



T
669.142
B423



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Departamento de Ingeniería Mecánica



"PROYECTO DE INVERSION PARA PRODUCCION
NACIONAL DE HERRAMIENTAS MANUALES
(PROCESO DE FUNDICION)"

PROYECTO DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Fernando Antonio Bejar Aguiar

Cuayaquil - Ecuador

1990

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

A DIOS

A la ESPOL.

Al Ing. IGNACIO WIESNER por
su apoyo e invaluable ayuda
para la culminación de este
proyecto.

DEDICATORIA

A mi Abuela AMADA

A mis Padres

A mi Esposa

A mis Hermanos

ING. ALFREDO BARRIGA
SUE DECANO ENCARGADO

ING. IGNACIO WIESNER
DIRECTOR DEL TOPICO

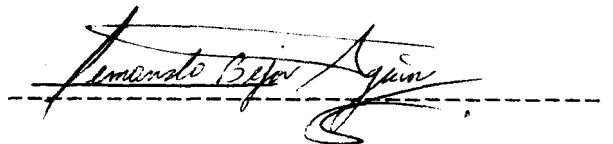
ING. MANUEL HELGUERO
MIEMBRO DE TRIBUNAL

ING. JOSE PACHECO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas, i doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente y, el patrimonio intelectual del mismo a la Esc'uela Superior Politecnica del Litoral".

(Reglamento de Tópico de Graduacibn).

A handwritten signature in black ink, reading "Fernando Bejar Aguiar", is written over a horizontal dashed line. The signature is fluid and cursive.

FERNANDO ANTONIO BEJAR AGUIAR

RESUMEN

Este proyecto de grado es parte de un proyecto de inversión que tiene la finalidad de contribuir al desarrollo nacional tratando de nacionalizar un bien capital como es la producción de herramientas manuales.

Como todo proyecto de inversión, contiene en su estructura diferentes partes que son: el análisis de mercado y estudio de prefactibilidad, el análisis de diseño y selección de procesos de fabricación de partes y conjunto, los posteriores tratamientos de control de calidad del producto.

En este estudio se tratará exclusivamente el desarrollo de los procesos de fabricación, pero únicamente los de moldeo y fundición, se estudiará los procesos posibles que pueden ser utilizados y se seleccionarán los procesos más adecuados a nuestra tecnología y economía; pero sin apartarse de las normas de calidad del producto.

Una vez seleccionados los procesos se desarrollarán los mismos para una producción en serie de las partes la cual concluirá con el ensamblado y prueba de las mismas. Este trabajo es un capítulo de un proyecto de inversión debido a la desagregación tecnológica, esperando contribuir al desarrollo nacional; cumpliendo así nuestro objetivo.

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

	Pag.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL.....	VII.....
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE TABLAS	IX.....
INDICE DE FOTOGRAFIAS	X
ANTECEDENTES	11
CAPITULO I: ESTUDIO DEL PRODUCTO	
1.1 Propiedades y Componentes de la Aleaciones	12
1.2 Procesos de Fundición Aplicables	24
1.3 Selección de Procesos	44
1.4 Desarrollo de Procesos de Producción en Serie..	47
CAPITULO II: DESARROLLO DEL PRODUCTO	
2.1 Pruebas de Fusión de las Aleaciones	52
2.2 Producción de Partes	66
CONCLUSIONES	77..
RECOMENDACIONES	81
ANEXOS	85
BIBLIOGRAFIA	96

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

	Pag.
Figura 1.- Resistencia Ultima a la Tensión vs. Temperatura	15
Figura 2.- Resistencia Ultima de Tensión vs. Envejecimiento	16
Figura 3.- Elongación vs. Temperatura	17
Figura 4.- Dureza vs. Temperatura	20
Figura 5.- Cambios Dimensionales vs. Envejecimiento	21
Figura 6.- Medición del Esfuerzo Ultimo de Tensión según el Proceso de Fusión	22
Figura 7.- Proceso de Moldeo con Cáscara	27
Figura 8.- Molde para obtener modelos de Cera	29
Figura 9.- Colada de los Modelos de Cera	29
Figura 10.-Unión de los Modelos a un Árbol de Cera.	31
Figura 11.-Preparación del Molde Cerámico	32
Figura 12.-Construcción del Molde Cerámico	33
Figura 13.-Evacuación de la Cera del Molde	34
Figura 14.-Colada del Metal en el molde de Cera Perdida	35
Figura 15.-Extracción de la Pieza	37
Figura 16.-Fundición en Molde Permanente	39
Figura 17.-Detalle de Modelo para Fundición a Presión	43
Figura 18.-Diagrama de Fase de Al-Zn	68

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

	Pag.
Tabla 1.-Composición de la Aleación ZA-27	14
Tabla 2.-Propiedades Físicas de la Aleación ZA-27..	14
Tabla 3.-Propiedades Mecánicas de la Aleación ZA-27	19
Tabla 4.-Variación de la Resistencia de la Aleación ZA-27 según el proceso de fundición	19
Tabla 5.-Propiedades Mecánicas del Acero 4340	23
Tabla 6.-Rasgos de Diseño y Costos de los Métodos Básicos de Fundición	45
Tabla 7.-Matriz de Selección del Proceso para la Fabricación del Cuerpo de la Herramienta .	46
Tabla 8.-Matriz de Selección del Proceso para la Fabricación de la quijada móvil	48
Tabla 9.-Ensayo de Tensión de la Aleación ZA-27....	69

INDICES DE FOTOGRAFIAS

	Pag.
Fotografía #1.- Modelo de Yeso del Cuerpo de la Herramienta	54
Fotografía #2.- Molde de Arena para la obtención de la matriz	54
Fotografía #3.- Matriz metálica para el proceso de Molde Permanente	55
Fotografía #4.- Caja de Machos para el Cuerpo de la herramienta	57
Fotografía #5.- Matriz para obtener Modelos de Cera.	61
Fotografía #6.- Modelo de Cera para la quijada móvil	63
Fotografía #7.- Arbol de Cera	64
Fotografía #8.- Cuerpo de la Herramienta Fundida ...	75
Fotografía #9.- Microestructura del Cuerpo de la Herramienta de Aleación ZA-27	75



A N T E C E D E N T E S

Continuando con las perspectivas del desarrollo nacional en el área de la metalurgia, especialmente en la fundición, se tratará de realizar en este proyecto una producción rentable de herramientas manuales, que para este caso serán las llaves de tubo. Para este trabajo contamos con un estudio detallado del mercado a nivel nacional, el cual nos informa de la demanda de la herramienta a producir, el mismo que recomienda la producción en conjunto de dos tipos de llave de tubo en un número de 17.748 por año.

De igual forma tenemos la ayuda de otro estudio, el cual es de diseño y selección de materiales, en el que se analizan los esfuerzos a que estará sometida la herramienta.

Las piezas recomendadas para este proceso de producción son el cuerpo de la herramienta y la quijada móvil de la misma. En cuanto a la selección de los materiales a utilizar, se nos recomienda para el cuerpo de la herramienta la utilización de la aleación ILZRO ZA-27, que nos presenta una ventaja en su peso, cumpliendo con las especificaciones de diseño. Para la quijada móvil de la herramienta se me ha recomendado partir de un acero de medio carbono al Cr-Ni-Mo que es el AISI 4340 o cualquier otro equivalente que pueda ser utilizado en este proceso.

CAPITULO I: ESTUDIO DEL PRODUCTO.

1.1 PROPIEDADES Y COMPONENTES DE LAS ALEACIONES.

Para el cuerpo de la herramienta: Se va a utilizar la aleación ZA - 27, comunmente conocida como ILZRO 27. Como esta aleación es aún relativamente desconocida en moldajes y fundiciones, así como en sus propiedades, vamos a tratar una breve reseña de su origen y propiedades.

Por el año de 1967 fue creado e introducido el ILZRO 12 y subsecuentemente, otras dos aleaciones fueron desarrolladas, conteniendo 8% de Al y 27% de Al. Experiencias con estas aleaciones de Zn nos muestran que pueden ser fundidas en diversos tipos de moldes.

Para nuestro caso hemos seleccionado el ILZRO 27 al cual la justificamos por sus propiedades que serán dadas a conocer más adelante. En comparación con el aluminio, las aleaciones de zinc se funden a más bajas temperaturas, son mucha más fuertes y duras y menos frágiles.

Un punto importante de las aleaciones en base Zn es por su bajo punto de fusión que da 2 ventajas sobre otros materiales competitivos. La primera es que la energía utilizada en la operación es menor, y la

segunda, es debida a que la operación de fundición es esencialmente libre de gases.

Los elementos que componen esta aleación, varían en un rango dependiendo de las propiedades a obtener. La composición de la aleación está detallada en la tabla 1.

a) Prototipo.- los prototipos de componentes pueden ser fundidos usando moldes de yeso y en un 1/4 o un 1/3 del tiempo requerido para moldes de acero. El costo de la fundición radica para esta aleación en el 2% a 8% del costo del molde. Las propiedades físicas y mecánicas están dadas en la tabla 2 y 3 respectivamente.

b) Esfuerzo de Tensión y Elongación.- La aleación ZA 27 tiene una resistencia última de aproximadamente 415 MPa a temperatura ambiente y 330 MPa a 80 °C y 172 MPa a 150 °C. La curva de variación esfuerzo-temperatura está en la figura 1. La resistencia última a la tensión vs envejecimiento está dada en la figura 2, y se aprecia que ésta a temperatura ambiente no tiene efecto, pero envejeciéndolo a 95 °C durante 10000 horas habrá un decremento a 310 MPa. Los cambios en elongación se presentan en la fig. 3.

ELEMENTOS	PORCENTAJE
Aluminio	25 - 28
Cobre	2.0 - 2.5
Magnesio	0.01 - 0.02
Hierro	< 0.10
Plomo	< 0.004
Cadmio	< 0.003
Estaño	< 0.002
Zinc	Balance

TABLA 1
COMPOSICION DE LA ALEACION ZA-27

PROPIEDADES	SISTEMA INTERNACIONAL
Densidad	5.00 g/cm ³ a 21 °C
Contracción de Solidificación	1.25%
Rango de temp. de Solidificación	487 -375 °C
Expansión Térmica	26 mm/mm/ °C 20-100 °C (xEXP-06)
Conductividad Térmica	125.5 W/m/°C a 70-140 °C
Conductividad Eléctrica %IACS	29.7 % IACS
Contracción en el modelo.	13 mm/m.

TABLA 2
PROPIEDADES FISICAS DE LA ALEACION ZA-27

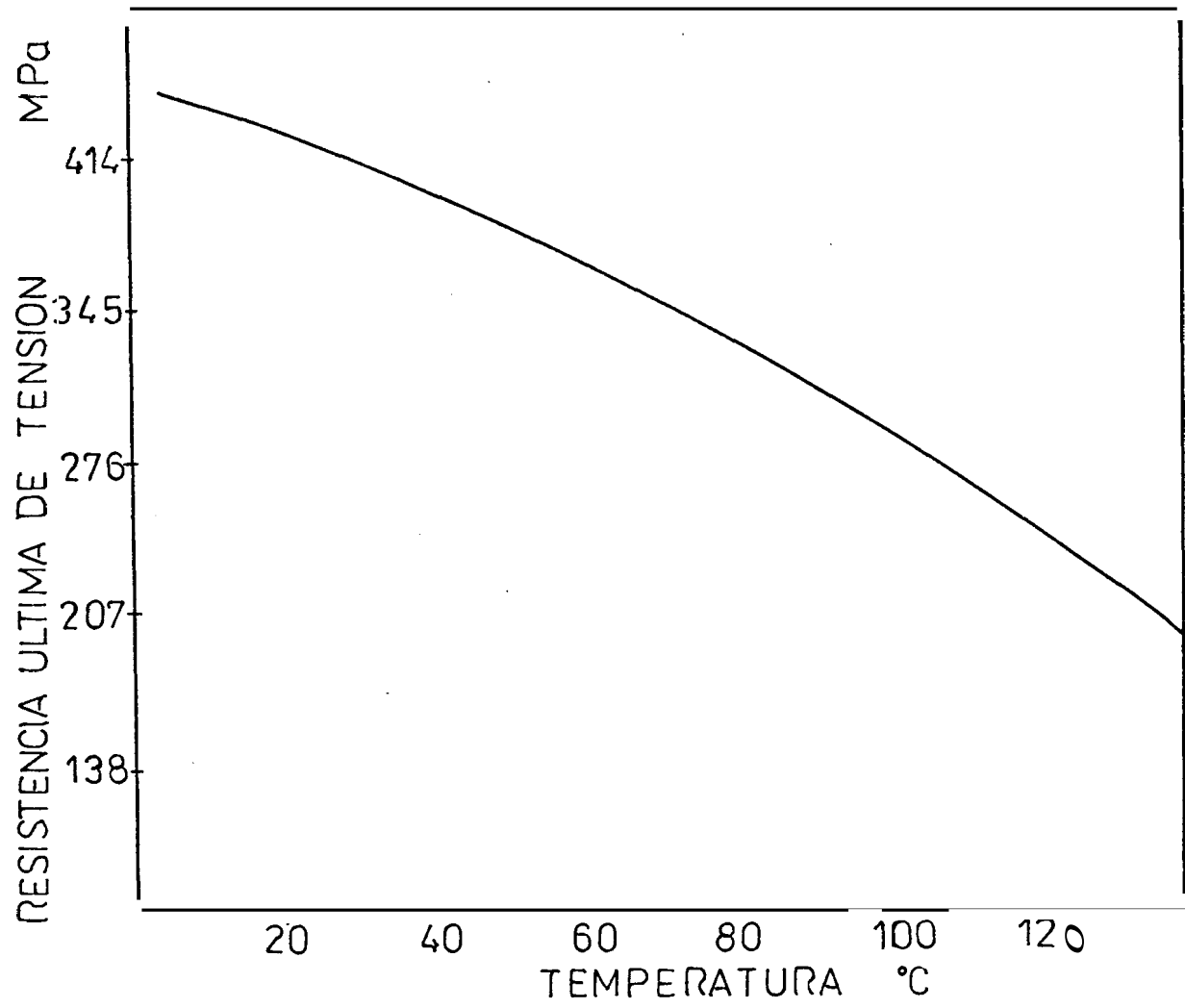


FIGURA 1.- RESISTENCIA ULTIMA DE TENSION VS. TEMPERATURA

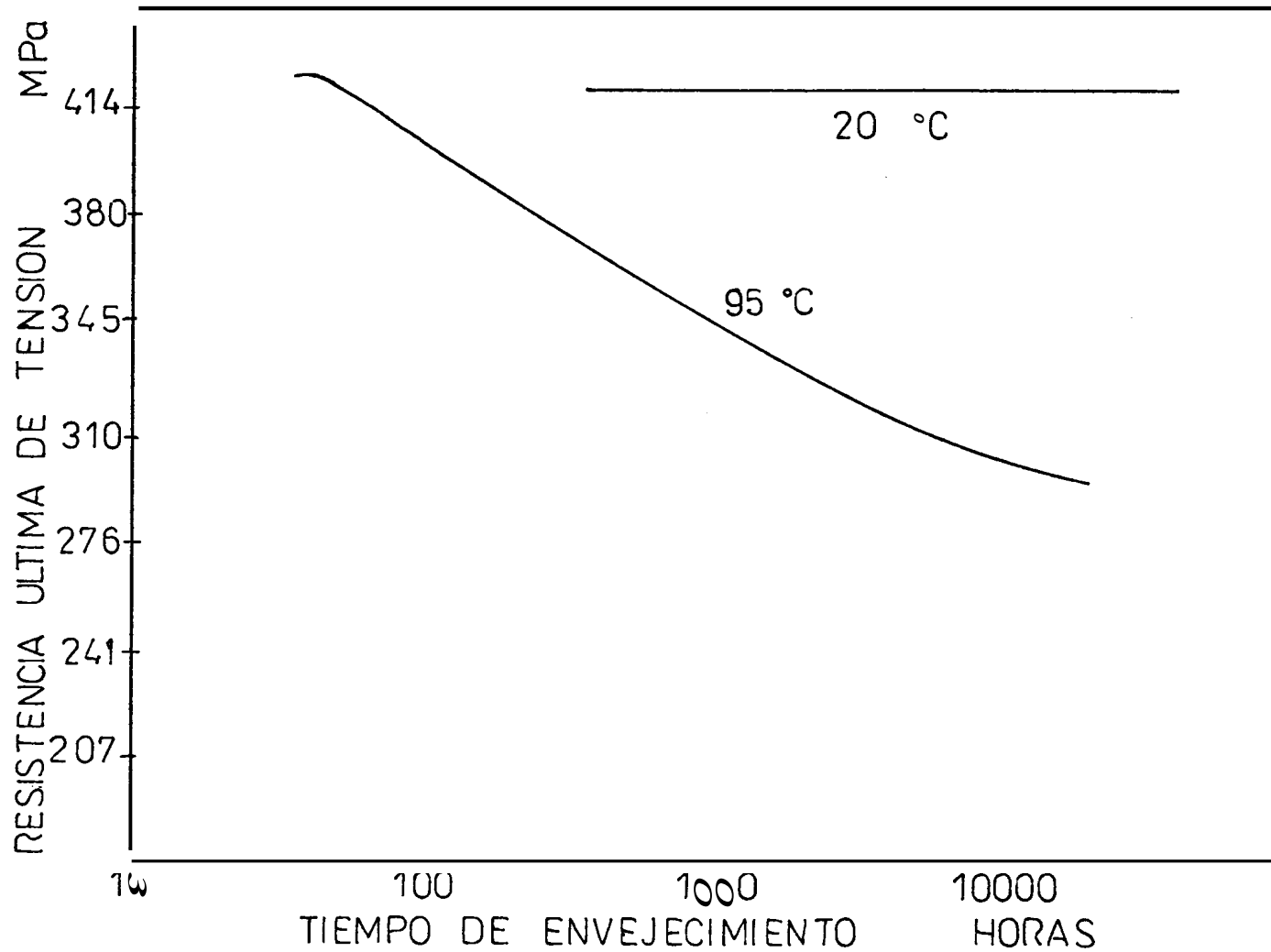


FIGURA 2.- RESISTENCIA ULTIMA DE TENSION VS ENVEJECIMIENTO

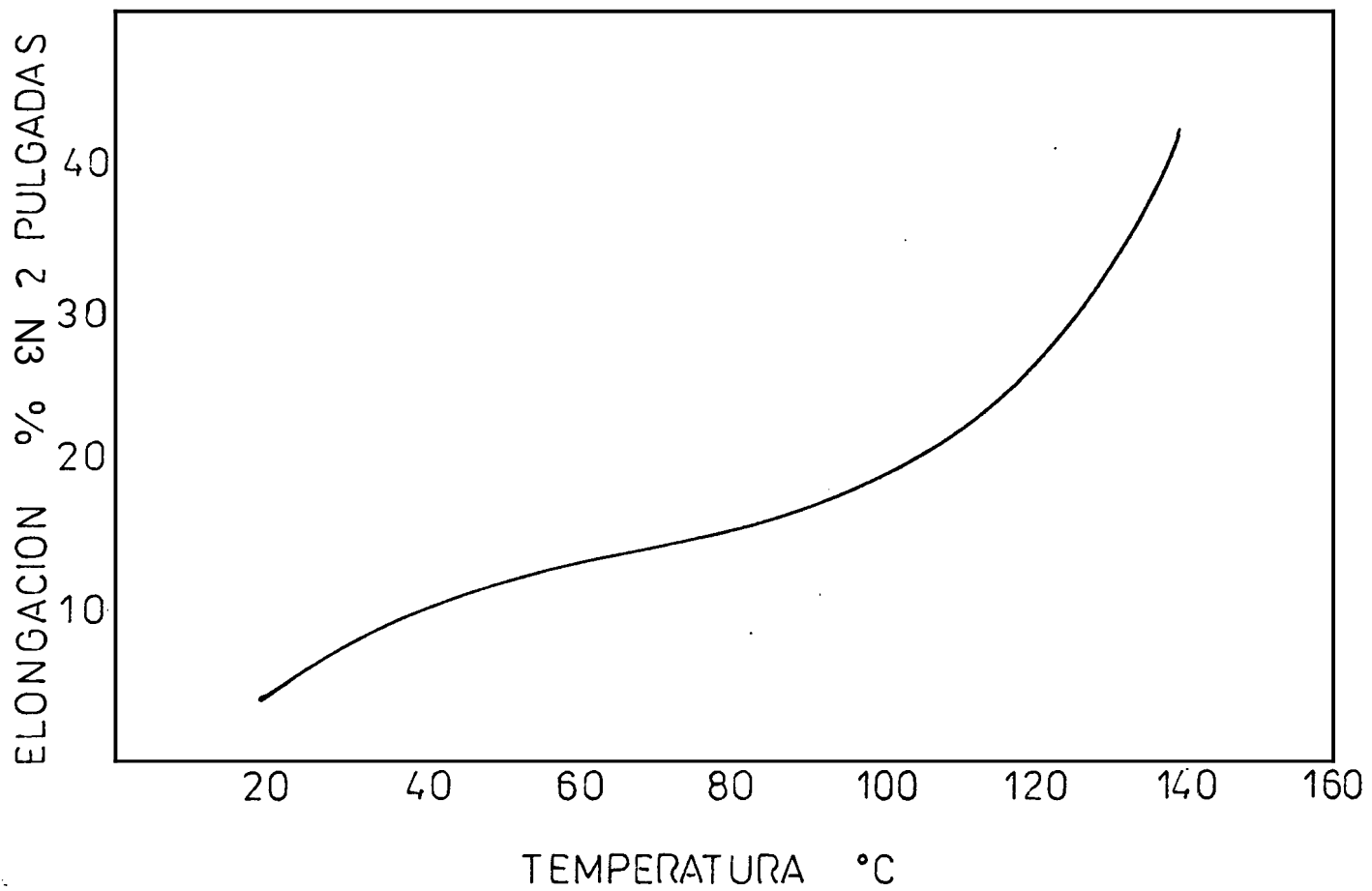


FIGURA 3.- ELONGACION VS TEMPERATURA

- c) Dureza.- La dureza vs. la temperatura se muestran en la figura 4 y se muestra una gradual disminución de la dureza a medida que aumenta la temperatura.
- d) Resistencia a la Fatiga.- Trabajos sobre la aleación 27 han mostrado que el límite de fatiga es aproximadamente 55 MPa.
- e) Estabilidad dimensional.- Los resultados de las investigaciones de la estabilidad dimensional se muestran en la figura 5, la duración del ensayo es de 1 000 días y fueron hechos a 20 °C y 95 °C.
- f) Influencia de los métodos de fundición en las propiedades tensiles.- Estas están dadas en la tabla 4 y en la figura 6. Se comparará los moldeados en arena, los moldeados permanentes y a presión.

Para la quijada móvil: Vamos a utilizar una aleación de acero de medio carbono al cromo-níquel-molibdeno, cuya denominación es 4340 según la designación de grado AISI. Las propiedades mecánicas de éste acero están dadas en la tabla 5.

PROPIEDADES	FUNDIDA	CON TRAT. TER.
Esfuerzo último de Tensión (MPa)	400 - 440	310 - 325
Esfuerzo de Cedencia (MPa)	365	255
% de Elongación en 51 mm.	3 - 6	8 - 11
Dureza BMN	110 - 120	90 - 100
Esfuerzo de Corte (MPa)	283 - 297	220 - 228
Resistencia al Impacto (Joules)	14.9	25.8
Esfuerzo de Deslizamiento (se da a una razón de deslizante de 0.01 % en 1 000 horas) MPa	68.9	90
Razón de deslizante a 138 MPa de Esfuerzo.	0.1	0.07

TABLA 3
PROPIEDADES MECANICAS DE LA ALEACION ZA-27

ALEACION ZA - 27	FUNDIDO EN ARENA		MOLDE PERMANENTE	FUNDICION DE PRESION	
	Ø 0.10% sut (MPa)	Ø 0.10% sut (MPa)		Ø 0.1% sut (MPa)	
	235	391	----	250	257 356

TABLA 4
VARIACION DE LA RESISTENCIA DE LA ALEACION
ZA-27 SEGUN EL PROCESO DE FUNDICION

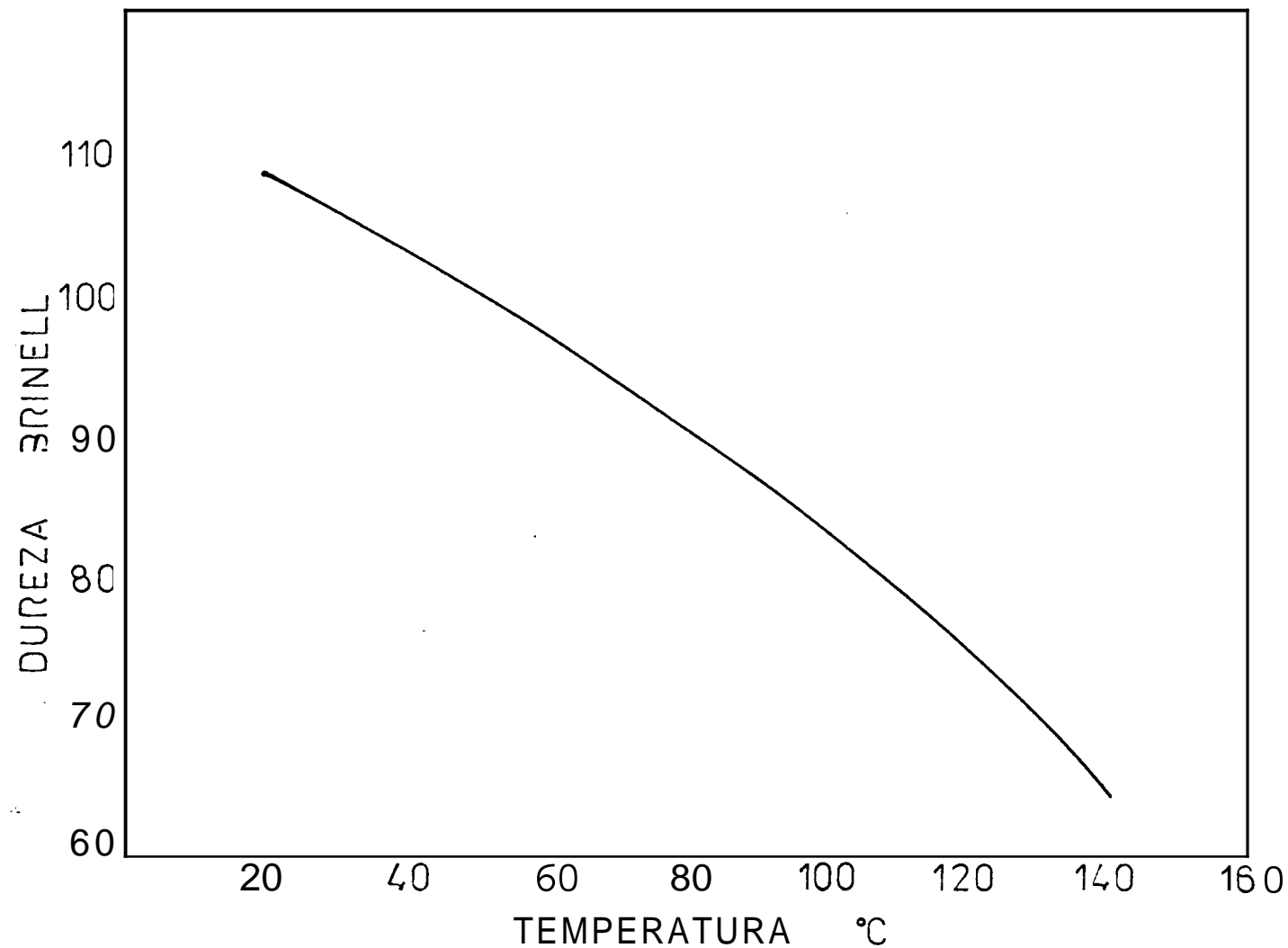


FIGURA 4 .- DUREZA VS TEMPERATURA

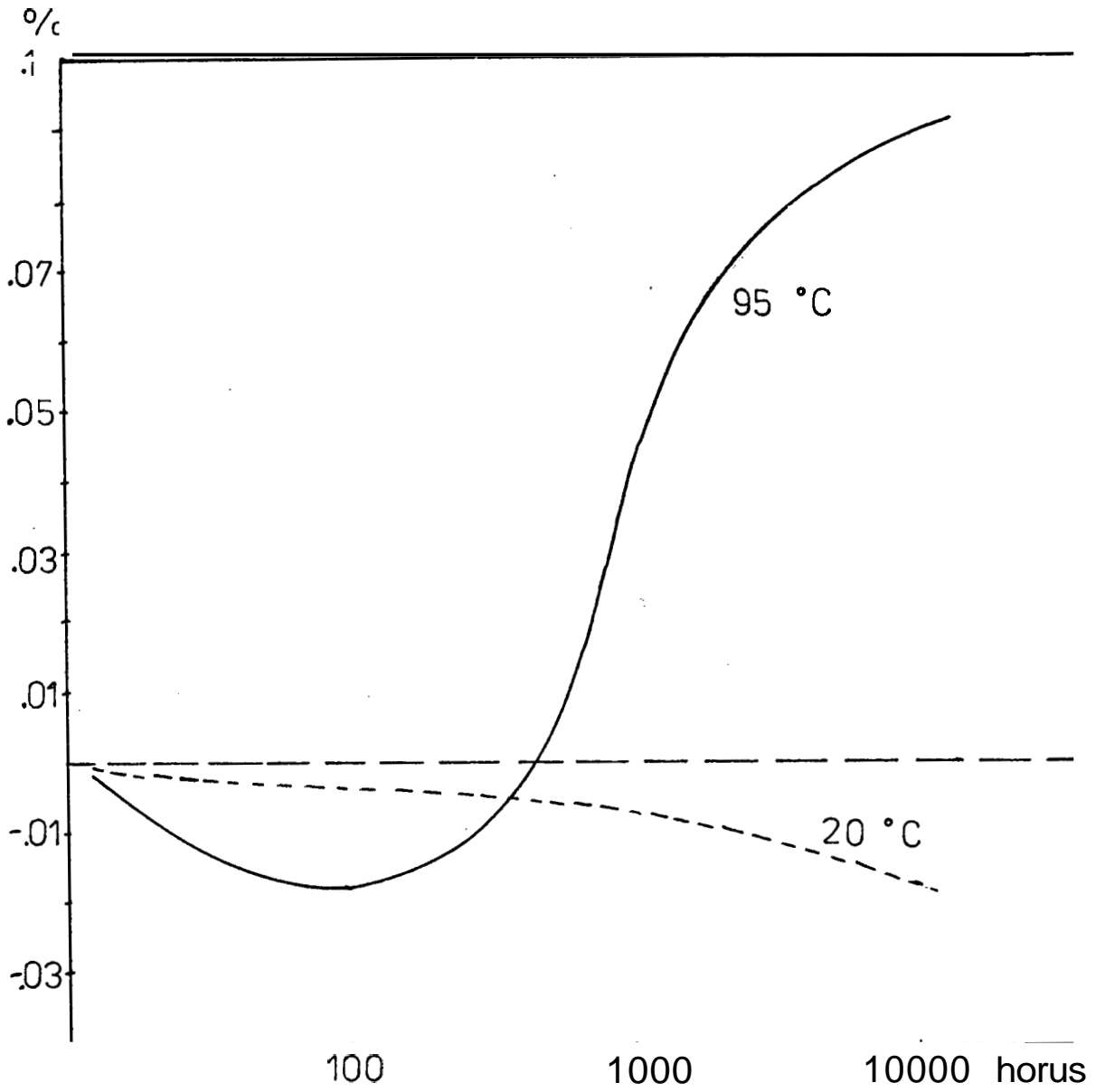


FIGURA 5.- CAMBIOS DIMENSIONALES

VS

ENVEJECIMIENTO

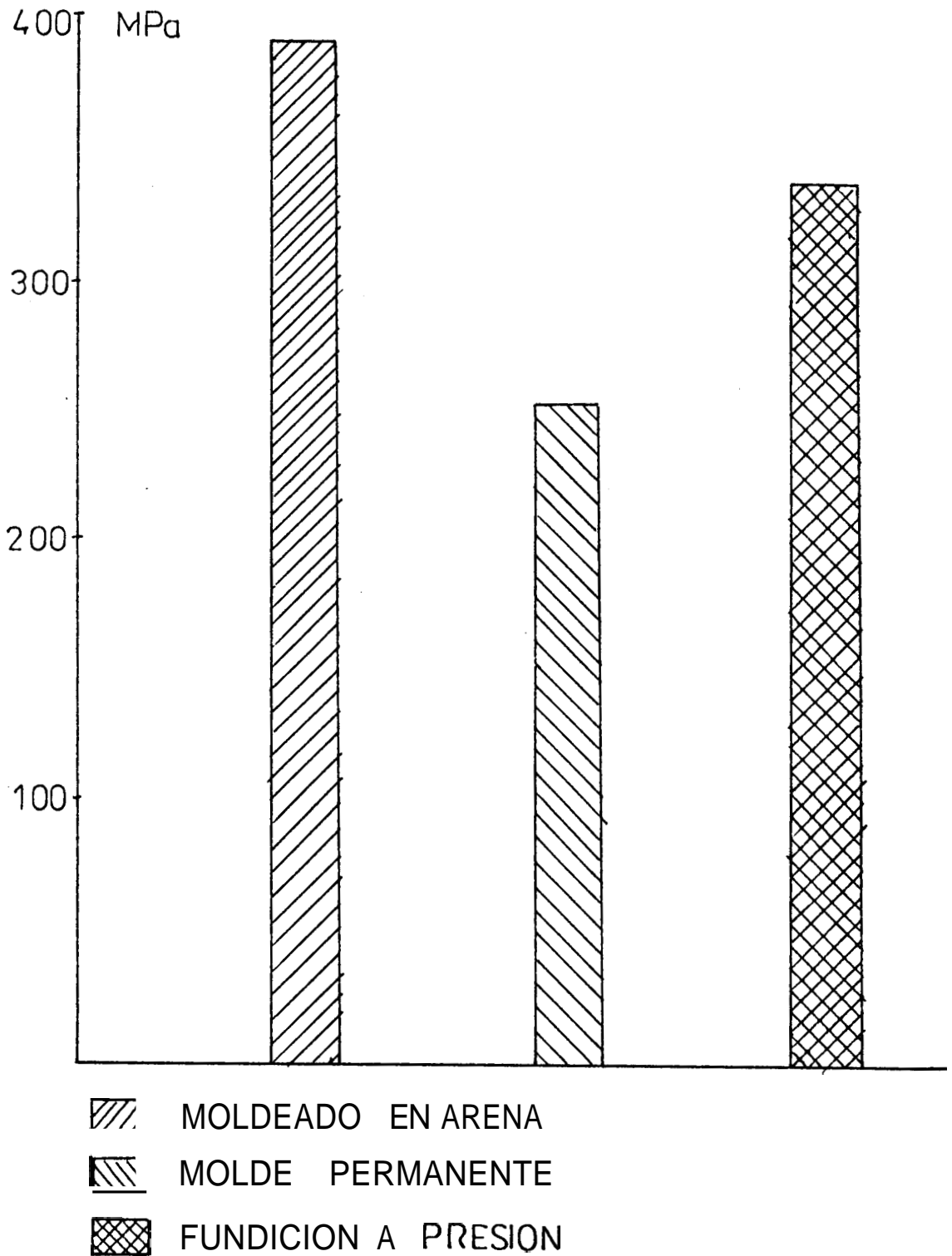


FIGURA 6.- MEDICION DEL ESFUERZO ULTIMO DE TENSION SEGUN EL PROCESO DE FUSION

PROPIEDADES	SISTEMA INTERNACIONAL
Resistencia a la	
Tracción	90 - 100 Kg/mm ²
Alargamiento	12 %
Esfuerzo de Cedencia	70 Kg / cm ²
Resistencia al	
Impacto	30 J (6 Kg/cm ²)
Dureza	40 Rc

TABLA 5
PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO 4340

1.2 PROCESOS DE FUNDICION APLICABLES.

Entre los procesos de fundición aplicables vamos a seleccionar 2 grupos, que son los de fundición por gravedad y los de fundición por presión.

Los procesos de fundición por gravedad se dividen en 2 subgrupos dependiendo del molde a utilizar, siendo estos transitorios y permanentes. Los de presión se subdividen a su vez, en procesos de cámara fría y cámara caliente.

Los procesos por gravedad referidos son: moldeado en arena, moldeado en cascara, moldeado por cera perdida, para los de molde transitorio y moldeado en coquilla metálica para moldes permanentes.

1) Proceso de Moldeado en Arena: Este tipo de fundición consta de seis pasos fundamentales que son: la realización del modelo, preparación de la arena de moldeo, moldeo, construcción de corazones, fundición y vaciado, y limpiado de las piezas.

VENTAJAS: 1. El tamaño de las piezas que se pueden fundir varían entre 250 gr. y 300 Ton.

2. Se pueden hacer gran variedad de

formas, alguna de ellas imposibles de obtener por otros medios.

3. Muchos tipos y tamaños de piezas se pueden fundir automática o semiautomáticamente.
4. Es posible vaciar cualquier tipo de metal o aleación utilizado en fundición.

- DESVENTAJAS:
1. Las variaciones en dimensiones son grandes y el acabado superficial deficiente.
 2. Las superficies de las piezas pueden tener arena, lo que causa un rápido desgaste en las herramientas de corte.
 3. El proceso es lento.
 4. Los procesos de limpieza y terminado son más caros que en otros procesos.

Los moldes de arena verde son más baratos y rápidos de hacer en comparación con los de arena seca, pero dan menor control dimensional y peor acabado.

- 2) Proceso de Moldeo en Cáscara: Deriva su nombre

al empleo de moldes delgados en forma de cáscara o concha y consiste en el maquinado de un modelo de acero o aluminio con cada mitad separadas en placas. Se utiliza arena fina y limpia, mezclada con 5 a 7 % de resina o aglomerante termofraguante.

El proceso se lo observa en la figura 7 y consiste en calentar la placa modelo entre 180 y 260 °C, colocándola a continuación, invertida sobre el recipiente que contiene la arena. Se gira el conjunto y la arena cubre al modelo, la resina se funde y aglutina los granos de arena y normalmente se deja invertido por 15 o 60 seg. y se obtiene un espesor de capa de 5 a 10 mm.

Se regresa el recipiente y se hornea a 315 °C y luego se retira el molde por medio de los botaderos.

- VENTAJAS:
1. Es posible fundir piezas con tolerancias de 0.125 mm, por lo que se requiere quitar menos metal al maquinar.
 2. El acabado superficial es de 3 mm o menos.
 3. La colocación de corazones y el tamaño de los huecos son más

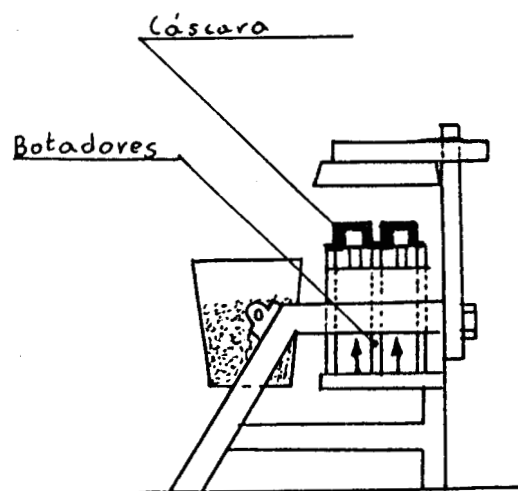
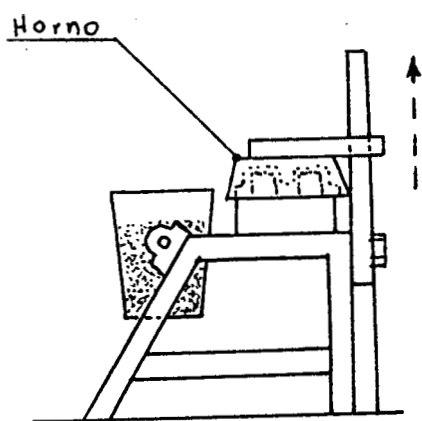
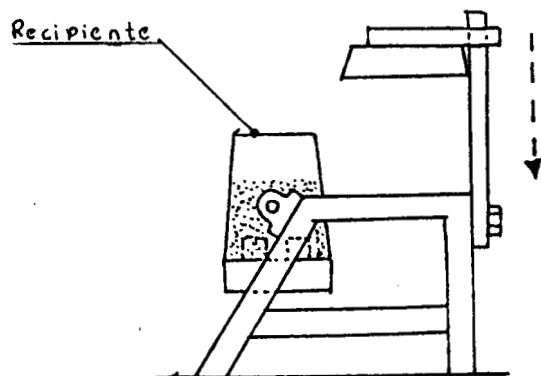
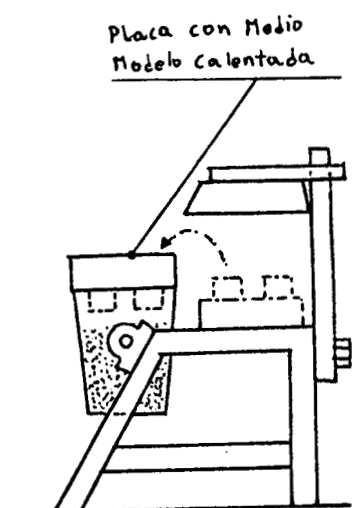


FIGURA 7.- PROCESO DE MOLDEO EN
CASCARA

precisos.

4. $1/2$ o 10 de ángulo de salida es suficiente.
5. Se pueden fundir secciones tan delgadas como 2.5 mm.
6. Se puede fundir cualquier metal o aleación.

- DESVENTAJAS:
1. El costo del modelo es grande y sin marcas de maquinado que dificulten la extracción.
 2. El molde también es caro debido al contenido de resina.
 3. El tamaño de la pieza no debe exceder de 1200 x 1500 mm.
 4. Este proceso produce un mal olor que además es penetrante.

- 3) Proceso por Cera Perdida: Se utiliza en piezas cuyo peso varía desde 15 gr hasta 40 Kg de formas complicadas y buen acabado superficial con precisión dimensional. Se hace un dado o matriz de metal, madera, plástico o hule (figura 8) donde se vierte cera fundida para obtener un modelo (fig. 9), para alta producción el dado es de acero y el modelo de poliestireno inyectado a presión. Después de hacer varios modelos se forma un árbol

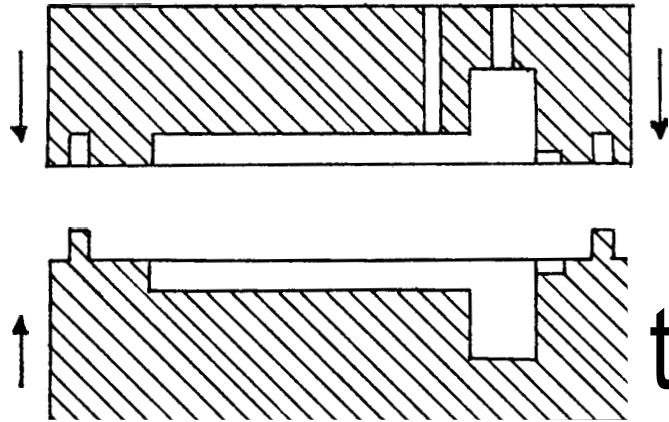


FIGURA 8.- MOLDE PARA OBTENER MODELOS DE CERA

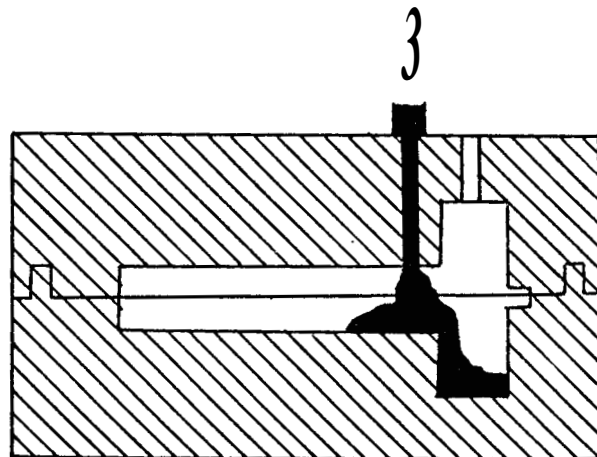


FIGURA 9.- COLADO DE LOS MODELOS DE CERA

de cera (figura 10).

Para hacer el molde para metales de bajo punto de fusión, se mete el árbol a un tubo que contiene una mezcla de yeso de paris, arena silica y talco mezclado con agua, se saca las burbujas cerendo vacío y se deja secar por varias horas (fig. 11).

Para metales de alto punto de fusión, se sumerge el árbol en un lodo de arena silica, magnesia y arcilla mezclada con agentes endurecedores líquidos. Se extrae el árbol para que se seque la capa de lodo adherida y esto se repite hasta obtener una capa resistente y espesor adecuado (figura 12).

Una vez seco el molde se calienta en un horno para quemar el modelo si es poliestireno, o fundirlo si es cera (figura 13), a continuación se eleva la temperatura hasta 650 $^{\circ}\text{C}$ si se va a vaciar aluminio y hasta 1000 $^{\circ}\text{C}$ cuando es acero, con el propósito de preparar el molde y quemar los restos del modelo, luego se hace el vaciado que puede ser por gravedad, por centrifugado, al vacío o en una cámara de presión (figura 14).

Una vez solidificado el metal y enfriado el molde, se rompe con una prensa, aplicandole un

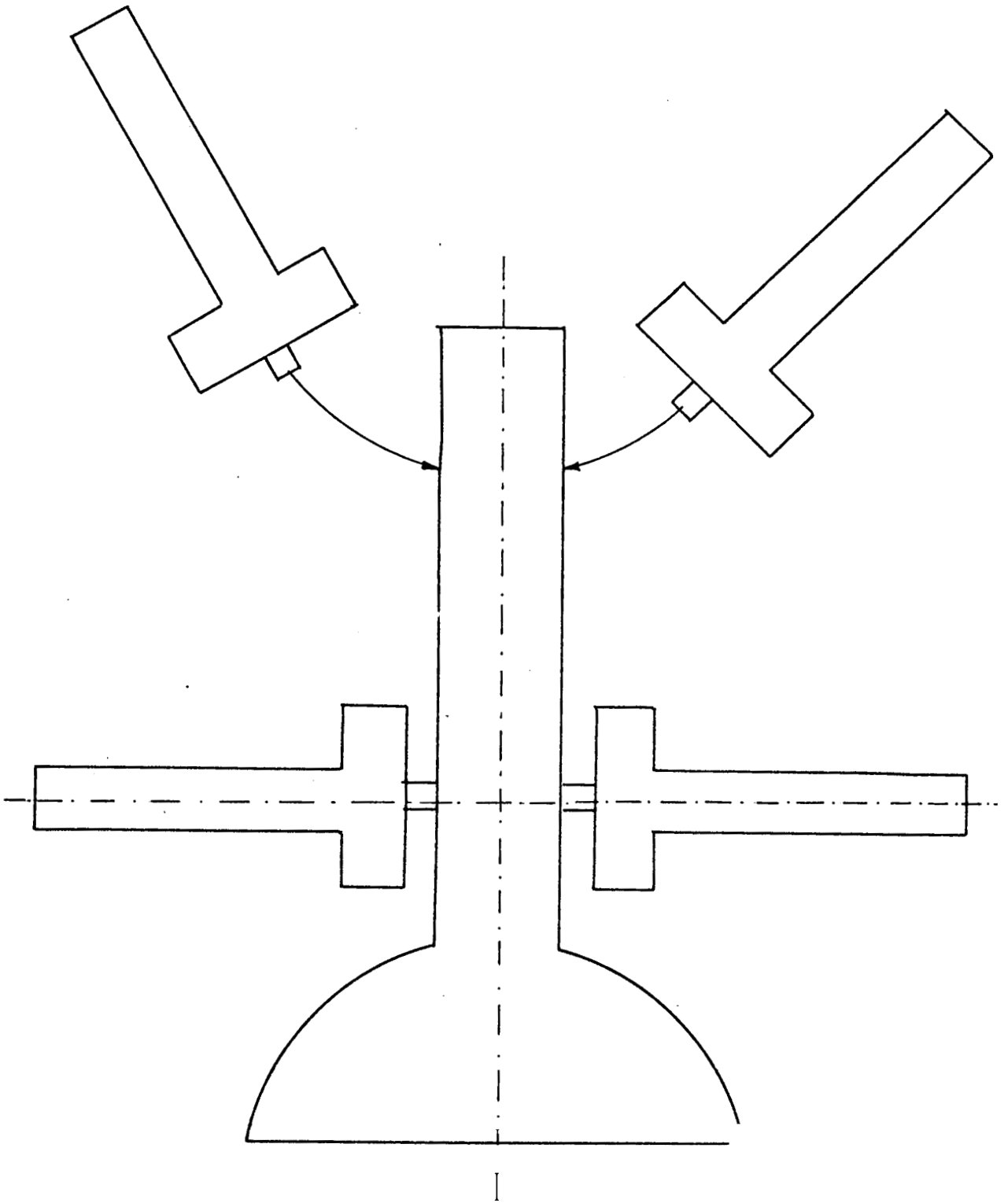
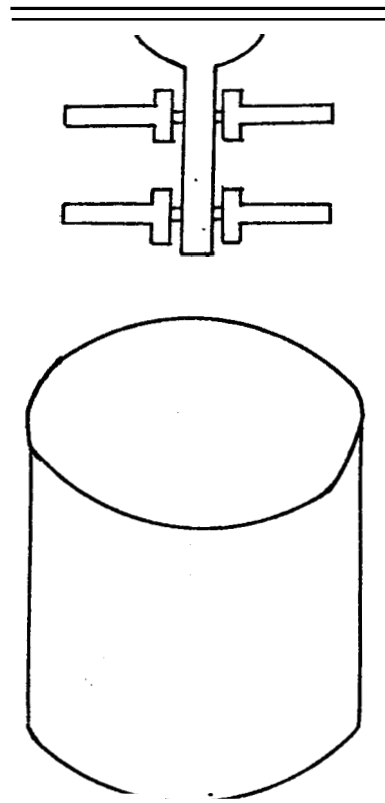
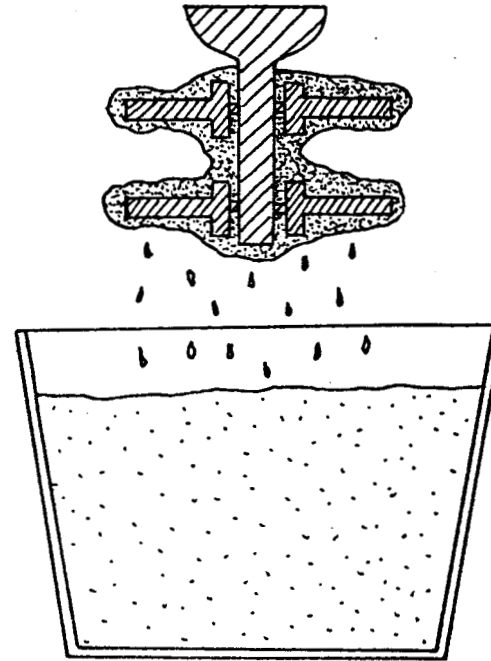


FIGURA 10.- UNION DE LOS MODELOS A UN ARBOL DE CERA



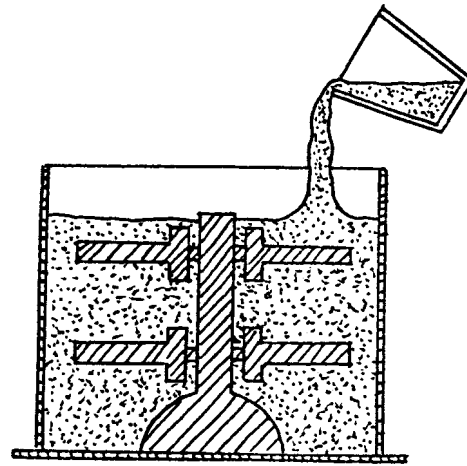


a) Para metales de bajo punto de fusión

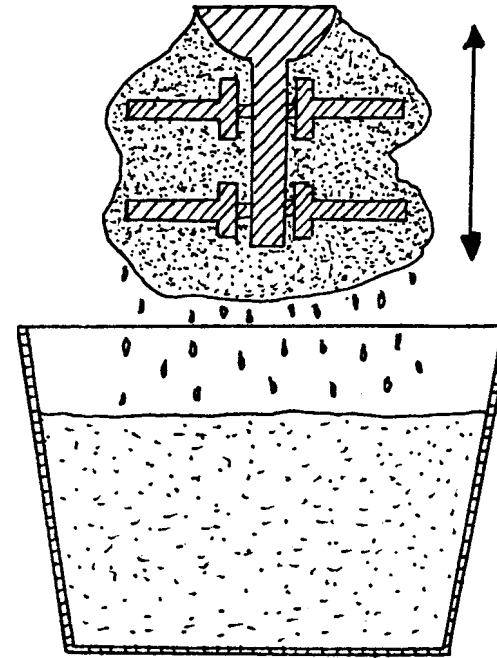


b) Para metales de alto punto de fusión

FIGURA 11.- PREPARACION DEL MOLDE CERAMICO



a) Para metales de bajo punto de fusión



b) Para metales de alto punto de fusión

FIGURA 12.- CONSTRUCCION DEL MOLDE CERAMICO

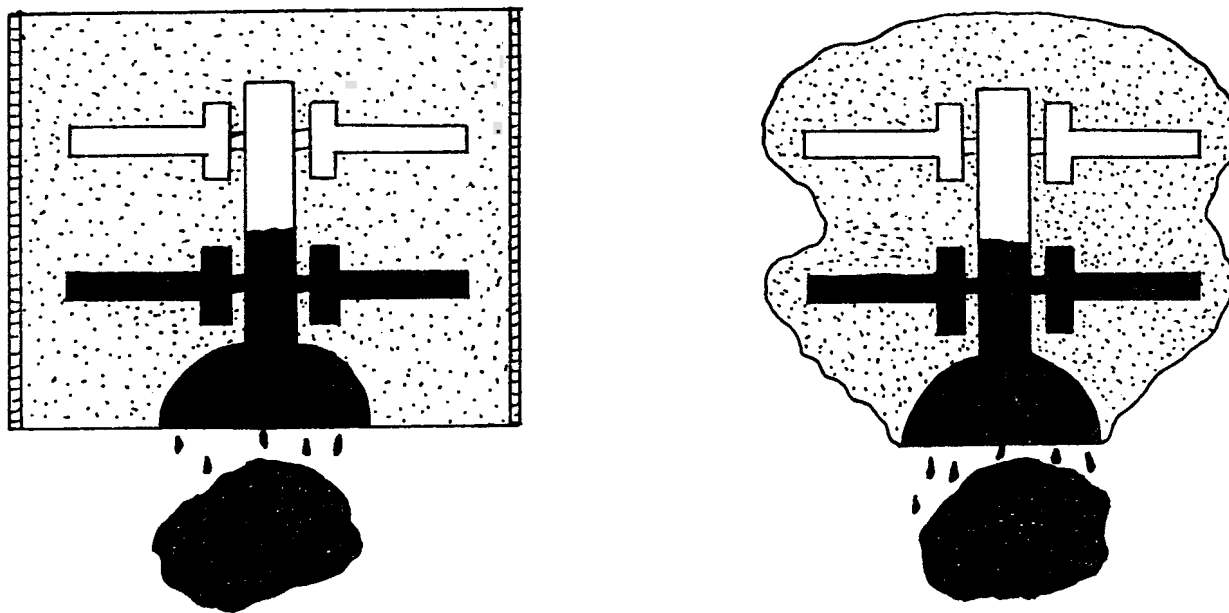


FIGURA 13.- EVACUACION DE LA CERA DEL MOLDE

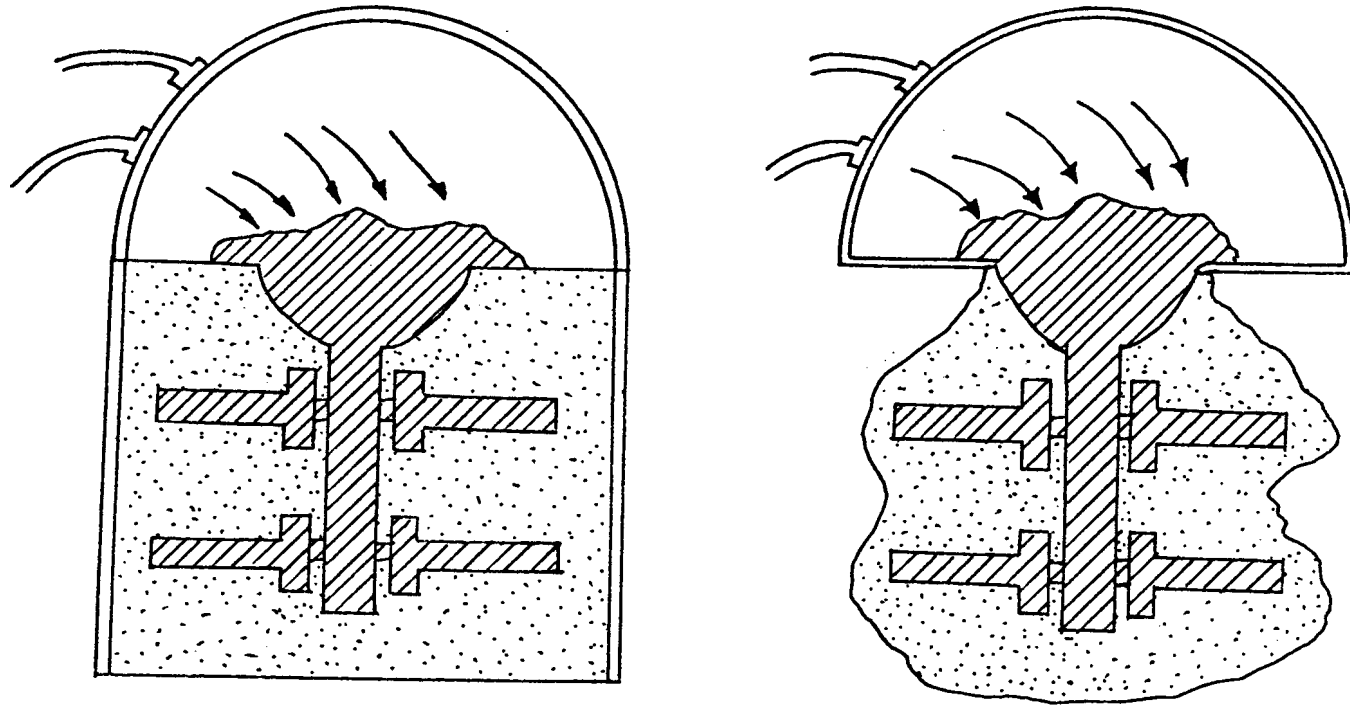


FIGURA 14.- COLADO DEL METAL EN EL MOLDE DE CERA

PERDIDA

impacto o con chorro de granalla metálica (figura 15), después de separar las piezas se limpian sumergiéndola en algún ácido diluido.

VENTAJAS: 1. Se pueden fundir cualquier metal o aleación, aunque el aluminio y zinc son más baratos en fundición a presión. Es el método ideal para fundir aleaciones difíciles de maquinar como aceros inoxidable y de alta aleación.

2. El método puede ser costeable desde una docena de piezas hasta más de 100 000 al mes.

3. Se pueden fundir piezas desde 10 gr de peso.

DESVENTAJAS: 1. Las piezas son menos resistentes que las de fundición a presión, aunque ambos procesos dan la misma precisión y acabado.

2. No se pueden fundir piezas de más de 50 Kg.

3. El proceso es lento y uno de los más caros.



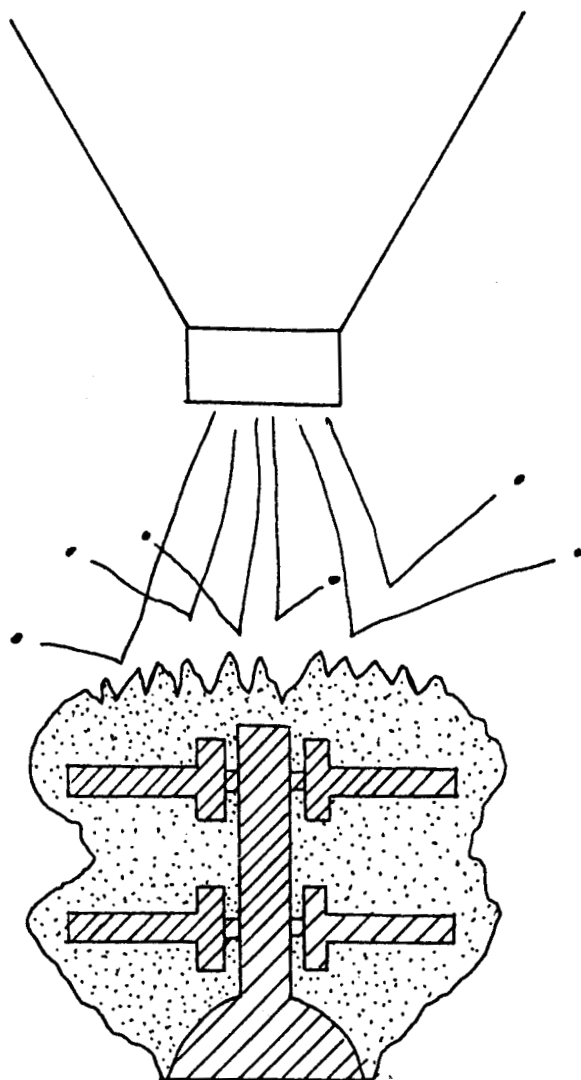


FIGURA 15.- EXTRACCION DE LA PIEZA

4. Si se cambia el diseño es necesario hacer costosas modificaciones al dado de metal.

- 4) Proceso en molde Permanente: Es utilizado con frecuencia para fundir aluminio, zinc o bronce. El molde puede consistir de 2, 3 ó 4 partes con sección que se pueda desplazar hacia afuera, cuyo desplazamiento pueda ser manual, mecánico o hidráulico (figura 16). Los corazones pueden ser de acero o de arena.

Para la salida del aire y los gases durante el vaciado, se utilizan pequeñas ranuras de 0.125 a 0.25 mm de profundidad. Los moldes tienen una duración de 1 000 a 10 000 piezas antes de ser reparados o reconstruidos. Las piezas pueden pesar unos gramos o hasta más de 25 Kg.

El molde se mantiene a temperatura constante durante el período de trabajo. Una vez al día o con mayor frecuencia, el molde es rociado con un agente refractario o con un recubridor hecho de grafito, óxido de aluminio, u otros materiales mezclados con silicato de sodio y agua, para prevenir choques térmicos y evitar que se fusione el metal con el molde.

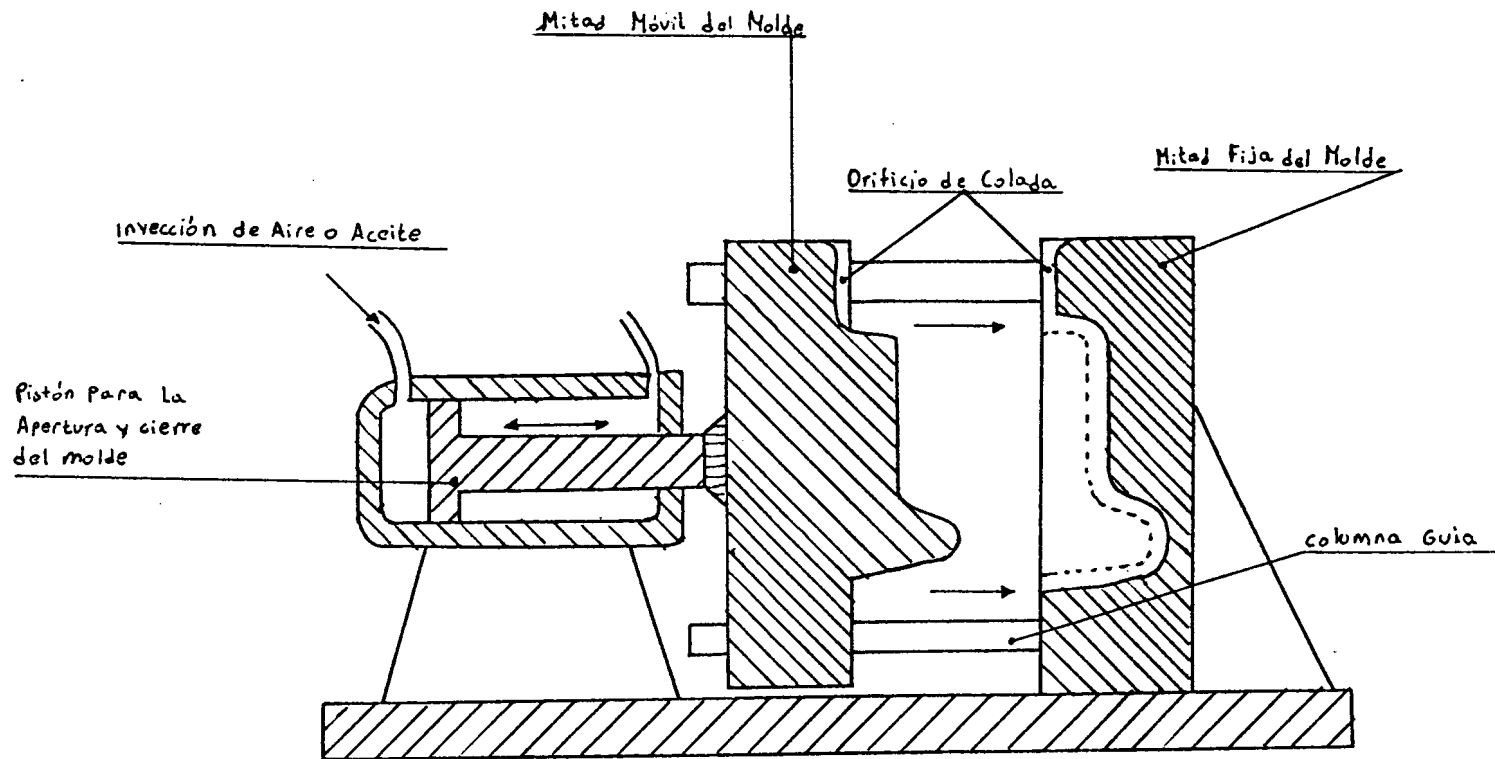


FIGURA 16.- FUNDICION EN MOLDE PERMANENTE

- VENTAJAS:
1. Los moldes son capaces de resistir altas temperaturas debido a la clase de materiales con que se hacen (acero o hierro).
 2. Se utiliza ventajosamente para coladas no ferrosas de tamaño pequeño y mediano producido en grandes cantidades.
 3. Las fundiciones se enfrían más rápido que las realizadas en molde de arena.
 4. Debido a esto poseen una estructura granular fina y mayor resistencia.
 5. Las tolerancias están en promedio de ± 0.38 mm.
 6. Se producen piezas libres de arena con buen acabado.
 7. La cantidad de maquinado es de 1.6 a 5 mm.
 8. El tiempo de producción es más corto que el de fundición en arena.
 9. El alto costo de los moldes lo hace recomendable para alta producción.

DESVENTAJAS: 1. Solo ciertas aleaciones pueden

ser fundidas en moldes permanentes.

2. Muchas formas complejas no se pueden hacer porque es difícil extraerlas de un molde rígido.
3. Los moldes y el equipo son muy caros.
4. Las piezas obtenidas son de menos de 15 Kg.
5. Piezas grandes resulta más económico hacerlas en arena.
6. El costo de mantenimiento de moldes es muy elevado.

El proceso de fundición a presión: Inyecta metal fundido en un molde metálico y debido a las altas velocidades de circulación dentro del molde, el metal penetra en cavidades estrechas, consiguiendo reproducción exactas y de buen acabado.

Se usan extensamente aleaciones de aluminio, zinc, cobre, magnesio, estaño y plomo. Los dados se hacen de acero para herramientas que soporten trabajos en caliente. La forma de la pieza, respiraderos, bebederos y orificios de colada son maquinados en el molde.



Las partes producidas pueden tener 5 mm por lado hasta 600 x 1200 mm, los pernos expulsores van en la mitad móvil del dado y dentro del bloque del dado se maquinan orificios de enfriamiento para que fluya agua y solidifique el metal fundido, el flujo se regula para que el dado no se enfríe demasiado. El diagrama en conjunto se aprecia en la figura 17.

VENTAJAS. -1. Debido al costo de la maquinaria y el herramental, sólo es factible utilizar este proceso para alta producción, donde se consigue bajos costos de operación.

2. El método más rápido de todos los procesos de fundición.

3. Los dados dan a los productos buenas superficies que reducen el maquinado.

4. Debido a la uniformidad en el espesor de las paredes se necesita menos material que la fundición en arena.

5. Se nulifica la posibilidad de que haya inclusiones de arena y da una estructura más fuerte.

DESVENTAJAS: 1. Las matrices y el equipo de manejo son muy caros.

2. No se pueden hacer grandes piezas ni partes ni formas complicadas.

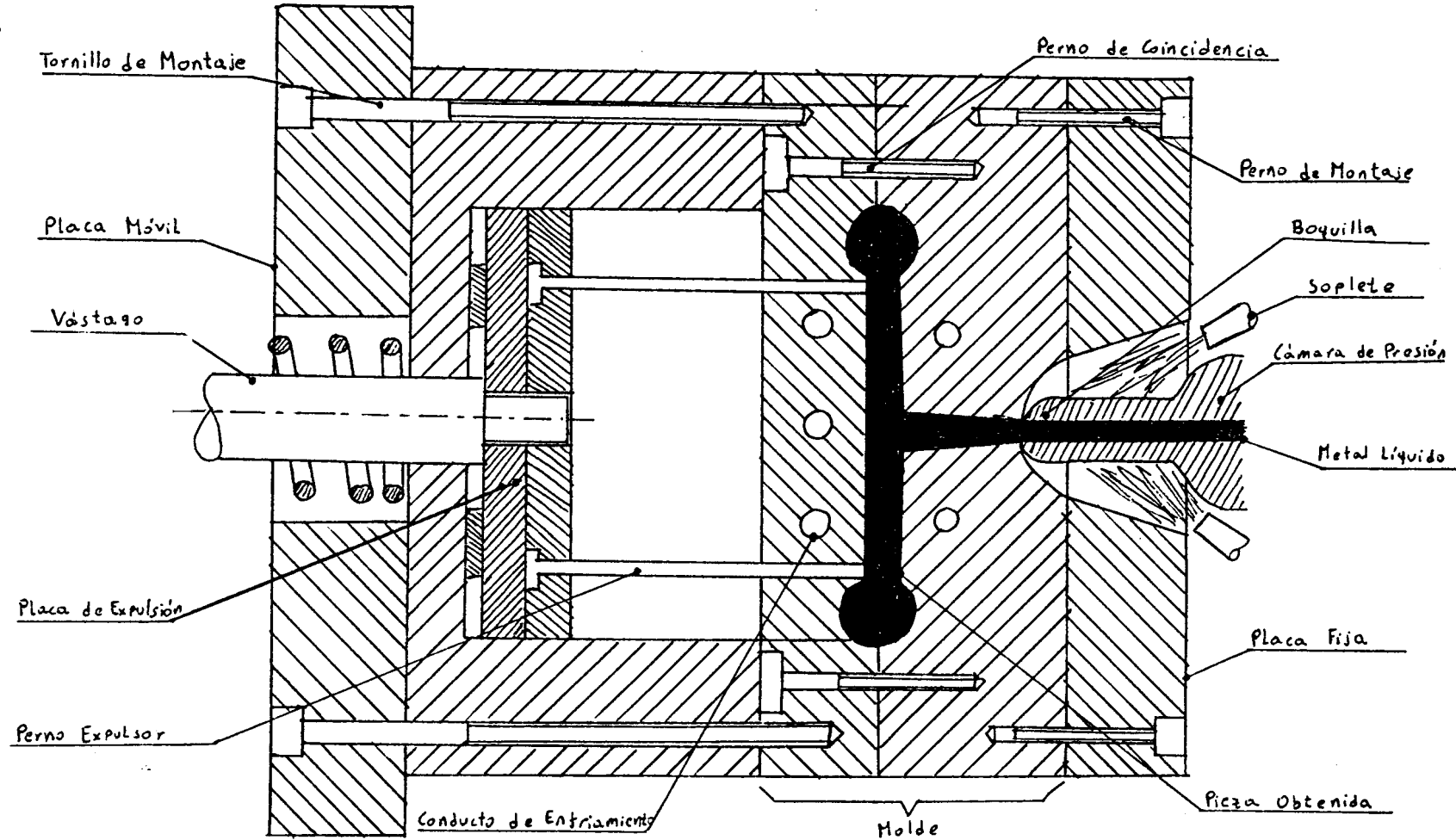


FIGURA 17.- DETALLE DE UN DADO PARA FUNDICION A PRESION

3. El hecho de trabajar a elevadas temperaturas implica un descenso en la vida de los dados.

1.3 SELECCION VE PROCESOS .

Para el cuerpo de la herramienta: Teniendo en cuenta los antecedentes, que nos dan la aleación a utilizar, así como también el número de piezas a producir por año, podemos realizar nuestra matriz de selección basada en los rasgos de diseño y de costo de la tabla 6 la cual nos determina el proceso más factible y económico a seguir .

De los resultados obtenidos en la matriz (tabla 7), podemos seleccionar con seguridad el proceso de fundición en molde permanente, el cual nos asegura una mejor producción al más bajo costo, ya que por el número de piezas no se justifica la fundición en arena, por su tamaño no se justifica la fundición a presión, por el costo no se justifica la cera perdida y por el tiempo de producción y costos no se justifica el proceso en cáscara, por lo tanto, el de molde permanente es el óptimo para este tipo de aleación y la cantidad de piezas requeridas.

Para la quijada móvil: En base al detalle de los antecedentes, que nos proporcionan la producción

RASGOS DE DISEÑO Y DE COSTO	PROCESO				
	FUND. DE ARENA	FUND. EN MOLDE DE CASCARON	FUND. EN MOLDE PERMANENT	FUND. DE RECUBRIMIENTO	FUND. A PRE-SION
Elección de materiales	Amplia: No Ferroso y Ferroso	Amplia: excepto para aceros de bajo C	Restring. latón, Al Bronce, y algo hierro gris.	Amplia: comprende mat. difíciles de forja-maq	Estrecha: Zn Al, latón, Mg
Complejidad	Considerable	Moderadas	Moderada	La más grande	Considerab.
Orden del Tamaño	Grande	Limitado	Moderado	Moderado	Moder.
Tolerancia pulg./pie	1/16-1/8	1/32-3/32	1/32-7/64	0.003-0.006	1/32-1/16
Cavidad de la Sup, mcp rms.	250-300	150-200	90-125	90-125	60-125
Notas sobre rasgo de diseño	Met. Bas. de fund. de ind.	Buen met. de fund / bajo costo.	Prod. Econ cant. fuertes.	Lo mejor partes demasiado complicadas que otros met.	MAs Economi co si es posible.
Costo de herr. y dados	bajos	bajos a moderados	medianos	bajos a moderados	Altos
Tamaño óptimo/lote	Amplio: desde pocas piezas hasta enormes cantidades.	Más requerido que fund. arena.	Lo mejor cuando requerimientos son por miles	Amplio: pero lo mejor menor cantidad	Se requiere cant. fuerte
Costos de labor dir.	altos	moderados	moderados	muy altos	bajos a moder.
Costos de Acabado	altos	bajos	bajos a moderados	bajos	bajos
Costos de mat. desech	moderados	bajos	bajos	bajos	bajos

TABLA 6

RASGOS DE DISEÑO Y DE COSTO DE LOS METODOS BASICOS DE FUNDICION

RASGOS DE DISEÑOS Y COSTOS	PROCESOS				
	A	B	C	D	E
Materia 1	5	5	5	5	5
Complejidad	4	3	3	1	1
Tamaño	4	3	4	1	2
Tolerancias	2	3	4	4	5
Acabado	2	3	4	4	5
Costo Herr-	5	4	3	2	1
Tamaño lote	1	3	4	5	4
Costos direc.	1	3	3	1	3
Costos Acabado	1	5	4	5	5
Cost.Mat. des.	3	5	5	5	5
T O T A L	28	37	39	33	36

TABLA 7 .- Matriz de selección del proceso

(1=Malo, 2=Pobre, 3=Bueno, 4=Muy Bueno, 5=Excelente)
 A = Moldeo en arena, B = Moldeo en cáscara, C = Moldeo permanente, D = Cera perdida, E = Fundición a presión.

por año y el material a utilizar, realizamos nuestra matriz de selección en igual forma como se hizo para el cuerpo de la herramienta.

Observando la matriz de selección (Tabla 8) y de acuerdo al puntaje, se ha seleccionado el proceso de cera perdida. Aquí se funden exclusivamente aceros refinados, aceros aleados y todos aquellos a los que se les exige determinadas cualidades.

1.4 DESARROLLO DE PROCESOS DE PRODUCCION EN SERIE

Para el cuerpo de la herramienta: El proceso de molde permanente es un proceso de fusión semiautomático, pues tenemos la ayuda de una máquina hidráulica que abre y cierra el molde en forma automática, pero la colada así como la colocación de machos se la hace en forma manual. Para este proceso necesitamos adicionalmente, las máquinas para la producción en serie de los machos.

Descripción del proceso: En primer lugar se fabrican los moldes, que son hechos en dos o más secciones, contruidos con una bisagra en un lado y una mordaza en el otro.

El proceso de molde premanente puede ser descrito como un proceso simple de colada, en el lugar del

Rasgos de diseño y costos	P R O C E S O S				
	A	B	C	D	E
Material	5	3	1	5	1
Complejidad	3	2	2	5	3
Tamaño	5	3	4	4	4
Tolerancias	2	3	4	4	5
Acabado	2	3	4	4	5
Costo Herr.	5	4	3	4	1
Tamaño lote	1	3	4	5	4
Costo directo	1	3	3	1	3
Costo acabado	1	5	4	5	5
cost.Mat.des.	3	5	5	5	5
T O T A L	28	34	34	42	36

TABLA 8 .- Matriz de selección del proceso

(1=Mallo, 2=Pobre, 3=Buena, 4=Muy Buena, 5=Excelente)
 A = Moldeo en arena, B = Moldeo en cáscara, C = Molde permanente, D = Cera perdida, E = Fundición a presión

metal fundido, porque no se necesita presión en la introducción del metal, el proceso es conocido como "terminado por gravedad". El proceso es especialmente aceptable a un alto volumen de piezas pequeñas, simples, con uniformidad en el grosor de las paredes y requerimientos de corazonos limitados.

Para desarrollar la producción en serie, en este proceso necesitaremos varias áreas de trabajo, que serán la construcción del modelo y del molde, instalación de las máquinas de moldeo, construcción de machos y producción de machos, preparación y fusión de la aleación, colado de la aleación y limpieza de piezas. Se determinará el tipo de equipo y maquinaria producida así como una estimación de los costos.

Para la quijada móvil: Tecnológicamente el acero fundido se comporta a menudo de modo diferente que el acero conformado en caliente. En muchos casos constituye una ventaja el que sus propiedades no dependan de ninguna dirección. La tenacidad del material fundido, es con frecuencia menor a la del material conformado.

Si una pieza se fabricaba anteriormente por otro método y ahora se lo fabrica por fundición en cera perdida, es imprescindible no mantener la misma calidad del acero, muchas veces con una adecuada

selección es posible obtener iguales o mejores propiedades tecnológicas.

En este caso se podría variar la composición del AISI 4340 a 0.49 % de Carbono, 1.00 % de Cromo y 1.90 % de Wolframio con el que adquiriría mejores propiedades.

Descripción del proceso: Previamente se construye una matriz o molde para la obtención de los modelos los cuales deberán ser algo mayores que las piezas a fabricar, debido a la contracción del metal. La elaboración se la hace en prensas especiales, la cera se inyecta al interior de la matriz en estado pastoso y se deja enfriar durante algunos minutos antes de sacar el modelo. Las matrices utilizadas son generalmente volantes, o sea, no fijas a la máquina.

La cera empleada está compuesta por mezclas sintéticas especiales. Los modelos se montan en un árbol y se los pega mediante una cuchilla caliente o pegamento. El árbol recibe un baño de un recubrimiento cerámico que tiene cierta porosidad para evacuar el aire.

La colada puede ser por presión o someterle a un centrifugado o si no, extraerles aire desde el fondo, posibilitando así la entrada del acero fundido. La

temperatura debe ser lo más baja posible para dar una estructura de grano fino por un lado, y por otro ser lo suficientemente alta para dar buena fluidez al material.

El desmoldeado se lo puede hacer con aire comprimido y los restos de arena se los elimina con un baño de sosa o con un chorro de granallas de acero, pequeños defectos se eliminan con cintas abrasivas o muelas neumáticas, luego se somete al tratamiento térmico requerido.

CAPITULO II: DESARROLLO DEL PRODUCTO

2.1 PRUEBAS DE FUSION DE LAS ALEACIONES

Para el cuerpo de la herramienta: Antes de desarrollar las pruebas de fusión para la aleación ZA-27 es necesario dar a conocer en forma detallada como se desarrolló el proceso, con su construcción de modelos y moldes, así como la construcción de la matriz en la cual se llevará a cabo, además de dar una estimación del costo del proceso y de la maquinaria, lo cual servirá para determinar el costo de producción. A continuación se detallarán los pasos que se siguieron en el desarrollo:

- a. Construcción del modelo y del molde: En primer lugar partimos de un modelo de la herramienta, partido en dos, el cual tiene el diseño para sostener al macho que se va a utilizar.

Se coloca la mitad del modelo sobre una placa, la cual tiene en forma de alto relieve el respectivo bebedero diseñado para el molde requerido, se hace un bastidor de madera, en el cual se encuadra el modelo y el bebedero, colocando una fina capa de grasa sobre todo el conjunto, con el fin de evitar que éste se pegue a la mezcla.



La mezcla para elaborar el modelo está compuesta de yeso para molde y agua en una relación de 5:1. Se vierte la mezcla de yeso sobre la placa y se deja fraguar, luego de lo ~~que~~ se invierte y se coloca la otra parte del modelo metálico y del bebedero y se incluye el segundo bastidor, se le coloca la consiguiente capa de grasa y se vierte la mezcla para la otra parte del modelo.

Una vez seco el modelo se separan las dos partes y se extrae el modelo de yeso (foto # 1) el cual será utilizado para hacer el molde de arena. Para el molde de arena se utilizará arena de posorja, teniendo cuidado de colocar granos finos sobre el modelo y no apisonarla muy fuerte (foto # 2), para extraer el modelo del molde de arena se rociará previamente al moldeado plumagina sobre el modelo.

Finalmente se funde aluminio para hacer el molde metálico, pues éste tiene más alto punto de fusión que el ILZRD 27, lo ideal es hacerla de bronce, pero por escasez de material lo hacemos de aluminio, teniendo cuidado en controlar la temperatura para obtener buen acabado y evitar la desgasificación (foto # 3). La contracción del aluminio es de 1.4% y la de la aleación de zinc es de 1.5% las que se tendrán en cuenta para la



FOTO # 1 MODELO DE YESO DEL CUERPO DE LA HERRAMIENTA

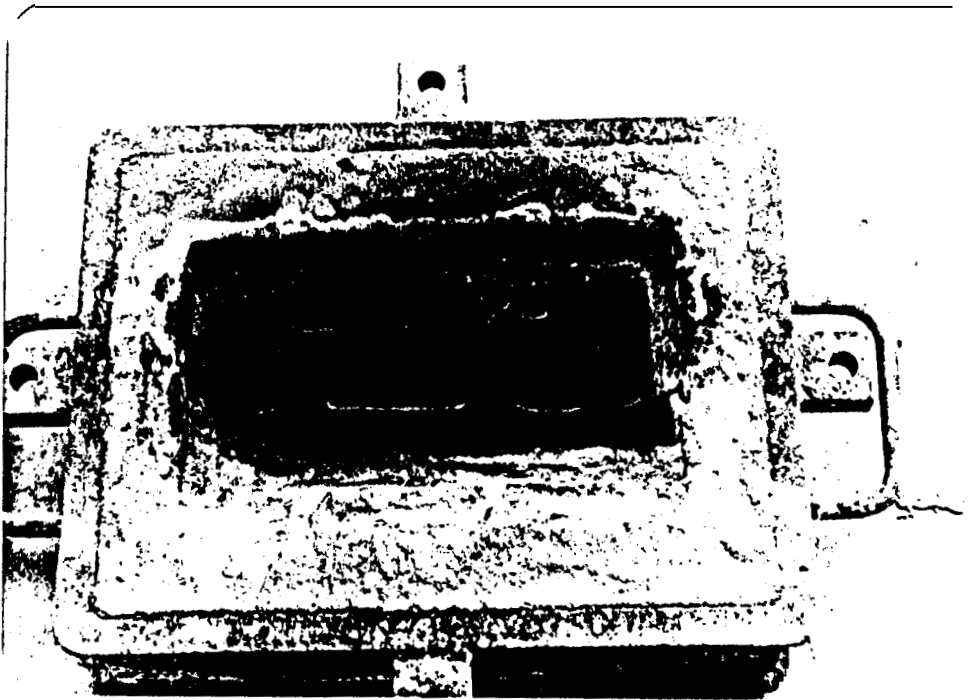


FOTO # 2 MODELO DE ARENA PARA LA OBTENCION DE LA MATRIZ

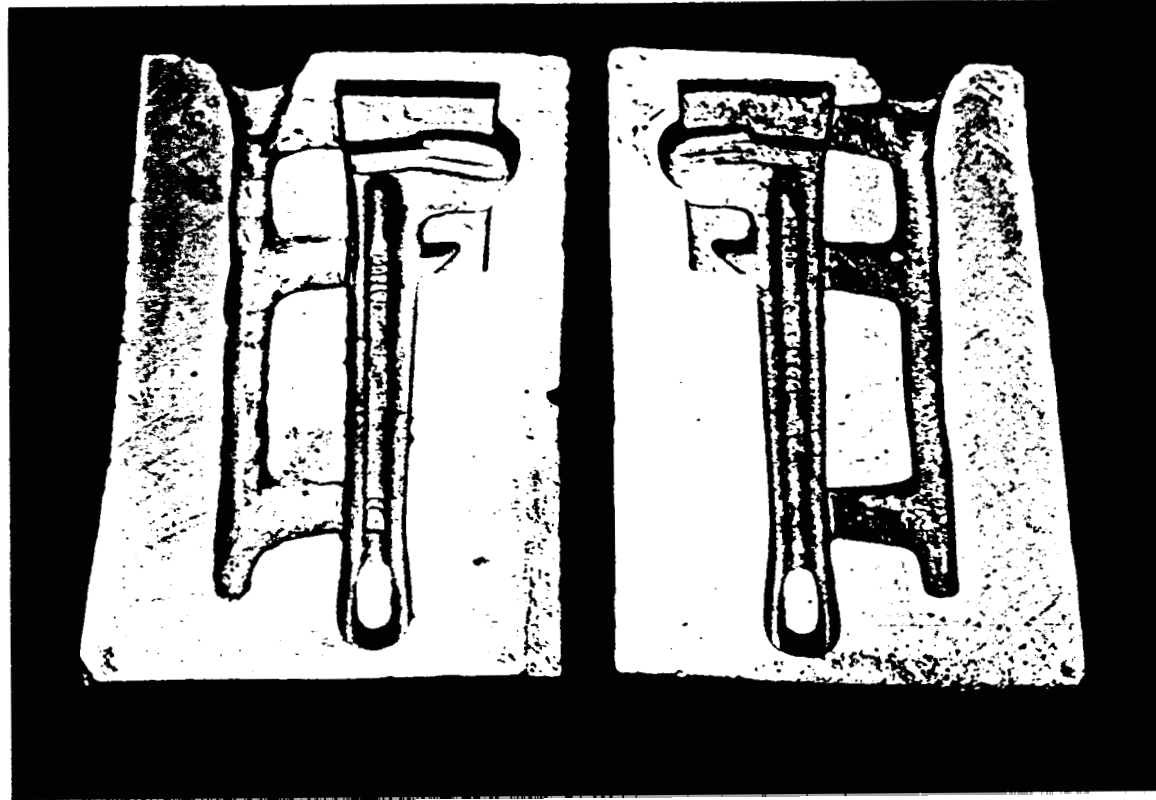


FOTO # 3 MATRIZ METALICA PARA EL PROCESO DE MOLDE PERMANENTE

construcción del modelo y del molde.

- b. Construcción y Producción de Machos: Previamente se construye la respectiva caja de machos (foto # 4) la cual es hecha de madera y subcontratada.

Para la preparación de machos se utiliza una mezcla de arena de posorja, melaza y harina de trigo en proporciones de 7-2-1. Esta mezcla se introduce en la caja de machos y se lo introduce a un horno para secarlo, este macho se denomina "macho estufado", luego de lo cual está listo para colocarlo en el molde metálico.

- c. Equipo y Maquinaria Requerido: Para este proceso se han seleccionado las siguientes maquinarias que deberán ser instaladas en la planta.

- 1.- Dos máquinas de moldeo metálico por gravedad.
- 2.- Un secador tipo estufa.
- 3.- Una batidora de arena de 40 kilos.
- 4.- Un horno de crisol estático de 200 kilos.
- 5.- Dos moldes metálicos de bronce.

Los equipos requeridos para operar en la planta son:

- 1.- Equipos básicos de seguridad (dos juegos).

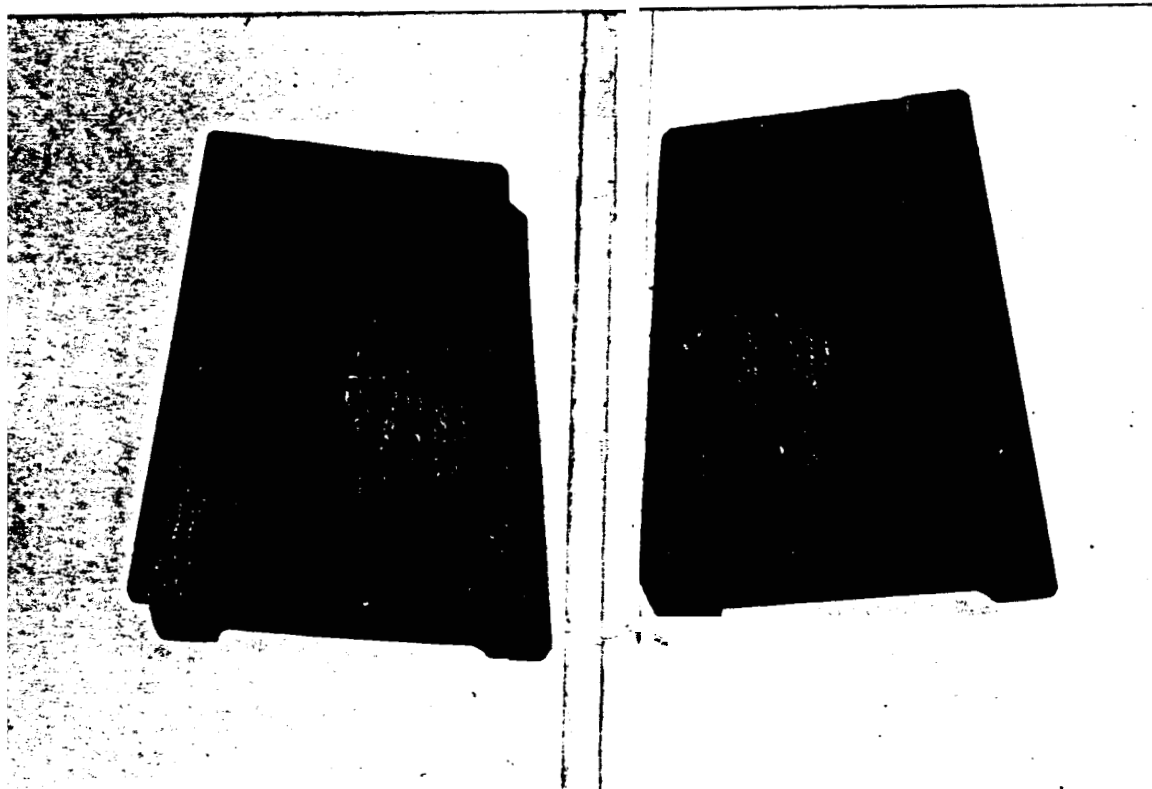


FOTO # 4 CAJA DE MACXOS PARA EL CUERPO DE LA HERRAMIENTA

2.- Herramental básico para colar y para la planta.

Los materiales e insumos requeridos para el proceso son:

- 1.- Aleacion ILZRO-ZA 27 (13 311 kilos/año).
- 2.- Arena de posorja (60 ton/año).
- 3.- Harina de trigo (3 ton/año).
- 4.- Melaza (500 kilos/año).

d. Costo Estimado.- Para maquinaria y equipo es:

1. Máquinas de moldeo metálico (2).....	\$ 4 000 000
2. Secador tipo estufa (1).....	\$ 2 000 000
3. Batidora de arena 40 kilos (1).....	\$ 1 500 000
4. Horno de Crisol estático 200 Kg (1).	\$ 2 500 000
5. Moldes metálicos de bronce (2).....	\$ 1 000 000
6. Equipo básico de seguridad (2).....	\$ 200 000
7. Herramental básico para producción..	\$ 250 000
TOTAL de maquinaria y equipos.....	\$ 11 450 000

El costo estimado para el proceso es:

INSUMOS	COSTOS	REFERENCIAS
ILZRO-ZA 27.....	\$ 7 054 830	Anexo 1
Mano de obra.....	\$ 2 851 200	Anexo 2
Energía.....	\$ 792 000	Anexo 3

INSUMOS	COSTOS	REFERENCIAS
Materiales.....	\$ 1 010 000	Anexo 4

T O T A L\$ 11 708 030

El costo total de maquinarias y de proceso es de

\$ 23 158 030

=====

El costo de una llave esta determinado en el anexo

10 y es de - \$ 254.4 por llave -

Para la quijada móvil: Para esta parte de la herramienta no se le va a realizar una prueba de fusión, o sea, no se va a obtener una pieza fundida debido a que esta pieza es subcontratada. Pero lo que se va a realizar y es necesario hacerlo, es el desarrollo del proceso de producción, así como de sus pasos detallados, en la misma forma que se lo hizo para el cuerpo de la herramienta.

Esto se realiza con el objeto de conocer los costos de producción, así como también darnos una idea del costo de la pieza y demostrar que sí se lo puede realizar.

A continuación detallamos los pasos que se siguieron en el trabajo experimental para desarrollar el proceso:

- a. Construcción de la matriz y el modelo: Como en el molde de la matriz se va a inyectar cera, se puede

elegir entre una matriz de metal blando, una matriz recubierta de acero o bien una de acero mecanizada.

En este caso se va a fabricar una matriz de metal blando y es necesario un modelo original en el que se haya previsto la contracción, (la contracción del acero es de 0.15 mm/cm), este modelo debe ser siempre que sea posible de acero inoxidable de fácil mecanización.

El modelo original es embutido en una masa de yeso hasta la línea de separación, o sea, hasta el plano que luego será la separación de la matriz, se coloca en un marco de acero y se vierte una aleación de metal blando fundido, se deja solidificar y se elimina la parte de yeso, se coloca un segundo marco de acero y se vierte metal blando para la otra cara de la matriz, esta es a menudo una aleación de metal pesado de menor punto de fusión para evitar la fusión de la matriz ya acabada, finalmente se tornea la boquilla para la tobera de inyección, se labra el canal para la entrada de la cera y la matriz queda lista para su utilización (foto # 5).

En lo que se refiere a la construcción del modelo, éste se logra inyectando cera en el interior de la

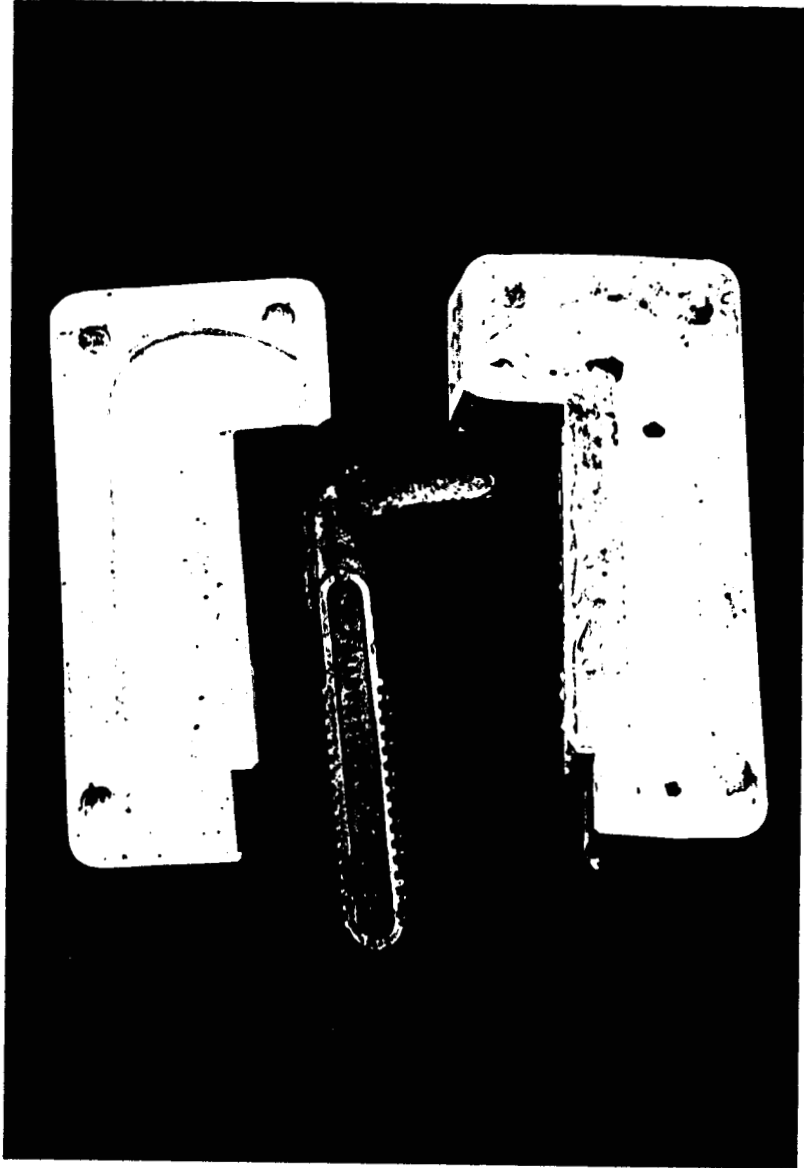


FOTO # 5 MATRIZ PARA OBTENER MODELOS DE CERA

matriz en estado pastoso, manteniendo la presión de inyección por algunos segundos, dependiendo del tamaño, con el fin de compensar la contracción, se deja enfriar por algunos minutos antes de extraer el modelo.

La cera empleada está compuesta de mezclas sintéticas especiales cuya composición es de 70 % de parafina, 20 % de ácido esteárico y 10 % de cera de carnauba, con una variación térmica de volumen lo menor posible, buena elasticidad y elevada resistencia (foto # 6).

- b. Construcción del molde: Para construir el molde primeramente se hace un árbol de cera (foto # 7) montándose en racimos, los troncos y ramas de cera una vez derretidas, constituirán los conductos que van a las cavidades del molde. La soldadura de los modelos se lo hace por medio de una cuchilla caliente o por pegamentos.

El árbol así formado recibe un recubrimiento delgado de grano fino, dado por inmersión, pulverización o pintado. El recubrimiento está constituido por un material pulverulento y refractario (silimanita, óxido de circonio, magnesita o cuarcita) y un aglomerante (silicato

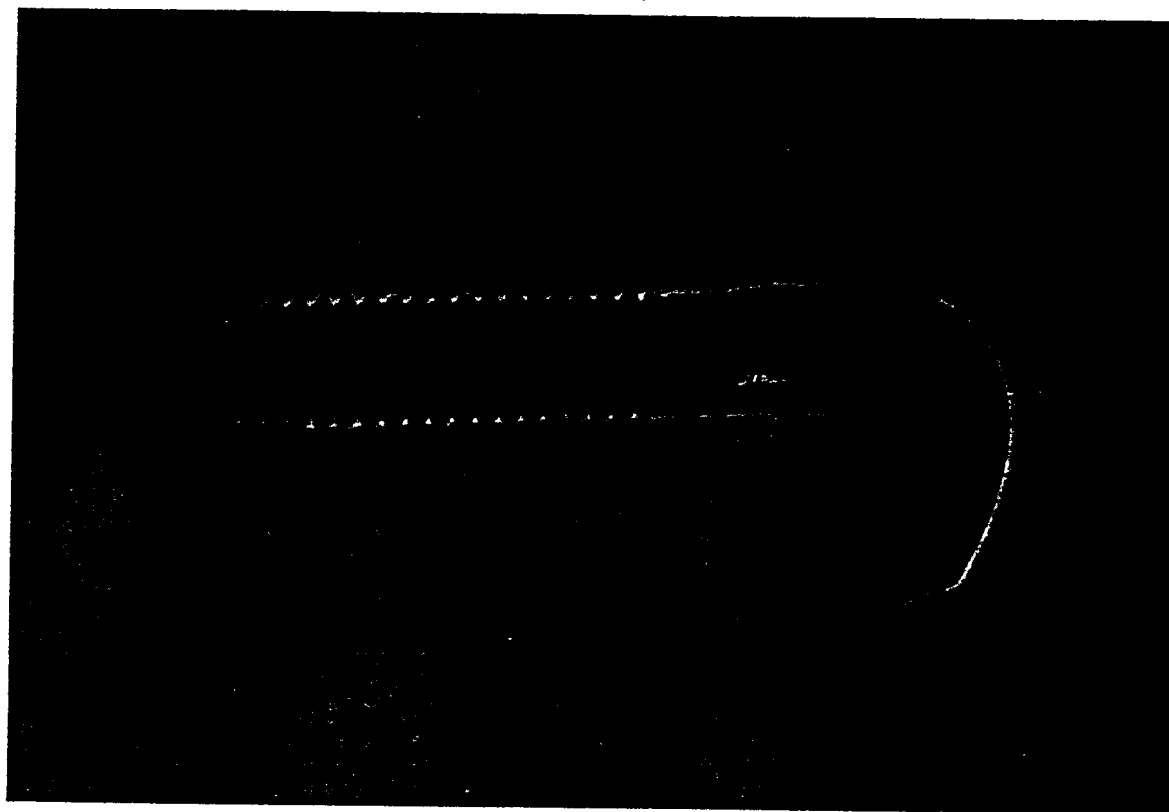


FOTO # 6 MODELO DE CERA PARA LA QUIJADA MOVIL

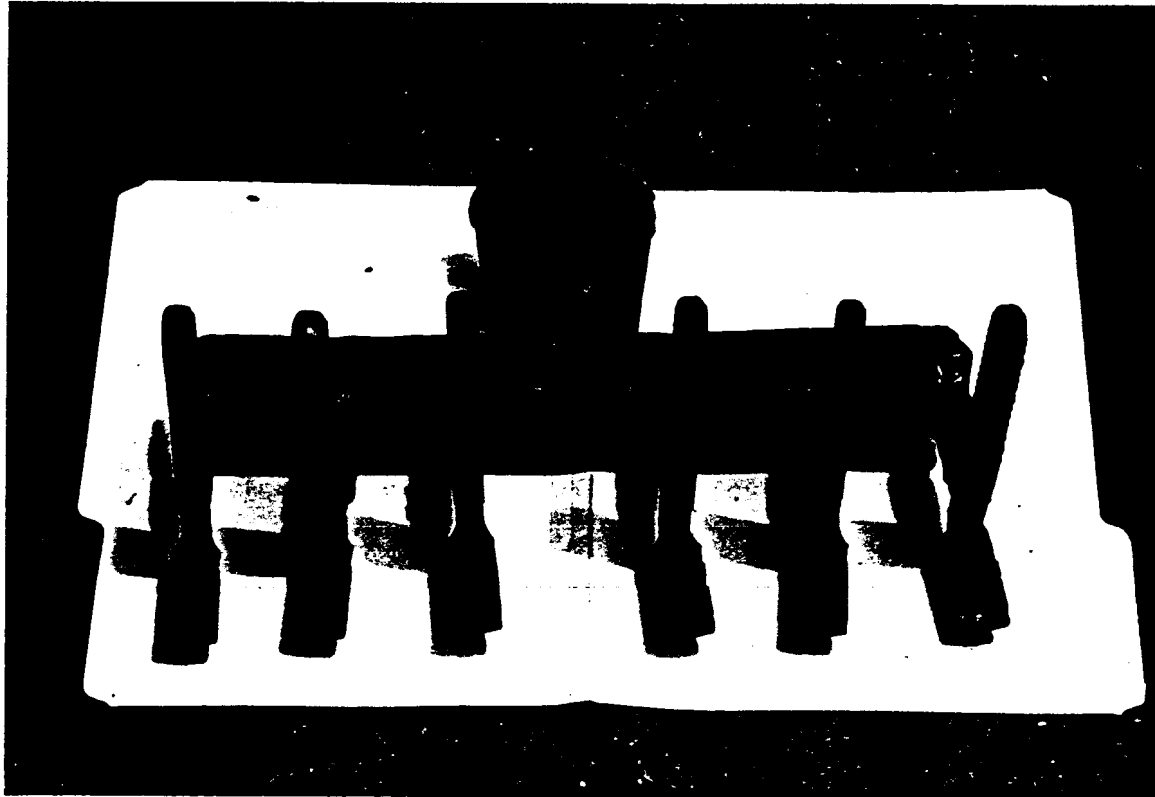


FOTO # 7 ARBOL DE CERA

etilico o silicato potásico), el recubrimiento debe ser uniforme y compacto.

Luego se espolvorea arena más gruesa, lo que proporciona una buena unión, se introduce el racimo a una camisa de acero y se introduce masa de relleno por vibración continua, esto es una mezcla de material de moldeo grueso y aglomerante, para dar estabilidad de forma y evitar que se formen grietas.

Se calienta el molde y se derrite la cera, la que es recuperada en un 70 % para su reutilización, luego se llevan los moldes a un horno de cocción entre 900 °C y 1 200 °C, aquí se queman los restos de cera que pueden haber quedado y se le da mayor resistencia.

Los moldes se dejan enfriar en el horno hasta una temperatura entre 600 y 900 °C y se llevan a la cwlada. No se baja la temperatura de 600 °C porque a 580 °C el cuarzo sufre recristalización que está ligado a una variación brusca de volumen, lo cual provoca grietas.

c. Costo Estimado del Proceso:

INSUMOS	COSTOS	REFERENCIAS
Acero 4340.....\$	13'842.000,00	Anexo 5

INSUMOS	COSTOS	REFERENCIAS
Mano de obra.....	\$ 7'219.200,00	Anexo 6
Energía.....	\$ 1'938.869,70	Anexo 7
Materiales.....	\$ 1'770.000,00	Anexo 8
Maquinaria y Equipo.	\$ 301'500.000,00	Anexo 9
<hr/>		
T O T A L.....	\$ 326'270.069,70	

El costo total estimado para este proceso es

\$ 326'270.069,70
 =====

El costo por pieza está desarrollado en el anexo 11 y es de - 8 90.45 por pieza -

2.2 PRODUCCION DE PARTES

Para el cuerpo de la herramienta: Para la producción del cuerpo de la herramienta se ensayó la aleación ZA-27, haciendo variar los porcentajes de sus componentes en todo su rango, a fin de encontrar la composición óptima que nos dé o por lo menos se acerque, a las propiedades requeridas para las condiciones de trabajo.

Se fundió la aleación variando exclusivamente el porcentaje de aluminio de 25 a 28 %, tomando la mitad del rango del componente Cu en 2.25 %, y además 0.1 % de Fe. Para desarrollar esto, se produjo primeramente

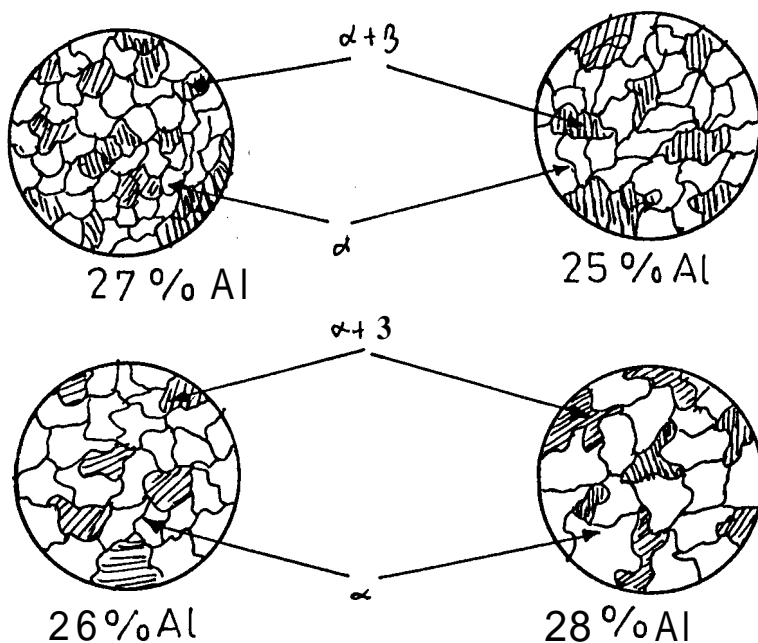
una aleación madre Cu-Fe la cual estaba en proporción de 22.5:1, con la que para un peso base de un kilo para prueba de aleación se sacaron los siguientes pesos: 1.000 gr de Cu con 44.44 gr de Fe.

A estas aleaciones se les hicieron diferentes ensayos y se obtuvieron los siguientes resultados:

Ensayo de Dureza

Porcentaje de Al	RB	HBN
25	63.5	113
26	69.0	123
27	63.25	112.5
28	62.0	110

Análisis Metalográfica



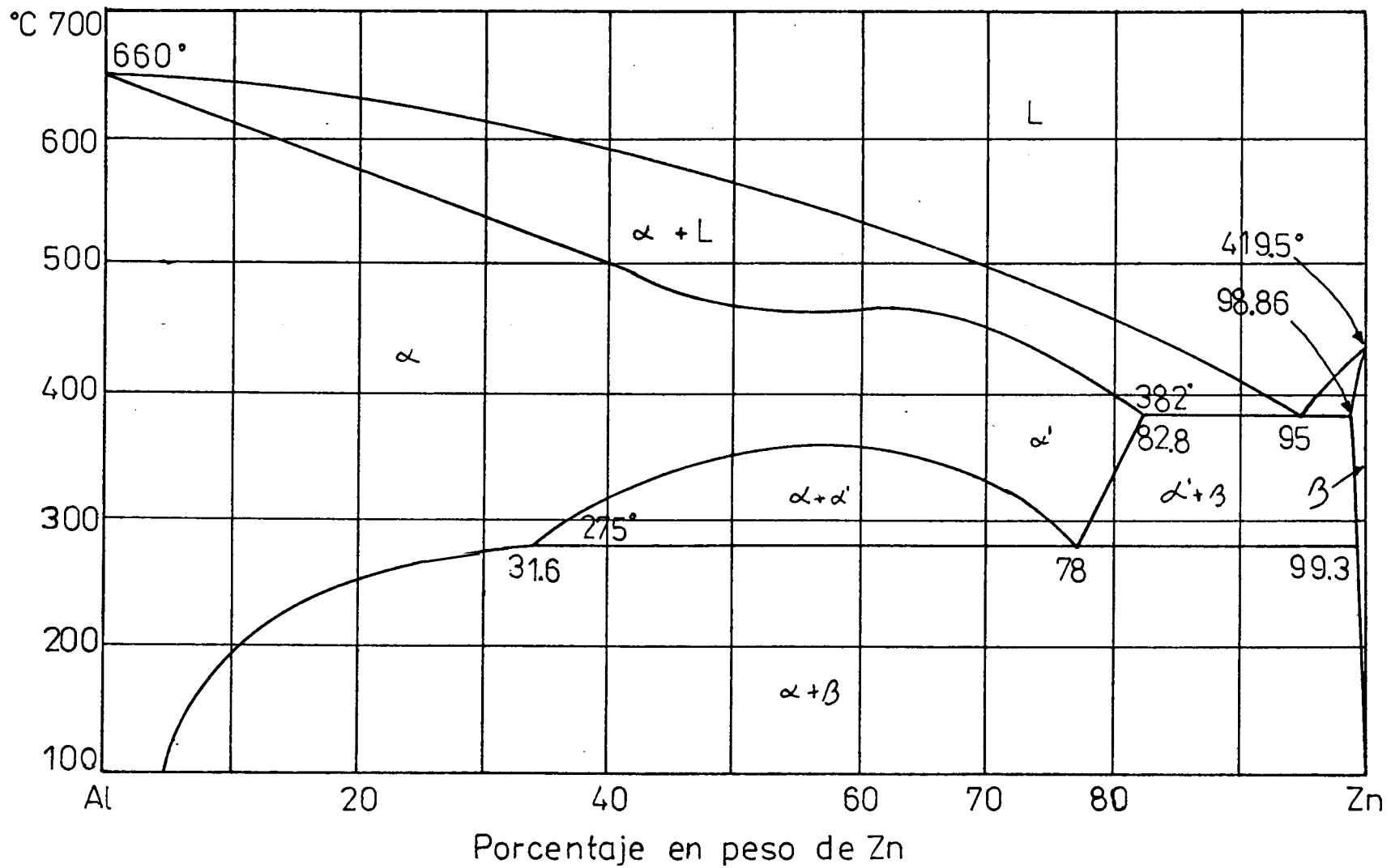


FIGURA 18.- DIAGRAMA DE FASE Al-Zn

PROBETA	LIMITE	RESISTENCIA	RESISTEN.	ALARGA-	OBSERVA-
#	FLUENCIA	A TRACCION	A ROTURA	MIENTO.	CIONES
	kgf/mm2	kgf/mm2	Kgf/cm2	%	
25 - 1	-----	26.25	2625.0	-----	Rotura altura R de Curv. debido a porosidad existente sin fluencia.
25 - 2	-----	25.31	2531.0	-----	Falló en centro y nota un pequeño poro
26 - 1	25.9	29.08	2908.0	2.28	No fluencia. Falla generalmente sin porosidad. Posee Fluencia.
26 - 2	22.95	28.14	2814.0	3.00	Igual ant.
27 - 1	-----	27.66	2766.0	-----	Falló Rosca. Da esf. real.
27 - 2	-----	32.38	3238.0	-----	Falló cent
28 - 1	29.08	35.37	3537.0	1.57	No fluencia. Igual que Aleación
28 - 2	25.94	29.08	2928.0	1.57	26-1/26-2. Igual ant.

TABLA 9
ENSAYO DE TENSION DE LA ALEACION ZA - 27

Observando las microestructuras y basándonos en el diagrama de fase de las aleaciones Zn-Al de la figura 18, notamos que se presentan dos zonas bien definidas, la una que es de color blanco es la zona alfa la cual es rica en aluminio y la zona oscura con característica laminar es el eutéctico, alfa + beta, que contiene al Zinc mezclado con aluminio. La probeta de 28 % de aluminio presenta los granos más finos.

Se procede a realizar seguidamente 2 probetas normalizadas a cada aleación con distinto porcentaje de aluminio y se les realiza el ensayo de tensión, arrojando los resultados de la tabla 9.

Con todos estos valores obtenidos procedemos a compararlos con los datos óptimos, pero tomaremos en cuenta las aleaciones que han conseguido la fluencia y por lo tanto poseen alargamiento. Las aleaciones al 25 y 27 % de Al quedan descartadas por no tener alargamiento.

Resist. tensión (óptima) = 40.8 - 45 kg/mm²

Resist. tensión (26 % Al) = 29.08 Kg/mm²

Resist. tensión (28 % Al) = 35.37 Kg/mm²

$$\% \text{ Desv. (26 \% Al)} = \frac{40.8 - 29.08}{40.8} \times 100 = 28.73 \%$$

$$\% \text{ Desv. (28 \% Al)} = \frac{40.8 - 35.37}{40.8} \times 100 = 13.31$$

Elongación (óptima) = 3 - 6 %

Elongación (26 % Al) = 3 % * En el rango.

Elongación (28 % Al) = 1.57 %

$$\% \text{ Desv. (28 \% Al)} = \frac{3 - 1.57}{3} \times 100 = 47.67 \%$$

Dureza (óptima) = 110 - 120 HBN

Dureza (26 % Al) = 123 HBN

Dureza (28 % Al) = 110 HBN * En el rango.

$$\% \text{ Desv. (26 \% Al)} = \frac{120 - 123}{120} \times 100 = 2.5 \%$$

Para el caso de la aleación al 213 % de Al nos da una mayor resistencia, pero nos da una menor dureza y nos presenta una elongación baja, pero con el tratamiento térmico mejoraríamos la ductilidad y mantendríamos una buena resistencia de acuerdo a las propiedades con tratamiento térmico de la tabla 3. Analizando la aleación al 26 % de Al encontramos que tenemos una elevada dureza y una elongación dentro del rango, pero en límite inferior, sin embargo, se presenta el inconveniente de la resistencia última de tensión, la cual es baja. Si realizamos tratamiento térmico a esta aleación, nos bajará la dureza a un punto un

poco mayor del rango y nos elevará la elongación al límite inferior del rango requerido, pero a su vez nos bajará la resistencia, con lo que la llave fallaría (no rompiéndose pero si doblándose, que es lo adecuado por norma de seguridad) a un valor bajo de esfuerzo que no se acerca al requerido para la operación de servicio.

Con estos análisis dejamos claramente estipulado, que deberá trabajarse en la aleación con 28 % de Al y tratar de encontrar las propiedades. Se ha determinado que el elemento cobre que forma parte de la aleación, tiene como función inhibir la corrosión intercrystalina, pero a su vez aumenta la resistencia y la dureza, este elemento no puede estar más allá del 5 %, pues causará la corrosión intercrystalina en lugar de inhibirla.

El magnesio retarda la transformación eutectoidal y el aluminio da fluidez a la aleación, haciéndolo más colable, pues su gravedad específica y su gravedad disminuyen al aumentar aluminio y disminuir en mínima cantidad el magnesio. Ha de hacerse notar que para estas aleaciones no se utilizó el elemento magnesio por carecer del mismo al momento de la prueba.

Como dato importante se recalca el hecho que se deberá tener un estricto control sobre la temperatura

del horno, pues este no debe sobrepasar los 900 °C en la aleación fundida, debido a que a mayores temperaturas comienza a aparecer el fenómeno de la desgasificación del aluminio, así como también la pérdida del zinc por evaporación del material, con la que nos resultaría una aleación, no con los porcentajes requeridos, y consecuentemente la variación de sus propiedades.

Remitiéndonos a las pruebas realizadas, procedemos a preparar una aleación de ZA-27 con el 28 % de Al y ahora si añadiéndole magnesio, la que nos quedaría en porcentaje de la siguiente manera:

28 %	Aluminio
2.5 %	Cobre
0.1 %	Hierro
0.02 %	Magnesio
69.63 %	Zinc

Preparamos en peso un kilo de aleación y a continuación procedemos a dar los pesos de cada uno de los componentes, los cuales deberán ser lo más exactos posibles.

280.0 gr	Aluminio	
22.5 gr	Cobre	\
1.0 gr	Hierro	/
0.2 gr	Magnesio	
		;--- Aleación madre 23.5 gr.

716.30 gr Zinc

Con todo esto procedemos a fundir una pieza para muestra, evaluar su acabado, y constatar fallas y defectos en la fundición. Según se observa en la foto # 8 notaremos que el acabado de la pieza es excelente, pues no contiene porosidades superficiales, y además da un cierto brillo que no necesita de limpiezas posteriores. Se procede a cortar un pedazo de la herramienta y observamos que no presenta porosidades interiores, se le realiza análisis metalográfico y se observa su microestructura (foto # 9) la cual está en norma.

Posteriormente se procede a la remoción del macho y limpieza de la cavidad y rebabas de la pieza, quedando lista para su ensamblaje. Por último requerirá una prueba o ensayo destructivo para observar qué límite de esfuerzo resiste en operación, pero de esto se encargará el departamento de control de calidad.

Se necesitará probar combinando porcentajes, especialmente de cobre para la aleación al 28 % de aluminio con el fin de encontrar la aleación con los componentes adecuados para lograr las propiedades deseadas para el trabajo normal de la herramienta, pero por falta de tiempo, debido a que este es un

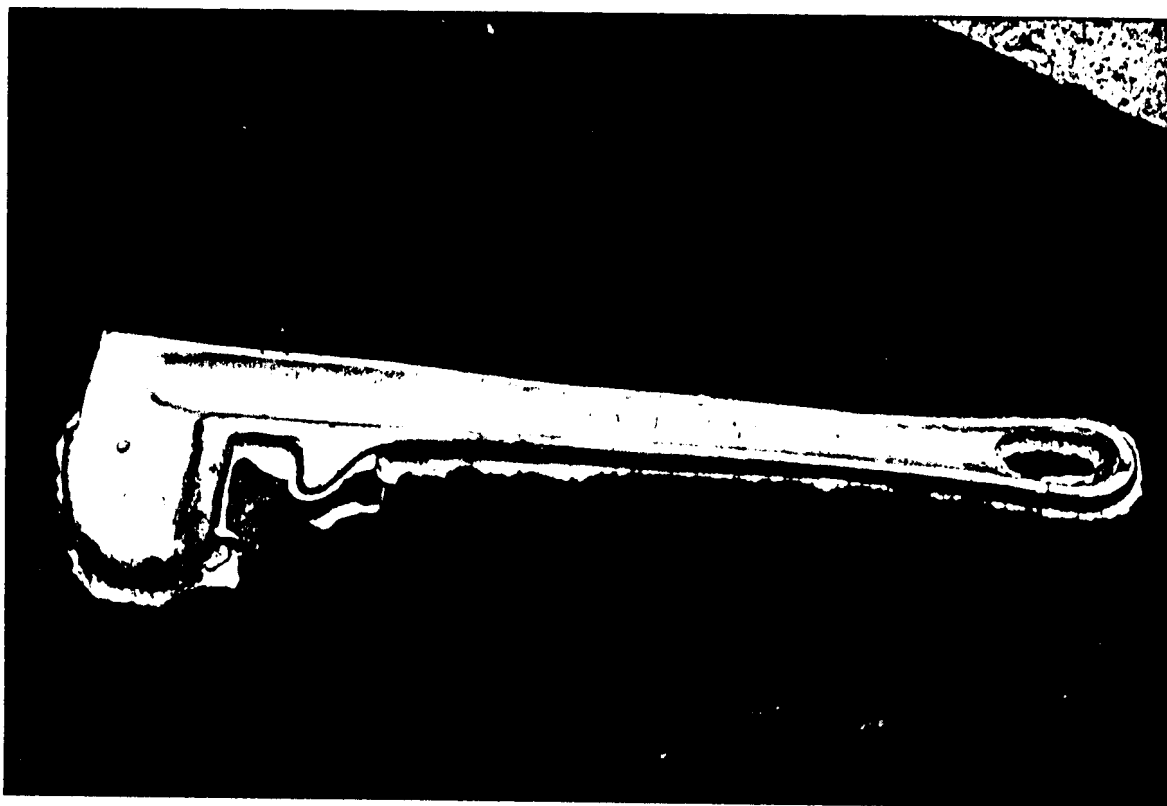


FOTO # 8 CUERPO DE LA HERRAMIENTA
FUNDIDA

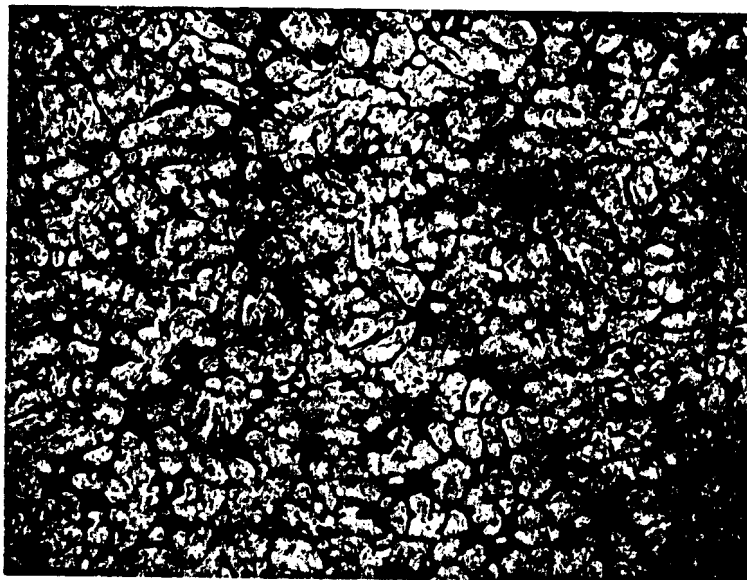


FOTO # 9 MICROESTRUCTURA DEL CUERPO DE LA HERRAMIENTA
ALEACION ZA-27



trabajo reglamentado, no se ha podido hacer otras pruebas para la aleación, aunque hemos constatado que la diferencia o desviaciones con las condiciones óptimas son pequeñas.

Para la quijada móvil: La quijada móvil no fué posible producirla, pues en nuestro proyecto, esta pieza es subcontratada, siendo el objetivo perseguido el de desarrollar el proceso para demostrar que si es posible su fabricación en el país, pues se llegó a desarrollar los modelos y el árbol de cera, faltando únicamente producir el molde cerámico revistiendo al árbol y la parte de colado en la que necesitamos un horno de inducción eléctrico, que si hay en el país; pues los fundidores a nivel nacional están empezando a desarrollarse y cuentan con este tipo de maquinaria.

Hemos sustituido un proceso aún no desarrollado en el país, como la forja, por un proceso factible de desarrollo en nuestro medio; lógicamente las propiedades de las piezas no van a ser las mismas que las forjadas, sin embargo, se puede utilizar una aleación especial para este proceso, de tal manera que nos de sino las mismas mejores propiedades de trabajo.

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

- Se ha cumplido con el objetivo de nuestro proyecto, el cual fué el desarrollar procesos para producción en serie de las herramientas.
- El número de piezas a producir, tanto de la quijada móvil como del cuerpo de la herramienta, suministrado por el estudio de mercado, si da una producción rentable para cada uno de los procesos desarrollados.
- Las especificaciones del departamento de diseño y selección de materiales fueron cumplidas casi en su totalidad, con el único problema del limitante de tiempo, lo que nos impidió ahondar en la investigación de la aleación ZA-27.
- En el proceso de molde permanente las piezas se enfrían más rápidamente, produciendo una estructura granular fina y mayor resistencia, con lo que el tiempo de producción es más corto.
- El macho utilizado para la fabricación del cuerpo de la herramienta, dió buenos resultados, pues es de fácil remoción y da buen acabado a la cavidad.
- La aleación utilizada para el cuerpo de la herramienta, puede catalogarse como la más adecuada, dando la ventaja de tener menos peso y ser más maniobrable.

- Comparando el precio por unidad que nos da el cuerpo de la herramienta hecho de aleación ILZRO ZA-27 con los precios que nos darían al hacerlo con otros materiales, como el hierro nodular, este es más alto, pero nos es conveniente debido al monto a invertir en el proceso, pues el valor del proceso del molde permanente es mucho menor al proceso de fusión en horno de inducción, una idea del costo del proceso por este método puede tenerse de los costos para la producción de la quijada móvil.
- Como no se controló muy bien la temperatura del horno de crisol para la aleación ZA-27, las aleaciones que obtuvimos de muestras, nos presentan valores bajos que pueden ser debidos a la pérdida de metal zinc y aluminio por evaporación, lo cual nos daría una aleación en porcentajes distintos a los requeridos.
- No se consiguieron todas las propiedades requeridas para el cuerpo de la herramienta, pero algo importante, es que se dejó la pauta para trabajos posteriores que no se pudieron realizar por falta de tiempo, sin embargo, queda establecido que la aleación a investigar es la ILZRO ZA-27 pero con un porcentaje de aluminio del 28 %.
- Del análisis de los ensayos realizados a la aleación ILZRO, observamos que solamente las aleaciones al 26 y

28 % de aluminio tienen ductilidad, por lo tanto una de estas dos debe ser seleccionada, pero notamos que la aleación al 28 % de aluminio tiene la más alta resistencia a la tracción que la del 26 % de aluminio, pero presenta menor elongación y dureza que esta, pero con el tratamiento térmico puede llegar a los límites inferiores del rango.

- La aleación ZA-27 presenta una buena colabilidad y fluidez, además de tener un buen acabado y copiado, lo que nos permite obtener una pieza sin porosidades ni discontinuidades.
- El proceso de molde permanente para el cuerpo de la herramienta, ha resultado ser el más adecuado, tanto por el número de piezas a producir, como por el monto de la inversión y el costo de cada una de las piezas producidas.
- Se ha sustituido un proceso de fabricación no desarrollado aún en el país, como es el caso de la forja, por un proceso que está empezando a desarrollarse y que está avanzando, como es el caso de la fundición.
- Las propiedades de un material forjado no son las mismas que para el material fundido, por lo que se ha resuelto adecuar al aleación para obtener, sino las mismas, mejores propiedades mecánicas.

- En si. el proceso de cera perdida es un proceso lento, pero cumple con nuestro requerimiento de producir 17.748 llaves al año y lo hace de una forma rentable.
- No se fabricaron muestras para la quijada móvil debido a la falta de recursos económicos, pero se desarrolló el proceso y se llegó hasta la construcción del árbol de cera, demostrando que si es posible producir dicha pieza.
- Por lo tanto, para el proceso de fabricación de la quijada móvil, se deja establecido que si es factible su desarrollo en el país, pues los costos para cada una de las piezas son bajos.
- El monto de la inversión para el proceso de cera perdida, es demasiado alto para nuestro caso, pues es una empresa que recién se crea, y por lo tanto se procede a la subcontratación (para la fabricación de la misma) de una empresa que posea el equipo y la maquinaria adecuada.
- Con los datos obtenidos y el conocimiento del desarrollo del proceso, estamos en condición de calificar al subcontratista, pues tenemos una idea estimada de los costos de producción de una pieza.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener sumo cuidado en el control de temperatura del horno de crisol durante la fusión de la aleación ZA-27, la cual no debe pasar de los 900 °C, debido que a partir de esta temperatura, se presentan problemas de desgasificación del aluminio, así como también la evaporación del zinc, variando consecuentemente el contenido de la aleación.
- Se recomienda realizar el tratamiento térmico adecuado a la aleación ZA-27 para conseguir una mayor ductilidad o elongación que en la condición de fundida, de tal manera que esta no quede frágil.
- Se aconseja como tema de un proyecto futuro, el investigar en la aleación ZA-27, para determinar la composición más óptima que nos consiga las propiedades requeridas, pues esta está empezando a ser conocida mundialmente y sustituyendo a materiales muy pesados como el acero.
- La matriz que se realizó en este trabajo para la fabricación del cuerpo de la herramienta, fué hecha de aluminio, pero se recomienda hacerla de bronce, de manera que se consuma una en el año, puesto que el punto de fusión de la aleación a ensayar no es muy elevado.

- En la fabricación de las quijadas móviles por el proceso de cera perdida, se recomienda variar la composición del AISI 4340 a 0.49 % de carbono, 1.0 % de cromo y 1.90 % de wolframio, manteniendo los otros porcentajes constantes, esto se lo sugiere para obtener las mismas o mejores propiedades que el acero 4340 obtiene por el proceso de forja.
- Debido al alto costo del monto de inversión para el proceso de cera perdida en la fabricación de la quijada móvil, se recomienda que la producción de esta pieza sea subcontratada.
- A la quijada móvil se le recomienda darle un tratamiento térmico después de la fundición, para homogenizar la estructura cristalina y obtener las propiedades de trabajo.
- Para la fabricación de los modelos de cera en el proceso de cera perdida, se recomienda el uso de una mezcla de cera ya ensayada que está compuesta de parafina, ácido esteárico y carnaúba en una proporción de 70 - 20 - 10, la cual nos da una mínima contracción y una buena resistencia en los modelos.
- En definitiva, para aminorar los costos por pieza, se recomienda aumentar el número de ellas a producir o diversificar a otros tipos, debido a que los procesos son para alta producción.

A N E X O 1

Cálculo del costo de la aleación ILZRO ZA-27 por año

D A T O S

Número de llaves por año..... 17 748
Peso de la llave de 12"..... 0.72 kilos
Peso de la llave de 14"..... 0.78 kilos
Valor del Kilo de la aleación..... \$ 530

C A L C U L O S

Promedio del peso de las llaves = $\frac{0.72 + 0.78}{2}$ = 0.75 Kg.

Peso total de aleación por año = 0.75 x 17 748 = 13 311 Kg.

Costo total de la aleación = 13 311 Kg x 530 \$/Kg

Costo = \$ 7 054 830 por año.
=====

A N E X O 2

Cálculo del costo de la mano de obra para el proceso de producción del cuerpo de la herramienta.

D A T O S

Personal calificado (PC)..... 1
Personal no calificado (PNC)..... 3
Sueldo del personal calificado..... \$ 60 000 al mes.
Salario del personal no calificado..... \$ 8 000 semanal

C A L C U L O S

Sueldo anual PC = \$ 60 000 x 12 = \$ 720 000 + 60% de SNA=
\$ 1 152 000 por año.

Sueldo anual PNC = \$ 8 000 x 4 x 12 = \$ 384 000 + 60% SNA
\$ 614 400

Sueldo total PNC = sueldo anual PNC x # de PNC =

Sueldo total PNC = \$ 614 400 x 3 = \$ 1 843 200

Sueldo total = Sueldo total PC + sueldo total PNC

Sueldo Total = \$ 1 152 000 + \$ 1 843 200 = \$ 2 995 200

Sueldo Total = \$ 2 995 200
=====

NOTA: 60 % SNA es el 60 % del sueldo nominal anual debido a utilidades y beneficios de ley.

A N E X O 3

Cálculo del valor de la energía utilizada en el proceso.

D A T O S

Energía consumida al día.....	150 KW
Días laborables en el mes.....	22 días
Valor del Kilowatio.....	\$ 20

C A L C U L O S

Energía consumida al mes = 150 KW/día x 22 días/mes =
3 300 KW/mes

Costo de la energía al mes = 3 300 Kw/mes x \$ 20/KW =
\$ 66 000 / mes

Costo total al año = \$ 66 000/mes x 12 meses/año =
\$ 792 000 por año.
=====

A N E X O 4

Costo total de los materiales a utilizar en el proceso de producción del cuerpo de la herramienta.

D A T O S

Peso de la arena de posorja a utilizar.....	60 ton/año
Peso de harina de trigo a utilizar.....	3 ton/año
Peso de la melaza a utilizar.....	500 Kg/año
Valor de la tonelada de arena.....	\$ 2 500
Valor de la tonelada de harina de trigo.....	\$ 270 000
Valor del kilo de melaza.....	\$ 100

C A L C U L O S

Valor de la arena de posorja al año = # ton/año x \$/ton =
 $60 \text{ ton/año} \times \$ 2\,500/\text{ton} = \$ 150\,000/\text{año}.$

Valor de la harina de trigo por año = # ton/año x \$/ton =
 $3 \text{ ton/año} \times \$ 270\,000/\text{ton} = \$ 810\,000/\text{año}.$

Valor de la melaza al año = # kilos/año x \$/kilos =
 $500 \text{ kilos/año} \times \$ 100/\text{kilo} = \$ 50\,000/\text{año}.$

Valor total de materiales consumidos al año =
 $\$ 150\,000/\text{año} + \$ 810\,000/\text{año} + \$ 50\,000/\text{año} = \$ 1\,010\,000$

Valor total = \$ 1 010 000/año.
=====

A N E X O 5

Costo del acero 4340 para la quijada móvil.

D A T O S

Peso promedio de las quijadas móviles..... 0.39 kilos

Número total de llaves a producir por año..... 17 748

Precio del acero 4340 por kilo..... \$ 2 000

C A L C U L O S

Peso total del acero a utilizar= # kilos/llave x # llaves

0.39 kilos/llave x 17 748 llaves/año = 6 921 kilos/año.

Valor del acero utilizado por año = # kilos/año x \$/kilo.

6 921 kilos/año x \$ 2 000/kilo = \$ 13 842 000 / año.

Valor Total = \$ 13 842 000 / año.

=====

ANEXO 6

COSTO D: MANO DE OBRA

Número de Trabajadores Calificados	2
Número de Trabajadores No Calificados.....	8
Sueldo del Trabajo Calificado(mensuales).....	\$60 000
Sueldo del Trabajo No Calificado(mensuales).....	\$32 000

SUELDO TOTAL ANUAL DEL TRABAJO CALIFICADO:

(Sueldo mensual del Trabajo Calificado+60%) x 12 x número de trabajadores calificados.

SUELDO ANUAL DEL TRABAJO CALIFICADO= 60 000 + 60% =96 000

$$96 000 \times 12 \times 2 = \$ 2 304 000$$

SUELDO TOTAL ANUAL DEL TRABAJO NO CALIFICADO:

(Sueldo mensual del Trabajo No Calificado+60%) x 12 x número de trabajadores no calificados.

SUELDO TOTAL ANUAL DEL TRABAJO NO CALIFICADO= 32 000 +

60%=51 200

$$51 200 \times 12 \times 8 = \$ 4 915 200$$

SUELDO TOTAL A PAGAR= \$ 7 219 200

=====

NOTA.- El 60% del sueldo se le suma debido a utilidades y beneficios de ley.

ANEXO 7

COSTO DE SUMINISTROS

Cantidad de Energia Consumida3.5 Kw/kg
Peso de las Piezas a Producir6 921 kg
Valor del Kw\$ 80.00

Costo de la Energia Utilizada= Cantidad de Energia Consumida x Peso de las Piezas x Valor del Kw.

$$\text{Costo} = 3.5 \times 6921 \times 80 = \$ 1\,937\,880$$

Cantidad de Agua Consumida1 m3/700 kg
Valor del m3 de Agua\$ 100
Peso de la Producción6 921 kilos

Costo del Agua Utilizada = Cantidad de Agua Consumida x Valor de m3 de Agua x Peso de la Producción.

$$\text{Costo} = 1.43 \times \text{exp}-03 \times 6\,921 \times 100 = 989.7$$

$$\text{Costo Total de Suministros} = \$ 1\,938\,869,7$$

=====

ANEXO 8

COSTO DE MATERIALES

* Refractario de Alta Alúmina\$ 3000/kg

Se gastan 300 Kg en 33 Ton.

Peso de la Producción = 6 921 kilos

$$\text{Costo por Kilogramo} = \frac{3\ 000 \times 300}{35\ 000} = 35 \text{ sucres/kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo por Refractario a utilizar} &= \$35/\text{kg} \times 6\ 921 \\ &= \$ 242\ 235 \\ &\quad \text{-----} \end{aligned}$$

* Otros Refractarios

Valor \$ 500/100 kg

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \frac{\$ 500}{100 \text{ kg}} \times 6\ 921 = \$ 34\ 605 \\ &\quad \text{-----} \end{aligned}$$

* Sílice

Valor- \$ 600/100kg

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \frac{\$ 600}{100 \text{ kg}} \times 6\ 921 = \$ 41\ 526 \\ &\quad \text{-----} \end{aligned}$$

* Acido Bórico

Valor \$ 110/100 kg

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \frac{\$ 110}{100 \text{ kg}} \times 6\ 921 = \$ 7\ 613.1 \\ &\quad \text{-----} \end{aligned}$$

* Cera Carnaúba

Valor\$ 2 000/kg

Cantidad90 kg

$$\text{Costo} = \$ 2\,000 \times 90 = \underline{\underline{\$ 180\,000}}$$

* Parafina

Valor \$ 4 000/kg

Cantidad350 kg

$$\text{Costo} = \$ 4\,000 \times 350 = \underline{\underline{\$ 1\,400\,000}}$$

* Acido Esteárico

Valor\$ 3 600/kg

Cantidad100 kg

$$\text{Costo} = \$ 3\,600 \times 100 = \underline{\underline{\$ 360\,000}}$$

$$\text{COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA} = \underline{\underline{\underline{\$ 1\,770\,000}}}$$

ANEXO 9

COSTO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

Molino mezclador 400 Kg (1).....	\$ 15'000.000
Horno eléctrico de inducción (1).....	\$ 150'000.000
Granalladora (1).....	\$ 56'000.000
Horno de calentamiento (1).....	\$ 10'000.000
Máquina de inyección de cera (1).....	\$ 30'000.000
Matriz del modelo (2).....	\$ 500.000
Sistema de aire comprimido y refrigeración de horno.....	\$ 40'000.000

TOTAL DE COSTOS = \$ 301'500.000

=====

ANEXO 10

COSTO DE ILZRO 27 EN HORNO DE CRISOL

MATERIAS PRIMAS	EN 100 KG DE ALEACION
Chatarra de Zn 70% \$ 500/kg	\$ 35 000
Chatarra de Al 27% \$ 500/kg	\$ 13 500
Chatarra de Cu 3% \$ 500/kg	\$ 1 500

MATERIALES

Refractario	\$ 100
Un crisol cada 100 coladas	\$ 2 000

SMINISTROS

Combustible (2 gal/100kg x \$ 300/gal)	\$ 600
Electricidad (3 Kw/100kg x \$ 100/Kw)	\$ 300

FINANCIAMIENTO

\$ 500 000 por año para una producción de 200 Tn por año
\$ 500 000/200 Tn = \$ 2 500 por tonelada.

Costo de financiamiento en 100 Kg \$ 25

Costo total del proceso para una base de 100 Kg de
aleación = \$ 53 025

Peso de una llave de ILZRO 27 = 0.48 Kg.

Costo de un Kilogramo de ILZRO 27 = \$ 530.3

Costo de una llave de ILZRO 27 = 530.3 x 0.48

COSTO DE LA LLAVE = \$ 254.4
=====

ANEXO 11

COSTO DE LA QUIJADA MOVIL EN HORNO DE INDUCCION

MATERIA PRIMA		PARA 100 KG
Chatarra de Bajo Azufre 100%	\$ 80/kg	\$ 8 000
Chatarra de Acero 20%	\$ 10/kg	\$ 200
Fierro Silicio 0.50%	\$ 3 000/kg	\$ 15
Fierro Manganeso 0.50%	\$ 3 000/kg	\$ 15
Magnesio Ferrosilicio 0.50%	\$ 8 000/kg	\$ 40
 MATERIALES		
Refractario de Alta		\$ 2 500
Alúmina para 20 coladas		
otros refractarios.....		500
Silice		600
Acido Bórico		110
Cera Carnaúba.....		300
Acido Esteárico.....		400
Parafina.....		500
 SUMINISTROS		
Electricidad.....		.\$ 4 000
Agua.....		.\$ 14.28

FINANCIAMIENTO

$$\frac{\$6\,000\,000/\text{Año}}{200\text{ ton / año}} = \$30\,000/\text{ton} \times 100\text{ kg} \dots\dots\dots \$ 300$$

MANTENIMIENTO ELECTRICO

2% Costo Equipo por Año:

$$\frac{\$2\,000\,000/\text{año}}{\$350\,000\text{ Kg/año}} = \$57/\text{kg} \times 100 \dots\dots\dots \$ 5\,700$$

Costo total del proceso de fabricación de la quijada móvil en 100 Kg es de..... \$ 23 194

Peso de la quijada móvil..... 0.39 Kg

Valor del kilo de acero..... \$ 231.94

$$\text{COSTO TOTAL DE UNA PIEZA} = 231.94 \times 0.39\text{ kg} = \underline{\underline{\$ 90.45}}$$

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

1. AVNER, Sidney H. Introducción a la Metalurgia Física. Editorial Mac Graw Hill, Segunda Edición, 1 985.
2. OBERG E., JONES F.D., HORTON H.L. Manual Universal de la Técnica Mecánica, Editorial Labor, segunda edición, año de 1 984.
3. BAUMISTER Theodore, AVALLONE Eugene A., Manual del Ingeniero Mecánico MARKS, volumen I y III, segunda edición, Ed. Mac Graw Hill, 1 986.
4. CALAYAG Tony, FENES Dean, SAE Technical Paper Series 820643, Earthmoving Industry Conference, Illinois, Abril 1 982, 19 - 21.
5. KREKELER, K.A., Microfusión. Fundición con Modelo Perdido. Editorial Gustavo Gili S. A. Barcelona 1 971.
6. Engineering Properties of Zinc Alloys ILZRO, segunda edición. Abril de 1 981, U.S.A.
7. YANKEE, Herbert. Manufacturing Processes. Editorial Prentice Hall, U.S.A. 1 979.
8. SCHARER U., RICO J., CRUZ J., SOLARES L., MORENO R. Ingeniería de Manufactura, Editorial CECSA. México, Segunda Edición 1 970.

9. BEGEMAN, Myron L., AMSTEAD B. H., Procesos de Fabricación.
10. SCHUTZE, Alonso. Tratado Práctico de Moldeo y Fundición. Segunda Edición, Editorial Gustavi Gili, Barcelona 1 961.
11. DOYLE, Lawrence. KEYSER, Carl. LEACH James. SCHRADER, George. SINGER, Morse. Manufacturing processes and materials for engineers. Third Edition, Editorial Prentice Hall, U.S.A. 1 985.
12. FLIMM J., Manual del Ingeniero Técnico. Fabricaciones Metálicas Sin Arranque de Viruta. Ediciones URMO, Bilbao 1 979.
13. STOKES, Vernon. Manufacturing Processes. Editorial Merrill, Ohio U.S.A. 1 975.
14. NUNEZ, Héctor. Proyecto de Inversión Nacional Para la Fabricación de Herramientas Manuales (Análisis de mercado). Proyecto de grado. ESPOL 1 990.
15. ANCHALUISA, Marcos. Proyecto de Inversión Nacional Para la Fabricación de Herramientas Manuales (Diseño y Selección de Materiales). Proyecto de grado. ESPOL 1 990.

