



D-12022



T
671.23
A.539
e.2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica



**"PROYECTO DE INVERSION PARA LA FABRICACION DE
ACCESORIOS PARA TUBERIA DE AGUA POTABLE**

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Juan Arturo Anchaluiza Iza



Guayaquil - Ecuador

1.992

A G R A D E C I M I E N T O

A DIOS, A MIS PADRES A LA
ESPOL Y EN ESPECIAL A MI
ESPOSA POR SU COMPRENSION Y
APOYO INCONDICIONAL.

DEDICATORIA



A MIS PADRES

A MI ESPOSA

Y A MI HIJA


DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

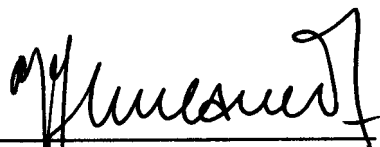
(Reglamento de Tópico de Graduación)



JUAN ARTURO ANCHALUISA IZA



Ing. Nelson Cevallos B.
Decano FIM



Ing. Ignacio Wiesner
Director del Tópico



Ing. Jaime Barrera
Miembro del Tribunal



Ing. Antonio Viteri
Miembro del Tribunal

RESUMEN

En el presente proyecto se realiza el diseño y la fabricación de moldes metdlicos para la obtención de accesorios de tubería. Para modelo de estudio se construyen moldes para la producción de codos y tapones machos ambos de 1/2".

Bajo este antecedente se realiza el andlisis para el diseño del molde metdlico, tomando en cuenta la cantidad de piezas a producir durante un período determinado.

En base a esto se procedió a realizar un estudio del sistema de colado de la pieza, la forma de enfriamiento y cierre del molde para una mayor duración de éste. Motivo de estudio y fabricación fue también la elaboración de una caja de machos y la selección del material adecuado para producir estos machos.



I N D I C E G E N E R A L

	Pág.
RESUMEN	vi
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	xi
ANTECEDENTES	xii
 CAP- #1: DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL MOLDE DE FUNDICION.	
1.1 Generalidades del molde a usar y su proceso de obtención	1
1.2 Estudio del sistema de colado	7
1.3 Diseño del molde	10
1.4 Diseño caja de machos	21
1.5 Sistema de cierre del molde	31
1.6 sistema de enfriamiento del molde ...	42
 CAP. #2: ANALISIS DE COSTOS	
2.1 Costo de fabricación de moldes y máquinas	48

2.2 Costo de producción por uso del proceso	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFIA	58



I N D I C E D E F I G U R A S

No.	Descripción	Pág.
1	PREMOLDE EN ESCAYOLA	6
2	PROTOTIPO EN YESO	6
3	PROCESO DE SECADO DE LA ESCAYOLA	7
4	DISEÑO DEL PROTOTIPO	11
5	PROTOTIPO EN BRONCE (OXIDACION)	13
6	PROTOTIPO EN ALUMINIO	13
7	PROTOTIPO EN ILZRO	14
8	DEFECTOS DEL PROTOTIPO EN ILZRO	14
9	PROTOTIPO EN BRONCE (SUPERFICIE LISA)	15
10	ACCESORIO OBTENIDO EN PROTOTIPO BRONCE	15
11	DISEÑO DEL MOLDE (DIMENSIONAMIENTO)	17
12	DISEÑO DEL MOLDE (PARTES DEL MOLDE)	18
13	MOLDE EN YESO	19
14	MOLDE EN ALUMINIO	19
15	MOLDE EN BRONCE	20
16	PIEZA DE OCHO CODOS	20
17	CAJA DE MACHOS EN YESO (PROTOTIPO)	22
18	CAJA DE MACHOS EN ALUMINIO (PROTOTIPO)	22
19	DEFECTOS DE FUNDICION EN CODOS	23

20	COMPARACION ENTRE LOS CODOS DE ILZRO Y DE HIERRO MALEABLE GALVANIZADO	28
21	CAJA DE MACHOS EN ALUMINIO	29
22	MACHO PARA CUATRO CODOS	29
23	INYECTOR DE ARENA	30
24	SISTEMA DE CIERRE	32
25	PLACA MOVIL Y APOYOS	33
26	PLACA IMPULSORA Y EYECTOR	34



BIBLIOTECA

I N D I C E D E T A B L A S

No.	Descripción	Pág .
I	MATRIZ DE DECISIONES	4
II	DATOS PARA LA PRIMERA PRUEBA DE MACHOS	23
III	PRIMEROS RESULTADOS	24
IV	DATOS PARA LA SEGUNDA PRUEBA DE MACHOS	25
V	RESULTADOS DEFINITIVOS	26
VI	COSTO DE MOLDES Y MAQUINAS	49
VII	COSTOS TOTALES	49

ANTECEDENTES

Debido a la abundante importación de bienes de consumo, muchos de los cuales son de sencilla fabricación, el área de Metalurgia de la Facultad de Ingeniería en Mecánica representada por un grupo de estudiantes del último nivel se vio en la necesidad de cubrir parte de estos bienes con el afán de abaratar los costos de estos productos, además se estaría creando nuevas fuentes de trabajo a nivel tecnológico.

Para esto se debe realizar un estudio de mercado de los productos a nivel nacional para determinar la demanda total de estos bienes que se importan periódicamente y en base a esto realizar un proyecto de inversión.

Un tema propuesto fue el de fabricar accesorios de tubería, pero para abaratar sus costos era necesario cambiar su sistema de producción por lo que se decidió obtener este producto mediante la utilización de moldes metálicos y además cambiar el material del accesorio que es de hierro maleable galvanizado a ILZRO, siempre y cuando este último cumpla con las exigencias mecánicas de

materiales normalizados.

CAPITULO I

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL MOLDE DE FUNDICION

1.1 GENERALIDADES DEL MOLDE A USAR Y SU PROCESO DE OBTENCION

GENERALIDADES:

Un proceso en el cual se pueden obtener los accesorios de tubería es el "moldes permanentes" o también llamado "coquilla", pues estos cumplen con los requisitos básicos necesarios para la obtención de una buena pieza, los cuales son:

- Buena resistencia al choque térmico y mecánico
- Ideal para una producción en serie
- Fácil de maquinar y/o fundir
- No corroerse con facilidad
- Bajo costo de producción
- Poder trabajarse junto con metales distintos.

Además teniendo en cuenta el estudio de mercado, el

cual exige una producción mediana de accesorios (entre 5.000 y 50.000 piezas por año y por cada molde), hace que el molde seleccionado se justifique.

Los materiales más idóneos que cumplen con los requerimientos expuestos anteriormente son los siguientes:

ALEACIONES DE ALUMINIO.- Se moldean bien, se mecanizan con facilidad, fácil de adquirir y de bajo peso; da un acabado a la pieza no muy fino, se oxida fácilmente perdiendo el pulimento. Su punto de fusión es de 660°C y cuando se trabaja alrededor de este valor se vuelve quebradizo.

BRONCES.- Se moldean bien y se mecanizan con facilidad, fácil de adquirir la materia prima ya sea como cobre o como bronce. Admite buen pulimento que se conserva porque es prácticamente inoxidable. Se obtienen piezas de superficies lisas, la superficie del molde tiene buenas cualidades de rozamiento suave, lo que facilita el desmoldeo. Su punto de fusión es de 1075°C. Para un mejor rendimiento de trabajo a temperaturas elevadas, el molde debe ser sometido a un tratamiento térmico (700 a 800°C. y

velocidad media de enfriamiento). Los moldes de bronce son los mds pesados que se obtienen para coquilla.

LATON.- Poseen casi las mismas propiedades que el bronce, su composición es de 63% Cu y 37% Zn. Debido a su alto contenido de Zn, existe la posibilidad de que reaccione con el Zn de la pieza al colar. Su punto de fusión es 970°C y puede trabajarse como molde permanente a 125°C sin ningún peligro de termofluencia.

HIERRO GRIS.- Es un compuesto de hierro y carbono que está en proporción del 2 al 4 % de carbono, sin embargo, es mds duro que el bronce y el aluminio sobretodo en su superficie una vez moldeada. Se oxida fdcilmente. Se lo utiliza para la fabricación de moldes en grandes series; el proceso de obtención de estos moldes es siempre caro aunque la materia prima es muy barata.

MATRIZ DE DECISIONES:

A continuación mediante una matriz de decisiones (tabla I) en la cual se toma en cuenta puntos importantes, se procede a escóger el material adecuado para fabricar el molde.

OBJETIVOS VALORES GWJ ALTERNATIVAS	Resist. choq. térm. (1)	Pest! nolde (2)	Factor corrosión (3)	Acabado sup. pieza (4)	Costo prod. rolde (5)	Satisfacc. objetivo	Promedio intuitivo
	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	Total Σ Wixi	Sobre total
Aluminio	80 %	95 %	60 %	70 %	90 %	76,5 %	80 %
Bronce	90 %	60 %	95 %	95 %	80 %	87,5 %	90 %
Latón	85 %	60 %	90 %	90 %	80 %	84,0 %	80 %
Fe gris	95 %	70 %	50 %	50 %	85 %	68,0 %	70 %

TABLA I: MATRIZ DE DECISIONES

donde:

W: valor dado al objetivo de acuerdo a su importancia en el diseño total.

$$W1 + W2 + W3 + W4 + W5 = 1$$

X: porcentaje de satisfacción de cada objetivo.



Analizando la matriz de decisiones se puede ver que el material que más satisface los objetivos propuestos es el bronce, para este caso será el bronce al manganeso, que es el que más resistencia mecánica posee para el trabajado en caliente.

PROCESO DE OBTENCION.

Para obtener el molde metálico se construye primero un premolde, es decir un molde que contenga la forma del molde metálico para poder fundir en él y obtener el resultado deseado.

Este premolde puede ser de distinto material, ya sea de arena en verde, arena de sílice y silicato, etc. Para este caso, se hace en escayola que es una mezcla de yeso, arena, talco, cemento refractario y agua. Como se muestra en la figura # 1, este premolde de escayola se lo obtiene de otro molde hecho con yeso mezclada con agua como se ve en la figura # 2, pero es en el molde en escayola de donde se obtendrá el molde metálico.

La mezcla de escayola para este premolde es de 48% de arena de sílice, 42% de yeso, 6% de talco y 4% de cemento refractario. Todos los elementos se

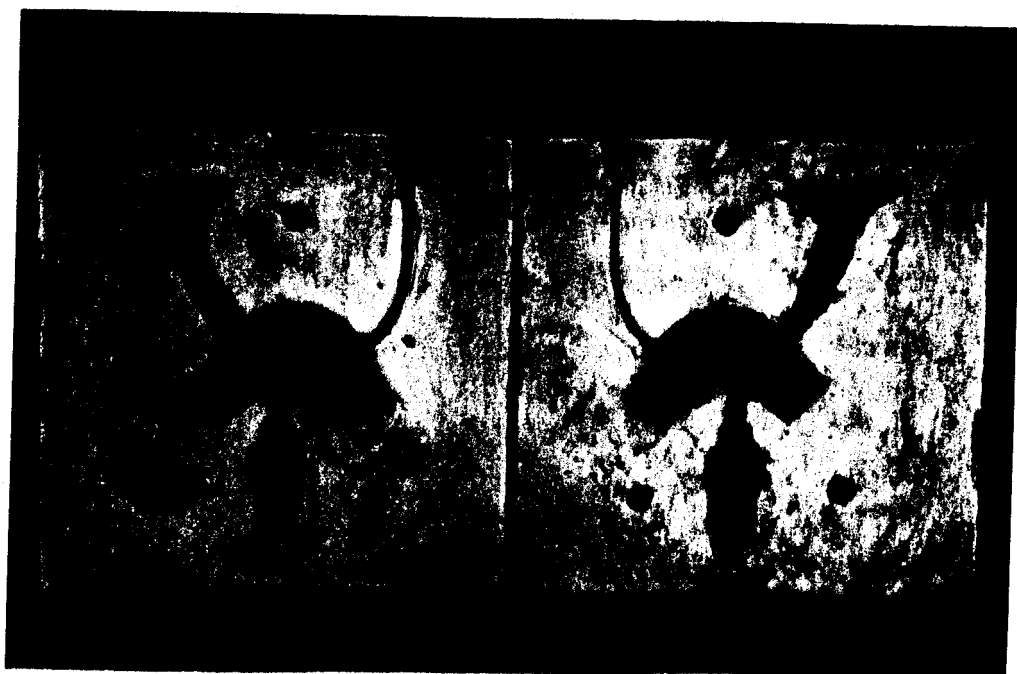


Fig. # 1; PREMOLDE EN ESCAYOLA CON CODO Y TAPON PARA EL MOLDE PROTOTIPO.

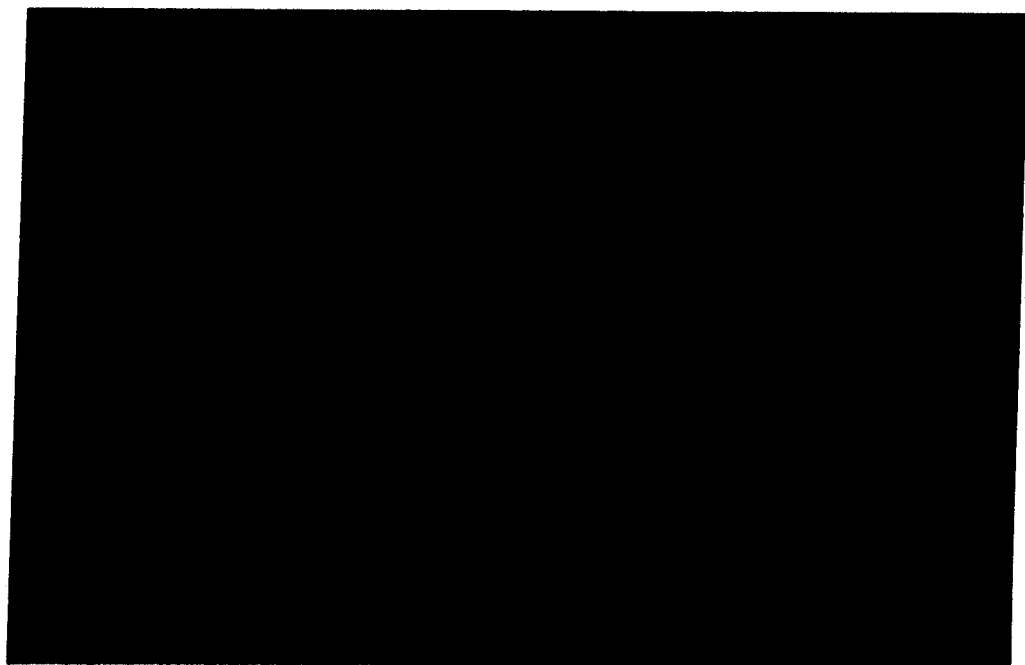
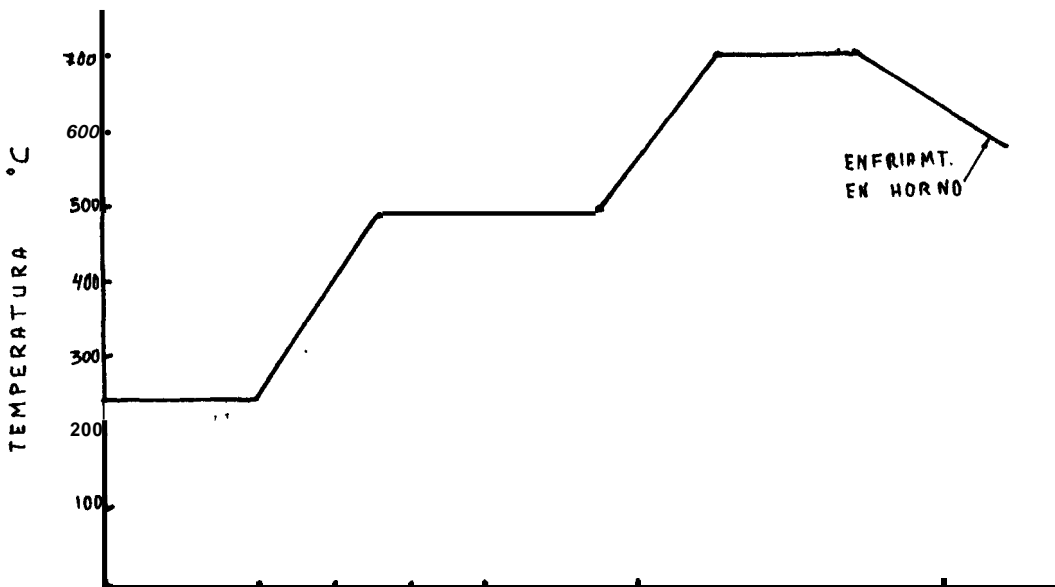


Fig. # 2; MOLDE EN YESO PARA PROTOTIPO. Nótese las cavidades para el macho de codo y tapón.

mezclan con agua hasta obtener una masa uniforme y bien húmeda para luego verterla en el molde de yeso. Una vez endurecida esta masa se la somete a un proceeo continuo de secado como se muestra en la figura # 3. Una vez seco el premolde se puede verter en el metal líquido del molde deseado.



1-2 ESTUDIO DEL SISTEMA DE COLADO.

Debido a que la producción de accesorios no es exigente, la forma de colar las piezas en el molde será por gravedad y en forma directa, además

mediante este método las diversas operaciones de montaje y desmontaje de los moldes es más o menos mecánica.

Para determinar la temperatura de colado del material algunos autores sostienen que es importante el espesor de la pieza a colar, así Dubanini (4*) aconseja que la temperatura de colado para piezas delgadas debe seguir la siguiente regla:

$$T_c = T_L + 3 \times EP$$

Donde:

T_c : temperatura de colado

T_L : temperatura de líquidus de la aleación

EP: espesor de la pieza

Entonces para el ZA-27:

$$T_c = 500 + 3 (5) = 515^\circ\text{C}$$

Este mismo autor aconseja una temperatura de precalentamiento del molde igual a:

$$T_{pc} = T_s - 26 EP > 50^\circ\text{C}$$

Donde:

T_{pc} : temperatura de precalentamiento de coquilla

T_s : temperatura de solidus

En este caso,

$$T_{pc} = 400 - 26(5) = 270^{\circ}\text{C}$$

E. Brunhuber(1*) aconseja una T_c entre 40 y 100°C arriba de la línea de líquidus para aleaciones de Zn y una temperatura de precalentamiento del molde de 200°C. En un artículo de la TECHNIQUES DES INDUSTRIES DE LA FUNDERIE (4*), se recomienda usar un precalentamiento del molde en un rango de 50 a 450°C sin importar el tipo de molde y de la pieza a colar, y aconseja usar temperaturas altas para piezas a colar delgadas y baja para piezas mds gruesas. En todo caso la temperatura de colado esta en relación inversa con la temperatura de precalentamiento y del espesor de la pieza. En otro artículo de esta misma editora / da los siguientes valores para colar la aleación ZA-27. 580°C para T_c y 230°C para T_{pc} .

En todo caso las temperaturas ideales a tomar la dardn los resultados obtenidos y en forma directa la persona encargada del control de calidad de la pieza.

1.3 DISEÑO DEL MOLDE.

CARACTERISTICAS GENERALES.- El molde a diseñar debe poseer ciertas características básicas en cuanto a la forma de distribución de las piezas a obtener en él. Para esto se realiza un análisis de:

- Dimensiones óptimas del molde.
- Rechupe y contracciones tanto del molde como de la pieza.
- Sistema de desgasificación.
- Guía de alimentación.
- Distribución de las piezas en el molde.
- Posible sobredimensionamiento de las piezas en el molde.
- Cantidad de piezas a obtener por molde.

Todas estas características se las consigue realizando pruebas de llenado en el molde ya construido, pero debido a que no se puede estar ensayando con moldes grandes pues representa una pérdida de tiempo, material y de dinero, es necesario realizar estos análisis en un prototipo de molde, pues estos son pequeños y fáciles de manejar.

4

DISEÑO DEL PROTOTIPO DEL MOLDE.- Un diseño de prototipo se ve en la figura # 4. Para esto se toma

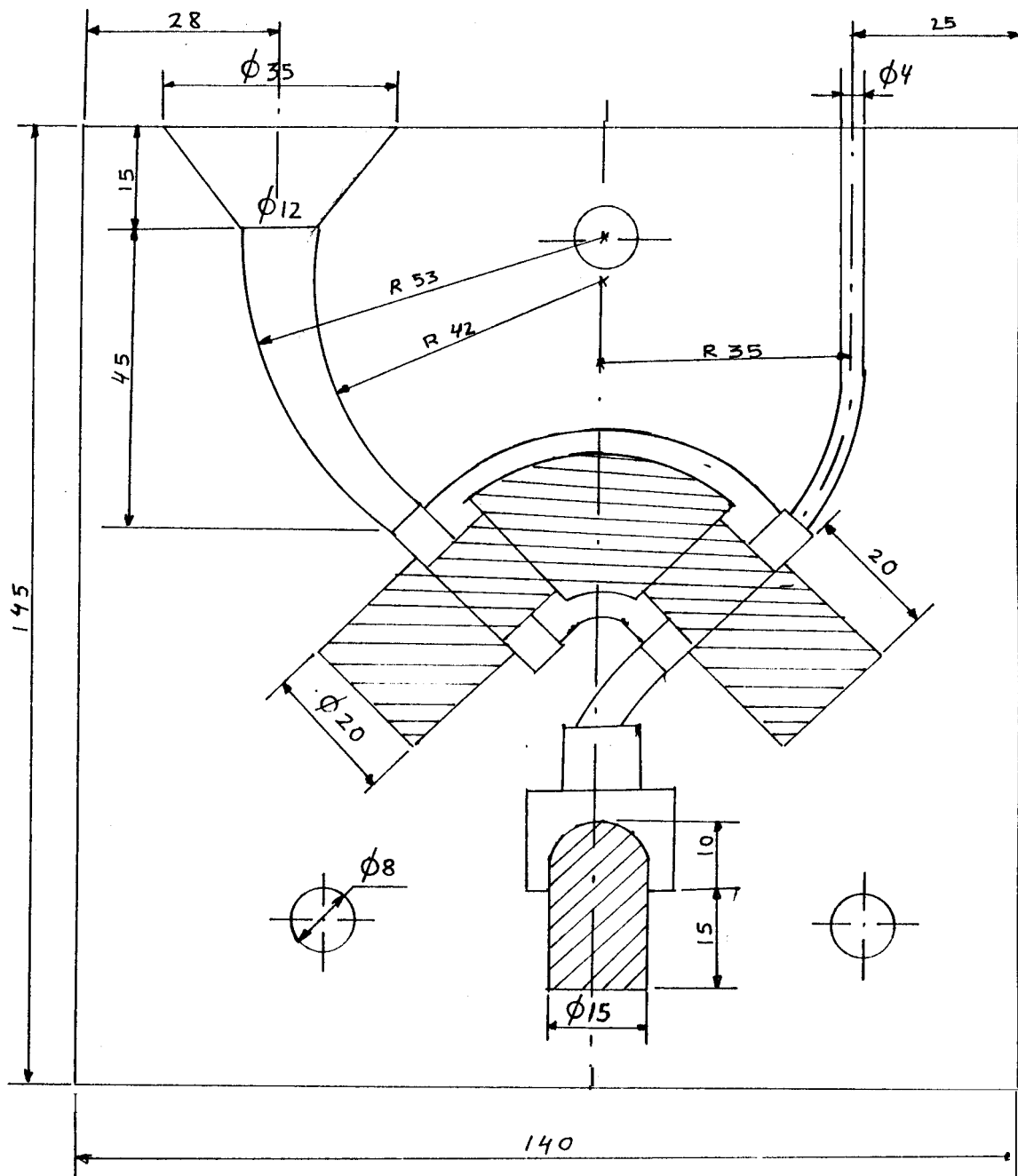


FIG. # 4 . DISEÑO DEL PROTOTIPO PARA LA PRODUCCION DE CODO Y TAPON. (E. 1:1)

un codo y se lo divide en dos partes iguales, entonces se pega una parte en una tabla plana y lisa, las cavidades para el macho se las hace con pedazos de tubo de 1/2", se hace lo mismo con el tapón; las entradas de material y de desgasificación se las obtiene mediante varillas y alambres respectivamente.

El canal de alimentación tiene una conicidad mayor a 3" como se recomienda. Sobre este conjunto se echa yeso para aglomerarlo con agua y se obtiene el molde que se ve en la figura # 2. Con el premolde de la figura # 1 se obtiene el prototipo metálico, los resultados pueden verse en las figuras del 5 al 9; debajo de cada figura se explica el motivo de su configuración.

En el molde de aluminio se realizan las pruebas de llenado para determinar si estas se cumplen satisfactoriamente, luego se construye el molde en bronce y en él se controlan las diferentes características establecidas anteriormente.

Como resultado de las pruebas de llenado en el molde de bronce se concluye que no es necesario realizar un sobredimensionamiento del modelo (para la

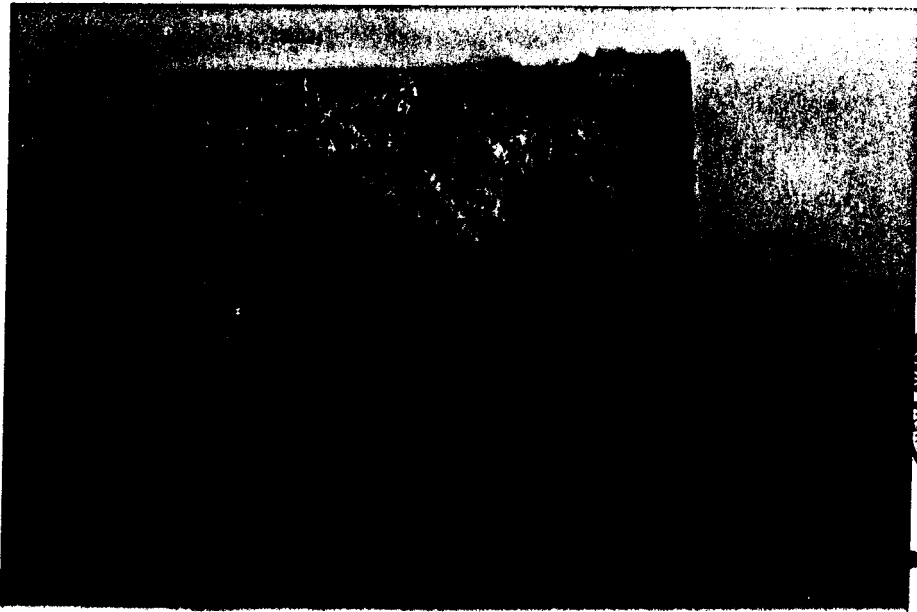


Fig. # 5; PROTOTIPO RN BRONCR. defectos producidos por oxidación del metal al fundirse.



Fig. # 6; PROTOTIPO RN ALUMINIO, buen acabado superficial de la pieza.

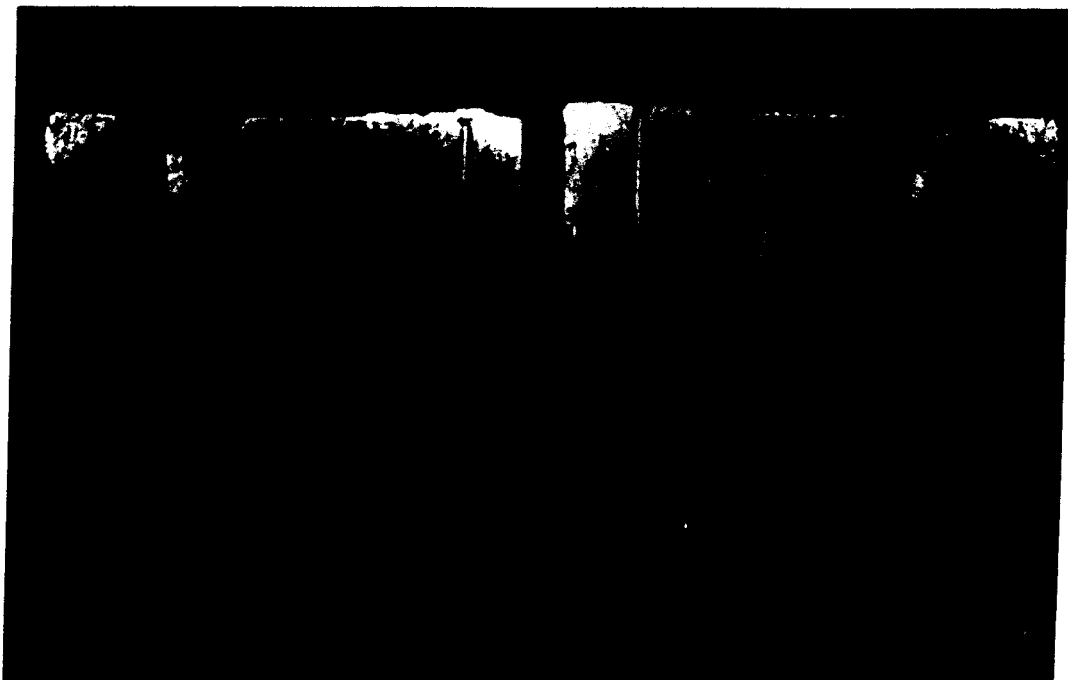


Fig. # 7; PROTOTIPOS EN ILZRO (AMBAS CARAS), material no ideal para espesores gruesos.



Fig. # 8; AMPLIACION DE LA FIG. # 7, nótese la superficie rugosa debido a un enfriamiento lento.



Fig. # 9; PROTOTIPO EN BRONCE, con el macho del tapón en sitio, superficie lisa.

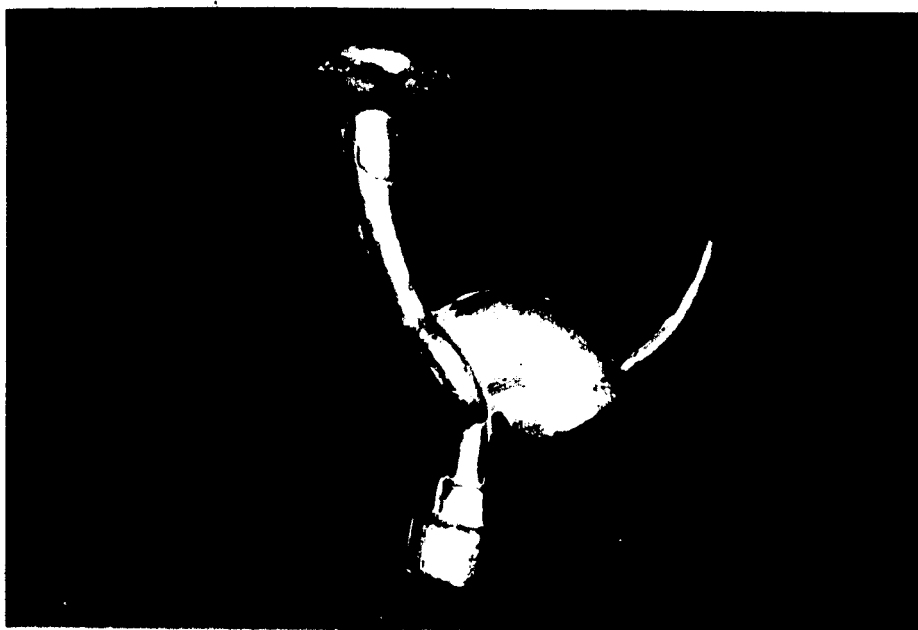


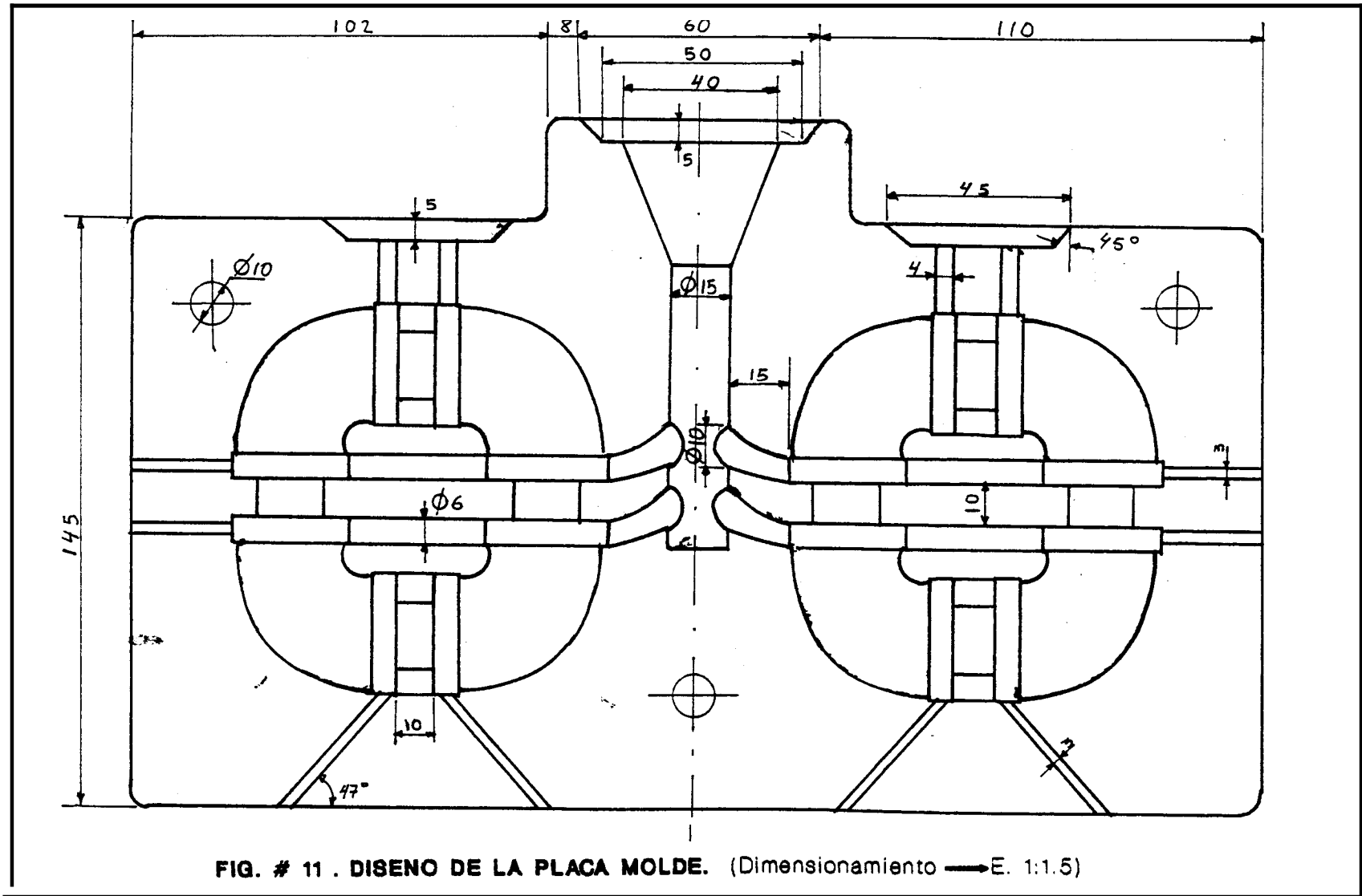
Fig. # 10; PIEZA DE ZA-27 OBTENIDA EN EL MOLDE DE BRONCE. Notese la brillantez y acabado superficial de la pieza.

obtención del molde), debido a que tanto el bronce como el ILZRO poseen similares contracciones.

Además se concluye que es mejor hacer un molde para codos y otros para tapones para evitar defectos del segundo debido a que es una pieza voluminosa con respecto a su tamaño y por lo tanto crea defectos de rechupe al colarse junto al codo. En la figura # 10 se observa una pieza obtenida en el prototipo de bronce la cual no presenta ningún defecto.

Una vez terminadas las pruebas en el prototipo se procede a diseñar el molde definitivo, así el diseño obtenido se muestran en las figuras # 11 y 12. En este diseño se puede ver que su producción será de 8 codos (se omite el dibujo del molde de tapones por ser más sencillo su diseño y construcción) y en el se exceptúa el dimensionamiento de los codos debido a que no sufre ningún cambio con respecto al comercial.

En las figuras # 13, 14 y 15 se puede observar los moldes ya construidos en yeso, aluminio y bronce respectivamente, la figura # 16 muestra la pieza obtenida en el molde de bronce sin ningún defecto lo que demuestra que el diseño escogido es correcto.



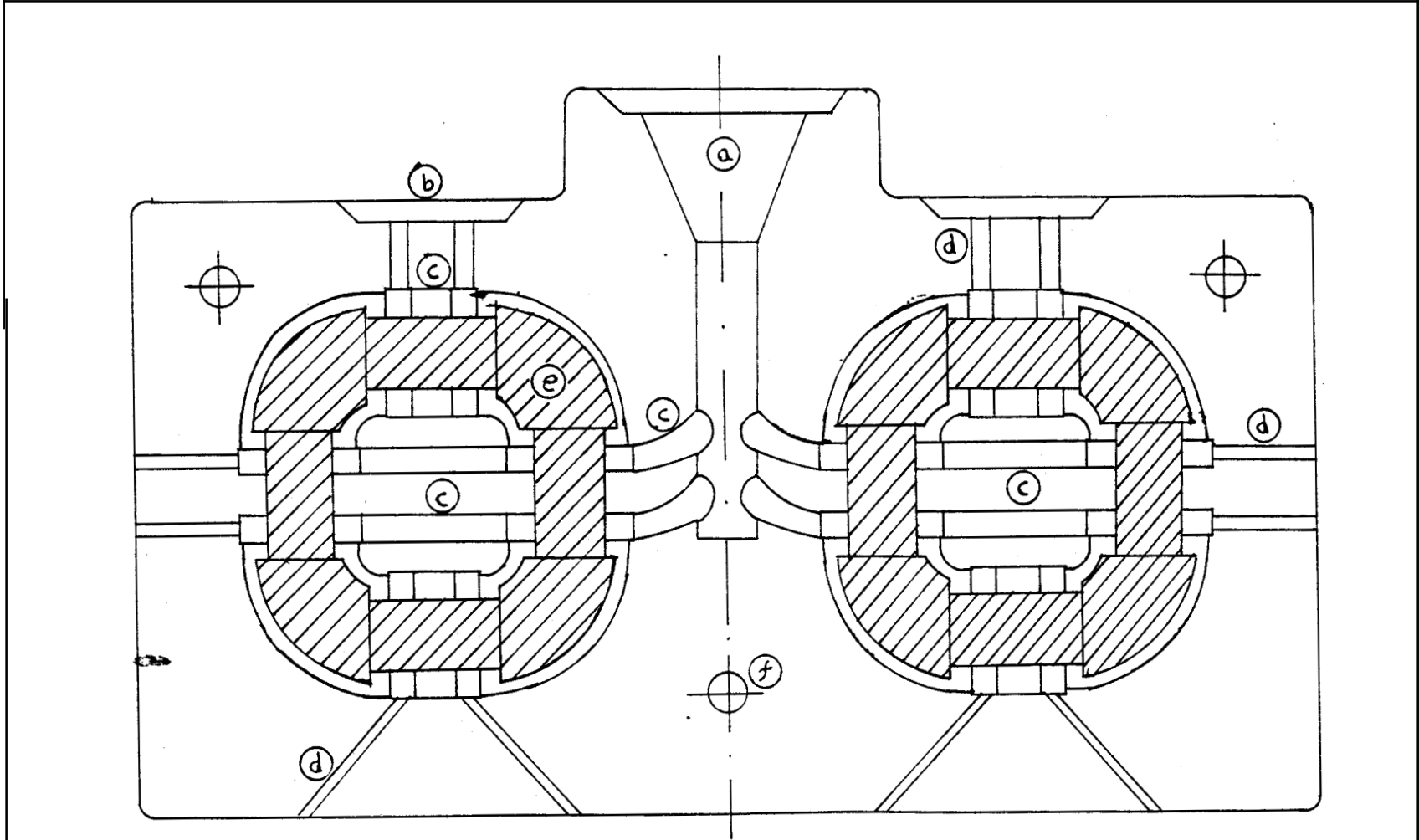


FIG. # 12 . **PARTES DEL MOLDE:** (a) bebedero; (b) rebosadero; (c) canal de alimentacion; (d) escape de aire y gases; (e) el macho; (f) guias para el acople de los moldes.

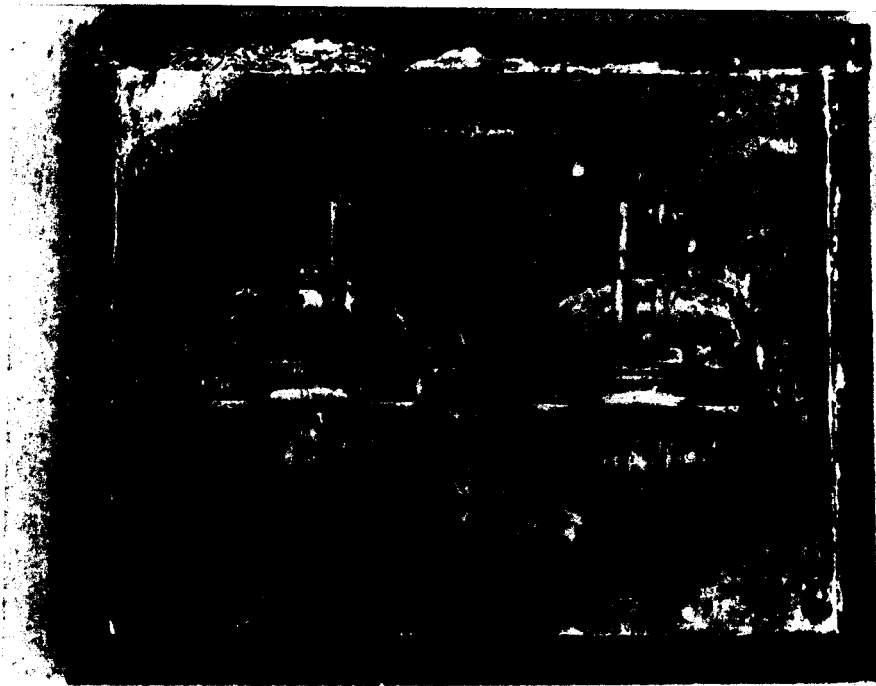


Fig. # 13; MOLDR EN YESO PARA 8 CODOS



Fig. # 14; MOLDR EN ALUMINIO, para las pruebas de llenado

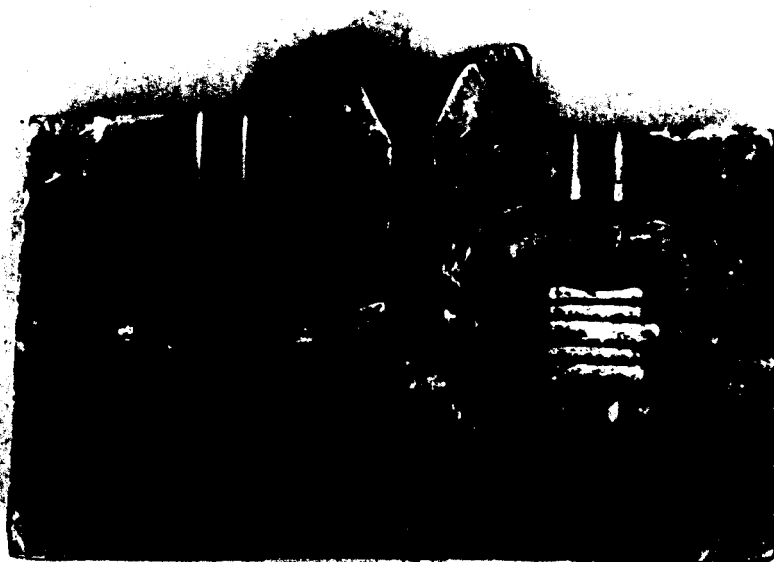


Fig. # 15; MOLDE EN BRONCE



Fig. # 16; PIEZA DE 8 CODOS, obtenida en el molde de
bronce.

1.4 DISEÑO DE LA CAJA DE MACHOS-

Al igual que en el caso anterior a esta caja de machos también se le realiza un prototipo en el cual se varían las dimensiones de esta caja hasta obtener una forma de macho con dimensiones que permitan un maquinado de la pieza para la rosca y además tomando en cuenta la contracción del material. La figura 17 muestra esta caja de machos en yeso y la figura # 18 presenta el mismo tipo de caja pero en aluminio, en esta caja se realizan las diferentes pruebas de machos.

En el prototipo se experimenta con machos destructibles de diferentes materiales para obtener uno de tal manera que sea compacto y resista el colado de la pieza y que además permita la contracción del material al enfriarse, es también importante decir que el macho debe ser fácil de destruir una vez desmoldada la pieza del molde. Para esto se experimenta con materiales diferentes como arena de sílice, harina y aserrín mezclados con la misma arena, todas ellas aglomeradas con silicatos en diferentes proporciones y endurecidos con CO_2 . Los machos hechos en verde aglutinados con agua permiten un buen colado de la pieza y su



Fig. # 17; PROTOTIPO DE CAJA DE MACHOS KN YESO, cavidad para un macho.

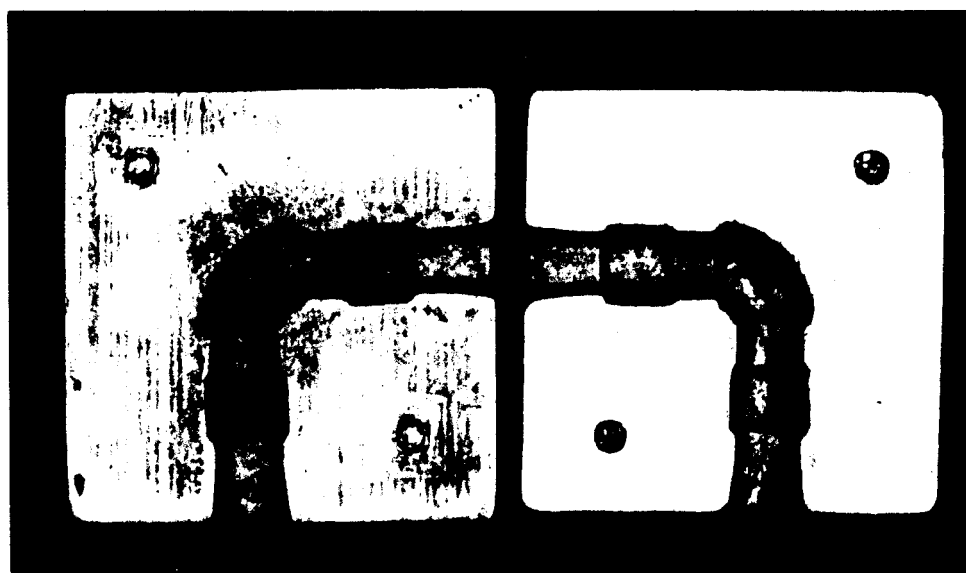


Fig. # 18; PROTOTIPO DE CAJA DE MACHOS RN ALUMINIO, nótese los orificios realizados para eyectar el macho.

destrucción después del colado es fácil más aún si se la sumerge en agua, pero representa problemas de resistencia antes del colado pues es muy frágil y también resulta difícil desmoldarlo de la caja. Los machos de arena de sílice pura con silicato y CO₂ resultan duros de destruir después del colado por esto se experimenta con una mezcla de arena con harina y silicato o arena con aserrín y silicato.

La tabla II muestra datos de estas mezclas realizadas en diferentes proporciones.

MATERIAL (%)	MEZCLA						
	1	2	3	4	5	6	7
ARENA	69	76	79	57.5	82	69	76
HARINA	14	7	4	20.5	7		
ASERRIN						14	7
SILICATO*	17	17	17	22	11	17	17

TABLA 11: DATOS PARA LA PRIMERA PRUEBA DE MACHOS

* Silicato diluido en agua

En la tabla III se muestran los resultados obtenidos en la tabla II. De los resultados se escogen los mejores y se realizan otras pruebas cuyos datos se

MACHOS	CARACTERISTICAS OBTENIDAS		
	ANTES DEL COLADO	DURANTE EL COLADO	DESPUES DEL COLADO
1	Dificultad para mezcla, mediana resistencia, forma definida	sin novedad	destrucción relativamente suave
2	No dificultad para mezcla, buena resistencia, forma definida	sin novedad	destruccibn un poco dura
3	No dificultad para mezcla, buena resistencia, forma definida	sin novedad	destrucción dura
4	Mucha dificult. mezcla, buena resistencia, forma no muy definida	sin novedad	destrucción dura
5	Dificultad para mezcla, mediana resistencia, forma definida	sin novedad	destrucción dura
6	Facilidad para mezclar, buena resistencia, forma definida	sin novedad	destruccibn dura
7	Facilidad para mezcla, muy buena resistencia, forma muy bien definida	sin novedad	destrucción dura

TABU III: RESULTADOS DE U S PRIMERAS PRUEBAS

Temperatura de colado 580°C

Temperatura de precalentamiento del molde 230°C

Tiempo de quemado del macho 1 minuto

muestran en la tabla IV, los resultados de esta tabla se dan en la tabla V y en base a ésta se puede concluir que el material y mezcla idónea para machos de accesorios de tuberías es el dado por la prueba # 4A (80% arena, 7 % aserrín, 13 % silicato)

El macho a utilizar para obtener la cavidad en el tapón, es removible y está hecha de metal ZAMAK-4 lo que facilita su desmoldeo y su frecuente uso.

MATERIAL (%)	MEZCLA					
	1	2	2A	3	4	4A
ARENA	69	73	73	76	80	80
HARINA	14	14	14			
ASERRIN				7	7	7
SILICATO	17	13	13	17	13	13

TABU IV: DATOS PARA LA SEGUNDA PRUEBA DE MACHOS

Los parámetros empleados para estas pruebas son:

Temperatura del molde parte interior = 230°C

Temperatura del molde parte exterior = 180°C

Temperatura del colado = 580°C

Incremento de temp. en el molde por colada = 0°C *

*Este incremento se toma como 0°C porque el molde

MACHOS	CARACTERISTICAS OBTENIDAS		
	ANTES DEL COLADO	DESTRUCCION DEL MACHO EN SECO	* DESTRUCCION DEL MACHO EN AGUA
1	Buena mezcla, cierta dificut. para mezclar.	semi-duro	
2	Buena mezcla, mediana resistencia	semi-duro	
2A	Buena mezcla buena resistencia		muy suave
3	Buena mezcla, muy buena resistencia	semi-suave	
4	Buena mezcla, buena resistencia	suave	
4A	Buena mezcla, buena resistencia		muy suave

TABLA V: RESULTADOS DEFINITIVOS

* La pieza con el macho permanece sumergido en agua durante 15 minutos luego se saca y se destruye el macho.

disipa rdpidamente este calor para la siguiente colada.

Resultados que se obtienen con diferentes mezclas de machos y de parámetros se los puede ver en los codos que muestra la figura # 19. En la figura # 20 se compara el dimensionamiento de un codo obtenido en ILZRO con uno de hierro maleable.

Una vez realizadas las diferentes pruebas en el prototipo se procede a construir una caja de machos con una producción mayor.

Su diseño es simple y su construcción se muestra en la figura' # 21, el cual es una caja construida en aluminio que tiene dos entradas de arena y orificios a sus costados para la gasificacidsn de los machos y su posterior eyección. La arena entra por la parte superior a gran presión para permitir la circulación de esta dentro de la caja y al mismo tiempo que quede compactada. La figura # 22 muestra un macho obtenido en esta caja y la figura # 23 presenta el inyector de arena.



Fig. # 19; DEFECTOS DE FUNDICION producidos por: (izq.) macho muy **duro**, (cent.) molde **frio**. (der.) mal acabado superficial del molde.

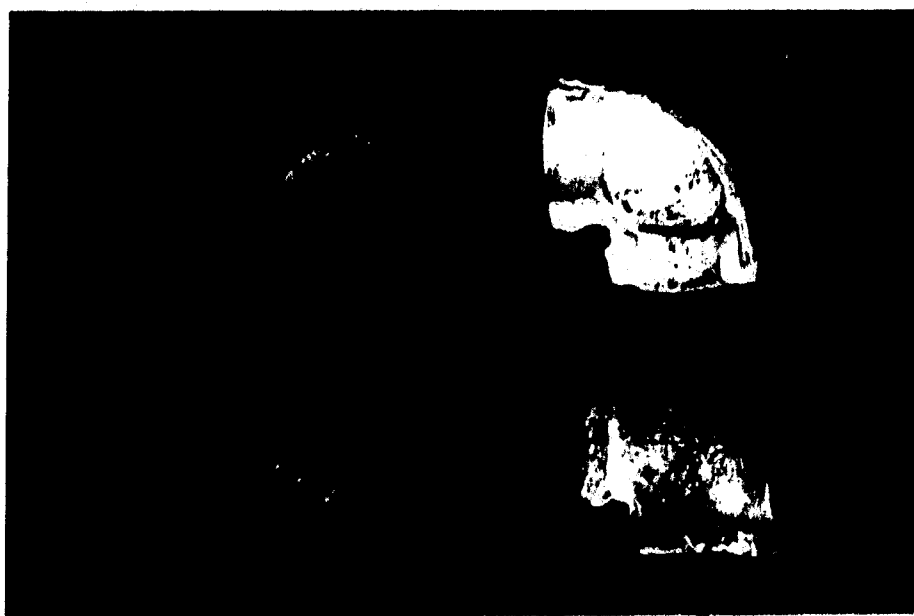


Fig. # 20; COMPARACION DE DIMENSIONAMIENTO del codo ZA-27 con el de Fe maleable.





Fig. # 21; CAJA DE MACHOS EN ALUMINIO, nótese los orificios para eyectar el macho.

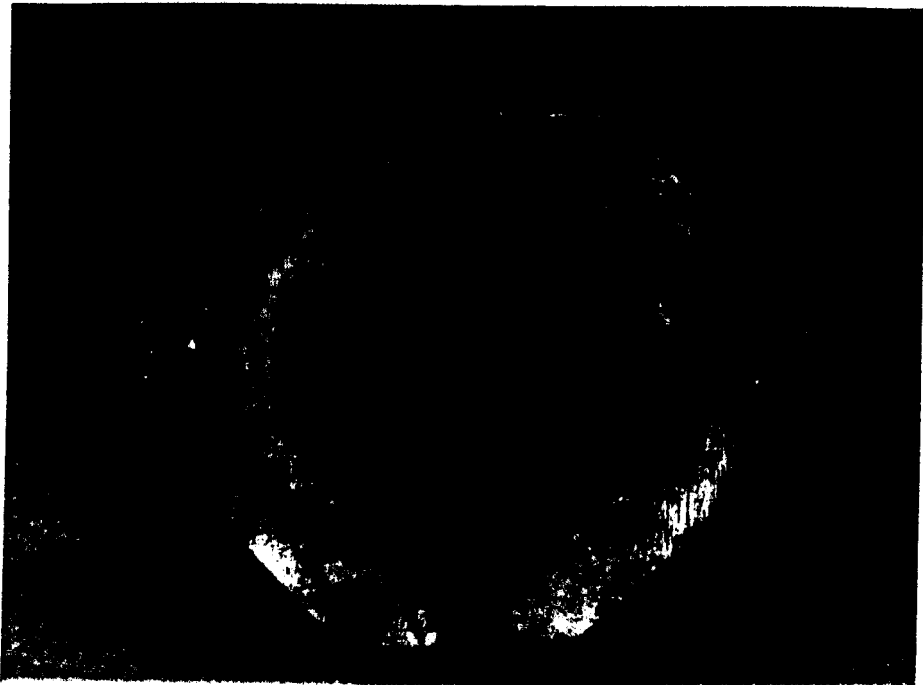


Fig- # 22; MACHO PARA CUATRO CODOS.

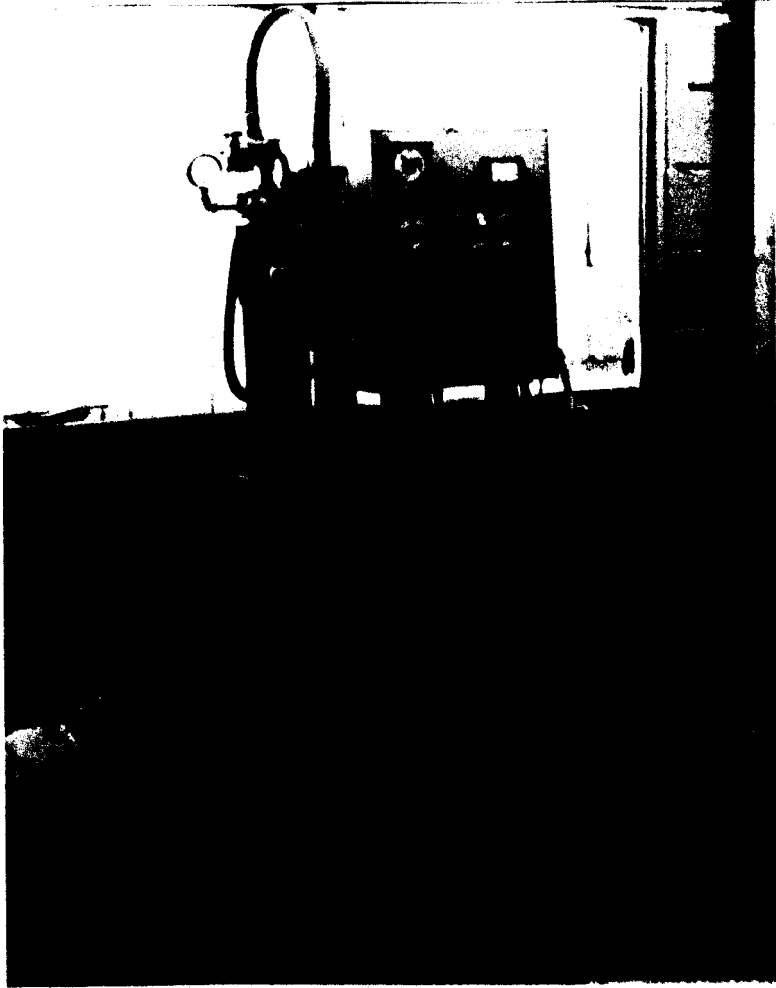


Fig. # 23; INYECTOR DE ARENA, presión de trabajo: 80 psi.

1.5 SISTEMA DE CIERRE DEL MOLDE.

Para evitar rebarras en la pieza a colar y el desperdicio de material, los moldes deben estar firmemente unidos y esto se consigue mediante un sistema de cierre que además facilita el trabajo de colado tanto al unir el molde como al desmoldear la pieza. éste sistema debe estar compuesto de:

- Guías para ambas caras del molde
- Sistema impulsador de piezas
- Sistema de enfriamiento (si es necesario)
- Sistema de cierre y apertura del molde (mecánico, manual o automático)
- De fácil colocación de machos
- Colado directo a las piezas

A partir de estos puntos el sistema de cierre debe ser lo más sencillo posible y que permita un cambio de molde o de piezas cuando estos se averíen o desgasten sin necesidad de construir un sistema de cierre nuevo. Tomando en cuenta estos requerimientos el diseño de este sistema se muestra en las figuras # 24, 25 y 26.

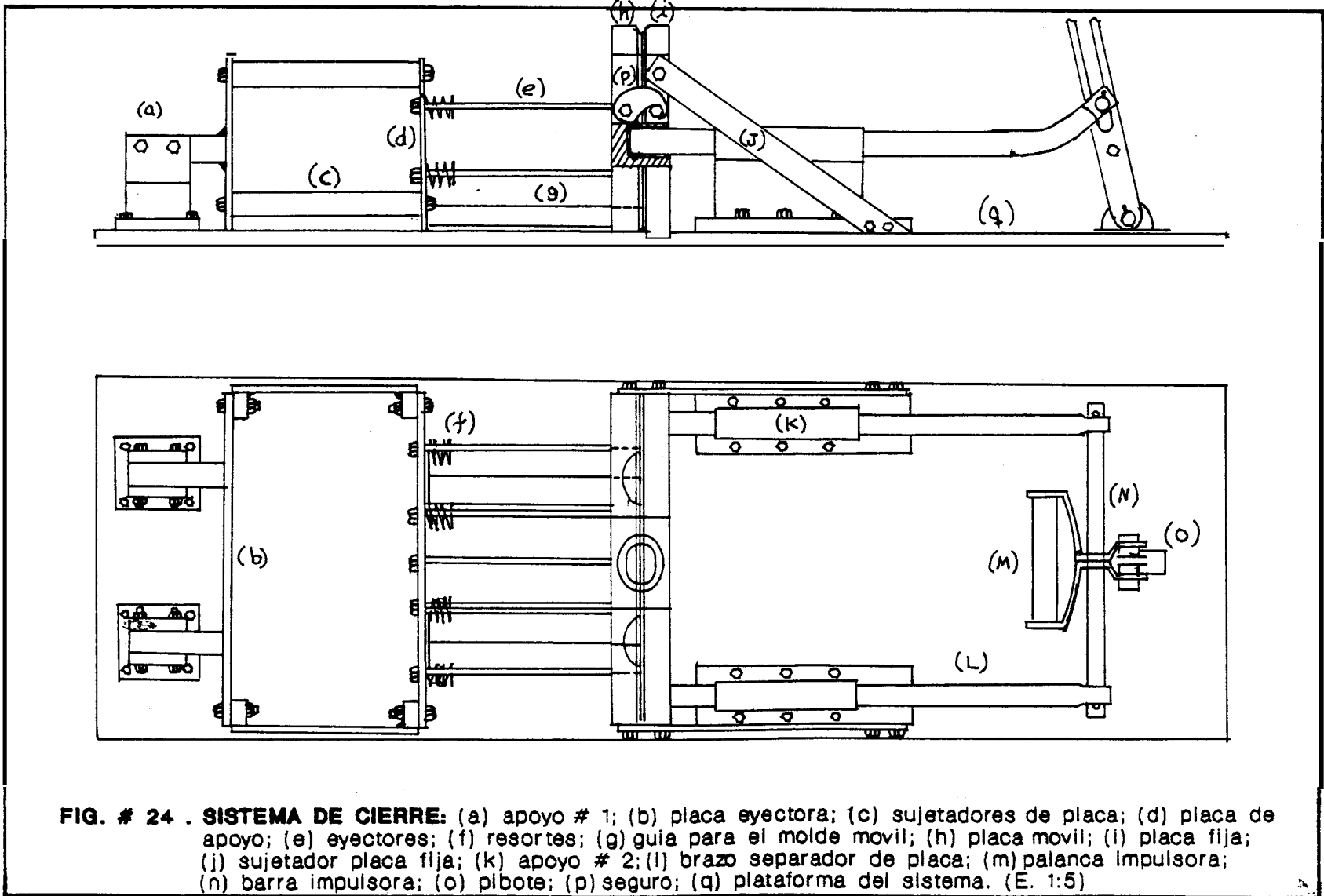
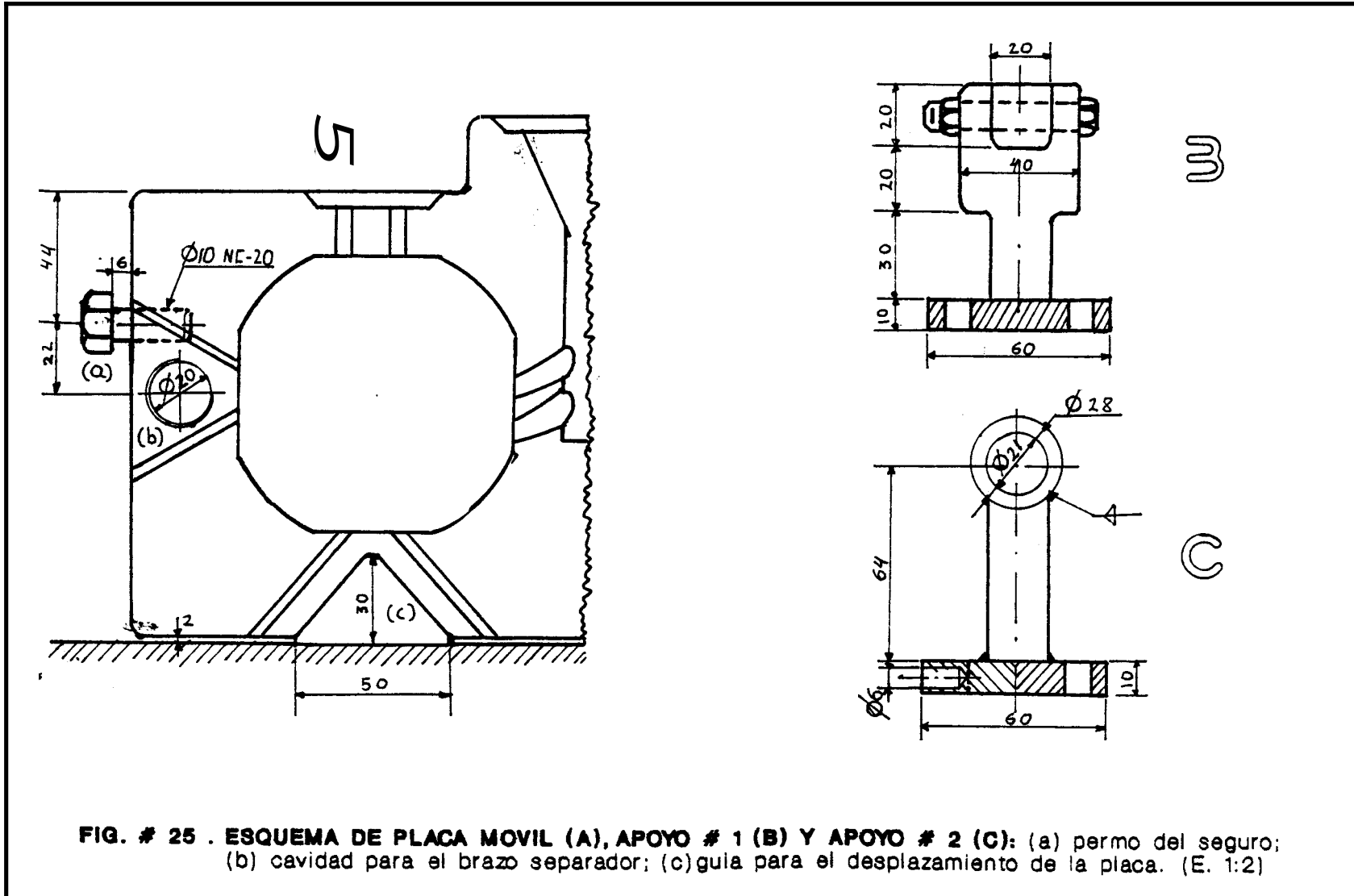


FIG. # 24 . SISTEMA DE CIERRE: (a) apoyo # 1; (b) placa eyectora; (c) sujetadores de placa; (d) placa de apoyo; (e) eyectores; (f) resortes; (g) guia para el molde movil; (h) placa movil; (i) placa fija; (j) sujetador placa fija; (k) apoyo # 2; (l) brazo separador de placa; (m) palanca impulsora; (n) barra impulsora; (o) pivote; (p) seguro; (q) plataforma del sistema. (E. 1:5)



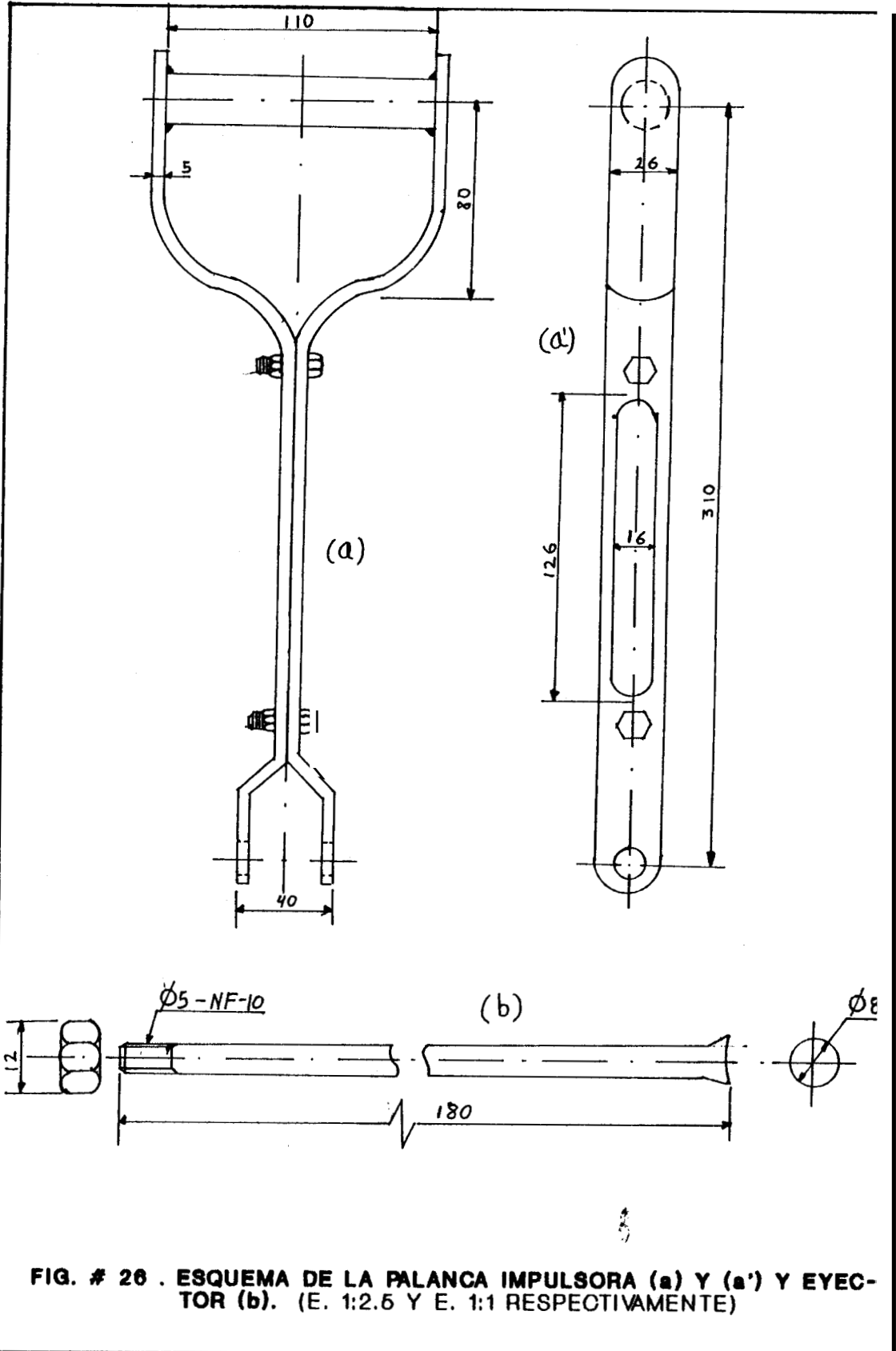
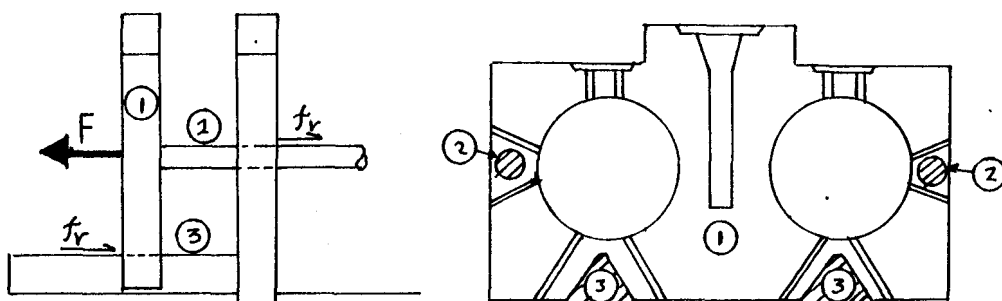


FIG. # 26 . ESQUEMA DE LA PALANCA IMPULSORA (a) Y (a') Y EYECTOR (b). (E. 1:2.5 Y E. 1:1 RESPECTIVAMENTE)

CALCULOS PARA EL SISTEMA DE CIERRE

Debido a que solamente una placa del molde es la que se mueve y lo hace mediante guías deslizantes, la única resistencia a vencer para abrir y cerrar el molde es el peso del primer molde (placa móvil) y la fricción que ofrecen las guías a este desplazamiento.

Entonces al realizar los cálculos correspondientes se tiene:



Donde :

- 1 : placa móvil; en bronce
- 2 : brazo separador del molde; en bronce
- 3 : guía deslizante para la placa móvil; en bronce
- F : resistencia a vencer
- fr: fuerza de fricción

$$W_1 = 8 \text{ Kg (masa)}$$

$$W_2 = 2,2 \text{ Kg "}$$

Como estos elementos trabajan a temperaturas arriba de los 100°C , en las guías se forma una película de óxido lo que disminuye el coeficiente de fricción de estos elementos, así $\mu = 0,70$ (coef. de fricc.)(6*) para el contacto entre bronce y bronce con deslizamiento deslizante y con película de óxido. -
-Observando el diseño del sistema de cierre existe contacto entre el brazo separador y los apoyos ubicados atrás del molde fijo el cual es de acero, pero debido a que existe lubricación en este contacto $\mu = 0,07$ (6*) y por lo tanto fr. tiende a ser despreciable-.

Realizando los cálculos correspondientes se tiene:

$$fr_3 = \mu x N_1$$

$$fr_3 = 0,70 \times 8 \times 9,8 = 54,88 \text{ N}$$

$$fr_2 = \mu x N_2$$

$$fr_2 = 0,70 \times 2,2 \times 9,8 = 15,1 \text{ N}$$

$$--\Sigma F_x = 0 \quad \uparrow$$

$$F = fr_2 + fr_3$$

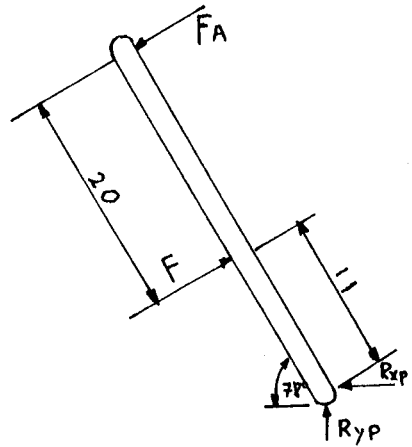
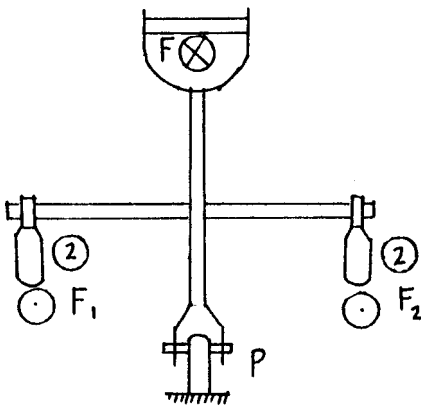
$$F = 15,1 + 54,88$$

$$F = 70 \text{ N}$$

donde: $N = Wxg$ (fuerza normal al peo)

g = aceleración de la gravedad

Debido a que la apertura de **las** placas es mediante una palanca, es necesario calcular la fuerza minima a aplicar a la palanca para vencer la resietencia a la apertura.



donde;

F_A = fuerza aplicada

P = pibote

R_y, R_x = reaccionees en el pibote; $R_y = 0$

$$CF = 0 \quad F = F_1 + F_2 = 70 \text{ N}$$

$$M_p = 0$$

$$F = F_A + R_{xp} / \cos.(78^\circ)$$

$$F \times 11 = F_A \times 31$$

$$R_{xp} = (F - F_A) \times \cos.(78^\circ)$$

$$F_A = F \times 11 / 31$$

$$R_{xp} = 9,35 \text{ N}$$

$$F_A = 25 \text{ N}$$

Lo que indica que tan solo se necesita una fuerza minima de 25 N para abrir el molde. Realizando el mismo procedimiento para cerrar el molde se obtiene un $F_A = 125 \text{ N}$ y un $R_{xp} = 47 \text{ N}$. lo que indica que se debe utilizar un elemento al final de la carrera de apertura que ayude a regresar la placa nuevamente a su posición y este mismo elemento debe servir para amortiguar la abrupta apertura del molde y que los eyectores de pieza no choquen violentamente con la placa inyectora.

El elemento adecuado para este tipo de trabajo es un resorte, cuya función principal será el amortiguar el choque. Para dimensionar el resorte se procede de la siguiente manera:

Datos

$$F = 70 \text{ N}$$

$$Y = 15 \text{ mm (deflexión máxima del resorte)}$$

$$N^\circ \text{ de resorte} = 4$$

$$\text{Fuerza x resorte} = 17,5 \text{ N}$$

$$D_{int.} = 20 \text{ mm (diámetro interior del resorte)}$$

Tipo de resorte: Alambre al cromo vanadio
($m=0,167$; $A=2000\text{MPa}$)

Resortes de extremos cerrados y aplanados (ND = 2)

$$d = ? \text{ (diámetro del alambre del resorte)}$$

$$L = ? \text{ (longitud total del resorte)}$$

$K = ?$ (constante del resorte)

Si : $S_{ut} = A / d$; $S_y = 0,75S_{ut}$; $S_{sy} = 0,58S_y$
por lo tanto;

$$S_{sy} = \frac{(0,75) \times (0,58) \times (2000 \times 10^6)}{d^{0,187}} = \frac{870 \times 10^6}{d^{0,187}}$$

además ,

$$(b) D = D_{int.} + d ; \quad K_s = \frac{2D+d}{2D} \quad (c)$$

donde :

S_{ut} : Resistencia última a la tensión

S_y : Resistencia de fluencia

S_{sy} : Resistencia de fluencia de torsión

D : Diámetro medio del resorte

K_s : Dactor de multiplicación de esfuerzo cortante

Por lo tanto realizando los cálculos para un resorte se tiene:

$$F = \frac{S_{sy} \times \pi \times d^3}{8 \times K_s \times D} = 17,5 \text{ N}$$

realizando los cálculos y sustituciones correspondientes se obtiene la sigt. ecuacion

$$\underset{(1)}{2,73 \times 10^6 \times d^{2,83}} = 14,2 + \underset{(2)}{107} d$$

por lo tanto para calcular el valor de d se verifica esta ecuación, dándole valores a la variable hasta obtener una igualdad entre (1) y (2). Luego de varias iteraciones se obtiene el siguiente resultado :

Para $d = 1,2 \times 10^{-3}$ mm ; (1) = 14,77 y (2) = 14,45 que es la igualdad mas aproximada, reemplazando el valor de d en la ecuación (b) y este resultado en la ecuación (c) se obtiene:

$$D = 20 + 1,2 = 21,2 \text{ mm} \quad K_s = \frac{2(21,2)+1,2}{2(21,2)} = 1,03$$

Si se quiere que al chocar lo molde con el resorte este se comprima 15 mm (y) entonces se tiene;

$$K = \frac{F}{y} = \frac{17,50}{0,015} = 1167 \text{ N/m}$$

además ;

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 N}$$

donde :

G: Constante de rigidez del resorte = 79,3 GPa

N: Número de espiras activas del resorte

$$N = \frac{d^4 G}{8D^3 K} = \frac{(79,3 \times 10^9)(1,2 \times 10^{-3})}{8(21,2 \times 10^{-3})^3 (1167)} = 3,87$$

$$N = 4$$

$$NT = N + ND \text{ (número total de espiras)}$$

$$NT = 4 + 2 = 6$$

$$L_c = NT \times d \text{ (longitud cerrada del resorte)}$$

$$L_c = 6 + 1,2 = 7,2 \text{ mm}$$

$$L = L_c + y = 7,2 + 15 = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Si } \tau = \frac{K \times 8 \times F \times D}{\pi \times d^3} \text{ (esf. cortante aplicado al resorte)}$$

$$\tau = \frac{(1,03)(8)(17,5)(21,2 \times 10^{-3})}{\pi(1,2 \times 10^{-3})} = 563 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\text{De (a) } \sigma_{sy} = \frac{870 \times 10^6}{(1,2 \times 10^{-3})^{0,167}} = 2675 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Si } n = \frac{\sigma_{sy}}{\tau} \text{ (factor de seguridad)}$$

$$n = \frac{2675}{563} = 5$$

Lo que indica que el resorte está capacitado para responder a un esfuerzo mucho mayor y además debido a que su longitud es pequeña con respecto a su diámetro este no se pandeará. Por lo tanto los resortes a emplear (que se encuentran soldados a la placa de apoyo) tienen las sigts. dimensiones:

$$d = 1,2 \text{ mm}$$

$$L = 22.2 \text{ mm}$$

$$D = 21,2 \text{ mm}$$

$$K = 1167 \text{ N/m}$$



BIBLIOTECA

El resorte es de cromo vanadio ideal para funcionar donde la temperatura de trabajo es alta y existen cargas de choque o impacto.

El cálculo de esfuerzos que se aplica o soporta el resto de elementos no es de suma importancia por lo tanto se omiten. Un detalle que es importante observa es que los eyectores son de acero de medio carbono porque van a estar sometidos a impacto.

Cada pieza del sistema de cierre es independiente de la del resto para poder ser sustituida o reparada en caso de avería o para realizarle un mantenimiento preventivo para una mayor durabilidad del molde y del sistema en sí.

1.6 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOLDE

Todo molde metálico sometido a un trabajo repetitivo y continuo de colado, está predispuesto a fallar por termofluencia debido a que en cada colada el molde sufre un incremento en su temperatura y si este no

despeja el calor añadido su vida útil pronto cesará.

Para evitar esto es necesario colocar un sistema de enfriamiento al molde de tal manera que ayude a despejar el calor ganado en la colada. El refrigerante puede ser agua, aire a presión o por contacto de otro metal enfriado, todo depende de la severidad con que se quiera enfriar el molde, por lo tanto es necesario calcular la cantidad de calor a despejar en un tiempo determinado pero tomando en cuenta que el molde por si mismo también despeja calor y puede ser que este trabajo sea suficiente para eliminar todo el calor añadido.

$$\text{Sea } Q_n = G(ct + C) \quad (1^*)$$

donde:

Q_n = Calor a evacuar

G = Peso de la pieza inyectada (Kg) incluyendo el canal de colada y bebedero

c = Calor específico (Kcal/Kg.grd) del material a colar

t = Diferencia entre la temperatura de colado y la de vaciado (grd)

C = Calor de fusión (Kcal/Kg) del material a colar

Debido a que los valores c, t, C son constantes para cada tipo de material se asume un factor q .

$$q = ct + C$$

Paras las aleaciones de Zn, $q = 48 \text{ Kcal/Kg}$ por colada.

Si:

$$G = 0,70 \text{ Kg}$$

$$Q_n = G \cdot q$$

$$Q_n = (0,70)(48)$$

$$Q_n = 33,6 \text{ Kcal.} = 134 \text{ BTU}$$

Sea $Q = \frac{K \times F \times T}{L}$

donde :

Q = Calor que despeja el molde (W)

K = Coeficiente de conductividad térmica ($\text{W/m}^\circ\text{K}$)

F = superficie perpendicular a la corriente térmica (Q) (m^2)

T = Diferencia de temperatura entre la pared del molde exterior y la cavidad interior de Qste ($^\circ\text{K}$)

L = espesor de ambas placas del molde (m)

Para el bronce se tiene los siguientes valores:

$$K = 63 \text{ W/m}^\circ\text{K}$$

$$T = T_{\text{cavidad}} - T_{\text{ext.}} = 773 - 453 = 320^\circ\text{K}$$

$$L = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$$

El valor de F se lo calcula de la siguiente manera:
Observando la fig. # 12 se calcula el área de los diferentes componentes del molde, de tal manera que

$$A_{cd} = 1,55 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ (brea de los 8 codos)}$$

$$A_b = 4 \times 10^{-4} \quad "$$

$$A_c = 8 \times 10^{-6} \quad "$$

$$A_d = 5 \times 10^{-5} \quad "$$

$$A_a = \underline{1,1 \times 10^{-3}} \quad "$$

$$A_T = 3,12 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\text{entonces: } Q = \frac{(63)(3,12 \times 10^{-3})(320)}{(0,05)} = 1258 \text{ W}$$

$$Q = 4290 \text{ BTU/h}$$

Debido a que el calor se disipa no sólo a través del molde sino también paralelo a 61, se determina un valor de relación que compense esta evacuación.

$$R = \frac{A_{\text{molde}}}{A_T} = \frac{0,046}{3,12 \times 10^{-3}} = 14,74$$

Este valor se toma tan solo como una décima parte de su valor real, por lo tanto,

$$Q_T = Q + 1,47xQ = 4290 + 1,47(4290) = 10.596 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = 2,94 \text{ BTU/s}$$

Una vez lleno el molde (en 6 segundos) la temperatura de este es aproximadamente 500°C, si la pieza tarda en solidificarse 8 seg. en el molde, entonces :

$$Q_{T(s \text{ seg.})} = (2,94)(8) = 23,52 \text{ BTU}$$

Al solidificarse la pieza esta adquiere una temperatura máxima de 400°C y si la parte exterior del molde conserva su temperatura se tiene:

$$Q' = \frac{K \cdot FT}{L} = \frac{(63)(3,12 \times 10^{-3})(400-180)}{0,05} = 865 \text{ W}$$

$$Q = 2950 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = Q'(1 + 1,47) = (2950)(2,47) = 7284 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = 2 \text{ BTU/s}$$

Si se tarda como minimo 1 minuto en desmoldar la pieza y dejar listo el molde para la próxima colada (asumiendo una colada continua para 4 moldes)

$$Q'_T = (2)(60) = 120 \text{ BTU}$$

Por lo tanto el calor que pierde el molde por enfriamiento en el aire entre colada y colada es:

$$Q_T = Q + 1,47xQ = 4290 + 1,47(4290) = 10.596 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = 2,94 \text{ BTU/s}$$

Una vez lleno el molde (en 6 segundos) la temperatura de este es aproximadamente 500°C , si la pieza tarda en solidificarse 8 seg. en el molde, entonces :

$$Q_T(\text{s seg.}) = (2,94)(8) = 23,52 \text{ BTU}$$

Al solidificarse la pieza esta adquiere una temperatura máxima de 400°C y si la parte exterior del molde conserva su temperatura se tiene:

$$Q' = \frac{K.FT}{L} = \frac{(63)(3,12 \times 10^{-3})(400-180)}{0,05} = 865 \text{ W}$$

$$Q = 2950 \text{ BTU/h}$$

$$Q'_T = Q'(1 + 1,47) = (2950)(2,47) = 7284 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = 2 \text{ BTU/s}$$

Si se tarda como minimo 1 minuto en desmoldar la pieza y dejar listo el molde para la próxima colada (asumiendo una colada continua para 4 moldes)

$$Q'_T = (2)(60) = 120 \text{ BTU}$$

Por lo tanto el calor que pierde el molde por enfriamiento en el aire entre colada y colada es:

$$Q_T + Q'_T = 23,5 + 120 = 143,5 \text{ BTU}$$

Que es más mayor que el calor que recibe, por colado de la pieza por lo tanto el molde necesitaría un nuevo recalentamiento para la próxima colada en vez de añadir un sistema de enfriamiento.

CAPITULO II

ANALISIS DE COSTOS

2.1 COSTOS DE FABRICACION DE MOLDES Y MAQUINAS

Realizando un estudio en cuanto concierne al costo que genera producir estos moldes metdlicos para una produccidn de distintos tipos de accesorios, es recornendable realizar el andlisis de un solo molde para de allí poder proyectarse a una producción mayor de estos elementos, por lo tanto se procede a analizar el costo que produjo construir el molde para la fabricación de codos, asi como su sistema de cierre. No se toma en cuenta el trabajo ingenieril por ser éste un trabajo indirecto en la fabricación de los moldes.

En la tabla VI se establece costo de materiales, equipos y mano de obra que se generan en este proceso. En la tabla VII se muestra los costos unitarios y totales de los moldes y máquinas de cierre.

D E S C R I P C I O N	COSTO (S/.)
MATERIAL DEL MOLDE	70.000
MATERIAL CAJA DE MACHOS	10.000
MATERIAL SISTEMA DE CIERRE	120.000
CONSTRUCCION MOLDE	300.000
CONSTRUCCION CAJA DE MACHOS	20.000
CONSTRUCCION SISTEMA DE CIERRE	500.000
TOTAL	1'020.000

TABU VI: COSTO DE FABRICACION DE MOLDES Y MAQUINAS

De los datos obtenidos del estudio de produccidn se establecd que se requieren de 22 moldes para abastecer la produccidn estimada. De igual manera el número de máquinas a usar para cerrar los moldes es de 4 y de 17 el número de cajas de machos.

D E S C R I P C I O N	cost. unit. (S/.)	cost. total (S/.)
CAJA DE MACHOS	30.000	510.000
MOLDES	370.000	8'140.000
MAQUINAS DE CIERRE	620.000	2'480.000
T O T A L	1'020.000	11'130.000

TABU VII: COSTOS TOTALES DE MOLDES Y MAQUINAS.

NOTA : Para las pruebas de llenado en la caja de machos se utilizó un inyector de arena, el cual no ha sido tomado en cuenta para el asunto de costos por ser ésta una herramienta opcional.

2.2 COSTO DE PRODUCCION POR USO DEL PROCESO

Todo equipo o herramienta de trabajo sufre deterioro físico debido a su frecuente uso por lo que generan gastos en la producción. Por lo tanto es necesario calcular el costo de este deterioro para establecer el efecto que causa en la producción.

Este costo de producción por uso de máquinas o herramientas de trabajo se denomina depreciación y se lo calcula en base a la vida útil del elemento en cuestión.

Así para el molde, máquina de cierre y caja de machos se tiene:

VIDA UTIL DEL MOLDE

La producción de piezas por el sistema de coquilla se estima entre 5.000 y 50.000 piezas por molde-

4

Si consideramos un trabajo del molde en condiciones medias (20.000 piezas) debido a que se producen 18

piezas por día (datos tomados del estudio de producción), la vida útil (V.U.) del molde es:

$$V.U. = \frac{\text{Total de piezas}}{\# \text{ de piezas / día}} = 1.111 \text{ días}$$

Tomando en cuenta que los días laborables del año son 240, tenemos que la vida útil del molde es aproximadamente 5 años.

Por lo tanto el costo anual por depreciación de la totalidad de los moldes es:

$$\text{Depr.} = \text{Costo herramienta} / \text{vida útil herramienta}$$

$$\text{Depr.} = 1'628.000 \text{ sucres anuales.}$$

Realizando un análisis similar para las máquinas de cierre (m.c.) y de las cajas de machos (c.m.), se tiene:

$$V.U.m.c. = 8 \text{ años}$$

$$\text{Depr. m.c.} = 320.000 / \text{año}$$

$$V.U. c.m. = 3 \text{ años}$$

$$\text{Depr. c.m.} = 170.000 / \text{año}$$



En resumen el costo de producción por uso del proceso será de 2'118.000 sucres por año.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Al concluir este proyecto se han obtenido resultados que confirman los objetivos propuestos al comienzo de este tema, asimismo se presentan interrogantes propias de un estudio corto y que solo podrán ser dilucidadas mediante la puesta en práctica del trabajo y realizado en forma repetitiva. Interrogantes tales como establecer el tiempo de vida útil de los moldes, el mejoramiento en la elaboración de estos elementos, el incremento o no de una producción mayor de piezas por molde o por colada dependiendo de la aceptación que tenga este producto en el mercado, etc.

A continuación se detalla cada uno de los objetivos alcanzados en este proyecto.

- 1.- Se establece que la aleación más idónea para fabricar moldes metálicos en donde se elaborarán accesorios de tuberías es la de " bronce al manganeso ", por presentar mayor resistencia al desgaste y al choque

térmico, así como también un acabado superficial liso de las piezas (que es lo que se persigue).

- 2.- Que la elaboración de estos moldes mediante el empleo de escayola es muy bueno pues se obtienen superficies pulimentadas en los moldes, además es el método más barato para obtener superficies lisas en elementos metálicos.
- 3.- Siendo este proyecto una manera de abaratar el producto a fabricar, el colado por gravedad representa una respuesta positiva al objetivo planteado, siempre y cuando se cumplan los parámetros establecidos, esto es, colar a 580 °C y realizar un precalentamiento de los moldes hasta 230 °C, variando estos valores en un rango de ± 10 °C en cada caso.
- 4.- El diseño del molde, parte fundamental en este proyecto se realiza basándose principalmente en el espesor de las piezas a colar, la cantidad de estas piezas (según el estudio de mercado) y de los resultados obtenidos en el prototipo. Es así que el diseño hecho realidad tanto en las placas de aluminio como en las de bronce, no presenta ningún problema de llenado, ya que los canales de alimentación y escape de aire y gases cumplen sus funciones satisfactoria-

mente.

- 5.- En lo que concierne a la caja de machos, ésta fue la prueba más complicada, pues debido a la configuración de la pieza el sistema de llenado de material siempre resulta un problema y fue la parte en que más pruebas se realizaron tanto en el prototipo como en la caja definitiva, pero una vez conseguido el resultado deseado no presentará problema construir una caja de machos para los otros tipos de accesorios.

El empleo de un inyector de arena ayuda en gran medida en la elaboración de los machos. Las pruebas hechas en el prototipo arrojan un resultado satisfactorio al obtener una mezcla idónea para machos, la cual es : 80% de arena de sílice, 7% de aserrín y 13% de silicato de sodio diluido en agua, que ofrece buena compactación y luego una fácil destrucción del macho después del colado.

- 6.- El diseño del sistema de cierre del molde está hecho de la manera más sencilla posible por lo que su construcción no reviste ningún problema, eso sí, cada elemento se lo analiza tomando en cuenta la temperatura a la que van a trabajar y tratando de que los elementos no se corroan entre sí debido a que son



disimilares.

BIBLIOTECA

7.- Un resultado importante y satisfactorio es el que se da en cuanto al enfriamiento del molde pues mediante las pruebas realizadas se puede establecer que los moldes no necesitan enfriamiento debido a que por su conductividad térmica son autoenfriables y por lo tanto abaratan su construcción.

8.- El costo para la elaboración de los moldes y de su sistema de cierre resulta un poco caro (a pesar de utilizar materiales baratos y de diseños sencillos de construir), pero como son utilizados para fabricar piezas en serie, a la larga ésta inversión se justifica; inclusive se consiguen piezas relativamente baratas con respecto a los accesorios de hierro maleable, por lo que al llevar a cabo este proyecto resultará rentable para el inversionista.

RECOMENDACIONES

Una vez concluido este proyecto es necesario realizar ciertas sugerencias al respecto para un mejor aprovechamiento de las pruebas realizadas.

1.- En cuanto a la obtención de los moldes metálicos,

existen mejores técnicas que la empleada en este proyecto, por ejemplo, para un excelente pulido del molde es recomendable utilizar moldes de cerámica química cuyo principal componente es el silicato de etilo, el cual es muy caro y además el proceso de secado es delicado por lo que este proceso se vuelve muy costoso, pero que se justifica plenamente por los resultados que se obtienen. Otro método es el de moldura de acero y polvo de granallado aglomerado a la resina, técnica muy utilizada últimamente en Europa pero que lamentablemente en nuestro país no es conocida.

2.- Debido a que los machos producidos sirven solo para dar forma a la parte interior de los accesorios y por lo tanto no se nota su acabado, es mejor obtener la caja de machos colando el metal en arena ya sea en verde o en arena de sílice y evitar así el uso de los moldes de escayola, de esta manera se abarata su producción y se gana tiempo.

3.- Para obtener un mejor control de la apertura y cierre de los moldes es mejor tener un sistema con pistones neumáticos para que la fuerza que realiza este trabajo sea constante y evitar así un deterioro del

sistema de cierre por un movimiento muy brusco de la palanca cuando se utiliza el sistema manual aqui propuesto.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BRUNHUBER E.; Fundición a presión; Edit. G.G.
 - 2.- DIETER Jr.; Metalurgia mecánica.
 - 3.- DITTRICH W.; Procedimiento de colada de precisión con moldes cerámicos; Edit. Dynamic Aktiengesellschaft.
 - 4.- EDITION TECHNIQUES DES INDUSTRIES DE LA FUNDERIE ;
París 1973.
 - E'tat actual du moulage en coquille de la fonte
(Etude bibliographique).
 - Le moulage en coquille du laitón.
 - Technologie de la fonderie en moules métalliques
(Fonderie sous pression).
 - Technologie de la fonderie en moules métalliques
par gravité.
 - 5.- LE BRETON.; Defecto de la pieza de fundición; Edit.
URMO.
- 2
- 6.- MARKS ; Manual del Ingeniero Mecbnico; Tomo I; 6^{ta}
Edic.

- 7.- METAL HANDBOOK ; Vol. 5; 8^{va} Edic.
- 8.- SHIGLEY-MITCHELL ; Diseño en Ingenieria Mecánica; 4^{ta} Edic.; Edit. Mc.Graw-Hill; U.S.A.; 1985.
- 9.- VENUS W.; Techniques D'Attaque en Fonderie sous pression ; Edit. ETIF , Paris 1982.

