la presión de servicio elevada al flujo (necesario) sobre el pistón al depósito hidráulico, desde la que sale de descarga o de inyección. Esta circulación sin presión se mantiene hasta que en algún lugar del sistema se precisa flujo hidráulico para el accionamiento de algún pistón; en este caso, el caudal de la bomba es detenido ante para la velocidad con que se accionara un pistón móvil. Durante tal movimiento cesa la presión y no vuelve a su valor inicial hasta que el pistón en cuestión cheque contra una resistencia y se detenga finalmente.

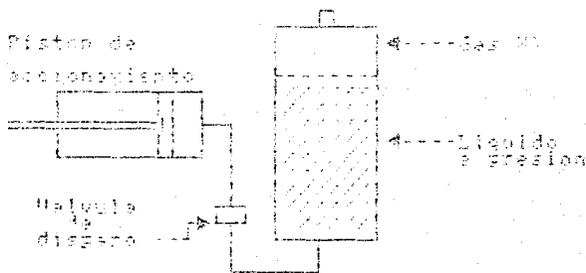
Como se sabe, toda en devirve de cierre de forma, no se necesitan altas presiones ni grandes volúmenes de elevación para los cilindros de cierre y apertura, relativamente pequeños, se utiliza para ello una bomba pequeña, mientras que para el cilindro de accionamiento del grupo de inyección se utiliza una segunda bomba con la que se da presiones proporcionalmente altas. Por lo tanto, el grupo hidráulico puede constar de dos o tres bombas con diferentes volúmenes de elevación y diferentes etapas de presión.

Por lo que se refiere al grupo de inyección, se precisa elevada velocidad del pistón, constitución instantánea de la presión inmediatamente después del llenado del molde. Generalmente el pistón de inyección se mueve primero a poca velocidad hasta que ha rebasado el orificio de llenado de la cámara de presión y éste se consigue normalmente por conexión a la bomba hidráulica. Pero debe iniciarse el pistón con una velocidad de 1 a 5 m/s. Para ello se requiere una extraordinaria aceleración. Por esto se utiliza un llamado acumulador de presión que cede su energía de presión instantánea al conectarlo al cilindro de accionamiento. Solo así puede conseguirse una elevada

velocidad del pistón de inyección con el mínimo recorrido posible de aceleración.

En consideración a los tiempos de inyección muy cortos necesarios para el llenado del molde, durante la fase de llenado el pistón de inyección avanza por la cámara de presión a gran velocidad. El pistón de accionamiento del pistón de inyección debe ser impulsado convenientemente por el fluido hidráulico. Para tener disponible una alta presión determinada al estar el disparo en el momento preciso de inicio de llenado del molde, el fluido hidráulico necesario para impulsar el pistón de inyección debe estar almacenado y reunido en un dispositivo y mantenido bajo una elevada presión constante. Recientemente se llama acumulador de presión.

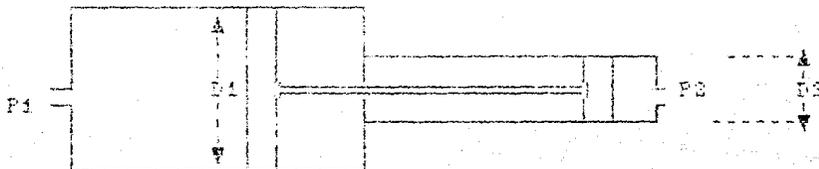
En su construcción normal el acumulador consiste de una botella cilíndrica de acero en la que se encuentra un gas inerte, preferentemente nitrógeno, como medio impulsor. La bomba de alta presión del grupo hidráulico suministra fluido al acumulador, hasta obtener en él la máxima presión ajustable de la bomba. Fluido y nitrógeno permanecen bajo la misma presión, llamada presión de almacenamiento. Regulando la presión máxima de la bomba hidráulica puede variar también la presión de almacenamiento. Un ejemplo de un acumulador de presión lo tenemos en la siguiente figura:



Por consiguiente, en el acumulador se almacena energía de presión, que puede suministrarse inmediatamente al abrir la válvula de disparo y pasar fluido hidráulico al cilindro de accionamiento del grupo de inyección. Las ventosas externas de inyección están equidistantes articuladas con un acumulador de presión para el accionamiento del pistón de inyección. Puesto que por lo regular se provee una maniobra de dos fases para la velocidad del pistón de inyección, se utiliza el acumulador para alcanzar la alta velocidad, mientras que el movimiento lento de aproximación se consigue generalmente por la conexión a una bomba hidráulica. Al concluir el llenado del molde se frenan los

pistones de accionamiento y de inyección, debido que la energía cinética de todas las masas en movimiento se transforma parcialmente en calor, que lleva a un cierto aumento de la temperatura en la cavidad del molde y que depende de la presión de colada. Mientras que el metal permanece líquido en el molde y no se enfría el ataque de colada, actúa la presión final estática en el sentido de una compactación posterior, pero debe considerarse que las secciones de la pieza fundida de paredes delgadas solidifican muy rápidamente y que ya durante el llenado del molde forman una delgada piel solidificada. Hasta que a menudo los ataques deben dimensionarse pequeños, pueden solidificarse muy aprisa, de forma que la presión final estática ya no actúa en las zonas de la cavidad del molde en las que el metal todavía permanece líquido.

Para obtener una presión final que sea superior a la presión estática de colada, se utiliza el llamado transformador de presión o multiplicador. En la siguiente figura se muestra una representación esquemática de su construcción:



Multiplicador

La ecuación que rige el multiplicador de presión es la siguiente:

$$P_1/P_2 = P_2/P_1 = (D_2/D_1)^2$$

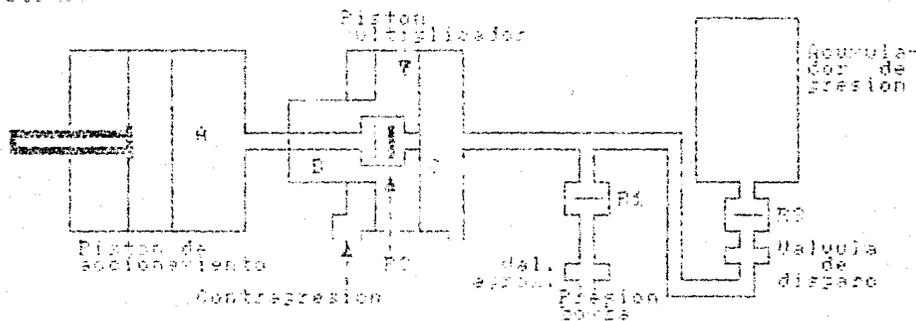
Por tanto la relación de transformación de la presión viene dada por el área de los pistones; en multiplicadores para máquina de inyección es de 2:1 hasta 3:1.

El pistón multiplicador presenta un taladro central con valvula de retención, a través del cual el fluido del acumulador pasa al cilindro de accionamiento para producir los movimientos rápidos de preparación y llenado. El movimiento lento de aproximación se consigue gracias a la conexión a una bomba hidráulica.

Al soltar el disparo se abre en primer lugar la valvula de aproximación y el fluido a presión suministrado por la bomba hidráulica pasa a través de la valvula de retención al espacio del multiplicador y sigue a través de la valvula de retención

por el efecto del pistón del multiplicador hasta el espacio A del cilindro de accionamiento. El pistón de accionamiento avanza a poca velocidad (1) fase preparación lenta.

Finalizada la preparación lenta, una válvula de maniobra abre la válvula de retención, de forma que abra el fluido que se acumula en el acumulador para el espacio C del multiplicador a través de la válvula de retención RE, cuyo efecto es cerrar simultáneamente la válvula PE y la bomba de aspiración queda operada del espacio E. El pistón del pistón de accionamiento se mueve sobre el pistón del multiplicador en el espacio E pero se mueve porque en el espacio B existe una contrapresión mayor a la del cilindro de accionamiento. Por tanto el fluido abre la válvula de retención RE y a través del cilindro del pistón multiplicador penetra en el espacio B del cilindro de accionamiento. Fuerte que el acumulador permite una liberación rápida a partir de ahora el pistón de inyección avanza a gran velocidad (2) fase preparación y llenado rápido. A continuación se libera un espacio de cinco sistemas.



Tan pronto como la cavidad del molde se ha llenado completamente con metal fundido, el pistón de inyección se detiene bruscamente. Se aumenta la presión del acumulador en el espacio A del cilindro de accionamiento y en el espacio C del multiplicador. El pistón del multiplicador produce entonces un aumento de presión en el espacio A, con lo que la válvula de retención RE cierra inmediatamente. De todas formas el aumento de presión queda disminuido por efecto de la contrapresión existente en el espacio B. El pistón del multiplicador penetra en el espacio A y provoca la correspondiente compactación (3) fase compactación. A causa de la contracción líquida del metal en la cavidad del molde se produce un ligero movimiento posterior de contracción del pistón de inyección por esta razón se ha dispuesto el pistón del multiplicador móvil, a fin de que en la tercera fase pueda penetrar en el espacio A.

2.5 Equipo de control.

El funcionamiento de la máquina de inyección puede estar comandado manual o automáticamente. El modo manual tiene lugar por el accionamiento de pulsadores, cuando los cuales se abren o cierran electroválvulas del sistema hidráulico de accionamiento. Es así que al inicio de la máquina puede se varias operaciones aleatorias. Es determinado para los intermedios, se produce una detención necesaria del programa.

1. Introducir metal fundido en la cámara de presión.
2. Salir el diámetro del metal fundido se aproxima en el molde.
3. Fase de solidificación (tiempo de espera hasta la completa solidificación del metal fundido y refrigeración de la pieza hasta una temperatura que permita su extracción segura).
4. Abrir el molde.
5. Entrar la sierra.
6. Retirar la pieza fuera del molde.
7. Cerrar el molde y volver con un separador.
8. Cerrar el molde.

Se obtiene con ello un orden de sucesión del proceso perfectamente determinado, que debe observarse exactamente tanto en el modo manual como en el automático. Para evitar errores, las máquinas modernas, son equipadas con una maniobra programada ajustable, que produce un accionamiento manual seguro la secuencia elegida.

Por lo regular, las máquinas de inyección cabina están equipadas para el funcionamiento automático, pero hay que distinguir entre el sentido estricto de funcionamiento automático y semiautomático. La automatización parcial es una automatizada parte de la programación elegida, que se ejecuta automáticamente después la máquina se detiene hasta que mediante el accionamiento de un pulsador se dispara la nueva secuencia. En las máquinas de cámara fría puede disponerse la automatización parcial de forma que al inicio de la máquina se interrumpe una sola vez, al paso al llenado de la cámara de presión se utiliza un equipo de desfundición y alimentación.

La acción que se da de la máquina se efectúa de forma electrónica. Los impulsos eléctricos son las electroválvulas del sistema hidráulico de accionamiento y detención. Los sensores dependientes de la presión, tiempo, la duración del calentamiento hidráulico, los miembros que dependen del tiempo y de las restricciones, se consiguen mediante interruptores de final de carrera, comparadores. En la parte eléctrica de las instalaciones de máquinas modernas cada vez por el empleo de circuitos electrónicos que se controlan por medio de microprocesadores dependientes también de las duraciones y condiciones de funcionamiento y se montan en paneles enchufables, que pueden cambiarse fácilmente en caso de una eventual avería.

El caso ideal es la automatización completa, es decir, el funcionamiento continuo de la colada, sin interrupción y con una sucesión de tiempos uniformes entre diábolos. Si afecta la programación, predeterminada en el cable, automáticamente sin operación. Pero esto presupone que en el caso de las máquinas de control total, el cable de mando se maneja automáticamente a la manera de presión y tracción de los equipos de distribución y alimentación y lleva por sí todas las exigencias de pueda expulsar el molde y retirar la pieza por absoluta seguridad, no se debe ignorar las dificultades ligadas a la automatización completa y que especialmente requieren en la necesidad de un tiempo preciso de seguridad de funcionamiento, fin de evitar interrupciones y golpes del molde, de la máquina.

El funcionamiento automático de la inyección automática no solo una economía de inversión a-a veces y mas uniforme sino que permite también los ajustes necesarios para el mantenimiento de unas condiciones de funcionamiento uniformes. Con el funcionamiento totalmente automático, las producciones de seguridad entre diábolos en el centro de todas las consideraciones. Esto significa que por la propia máquina, entre cada las partes estructurales del molde deben ser fuertes y resistentes a la flexión, incluso en momentos de contacto de un dispositivo para la medición y el control de la fuerza de cierre, que al caso de un desajuste respecto a un punto de control, produce un desperfecto inmediato. La máquina también las piezas para el funcionamiento automático deben ser especialmente estables y resistentes a la flexión. Existe también la necesidad de disponer de una refrigeración del molde absolutamente segura y regulable automáticamente, puesto que el funcionamiento automático de la colada se realiza en la base de una sucesión de inyección constante y consecuentemente las condiciones de colada, especialmente la temperatura del molde y de colada, deben ser constantes. Debe disponerse también de una regulación automática de la temperatura del horno en que se realiza la colada. Además debe evitarse la formación de coque bajo cualquier circunstancia. Esto presupone un molde estable de forma suficiente para el moldeado, el grupo de cierre en el sistema de cierre de forma debe ajustarse exactamente a la altura del molde dado y por otra parte las condiciones de funcionamiento de la máquina, tener elegidos de forma que no aparezcan puntos de presión en el molde, puesto que podría descomponer el molde y formar coque.

En el funcionamiento automático la producción resulta independiente de la influencia del operario. La uniformidad de las condiciones de funcionamiento representa también regularidad del producto desde el punto de vista de la calidad.

2.4 Equipo de seguridad.

Por razón de la protección contra accidentes, los equipos de inyección deben estar equipados con dispositivos de seguridad efectivos, sobre todo en los siguientes casos: por aprisionamiento o por elevación del metal fundido.

El peligro de aprisionamiento existe siempre que se cierre el molde por acción o se force manualmente. Por esto se dispone de un disparo de fusibles, por lo que el operador debe apretar dos pulsadores simultáneamente y con las dos manos. Toda máquina de inyectar debe disponer de un interruptor de emergencia para su detención inmediata. Para también los accidentes por aprisionamiento pueden ser debidas a defectos o averías en el sistema hidráulico o eléctrico de maniobras consecuentes, un cierre inmediato del molde. Toda máquina de inyección, sea manual o automática, debe disponer de un dispositivo de seguridad que bloquee el movimiento de cierre del molde hasta que la zona peligrosa haya quedado cubierta por fuerza mecánica o se utilicen una cubierta que se abre horizontalmente sobre una pila, que sirve también de protección contra las proyecciones, y que con el molde cerrado cubre toda la zona; en máquinas grandes solamente se cubre con una protección móvil el lado del operador. Toda la vasija que se separa un bloqueo por divergencia hidráulica, que se acciona en cualquier posición de apertura de la cubierta por depresión de una válvula de descarga, que obliga al fluido hidráulico del lado de presión del cilindro de cierre a retornar al tanque. Por tanto el cilindro de cierre queda sin presión y solamente es posible el movimiento del molde cuando la cubierta de protección está completamente cerrada.

Para trabajar en el molde abierto, por ejemplo para eliminar metal adherido o para disponer aristas, debiera prevverse un bloqueo seguro del molde, al menos no se disponga ya de otro dispositivo de seguridad o seguro. Esto puede conseguirse mediante dos sistemas de seguridad, o sea al retroceder la cubierta móvil de protección hacia el interior del molde abierto y al cerrar la cubierta por nuevamente liberados por medio de una clavija.

Protección contra la proyección de metal fundido lo ofrece un primer tipo el procedimiento de la cubierta protectora idiosincrásica, también puede emplearse pantallas fijas de protección entre los equipos. Para la protección móvil del molde puede utilizarse dispositivos cuando se trabaja con moldes especialmente voluminosos o con vasijas que disponen de dispositivo de elevación de la zona. Entonces se recomienda poner en el molde platos, volutas o argolas que cubran por fuera el plano de partición.

El peligro de proyecciones se presenta cuando se dispara el movimiento del pistón de inyección antes de que el molde haya cerrado completamente y quede retenido con la plera fuera de

diario. Por consiguiente, el sistema de regulación, dada esta condición de trabajo, no active cuando el nivel de la fuerza de cierre sea inferior. Esta puede conseguirse mediante la intervención de final de carrera en circuitos con cierre de fuerza que será accionado por las alarmas accionadas en el período establecido con objeto de evitar toda la regulación directa de la fuerza efectiva, alcanzada mediante el dispositivo de control, por ejemplo, que refiera inmediatamente la acción cuando aquella se desplace respecto al nivel de regulación fijada.

3.7 Sistema de medida.

Los reguladores de carga y flujo en el motor correspondiente son de cuchera mecánica. El elemento acciona al metal fundido del horno de esterificación a través del sistema de presión. Este modo de operar garantiza la exactitud de regulación, sobre todo cuando se trata de piezas importantes de gran peso. Puede asegurarse que la alimentación favorece la precisión del sistema, ya que todavía existe el peligro de oscilación a la acción de presión accionada, así como de fluctuaciones.

Los dispositivos accionados proporcionan una exacta indicación de la cantidad de metal necesaria para cada ingesta.

Se distingue entre sistemas de alimentación, dosificación, regulación, cierre, línea, reactivos e inductivos.

A los sistemas mecánicos corresponden los mecanismos de rotación giratoria o móviles así como sistemas sencillos de circulación por gravedad y mando por el nivel. El tipo de alimentación mecánica se le relaciona en el momento de la cuchera; en principio, se trata aquí de contar con platos reguladores al procedimiento manual. La cuchera móvil, se sujeta en el orificio de esterificación y se impulsa después hasta el orificio de llenado de la zona de presión. La dosificación se efectúa bien por una válvula en la zona de regulación de nivel en función del tiempo, bien por un accionamiento ajustado de giro de la cuchera. La cuchera puede también disponerse de forma giratoria y cambiarse con movimientos de elevación y translación para tomar así el calor del horno de esterificación y ventilar a través del orificio de llenado de la zona de presión. En cualquier caso, siempre se dispone de un nivel hasta el orificio de llenado.

Los dispositivos hidráulicos de dosificación y alimentación trabajan con bombas. El nivel se acciona en el caldo, al trabajar directamente al metal a una válvula de dosificación, para llegar al tubo de alimentación. En lugar de bombas se pueden utilizar bombas centrifugas por ser más sencilla su funcionamiento y dosificación se efectúa por una regulación de la cantidad en relación al tiempo.

Los dispositivos reactivos se utilizan con mucha frecuencia, principalmente cuando se utilizan hornos de inducción

a través de un sistema de fuerzas que resultan catenales al aire. Mediante una presión aplicada el metal sufre por un conducto la acción de presión. La desoxidación es efectiva en función de la presión y el tiempo. La presión sola depende de la presión atmosférica que es de 0.3 a 1.0 atm.

Este procedimiento es la desoxidación inductiva. El metal fundido fluye en un canal desde el horno de alimentación hasta el reactor de desoxidación. El reactor es una cámara en forma cilíndrica por medio de un reactor inductivo. El peso de la carga fundida se controla mediante el sistema control de la tensión de inducción y el tiempo de desoxidación por tanto la regulación de la cantidad es efectiva solo en función de la tensión y el tiempo.

La desoxidación por medio de vacio depende de la eliminación de oxígeno. Esta consiste en producir vacio en el molde para que realice una desoxidación espontánea del metal fundido en el horno de vertido. Para la cámara de presión el metal ya en la cámara se inyectado y el vacio se deja de aplicar hasta un nuevo ciclo. La desoxidación esta en función del tiempo y de la presión atmosférica que es del orden de 0.30 a 7.0 Torr.

C A P I T U L O I I I

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS CARACTERISTICOS

3.1 Parametros caracteristicos de la maquina de inyeccion a presion.

Con el fin de disenar y construir una prototipo, el primer paso es determinar los parametros caracteristicos de operacion de dicha maquina. En nuestro caso son tres los parametros caracteristicos y son: temperatura (del metal a vaciar, asi como la de la camara de presion y el molde) presion de inyeccion y la velocidad de inyeccion.

La bibliografia es concreta con lo que respecta a la velocidad de inyeccion y es ambigua con respecto a la presion de inyeccion y a la temperatura. Estos tres parametros son obtenidos en forma experimental.

La presion a la que tiene ser inyectado el metal fundido se elige partiendo de recomendaciones practicas en dependencia de la aleacion, el espesor de pared y la complejidad de la configuracion de la pieza a inyectar.

La siguiente tabla nos muestra las presiones recomendadas de inyeccion (Kg/cm²).

Espesor de la pared mm	Configuracion de la pieza	A L E A C I O N E S		
		Zinc	Magnesio	Aluminio
3	Simple	450	500	350
	Complicada	450	550	450
	Muy complicada	500	600	500
6	Simple	550	700	600
	Complicada	600	800	750

Por otra parte Brunhuber recomienda presiones de colada del orden de 100 a 2000 kg/cm² de acuerdo al espesor de pared y a los parametros de la maquina. De la tabla mencionada anteriormente y tomando en cuenta el criterio de Brunhuber seleccionaremos una presion de 100 Kg/cm² ya que para el accionamiento del piston de inyeccion solo disponemos de una presion de 6 Kg/cm².

Debido a que la produccion de piezas inyectadas exige un llenado del molde muy rapido, para evitar una solidificacion anticipada, se requiere de una velocidad de inyeccion muy rapida. Si se presentan defectos de calidad de la pieza, la experiencia ensena que es mejor una colada mas rapida, es decir, mayor velocidad del piston de inyeccion, que un aumento de la presion estatica de colada. Para ello se precisan de elevadas velocidades del piston de inyeccion de 1 a 5 m/s. Por tanto nuestro piston de inyeccion tendra que estar situado dentro de dicho rango.

El parametro caracteristico temperatura (tanto de colada como de precalentamiento) se deben controlar dentro de rangos permisibles. Por lo que respecta a la temperatura de colada, para todos los materiales a inyectar es valida la regla de trabajar solamente con un recalentamiento moderado, del orden de 40 a 100 grados centigrados por encima de la temperatura de liquidus. La siguiente tabla proporciona una idea de conjunto sobre las temperaturas de colada y de mantenimiento usuales en la practica.

Aleacion	Temperatura de colada C		
AlSi12	630	a	700
AlSi10Mg	640	-	710
AlSi8Cu3	650	-	720
AlSi6Cu4	660	-	730
AlMg9	670	-	740

De dicha tabla seleccionaremos el aluminio AlSi12 por ser el de mas bajo punto de fusion. Por tanto nuestro horno debera tener una capacidad superior a los 800 C.

La temperatura de precalentamiento del molde y de la camara de inyeccion tiene dos funciones: una evitar las sobretensiones superficiales que provocan un agrietamiento en la parte exterior del molde y de la camara de presion (que posteriormente puede dar origen a una fractura) y el otro es evitar un enfriamiento anticipado del metal a inyectar.

La temperatura de precalentamiento debe ser aproximadamente igual a la temperatura media necesaria para el trabajo: de unos 200 C para la inyeccion del cinc, estano y plomo; de 250 a 300 C para la inyeccion del aluminio; y de 300 a 350 C para la inyeccion del laton. Se trata de valores practicos. Generalmente es valido pensar que la duracion del molde se alarga considerablemente, si se trabaja a una temperatura del molde relativamente elevada. La extension de la sollicitacion termica alterna como causa de las grietas por quemadura depende de la temperatura del molde. Cuanto menor es la dilatacion en la superficie del molde y con ello tambien la tendencia a la formacion de grietas. De lo anterior deducimos que la temperatura de precalentamiento de la camara-molde debe ser por lo menos de 300 C.

Establecidos los parametros principales se dimensionara el diametro de la camara de presion, ya que estos son los datos importantes para el dimensionamiento de la maquina. La maquina tendra una capacidad de inyeccion de 0.01 Kg.

3.2 Estudio de la camara de presion como punto fundamental en el diseno de la maquina.

A partir del dato de 0.01 Kg de aluminio que se necesita inyectar y las condiciones antes vistas para el grado de llenado de la camara de presion (30% al 60%) nos da un numero muy grande de posibles diametros. Como una de las condiciones era trabajar una maquina a nivel laboratorio se fabricara lo mas pequena posible.

El estudio de la camara de presion comprende tres dimenciones basicas que son: el diametro de la camara de presion, el diametro de la boca de llenado y la longitud de dicha camara. Estableciendo el diametro de la camara de presion y las condiciones de volumen del metal fundido, asi como el grado de llenado; la longitud de la camara de presion queda en funcion de los datos anteriores. Se analizara en forma experimental tanto la boca de llenado como el diametro de la camara de presion.

Por condiciones economicas el accionamiento de la maquina se tendra de tipo neumatico, por tanto para alcanzar el rango de presiones necesario para inyectar el metal fundido, el diametro de la camara de presion tiene que ser pequeno, ya que disponemos de una presion de accionamiento de 6 Kg/cm² y de acuerdo a lo visto en el capitulo II tenemos que:

$$P_c/P_a = (D/d)^2$$

Si $P_a = 6$ Kg/cm² y necesitamos alcanzar por lo menos un valor para la presion de colada de $P_c = 100$ Kg/cm² obtenemos una relacion como sigue:

$$100/6 = (D/d)^2$$

Despejando:

$$D = 4.07d$$

Donde el diametro del piston de accionamiento sera 4.07 veces el diametro del piston de inyeccion.

De acuerdo con una tabla comercial de pistones neumaticos comerciales (ver apendice) tenemos una division de 14 diametros posibles, lo que genera una tabla de igual numero de diametros de camara de presion.

Supuestamente con cualquier relacion de diametros la maquina funciona, y de acuerdo con el criterio anterior se elige el diametro mas pequeno (que supuestamente es el mas economico).

Los diametros del piston de accionamiento estan comprendidos del orden de 6 a 250 mm, lo que da una gama de posibles diametros del piston de inyeccion de 1.44 a 60 mm respectivamente.

Con respecto al maquinado podemos barrenar diametros de dicho orden, sin embargo en forma tecnica (usual), a partir de 6.35mm (1/4") es posible dar un acabado superficial interior.

Como primer intento dada la facilidad de maquinado, se eligio un diametro de la camara de presion de 6.35mm (1/4") lo que origina un diametro del piston de accionamiento de 25mm.

Se fabrico la camara con dicho diametro y se llevaron a cabo algunas pruebas de escurrimiento.

Se observo que el metal fundido no fluye por el conducto, sino que se adhiere a las paredes del mismo. De lo cual se deduce que las fuerzas de tension superficial son muy grandes provocando el fenomeno de capilaridad.

Para resolver dicho problema se analizo desde dos puntos de vista, uno teorico y el otro experimental.

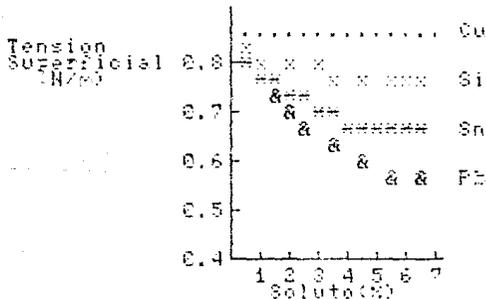
Desde el punto de vista teorico, el modelo matematico que rige el ascenso de un liquido por un tubo capilar debido a la

tension superficial esta dado por:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho r g \cos \alpha}$$

Donde ρ es la densidad del liquido en cuestion, en este caso aluminio fundido cuya densidad es 2700 Kg/m³; g es la gravedad

cuyo valor es de 9.8 m/s²; α es el angulo de contacto entre el liquido y el tubo y su valor en este caso es de 0; r es el radio del tubo capilar; h es la altura de ascenso del liquido dentro del tubo capilar; y por ultimo σ es la tension superficial del aluminio fundido cuyo valor lo obtenemos de la siguiente fig:



De la grafica anterior obtenemos el valor de $\sigma=0.8$ N/m sustituyendo en la formula anterior tenemos que:

$$h=0.0000604/r$$

Si $d=2r$ lo sustituimos en la formula anterior y transformamos las unidades a mm tenemos que:

$$h=120.8/d$$

Donde h es la altura de ascenso del aluminio fundido en la camara de presion y d es el diametro de dicha camara, ambas con unidades en mm.

Por otra parte el grado de llenado de la camara de presion es la relacion de la altura del liquido fundido con respecto al diametro de la camara de presion y este viene dado en porcentaje, por tanto podemos realizar una tabulacion en la cual nos exprese el diametro de la camara de presion, la altura que va a ascender el metal fundido por efecto de la capilaridad y el grado de llenado de la camara de presion; para poder comparar y obtener el valor mas pequeno permisible de diametro de la camara de presion sin verse afectado por el fenomeno de capilaridad. De lo anterior generamos la siguiente tabla:

d (mm)	h(mm)	Grado de llenado h/d x 100 %
6	20.133	3355
10	12.08	120.5
11	10.98	99
13	9.29	77.43
14	8.62	61
15	8.05	57.6
16	7.55	47.2
19	6.35	33.34

De dicha tabulacion observamos que para un diametro de 6.35mm (como inicialmente se habia tomado) se tiene que el tubo se llena completamente, por tanto no se puede tener una camara de presion llena a gravedad de ese diametro por efectos de capilaridad.

Por otro lado si queremos obtener un grado de llenado del 30% al 60% tenemos que aumentar la camara de presion, por lo menos a 14 mm. Sin embargo como es un valor muy cercano al limite se establecera un diametro de 15 a 16mm. Por razones de maquinado se decido usar un diametro de 15.87mm (5/8'') ya que las herramientas para hacerlo son comerciales (tanto la broca como la rima y el proceso de honeado).

En forma experimental se comprobo lo anterior. Se fabricaron varias camaras de presion con diametros que variaron de 6.35mm (1/4''), 9.52mm (3/8''), 12.7mm (1/2''), 14.28mm (9/16''), 15.87mm (5/8'') y 19.1mm (3/4''). Se realizo la prueba de escurrimiento

que consiste en vaciar el metal liquido dentro de la camara de presion para observar el fenomeno de capilaridad obteniendose lo siguiente;

En la camara de menor diametro el metal liquido llenaba totalmente la camara y no permitia el escurrimiento del metal fundido a pesar de tener 45 grados de inclinacion. A medida de que el diametro aumentaba el metal se 'extendia' a lo largo de la camara de presion disminuyendo el fenomeno de capilaridad. La camara cuyo diametro tenia 15.87mm y 19.1mm el metal presento muy buena fluidez, inclusive con 0 grados de inclinacion y el fenomeno de capilaridad no se presento (al menos en forma macro). Por tanto el diametro para la camara de presion de 15.87mm es optimo.

Al realizar pruebas de escurrimiento se observo que el metal se solidificaba muy rapido debido a que la camara de presion estaba a temperatura ambiente, por lo que se precalento la camara experimental hasta los 200 C para poder realizar las pruebas.

Concluyendo tanto en forma experimental como teoricamente se obtuvo en forma optima el diametro de la camara de presion. No significa que sea el mejor, sin embargo dados los recursos disponibles resulto muy practico.

Una vez obtenido el diametro lo que resta es calcular la posible longitud de la camara, para lo cual solo es necesario partir de los datos de volumen del metal fundido, grado de llenado de la camara y diametro de la misma.

Si partimos de una masa de aluminio a inyectar de 0.015 Kg
esta nos ocupa un volumen de 5600 mm³ y considerando un grado de llenado del 50% (por tolerancia) tenemos que:

$$v = \pi / 4 d^2 l (G)$$

Donde v es el volumen a inyectar (incluyendo bebederos), d es el diametro de la camara de presion, l es la longitud de la camara, G es el grado de llenado.

Despejando l y sustituyendo los datos en la formula anterior nos queda que l = 56.62 mm. Dicha longitud sumada al largo del pistón (sin incluir el vastago) dara la longitud minima de la camara de presion.

3.3 Estudio del sistema de accionamiento.

Una vez fijado el valor del diametro de la camara de presion, lo que resta es dimensionar el piston de accionamiento que hara cumplir las dos variables fundamentales que son: presion de colada y velocidad de inyeccion.

De acuerdo a lo establecido anteriormente la relacion de presiones entre el piston de accionamiento y el piston de inyeccion nos da una relacion entre el diametro del piston de inyeccion con el diametro del piston de accionamiento que es:

$$D=4.07d$$

Sustituyendo en dicha ecuacion el diametro obtenido de la camara de presion (diametro interno corresponde al diametro del piston de inyeccion) $d=15.67\text{mm}$, obtenemos que $D=64.6\text{mm}$. Aproximandonos a un piston comercial (ver apendice tabla de pistones comerciales) es de 70mm que es el inmediato superior que se aproxima. Con esto garantizamos que la presion de inyeccion se encuentra en rango.

Sin embargo el factor velocidad del piston es determinante ya que si la velocidad es baja (menor de 1m/s) corre el peligro de una solidificacion anticipada.

Festo Pneumatico proporciona una grafica y una tabla de velocidades del piston de inyeccion en base al diametro del piston, carga y tipo de valvula.

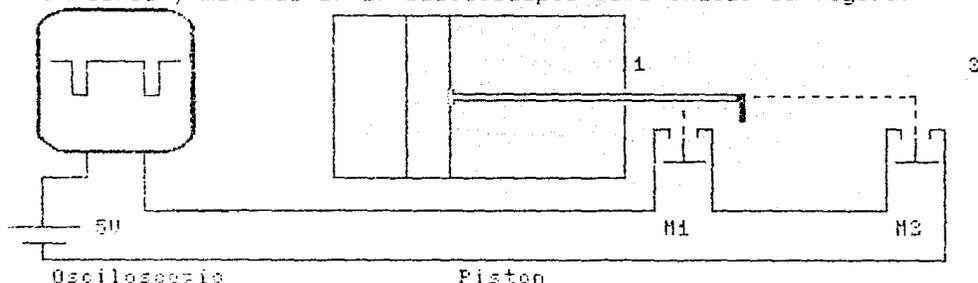
Segun la tabla para obtener una velocidad de por lo menos 1000mm/s (que es la maxima alcanzada por dichos pistones) y con un diametro de 70mm tenemos que con una carga de hasta 8Kg necesitamos una valvula de $1/2''$ de paso.

Sin embargo para tener un valor mas aproximado a la realidad es necesario medir la velocidad del piston. La bibliografia recomienda dos metodos de medicion. Uno por metodos fotograficos, el cual consiste en una fotografia Polaroid en la cual se coloca una regla graduada paralela al vastago del piston y sobre dicho vastago se fija una lamapa incandescente de luz clara. En la foto puede medirse en la regla graduada el camino recorrido por la lamapa durante el tiempo de exposicion. La velocidad resultara de la distancia medida por el tiempo de exposicion (l/t). Otro metodo consiste en medir la velocidad en forma electronica para lo cual se usa un sensor optico el cual detecta el tiempo en que una banda metalica altamente reflejante se mueve de un punto a otro. Dicha banda se fija al vastago del piston de inyeccion. Conociendo el ancho de la banda y el tiempo registrado en el aparato se puede medir la velocidad del piston.

Para fines de esta tesis se disenaron dos metodos de medicion. Uno a base de pulsos electricos detectados por un osciloscopio y el otro en base a un graficador mecanico.

El metodo de pulsos electricos consiste en colocar una leva en el extremo del vastago del piston con el fin de accionar unos microinterruptores colocados en el inicio y en el final de la

carrera. Dichos microinterruptores se encuentran normalmente cerrados alimentados a una tensión constante (5 V cd), conectados en serie y medidos en un osciloscopio como indica la figura:



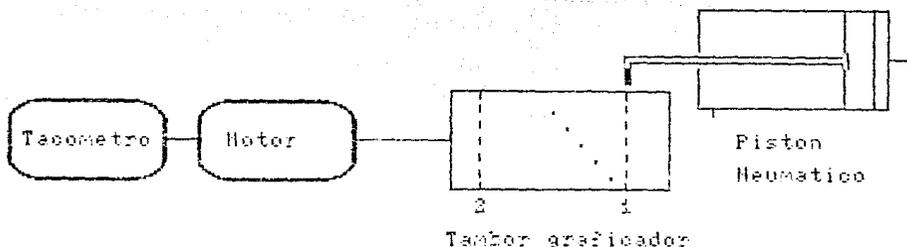
El pistón en cuestión se desplaza de la posición 1 a la posición 2. Los microinterruptores M1 y M2 abren el circuito cuando la leva los acciona. Si el pistón se encuentra en la posición 1 registra una lectura de voltaje (5V), cuando el pistón comienza a desplazarse acciona M1 lo que hace que el osciloscopio no registre voltaje. Al dejar de pasar por M1 nuevamente registra voltaje hasta que se ve interrumpido por M2 y al llegar al punto 2 nuevamente se tiene el voltaje original. Observando en la pantalla se ve una figura a continuación se describe:



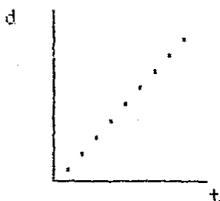
Midiendo el periodo en el eje X, tenemos el tiempo que recorre el pistón de M1 a M2 y conociendo la distancia de separación de los microinterruptores podemos obtener la velocidad del pistón. Sin embargo dicho método solo se puede aplicar con un osciloscopio con memoria y graficador, y que tenga un rango de periodo hasta 10 s como máximo.

Otro método que se desarrolló para medir la velocidad del pistón fue por medio de un graficador mecánico. Se construyó un sencillo graficador de cilindro el cual consiste en un motor de velocidad variable, un cilindro acoplado al motor y un tacómetro.

Se armo como indica la siguiente figura:



El motor de velocidad variable se ajusta a unas revoluciones determinadas. Una vez que el motor se encuentra girando, el plumon (fiado en la posición 1) traza una línea por todo el perimetro del cilindro (en esa posición), este trazo nos servira de referencia ya que sera nuestro eje "X" o sea el eje del tiempo. Cuando se acciona el piston neumatico (girando el tambor) el plumon se desplaza del punto 1 al punto 2, generando una curva parecida a una helice. Sin embargo al desenrollar el papel graficador se observo que se genera una curva como sigue:



Donde conociendo el diametro, las revoluciones del cilindro la distancia del punto 1 al 2 y de la grafica obteniendo el valor del tiempo en el eje X podemos calcular la velocidad de acuerdo a la siguiente relacion:

$$V = (\pi D d) / (l T)$$

donde:

V=velocidad del vastago del piston (mm/s).

T=periodo del tambor = 1/Frecuencia (s).

D= diametro del tambor graficador (mm).

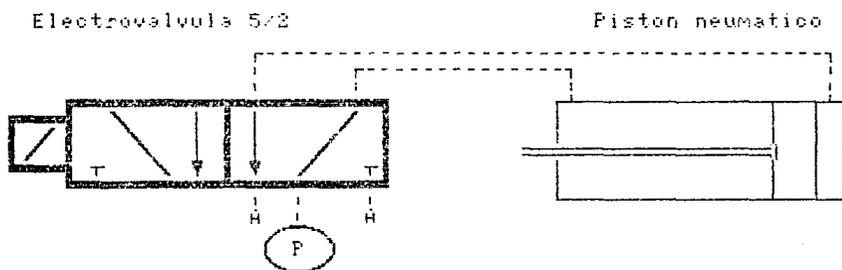
d= distancia del punto 1 al 2 (mm).

l= longitud horizontal medida directamente sobre el graficador (mm).

Una vez definido el modelo matematico que nos da el dato que necesitamos, se realizaron pruebas de velocidad con distintos tipos de valvulas sobre un piston de 50.8mm de diametro en tandem (el equivalente a uno de 70mm de diametro simple). Despues de varias pruebas se eligieron tres electrovalvulas para efectuar la medicion, ya sea por su facilidad de operacion (accionamiento electrico) su disponibilidad y su costo.

Las valvulas utilizadas fueron una 4/3 de 1/8" de conexion (marca Festo). Una valvula 5/2 de 1/4" (Festo de accionamiento electro-neumatico) y una valvula 5/2 con conexion de 1/2" de accionamiento con electroiman (ver apendice que especifica los tipos de valvula y su nomenclatura).

Se armo el siguiente diagrama de control para realizar la prueba:



De las graficas generadas por el sistema de medicion 'tipo tambor' se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

VALVULA	DIAMETRO (mm)	R.P.M.	T (s)	L (mm)	D (mm)	V=D/T (mm/s)
4/3-1/8	54	540	0.115	103.7	58	850
5/2-1/4	54	470	0.127	200	59	394
5/2-1/2	54	470	0.127	57.5	55	1147

De esta tabla obtenemos que la unica valvula (dentro de las accesibles) que cumple con el requisito de velocidad es 5/2-1/2 por su diametro interno y por el tipo de accionamiento.

Una vez establecidas las condiciones de presion y de velocidad, lo que resta es dimensionar el piston de inyeccion que tendra un diametro de 50.8mm en tandem (70mm simple) y una carrera de por lo menos 70mm, accionado por una valvula 5/2 con mando electrico.

Para asegurar el suministro de aire a una presión constante durante la inyección, se debe disponer de un acumulador neumático que almacene aire a presión para evitar la posible disminución de la presión durante la inyección que redundaría en una baja de la velocidad.

El volumen del acumulador estará en función del volumen instantáneo a utilizar en el pistón de accionamiento así como la diferencia de presiones permisible durante el funcionamiento.

Por ley de los gases ideales, para fines de este cálculo consideraremos al aire, tenemos que el desplazamiento o gasto del pistón será la diferencia de volúmenes de acumulador:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_p = V_2 - V_1$$

Si P_1 es la presión de trabajo normal y P_2 es la presión mínima permisible, despejando V_2 de la segunda ecuación y sustituyendo en la primera tenemos que:

$$V_1 = V_p P_2 / (P_1 - P_2)$$

Así que si la diferencia entre las presiones es muy pequeña, el volumen del acumulador es muy grande. Considerando una

presión de trabajo de 6 Kg/cm² y una presión mínima permisible de

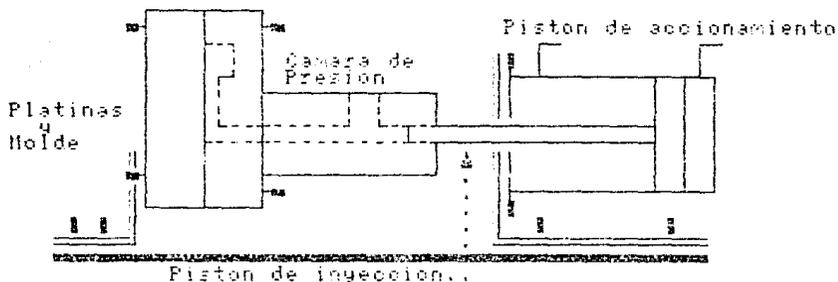
5 Kg/cm² (mínima para garantizar la velocidad y presión en el

pistón de inyección) y un desplazamiento volumétrico de 270 cm³

sustituyendo en la fórmula anterior tenemos un $V_1 = 1350$ cm³. Con dicho volumen se tendrá un margen suficiente de maniobra también por si el suministro de aire se interrumpe.

3.4 Construcción del modelo y pruebas del mismo.

Antes de proceder la construcción del prototipo, se diseño un modelo para experimentar los valores obtenidos tanto teorica como practicamente. Se diseño un modelo como lo indica la figura:



Se fabrico en base a los parametros y dimensiones preestablecidas a fin de que pudiera funcionar en forma sencilla. El modelo consta (como lo indica la figura) de dos platinas atornilladas entre si que a su vez hacen el lugar del molde. En una de las platinas esta incertada la camara de presion. Unicamente tiene un pistón, el de accionamiento que va alojado en forma separada. El unico control es el que acciona la electrovalvula que a su vez dispara el pistón de accionamiento. Para extraer la pieza es necesario desarmar las platinas.

Las pruebas se realizaron como sigue:

El material se fundia en una mufla de laboratorio (0-1200 C) en forma separada. Se precalentaba la camara de presion hasta por una hora a fin de garantizar la uniformidad de la temperatura. Posteriormente el metal fundido se vertia sobre la boca de la camara de presion, y en ese instante un operario accionaba el control del pistón de accionamiento. Dejando un tiempo de solidificacion de la pieza se desatornillaban las platinas y se extraia el producto.

Durante las primeras pruebas el problema principal se observo en la solidificacion prematura del canal de colada. El material escurria con facilidad hacia la camara de presion; sin embargo cuando se disparaba el pistón de inyeccion (desplazamiento del pistón de inyeccion a gran velocidad) el metal no llenaba la cavidad de la pieza, lo cual se llevo a la conclusion de falta de calentamiento del lado de las platinas. Se agregaron elementos calefactores a las platinas y el metal 'tendio' a subir.

Pese a que se agregaron elementos calefactores la temperatura no era suficiente, para lo cual se practico un pozo termico en un costado de la platina para insertar un termometro. Despues de muchas pruebas (en algunas se calento la camara de presion hasta con un soplete) se logro estabilizar una temperatura de 200 C aproximadamente.

Ya resuelto el problema de calentamiento, se agrego al piston de accionamiento el acumulador de presion para obtener asi la velocidad deseada.

El ultimo problema por resolver era la vaciada del metal fundido. Este se fundia en una mufla por separado y al vaciar el caldo en la camara de presion este escurria en exceso sobre la boca del mismo. Se provo con un crisol mas pequeno y se logro una mejor precision en el vaciado. El problema subsecuente era la coordinacion entre el operario que vaciaba y el operario que accionaba el piston de inyeccion. Solamente despues de muchas pruebas se lograron coordinar los eventos.

En un principio, como ya se vio anteriormente, la pieza 'salia' incompleta, no fue sino hasta que todas las variables se encontraban se coordinaban para obtener la pieza en forma satisfactoria.

Como conclusion los parametros que intervinieron en forma experimental fueron los siguientes:

Temperatura del molde de inyeccion = 205 C

Temperatura del metal a inyectar = 700 C

2

Presion de inyeccion = 150 Kg/cm

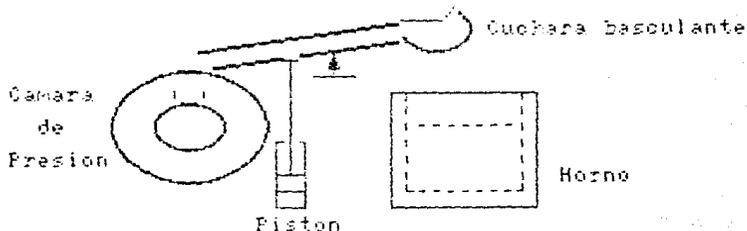
Velocidad de inyeccion = 1.1 m/s

Lo que concluye que el modelo fue satisfactorio.

3.4 Estudio del metodo de vaciado.

Aunque la parte de vaciado no corresponde propiamente a los sistemas de la maquina de inyeccion en si, se analizo en esta parte experimental por las dificultades que se tuvo cuando se realizaron las pruebas de vaciar el metal fundido manualmente.

La bibliografia cita varias formas de vaciado automatico en maquinas de inyeccion ya antes mencionadas. De acuerdo a las posibilidades tecnicas y limitaciones operativas se opto por un sistema de vaciado mecanico. Este consiste en una cuchara oscilante que se introducía en un crisol de permanencia tal como lo indica la figura:



Al bascular la cuchara recoge metal fundido del crisol, pivota sobre su apoyo y a través de un canal a lo largo del brazo el metal escurre hasta llegar a la camara de presión.

A pesar de ser facil el principio ya en la practica no dio los resultados que se esperaban, a continuacion mencionados.

- Si la cuchara estaba a la temperatura ambiente al introducirla dentro del metal fundido esta recogia parte del metal pero al extraerlo este se solidificaba rapidamente.

-Se precalento la cuchara de vaciado y al extraer el metal fundido este solo circulo cuando la pendiente era muy grande (80 grados aprox.), lo que deduce que los efectos de tension superficial son muy grandes (800 din/cm del aluminio fundido comparados con las del agua de solo 75 din/cm).

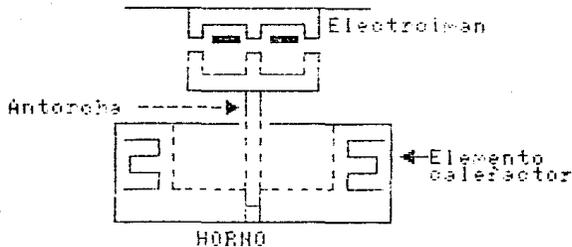
-Por ultimo la cantidad de metal fundido que se tenia que recoger para que circulara excedia el volumen requerido.

Por tanto se opto por no utilizar este sistema.

Se estudio otro metodo mecanico de vaciado, aunque la bibliografia no lo recomendaba para metales no-ferrosos se decidio experimentar con dicho metodo.

El sistema constaba de un crisol calentado por medio de una resistencia electrica, el cual se encontraba el aluminio fundido. En la base del crisol se encontraba una perforacion a manera de dren, la cual era 'tapada' por una barra de material

refractorio llamado comunmente 'antorcha'. Esta es accionada en forma electrica por una bobina permitiendo que el metal drene cuando esta se encuentra en la posicion superior tal como lo indica la figura:



Regulando el tiempo de apertura y cierre de la antorcha se obtiene la cantidad de metal deseado.

Se dimensiono y calculo el horno(ver calculo del horno de fundicion electrico) y se contruyo un modelo del mismo.

El crisol se opto por uno de barro refractorio(utilizado en joyeria)por ser muy resistente tanto mecanica, como termicamente y su costo es muy bajo, ademas es maquinable.

Con respecto al elemento calefactor se utilizo alambre nicromel calibre 12 arroyado alrededor del crisol con una potencia de 1000 watts.El accionamiento de la antorcha se eligio por medio de una bobina de 110 V utilizada en contactores electricos.

Se armo el sistema pero como la antorcha era de fierro el aluminio fundido al entrar en contacto con el se solidificaba a su alrededor creando una zona pastosa que obstruia el vaciado.

Se probaron varios materiales para la antorcha hasta que el grafito dio con las pruebas satisfactorias.Se utilizo uno de 6.35mm y un barrenado en el crisol para la prueba con esto el metal fundido fluyo perfectamente levantando solamente 2mm la antorcha.

Por tanto este sistema de vaciado resulto apropiado para utilizar y poderlo controlar electricamente,por lo que se integro a la maquina.

Una vez obtenido y controlado los parametros se procedera en los capitulos posteriores a dimensionar y calcular el prototipo de la maquina de fundicion a presion.Hasta aqui concluye la parte experimental.

C A P I T U L O I V

DISEÑO DEL PROTOTIPO

4.1 Obtencion de los datos basicos a partir de los parametros caracteristicos.

Entendemos por datos basicos de la maquina de inyeccion a presion aquellos que nos sirven para dimensionar y calcular los elementos (mecanicos, neumaticos, termicos etc.) que componen la maquina.

Los datos basicos los obtenemos a partir de los parametros caracteristicos y de los datos de trabajo.

El dato de trabajo sera aquel para el cual la maquina cumple su funcion determinada. En este caso el dato (o datos) de trabajo sera el peso de la pieza a inyectar asi como su complejidad geometrica y sus dimensiones. Estos datos se fijan de acuerdo a las necesidades de trabajo. En este caso la maquina se proyectara para que funcione a nivel laboratorio y debido a la limitante de recursos economicos se dimensionara una maquina pequena (dentro de lo posible). Iterando y relacionando la masa a inyectar con el tamaño de la maquina se llega a la siguiente conclusion: el material a inyectar es aluminio ASM 380; masa de la pieza a inyectar, 10gr.; grado de complejidad, simple; espesor de pared, menos de 3mm.

Una vez definiendo los datos de trabajo se procedera a calcular los datos basicos.

Como primer paso calcularemos el tiempo de colada del metal fundido (el tiempo de colada es aquel que transcurre entre el principio y el final de la circulacion del metal a traves del ataque). El modelo matematico para calcular dicho tiempo es el siguiente:

$$t = 0.04(w-1) + 0.02$$

en donde t es el tiempo de colada en s, w es el espesor medio de las paredes de la pieza en mm (rango de aplicacion de 1.5 a 6.4mm). Sustituyendo en dicha ecuacion 'nuestro' espesor de pared de 3mm tenemos que t este comprendida entre 0.06s a 0.1s. Si tomamos este ultimo (por facilidad de obtencion) o sea $t = 0.1s$ y consideramos el peso del metal a inyectar que es de 0.01 Kg, mas el peso especifico del aluminio fundido tenemos que el gasto de entrada esta dado por la siguiente ecuacion:

$$Q = G / (\rho \cdot t)$$

sustituyendo los datos en dicha ecuacion tenemos que:

$$Q = 0.000037 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por otra parte el caudal de entrada necesario, se puede calcular con el diametro del piston de inyeccion que es de 0.01587m y su velocidad de 1.147 m/s. El gasto estara dado por:

$$Q = V \cdot d^2 \cdot \pi / 4$$

sustituyendo los datos en la ecuacion anterior obtenemos un

valor de $Q=0.0002268 \text{ m}^3/\text{s}$. Como el gasto obtenido de los datos es menor que el gasto obtenido de datos reales se pueden admitir variaciones tanto en la masa de metal a inyectar como en la velocidad de inyeccion.

Por lo anterior el calculo se tendra en base teorica. La seccion de ataque de colada se calcula con la siguiente expresion:

$$S_a = Q/V$$

donde S_a es la seccion de ataque de colada, V es la velocidad de flujo en el ataque de colada comprendido entre 30 y 50 m/s, Q es el caudal de metal liquido que fluye a traves del ataque de colada. Sustituyendo los datos en la ecuacion obtenemos que:

$$S_a = 1.23 \text{ mm}^2$$

Otra formula empirica para el calculo del ataque es $S_a = 150G$ en donde G es el peso de la pieza en Kg con un espesor medio de pared de 2.4 a 3.2mm, por tanto si $G=0.01\text{Kg}$ la seccion de ataque sera:

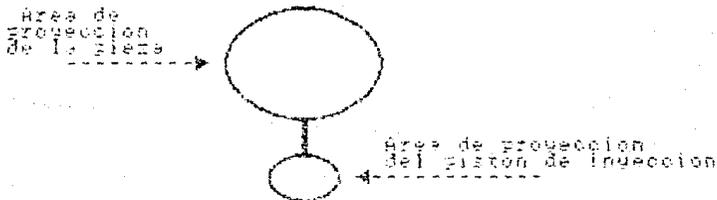
$$S_a = 1.8 \text{ mm}^2$$

Como los resultados son muy semejantes se tomara el valor de menor seccion que es de $S_a = 1.23 \text{ mm}^2$.

Conociendo la presion estatica de colada $P_e = 100 \text{ Kg/cm}^2$ y la superficie de colada proyectada, la fuerza de reaccion que tiende a abrir el molde es:

$$F = 1.25 A_p P_e$$

donde F es la fuerza de reaccion del molde y A_p es la superficie de colada en el molde. La superficie de colada esta indicada en la siguiente figura:



Tomando en cuenta un area de proyeccion de 12 cm^2 y sustituyendo los datos en la formula anterior tenemos que:
 $F = 1500 \text{ Kg}$

4.2 Sistema mecanico.

El sistema mecanico para su analisis y dimensionamiento se ha dividido en varios subsistemas y son:camara de presion,piston de inyeccion,platinas,barras guia,subsistema de retencion.

4.2.1 Calculo de la camara de presion y del piston de inyeccion.

El conjunto camara de presion y el piston de inyeccion son las partes mas importantes de la maquina de fundicion a presion,ya que en ellas radica el prensado de metal para introducirlo(bajo presion)al molde lo que constituye en si el fundamento principal del proceso.

En la camara de presion se tiene lugar la compresion del metal fundido.Aunque el fenomeno de presion de un fluido dentro de un recipiente no presenta problema alguno,la situacion de alta temperatura (650 C) le produce a la camara una situacion de esfuerzos termicos considerables asi como una erosion en su superficie.Por otro lado al disenar la camara de presion se debe considerar un material dimensionalmente estable.Ya que las variaciones bruscas de la camara dificultarian el sellado de la camara piston en condiciones de operacion.

Como primer paso se analizara la camara de presion como si fuera un cilindro de pared gruesa sometido a una presion interna.Posteriormente lo analizaremos considerando los esfuerzos termicos.De ahi el resultado que de mayor margen de seguridad(mayor espesor de pared)se tomara como satisfactorio.

Por otro lado desde el punto de vista termico la camara de presion debe tener un cierto espesor de pared lo suficientemente gruesa para mantener el calor de la carga de metal,o sea un bajo nivel de transferencia de calor.Sin embargo por ser de material metalico la camra,la transferencia de calor es grande por lo que el grueso de la pared debe ser considerable para evitar la fuga brusca de calor.

La ecuacion que determina el esfuerzo maximo(superficie interior del cilindro)de un cilindro de pared gruesa,cuando este se somete unicamente a presion interna es:

$$\sigma_{max} = \frac{P_i (a^2 + b^2)}{b^2 - a^2}$$

donde σ es el esfuerzo de tension, P_i es la presion interior, a es el radio interior del cilindro,y b es el radio exterior del cilindro.

El material recomendado por el manual de Aceros Fortuna es el WA255 cuyo esfuerzo a la tension es de 10 000 a

13 000 Kg/cm² y un esfuerzo de fluencia de 5012 Kg/cm²,por tanto si aplicamos un factor de seguridad de 1.4 (cargas ciclicas)

tenemos que el esfuerzo de trabajo sera de 3580 Kg/cm².

Si el radio interior es de 0.793 cm y considerando una
²
 presión interior de 300 Kg/cm², de la ecuación anterior
 despejamos b (radio exterior del cilindro) y sustituyendo los
 datos anteriores tenemos que b=0.894 cm. Lo que nos indica que si
 consideramos la cámara de presión como un cilindro de pared
 gruesa sometido a presión interna un milímetro de espesor de
 pared es suficiente (b-a=0.101 cm).

Sin embargo no solamente se debe considerar como
 anteriormente se calculó, sino también es necesario considerar
 los esfuerzos térmicos producidos en dicho cilindro.

Los modelos matemáticos que consideran los esfuerzos
 térmicos son los siguientes, en donde el máximo esfuerzo ocurre
 tanto en la superficie interior como en la exterior del cilindro
 y son como sigue:

$$(\sigma)_{r=a} = \left(\frac{E \alpha t_i}{2(1-\mu) \ln(b/a)} \right) \left(1 - \frac{(2b \ln(b/a))^2}{(b-a)^2} \right)$$

$$(\sigma)_{r=b} = \left(\frac{E \alpha t_i}{2(1-\mu) \ln(b/a)} \right) \left(1 - \frac{(2a \ln(b/a))^2}{(b-a)^2} \right)$$

donde: E = módulo de elasticidad (2100000 Kg/cm²), α = coeficiente
⁻¹
 de dilatación térmica (0.000012 K), t_i = incremento de
 temperatura (543-293=270K), a = radio interior del
 cilindro (0.793 cm), μ = relación de Poisson (1/4), σ = esfuerzo de
²
 tensión (3580 kg/cm²).

Sustituyendo los valores anteriores en la primera ecuación
 en la r=a tenemos que la ecuación queda en forma implícita como
 a continuación se muestra:

$$3580 = \left(\frac{4200}{\ln(b/0.793)} \right) \left(1 - \frac{(2b \ln(b/0.793))^2}{(b-0.628)^2} \right)$$

Como no es fácil despejar b se aplica un programa iterativo
 para calcular dicho valor (ver apéndice) en donde obtenemos que b
 es igual a 0.8080 cm (da un valor de espesor de pared muy
 delgada). La segunda ecuación en donde r=b queda como sigue:

$$3580 = \left(\frac{4200}{\ln(b/0.793)} \right) \left(1 - \frac{(1.25 \ln(b/0.793))^2}{b^2 - 0.628^2} \right)$$

Aplicando el programa para calcular el valor de b tenemos
 que es igual a 1.2489 cm. Por tanto el espesor de pared es igual a
 b-a y es de 0.4559 cm, por tanto este segundo criterio indica que
 con una pared de 4.5 mm de espesor la cámara de presión resistirá
 los esfuerzos térmicos.

Calcularemos ahora el posible ancho del pistón de inyección. Para lo cual se realiza la suposición de una placa circular cargada en el centro y con los bordes empotrados.

Tomando como datos la presión y el área del pistón de inyección tenemos que se necesita una fuerza de 593 Kg para lograr dicha presión.

El modelo matemático para obtener el esfuerzo máximo es el siguiente:

$$\sigma = P/h (1 + \mu) (0.485 \ln a/h + 0.52)$$

donde, σ = esfuerzo de tensión máximo permisible, P = fuerza de carga en el centro de la placa (593 Kg), μ = razón de Poisson (1/4), a = radio de la placa (0.793 cm) y h = espesor de la placa, valor que queremos obtener. Sustituyendo dichos datos en la fórmula anterior tenemos una ecuación de la siguiente forma:

$$2500 = 741/h (0.485 \ln(0.793/h) + 0.52)$$

Como la ecuación queda en forma implícita para obtener el valor de h es necesario aplicar un método numérico para obtener dicho valor. Aplicando una iteración sucesiva obtenemos un valor de $h = 0.475$ cm. Lo que deducimos que el pistón de inyección debe tener como mínimo un valor de 5 mm de longitud.

Con estos datos es posible dimensionar tanto la cámara de presión como el pistón de inyección ya que las dimensiones faltantes se ajustarán de acuerdo a la fabricación de los mismos.

4.2.3 Cálculo de las platinas.

Las platinas es un conjunto de tres placas rectangulares las cuales dos de ellas están fijas (con tornillos) a las barras guía y una es móvil con capacidad para desplazarse sobre las barras guía. La finalidad de las platinas es: las fijas, una de ellas es servir de apoyo al pistón o mecanismos de retención y la otra servirá para insertar la cámara de presión (por un lado) y apoyar el semimolde fijo (por el otro); la platina móvil servirá para apoyar el semimolde móvil ya que gracias a su movimiento es posible extraer la pieza inyectada.

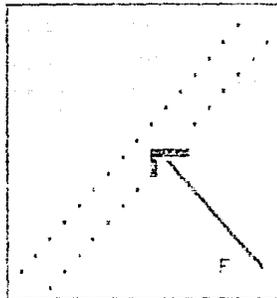
Las platinas por ser parte importante de la estructura de la máquina, ya que ellas resisten la fuerza de reacción del molde se encuentran sometidas a un gran esfuerzo de flexión principalmente.

Las platinas por lo general son de forma rectangular a fin de que en sus esquinas se apoyen a las barras guía y formen un sistema indeformable. Están dimensionadas de acuerdo a la capacidad volumétrica del molde. Están relacionadas con la cantidad de material a inyectar en el molde.

Las platinas en nuestro caso se fabricaran en forma cuadrada de acuerdo a las dimensiones de 100 mm por lado. Ya que dichas dimensiones son suficientes para poder alojar un molde de pequenas dimensiones, capaz a su vez de alojar posibles formas de piezas inyectadas con capacidad de 0.01 Kg. Y a su vez dicho molde sea capaz de poder maniobrar en el espacio que dejan libre las flechas-guia (tanto para su montaje como desmontaje).

Con respecto al material utilizado se usara acero bajo carbono SAE 1020 debido a su bajo costo, facilidad de maquinado y sus buena resistencia a la flexion.

Teniendo ya establecidas las dimensiones 'de area' lo que falta es determinar el espesor de dichas platinas. Existen varias formas de realizar el calculo. En este caso se realizara una suposicion 'simple' pero que aloja resultados severos. Supondremos a la platina como una viga simplemente apoyada en sus extremos, de tal manera que la 'luz' de dicha viga sea la diagonal de la platina. La carga que soportara la platina sera concentrada al centro tal como lo indica la figura:



Una vez calculada bajo esta suposicion, que realmente sera la platina fija de retencion la que se vea sometida a este tipo de carga, las demas platinas estaran bajo un cierto margen de seguridad, ya que la carga en ellas se encontrara mas distribuida sin embargo calculando el caso mas severo las demas estaran dentro de rango.

Por tanto nuestro problema se reduce a dicha suposicion. El momento flexionante maximo para una viga simple apoyada en sus extremos y con una carga concentrada en el centro es la siguiente:

$$M = 1/4 F l$$

Y el esfuerzo flexionante esta dado por:

$$\sigma = Mc/I$$

Para una viga de perfil rectangular el momento de inercia es igual a:

$$I = bh^3 / 12$$

Sustituyendo en la formula de esfuerzo flexionante el momento de inercia, obtenemos que:

$$\sigma = 6M / (bh^2)$$

Donde b es la base del rectangulo y h la altura del mismo. Si para un acero bajo carbono 1020 utilizado en perfiles y placas tenemos un esfuerzo de trabajo, a la flexion, de 1100

Kg/cm² considerando una clase de carga II (variable en un sentido). Una longitud entre apoyos 'luz' de 14.14 cm. Una fuerza concentrada en el centro de 1500 kg (fuerza de reaccion del

molde). Despejando bh² y sustituyendo los datos en la ultima formula tenemos que:

$$bh^2 = 28.92 \quad (\text{cm}^3)$$

donde b y h estan en cm.

Considerando medidas de placa estandar comerciales (numeros preferentes) podemos generar la siguiente tabla

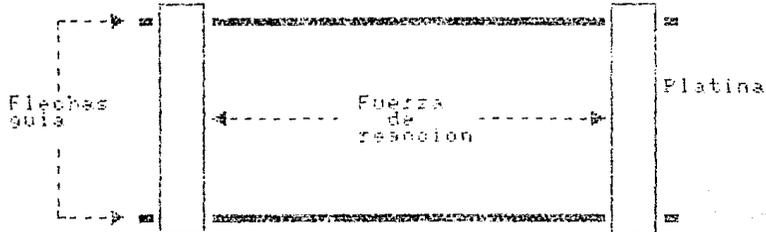
h (cm)	b = 28.92 / h ²
0.635 (1/4'')	71.72
1.27 (1/2'')	17.93
1.58 (5/8'')	11.58
1.9 (3/4'')	8.01
2.54 (1'')	4.48

De la tabla anterior generada podemos concluir que una medida de h=1.58 cm (espesor de la platina) obtenemos un valor de base de 11.58 cm que es menor a la contradiagonal de la platina cuyo valor es de 14.14 cm. Sin embargo cualquier otro valor mayor al anterior cumple con la restriccion. Solo que por optimizar material se elige dicho valor. Las dimensiones y dibujos finales se mostraran en el capitulo V.

4.2.4 Calculo del diametro de las flechas-guia.

Las flechas-guia son elementos de union y guiado de las platinas. Tienen la finalidad de evitar la separacion de las platinas debidas a la fuerza de reaccion del molde y a su vez de servir de guia y 'carril' a la platina movil (que sera en donde se va a desplazar). Las flechas-guia junto con las platinas formaran la estructura basica de la maquina. Estaran alojadas en las esquinas de las platinas, atornilladas a estas a fin de poderlas cambiar facilmente y ajustar el paralelismo de las platinas.

Las flechas-guia soportaran tambien la fuerza de reaccion del molde tal como lo indica la figura:



De acuerdo a lo anterior la fuerza aplicada a las flechas-guia se distribuirá entre las cuatro barras. Dicha fuerza provocará a las flechas un esfuerzo de tensión únicamente (ya que la fuerza está en el centro y el pandeo de las platinas es despreciable). Los esfuerzos de flexión debido al pistón de retención son despreciables.

La fuerza de retención, que será la fuerza a equilibrar por las flechas-guia se distribuirá en las cuatro por lo que cada flecha estará sometida a una fuerza de tensión de 375 Kg. La flecha se fabricará de acero bajo carbono SAE 1030 para

flechas (42 kg/cm²) con un esfuerzo a la tensión admisible de

1000 kg/cm² para una clase de carga variable en un sentido. Para obtener el diámetro de la flecha (que es la variable a buscar) solo basta determinar el área de la sección y despejar de ahí el diámetro de dicha barra. La relación es la siguiente:

$$\sigma = F/A$$

donde σ es el esfuerzo permisible a la tensión, F es la fuerza que provoca dicha tensión y A es el área transversal del elemento en cuestión.

Sustituyendo el area del circulo(seccion transversal) en la formula anterior y despejando el diametro tenemos que:

$$D = \sqrt[3]{4F / (\pi \sigma)}$$

Sustituyendo los valores de fuerza y esfuerzo a la tension en la formula anterior tenemos que el diametro es igual a $D=0.69\text{cm}$ (aprox: $5/16''$). Con dicho valor es suficiente para resistir la fuerza de reaccion. Sin embargo ya que las flechas soportan a las platinas por union roscada, es ahi en donde esta la parte mas debil de la flecha o sea en la raiz de dicha rosca, por tanto se calculara una rosca que resista dicha fuerza y el diametro que resulte mayor sera el que rija en el diseno.

Para obtener la rosca a utilizar es necesario calcular primero el area de seccion trasversal que una rosca puede resistir en su raiz. El modelo matematico que determina dicho valor se da a continuacion:

$$A_r = (15.24 F / \sigma)^{2/3}$$

donde A_r es el area de la raiz de la rosca, F es la fuerza axial que soporta la rosca y σ es el esfuerzo de fluencia del material. Si $F=375 \text{ kg}$ y $\sigma=3867 \text{ Kg/cm}^2$ para un acero 1020 tenemos

que el area de la rosca $A_r=1.29 \text{ cm}^2$. Buscando en la tabla donde relacionan diametro nominal de las roscas y el area tenemos que para una area de 1.40 cm^2 le corresponde un diametro nominal de rosca de $5/8''$ -NF (se elige fina por su mayor resistencia a un mismo diametro nominal). Por tanto como el diametro de la rosca fue mayor que el de la flecha calculado, se elige el diametro de la rosca para toda la flecha en general.

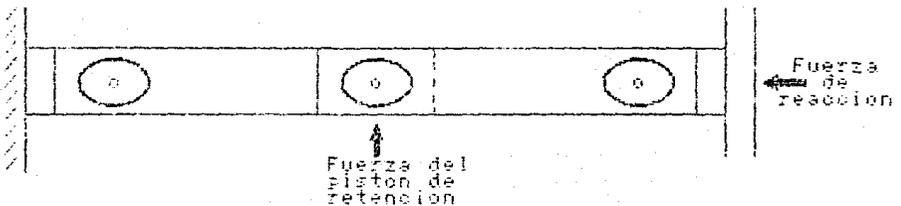
4.2.5 Calculo del subsistema de retencion.

El subsistema de retencion es conjunto de palancas, elementos y piston que soportan la platina fija y le proporcionan movimiento a la misma. El objetivo del subsistema de retencion es mantener cerrado el molde (soportan la fuerza de reaccion) durante la inyeccion de la pieza (donde se generan los maximos esfuerzos) y dotar de movimiento a la platina para que separe el molde y poder asi extraer la pieza inyectada.

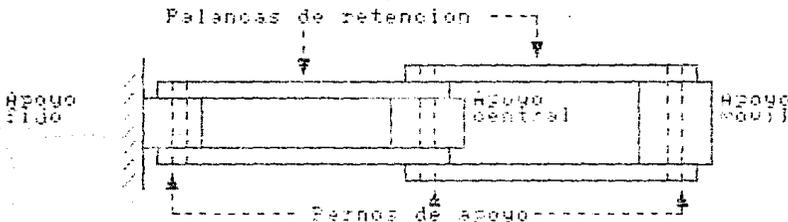
De las diversas formas de retencion se adopto el de palancas acodadas debido a que solo disponemos de una presion

2

neumatica de 6 Kg/cm² y un piston que soportar por si solo toda la fuerza de reaccion tendria que ser muy grande, es por eso que el sistema de palancas acodadas se eligio debido a que con un piston de poca fuerza puede soportar (el conjunto) la fuerza de reaccion. Esto es debido a que en su posicion extendible el piston no soprta ninguna fuerza sino que las palancas son las que trabajan. A continuacion se esquematiza lo aterior:



Por otra parte para hacer un analisis de diseno del mecanismo de retencion se clasificara en varias partes como a continuacion se mencionan:



Como se observa en las figuras anteriores, el subsistema tiene varias partes. Se observa que las palancas se encuentran sometidas a compresión debido a la fuerza de retención, mientras que los pernos se encuentran sometidos al cortante.

Calcularemos primero los pernos. En base al diámetro de los mismos se dimensionara la altura de las barras, quedando por ultimo de calcular el ancho de la misma.

Los pernos se encuentran sometidos a un esfuerzo cortante que se define como:

$$\sigma_c = F_r / A$$

donde σ_c es el esfuerzo cortante del material (de trabajo), A es el area transversal de la pieza, y F_r es la fuerza perpendicular al eje del perno (pieza). Como los pernos son de seccion circular el diámetro se calcula a partir de la siguiente formula:

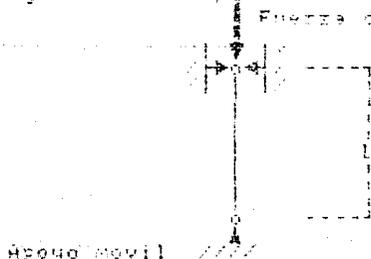
$$D = \sqrt{4F_r / (\pi \sigma_c)}$$

Para un acero utilizado en flechas SAE 1030 tenemos un

$\sigma_c = 900 \text{ Kg/cm}$ en clase de carga II (variable en un sentido) y si $F_r = 1500 \text{ Kg/cm}$ obtenemos un diámetro de $D = 1.46 \text{ cm}$. Sin embargo por facilidad de maquinado tanto del perno como del barrenado (sobre todo este ultimo) redondearemos a una medida comercial (numero preferente) que es de 1.587 cm ($5/8''$) y con esto garantizamos un valor de resistencia del perno de un poco mas alto.

Dimensionando el diámetro de los pernos, calcularemos las palancas de retención. Como ya se habia dicho las palancas se encuentran sometidas a un esfuerzo de compresión producido por una fuerza de 1500 Kg , sin embargo las palancas van a ir en conjunto de dos articuladas por el centro es por tanto que la fuerza estara repartida entre dos. Con respecto a la longitud o 'luz' de las barras tambien sera la mitad de la distancia entre platina fija trasera y platina movil (adjunta a la fija delantera) en posicion de 'molde cerrado', ya que la articulacion central se considerara como apoyo movil.

El diagrama de cuerpo libre es el siguiente:



Para dicha columna en la cual los dos apoyos son móviles tenemos la siguiente fórmula de Euler:

$$I = F l^2 / (\pi^2 E)$$

Si $F = 750 \text{ Kg}$, $l = 14.5 \text{ cm}$, η (factor de seguridad) = 6, $E = 2100000$

Kg/cm^2 , determinamos el momento de inercia (I) sustituyendo los

datos en la fórmula anterior tenemos que $I = 0.0456 \text{ cm}^4$. Si consideramos que las barras son de sección rectangular y cuyo momento de inercia se expresa de la siguiente manera:

$$I = bh^3 / 12$$

donde b es la base del rectángulo (en este caso será el espesor de las palancas) y h es la altura del mismo. Si h debe ser mayor de 20 mm, por lo menos para poder alojar un barrenado (donde van a estar insertados los pernos) de 15.87 mm. Considerando una altura de 30 mm y sustituyendo los datos en la fórmula anterior obtenemos una $b = 0.02026 \text{ cm}$.

Por otro lado la relación de esbeltez para una columna se calcula con la siguiente fórmula:

$$\lambda = l_0 \sqrt{A/I}$$

sustituyendo los datos anteriores en la fórmula de relación de esbeltez de la columna obtenemos que $\lambda = 16.74$. Para que exista pandeo λ debe estar comprendida de 60 a 100. Por tanto como es menor que el rango la palanca se calculará como un elemento simple sometido a compresión de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sigma_c = F_c / A$$
$$\sigma_c = F / (bh)$$

Para un elemento de sección rectangular, si $h = 3 \text{ cm}$ y si el esfuerzo a compresión del acero 1020 (considerando una carga variable en un sentido) es de 900 Kg/cm^2 obtenemos una $b = 0.27 \text{ cm}$

Por otro lado considerando una concentración de esfuerzos debido al agujero en el cual van alojados los pernos, tenemos la siguiente: de las dimensiones de h y el barrenado de 15.87 mm obtenemos un factor de seguridad de 2.1 (de la gráfica de concentración de esfuerzos Diseño de elementos de máquinas Fairless). Aplicando las ecuaciones anteriores y tomando en cuenta la concentración de esfuerzos tenemos que $b = 0.554 \text{ cm}$. Por otra parte tomando en cuenta el área que resta (área de la palanca - área del perno) tenemos una $b = 0.58 \text{ cm}$.

Si las palancas tuvieran poco o casi nada de movimiento dichas dimensiones serían suficientes, sin embargo las palancas tienen un movimiento oscilatorio (abrir y cerrar el molde constantemente) con lo que las articulaciones de las barras

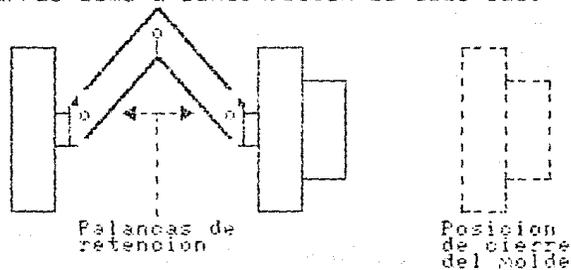
tienen el trabajo de un cojinete, por tanto dichas articulaciones se tendran que diseñar para tal fin. Se considerara un cojinete plano.

Un criterio de un diseño de cojinete plano nos relaciona l/d , donde l es el ancho del cojinete (en este caso el ancho es b) y d es el diametro del muñon (en este caso diametro del perno), dicha relacion esta comprendida entre 0.8 a 1.3. Tomando una relacion l/d de 0.8 y si $d=1.587$ cm (diametro del perno) el ancho del cojinete nos queda de $l=12.69$ cm. Por tanto el ancho final de la palanca de retencion sera de 12.7mm (1/2") por ser una medida comercial, y con dicho valor se cumple todas las restricciones.

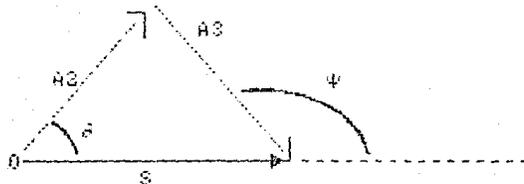
4.2.6 Analisis de posicion de las palancas de retencion.

El hecho de realizar un analisis de posicion de las palancas de retencion tiene como finalidad el obtener los desplazamientos de las palancas para poder dimensionar la posible carrera del piston de retencion y poder delimitar la apertura del molde (apertura de las platinas).

El subsistema de retencion se pueda simplificar en un mecanismo de tres barras como a continuacion se describe:



Al cual le podemos asociar vectores en un diagrama de cuerpo libre como a continuacion se describe:



Escribiendo en forma vectorial lo anterior nos queda:

$$\vec{A}_2 + \vec{A}_3 = \vec{S}$$

si:

$$\vec{S} = S e^{i0}$$

$$\vec{A}_2 = A_2 e^{i\phi}$$

$$\vec{A}_3 = A_3 e^{i(\pi+\phi)}$$

sustituyendo en la primera igualdad tenemos que:

$$S e^{i0} = A_2 e^{i\phi} + A_3 e^{i(\pi+\phi)}$$

despejando A_3 y multiplicando por el conjugado obtenemos que:

$$S = 2A \cos \phi$$

que es la ecuacion general del mecanismo.

Para un angulo $\phi=0$ tenemos que:

$$S = 2A$$

Si consideramos una distancia de palancas de $a=145\text{mm}$ (despues de varias proposiciones) y sustituyendo en la ecuacion anterior tenemos que $S=290\text{mm}$ (distancia total de las palancas extendidas en forma horizontal). Si a dicha distancia le restamos la apertura del molde de 25mm (1'') que es la maxima para extraer la pieza tenemos una distancia de $S'=265\text{mm}$. Cuando el mecanismo tenga esta distancia de S' significa que esta en su posicion de apertura de platina por lo que las barras se encontraran formando un angulo cuyo valor determinaremos a continuacion:

$$\phi = \cos^{-1} (S'/2A)$$

sustituyendo los valores de S' y A el angulo $\phi=23.96$ que sera el maximo angulo de elevacion de las platinas (de trabajo).

Obtenido y fijado el valor de las palancas (145mm) y el angulo de elevacion ϕ (se redondeara a 30 grados para tener un margen de disponibilidad de montaje del molde), se podra calcular la carrera del piston de retencion.

Como en el caso anterior si asociamos vectores al mecanismo y definimos que :

$$\vec{A}_4 = \vec{A}_5 + \vec{A}_6 + \vec{A}_2$$

donde:

$$\vec{A}_2 = A_2 e^{i\phi}$$

$$\vec{A}_4 = A_4 e^{i\psi}$$

$$\vec{A}_5 = A_5 e^{i\pi/2}$$

$$\vec{A}_6 = A_6 e^{i\pi}$$

Sustituyendo los valores de los vectores en la formula de conjunto tenemos que:

$$A_1 e^{i\psi} = A_2 e^{i\pi} + A_3 e^{i\pi/2} + A_4 e^{i\phi}$$

multiplicando por el conjugado y simplificando en la forma de coseno nos queda:

$$A_1^2 = A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + 2A_2A_3 \cos(\pi/2) + 2A_2A_4 \cos(\phi-\pi) + 2A_3A_4 \cos(\pi/2-\phi)$$

si $A_2 = 145\text{mm}$, $A_3 = 145\text{mm}$ y $\phi = 30$ sustituyendo en la formula anterior obtenemos que :

$$A_1^2 = 21308 + A_4^2 + 251 A_4$$

Donde A_1 es la longitud del piston extendido y A_3 es la longitud del piston retraido por lo que la carrera del piston sera $A_1 - A_3$. Si normalmente la carrera es el 80% de la longitud del piston entonces decimos que:

$$A_1 = 1.8 A_3$$

sustituyendo dicha relacion en la formula anterior obtenemos un $A_1 = 345.09 \text{ mm}$ y por tanto un valor de $A_3 = 191.6 \text{ mm}$. Lo que deducimos que el piston debe medir por lo menos 200 mm y tener una carrera de 160 mm.

Una vez dimensionado las medidas del piston de accionamiento (tamano y carrera) lo faltante para determinar las caracteristicas del piston es calcular el diametro del mismo. Ya que este esta relacionado directamente con la fuerza del piston. Pero en este sistema de retencion, el piston no retiene la fuerza de reaccion del molde sino unicamente mueve el mecanismo. Sin embargo el piston debe tener suficiente fuerza para retener la platina en caso de que el molde sufra una separacion (en un momento dado) de hasta 0.2mm (0.007''), si la longitud de las palancas extendidas es de 290 mm y si restamos 0.2 mm obtenemos una $S = 289.8 \text{ mm}$ para lo cual tenemos un angulo de elevacion de $\phi = 2.12$ grados.

De acuerdo al diagrama de cuerpo libre la fuerza que el piston necesita para retener la fuerza de reaccion, cuando las palancas tienen un angulo de elevacion ϕ dado es la siguiente:

$$F_p = F_r \tan \phi$$

lo que se deduce que a mediada de que aumenta ϕ la fuerza del piston aumenta en forma tangencial hasta llegar a $\phi = 90$ en donde se necesitaría una fuerza infinita (o muy grande) para sostener la platina si por el contrario entre mas pequeña sea ϕ menor es la fuerza necesaria del piston. Si $\phi = 0$ entonces no se necesita de ninguna fuerza del piston para retener la fuerza de reaccion es por eso que dicho sistema es muy practico para grandes

maquinas.

Sustituyendo el valor calculado de $\phi=2.29$ y si la fuerza de reaccion es $F_r=1500$ Kg obtenemos una fuerza del piston de retencion de $F_p=55$ Kg .Para obtener una fuerza de 55 Kg con una

²
presion de 5 Kg/cm obtenemos que un piston de diametro interno de 38.1mm(1.5'')da una fuerza de 68 Kg.For lo que queda dimensionado las partes del subsistema de retencion.

4.3 Sistema de Control.

El sistema de control es aquel que define las secuencias de operacion del proceso y las lleva a cabo. Consta de interruptores electrovalvulas, conductores, microcircuitos, temporizadores etc.

Para su diseno se clasificara en dos partes. Una electrica electronica y otra neumatica.

Como primer punto en el diseno del sistema de control es determinar las operaciones que este va a realizar. Una vez hecho esto se establecera si el sistema trabajara en condiciones manuales, automaticas, semiautomaticas. Otro aspecto en el sistema de control seras analizar y disenar si el mismo sera un control totalmente automatico o sera un control del tipo secuencial.

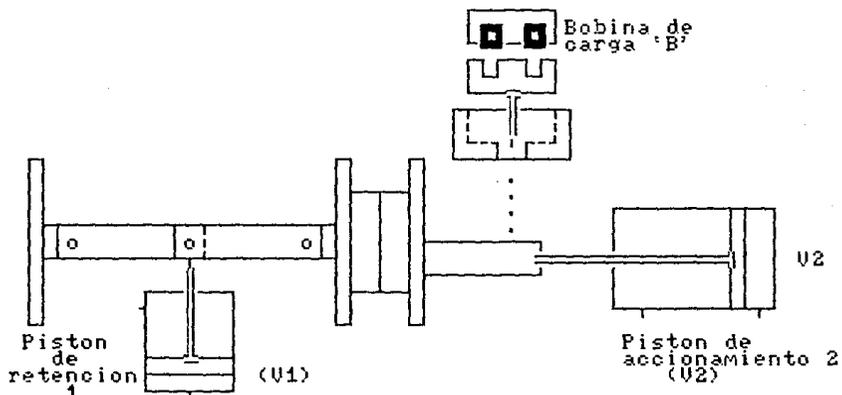
Para controlar nuestro sistema se emplearan de los dos controles. El de tipo secuencial para controlar las operaciones de movimiento de la maquina, y el de tipo automatico para la regulacion de temperaturas del horno y del molde.

4.3.1 Control electrico-electronico.

Establecido el tipo de control se analizara la secuencia del proceso, que es como sigue:

Partimos de un principio establecido, la maquina se encuentra con el molde abierto, el piston de inyeccion retraido y la 'antorcha' cerrando el orificio de vaciado del crisol.

De acuerdo al siguiente diagrama se establecieron las condiciones:



Llamemos V1 a la electrovalvula que comanda el piston de retencion (1). Sea V2 la electrovalvula que comanda el piston de accionamiento (2) y B es la bobina que hace que la 'antorcha' abra o cierre el orificio de vaciado (cierra desenergizada). En su posicion de reposo (cuando se encuentran desenergizadas las bobinas de las electrovalvulas) el piston de retencion se encuentra en la posicion retraida (o sea molde abierto). El piston

de accionamiento con el vástago retraído también y la bobina del horno desenergizada (cerrado el orificio de la antorcha).

La secuencia es la siguiente. Mediante un pulsador C1 energizamos la electroválvula V1 que manda al pistón 1 y este cierra el molde. Una vez cerrado el molde se energiza la bobina B mediante un pulsador CB (carga de la bobina) que acciona la antorcha y abre el orificio de llenado del horno de fundición. Permanece un tiempo abierta (cargando de metal fundido a la cámara) y después se cierra desenergizando la bobina B. Una vez cerrada la antorcha se energiza la válvula V2, mediante un pulsador I, para que el pistón de accionamiento mueva el pistón de inyección e inyecte el metal fundido en el molde. El pistón de inyección se mantiene un tiempo t_2 (tiempo de solidificación del metal en el molde) y después se desenergiza V2 mediante A1 para que a su vez se retraiga el pistón de accionamiento. Una vez terminada la inyección mediante un pulsador A1 se desenergiza V1 el pistón 1 desplaza todo su vástago lo que hace que el molde se abra, y el ciclo este listo para iniciarse de nuevo.

Sin embargo existen ciertas restricciones. Solamente se puede energizar B y V2 si V1 está energizado. Solamente se puede desenergizar V1 si se encuentra desenergizado V2. Mientras se está cargando la cámara de metal no se puede energizar V2 ni desenergizar V1.

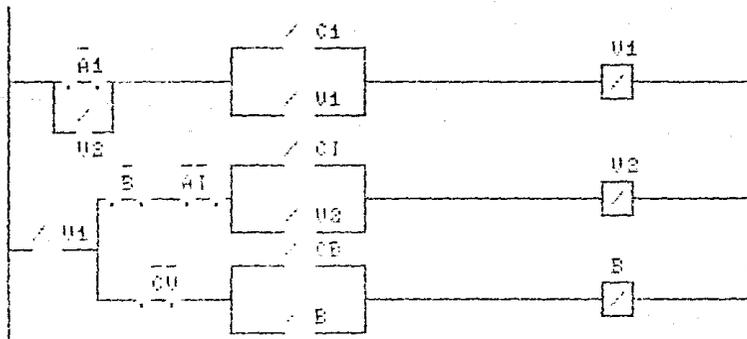
De lo anterior se puede generar las siguientes ecuaciones en álgebra de Boole:

$$V1 = (\bar{A1} + V2) (C1 + V1)$$

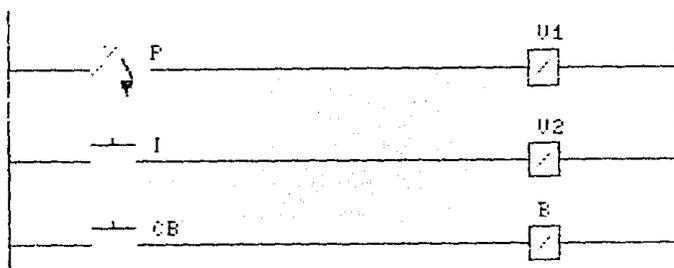
$$B = V1 (CB + B)$$

$$V2 = V1 (B + \bar{A1} (I + V2))$$

Las ecuaciones anteriores generan el siguiente diagrama de control:



El diagrama anterior funciona en forma manual utilizando contactores con botonerías (Na y Nc). Sin embargo se puede generar un diagrama en forma muy sencilla, sin necesidad de utilizar contactores (utilizados para servicio pesado, pero para fines del presente trabajo no es necesario utilizarlos). El control únicamente utiliza un contacto de palanca (un tiro un polo) de forma abierta o cerrada y dos pulsadores normalmente abiertos. A continuación se presenta el diagrama simplificado de control manual:



Cuando P se encuentra abierto no energiza a V1 y la platina se encuentra abierta. Si P está cerrado energiza a V1 y cierra la platina. CB es un botón normalmente abierto, cuando está en esta posición no energiza a B y por tanto no abre el orificio de llenado. Cuando CB se cierra (manualmente) se energiza B y la antorcha abre el orificio de carga. I es también un botón normalmente abierto cuando se encuentra en esta posición V2 no se energiza y el pistón de accionamiento permanece inmóvil. Cuando se cierra I se energiza V2 y a su vez el pistón de accionamiento se desplaza al de inyección que realiza dicha operación.

Se utilizó únicamente un contacto de palanca fija (P) en el control de la válvula V1 ya que el tiempo que está energizada es grande. Se utilizaron contactos 'de retención manual' I, B para accionar V2 y B ya que los tiempos de carga e inyección son muy cortos y manualmente con solo retenerlos se pueden energizar o desenergizar rápidamente.

Como el fin de la inyectora no va a ser del tipo industrial, sino de laboratorio utilizaremos el diagrama de control sencillo.

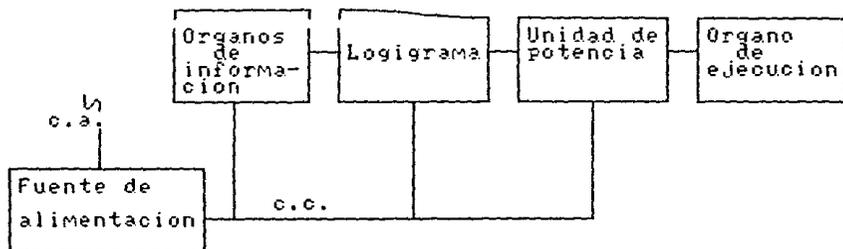
Si embargo no solo en forma manual debe funcionar la máquina (ya que su operación precisa de mucho ensayo de parte del operador) sino debe funcionar al menos en forma semiautomática.

El diagrama de control utilizando contactores se puede fácilmente semiautomatizar (en eso estriba su ventaja) únicamente agregando temporizadores (Timer) en el control de V1 y B. Sin embargo el costo de todo este equipo que incluye

contactores, botoneras, relevadores y temporizadores es elevado.

Dada la condicion de costo y funcionalidad se decidio utilizar un sistema electronico de control disenado y armado especialmente para este trabajo.

Todo circuito electronico que comanda un sistema tiene la siguiente estructura basica.



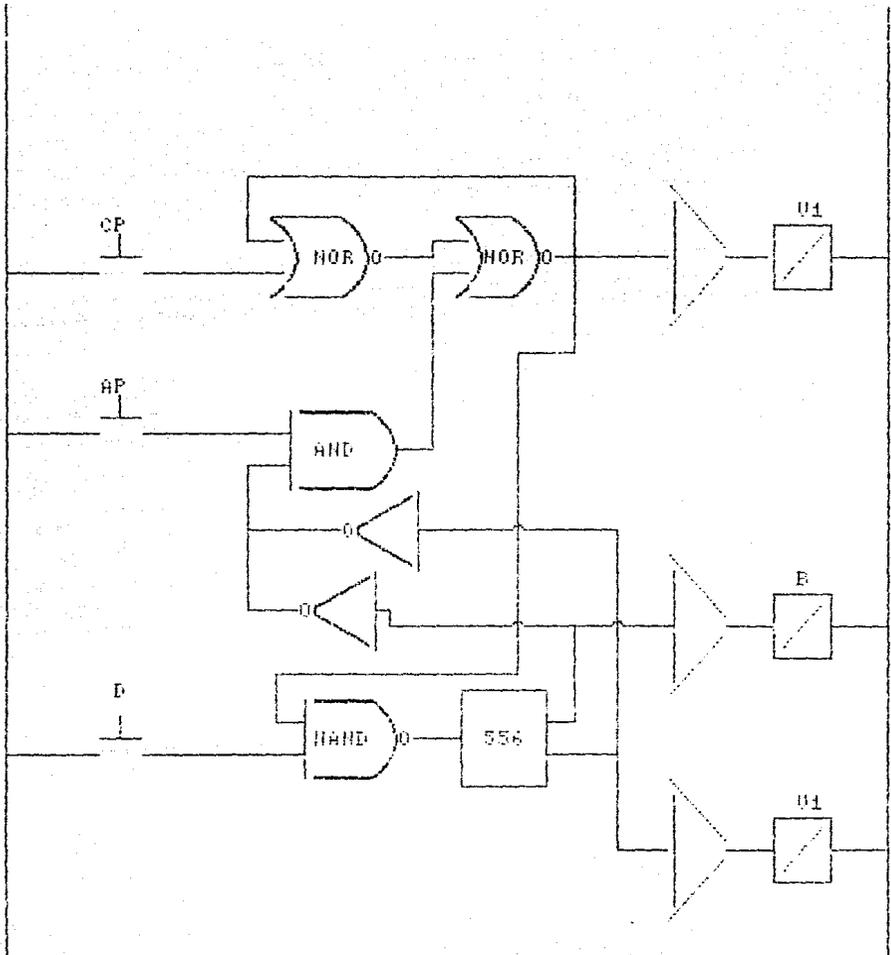
La fuente de alimentacion del circuito transforma la corriente alterna (120 V) en corriente directa a 5 V para que puedan operar los circuitos integrados y los elementos electronicos. El organo de informacion seran los sensores y botones de mando, en nuestro caso solo utilizaremos 3 pulsadores normalmente abiertos. Los organos de ejecucion son en este caso las electrovalvulas y la bobina que comandan los pistones neumaticos y la 'antorcha' respectivamente. El logigrama se encargara de mandar la secuencia logica de operacion. La unidad de potencia transformara la senal de salida del logigrama, 5 V cd, en senal de corriente alterna a 120 V para que a su vez pueda energizar las bobinas de las electrovalvulas. Tanto el diagrama de la fuente de alimentacion como el de la unidad de potencia se daran en el apendice respectivo.

El logigrama tiene que cumplir con la siguiente tabla de verdad:

Organos de informacion			Organos de ejecucion		
CP	AP	D	V1	V2	B
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

El circuito electrónico de control de logigramas generado a partir de la tabla de verdad y que cumple con las restricciones anteriores es el siguiente:



La primera parte del circuito esta compuesta por 2 compuertas NOR realizando la funcion memoria(ver apendice compuertas). Si accionamos el pulsador Cp(cerrar platina) n.a.a la primera compuerta NOR le llega un 1 y con un cero(supuesto)de la otra entrada se obtiene un 0. Si la segunda compuerta NOR tiene dos ceros de entrada generan un 1 y energizan V1.

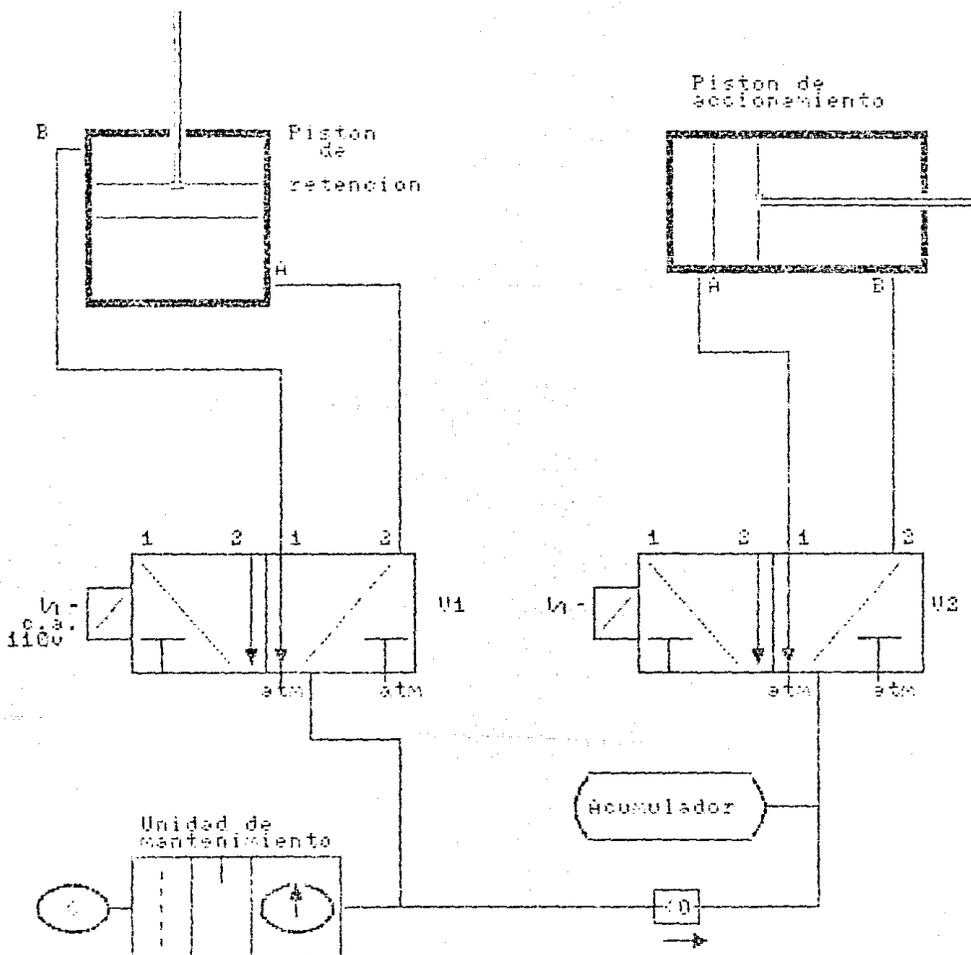
Cuando oprimimos el pulsador D se genera un 1 que llega a la compuerta NAND. Si llega un 1 por la otra entrada, de la salida de la segunda compuerta NOR(platina cerrada), entonces la compuerta, con dos 1 en las entradas genera una salida de 0. El circuito 556 (temporizador duplex en situacion monoestable) solo se 'dispara' si la entrada es un pulso a 'tierra' o sea un 0. Al obtener un 0 apartir de la compuerta NAND(las entradas 1) y este dispara el 556 se obtienen dos salidas 'escalon' de diferente duracion y secuenciales(una atras de otra). El primer escalon energiza a la bobina B durante un tiempo t_1 (tiempo en el que el horno vacia el metal) y trascurrido dicho tiempo se dispara el segundo 'escalon' que energiza a V2 durante un tiempo t_2 (tiempo de inyeccion y solidificacion). Terminado el ciclo las salidas de 556 son cero. Durante su funcionamiento tiene dos sistemas de seguridad. Uno si no se encuentra energizado V1 o sea salida 0 en la segunda compuerta NOR, una de las entradas a la compuerta NAND, esta no generara la salida cero, a pesar de encontrarse activado D. Solamente si se encuentra energizado V1 se podra activar el temporizador 556(o sea que el molde tiene que estar cerrado para poder realizar la inyeccion).

Por otro lado mientras exista una salida de 1 por el 556, o sea se encuentre energizado V2 o B, se invertira el resultado logico 1 por cero para que al llegar a la compuerta AND no podra generar un 1, apesar de la otra entrada, y si sigue entrando un cero a la segunda compuerta NOR esta no podra dar salida a un cero(que desenergizaria a V1). Con esto se asegura que si por equivocacion se oprime el boton de apertura de la platina mientras se esta inyectando el metal, este no salpique al exterior.

El circuito consta de unos elementos de potencia(en forma de triangulo) con optoacopladores para realizar el cambio de senal logica(5 V cd) a senal electrica (120 V ca). En el apendice se explicara las conexiones electronicas de control.

4.3.2 Control Neumatico.

El sistema de control comprende tambien de una parte neumatica y electrica. Esto se debe a que los pistones, tanto el de accionamiento como el de retencion, son del tipo neumatico es necesario unas electrovalvulas neumaticas para poder controlarlos. A continuacion presentamos el diagrama de control neumatico:



El funcionamiento del sistema neumático es el siguiente: En la posición de reposo el aire proveniente del compresor (C) llega a la válvula V1 de donde es conducido al pistón de retención el cual llega, el aire, por la conexión A provocando el desplazamiento del embolo hasta su posición de carrera máxima, esto es con la finalidad de que la platina móvil se encuentre abierta en su posición de reposo (o cuando se interrumpa el suministro de corriente). Cuando se energiza la válvula V1 el aire es conducido a través de la salida 2, por lo que llega ahora primero a la conexión B del pistón, desplazando el embolo hacia su posición retraída (el vástago totalmente sumergido). El aire almacenado en la cavidad contraria (del pistón) escapa a través de A llegando a la válvula V1 y saliendo a la atmósfera por el ducto 2. De igual manera se comporta la válvula V2 solo que esta, en su posición de reposo (desenergizada) hace pasar el aire a través de 2, primero, a fin de retraer el pistón; ya que como es el pistón de inyección se requiere que desenergizada la válvula este se retraiga (no inyección). Al energizar V2 el aire a presión pasa por 1 y llega al conducto B del pistón de accionamiento, provocando un desplazamiento total del embolo. Sin embargo el control del pistón de accionamiento cuenta con un acumulador de presión A, para asegurar el suministro constante de aire y obtener la velocidad requerida.

Las válvulas utilizadas son del tipo 3/2 con accionamiento eléctrico y entradas de 1/4" la del pistón de retención y 3/8" la del pistón de accionamiento. Existe también una válvula antirretorno (CH) con el fin de evitar la descarga del acumulador de presión, por si fallara el suministro de aire, el sistema tiene suficiente aire para regresar los pistones a su posición de reposo.

Con respecto a los pistones son del tipo ² neumático (comercial) que trabajan con presiones de 6 Kg/cm. El pistón de retención tiene un diámetro interior de 38.1 mm (1 1/2"), una carrera de 200 mm y conexiones de 1/8". El pistón de accionamiento tiene un diámetro de 70 mm (50 mm en tandem) y una carrera de 50 mm con conexiones de 3/8" (los diámetros de los pistones son aproximados, hay que ajustarse a los existentes en el mercado).

El sistema de control incluye también el control del horno de carga (control automático). De los diversos tipos de control de temperatura que existen en el mercado, se eligió un sistema de control sencillo (utilizado en mufas), del tipo bimetalico con rango de ajuste variable. La capacidad de control es de 15 Amp a 120 V. Se localiza como INF-120. El rango de temperatura a controlar es de 0-900 C aprox. De igual forma el control de las platinas es bimetalico para mantener la temperatura constante.

4.4 Sistema termico.

El sistema termico esta constituido por los elementos que proporcionan energia calorifica al sistema ya sea para elevar la temperatura de algun elemento o para fusionar el metal a inyectar. El sistema termico esta comprendido en dos partes; un diseno del horno de fusion y la otra la calefaccion de la camara de presion-platina.

4.4.1 Diseno del horno de fusion y colada.

Como ya se habia dicho en el cap. 3 se experimentaron varios tipos de sistemas para poder fusionar y vaciar el metal a inyectar. Sin embargo se llego a la conclusion de que un sistema de fusion electrico por medio de resistencias y un vaciado del tipo 'antorcha' era lo mas viable para el presente trabajo.

El primer punto es calcular el elemento calefactor del horno de fusion. Para determinarlo es necesario calcular la cantidad de calor necesaria para el horno de fusion, o sea la cantidad de calor que absorbe el metal desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de fusion y de mantenimiento del mismo. Una parte del calor generado por el elemento calefactor la absorbe el metal para completar su fusion y la otra se disipa al medio ambiente, sin embargo es necesario generar todo el calor para poder mantener el horno en funcionamiento.

El calor de fusion y recalentamiento se puede expresar mediante la siguiente igualdad:

$$Q' = Q1 + Q2 + Q3$$

donde $Q1$ es el calor de calentamiento al punto de fusion, $Q2$ es el calor de recalentamiento del punto de fusion a la temperatura de recalentamiento, $Q3$ es el calor de fusion. Sustituyendo las variables tenemos que:

$$Q' = m (C1(t_1 - t) + C2(t_2 - t_1) + Q3)$$

donde m es la masa a fundir y es de 0.1 Kg, $C1$ calor especifico del solido (para el aluminio 0.23 Kcal/Kg C), $C2$ es el calor especifico del liquido (0.39 Kcal/Kg C), $Q3$ es el calor latente de fusion para el aluminio 85 Kcal/Kg, t_1 es la temperatura de fusion del aluminio 857 C, t_2 temperatura de recalentamiento 750 C, t es la temperatura ambiente 20 C. Sustituyendo en la formula tenemos que $Q' = 111 870$ J. Si el horno funde el metal en 10 min tenemos una potencia de $Pot' = 184$ watts.

Por otro lado, la cantidad de calor que se transfiere al medio ambiente, se calcula como un cilindro con una temperatura interior mayor que la exterior y con un espesor de pared determinado, para lo cual tenemos el siguiente modelo matematico:

$$Q'' = 2\pi r L (t_i - t_o) / \ln(r_o/r_i)$$

Si el horno es circular con $r_i = 0.363$ cm, $r_o = 0.0325$ cm, si el material a recubrir es concreto refractario el cual tiene una conductividad termica $K = 1.4$ W/mC, sustituyendo los datos en la formula anterior tenemos que $Q'' = 692.9$ Watts.

La potencia total que debe generar el horno para fusionar

el metal y mantenerlo (a pesar de las perdidas al medio ambiente) es $Q' + Q''$, lo que obtenemos una $Q = 877 \text{ W}$. Sin embargo es necesario de disponer de una potencia adicional de por lo menos un 15% mas, lo que da como resultado final 1000 W aproximadamente.

El siguiente paso es calcular el elemento calefactor de dicho horno. Se eligio un sistema calefactor por medio de resistencia electrica, y esta se eligio metalica de alambre Nicromel. Calcularemos ahora su longitud y calibre que seran las variables a obtener.

Se calculara la resistencia del elemento calefactor por medio de:

$$R = \frac{V^2}{P_{ot}}$$

determinando R podemos determinar las dimeciones apartir de la siguiente relacion:

$$L/A = R/\rho$$

Utilizando un voltaje nominal de 120 V , si deseamos disipar 1000 W de potencia, requerimos que el elemento calefactor debe tener una resistencia de 14.4Ω . Si la resistividad del material

Nicromo es de $\rho = 2.04 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ tenemos que:

$$L/D = 5.543$$

De la formula anterior generamos la siguiente tabla:

Numero de calibre B.W.G.	Diametro mm	Longitud m
10	3.4	64.07
12	2.76	42.22
15	1.82	18.54
17	1.49	12.02
20	0.88	4.39

De la tabla anterior observamos que si elegimos un calibre muy grueso (mayor duracion) tenemos una longitud muy grande. Por otro lado si tomamos un diametro muy pequeno obtenemos una longitud pequena pero la resistencia corre el riesgo de quemarse muy rapido. Despues de varios experimentos se llevo a la conclusion de que un calibre 17 con 12 m de longitud era lo mas aceptable para este horno.

Se fabrico el horno con las caracteristicas mencionadas. Ver dibujo en el proximo capitulo.

4.4.2 Sistema calefactor del molde-platinas.

Como ya se habia dicho, la necesidad de un precalentamiento del molde (para evitar agrietamiento) y de la camara (para evitar solidificacion prematura del material) son indispensables en todo proceso de inyeccion.

Los metodos de precalentamiento varian, desde el calentamiento con llama directa, hasta rayos infrarrojos etc. El precalentamiento en este caso, no solamente se aplicara al molde sino a todo el conjunto platina-camara de inyeccion, por ser la maquina de dimensiones reducidas.

Como en el caso anterior para determinar cualquier elemento calefactor es necesario calcular la cantidad de calor necesaria para mantener las platinas-camara a una temperatura dada.

Del calor generado a la platina-camara una parte se aprovechara en calentar dichas piezas y la otra parte se perdera al medio ambiente.

El calor necesario para elevar la temperatura de la platina-camara es:

$$Q_m = m C_p (t_2 - t_1)$$

si la masa de la platina-camara es de 2.5 Kg, el calor especifico del acero es $C_p = 0.46 \text{ KJ/Kg K}$. T_2 es la temperatura media de la platina-camara $t_2 = 250 \text{ C}$, y $t_1 = 20 \text{ C}$ temperatura ambiente, obtenemos el calor necesario igual a 264.5 KJ. Si queremos que las platinas se calienten en un lapso de 10 min tenemos que $Q_m = 440 \text{ W}$.

Para calcular la cantidad de calor que se pierde al medio ambiente se utiliza un modelo matematico de conveccion natural. Considerando las platinas como placas verticales y la camara de presion como un cilindro horizontal tenemos el siguiente modelo matematico:

$$Q_p = h A (t_p - t_a)$$

si h que es el coeficiente de transferencia de calor por medio de conveccion y lo obtenemos de la sig. forma:

$$h = 0.29 (\Delta t)^{1/3}$$

si $\Delta t = 482 - 68$ grados F, obtenemos que $h = 2.16 \text{ BTU/hr-pie F}$ ($12.25 \text{ W/m}^2 \text{ C}$). Sustituyendo los datos y el valor obtenido tenemos que $Q_p = 28.18 \text{ W}$.

El cilindro tiene un modelo matematico siguiente:

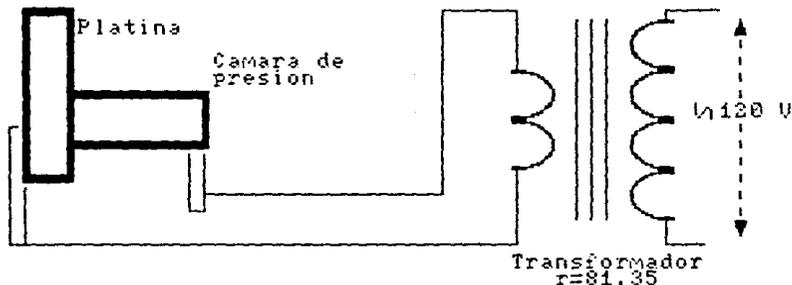
$$h = 0.18 (\Delta t)^{1/3}$$

Sustituyendo $\Delta t = 414 \text{ F}$ en la formula anterior tenemos que

$h = 7.61 \text{ W/m}^2 \text{ C}$. Y a su vez obtenemos una $Q_c = 8.25 \text{ W}$. Por tanto el calor de disipacion total sera $2Q_p + Q_c$ (sera dos veces por los dos lados de las placas), sumando ambos valores obtenemos una $Q = 64.6 \text{ W}$. Considerando un factor de seguridad del 20% tenemos que $Q_t = 600 \text{ W}$, que es el valor de calculo.

Obtenida la cantidad (aproximada) de calor necesario para elevar la cámara-platina a una temperatura media de colada 250 C, calcularemos el sistema calefactor.

Una forma de calentar dichas piezas es utilizando una resistencia eléctrica (como la utilizada en el horno) sin embargo su montaje es poco práctico. Por otro lado utilizar el calor producido por la flama, es fácil, pero dista mucho de ser eficiente. Por tanto se diseñó un sistema de calentamiento por inducción a baja frecuencia. El sistema consta de lo siguiente:



Consiste en hacer pasar una corriente (de gran amperaje) por la cámara-platina. Esta por su resistencia interna genera una cantidad de calor igual a:

$$Pot = i^2 R$$

por lo que conociendo la potencia a disipar (600 W) y la resistencia del molde-platina (0.0033 Ω) tenemos que $i = 447.2$ Amp y el voltaje requerido para dicha corriente está dado por:

$$V = Pot / i$$

sustituyendo los datos anteriores tenemos un $V = 1.475$ Volts. Para obtener dicha corriente y voltaje es necesario utilizar un transformador. Si partimos que el voltaje de entrada es de 120 Volts (V_1) y la salida es el voltaje requerido $V_2 = 1.475$ Volts tenemos que la relación de transformación es:

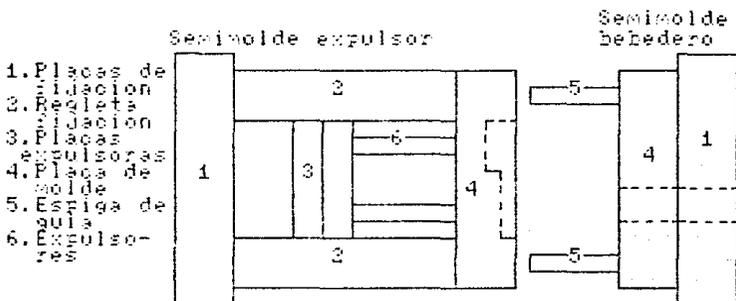
$$r = V_1 / V_2 = N_1 / N_2$$

y es $r = 81.35$, si $N_2 = 3$ vueltas tenemos que $N_1 = 244$ vueltas. El transformador tendrá una capacidad de 660 VA y será suficiente para calentar la cámara-platina (ver apéndice para el cálculo del conductor y datos característicos del transformador).

4.5 Parametros del molde.

El molde para la colada a presión, es un molde permanente, metálico, sometido a fuertes cargas mecánicas y térmicas. Todo molde consta de dos partes principales, los llamados semimolde bebedero y semimolde expulsor. En situación de colar, ambas mitades están cerradas; se mantienen en su posición por medio de la acción de la fuerza de cierre proporcionada por la máquina. Esta superficie de contacto de ambos semimoldes es al mismo tiempo plano de partición, que con el molde abierto permite la extracción o expulsión de la pieza colada y solidificada.

En la siguiente figura muestra la constitución esquemática del molde.

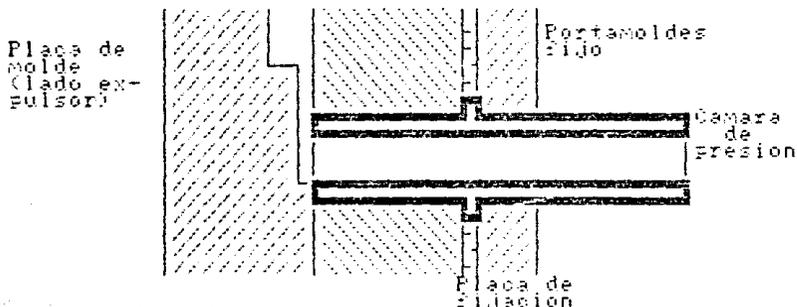


El semimolde bebedero, también llamado semimolde fijo, consta de dos elementos constructivos, la placa de molde del lado bebedero y una placa de fijación o cubierta que se encuentra detrás y que permite la sujeción de todo el semimolde al plato portamoldes de la máquina. El semimolde expulsor, también llamado semimolde móvil, se sujeta sobre la placa portamoldes móvil de la máquina; puesto que debe disponerse siempre con un expulsor de la pieza, debe montarse la correspondiente placa expulsora. A este efecto se disponen regletas de fijación entre la placa de molde y la placa de fijación; la placa y regletas de fijación y la placa del molde van atornilladas entre sí. Las placas de fijación de ambos semimoldes deben disponer de taladros o fresados para la sujeción a las placas portamoldes de la máquina mediante tornillos de sujeción.

En el interior del molde y a través de los canales de circulación se realiza la conducción del metal fundido a la cavidad del molde, canales que deben ser dimensionados y dispuestos en forma adecuada. Se distinguen tres partes en el sistema de conducción, llamadas bebedero, canal de colada y ataque de colada, a través del cual el metal fundido entra a la cavidad del molde. La conexión inmediata con el grupo de inyección la realiza el bebedero, que conduce el metal fundido al canal de

Colada. Bebedero, canal y ataque representan pues un sistema cerrado que, de acuerdo con las condiciones de colada, debe disponerse de forma que el caldo alcance la cavidad del molde por el camino mas corto y sin turbulencias.

En las maquinas con camara fria horizontal, la camara de presion se prolonga a traves del semimolde fijo. Al introducir el metal fundido en la camara este fluye hasta el plano de particion, por lo que hay que disponer siempre el ataque por encima del eje de la camara de presion. Para acomodar el cambio de direccion de la corriente al canal de colada ascendente solamente existe un paso redondeado en direccion al canal de colada y dispuesto en la parte frontal del bebedero.



La seccion del ataque se calcula a partir del caudal G de metal que circula por el ataque y de la velocidad de circulacion en este punto:

$$S_a = G / V_a$$

La seccion de ataque (S_a) la encontramos en la primera parte de este capitulo y tiene un valor de $S_a = 1.23 \text{ mm}^2$.

El canal de colada se fresara solamente en un semimolde, normalmente en el movil; las paredes laterales del canal deben disponer de una salida suficiente (5 a 15 grados). La seccion S_L del canal debe ser del 20 al 50% mayor que la seccion S_a de ataque que se alimenta:

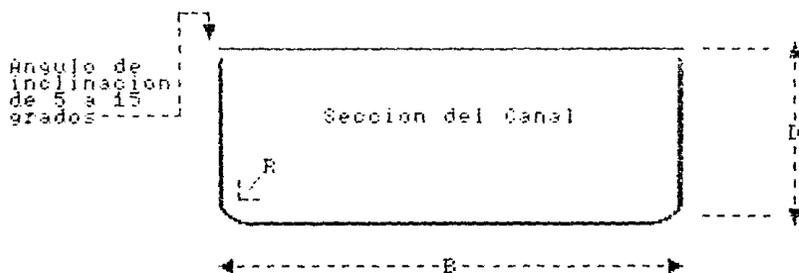
$$S_L = (1.2 \text{ hasta } 1.5) S_a$$

el ancho B del canal es aproximadamente 70% mayor que su espesor D . Y se calcula de la siguiente forma:

$$D = 0.77 \sqrt{S_L}$$

sustituyendo los valores de S_a en la primera formula tenemos que

$S_L=1.845$ mm ,sustituyendo S_L obtenemos una $D=1.04$ mm,si el ancho $B=1.7 D$,sustituyendo D en la formula anterior tenemos una $B=1.778$ mm.La siguiente figura muestra la seccion del canal:



Por otra parte el material a utilizar varia segun el fabricante.A continuacion mencionamos algunos de los mas usuales.

La designacion DIN menciona para la inyeccion del aluminio a presion los siguientes materiales:

MATERIAL NUM.	DESIGNACION DIN	COMPOSICION							
		C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	
2343	X38 CrMoV 51	0.38	1	0.4	5	1.3	0.3		
2344	X40 CrMoV 51	0.4	1	0.4	5	1.3	1		
2365	X32 CrMoV 33	0.32	.3	0.3	2.8	2.8	0.5		
2581	X30 WCrV 93	0.3	.2	0.3	2.5	-	0.4	9	
2606	X37 CrMoW 51	0.37	.9	0.6	4.8	1.5	0.2	1.4	

Por otro lado aceros SISA (fabricante Nacional) recomienda el acero H 12 (Boehler-Usa-Ultra 4) .Aceros Marathon recomienda el E 38 W .Fortuna por su parte menciona el WA 255 para estos casos(ver características y composicion en el apendice).Cada marca recomienda un acero para estos usos sin embargo todos se encuentran dentro de las especificaciones recomendadas por la norma DIN.

C A P I T U L O V

DIBUJOS DEL PROTOTIPO DE LA MAQUINA
DE FUNDICION A PRESION.

CAPITULO V

DIBUJOS DE LAS PARTES PRINCIPALES DE LA MAQUINA DE INYECCION A PRESION.

En el presente capitulo se mostraran los dibujos de las principales partes de la maquina de fundicion a presion. Dichos dibujos fueron realizacos en medio pliego y dibujados a tinta china, pero con el fin de incluirlos en este trabajo se redujeron a tamaño carta.

Se muestra un serie de nueve planos. En el primer dibujo se muestra el conjunto de la maquina de fundicion a presion con los sistemas principales que la integran. En dicho dibujo unicamente se pretende tener una idea global de la maquina dejando los detalles para otros planos.

El segundo plano muestra el sistema de inyeccion y retencion juntos, esto se hace con el fin de observar la parte o sistema mas importante de la maquina. En dicho dibujo se omite el gabinete con el fin de observar mejor las partes que lo constituyen representandolo (al gabinete) como la tierra del sistema.

El tercer plano muestra una vista superior del anterior plano, se tuvieron que realizar en forma separada para observar mejor los detalles. En este dibujo se muestran las partes que componen el sistema de retencion.

El cuarto plano muestra las tres platinas que componen parte de la maquina. En ella se muestran a detalle las operaciones de maquinado que se tienen que realizar.

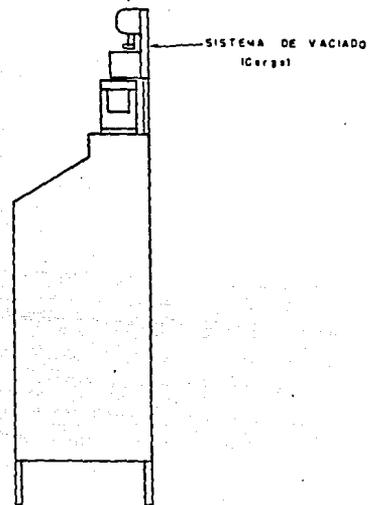
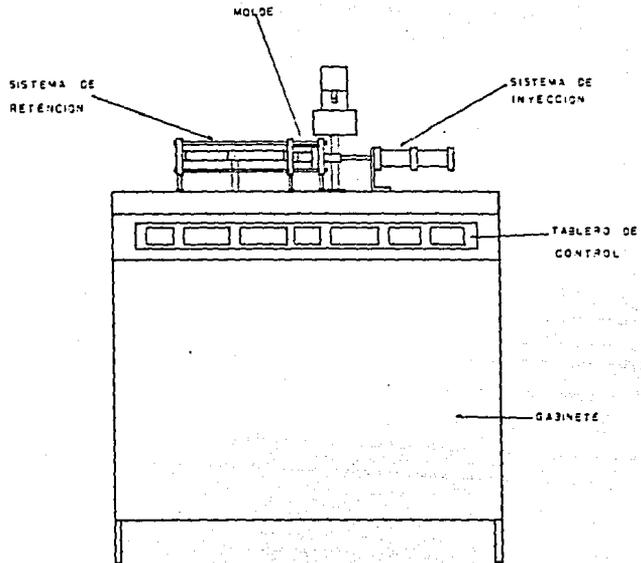
El quinto plano nos muestra las partes del sistema de retencion con sus especificaciones respectivas.

El sexto dibujo nos muestra las partes que constituyen el molde sencillo. En este caso se trata de inyectar un disco de 22mm de diametro y 2mm de espesor, esto es con el fin de facilitar el maquinado. Sin embargo hay la posibilidad de cambiar la placa molde para cambiar la forma de la pieza inyectada (siempre y cuando contenga un plano extremo de particion).

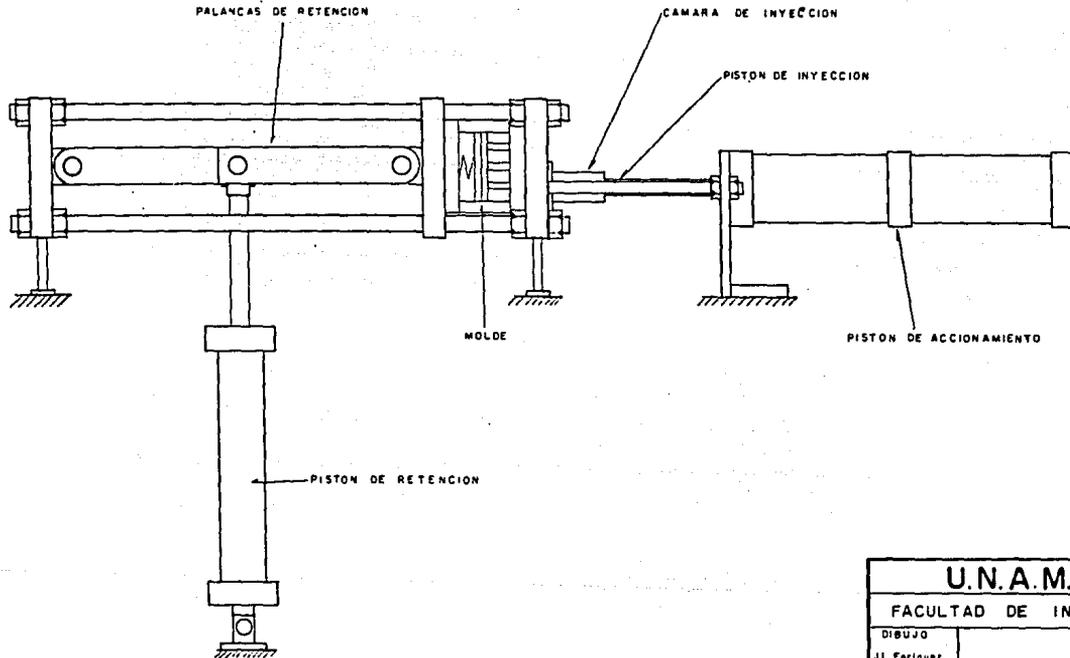
En el septimo dibujo se incluyeron por razones de espacio, los dibujos de la camara de presion y el piston de inyeccion asi como el eje guia. Cabe mencionar que la estandarizacion de la rosca en el eje guia da por hecho que las tuercas con las que se sujetan las platinas son comerciales por lo que no se incluyen en los dibujos.

El octavo dibujo muestra las partes del sistema de vaciado. Todo el material con que esta fabricado el horno (partes metalicas) es de acero inoxidable.

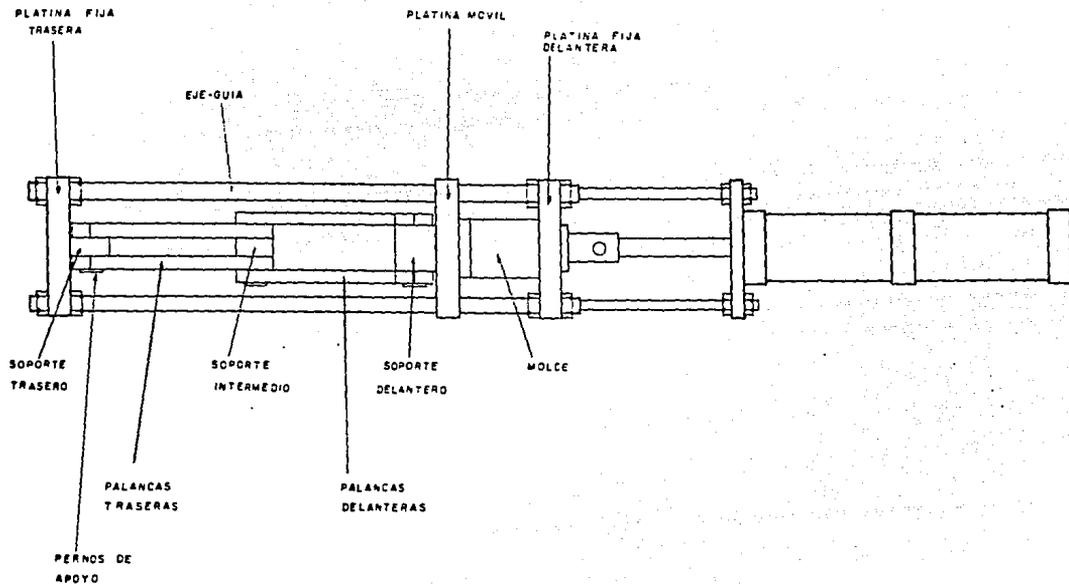
El noveno dibujo muestra el diagrama electrico en forma general. Las especificaciones del control electronico se muestran en el apendice. V1 y V2, son las bobinas de las electrovalvulas respectivas y B es la bobina del horno de vaciado (carga).



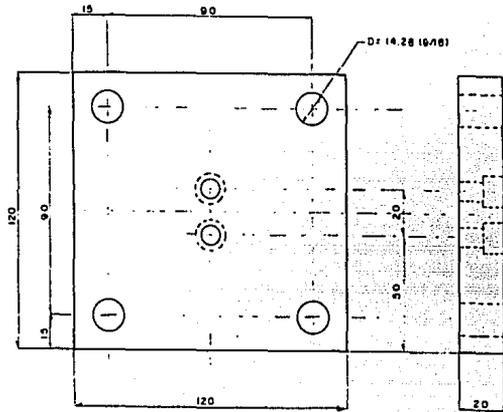
U.N.A.M.		
FACULTAD DE INGENIERIA		
DIBUJO	DIBUJO DE CONJUNTO	ESC.
J.L. Enriquez	DE LA MAQUINA IN-	ACOT.
REVISO	YECTORA DE FUN-	
Ing. Santiago P.O.	DICION A PRESION.	D.01
TE S I S		



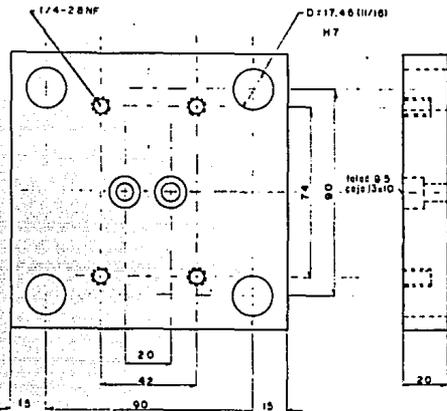
U.N.A.M.		
FACULTAD DE INGENIERIA		
DIBUJO		ESC.
J.L. Enriquez	SISTEMAS DE INYECCION Y RETENCION.	ACOT
REVISO		
Ing. Santiago PG.		
TESIS		De 2



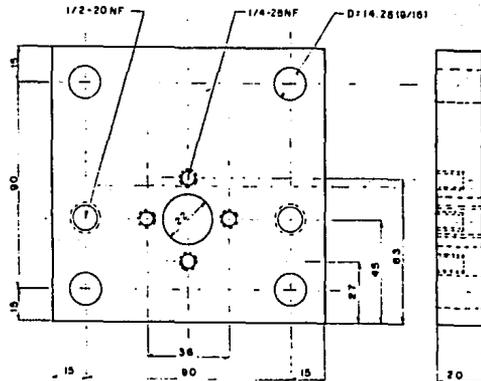
U.N.A.M.		
FACULTAD DE INGENIERIA		
DIBUJO		ESC.
JLEnriquez	VISTA SUPERIOR DE	ACOT
REVISO	LOS SIST. DE INTEC-	
Ing Santiago DG	CION Y RETENCION	
TESIS		Dis 3



Pieza: PLATINA TRASERA
Mat: SAE 1020



Pieza: PLATINA MOVIL
Mat: Acero SAE 1020



Pieza: PLATINA DELANTERA
Mat: Acero SAE 1020

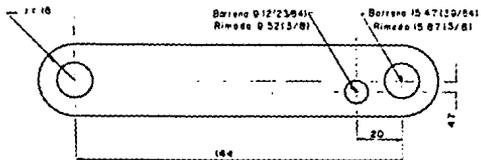


Pieza: Buje de platina
Mat: Bronce

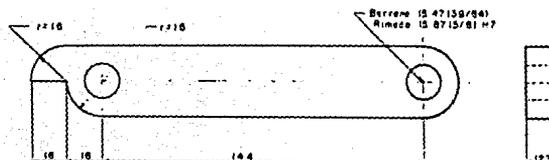
U.N.A.M.

FACULTAD DE INGENIERIA

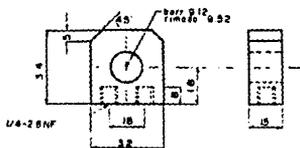
DIBUJO	PLATINAS	ESC.
J.L. Enriquez		ACOT
REVISO		m.m. (pulg)
Hrg Santiago P.G.		Dib 4
TESIS		



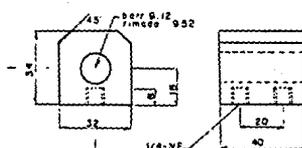
Placa Patente trasera
 Mat : Acero SAE 1020
 Req : 2



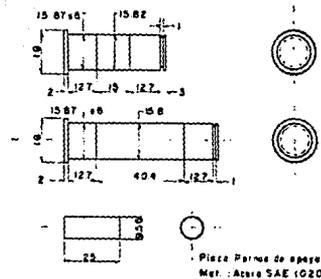
Placa Patente delantera
 Mat : Acero SAE 1020
 Req : 2



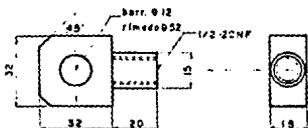
Placa Soporte trasera
 Mat : Acero SAE 1020



Placa Soporte delantera
 Mat : Acero SAE 1020

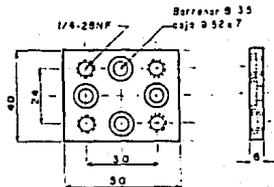
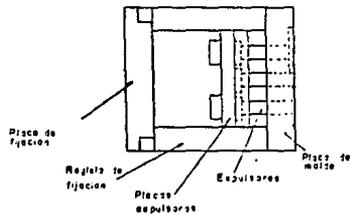


Placa Soporte de apoyo
 Mat : Acero SAE 1020

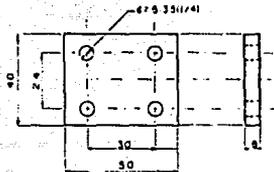


Placa Soporte intermedio
 Mat : Acero SAE 1020

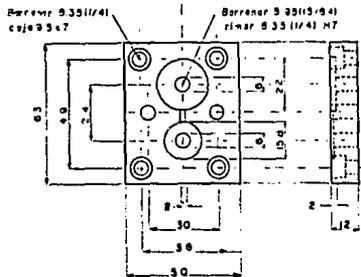
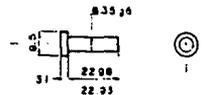
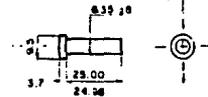
U.N.A.M.		
FACULTAD DE INGENIERIA		
DiBUJÓ JL Enriquez	SISTEMA DE RETENCION.	ESC.
REVISÓ Ing Santiago PD		ACOT. mm (oupl)
TESIS		De 3



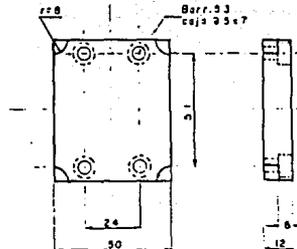
Pieza: Placas ezultoras
Mat.: Acero SAE 4140



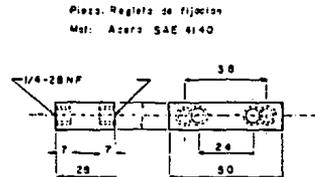
Pieza Ezultoras
Mat.: acero WA-255
Reg: 412c/1
Dureza: 30-55 Rc



Pieza: Placa de molde
Mat.: Acero WA-255
Dureza: 55 y 50 Rc

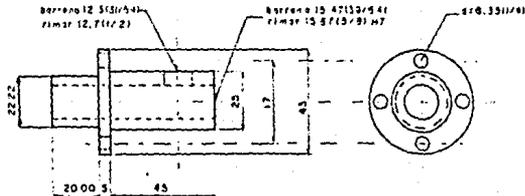


Pieza: Placa de fijación
Mat.: Acero SAE 4140

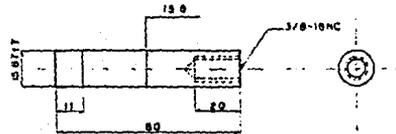


Pieza: Regleta de fijación
Mat.: Acero SAE 4140

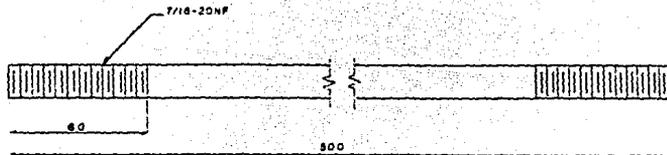
U. N. A. M.		
FACULTAD DE INGENIERIA		
DIBUJO J.L. Estruque REVISO Ing. Santiago P.G. TESIS	MOLDE	ESC. ACGT mm/aula Dia 8



Placa: Cámara de inyección
 Mat.: acero WA-255
 Dureza: 58-62 Rc



Placa: Pistón de inyección
 Mat.: acero WA-255
 Dureza: 58-62 Rc

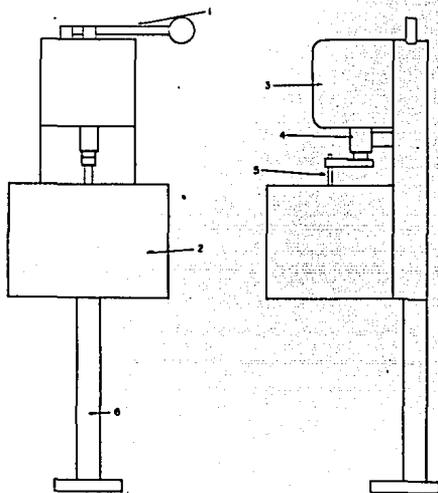


Placa: Eje guía
 Mat.: acero SAE1020
 Req.: 4

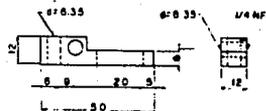
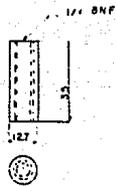
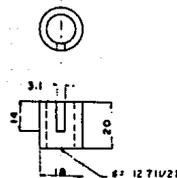
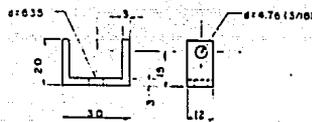
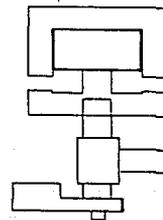
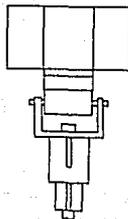
U.N.A.M.

FACULTAD DE INGENIERIA

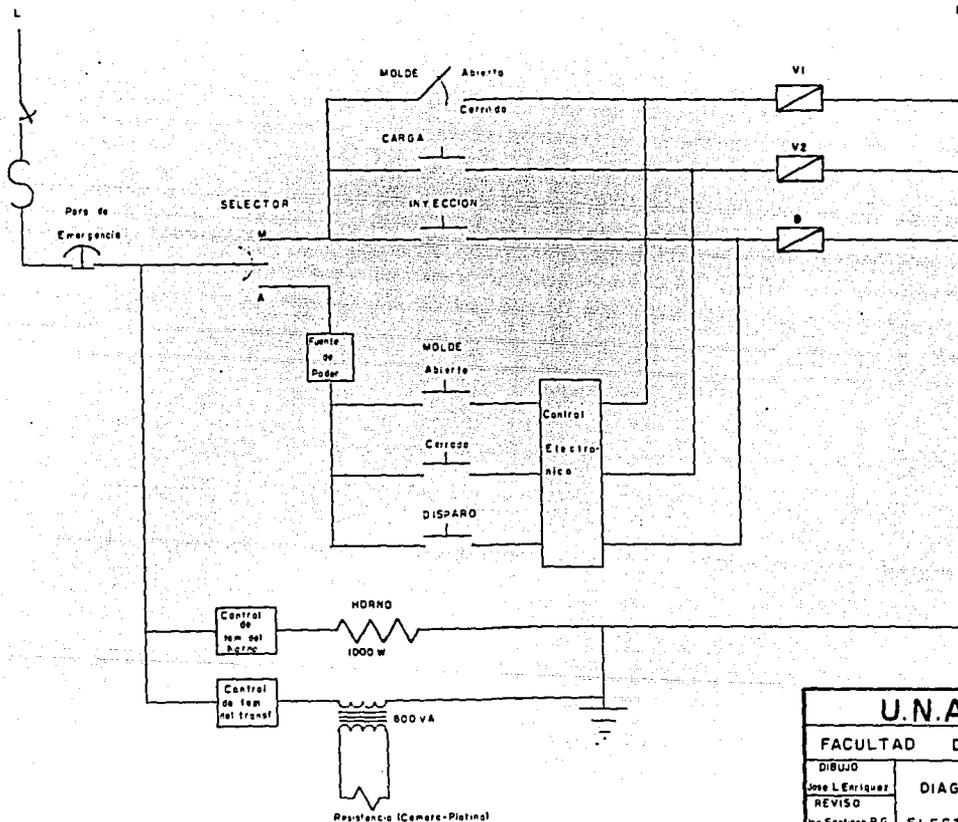
DIBUJO J.L. Enríquez	CAMARA Y PISTON DE INYECCION.	ESC.
REVISO Ing. Santiago P.		ACOF. mm (pul)
TESIS	EJE-GUIA	Dis. P



- 1- Potencia de giro
- 2- Motor
- 3- Electro-iman
- 4- Conjunto de sujecion
- 5- Antorcha
- 6- Base



U. N. A. M.		
FACULTAD DE INGENIERIA		
DIBUJO J.L. Enriquez	SISTEMA DE VACIADO.	ESC
REVISO Ing Serrano P		ACCT m = 1pulg 1
TESIS		Dia B



U.N.A.M.

FACULTAD DE INGENIERIA

DIBUJO

ESC.

José L. Enriquez

DIAGRAMA

ACOT.

REVISO

Ing. Santiago P. G.

ELECTRICO

TESIS

Día 0

CAPITULO VI

PRUEBAS DE OPERACION Y CONCLUSIONES

CAPITULO VI

6.1 Aspectos generales del prototipo de la maquina de fundicion a presion.

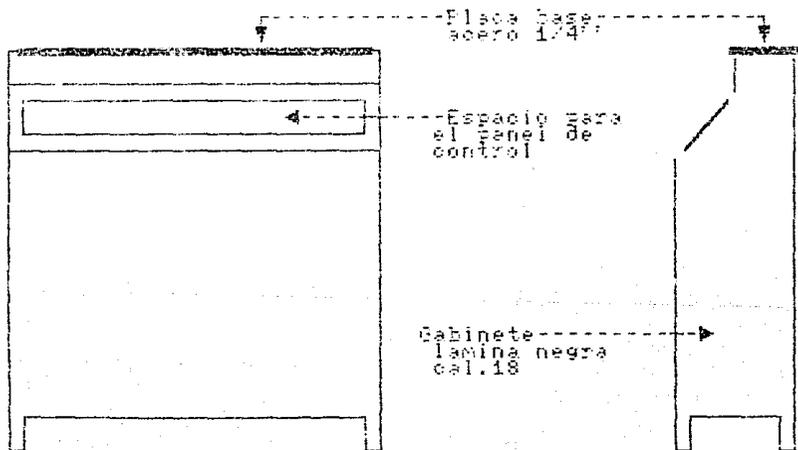
En base a las especificaciones de diseno y calculo realizado en los capitulos anteriores se fabrico el prototipo de la maquina de inyeccion a presion.

Para su construccion se utilizaron materiales nacionales y maquinas herramientas convencionales (torno, fresadora, taladro etc.). La base de la maquina esta formada por una estructura de angulo de $1 \times 1 \frac{1}{8}$ " soldado con electrodos convencional 6013. Toda la estructura esta cubierta por un gabinete metalico de lamina negra del calibre 18, para que tenga una rigidez adecuada. En la parte superior, donde se encuentran apoyados los mecanismos de la maquina esta constituida por una placa de $\frac{1}{4}$ " de espesor con el fin de dar un soporte rigido a los mecanismos. Debe aclarar que dicha placa unicamente recibe el peso de los mecanismos (aproximadamente 30 Kg) y la fuerza del piston de retencion (30 Kg). La placa esta soldada directamente a la estructura para formar un conjunto rigido.

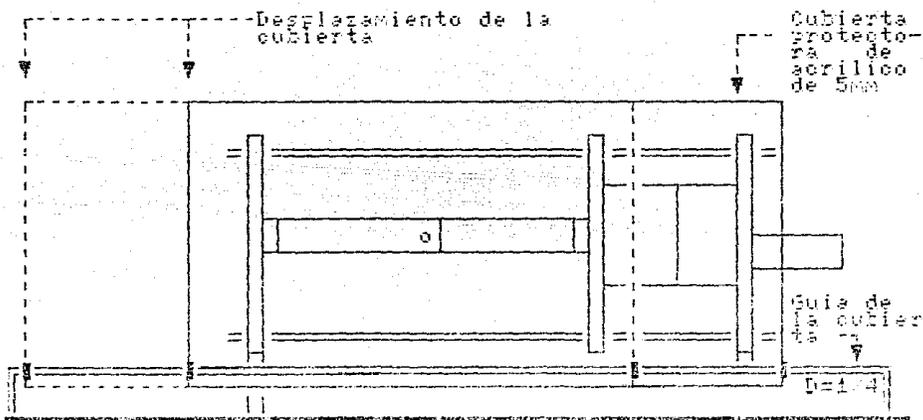
Por otro lado al mando del sistema de control (botoneras, interruptores, instrumentos de medicion, etc.) se colocaron sobre una base de acrilico para darle mas presentacion a la maquina.

En la parte interna de la maquina se construyo un compartimiento para aljar todos los accesorios de control de la misma, como son electrovalvulas, conductos neumaticos (mangueras), conductos electricos (cables) etc.

A continuacion se muestran las partes principales del gabinete de la maquina:

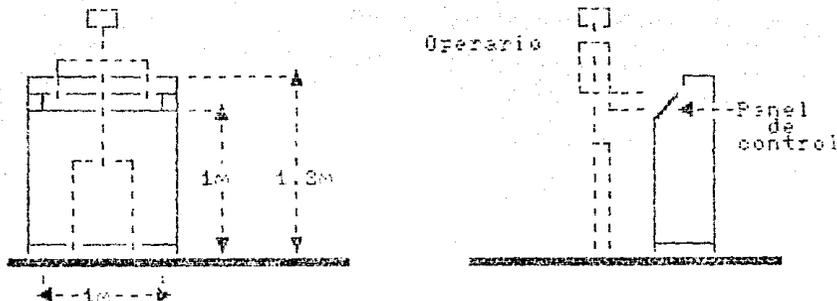


La maquina fue disenada para operarla a nivel laboratorio,por lo que ciertas partes(como el panel y la proteccion) de la misma fueron construidas con un fin un tanto estetico.Con respecto a la proteccion contra salpicaduras,se cuenta con una cubierta de acrilico trasparente de 4 mm. de espesor que ademas de proteger al usuario permite la observacion del proceso en forma clara y sin peligro alguno,aclarando que probablemente el acrilico no es lo ideal para una maquina de este tipo,pero para el uso de laboratorio y de practicas cumple con la funcion. Dicha cubierta se puede desplazar sobre unas guias,dejando al descubierto todo el molde para poder realizar la extraccion de la pieza en forma manual.En la siguiente figura se observa la posicion de la cubierta protectora:



Con respecto al panel de control,este se encuentra alojado en la parte frontal de la maquina sobre un plano inclinado,para facilitar la operacion de la misma.El panel de control se encuentra a una altura de 1 m sobre 'piso' para su mejor control ya que el operario con la sola inclinacion de la vista puede observar el panel y no descuidar la operacion que se lleva a cabo en la maquina.El panel se encuentra distribuido a lo largo de la maquina para su mejor visualizacion teniendo un largo de 1m aproximadamente y que esta medida es facilmente dominada por el alcance de las dos manos (medida antropometrica),sin necesidad de desplazarse lateralmente.El panel de control se encuentra en bajo relieve 5 cm. con respecto al nivel exterior de gabinete a fin de protegerlo contra golpes de alguna especie.Por otro lado se encuentra atornillado(tornillos de 1/4")al gabinete para su extraccion facil en caso de mantenimiento.

A continuación se muestra un esquema de la posición del panel o tablero de control.



La disposición de los mandos en el panel o tablero de control es la siguiente. Para su mejor localización y operación el panel se ha dividido en sectores o cuadrantes que agrupan controles que realizan una función de la misma especie. En un primer sector se dispone de un interruptor general de palanca para energizar toda la máquina, en ese mismo sector se encuentra un botón pulsador que acciona un contactor con el fin de proporcionar carga eléctrica a la máquina.

En un segundo cuadrante o sector llamado 'Mando' se dispone de un selector de palanca el cual tiene la función de seleccionar el mando de la máquina. Este tiene tres posiciones, una posición central la cual representa un estado de reposo del sistema de ahí se puede seleccionar un mando manual (accionando la palanca hacia la izquierda) o un mando automático (hacia la derecha). Cabe señalar que cada botón o palanca de operación cuenta con un señalador luminoso (led) para indicar que la operación se realiza.

Un tercer sector denominado 'mando manual', está compuesto de un selector de palanca de dos posiciones para abrir y cerrar el molde (o las platinas) y cuenta además de dos pulsadores uno para cargar la cámara de presión y el otro para inyectar la pieza (o sea el que acciona el pistón de inyección).

En el siguiente sector denominado 'emergencia', está comprendido en el centro del panel (para su mejor accesibilidad), se encuentra un botón tipo hongo pulsador de paro de emergencia, con dicho botón se corta la alimentación

electrica a la maquina interrumpiendo todo el proceso en un caso de emergencia. Al interrumpir la alimentacion el molde se abre, el piston de inyeccion se retrae y el horno cierra la 'antorcha' lo que hace que el sistema tome su posicion de reposo que es la mas segura (en terminos normales).

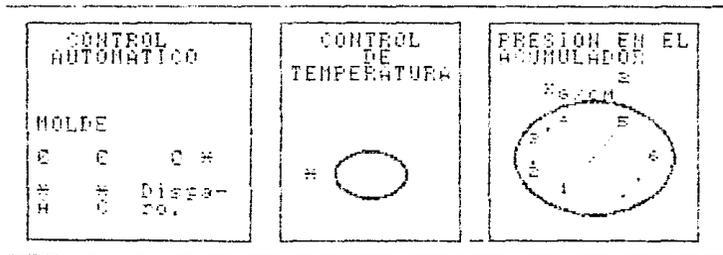
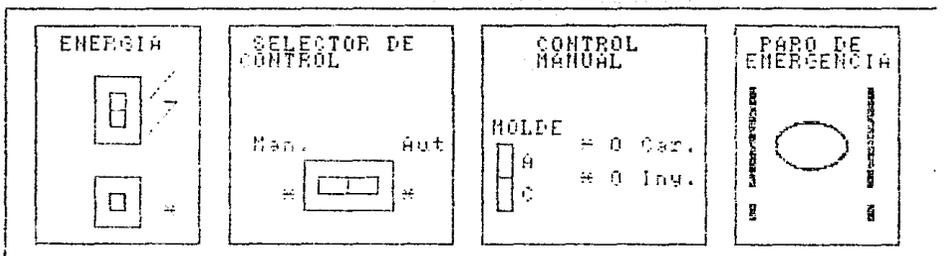
El siguiente sector llamado 'Control automatico' dispone de tres pulsadores. Uno para abrir el molde (redondo de color negro), otro para cerrarlo (redondo de color rojo) y un tercero para accionar el disparo (cuadrado de color rojo), que es la operacion de carga mas la de inyeccion.

El otro sector llamado 'Temperatura' consta de un interruptor de palanca para accionar el control de temperatura de la camara de presion y un boton giratorio que acciona y controla la temperatura del horno de carga. Al girar dicha perilla se puede seleccionar la temperatura que el horno puede alcanzar.

Por ultimo se encuentra un sector denominado 'Presion en el acumulador' que consta unicamente de un manometro el cual nos indica la presion de aire que se dispone en el acumulador para accionar los pistones de la maquina, cabe aclarar que es necesario que el sistema neumatico proporcione una presion entre

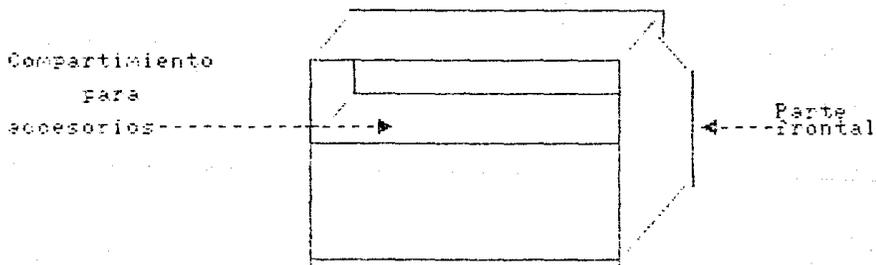
los 4.5 a 6 Kg/cm² de presion.

A continuacion se muestra la distribucion del panel de control.



En lo que se refiere a la instalacion de los elementos que componen el control de la maquina no del mando (estos estan en el panel) sino de los elementos de conduccion y comando asi como algunas partes de la maquina en si, se encuentran dentro del gabinete de la maquina en un modulo disenado especialmente para dichos elementos. Este modulo se encuentra en la parte posterior de la maquina con una tapa abrochada a fin de poder dar mantenimiento en forma sencilla. Los elementos de control alojados en el gabinete son dos electrovalvulas (ocupando un espacio aproximado de 200 cmc, centimetros cubicos), un acumulador de presion (3000 cmc), un piston de retencion con base (2000 cmc), un control electronico con su fuente de poder (2000 cmc), 10 m de conducto neumatico y aproximadamente 30m de cables electricos de distintos calibres. Sumando los volumenes que ocupan los accesorios de control tenemos un volumen de 7200 cmc, si consideramos que disponemos de un volumen de 90 000 cmc tenemos que ocupan muy poco espacio y por tanto son facilmente accesibles para mantenimiento. Queda la posibilidad de integrar un pequeno compresor de 1/3 HP logrando asi la independendencia de instalaciones, con excepcion de la instalacion electrica.

En el siguiente dibujo observamos la disposicion del compartimiento para alojar los accesorios de control.

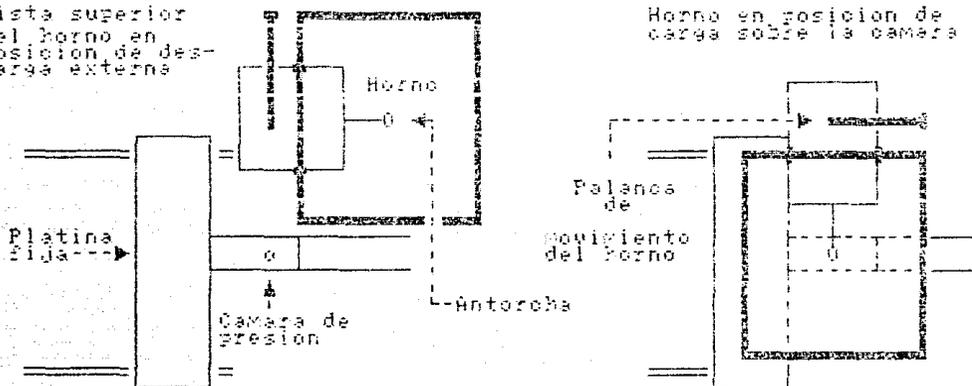


Como ya se habia mencionado en los capitulos anteriores la maquina cuenta con un horno de fundicion propio, en si es horno de mantenimiento pero tambien puede fundir el metal ahi mismo. Dicho horno se monto sobre un soporte a manera de que quedara sobre la camara de presion, ya que la descarga se realiza por un orificio que se encuentra en el fondo del mismo.

A su vez el soporte le proporciona al horno la capacidad de poder girar sobre si mismo 90 grados, esto es con el fin de poder realizar la carga sobre la camara de presion (en una posicion) y despues descargar el resto de material sobre un crisol exterior fuera de la camara de presion. Dicho movimiento se realiza en forma manual mediante una palanca que se encuentra en la parte superior del horno. En la siguiente figura se ilustra el horno.

Vista superior del horno en posicion de descarga externa

Horno en posicion de carga sobre la camara



El montaje del horno es opcional, ya que se puede cargar la camara en forma manual e inyectar las piezas. Pero no por ser opcional el horno no presenta problemas, sino al contrario el agrupar una resistencia tan larga (12m) en un horno tan pequeno se difuculto mucho ya que la concentracion de calor era muy alta lo que ocasionaba que localmente se alcanzaran temperaturas superiores a las de fusion de la resistencia, llevando consigo que esta se 'quemara'. En un principio se diseno un horno circular con una mejor apariencia sin embargo las pequenas dimensiones del mismo hacian que la resistencia no soportara el calor generado, por tanto se modifico dicho diseno a uno cubico convencional en el cual se perdia apariencia pero se ganaba espacio. En un principio la resistencia se sumergia en concreto refractario, sin embargo se concentraba mucho calor y la 'quemaba', posteriormente la resistencia se adquirio en un bloque de ceramica y como aislante se utilizo lana mineral de fibra de vidrio capaz de resistir 1500 C .

Toda la estructura y el forro del horno se fabrico con acero inoxidable ya que aparte de resistir altas temperaturas (superiores a 1000 C) no se oxida, ya que un acero comun se oxidaria debido a la temperatura que tendria que soportar.

Para accionar la antorcha (pieza de grafito que sirve de tapon para regular la salida de metal) se utilizo un electroiman junto con la bobina de un contactor Square Nema 1 para un motor de 3 HP, este se utilizo tal como viene al cual en la armadura movil se coloco el soporte de la antorcha (ver dibujos del horno) dicho electroiman proporciona una fuerza de 0.5 kgy tiene una carrera de 5 mm, lo cual resulta suficiente para accionar la antorcha.

6.1.1 Mantenimiento y servicio de la maquina.

La maquina para su funcionamiento necesita de una instalacion electrica monofasica de 110 V de c.a. con linea de tierra fisica, esta ultima es indispensable para el funcionamiento del circuito electronico. Tambien se necesita una

alimentacion de aire a presion con capacidad de 6 Kg/cm² proporcionada por un compresor convencional.

Con respecto al mantenimiento de la maquina los elementos o partes en movimiento y los de extrema friccion se desgastan (como en cualquier otra maquina). La parte mas critica de la maquina es el piston y la camara de presion. Estos elementos estan fabricados de un acero muy resistente a la abrasion y a la temperatura, sin embargo los continuos cambios de esta asi como los esfuerzos mecanicos a los que esta sometido ocasionan que dichas piezas se desgasten despues de un determinado lote de inyecciones, por lo que se recomienda disponer de un juego en forma separada de dichas piezas ya que son facilmente intercambiables, no quiero decir con esto que su duracion es corta, sino al contrario mecanicamente resisten mucho trabajo lo que sucede es que dimensionalmente pueden perder ajuste que iria en contra de la velocidad del piston ya que al introducirse metal fundido entre el piston y la camara produce el frenado del mismo.

El segundo elemento de desgaste de la maquina es el molde (200 000 piezas aprox.). A pesar de no pertenecer propiamente a la maquina (como elemento) sino a la herramienta de fabricacion, se considera parte del mantenimiento ya que es un conjunto lo que produce las piezas. Del molde la placa-molde y las espigas de expulsion son los elementos de mayor deterioro. Para hacer que el molde de su mayor duracion se recomienda no realizar inyecciones en "frio" ya que esto provoca sobretenciones en la superficie del molde produciendo fisuras en la superficie del mismo. El molde cuando presente fugas de metal

por la superficie de particion, inestabilidad dimensional de las piezas asi como porosidades se recomienda cambiarlo. Lo mas seguro es cambiar la placa-molde y las espigas ya que los demas elementos resisten unicamente un esfuerzo de compresion y por tanto pueden durar mucho mas.

Un tercer elemento de desgaste lo representan los bujes del sistema de retencion, tanto los de la platina asi como los de las palancas. A pesar de las bajas velocidades a las que trabaja el sistema de retencion un numero de ciclos muy elevado (un millon) provoca un desgaste en todo el sistema. Para prolongar la vida util del sistema se incluyeron, en las partes moviles, bujes de bronce que le dan una gran durabilidad a las piezas en movimiento y le proporcionan una baja friccion, ademas cuando dichas partes se desgastan (bien lubricadas aprox. un millon de maniobras) se pueden intercambiar ya que estan insertados con ajuste a presion.

Con lo que respecta a los pistones, su mantenimiento se reduce a cambiar los retenes de hule que proporcionan el sellado de los pistones (evitan la fuga de aire entre el embolo y la camisa, o el vástago y la tapa). Para proporcionar una mayor duracion a estos, debido a que no tienen orificios de lubricacion, esta se realiza mediante el lubricante en suspension que lleva el aire comprimido tomado a partir de la unidad de mantenimiento, es por eso que la toma de aire de la maquina tenga unidad de mantenimiento neumatica. Los fabricantes de retenes recomiendan una duracion de 500 000 a 1 000 000 de maniobras por piston. Por lo que se recomienda tener dichos retenes de repuesto. Los conductos neumaticos salvo los del piston de retencion (cuyo movimiento es pequeno) no tienen movimiento por lo que su duracion esta determinada unicamente por el uso de mantenimiento cuando se tengan que desmontar los pistones.

Con respecto a las partes electricas, lo unico que puede fallar (en condiciones de operacion normales) son las botoneras y los interruptores sin embargo resisten cerca de las 500 000 maniobras. Por otra parte el circuito de control electronico resiste varias decenas de millones de maniobras, claro sin que exista algun factor externo como puede ser alta temperatura, descargas electricas, mala conexcion de tierra etc. Aunque fallara el circuito electronico de control la placa o tarjeta electronica se puede extraer facilmente ya que se monto una del tipo 'enchufable', y dentro de la misma los componentes principales del circuito (circuitos integrados) se pueden extraer de la placa sin necesidad de utilizar cautin ya que estos estan sobre bases de montaje y unicamente con la fuerza de la mano se extraen.

Sin embargo la parte mas critica, aunque no propio de la maquina, es el horno de fusion. Com ya mencionamos el elemento calefactor del mismo lo constituye 12 m de alambre tipo Nicromo

propio para resistencias electricas, pero debido a la alta concentracion de calor en el momento que se destape el horno las corrientes de aire frio pueden dañar seriamente a las resistencias es recomendable calentarlo en etapas lentamente, y utilizarlo unicamente como horno de mantenimiento, esto quiere decir que en una mufia por separado se funde el aluminio y despues se vierte en el horno ya liquido para que este trabaje lo merca posible. El horno dispone de una compuerta en la parte superior del mismo de dimensiones pequenas a fin de evitar al maximo la perdida de calor por lo que se recomienda utilizar dicha compuerta unicamente para vaciar metal o para realizar observaciones (abriendola en forma parcial).

6.2 Manual de Operacion.

El operar la maquina de fundicion a presion es sencillo ya que cuenta con pocos elementos de control. Primeramente se tiene que verificar la alimentacion electrica de la maquina (110 Vca con tierra fisica) observando la posicion del neutro y de la linea, la cual esta marcada en la maquina. La otra alimentacion al sistema es neumatica (6 bar). Es necesario verificar si la alimentacion cuenta con unidad de mantenimiento (en caso contrario conectarla).

Realizada la verificacion de las alimentaciones, se procede al calentamiento del horno. El cual se logra energizando la maquina (primer cuadrante) y ajustando el valor de temperatura deseada con la perilla reguladora que se encuentra en el sector de 'temperatura'. Es necesario calentar el horno unos 40 min antes de realizar la inyeccion. En forma paralela se conecta al transformador que calienta la camara-platina-molda por medio de la corriente generada en el secundario. El cual tarda 20 min en obtener la temperatura de operacion de 250 C. En forma separada es recomendable fundir el aluminio en una mufia. Fundido este se agrega con mucho cuidado al horno de mantenimiento, observado que este ya haya llegado a la temperatura de fusior (650 C).

Se carga el horno de mantenimiento con una cantidad suficiente de aluminio (aprox. 3/4 de crisol). Cargado este se procede a inyectar la pieza de prueba. Cabe aclarar que el horno se encuentra en posicion de descarga externa (fuera de la camara) para poder verificar 'en mando manual' el funcionamiento correcto de la antorcha, esto quiere decir eligiendo el modo manual se oprime varias veces el pulsador que dice 'carga' a fin de activar la antorcha y hacer que el metal fundido caiga en un crisol externo de prueba, ya que cabe la posibilidad de que el aluminio no se haya fundido en esa parte o exista una cierta tension superficial que se tenga que romper. Efectuadas varias pruebas de descarga, se procede a alinear 'con mucho cuidado' el horno sobre la camara de presion, para lo cual cuenta con una

palanca de cambio en la parte superior del mismo. La posición correcta la es un escostamiento de la palanca sobre una corona que se encuentra en el eje a fin de evitar una mala posición del horno sobre la cámara y el movimiento indeseado del mismo.

Se elige a continuación el modo de operar (segundo cuadrante). Si por ejemplo elegimos el modo manual, hay que tener en consideración que el tiempo de carga debe ser alrededor de 1 seg. para no saturar la cámara de presión y que el movimiento del pistón de inyección debe ser inmediato, por lo que recomendamos utilizar dicho modo únicamente cuando el operario tenga suficiente práctica.

El otro modo es el semiautomático. De esta forma el molde (platinas) se cierra y abre en forma manual mediante dos pulsadores y únicamente al disparo (carga mas inyección) es automático y además solo se cumple para un ciclo. Este modo es mas fácil de operar.

Seleccionando el mando semiautomático lo primero es cerrar el molde (ya que si no se hace el disparo queda bloqueado). Al oprimir el botón de disparo se observa primero que se levanta la antorcha descargando el aluminio fundido sobre la cámara, y trascurrido un tiempo de aprox. un segundo se cierra y el pistón de accionamiento inyecta el aluminio dentro del molde. El pistón de inyección después de 5 segundos regresa a su posición retraída (normal) y se procede a abrir el molde para extraer la pieza (ya que si se quiere abrir cuando este cargando o inyectando no se opera la apertura del molde por seguridad).

Extraída la pieza queda la máquina en posición de volver a iniciar el ciclo. Para finalizar las pruebas es necesario girar el horno de carga a la posición de descarga externa a fin de vaciar todo el aluminio fundido sobre un crisol externo, esto es para evitar la solidificación del metal dentro del horno de carga que perjudicaría el material de la antorcha (por contracción del mismo). Limpio el crisol se desenergiza la máquina quedando los pistones en posición de reposo. Por último se cierra el flujo de aire a presión descargando el acumulador a la atmósfera para que no quede presión en el sistema neumático.

6.3 Pruebas de operacion y conclusion.

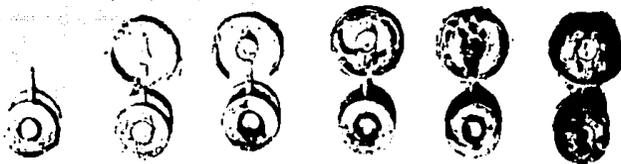
Siguiendo el procedimiento de preparacion anterior se realizaron pruebas con el fin de determinar la funcionalidad de la maquina. Se inyecto unicamente aluminio dejando abierta la posibilidad de poder inyectar algun otro material. Se preparo la maquina de inyeccion tal como se describe anteriormente.

En un principio al realizar las pruebas se tuvo que ajustar la alineacion correcta del horno ya que la carga de material, escurria fuera de la camara realizando esta alineacion con mercurio y calibrando dicha posicion. Ajustando la alineacion se procedio a inyectar algunas pruebas. Se realizaron en forma manual tratando de calibrar la cantidad de aluminio a vaciar sin embargo en un principio o era poca la cantidad de material a cargar (inyeccion incompleta) o se saturaba la camara de presion teniendo que desarmar esta ultima ya que solo con calentando la camara en un horno por separado o bien en una prensa se podia destapar dicha camara.

Ajustado el horno sobre la camara de presion se procedio a inyectar el aluminio. Se calibro el circuito electronico a 1seg aprox. para la carga y 5 seg. para la retencion de la inyeccion. Se realizo la inyeccion obteniendose la pieza requerida. Las primeras muestras se observan unas ciertas exfoliaciones (manchas o surcos por donde se llena de material) debidas a la falta de calentamiento del metal fundido. Sin embargo a medida de que se uniformiza la temperatura las muestras se obtienen cada vez mejores. Un aspecto que influyo en la obtencion de piezas es que la caida del material desde el horno hasta la camara provoca un enfriamiento anticipado del metal. Se corrigio aumentando la temperatura del metal fundido a 730 C.

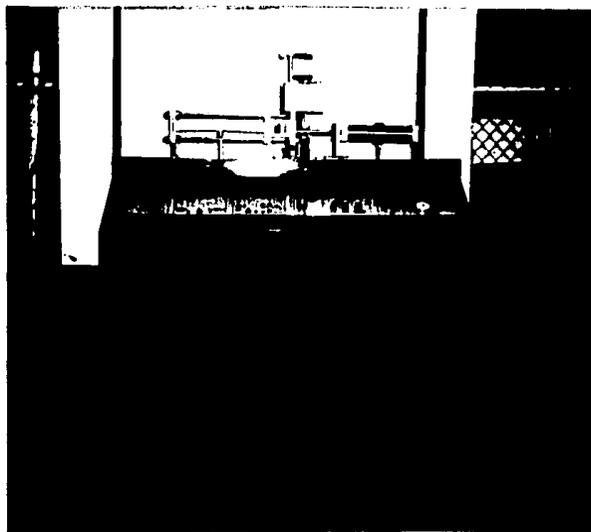
Las muestras que se obtuvieron se pesaron cada uno y se obtuvo un peso promedio de 15 gr. aprox. incluyendo el bebedero por lo que la maquina es capaz de realizar piezas de hasta 20 gr. (con bebedero). El acabado superficial de las mismas presento una calidad entre afinado y rectificado (aprox. calidad 7.5) obteniendose una estabilidad dimensional de 0.05 mm mas menos por pieza. El color de las mismas presento un gris brillante, incluso aun despues de haber transcurrido algun tiempo. Por otro lado se realizaron pruebas de dureza en la pieza obteniendose un aumento en la misma de 60 RE (6 RB) a 69 RE (21 RB) por lo que el metodo de inyeccion si genera cualidades en las propiedades mecanicas de las piezas a inyectar.

En lo que respecta a la forma de llenado, se comprobo la teoria de Fromer (ver cap. I, 1.3.1) en la cual el llenado del molde sucede desde la pared opuesta. Para comprobar dicha teoria se inyecto cantidades de metal cada vez mayores hasta obtener la pieza completa la cual alojo secuencias de llenado tal como lo podemos observar en la siguiente fotografia:



En la cual observamos como transcurre el llenado (de izquierda a derecha) en la cual el chorro choca con la pared opuesta del molde generando dos corrientes opuestas (a la corriente principal) hasta encontrar el chorro de entrada y seguir el cauce original. Se repite este ciclo hasta completar el llenado de la pieza como se observa en la última figura (extremo derecho).

Finalmente presentamos una vista general de la máquina terminada y lista para entrar en operación.



En forma general la maquina funciona como se habia determinado. Sin embargo la limitacion de recursos hace que esta funcione solo en pequena escala ya que el horno de mantenimiento es muy pequeno. Por otro lado con un sistema de alimentacion mayor y algunos otros elementos de control (sensores) facilmente se puede automatizar completamente. Con respecto al molde se trato de hacer lo mas sencillo posible (por costo) sin embargo se pueden realizar piezas mas complejas que se puedan comercializar como son aceiteras de maquina, piezas para maquina de escribir, pieza para instrumental o aparatos electricos, accesorios pequenos para instalaciones electricas (monitores, contratuercas, etc.) accesorios para jugueteria y un sin numero de piezas que cada vez se realizan por dicho metodo.

Como ya se habia mencionado queda abierta la posibilidad de que la maquina opere a nivel industrial, solo es necesario realizar cambios en los materiales del tablero de control y en la proteccion, asi como en el sistema de vaciado o carga. En lo demas la maquina esta fabricada con componenetes existentes en el mercado y normalizada casi en su totalidad.

Con esto concluye esta tesis obteniendo un resultado satisfactorio al obtener la fabricacion y funcionamiento de la maquina.

A P E N D I C E

APENDICE I

TABLA COMERCIAL DE CILINDROS NEUMATICOS (PISTONES NEUMATICOS).

Las siguientes tablas muestran las características de los cilindros neumáticos comercializados por dos importantes fabricantes.

TABLA DE CILINDROS NEUMATICOS MARCA FESTO

Diam.cilindro mm.	Presion max. bar.	Fuerza Kg (ébar)	Conexion ISO	Carrera mm
32	10	44	R1/8	5
35	12	52	R1/4	25 a 400
50	12	116	R1/4	25 a 400
70	12	220	R1/4	25 a 400
100	12	430	R3/8	25 a 400
140	12	880	R3/8	25 a 400
200	12	1830	R1/2	25 a 400

Formacion del tipo de cilindro.

DC	50	10	PPV	52
Tipo	Diam.del	Carrera	Amortiguacion	Ejecucion

TABLA DE CILINDROS MODELO GUSS-ROCH

Diametro pulg.	Fuerza Kg (6 bar)	Conexion NPT	Carrera pulg
1 1/8	38.4	1/4	0.04 a 10
1 1/2	57.4	1/4	0.04 a 40
2	106.8	1/4, 3/8	0.04 a 40
3	251.2	1/4, 3/8	0.04 a 40
4	427.5	1/4 a 1/2	0.04 a 40

2

Presion de funcionamiento: 1 a 12 Kg/cm²

Fluido: aire comprimido, lubricado con aceite SAE 10

Rango de temperatura: -29 C a 107 C.

Empaques: Nitrilo

Materiales: Tapas de aluminio, camisa de laton, embolo de aluminio, vástago de acero inoxidable, tirantes de acero.

APENDICE II
ESPECIFICACION DE LAS VALVULAS NEUMATICAS UTILIZADAS.

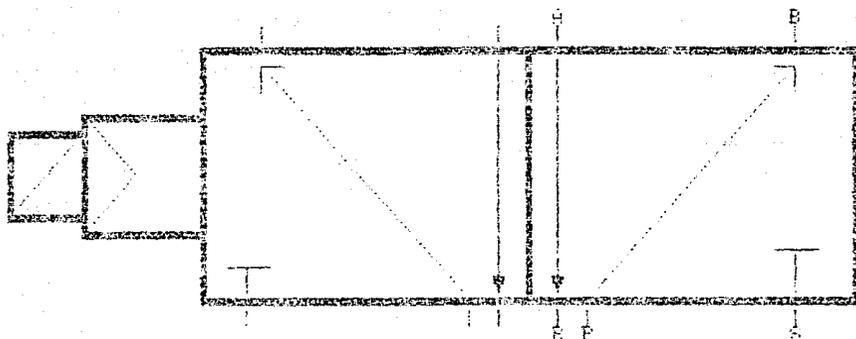
Para especificar valvulas son tres los aspectos importantes que se toman (no son los unicos) y son el tipo de accionamiento, el tipo de funcion de la valvula, y la medida de los puertos.

El tipo de accionamiento sera aquel que sirva para cambiar la posicion de la electrovalvula. Los mas comunes son: accionamiento de rodillo abatible, de boton, de sangrado (pilotaje negativo, solenoide, palanca, de diferencia de presion, de leva, de pilotaje neumatico, de rodillo, resorte, pedal etc.

El tipo de funcion de la valvula esta denominado por una fraccion en la cual el primer numero indica el numero de vias que el fluido puede tomar y el segundo indica el numero de posiciones que la valvula adquiere. Asi las mas comunes son la 2/2. (dos vias dos posiciones), 3/2, 5/2, 5/3.

La medida de los puertos indica el diametro de conexion de la tuberia a la valvula. Feste dicha medida la indica en norma ISO (milimetrica) y Sae-Roch la especifica en pulgadas (NPT). Las medidas mas comunes son 1/8, 1/4, 3/8, 1/2.

Especificaremos a continuacion la valvula utilizada en nuestro diagrama de control, como a continuacion se muestra.



En primer lugar es una valvula con accionamiento electrico a 110 V como lo indica la parte 1. Las flechas nos indican las vias. En este caso son 2 las vias que toma el fluido (2 de entrada y 2 de salida). Y 2 posiciones (2 cuadros de cambio). Estando en reposo (desenergizada) el aire llega por la via P y pasa a la via B, retornando por la via A y saliendo a la

atmósfera por R, mientras tanto la vía S permanece cerrada. Cuando se energiza la bobina, se cambia de posición la válvula adquiriendo la forma del cuadro izquierdo. Esto quiere decir que ahora el aire que entra por P sale por la vía A y retorna por B saliendo a la atmósfera por S, ahora R permanece cerrada. Con esta válvula se logra el cambio de flujo de aire con solo energizar la bobina. Su utilización es principalmente para cilindros neumáticos de doble efecto.

Las características principales de dicha electroválvula son:

Valvula:	5/2 accionamiento eléctrico.
Marca:	Festo
Presion de Funcion:	de 3 a 6 bar
Conexion:	1/4 ISO
Caudal nominal:	600 l/min
Tiempo de conexion:	16 a 23 ms
Tiempo de desc.:	18 a 21 ms

APENDICE III

PROGRAMAS PARA CALCULAR EL VALOR DEL RADIO EXTERIOR DE LA CAMARA DE PRESION.

En el presente apendice se calculara por iteraciones sucesivas los modelos matematicos que relacionan los diametros interno y externo (espesor de pared) en un cilindro de pared gruesa sometido a presion interna y bajo condiciones de alta temperatura. El programa esta disenado en lenguaje BASIC para utilizar en casi cualquier computadora.

El programa siguiente calculara el radio exterior del cilindro bajo la condicion de r=1.

```

10 *PROGRAMA PARA CALCULAR B(R=A)
20 INPUT "DA EL VALOR INICIAL DE B?";F
30 FOR B=F TO 2 STEP 0.0001
40 C=(4200/A)*(1-(2*B*(B*B-0.628))*A)
45 IF C<3560 THEN 60
50 NEXT B
60 PRINT "VALOR DE B=";B, "VALOR DEL ESFUERZO(R=A)=";C
70 END
RUN
DA EL VALOR INICIAL DE B? 0.799
VALOR DE B=0.8080          VALOR DEL ESFUERZO(R=A)=3569.765

```

```

10 *PROGRAMA PARA CALCULAR B(R=B)
20 INPUT "DA EL VALOR INICIAL DE B?";F
25 FOR B=F TO 1.5 STEP 0.0001
30 A=LOG(B/0.793)
35 C=(4200/A)*(1-((1.257/(B*B-0.628))*A)
40 IF C<3581 THEN 60
50 NEXT B
60 PRINT "VALOR DE B=";B, "VALOR DEL ESFUERZO(R=B)=";C
70 END
RUN
DA EL VALOR DE B? 0.799
VALOR DE B=1.248975      VALOR DEL ESFUERZO(R=B)=3580.938

```

CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS ELECTRONICOS UTILIZADOS EN EL CIRCUITO DE CONTROL.

En primer lugar mencionaremos las funciones de los elementos de control y posteriormente indicaremos la conexi3n de los mismos.

La funci3n 'OR' o funci3n suma l3gica cuyo s3mbolo observamos a continuaci3n:



Y la tabla de verdad correspondiente es la siguiente:

A	B	$A + B = S$
0	0	$0 + 0 = 0$
1	0	$1 + 0 = 1$
0	1	$0 + 1 = 1$
1	1	$1 + 1 = 1$

Por lo que se observa que para tener una salida 1 es suficiente que una de las variables de entrada sea 1.

El producto l3gico de dos o m3s variables recibe el nombre de funci3n 'AND' y cuya tabla de verdad es la siguiente:

A	B	$A * B = S$
0	0	$0 * 0 = 0$
1	0	$1 * 0 = 0$
0	1	$0 * 1 = 0$
1	1	$1 * 1 = 1$

Observamos a continuación su representación esquemática:



En general podemos decir que es característica de la compuerta AND dar la señal de salida de 1 cuando todas sus entradas son 1.

La compuerta "NOR" equivale a la compuerta "O" seguida de una inversión, cuya representación es la siguiente:

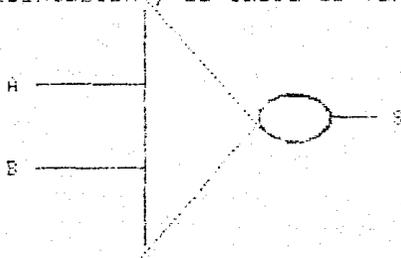


La tabla de verdad del circuito correspondiente es la siguiente:

A	B	S
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Como se observa la característica principal de esta compuerta es que proporcionara una salida de 1 solamente cuando sus entradas sean cero.

La función 'NO' conocida como función lógica inversora ya que con una entrada A se obtiene una salida NO-A. A continuación observamos su representación y su tabla de verdad.



A	S
0	1
1	0

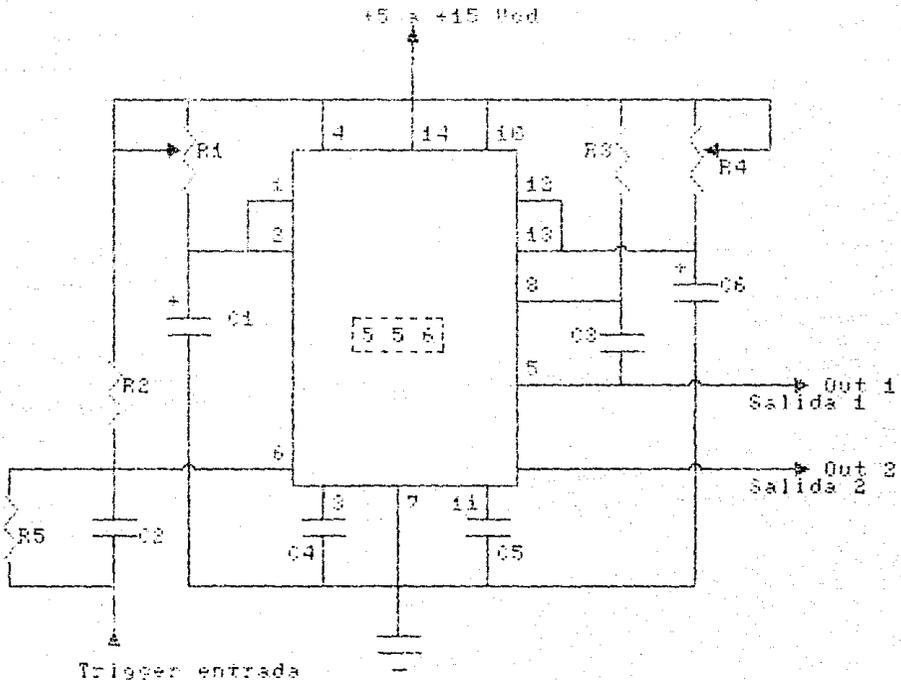
La compuerta 'NAND' es la función resultante de la función AND seguida de una inversión. Su representación simbólica es la siguiente:



La tabla de verdad correspondiente de 'NAND' es la siguiente:

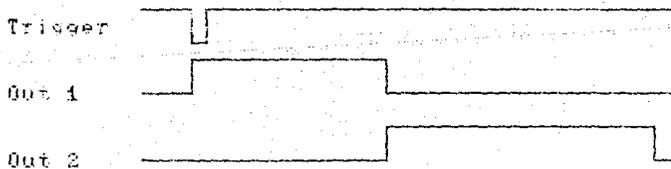
A	B	S
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

El 555 es un circuito integrado utilizado en estado monoestable el cual se comporta como un circuito temporizador dual (en cascada). Para iniciar el conteo solo se necesita que en la entrada TRIGGER se de un '0' para obtener una salida de '1' por la salida 3 durante un tiempo t_1 (regulado por C_1 y R_1) y trascurrido ese tiempo se activa la salida 7 generando un '1' durante un tiempo t_2 (en función de C_6 y R_4) y trascurrido ese tiempo el timer regresa a su posición de reposo. A continuación se muestra la conexión del circuito.

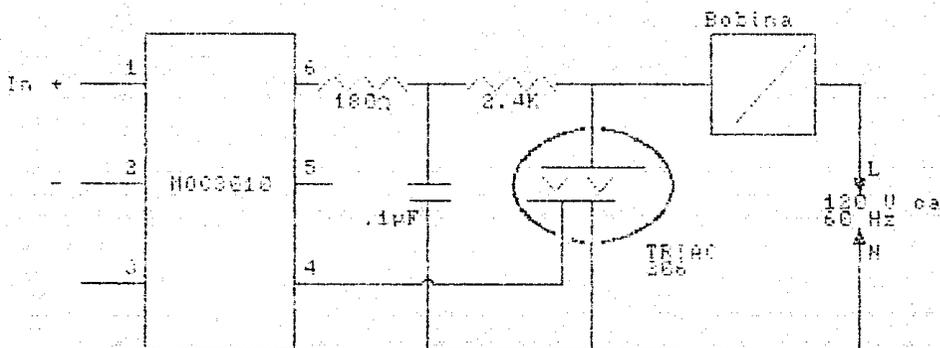


R_1 y $R_4 = 1M$ R_2 y $R_3 = 22K$ C_1 y $C_6 = 1 \mu 100$ $C_2 = .005$ C_4 , C_5 y $C_3 = 0.05 \mu F$

Diagrama de tiempo.



Como circuito de potencia se utilizo un arreglo compuesto principalmente por un transistor NPN que realiza la operacion de 'switch' como primera amplificacion, despues se conecta a un optoacoplador (para proteccion del circuito) y por ultimo se conecta el trazo de potencia que apartir de una entrada en la compuerta (gate) de corriente directa controla el paso de corriente alterna a 100 V para energizar o desenergizar las bobinas. A continuacion se muestra el circuito utilizado en el control electronico.



APENDICE V

Características principales de los aceros utilizados para moldes de fundición a presión por los principales fabricantes nacionales.

MARCA:	Aceros BISA	
CLAVE:	H12 (sustitución H-1100)	
COLOR DE DISTINCIÓN:	Rojo-Azul Claro	
ANÁLISIS:	C	0.32 - 0.38
	Mn	0.20 - 0.40
	Si	0.80 - 1.00
	Cr	4.75 - 5.25
	V	0.40 - 0.50
	W	1.20 - 1.50
	Mo	1.30 - 1.50
CARACTERÍSTICAS GENERALES:	Para trabajo en caliente. Su temple al aire ofrece mínima deformación.	
APLICACIONES TÍPICAS:	Moldes de fundición a presión de aluminio.	
TRATAMIENTO TÉRMICO:		
Forjar:	1100 - 950 C	
Recocer:	800 - 830 C	
Templar:	1000 - 1050 C	
Revenir:	Temperatura C	Dureza Rc
	200	52
	300	50
	400	50
	500	54
	600	45
	650	35
SE SURTE:	Recocido.	
EXISTENCIAS:	Redondos, cuadrados y soleras	

MARCA:
CLAVE:
COLOR DE DISTINCION:
ANALISIS:

Aceros Marathon
E 38 W
Azul-blanco-amarillo
Carbono 0,38
Silicio 1,20
Manganeso 0,40
Cromo 3,50
Níquel 1,00
Vanadio 0,30
Tungsteno 1,50

CARACTERISTICAS GENERALES:

Tiene excelente resistencia e insensibilidad a cambios continuos de temperatura. Su temple al aire ofrece minima deformacion.

APLICACIONES TIPICAS:

Moldes para fundicion a presion de metales como Aluminio, Cobre y aleaciones como Zamac, laton, etc. asi como herramientas para el forjado y estampado de dichos metales. Herramientas para la fabricacion de tornillos tuercas y remaches en caliente

TRATAMIENTO TERMICO:

	Temperatura °C	Enfriamiento	Dureza	Resistencia ^z
Forjar	1100 - 900	ceniza u horno		85 Kg/mm ²
Recocer	780 - 820	lento en horno		85 "
Templar	1000 - 1050	aire, aceite		190 - 200
Dureza	100		57 Rc	
	200		53 "	
	300		52 "	
	350		50 "	
	400		52 "	
	500		53 "	
	600		48 "	
	700		32 "	

SE SURTE:

Barras redondas, recocidas, faciles de maquinar.

MARCA: Acerca Fortuna.
CLAVE: WA 250
COLOR DE DISTINCION: Rojo-blanco
ANALISIS:

Carbono	0.60
Cromo	1.00
Tungsteno	2.00
Vanadio	0.20

CARACTERISTICAS GENERALES: Alta resistencia al golpe. Apto para trabajo en frio y en caliente.

APLICACIONES TIPICAS: Para piezas de maquinas de fundicion a presion como camara de presion, boquillas, pistones, moldes etc.

TRATAMIENTO TERMICO:

	Temperatura C	Dureza
Temple	870 a 900	
Forjado	850 a 1050	
Recocido	710 a 715	
Revenido	150	57 Rc
	200	55 "
	300	54 "
	400	50 "
	500	47 "
	600	45 "

APENDICE VI

ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION A PRESION.

En el presente apendice se proporcionaran algunas aleaciones tipicas de aluminio utilizadas en la industria de fundicion a presion. Las características fueron proporcionadas por la casa distribuidora de Metales Aguila S.A.

ALEACION ASM 43. Para vaciado en arena, molde permanente y fundicion a presion.

Facil de fundir, excelente fluidez, se usa en piezas de artefactos electricos, como planchas de vapor, parrillas para 'waffles', torteras, aspiradoras de polvo, pulidores de pisos, artefactos de cocina, etc. En general en donde se requieren secciones delgadas y detalles muy exactos. En usos arquitectonicos, pueden acabarse especialmente para fines decorativos.

ALEACION ASM 380 Para fundicion a presion.

Una aleacion para uso general en fundicion a presion donde se puede aprovechar su facilidad de vaciado y su resistencia.

ALEACION ASM A-13: Para fundicion a presion.

Aleacion para fines generales, con excelentes características para fundicion, buena resistencia a la corrosion y resistencia moderada. Se usa en piezas de pared delgada con disenos intrincados por su excelente fluidez.

Características	ALEACION ASM		
	43	380	A-13
Resistencia a romperse en caliente	E	MB	E
Hermetismo	E	MB	E
Fluidez	E	MB	E
Tendencia a la contraccion	E	MB	E
Resistencia a elevadas temperaturas	R	B	B
Resistencia a la corrosion	MB	B	MB
Maquinabilidad	M	B	R
Pulido	M	R	R
Soldadura a gas	E	MB	E
Soldadura con arco	E	MB	E
Soldadura con laton	No	No	K
Tratamiento Termico	No	Si	No

Nota: E=excelente, MB=muy bien, R=regular, M=mal

Propiedades típicas de la aleación de aluminio 360.

Análisis químico (el resto Al)	8 Si, 3.5 Cu
Condición	Fundido 2
Resistencia a la tracción	33 Kg/mm
Resistencia a la fluencia	16 "
Alargamiento (%)	4
Dureza	80 BHN
Uso Típico	Fundición en molde permanente.

BIBLIOGRAFIA

1. Fundición a presión.
E. Brunnhuber GG
2. Fenomenos de flujo de fluidos en procesamiento de metales.
Julian Szabaly Limusa
3. Tecnologia del proceso de fundición.
N.B. Tibov Mir
4. Tecnologia de la fundición.
Capello GG
5. Enciclopedia del aluminio
6. Diseño de herramientas
Wilson CECOSA
7. Fundamentos de la tecnología de construcción de maquinaria.
Salakhin Mir
8. Diseño de elementos de máquinas
Faires M y N
9. Diseño en ingeniería mecánica.
Shigley McGrawHill
10. Mecánica de materiales.
Popov Limusa
11. Resistencia de materiales tomo I y II
Timoshenko Espasa
12. Diseño de Maquinas.
Hall McGrawHill
13. Resistencia de materiales.
Nash McGrawHill
14. Tecnologia de fabricación metal mecanica.
Noriega Agt
15. Dibujo y diseño de ingeniería.
Jensen McGrawHill
16. Interpretación del dibujo mecánico.
Coover McGrawHill
17. Dibujo técnico industrial.
Calderon Porrúa
18. Metodos experimentales para ingenieros.
Holman McGrawHill
19. Analisis y síntesis cinemáticos de sistemas mecanicos.
Angeles Limusa
20. Tecnologia de los metales.
Melisnev Mir
21. Transferencia de calor.
Holman Cerece
22. Procesos de transferencia de calor.
Kern Cerece
23. Materiales de ingeniería y sus aplicaciones.
Flinn McGrawHill

24. Materiales para Ingeniería.
East:venell Interamericana
25. Ingeniería Industrial.
Mistel R y C
26. Circuitos y dispositivos electrónicos.
Tercel Interamericana
27. Automatismos eléctricos y electrónicos.
Artero Cedej
28. Instrumentación electrónica.
Diefenderfer Interamericana
29. Normas técnicas para instalaciones eléctricas.
CFI
30. Semiconductor Reference Guide
Radio Shack
31. Engineer's Mini-Notebook
Radio Shack
32. Notebook TTL
33. Designing with TTL integrated circuits
Texas Instrument McGraw-Hill
34. Manual de neumática
Festo Pneumatic
35. Catálogo general de aceros SISA
36. Catálogo de aceros Fortuna.
37. Catálogo de aceros Marathon.
38. Catálogo neumática de Festo Pneumatic.
39. Catálogo de válvulas y cilindros de Guss-Roch.