T
621.5
CHAp

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE INVERSION PARA LA FABRICACION DE COMPRESORES DE AIRE (FUNDICION)

PROYECTO DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Blanca A. Chalén Chamaidán

Guayaquil - Ecuador

Año
1991

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

Al Ing. Ignacio Wiesner F. Director del Tópico, por su ayuda y colaboración, necesaria para la realización del presente trabajo.

D E D I C A T O R I A

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

ING. NELSON CEVALLOS B.
DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA MECANICA

ING. IGNACIO WIESNER F.
DIRECTOR DE PROYECTO

ING. JOSE PACHECO M.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. EDMUNDO VILLACIS M.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

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 Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Tópico de Graduación).

BLANCA AZUCENA CHALEN CHAMAIDAN

R E S U M E N

El objetivo general del tópico de Fundición es promover el desarrollo Industrial de el pais, tratando de Nacionalizar un bién capital como es la producción en serie de compresores de aire.

Este proyecto de Inversión contiene en su estructura varias partes que son: El análisis de Mercado, Carta Tecnológica, el análisis y selección de Procesos de fabricacion de Partes y conjunto, análisis de diseño, etc.

El presente trabajo trata sobre el Estudio de los Productos en el Capítulo I, que comprende la determinación de las partes a fabricarse, especificaciones de la aleación, procesos posibles que pueden ser utilizados y la selección del más indicado, para finalmente proceder a la elaboración de planos para los modelos de Fundición.

El capítulo II , comprende el desarrollo de el producto propiamente dicho, como la construcción de Moldes y Modelos, control de material, elaboración de Prototipos. Luego de la Seleción de los procesos se desarrollaran los mismos para una producción en serie de las partes así como la estimación de costos que concluirá en el ensamblaje y prueba de las mismas.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....VI

INDICE GENERAL VLL

INDICE DE FIGURAS.....VIII

INDICE DE TABLAS.....IX

INDICE DE FOTOGRAFIAS.....X

ANTECEDENTES.....12

CAPITULO I : ESTUDIO DE LOS PRODUCTOS

1.1 Partes a fabricarse.....13

1.2 Propiedades y Especificaciones de las Aleaciones. 28

1.3 Procesos de Fundición Aplicables en cada .....
Elemento y Selección 32

1.4 Desarrollo de planos para modelos de Fundición. 40

CAPITULO II : DESARROLLO DE LOS PRODUCTOS.

2.1 Construcción de Moldes y Modelos para Fundición..43

2.2 Pruebas de Control de los Materiales.....54

2.3 Desarrollo de Prototipos.....64

2.4 Desarrollo de Esquema para Producción en Serie...81

2.5 Distribución de Planta.....83

2.6 Estimación de Costos de Producción en Serie.....85

CONCLUSIONES.....89

RECOMENDACIONES.....91

ANEXOS 92

BIBLIOGRAFIA.....110

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

Figura 1.1 Representación en Explotación de..... 15
de Partes a Fabricarse.

Figura 1.2 Carcasa..... 16

Figura 1.3 Cilindro de Alta..... 17

Figura 1.4 Culata de Cilindro de Alta..... 18

Figura 1.5 Cilindro de Baja..... 19

Figura 1.6 Culata de Cilindro de Baja..... 20

Figura 1.7 Conector de Manguera..... 21

Figura 1.8 Tapa Anterior..... 22

Figura 1.9 Cigüeña..... 23

Figura 1.10 Balanceador..... 24

Figura 1.11 Contrapeso del Balanceador..... 25

Figura 1.12 Polea..... 26

Figura 1.13 Biela..... 27

Figura 2.1 Diseño y Dimensiones Para Moldes..... 61
de Barras de Probetas Cilindricas. 62

Figura 2.2 Probeta Fundida y Maquinada..... 65

Figura 2.3 Microestructura del Hierro.....
Gris.

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

Tabla 1.1 Rasgos de Diseño de Procesos 33
de Fundición.

Tabla 1.2 Matríz Para Selección del Proceso..... 37
para Hierro Gris.

Tabla 1.3 Matríz Para Selección del Proceso..... 38
para el Ilzro 27.

Tabla 1.4 Matríz para la Selección del Proceso.. 39
para la fabricación de Machos.

Tabla 2.1 Requerimientos de Resistencia 57
de Hierro Gris.

Tabla 2.2 Selección de Barra de Prueba en Base.. 58
del espesor de Pared.

Tabla 2.3 Diámetros y Longitudes de Barra 59
de Pruebas Fundida.

I N D I C E DE F O T O G R A F I A S

Fotografía 2.1 Modelo de Doble Contracción.....44.
para Piezas Macizas junto a
modelo metálico obtenido.

Fotografía 2.2 Modelo de Doble Contracción para..44.
piezas huecas.(Cilindros).

Fotografía 2.3 Molde en Arena de la Polea.....47.

Fotografía 2.4 Modelo Metálico de la Polea.....47.

Fotografía 2.5 Molde de Cilindro de Baja .....48.
con machos para aletas

Fotografía 2.6 Modelo Metálico partido .....48.
de Cilindro de Baja.

Fotografía 2.7 Molde de Cilindro de Alta.....49.
con machos para aletas.

Fotografía 2.8 Modelo Metálico partido.....49.
de Cilindro de Alta.

Fotografía 2.9 Moldeo en Arena de la carcaza.....50.
con modelo de Doble Contracción.

Fotografía 2.10 Modelo Partido Hueco de Carcaza...50.

Fotografía 2.11 Modelos Metálicos de otras Piezas...52.

Fotografía 2.12 Caja de Machos de Carcaza .....52.
Abierta junto a Acople.

Fotografía 2.13 Caja de Machos de cilindros.....53.
de Alta y Baja.

Fotografía 2.14 Machos de Arena Sílice y Silicato..53.
de Cilindro de Alta y Bajo.

Fotografía 2.15 Modelos de doble contracción.....67
de Carcaza.
Fotografía 2.16 Modelo Metálico de Carcaza 67
(Cerrado).
Fotografía 2.17 Modelos Metálicos de Cilindros.....68
(Cerrados).
Fotografía 2.18 Caja de Machos de Carcaza 68
(Cerrada).
Fotografía 2.19 Caja Superior de Molde.....73
de Carcaza.
Fotografía 2.20 Caja Inferior de Molde.....73
de Carcaza.
Fotografía 2.21 Colocación de Macho. 74
Fotografía 2.22 Preparacióm del Metal 74
Fotografía 2.23 Acabado de Carcaza.....75
Fotografía 2.24 Piezas Fundidas 75
(Cilindros de Alta y Baja).
Fotografía 2.25 Piezas Fundidas.....76
(Biela, Cigüeña, Cilindro).
Fotografía 2.26 Piezas Fundidas 76
(Conector de Manguera, Culata y
balanceador, contrapeso).
Fotografía 2.27 Piezas Fundidas 77
(Poleas).
Fotografía 2.28 Pieza en 3 etapas: molde de doble...77
contracción , en aluminio y en
Hierro Gris.

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

Siguiendo con la serie de Proyectos encaminados a el Desarrollo Nacional en el área de la Metalurgia especialmente en lo que se refiere a la fundición, se tratará de obtener un proceso óptimo para la fabricación de compresores de aire, aprovechando la capacidad instalada del país, brindando un producto de alta calidad y a precio muy conveniente de tal forma que evite la fuga de divisas por concepto de importaciones de bienes capitales, y que genere empleo.

Para la realización de éste trabajo contamos con un estudio de mercado el cuál nos informa que la producción en conjunto de compresores es de 100 al año. De igual manera el estudio de Carta Tecnológica nos da a conocer las partes que van a ser hechas por fundición y, el análisis de Diseño nos proporciona los valores de los esfuerzos a los que estarán sometidos las piezas y con estos valores seleccionar el material adecuado, que reuna las condiciones de Diseño y que se ajuste a los costos más bajos posibles, sin afectar la calidad del equipo.

De ésta manera el material a utilizarse es hierro gris e Ilzro 27.

CAPITULO I

1. ESTUDIO DE LOS PRODUCTOS.

1.1 PARTES A FABRICARSE.

Según los datos proporcionados por el estudio de las cartas tecnológicas, sobre los materiales constituyentes, de cada una de las piezas a fabricarse por fundición, son los siguientes :

Carcaza	Hierro gris clase	35
Cilindros de alta y baja	"	25
Tapa de válvulas	"	40
Polea	"	35
Tapa Frontal y Posterior	"	35
Balanceador	"	25
Cigüeña	"	25
Acople de Mangueras	"	25
Bielas	Bronce SAE	660

Y teniendo como antecedentes los datos proporcionados por el análisis de mercado en cuanto a la producción anual de compresores que al

inicio será de 100 compresores de 5 Hp.

Se procede a hacer un estudio de el tipo de aleación a utilizarse en las piezas que originalmente estan hechas de hierro gris llegandose a la conclusión que se utilizaría un hierro gris de clase 35 para las piezas como son :

- Carcaza
- Cilindros de Alta y Baja
- Culatas
- Balanceador
- Contrapesos del Balanceador
- Polea

Para la biela se utilizará la Áleación ILZRO 27 de propiedades similares a el Bronce SAE 660 y más bajo costo.

A continuación aparecen una serie de dibujos representativos de las piezas a fundirse.

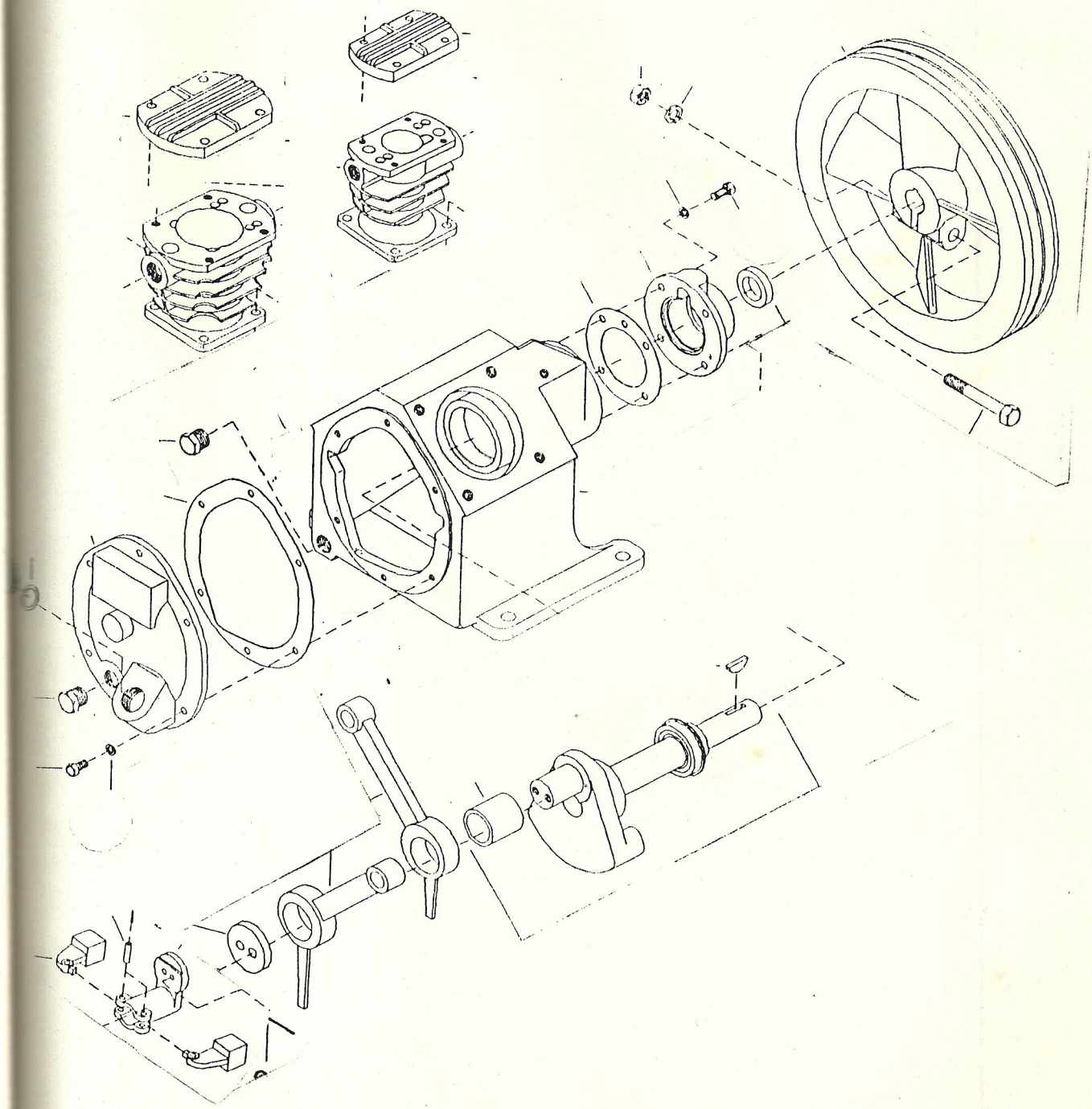


FIGURA 1.1 REPRESENTACION EN EXPLOTACION DE LAS PARTES A FABRICARSE .

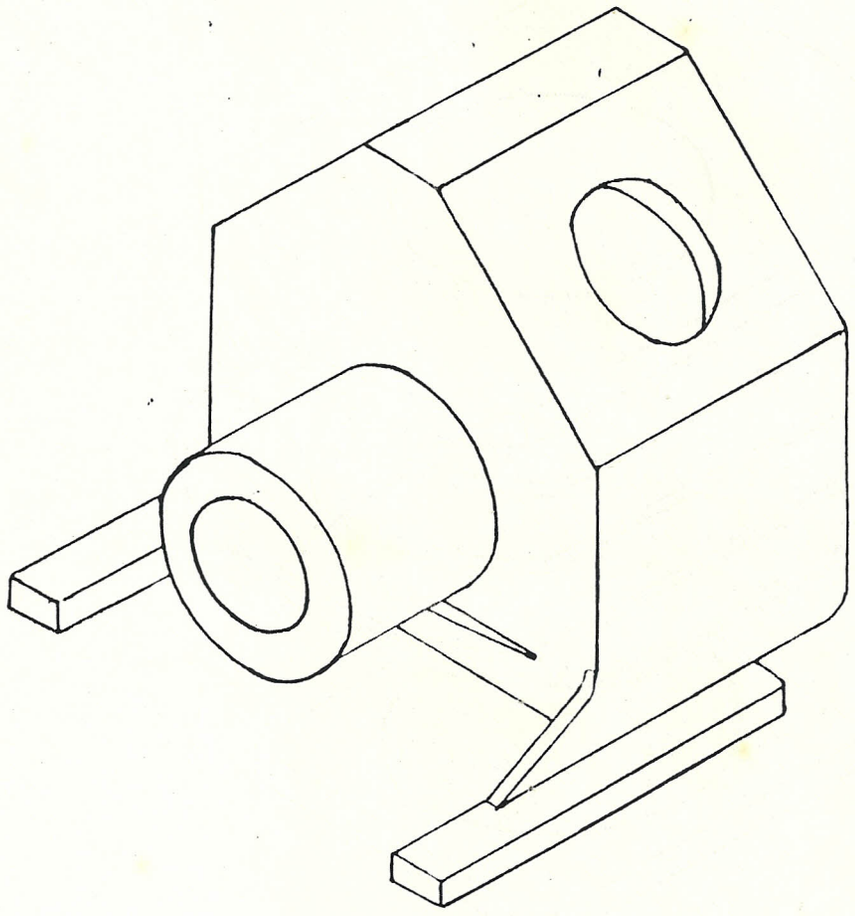


FIGURA 2.1 CARCAZA

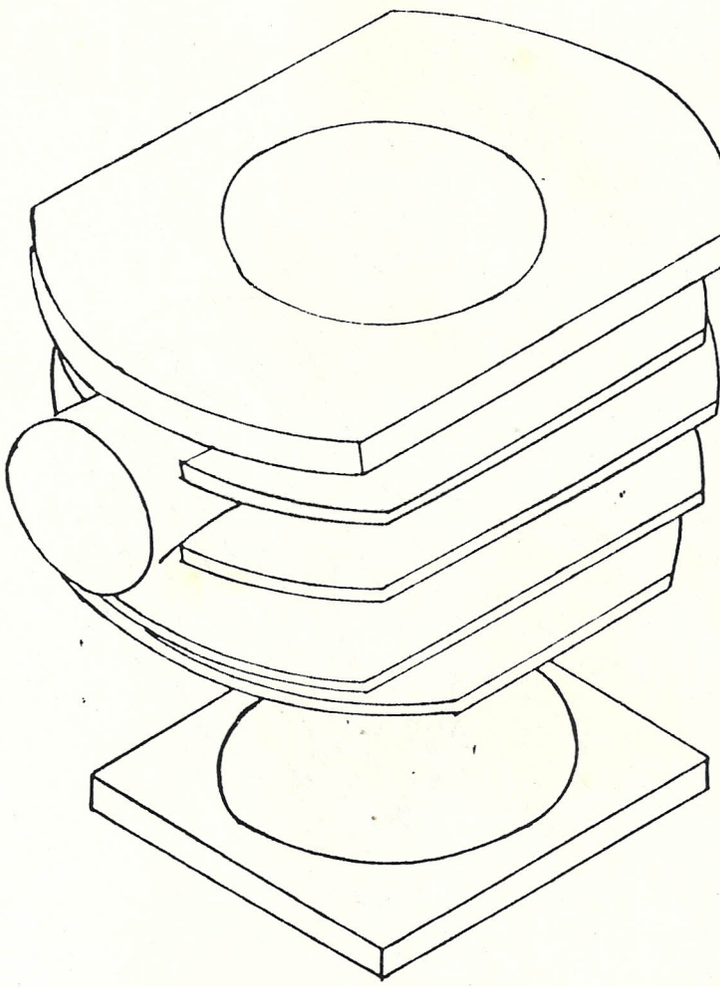


FIGURA 1.3 CILINDRO DE ALTA

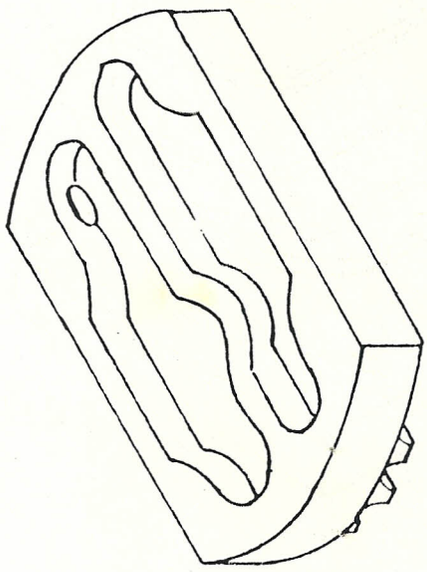


FIGURA 1.4 CULATA DE CILINDRO DE ALTA

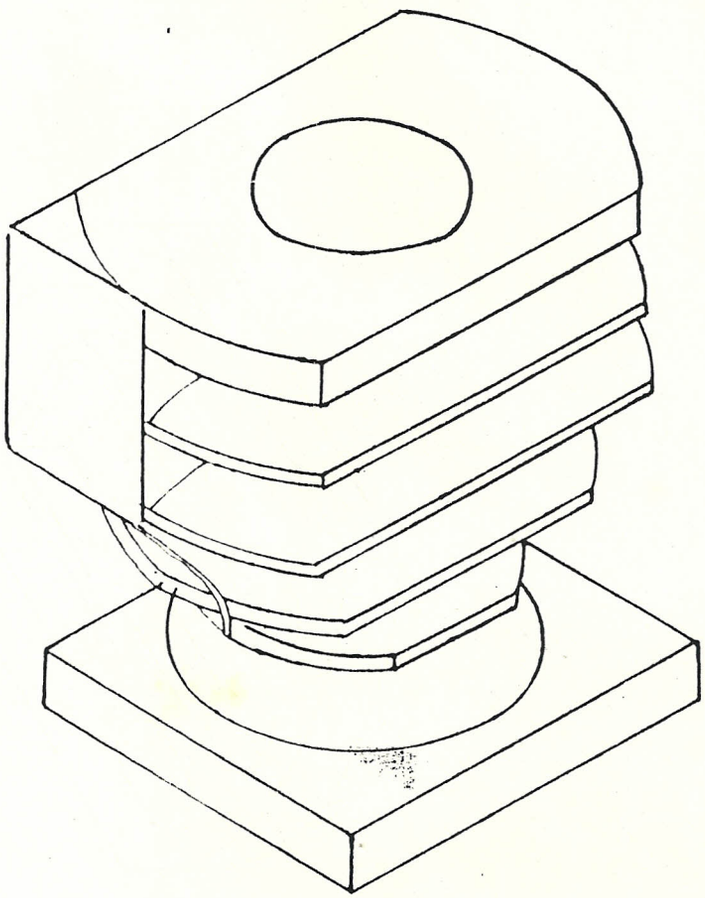


FIGURA 1.5 CILINDRO DE BAJA

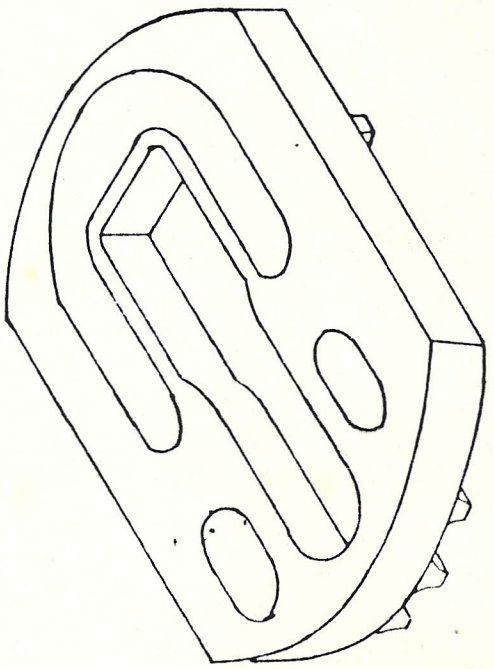


FIGURA 1.6 CULATA DE CILINDRO DE BAJA

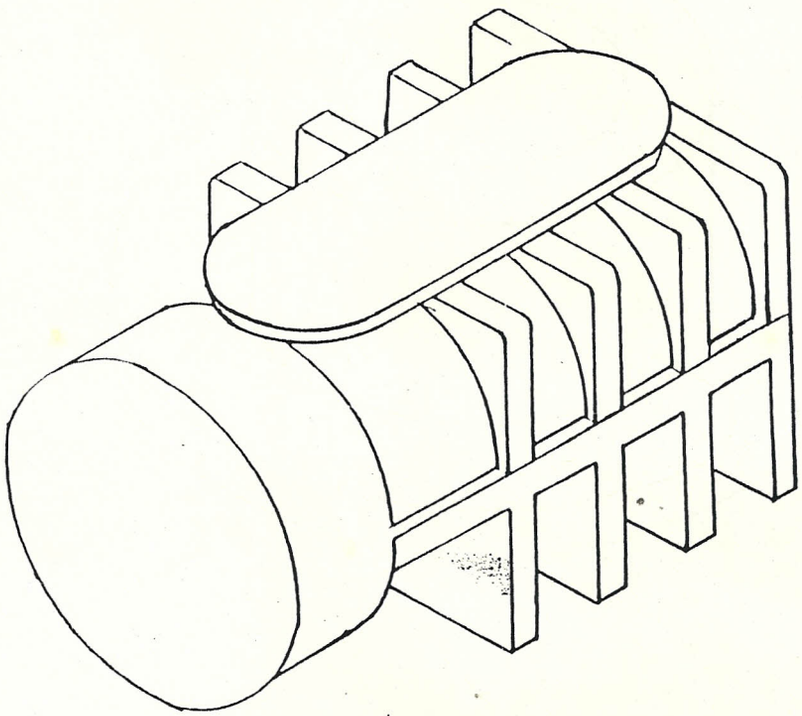


FIGURA 1.7 CONECTOR DE MANGUERA

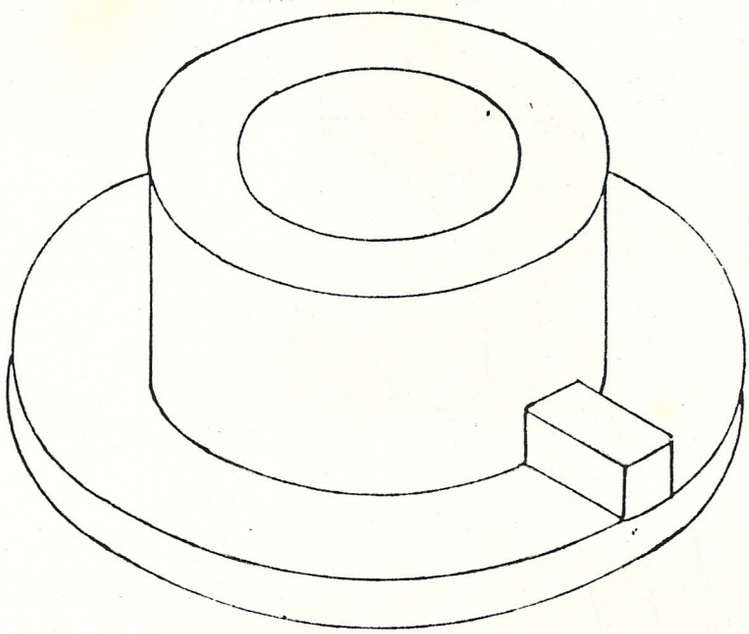


FIGURA 1.8 TAPA ANTERIOR

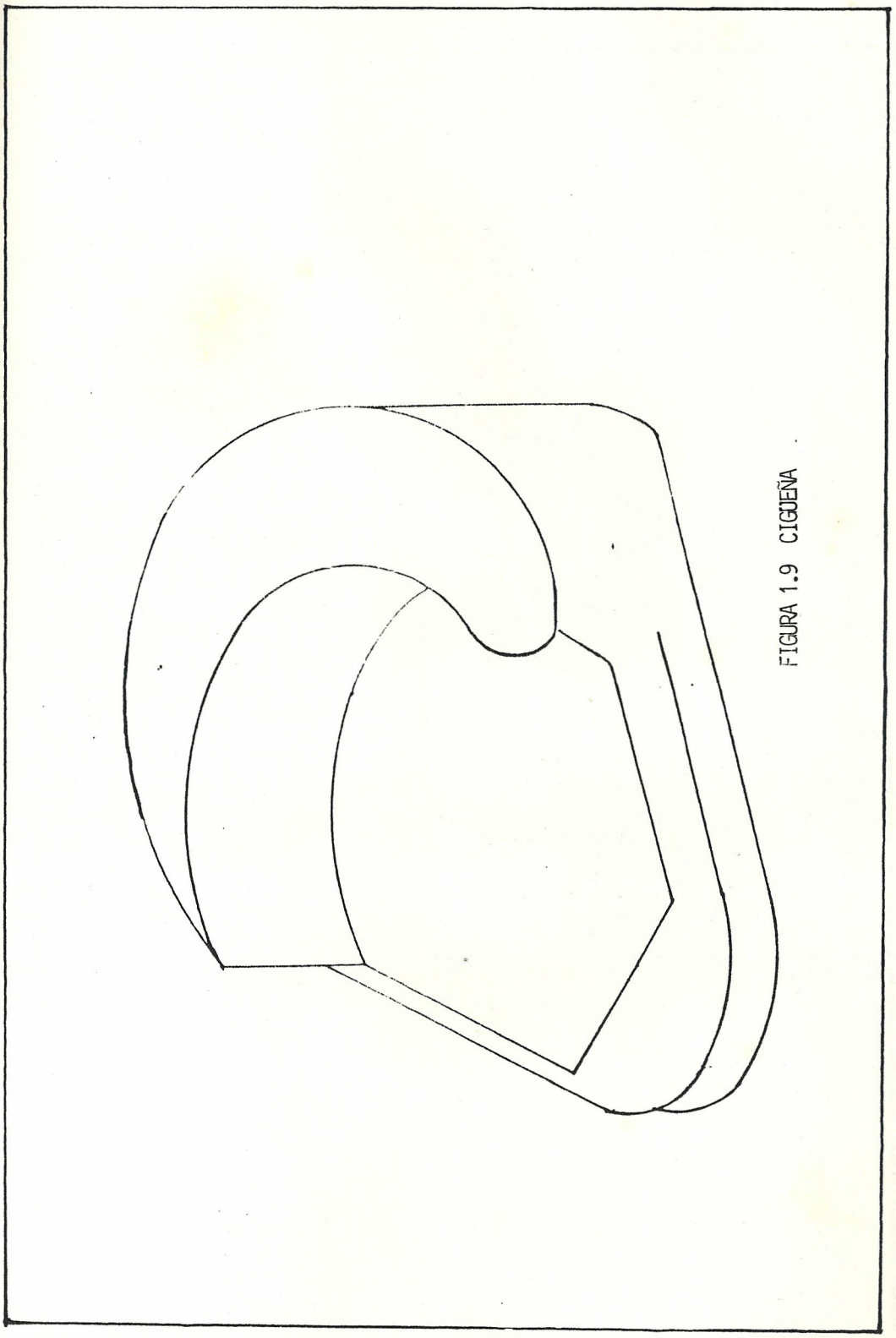


FIGURA 1.9 CIGÜEÑA

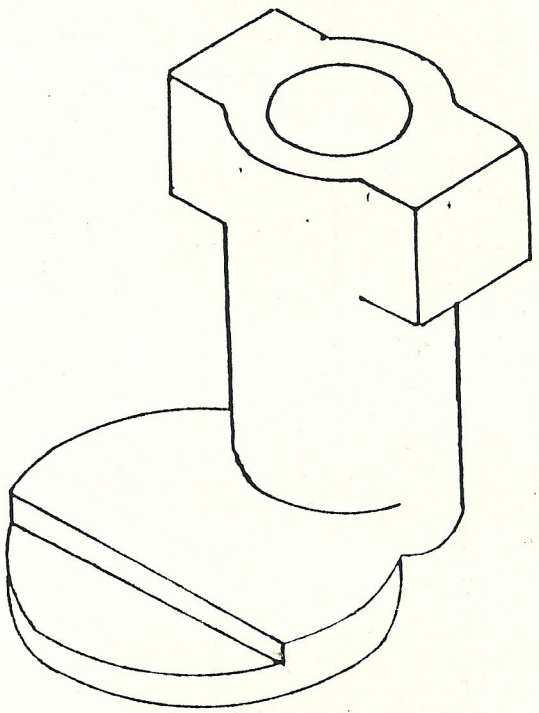


FIGURA 1.10 BALANCEDOR

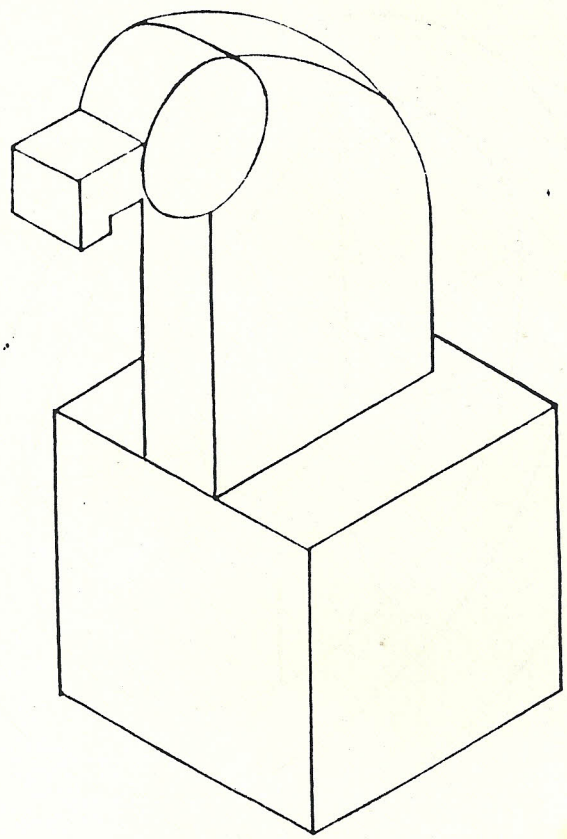


FIGURA 1.11 CONTRAPESO DEL BALANCEDOR

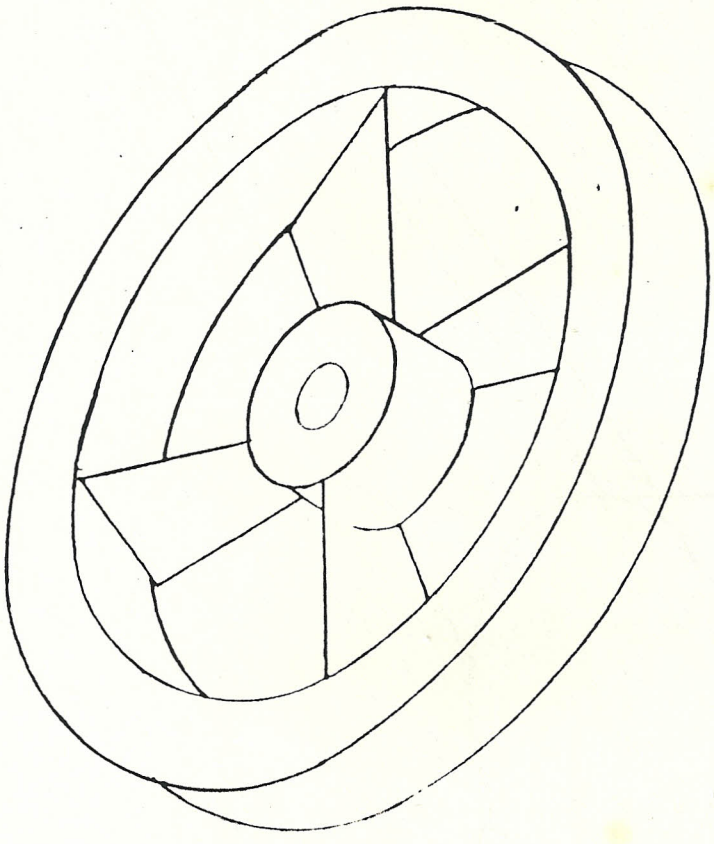


FIGURA 1.12 POLEA

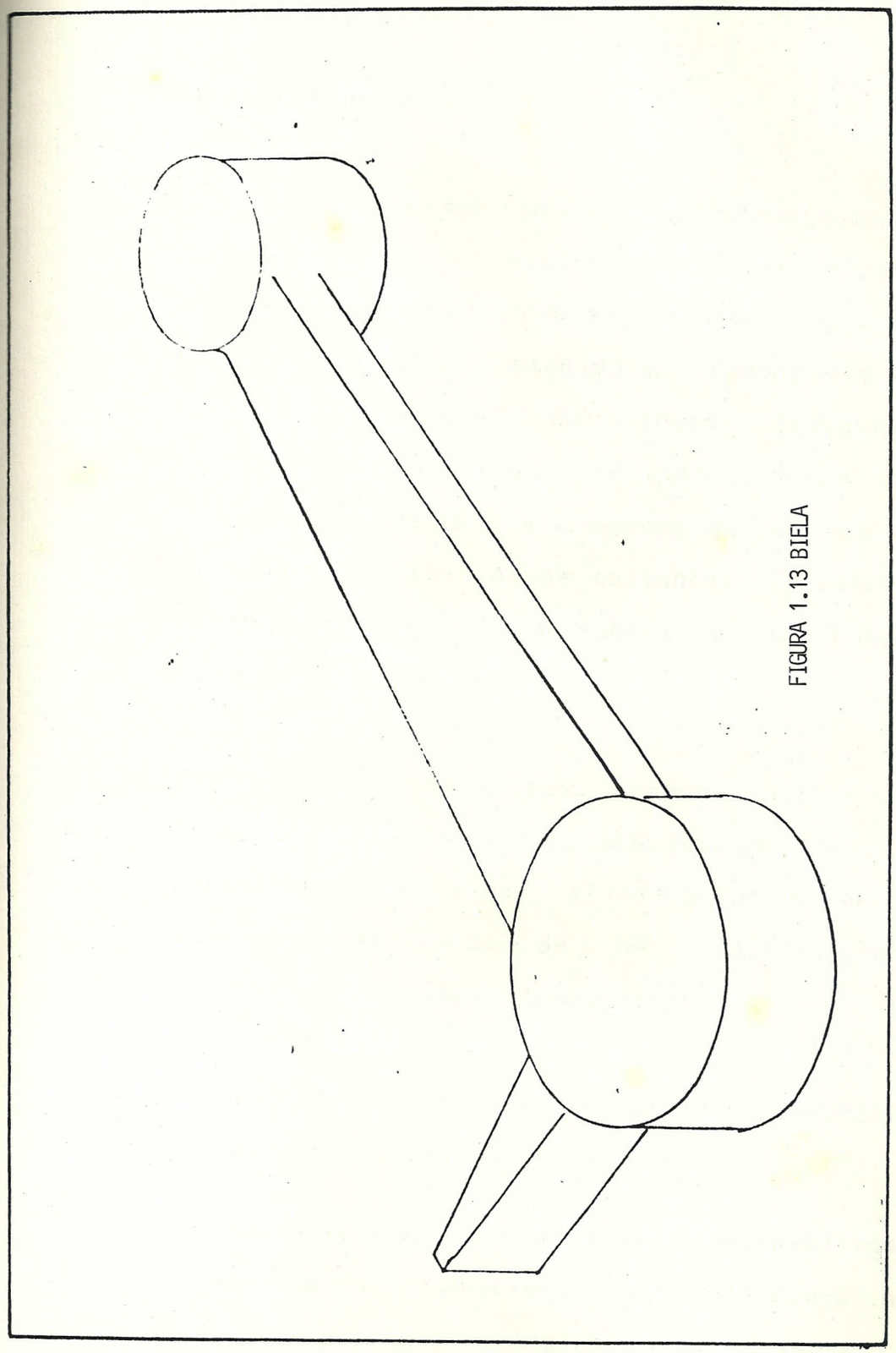


FIGURA 1.13 BIELA

1.2 PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LAS ALEACIONES.

a) Generalidades de el Hierro Gris.

Las fundiciones son en esencia aleaciones de hierro, carbono y silicio que generalmente contienen también Manganeso, Fósforo, Azufre, etc., son de mayor contenido en carbono que los aceros y adquieren su forma definitiva directamente por colada no siendo nunca las fundiciones sometidas a procesos de deformación plástica ni en frio ni en caliente. En general no son dúctiles ni maleables y no pueden forjarse ni laminarse.

En las fundiciones grises, aparecen durante la solidificación y posterior enfriamiento láminas de grafito que originan discontinuidades en la matríz son la causa de las características mecánicas de las fundiciones grises.

En compensación aparecen otras características que resultan favorables tales como:

Amortiguamiento de vibraciones, maquinabilidad resistencia al desgaste, autolubricación, resitencia a la corrosión bajo tierra ,

resistencia a la oxidación y formación de costras a temperaturas hasta 650 °C y facilidad de fabricación que la convierte en un interesante material para una gran variedad de aplicaciones en motores, maquinarias y equipos.

Las propiedades de los hierros fundidos son determinadas no sólo por la naturaleza de la matríz y la cantidad de grafito sino también , por el tamaño de grano de la matríz y la forma, tamaño y distribución del grafito.

Los factores que influyen sobre la estructura y propiedades de las aleaciones hierro, carbono y silicio se dividen en dos clases.

1.- La concentración de carbono y silicio
2.- La velocidad de enfriamiento desde la condición líquida.

Más informaciones sobre éstas propiedades podemos apreciar en la referencia 1.

Composición del metal.

El hierro gris utilizado en la fabricación de compresores es hecho generalmente de dos mezclas

standard. La mezcla A la cual es usada para un 80 a 90 % de toda la fundición producida tiene la siguiente composición.

Carbón total	3.25 - 3.35 %
Silicio	1.75 - 1.85 %
Manganeso	0.60 - 0.70 %
Azufre	0.10 - 0.12 %
Fósforo	0.08 - 0.10 %
Carbón Equivalente	3.85 - 4.00 %

La mezcla B la cual es usada para fundiciones con secciones de espesores de 1 1/2 pulgadas y tiene la siguiente composición.

Carbón total	3.10 - 3.20 %
Silicio	1.65 - 1.80 %
Manganeso	0.65 - 0.75 %
Azufre	0.13 - 0.15 %
Fósforo	0.10 - 0.15 %
Carbón Equivalente	3.70 - 3.85 %.

b) Generalidades de las aleaciones de ILZRO.

En comparación con el aluminio, las aleaciones las aleaciones de zinc se funden a más bajas

temperaturas, son mucho más fuertes y duras y menos frágiles.

Los elementos que componen ésta aleación, varían en un rango dependiendo de las propiedades a obtener. La composición de la aleación se detalla a continuación :

Aluminio	25.0	-	28.0s %
Cobre	2.0	-	2.5 %
Magnesio	0.01	-	0.02 %
Hierro		<	0.10
Plomo		<	0.004
Cadmio		<	0.003
Estaño		<	0.002
Zinc		el balance.	

Principales propiedades del ILZRO.

Entre las principales propiedades mencionaremos:

- Esfuerzo de Tensión e elongación
- Dureza y
- Resistencia a la Fatiga.

Detalle sobre éstas propiedades podemos hallar en la referencia 2.

1.3 PROCESOS DE FUNDICION APLICABLES EN CADA ELEMENTO Y SELECCION.

a) Procesos de Fundición aptos para la producción de hierro gris, Eje, y Corazones.

De los procesos de fundición existentes nombraremos los mas utilizados y luego haremos la selección primero de los procesos de fundición y luego de los procesos para corazones Para fundición de Hierro Gris:

- Proceso de Fundición en Arena
- Proceso de fundición Shell
- Proceso de Fundición en molde Permanante
- Proceso de Fundición con CO_2.

Para fundir Eje además de los procesos anteriormente mencionados debemos anotar el de fundición con recubrimiento.

En la Tabla 1.1 aparece la descripción de varios procesos de fundición con sus respectivos rasgos de diseño que nos serviran de base para la selección del proceso de Fundición, la descripción de cada uno de éstos procesos podemos encontrarlos en la referencia 2.

TABLA 1.1

RASGOS DE DISEÑO DE PROCESOS DE FUNDICION

RASGOS DE DISEÑOS	PROCESOS				
	FUND. ARENA	FUND. SHELL	FUND. PERMANT	FUND. CO_2	FUND. RECUB.
Gama de aleacciones	no ferro. y ferro.	amplia excepto para aceros de bajo C	restrig. Al, latón, y algo Fe gris	ilimitada	amplia t.difíciles de Maq y forjado
Complijidad de moldeo	considerables	moderadas	moderadas	considerable	la más grande
Peso permisible	ilimitado	250 lbs	100 lbs	0.5 hasta tonelad	gramos hasta 100 lbs
Sección minima colable	1/10	1/10	1/8		1/16
Tolerancia en pulgadas	0.012	0.010	0.03		0.01
Acabado relativo	pasable a bueno	bueno	bueno	pasable	muy bueno
Propied. mec.rela.	bueno	bueno	bueno	bueno	pasable
Facilidad relativa de colada	pasable a bueno	bueno	pasable	bueno	óptima
tamaño del lote	amplio:va de poca a enorme cantidad	más req. que la fund. en arena	lo mejor cuando los req. son miles		amplio pero lo mejor en peq.can.
costos relativos en can. pequeñas	mínimo	medio alto	alto	medio alto	medio

b) Selección del Proceso.

Teniendo en cuenta que el número de unidades a producir por año es de 100 compresores, podemos realizar nuestras matrices de decisión en base a los siguientes parámetros.

- Que los costos e implementos en el proceso deben ser los menores posibles, porque debe tenerse en cuenta que uno de los principales objetivos de éste trabajo es obtener un producto de alta calidad y a precio muy conveniente, de tal forma que entren a competir en el mercado.

- La calidad de las piezas debe cumplir con los requerimientos necesarios.

- Se debe considerar el número de piezas a producir por mes, pués debe considerarse que la capacidad inicial de producción de la planta es pequeña.

- El proceso no debe ser nocivo a la salud.

- Debe darse la facilidad para la obtención de matera prima.

- En cuanto a la elaboración de corazones o moldes y materias primas a usar .

En las tablas 1.2 , 1.3 , 1.4 , se muestra de manera cualitativa los resultados de éstos análisis y con seguridad podemos indicar que:

El proceso adecuado para fundir hierro gris es el de moldeo en arena el cuál nos asegura una mejor producción al más bajo costo, ya que por el número de piezas y el tiempo de producción no se justifica el proceso de cáscara, ni el de la fundición en moldes permanentes.

También por el tamaño, por el costo, y la complejidad de forma de ciertas piezas no se justifica el proceso de CO_2.

Cabe anotar que a pesar de las desventajas de éste proceso como son un acabado superficial deficiente, la lentitud del proceso, así como también los tiempos de acabado y de limpieza, resulta el más indicado pués se acopla a las necesidades iniciales de la planta, existiendo como único problema el del acabado superficial el cuál puede mejorarse seleccionando una mezcla de arena y arcilla de tal forma que

podría dar el acabado final deseado.

En lo que se refiere a la Selección del Proceso para la elaboración de las piezas en ILZRO, mencionaremos que el más indicado es el de moldeo en arena (arena de Posorja) el cual fué calificado, atendiendo a la facilidad de colado y a los costos relativos en pequeñas cantidades, parámetros esenciales que influyeron decisivamente en descartar los otros procesos.

En cuanto al proceso seleccionado para la elaboración de corazones, el proceso que se adapta a las mejores posibilidades es el de CO_2, debido a que es un proceso rápido, de equipo relativamente bajo, a pesar que el proceso de oil Sand nos suministra el costo más bajo pero con acabado superficial deficiente y mayor tiempo de preparación, el proceso con CO_2 nos da un buen acabado superficial y alta precisión dimensional, requisitos por lo más necesarios para la fabricación de la carcaza, cuya complejidad en el diseño, no nos permite un maquinado total en su interior .

TABLA 1.2

MATRIZ PARA SELECCION DEL PROCESO PARA HIERRO GRIS

RASGOS DE DISEÑO Y COSTOS	A	B	C	D
MATERIAL (HIERRO GRIS)	5	3	2	5
COMPLEJIDAD	3	1	2	4
PESO PERMISIBLE DE LA PIEZA 50 LIBRAS	5	3	3	4
SECCION MINIMA COLABLE 1/10 PULG	5	2	2	3
TOLERANCIA DIMENSIONAL	4	5	5	4
ACABADO RELATIVO DE SUPERFICIE	4	5	5	4
FACILIDAD DE COLADA	5	4	5	5
COSTOS RELATIVOS EN PEQUEÑAS CANT.	5	1	1	1
TOTAL	36	24	25	30

1= MALO 2= POBRE 3= BUENO 4= MUY BUENO 5 = EXCELENT

A = MOLDEO EN ARENA

B = MOLDEO EN CASCARA

C = MOLDE PERMANENTE

D = CON CO_2.

TABLA 1.3

MATRIZ PARA SELECCION DEL PROCESO PARA EL ILZRO 27

RASGOS DE DISEÑO Y COSTOS	PROCESOS			
	A	B	C	D
MATERIAL	3	3	3	3
COMPLEJIDAD	2	2	2	1
PESO PERMISIBLE DE LA PIEZA.	3	2	2	2
TOLERANCIA DIMENS .	2	3	3	3
FACILIDAD DE COLADA	3	2	2	3
COSTOS RELATIVOS EN PEQUEÑAS CANT.	3	1	1	1
TOTAL	16	13	13	14

1= MALO 2= BUENO 3 = MUY BUENO

A = MOLDEO EN ARENA

B = MOLDEO EN CASCARA (SHELL)

C = MOLDE PERMANENTE

D = FUND. DE RECUBRIMIENTO (CERA PERDIDA)

TABLA 1.4

MATRIZ PARA LA SELECCION DEL PROCESO PARA LA FABRICACION DE MACHOS

PARAMETROS DE SELECCION	SHELL	HOT BOX	COLD BOX	SILICATO	OIL SAND
COSTO DE IMPLEMENTOS	1	1	3	3	3
CALIDAD DE PIEZAS PRODUCIDAS.	3	3	3	3	1
COSTO DE PRODUCCION	2	2	1	2	3
PRODUCCION REQUERIDA	1	1	3	3	3
NOCIVO PARA LA SALUD	2	1	1	3	3
FACILIDAD DE ADQUISICION DE MAT.PRIM.	2	2	1	3	2
VIDA UTIL DE CORAZONES Y MOLDES.	3	3	3	3	1
VIDA UTIL DE MATERIA PRIMA.	2	2	2	3	3
TOTAL	16	15	17	23	18

1= MALO 2= REGULAR 3 = MUY BUENO

1.4 DESARROLLO DE PLANOS PARA MODELOS DE FUNDICION.

En el Anexo 6 se presentan una serie de Planos de modelos de fundición de todas las piezas a fundirse. Es de anotar que para obtener un molde hay que emplear un modelo y éste debe poseer algunas propiedades determinadas:

1.- Facilidad de desmoldeo, esto es; que se debe establecer en el diseño ángulos de salida convenientes en nuestro caso para las piezas realizadas en hierro gris se seguiran las siguientes recomendaciones, según la altura del modelo.

Angulos de Salida

Hasta		10	mm	de	altura,	salida	3°
De 10	a	20	mm	"	"	"	2°
De 20	a	35	mm	"	"	"	1°
De 35	a	65	mm	"	"	"	0° 45′
De 65	a	150	mm	"	"	"	0° 30′
De 150	a	250	mm	"	"	"	de 1.5 mm.
De 250	a	400	mm	"	"	"	de 2.5 mm.
De 400	a	600	mm	"	"	"	de 3.5 mm.
De 600	a	800	mm	"	"	"	de 4.5 mm.
De 800	a	1000	mm	"	"	"	de 5.5 mm.

2.- Contracción y espesores de mecanización, esto es; que los planos de modelos deben tener un sobredimensionamiento debido a la contracción producida por el enfriamiento del metal en el momento del vaciado, y un sobredimensionamiento adicional en aquellas zonas que posteriormente van a ser maquinadas. Hay que considerar que los modelos a utilizarse van a ser metálicos por lo que los planos llevarán un sobredimensionamiento debido a la contracción del material con que va ha estar hecho el modelo. En nuestro caso las aleaciones a utilizarse son de hierro gris cuya contracción es de aproximadamente 1% , aleación de Zinc con un porcentaje de 1.5 % aproximadamente y para las aleaciones de aluminio, utilizada en la construcción de los modelos un porcentaje de 1.25% aproximadamente.

En cuanto al sobreespesor por maquinado podemos decir que el cálculo está relacionado con la mayor dimensión de la pieza, y sabiendo que el material del molde es de arena se utiliza la siguiente fórmula :

$$2 + 4\,L / 1000$$

donde L es la mayor dimensión de la piezas .

Los planos correspondientes a los cilindros y carcazas llevaran un sobredimensionamiento especial que servirá de apoyo a los machos que dan lugar a piezas huecas, éstas también llevaran ángulos de salida.

CAPITULO II

2. DESARROLLO DE LOS PRODUCTOS

2.1 CONSTRUCCION DE MOLDES Y MODELOS PARA FUNDICION.

En primer lugar partimos de un compresor modelo cuyas partes nos serviran para la obtención de los modelos metálicos, previamente se procede a la preparación de las piezas a las que se le hará aumentos con macilla con el objeto de conseguir ángulos de desmoldeo y el respectivo aumento con madera en aquellas secciones que luego van a ser maquinadas, además se hará un sobredimensionamiento a nivel de toda la pieza que considerará la contracción debida al material a colar y al aluminio que es el material que se va a utilizar en la construcción de los modelos como se muestra en la fotografía 2.1.

Además las piezas huecas como la carcaza, los cilindros de alta y baja presión en su preparación llevarán los aumentos respectivos para la colocar los machos. Ver fotografía 2.2.



Fotografía 2.1 Modelo de Doble Contracción Para Piezas Macizas Junto a Modelos metálicos.



Fotografía 2.2 Modelos de Doble Contracción Para Piezas Huecas. (Cilindros)

A continuación se detallará la elaboración de los moldes y modelos para todas las partes previamente detalladas en el capítulo 1.

Para la elaboración de los modelos de la tapa posterior y anterior de la carcaza, tapas de cilindros o culatas, balanceador, cigüeña, conectores de manguera, piezas que no requieren de la elaboración de macho se utilizan cajas metálicas de soporte, y arena de posorja teniendo cuidado de colocar granos finos sobre el modelo y no apisonarla muy fuerte, para extraer el modelo del molde de arena se rociará previamente al moldeado plumbagina sobre el modelo de Doble Contracción.

Finalmente se funde aluminio para hacer el modelo metálico, teniendo cuidado en controlar la temperatura para obtener un buen acabado y evitar la desgasificación.

Para la obtención del modelo de la polea, también se utilizó el moldeo en arena pero como ésta posee un diseño especial que a la vez actúa como ventilador, de tal forma que la polea tiene aletas con cierta inclinación, que dificultará en cierta forma el moldeo, se procede a formar la tapa inferior haciendo un moldeo especial en la parte de

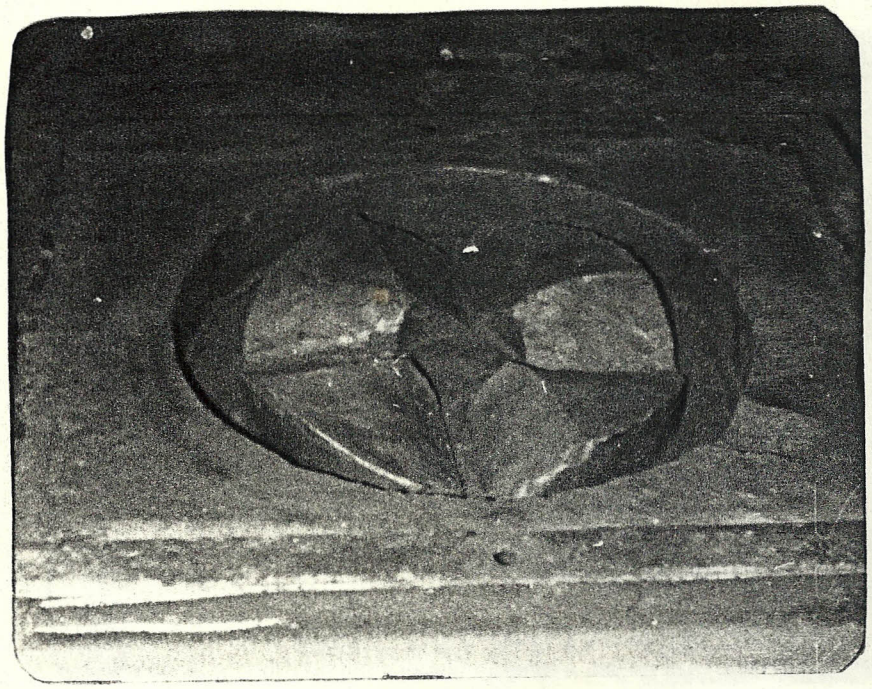
las aletas como se aprecia en la fotografía 2.3, y en la fotografía 2.4 el modelo en Aluminio.

Para la elaboración del modelo de los cilindros y carcazas, piezas que llevan machos se procederá a la elaboración de un modelo de aluminio de dos partes con el objeto de que sean fácilmente moldeables.

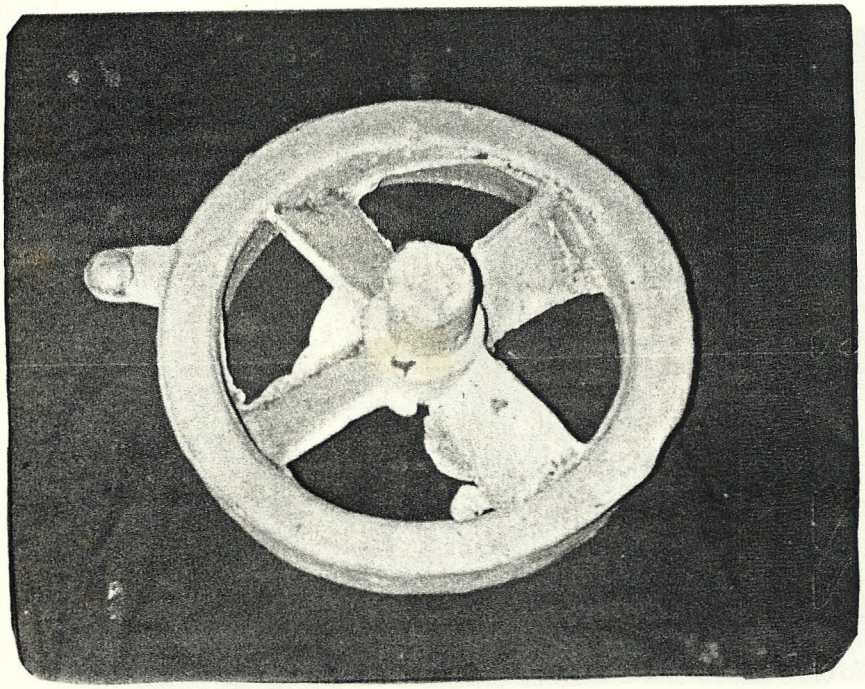
En primer lugar se hará el molde de los cilindros de alta y baja presión debido a que éstos poseen aletas, hubo necesidad de formar machos para las aletas, los cuales fueron hechos de silicato y arena de sílice, y moldeadas junto con el modelo preparado con el objeto de obtener el molde en aluminio, como apareceen en las fotografías 2.5, 2.6, 2.7, 2.8.

Para la carcaza también se obtuvo un modelo partido con la diferencia que éstas partes fueron obtenidas en forma hueca para lo cual hubo necesidad de utilizar un macho partido de la carcaza.El molde de arena aparece en la fotografía 2.9 y el molde de aluminio en la fotografía 2.10.

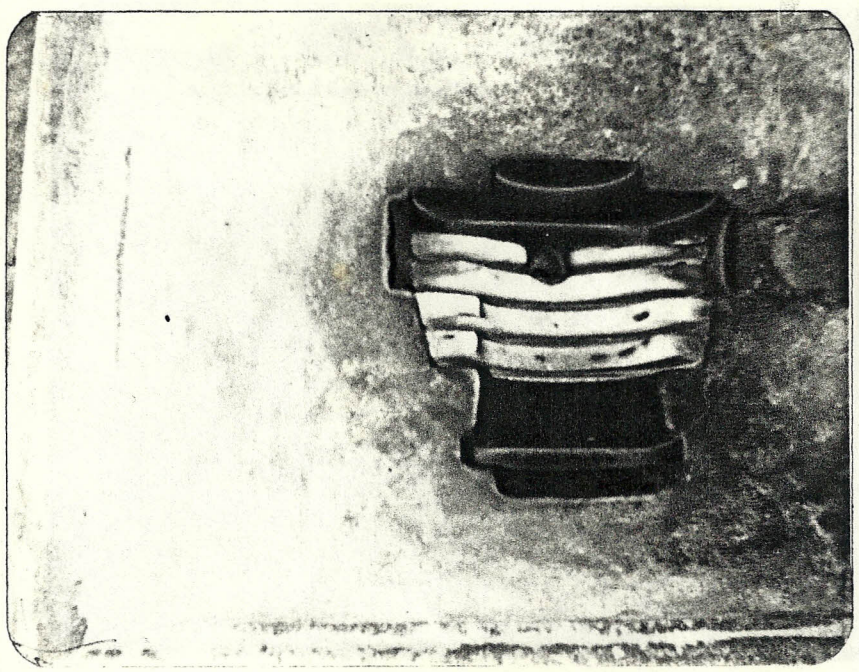
Estos modelos luego pasaron a un maquinado posterior y rectificado con macilla. En la



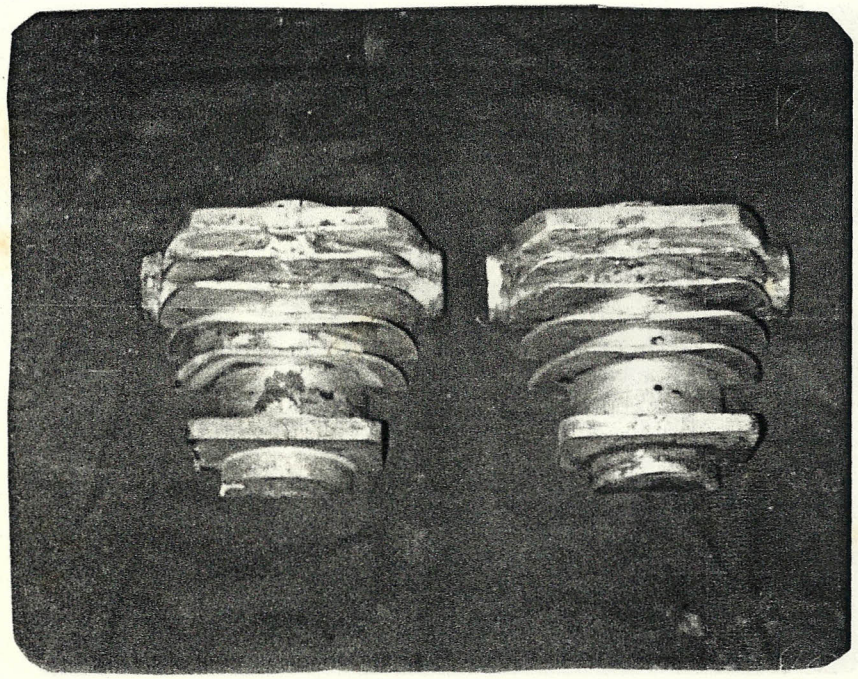
Fotografía 2.3 Molde en Arena de la Polea



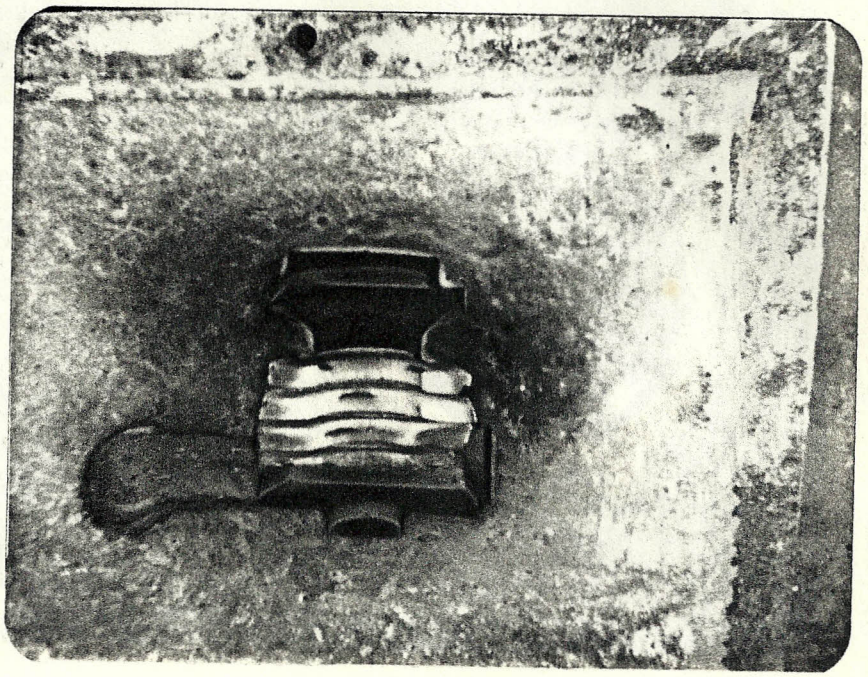
Fotografía 2.4 Modelo Metálico de la Polea.



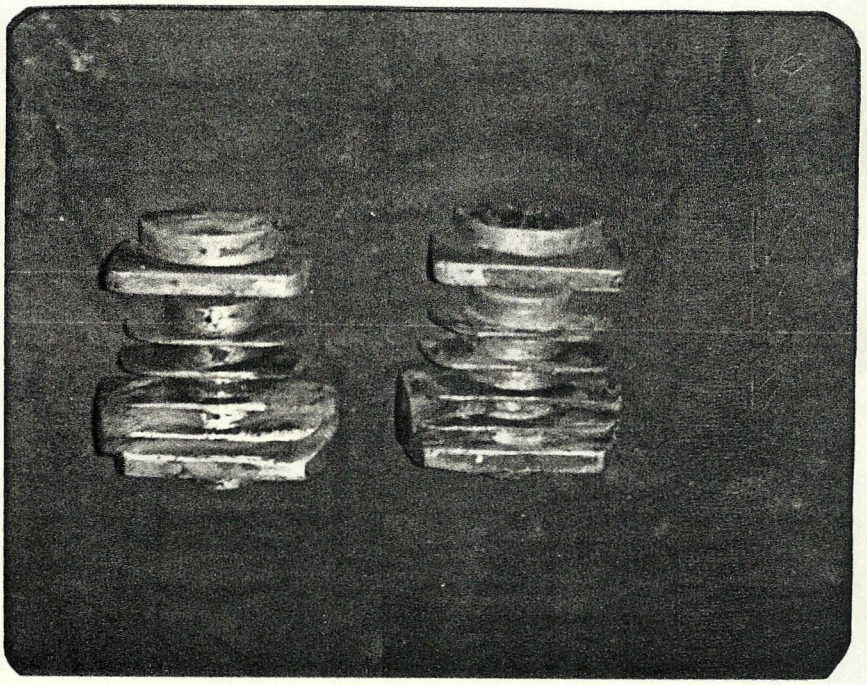
Fotografía 2.5 Molde de cilindro de Baja con machos para aletas.



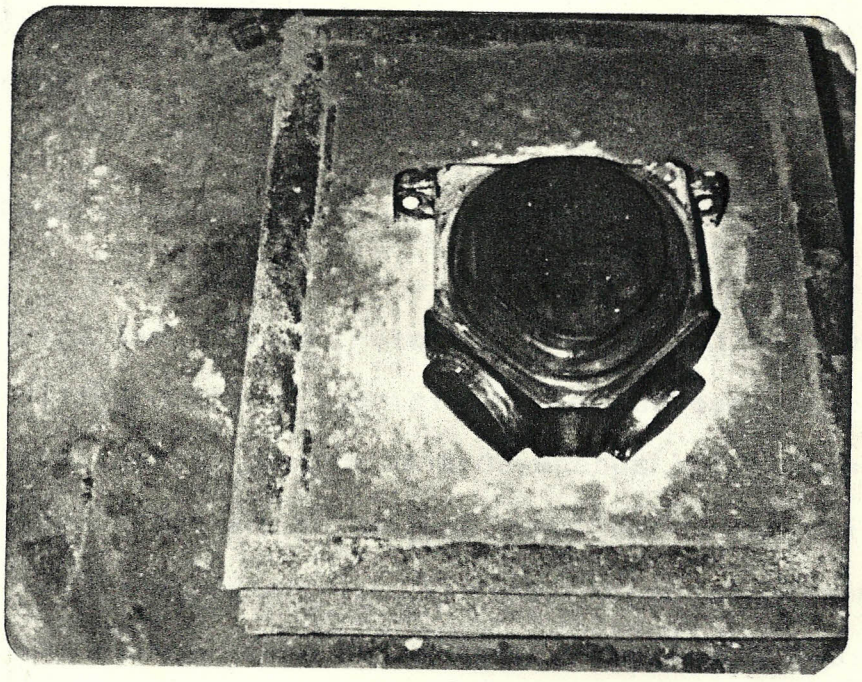
Fotografía 2.6 Modelo Metálico partido de Cilindro de Baja.



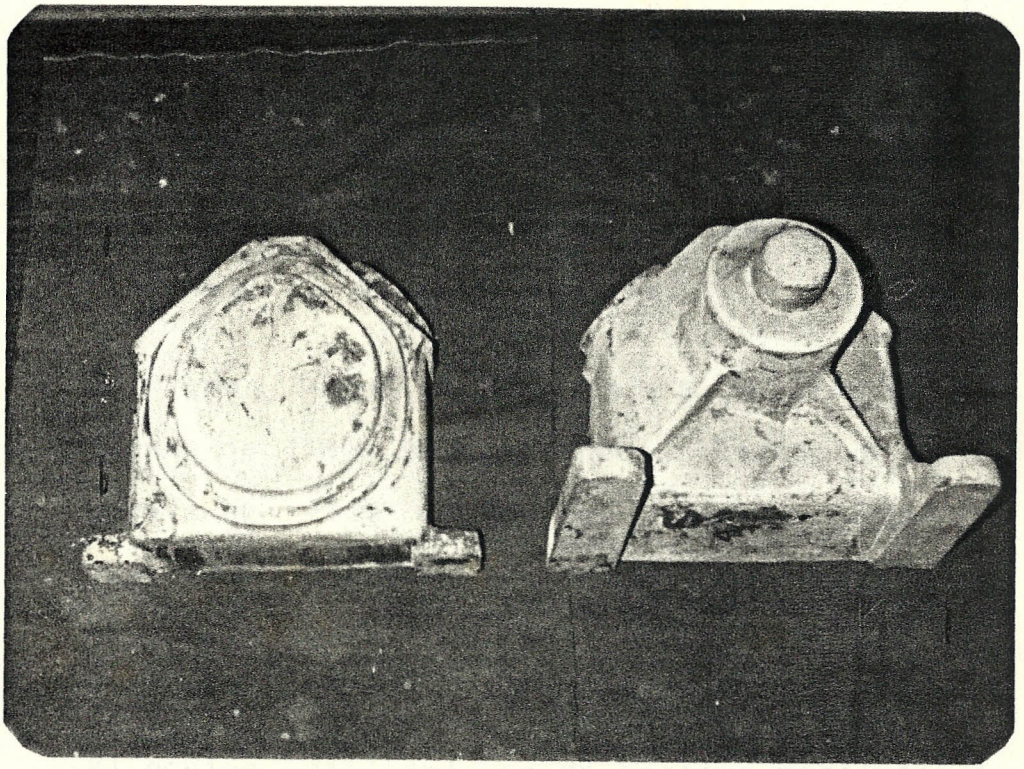
Fotografía 2.7 Molde de Cilindro de Alta con machos para aletas



Fotografía 2.8 Modelo Metálico Partido de Cilindro de Alta.



Fotografía 2.9 Moldeo en Arena de Carcaza con modelo de doble contracción.



Fotografía 2.10 Modelo metálico Partido hueco de carcaza.

fotografía 2.11 aparecen los modelos de otras piezas del compresor.

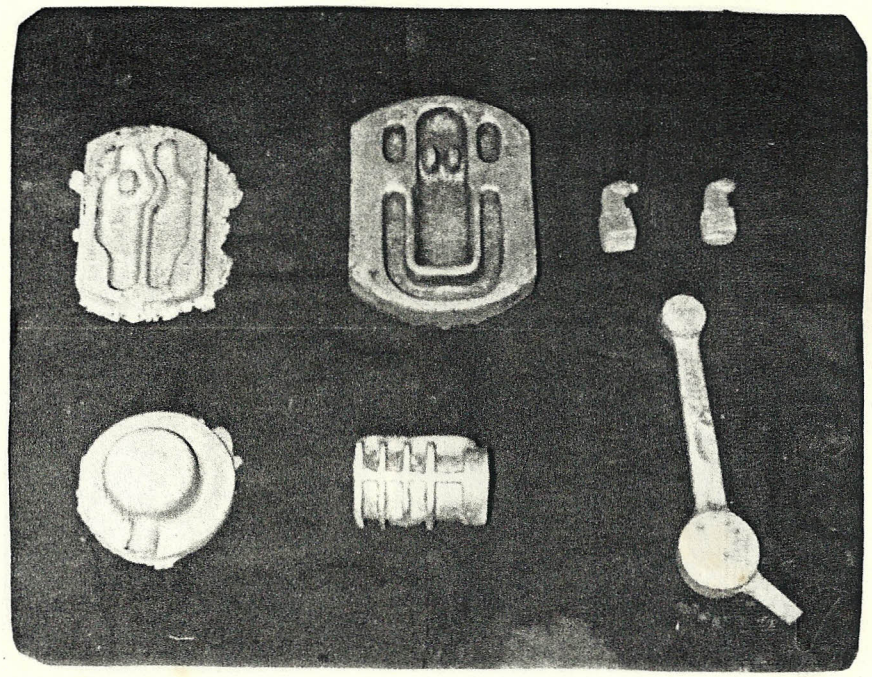
a) Construcción de cajas de machos.

Para las piezas huecas como la carcaza y los cilindros hubo necesidad de subcontratar la realización de una caja de machos las mismas que fueron hechas en madera como se lo aprecia en las fotografías 2.12 y 2.13, la construcción de los mismos debe considerar los espesores por contracción del metal que se va a vaciar, éste valor debe ser restado de las dimensiones originales, también deben considerarse los ángulos de desmoldeo.

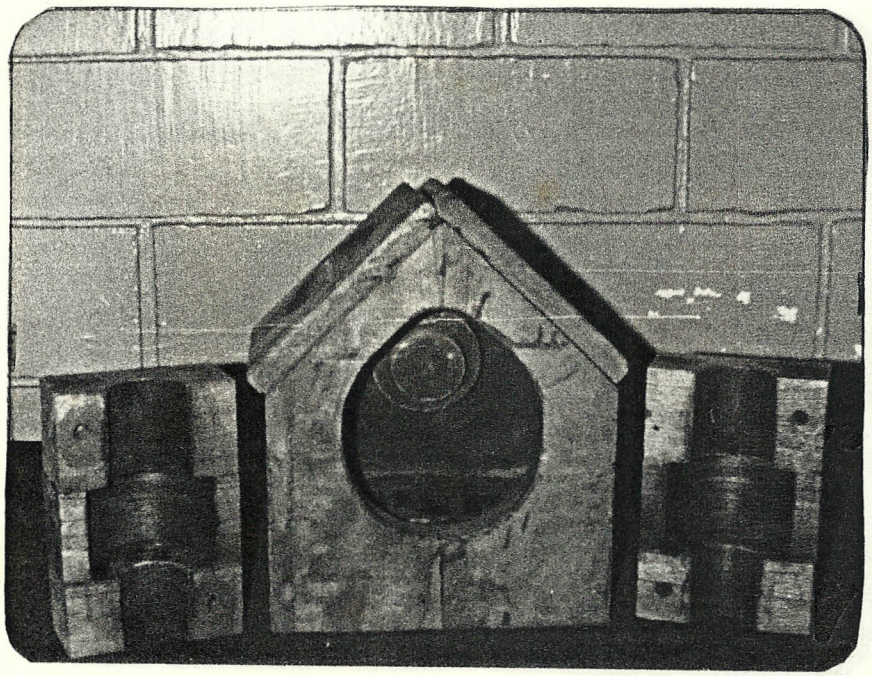
Para la formación del macho propiamente dicho se procede de la siguiente manera:

En primer lugar el material a utilizarse son arenas de limón mezcladas con silicato de sodio para luego ésta mezcla ser colocada dentro de una caja de machos en dónde será gaseada con flujo de CO_2.

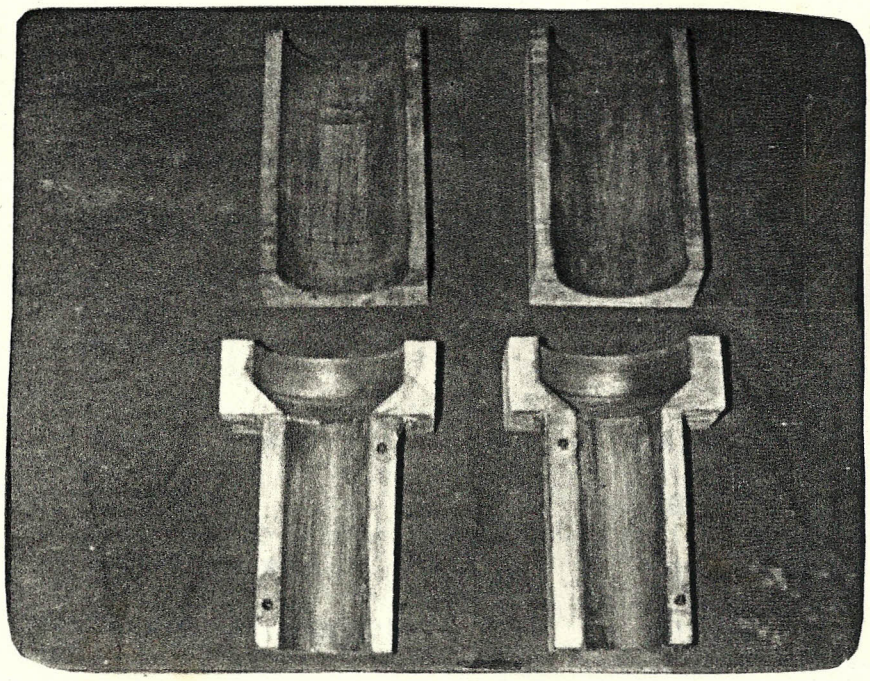
El equipo utilizado es un mortero mezclador de arena, equipo de gaseado y cronómetro.



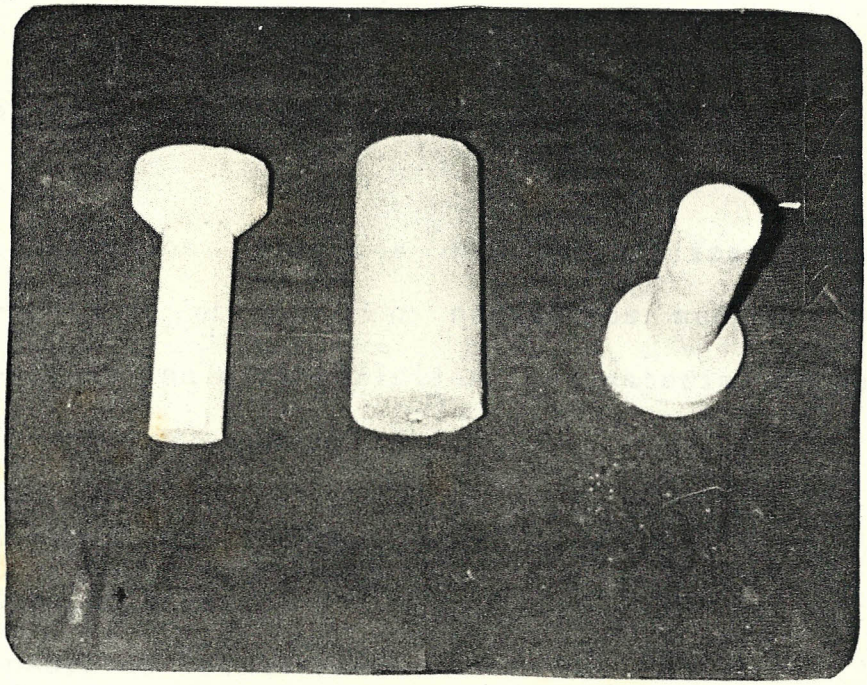
Fotografía 2.11 Modelos Metálicos de otras piezas.



Fotografía 2.12 Caja de Machos de Carcaza.



Fotografía 2.13 Caja de Machos de Cilindros de Alta y de Baja.



Fotografía 2.14 Machos de Arena de Sílice y Silicato de Cilindros de Alta y Baja.

Los porcentajes de los materiales utilizados fueron tomados de los resultados de laboratorio obtenidos de la Tésis Utilización del Proceso de Silicato CO_2 en la Producción Nacional de Bombas Centrífugas, siendo la mezcla seleccionada la siguiente:

- Arena Limón 1	100 %
# AFS	39
- Flujo de gas	4 l/ min.
- Tiempo de gaseado	60 seg.

Teniendo una resistencia aproximada de 200 lb/pulg ^{2}. En la fotografía 2.14 se muestra la los machos preparados.

2.2 PRUEBAS DE CONTROL DE LOS MATERIALES.

Los ensayos mecánicos que se utilizaron con el objeto de obtener los parámetros necesarios para evaluar las caracteristicas del material obtenido fueron las siguientes:

Ensayos de Tracción

Ensayo de Dureza

Ensayo de Metalografía

1.- Ensayo de Tracción

Para realizar éste ensayo deberan fabricarse probetas siguiendo normas según el tipo de material que se va ha hacer las piezas y su uso atendiendo a ésto, las especificaciones para el hierro gris, material con que estan hecha la mayoría de las piezas del compresor, y según los datos proporcionados por el estudio de Diseño y Carta Tecnológica el hierro gris a s utilizarse es de dos clases de Clase 30 y Clase 35.

Con ésta información acudimos al Handbook de los hierros fundidos en donde aparecen las siguientes especificaciones.

Norma ASTM Grado o clase 30 y 35

Resistencia : 30.000 35.000.

Aplicación : maquinaria en general y compresores

Con ésta norma se obtuvo la información sobre la especificación de la clase según los espesores de pared, así como también la forma de elaborar las probetas.

Cada clase es designada por un número seguida por una letra, el número indica el mínimo esfuerzo tensil del hierro en una barra de hierro fundida y las letras indican el tamaño de la barra de prueba, la selección de la barra de prueba depende de el espesor de pared a utilizarse en éste caso, de la tabla 2.1 y 2.2 conociendo que los espesores a utilizarse varían entre 0.25 - 0.5 y 0.5 - 1 pulgadas, se seleccionan las barras de prueba A y B de ésta forma la especificación completa será:

Gray Iron Casting ASTM designación A 48 Class 35 A y Clase 35 B. Para la elaboración de las barras de probetas fundidas se dan las siguientes recomendaciones.

a) Las barras de prueba deben ser fundidas separadamente con el mismo hierro que ellos representan y deben tener las dimensiones según la tabla 2.3.

b) Las barras deben ser hechas en seco o en moldes horneados hechos principalmente de un agregado de arena de sílice. El grano promedio de la arena debe ser aproximadamente aquel que se utiliza cuando se funde o vacía.

TABLA 2.1

REQUERIMIENTOS DE RESISTENCIA DE HIERRO GRIS FUNDIDO EN BARRAS DE PRUEBAS FUNDIDAS SEPARADAMENTE		
CLASE	RESISTENCIA A LA TENSION MINIMA (PSI)	DIAMETRO DE BARRA DE PRUEBA EN PULGADAS
N° 20 A.....		0.88
N° 20 B.....	20.000	1.2
N° 20 C.....		2.0
N° 20 S.....		BARRA Sa
N° 25 A.....		0.88
N° 25 B.....	25.000	1.2
N° 25 C.....		2.0
N° 25 S.....		BARRA Sa
N° 30 A.....		0.88
N° 30 B.....	30.000	1.2
N° 30 C.....		2.0
N° 30 S.....		BARRA Sa
N° 35 A.....		0.88
N° 35 B.....	35.000	1.2
N° 35 C.....		2.0
N° 35 S.....		BARRA Sa
N° 40 A.....		0.88
N° 40 B.....	40.000	1.2
N° 40 C.....		2.0
N° 40 S.....		BARRA Sa
N° 45 A.....		0.88
N° 45 B.....	35.000	1.2
N° 45 C.....		2.0
N° 45 S.....		BARRA Sa

TABLA 2.2

SELECCION DE BARRA DE PRUEBA EN BASE DE ESPESOR DE PARED

ESPESOR DE PARED	BARRA DE PRUEBA
BAJO 0.25	..... S
0.25 - 0.50	..... A
0.51 - 1.00	..... B
1.01 - 2.00	 C
SOBRE 2.00	..... S

TABLA 2.3

DIAMETROS Y LONGITUDES DE BARRAS DE PRUEBA FUNDIDA

BARRA DE PRUEBA	DIAMETRO (PULG)			LONGITUD (PULG)	
	NOMINAL	MINIMA	MAXIMA	MIN	MAX
A.....	0.88	0.85	0.91	5.0	6.0
B.....	1.20	1.14	1.26	6.0	9.0
C.....	2.00	1.90	2.10	7.0	10.0
Sa.....	....	.....	....	...	....

c) Más de una barra de prueba podría ser fundida en un sólo molde y a la temperatura del cuarto deben ser vaciadas, pero cada barra debe estar rodeada por un espesor de arena en el cuál no debe ser menor que el diámetro de la barra.

Un diagrama de las dimensiones del diseño para la elaboración de los moldes para las barras de prueba se muestra en la figura 2.1.

Una vez elaboradas las probetas se procede a su respectivo maquinado, figura 2.2. y aplicaciones de los ensayos respectivos. Los ensayos mecánicos fueron realizados en una máquina de pruebas de resistencia marca Instrón modelo 1128.

Los resultados fueron los siguientes:

Para el Hierro Gris

Resistencia a la Tracción	26.84 Kgf/mm2
Alargamiento	0.9

Para el Ilzro

Esfuerzo último de Tensión	400 lbf/pulg^2

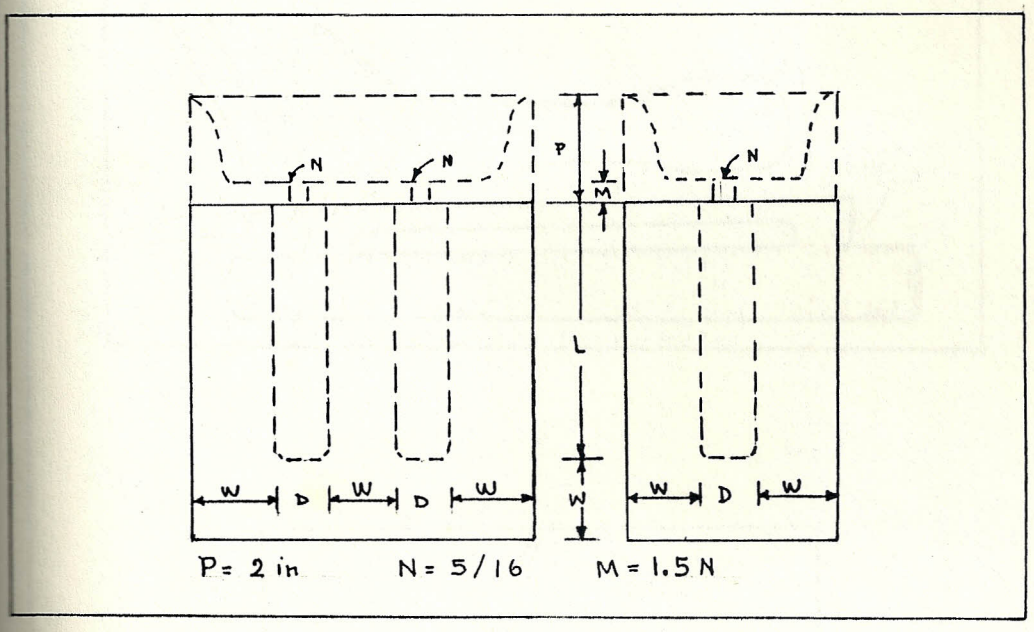


FIG 2.1 DISEÑO Y DIMENSIONES PARA MOLDES DE BARRAS DE PROBETAS CILINDRICAS.

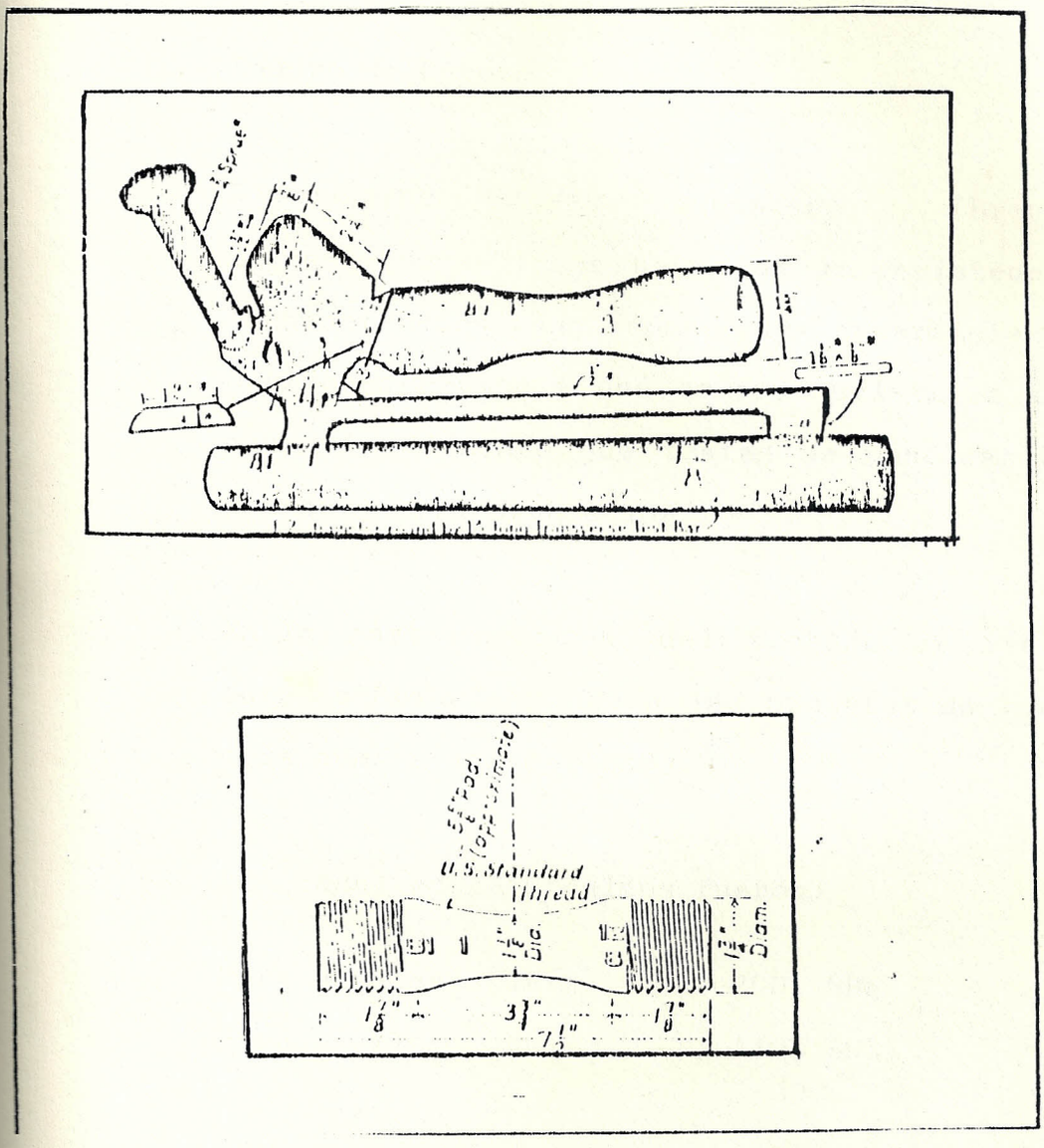


FIGURA 2.2 PROBETA FUNDIDA Y MAQUINADA

Porcentaje de Elongación 3%

2.- Ensayo de Dureza.

Los ensayos más comunes (Brinell, Vickers, Rockwell) se basan en la resistencia a la penetración que opone la superficie del cuerpo en exámen a una esfera durísima o a una punta de diamante que tratan de penetrar bajo una carga preestablecida.

En la parte práctica del trabajo se realizó durezas Brinell tanto a las probetas de hierro gris como a las de ILZRO.

Los resultados obtenidos fueron:

Para el Hierro Gris	200 BHN
Para el Ilzro	110 BHN.

3.- Ensayo de metalografía.

El exámen microscópico nos proporciona la naturaleza, morfología, dimensiones, cantidad y distribución de los componentes estructurales y proveer al ingeniero los datos indispensables para el diagnóstico y selección de un material que será utilizado posteriormente como un

elemento mecánico.

Los resultados de la microestructura se aprecian en la figura 2.3.

2.3 DESARROLLO DE PROTOTIPOS

Para el desarrollo de todas las piezas del compresor obtenidas por fundición se planteó en primer lugar un programa de trabajo el cual se muestra a continuación.

- Ejecución del modelo
- Preparación de la arena
- Preparación de la forma y de los Núcleos
- Recomposición de la forma
- Preparación del metal fundido
- Enfriamiento y solidificación
- Desmoldeo
- Acabado
- Mecanización

1.- Ejecución del modelo.

Para hacer una pieza hay que preparar con materiales adecuados un molde o reproducción en negativo de la misma y llenar el molde con el

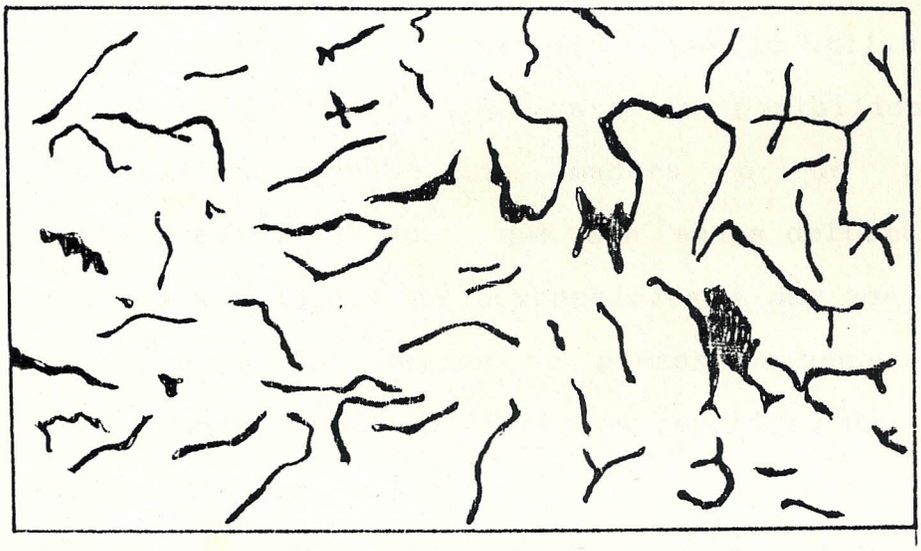


FIGURA 2.3 MICROESTRUCTURA DEL HIERRO GRIS.

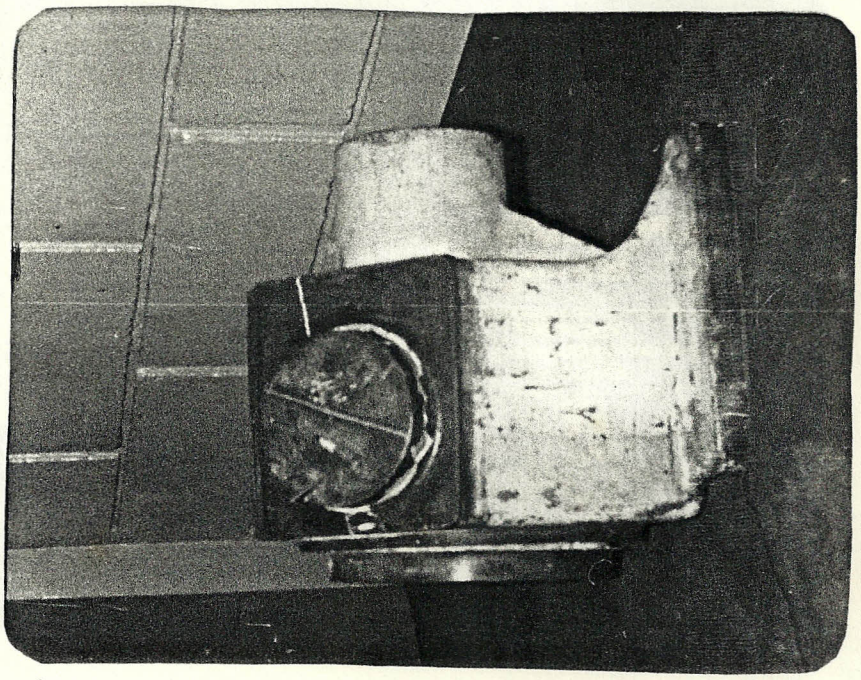
metal fundido.

El metal al enfriarse o solidificarse tiene la configuración exacta de la pieza aunque sus dimensiones son algo menores. En nuestro caso considerando todas las propiedades que deben tener los modelos se selecionó la utilización de modelos metálicos ante la posibilidad de utilizar modelos de madera o de resina sintética debido a que son menos deformables, más duraderos, no combustibles y muy adecuados para grandes series de piezas pequeñas o de tamaño medio, o para series repetidas en largos intérvalos de tiempo.

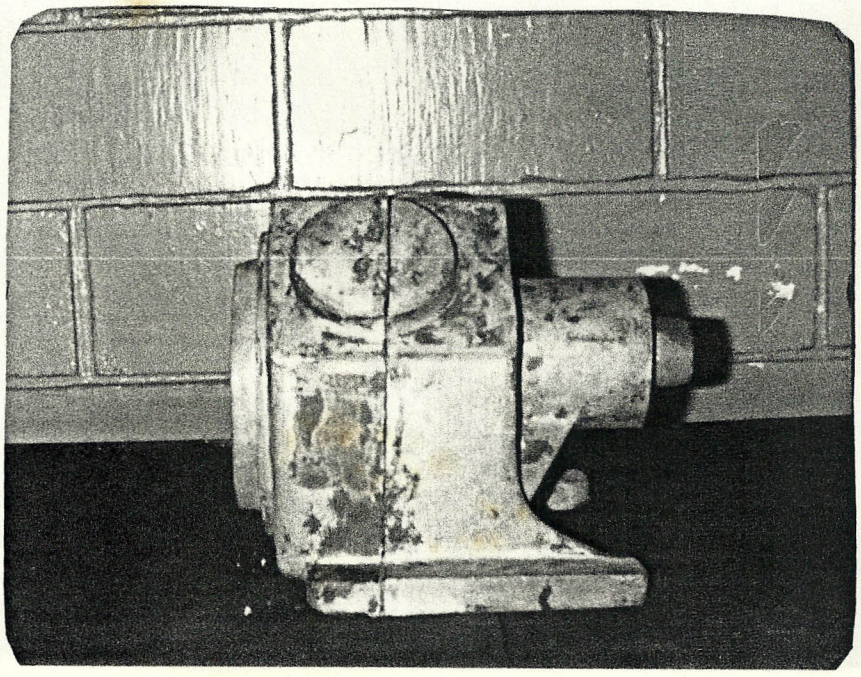
Para la construcción de éstos modelos hay que preparar previamente un primer modelo llamado de doble contracción cuya construcción ya fué detallada en la parte 2.1. como se muestra en la fotografía 2.15.

En las fotografías 2.16, 2.17,se aprecian los modelos a usar de tres piezas diferentes.Y la caja de machos compuesta para la carcaza en la fotografía 2.18.

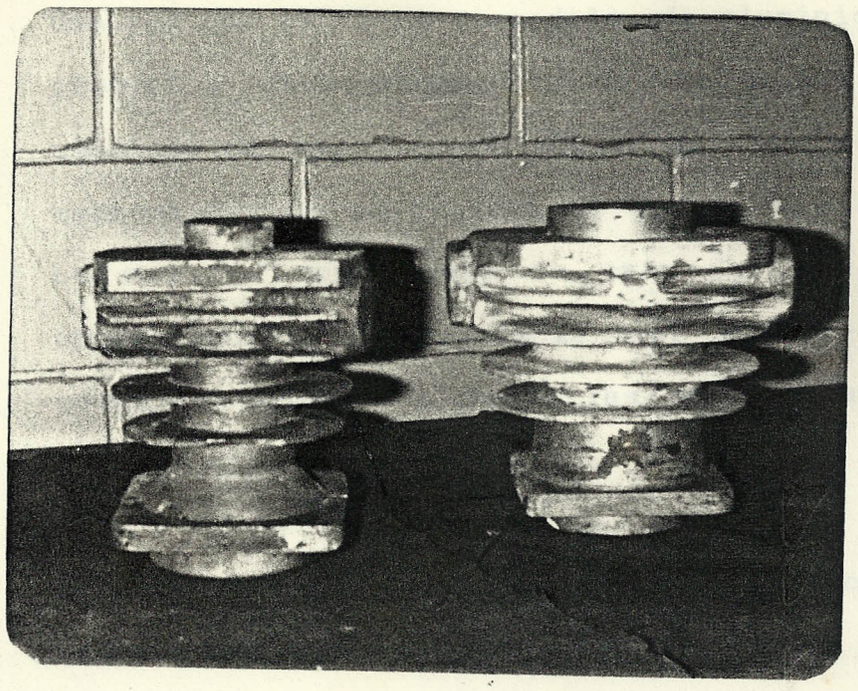
2.- Preparación de la arena.



Fotografía 2.15 Modelo de Doble contracción de Carcaza.

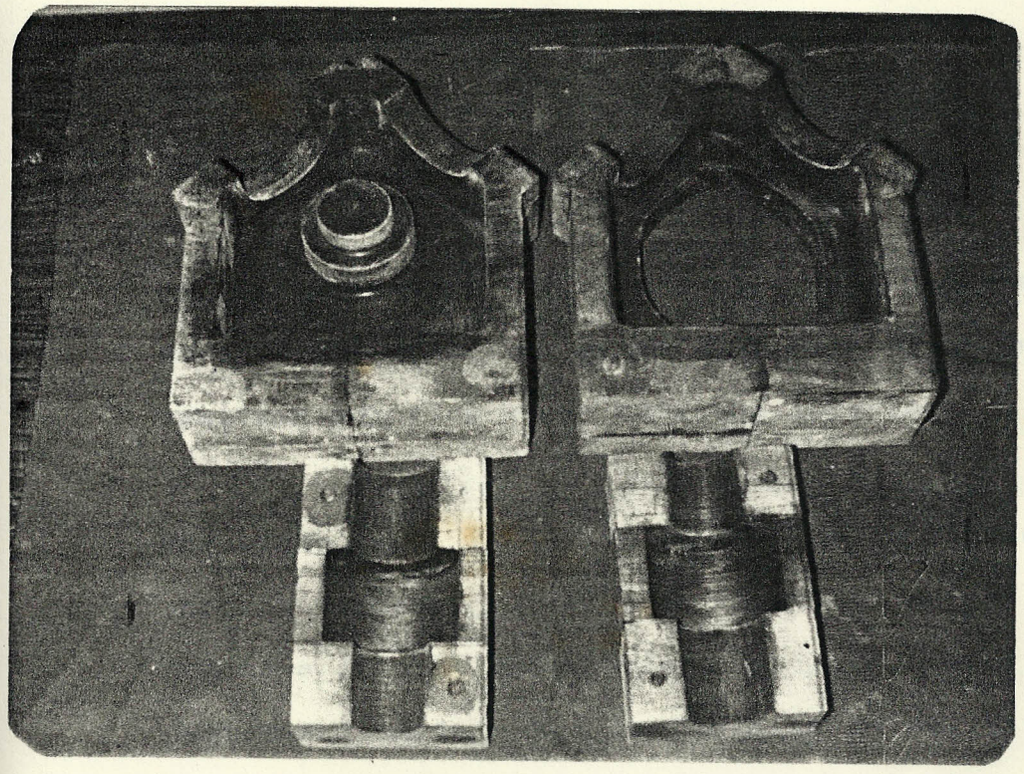


Fotografía 2.16 Modelo Metálico de Carcaza (Cerrado).



Fotografía 2.17 Modelo Metálico de Cilindros.

(Cerrados).



Fotografía 2.18 Caja de Machos de Carcaza.

Una vez que se tiene el modelo de aluminio, se procede a la preparación de la arena que consiste en mezclar la arena de sílice con bentonita y un porcentaje de agua, ésta arena nos servirá como arena de cara (es decir se pondrá sobre la superficie del modelo), el resto de arena para llenar las cajas de moldeo será la arena de posorja.

Es de anotar que éste tipo de arena (sílice) eś recomendada para la fundición de hierro gris, en el caso de las bielas que se haran de ILZRO puede utilizarse la arena de posorja sobre el modelo previamente cernida.

3.- Preparación de la forma y de los Núcleos.

Para la preparacion de los moldes de las piezas se utilizan cajas de moldeo. La caja tiene una semicaja superior y una semicaja inferior.

Se coloca una tabla de molde la misma que soporta el modelo durante la construccion de la semicaja inferior. Se coloca el modelo en la posición deseada sobre la tabla de molde, y se deja el espacio para canales, rebosaderos y piqueras y, a el modelo dependiendo de la

complejidad se le espolvorea plumbagina (compuesto desmoldeador para evitar que la arena se pegue al modelo) o se le pone Kerex con plumbagina para mejorar la capacidad de desmoldeo. Después se vierte la arena hacia el modelo con un tamíz cernidor, a fin de que la arena más fina, sin terrones ni bolas de aire quede junto al modelo. Esto le da a el molde la forma más lisa posible en el caso de la utilización de la arena de posorja para hacer las bielas, en cuanto a las piezas a realizarse en hierro gris se vierte sobre el molde la mezcla de arena de sílice, bentonita y agua que es lo que constituye la arena de cara, el resto de la semicaja inferior se llena con arena y se apisona para dejarla sólida en ambos casos .

La arena no debe quedar demasiado apretada, pués los gases no podrán escapar, hay que apisonarla o empacarla sólo con la firmeza necesaria para dar la resistencia y rigidéz requeridas en el molde.

Debido a que la arena atacada tiene una altura dispareja, hay que nivelarla para tener una superficie uniforme de apoyo. La arena atacada se nivela con un rasador que se mueve a través

de la semicaja inferior.

Después se coloca una tabla de molde encima de la arena nivelada y se invierte el molde para construir la semicaja superior. La tabla de desmoldeo que ahora está encima de la semicaja inferior se quita y se aparta. Luego se coloca directamente la semicaja superior sobre la inferior, la cual todavía mantiene la parte inferior del modelo dividido y se espolvorea la cara del molde con un compuesto desmoldeador.

Después el operario une la parte superior del modelo con la parte inferior y se le pone polvo desmoldeador se colocan los tubos que serviran de rebosaderos y mazarotas y se vierte sobre el modelo la arena cernida luego se vierte más arena sin cernir y se va apisonando. Después de atacar y alisar la semicaja del molde, el operario perfora los ventiladores o vientos con una varilla que en esencia, es un alambre rígido de diámetro y longitud necesarios, se retirar los tubos formadores y en su lugar se colocan pasadores. En éste momento el molde está casi completo pero todavía contiene el modelo y hay que sacarlo. Se separa con cuidado la semicaja superior y se pone junto a la

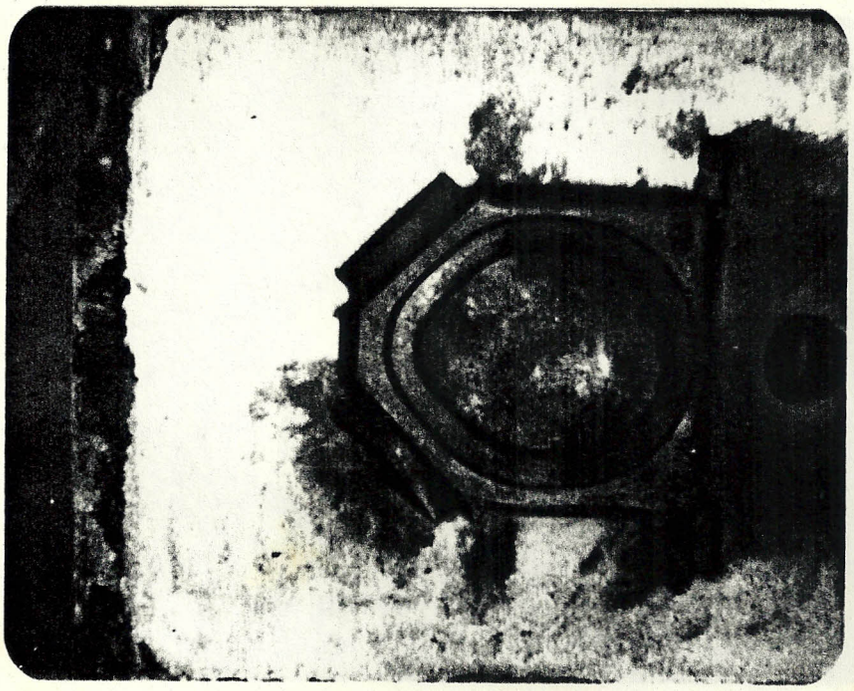
inferior. Después el moldeador da unos golpecitos en el modelo en la semicaja inferior para sacudirlo y aflojarlo; posteriormente, extrae el modelo de la semicaja inferior con unos pasadores extractores especiales introducidos en el modelo. El de la caja superior también se saca por el mismo método inclinando la caja sobre un apoyo y luego se extraen los pasadores formadores de bebederos.

Antes de sacar el modelo se humedece ligeramente la arena alrededor de los bordes del modelo. Ver Fotografías 2.19 y 2.20.

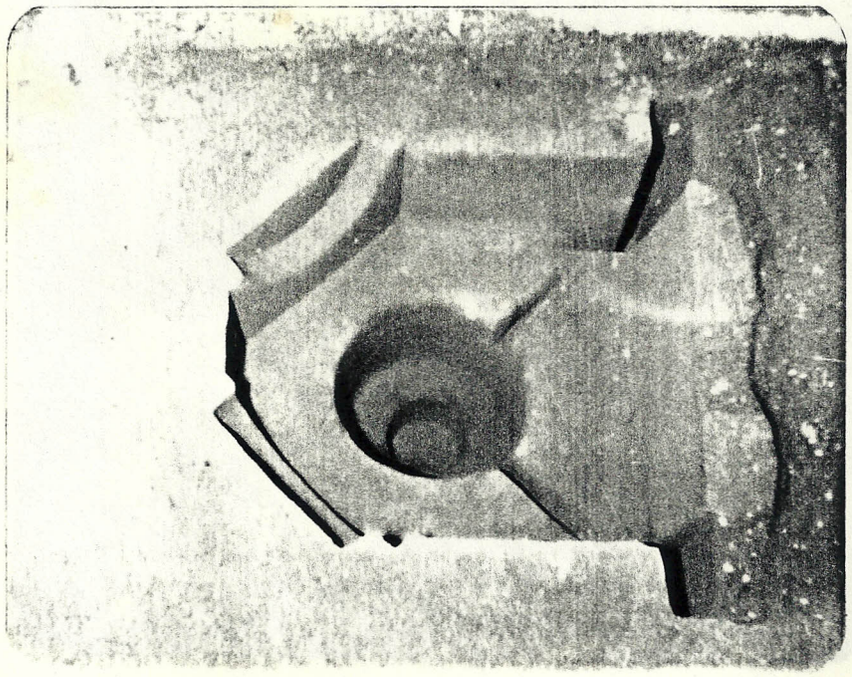
Esta humedad imparte resistencia adicional a los bordes de la cavidad del molde para poder sacar el modelo con mínimos daños a el molde.

Se debe tener cuidado de no mojar demasiado los bordes porque ésto ocasionará problemas de gasificación cuando se cuele el metal.

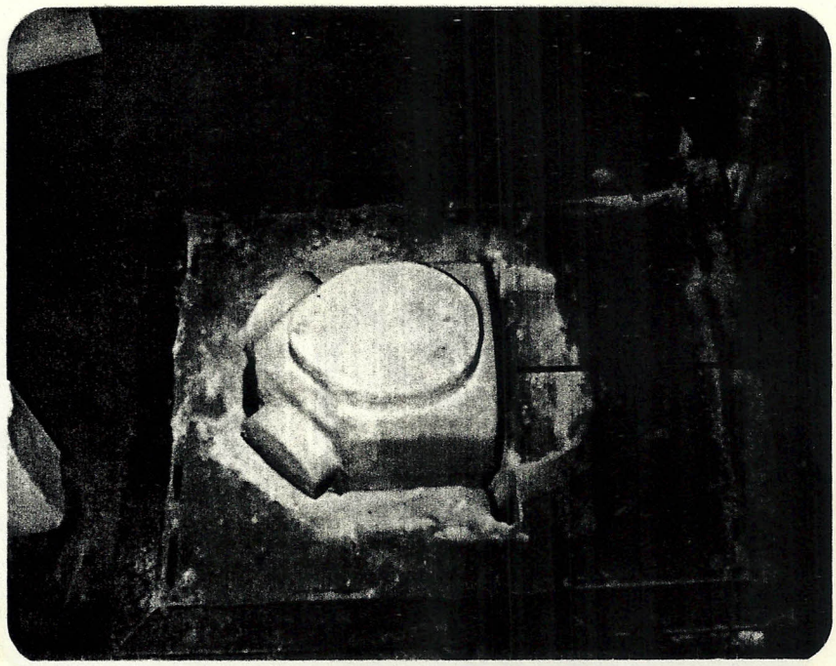
Es de anotar que en aquellos modelos de una sola pieza y que la tapa superior se obtiene el molde con alto relieve se debe adicionar a la arena de moldeo un porcentaje mayor de



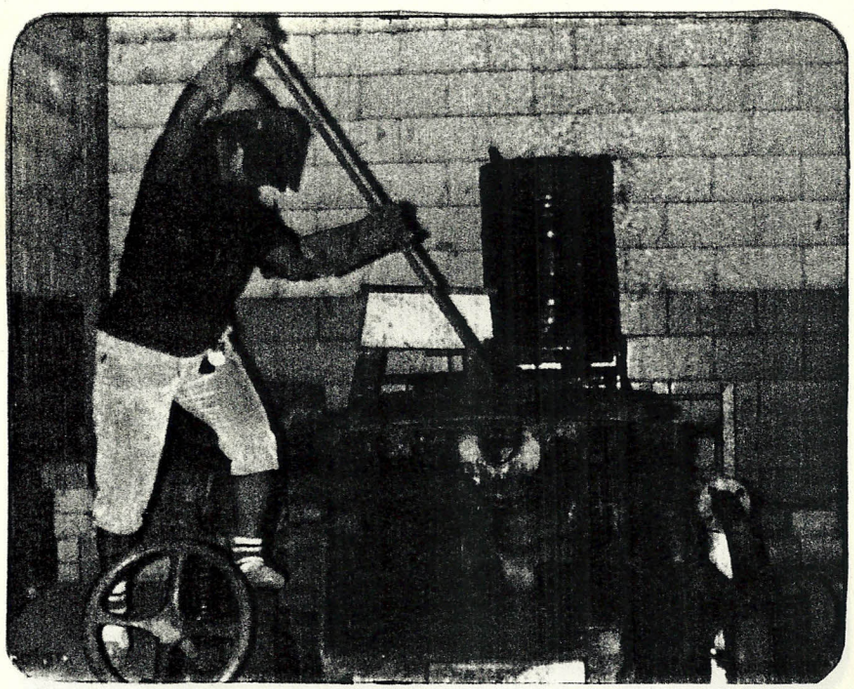
Fotografía 2.19 Caja Superior de Molde de Carcaza.



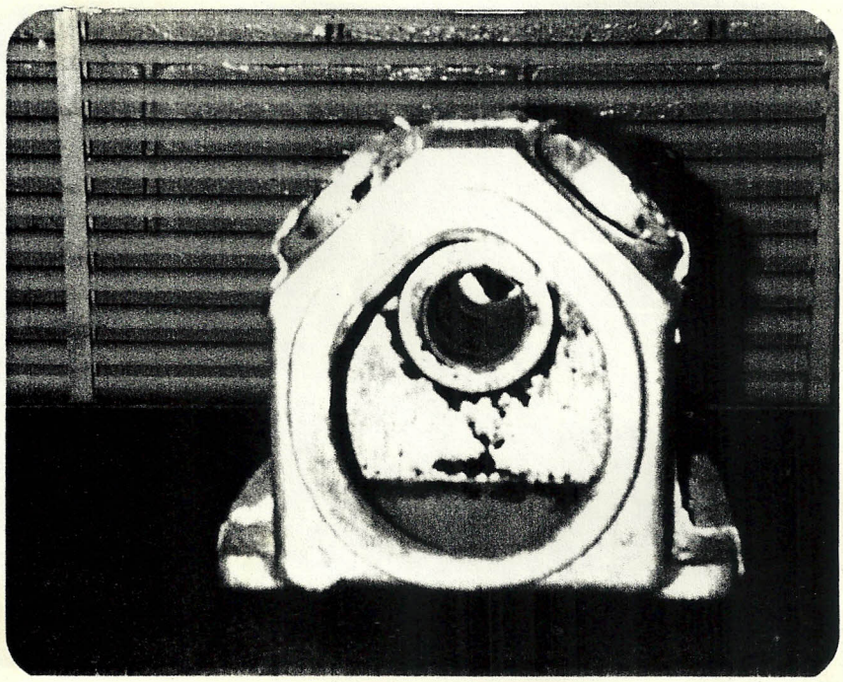
Fotografía 2.20 Caja Inferior de Molde de Carcaza.



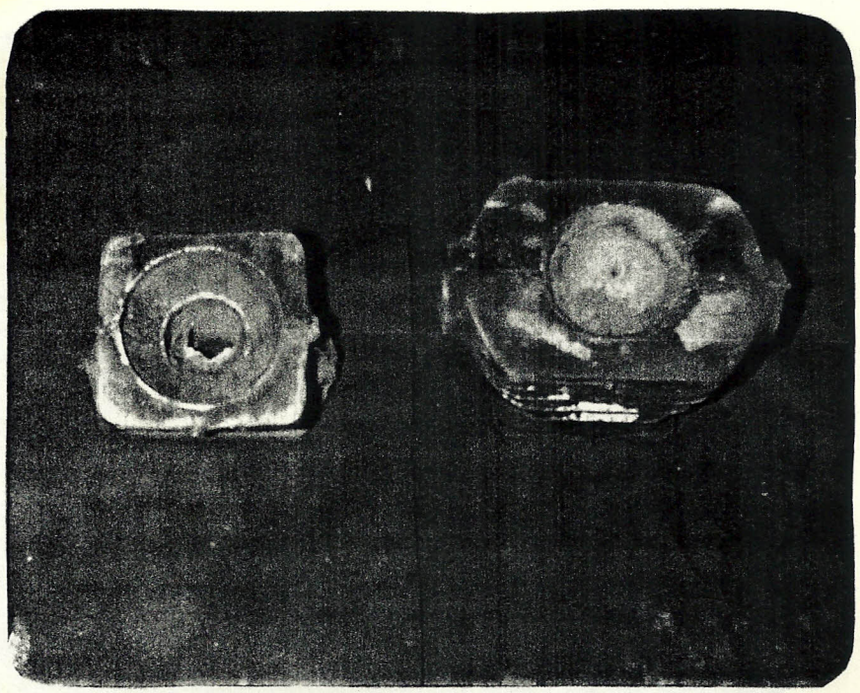
Fotografía 2.21 Colocación de Macho.



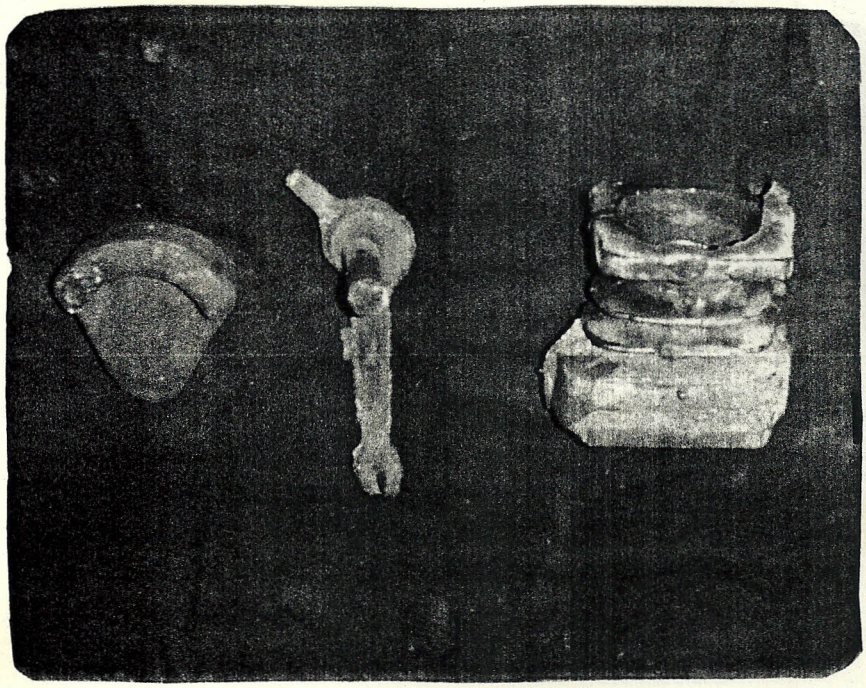
Fotografía 2.22 Preparación del Metal.



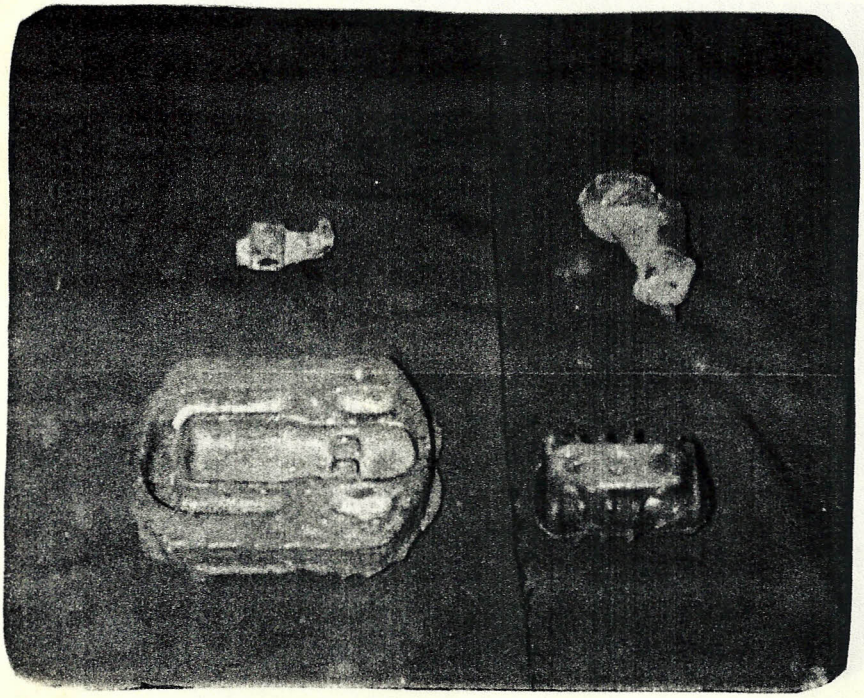
Fotografía 2.23 Acabado de Carcaza.



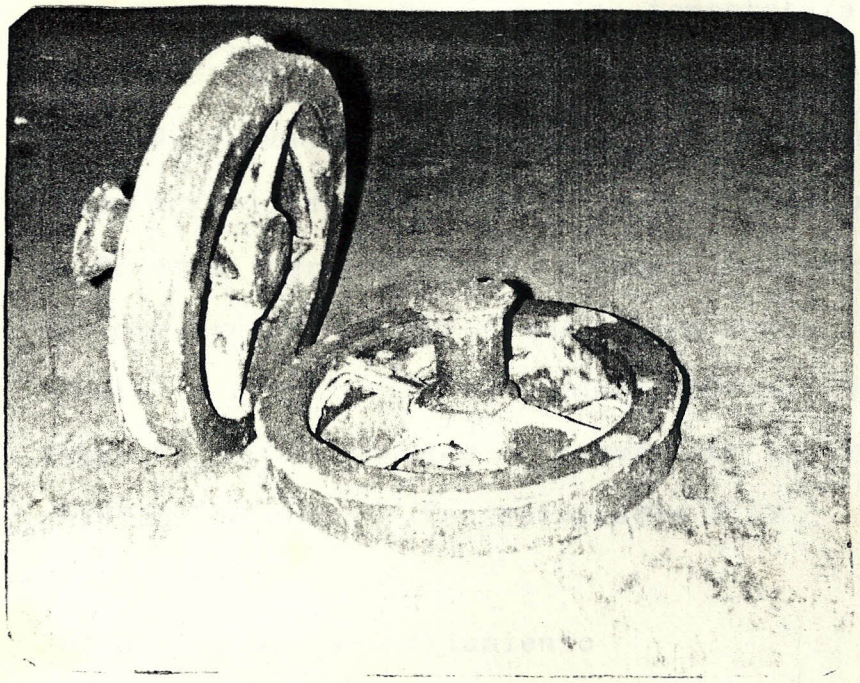
Fotografía 2.24 Piezas Fundidas (cilindros de Alta y Baja).



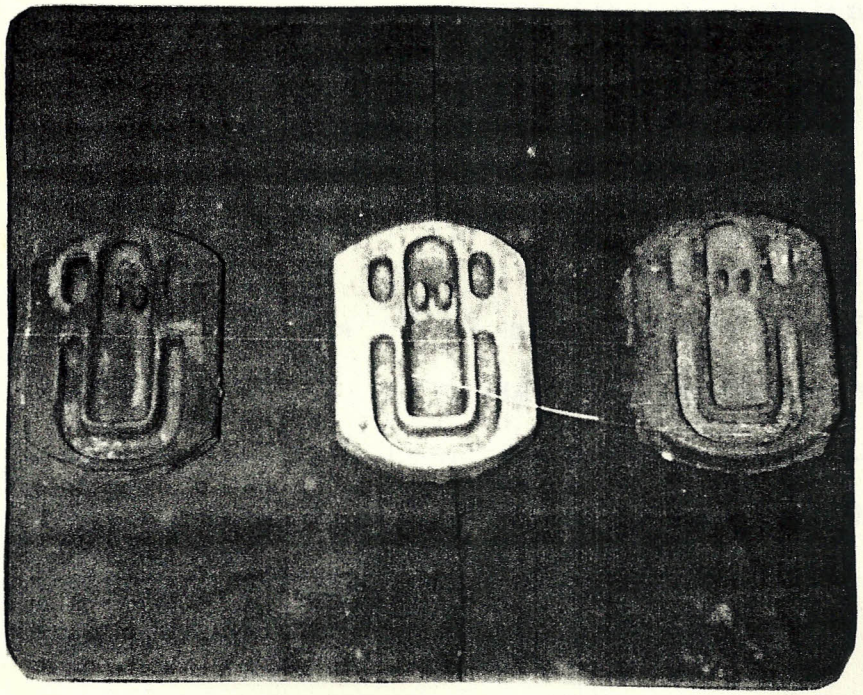
Fotografía 2.25 Piezas Fundidas (Biela, Cigueña, Cilindro).



Fotografía 2.26 Piezas Fundidas (Conector de Manguera, Culata, Balanceador y Contrapeso).



Fotografía 2.27 Piezas Fundidas (poleas)



Fotografía 2.28 Pieza en tres etapas: molde de doble contracción en Aluminio y Hierro Gris.

bentonita con el fín de obtener las nejores condiciones de desmoldeo de éstos relieves, éste es el caso de la tapa de los cilindros y de la polea.

4.- Recomposición de la forma

Se hace una inspección final y si es necesrio una recomposición de la forma en el caso de que al sacar el modelo la forma del molde se haya dañado, y se quitan del molde cualquier partícula suelta de arena. Se coloca la semicaja superior sobre la inferior y el molde está listo para la colada.

Si la pieza a fundirse es hueca como la carcaza y los cilindros se emplean los machos cuya construcción se explicó con anterioridad que se colocan en marcas o portadas adecuadas en el molde antes de cerrar las cajas, a éstos también se le hace salida de gases. Ver fotografía 2.21.

Es aconsejables que el molde sea previamente secado con un quemador.

5.- Preparación del metal fundido.

El metal se calentará a la temperatura de fusión, ésta operación se la efectuó en un horno de combustible (horno de crisol) por un lapso aproximado de tres horas. Cuando el molde está cerrado y repasado y cerrado sólidamente de modo que resista la presión metalostática se puede introducir en el mismo el metal fundido a través de una o más abertura de colada. Ver Fotografía 2.22.

6.- Solidificación y Enfriamiento

Después de la colada se debe esperar que la pieza se solidifique y se enfrie en el molde, el tiempo de solidificación y enfriamiento depende de sus dimensiones.

7.- Desmoldeo

Cuando la pieza se ha solidificado y enfriado hasta el punto de poder ser manipulada sin peligro de desmoldeo. Después de levantar la caja se rompe el molde de arena con martillos o barras adecuadas.

8.- Acabado

La pieza extraída del molde está áspera, tiene incrustaciones de arena y las rebabas que corresponden a las juntas de las cajas, y lleva unidos todavía bebederos, cargadores y mazarotas. Es necesario pulir la pieza desprender los bebederos y los cargadores, desbarbarla, limpiarla con el chorro de arena etc., al objeto de mejorar su aspecto y hacerla apta para los procesos sucesivos. Ver fotografía 2.23.

En las fotografías 2.24, 2.25, 2.26 y 2.27, se muestran piezas fundidas y en la 2.28 aparece la culata del cilindro de baja en tres fases diferentes, como modelo de doble contracción, como modelo metálico y finalmente como pieza fundida en hierro gris.

9.- Mecanización

Las piezas finalmente van al taller para su mecanización por medio de máquinas herramientas. Esta mecanización tiene por objeto dimensionar exactamente la pieza para que las varias partes ajusten cinemáticamente y asegurar con ello el perfecto funcionamiento de la máquina.

2.4 DESARROLLO DE ESQUEMA PARA PRODUCCION EN SERIE.

Para desarrollar la producción en serie de éste proceso necesitamos de varias áreas de trabajo considerando de que al inicio la producción es de aproximadamente 10 compresores al mes, el proceso se aconseja se lo haga normalmente, para lo cual requiere una zona de moldeo, zona de preparación de machos, colada de la aleación y limpieza de las piezas.

Para las piezas coladas en hierro gris podemos dividirlas en dos grupos por su tamaño, aquellas piezas pequeñas como cigüeña, conectores, balanceador, contrapesos del balanceador, tapas posterior y delantera, culatas de los cilindros de alta y de baja pueden ser moldeados en cajas de dos tapas y espesor moderado, e incluso en la misma caja pueden moldearse varias piezas.

Para los cilindros se ve la necesidad de utilizar unas cajas cuyas tapas son de un espesor aproximado de 15 cm. con el objeto de que ambos cilindros sean moldeados en una misma caja, y de ésta forma ahorrar la utilización de cajas, pués debe tenerse en cuenta que partimos con una existencia de aproximadamente 10 cajas de moldeo.

Para la carcaza, pieza de mayor dimensión se ve la necesidad de utilizar y caja de tres tapas con un espesor grande como el utilizado en los cilindros.

En el moldeo de ésta pieza no hay posibilidad de que pueda ser moldeada a la vez, en una misma caja con otra debido a la dificultad de manejo para la realización del molde.

Para las bielas se recomienda la elaboración de varios modelos para lograr que varias bielas sean moldeadas en una misma caja y de ésta forma lograr aprovechar a el máximo la colada de ILZRO y tener por lo menos piezas fundidas para un lapso de dos meses de producción.

Se puede también considerar el empleo de un cambio en el diseño de las cajas de moldeo de tal forma que se puedan abrir por los lados dejando de ésta manera el molde hecho solamente de arena, sin armazón.

En el caso de considerar una producción más elevada se recomienda el uso de fundición en el Cubilote y de ésta manera se ahorraría en combustible y la producción sería continua y se podría, cambiar en proceso de moldeo, que incluiría un desarrollo en serie propiamente dicho de las piezas .

2.5 DISTRIBUCION DE PLANTA

Para el desarrollo de una distribución de planta es necesario que se tengan en cuenta todos los equipos y maquinaria a utilizar así como la disponibilidad de terreno, las áreas administrativas, las áreas para expansión, los materiales e insumos que también deberan utilizar un espacio físico.

En cuanto a los equipos y maquinaria a utilizar mencionaremos el horno de crisol, cajas de moldeo moldes metálicos, Crisoles, Tanques de CO2 y gas, Cajas de machos, Tanques de combustibles, etc.

Es de anotar además los equipos básicos de seguridad, y el herramental básico para colar y para la planta.

Entre los materiales e insumos requeridos para el proceso mencionaremos los siguientes:

Chatarra de Fundición, Arena de Sílice, Harina de Trigo, Silicato de sodio, Aluminio, Ferrosilicio Zinc, Bentonita y Plumbagina.

En cuanto a la distribución administrativa ésta deberá considerar zonas para bodega y la

administración propiamente dicha, así como también zonas para servicios personales.

En cuanto a la disponibilidad de terreno podemos decir que es un parámetro clave porque nos da una idea de el espacio disponible para la planta actual así como el espacio disponible para una posible expansión de la misma que consideraría la posibilidad de zonas para maquinado, tratamientos térmicos, la colocación de puentes grúas, etc.

Teóricamente podemos disponer de un galpón de 26 por 50 metros en el que una zona corresponde a la administración y bodegas de suministros y de productos terminados, debe considerarse además que la zona correspondiente a el área de moldeo es una zona amplia y que a la vez puede ser utilizada como vía de acceso de los carros que transportarán la arena que es en grandes cantidades, pués debe considerarse que debe haber siempre arena de reserva , debido a ésto la zona correspondiente a las arenas es amplia.

En cuánto a la ubicación del horno de crisol podemos indicar que la óptima es aquella cercana a el área de moldeo para que no halla problemas de cruce de zonas de trabajo, además se debe

contemplar una zona donde se deposita la chatarra de fundición, zona para batidora de arena, y el de reservorio para combustible.

2.6 ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCION EN SERIE.

Para hacer una estimación de los costos debemos partir de la clasificación siguiente de el material y equipo a utilizarse de ésta manera:

a) Equipo y Maquinaria Requerido .

Para éste proceso se han seleccionado las siguientes maquinarias que deben ser instaladas en la planta.

- Un horno de crisol éstático de 200 kilos
- Una batidora de arena
- Moldes metálicos
- Secador con tanque de gas
- Cajas de moldeo
- Tanque de CO_2
- Crisoles
- Cajas de Machos

Los equipos requeridos para operar en la planta son:

1.- Equipo básico de seguridad (dos juegos)

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

Los materiales e insumos requeridos para el proceso son:

- Chatarra de fundición
- Arena de Sílice
- Harina de trigo
- Silicato de Sodio
- Ferrosilicio
- Bentonita
- Aluminio
- Zinc
- Cobre

b) Costo estimado

Para maquinaria y equipo es de:

- Nave de fundición	200.000
- Horno de crisol estático 200 kilos	2'500.000
- Moldes metálicos (Al)	2'000.000
- 10 cajas de moldeo metálicas a 100.000 c/u	1'000.000
- crisoles	3'000.000
- tanque de CO_2 y gas	1'000.000

- Caja de machos 100.000

El costo aproximado para el proceso es:

Insumos	Costos	Referencias
Hierro Gris	5'759.000	Anexo 1
ILZRO 27	38.000	Anexo 2
Mano de obra	744.000	Anexo 3
Energía	252.000	Anexo 4
Materiales	1'117.000	Anexo 5
COSTO TOTAL	7'920.000	

Costo de la Aleación de Fundición de Hierro Gris en Horno de Crisol.

- Materias primas 100 Kg de aleación

- Chatarra de Hierro 99% 49.500
  500 sucres el kilo
- Ferrosilicio 1% 4.400
  4.400 cada Kilo

Materiales

Refractario 1.5 x 1000 1.500

Valor del crisol por colada 5.000

Suministros

Combustible	3.000
(10 gal/ 100 Kg x 300 sucre/gal)	
Electricidad (4 KW / 100 Kg)	700
TOTAL	64.1S0

el costo por kilo de el hierro gris es de:

64.100 / 100 = 641 sucres.

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

- Se ha logrado cumplir con el objetivo de nuestro proyecto, el cual fué desarrollar un proceso en serie para la producción de Compresores de Aire.

- El número de piezas a producir si da una producción rentable para cada uno de los procesos desarrollados con proyecciones de incrementar la producción año a año e incluso diversificar el caballaje de los compresores.

- Es fundamental la clase de molde a utilizar pues de éste dependerá la estructura final a obtener, por lo que el más indicado para hierro gris es el molde en arena de Sílice.

- En cuánto al horno utilizado se seleccionó el horno de Crisol, ante la posibilidad de utilizar el Cubilote por que la producción al inicio es reducida y no se van a realizar grandes series.

- A las piezas hubo que someterlas a un tratamiento de distensionamiento para la eliminación de tensiones residuales debidos principalmente a cambios de sección y forma de la pieza.

- Se utilizó inoculación con ferrosilicio con el objeto de promover principalmente la distribución al azar del grafito. Este control resulta en mejor uniformidad de propiedades mecánicas.

R E C O M E N D A C I O N E S

- Con el objeto de Evitar Porosidades en las piezas fundidas se aconseja realizar los respectivos vertederos canales y mazarotas incluso en los asientos de machos para que los gases tengan escape y no queden atrapados.

- En cuánto a la arena a utilizarse se recomienda para el Hierro Gris arena de Sílice y para el Ilzro la de posorja .

- En caso de llegar a autorizar el proceso para la producción en grandes cantidades se recomienda usar moldes permanentes giratorios.

ANEXO 1

Cálculo del Costo de la Fundición de Hierro Gris

número de compresores al año 100

- Peso del compresor 90 kilos
- valor del kilo de la
- aleación 641

Cálculos

- Promedio del peso de el peso de los compresores = 90 x 100 = 9000 kilos
- peso total de la aleación por año = 9000 x 641

Costo = 5'769.000

Nota : El valor de el kilo de aleación de hierro gris se lo obtuvo previamente.

ANEXO 2

Cálculo del costo de la Aleación ILZRO 2Z

- Chatarra de Zinc 70%	35.000
(500 sucres el Kilo)	
- Chatarra de Aluminio 27 %	13.500
(500 sucres el kilo)	
- Chatarra de Cobre 3%	1.500
TOTAL	50.000

Costo de la aleación de ILZRO por cada kilo

500.000 / 100 = 500 sucres

El valor de la bielas es:

200 bielasx 0.38 kilo /biela x 500 sucres =

TOTAL = 38.000

ANEXO 3

Mano de Obra

Personal por Contrato

Número de trabajadores Calificados	1
Número de trabajadores No calificados	2
Sueldo de trabajadores calif. mensuales.	60.000
Sueldo de No calificado Mensual	32.000
Como es medio mes	
trabajador calificado	30.000
trabajadores no calificados	32.000
El sueldo total anual es de	744.000

ANEXO 4

Calculo del Valor de la Energía Utilizada en el Proceso

Datos

Energía del consumo del día	16.4 KW
días laborables en el mes	15 días
valor del kilowatio	100 sucres

Calculos

- Energía consumida al mes = 14 KW/día x 15 días
  = 210 KW / mes
- Costo de la energía al mes = 210 x 100 = 21.000

  Costo total = 21.000 x 12 = 252.000 sucres

ANEXO 5

Costo de Materiales

Datos

Peso de la arena Silice a utilizar	30 ton/año
Peso de la harina de trigo	1/4 ton/año
Peso del Silicato	250 kilo/año

Valor de la Ton. de Arena.	30.000
Valor de la Ton. de Harina de Trigo	270.000
Valor del kilo de Silicato de Sodio	600
Plumbagina	50.000

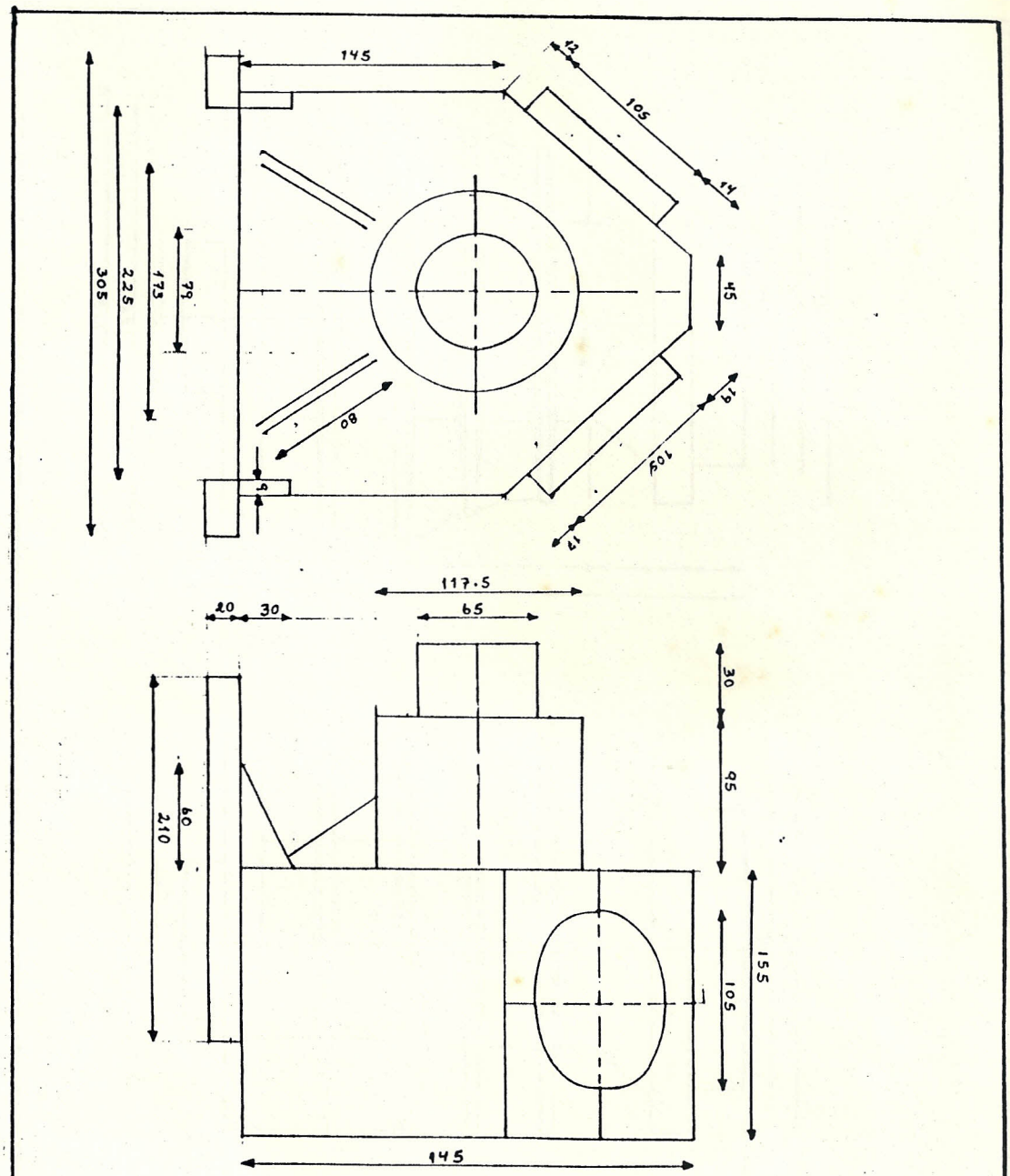
- Valor de la arena = 30 Ton/año x 30.000
  de Sílice al año = 900.000 sucres
- Valor de la Harina = 1/4 Ton/año x 270.000
  de Trigo. = 67.500 sucres
- Valor del Silicato = 250 kilos/año x 600
  de Sodio = 150.000 sucres
- Valor total de los = 1'117.500 sucres.
  materiales consumidos

ANEXO 6

PLANOS PARA MODELOS DE FUNDICION

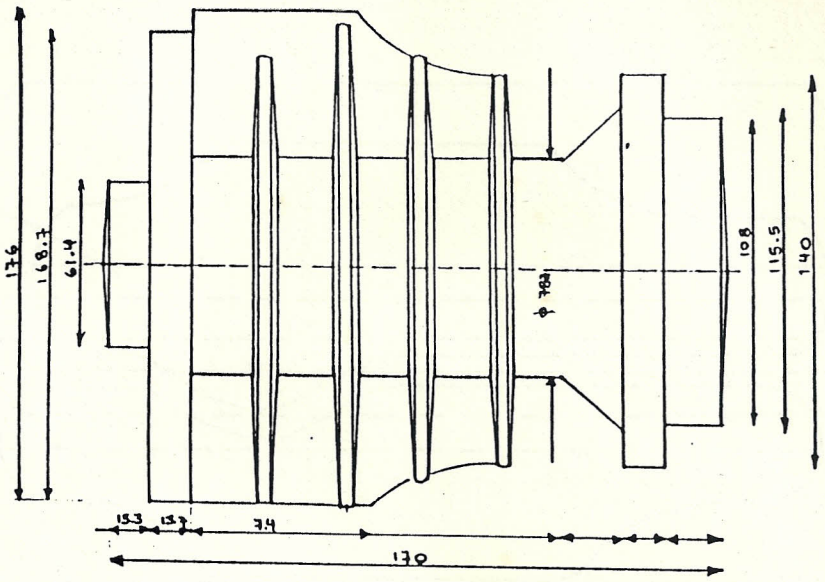
De las siguientes piezas.

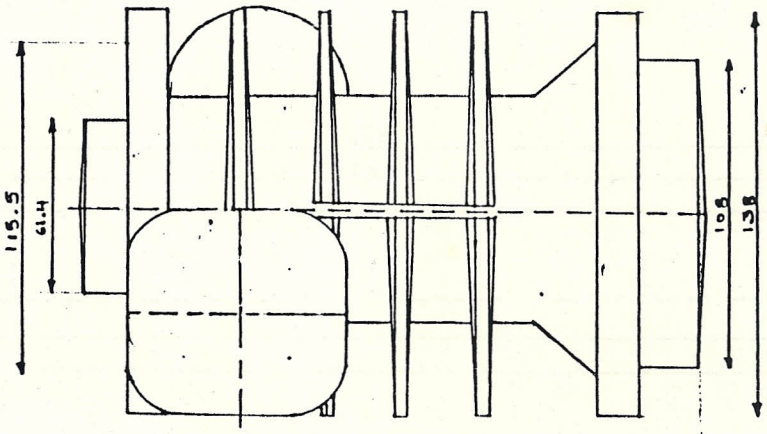
- Carcaza
- Cilindro de Alta
- Culata de Cilindro de Alta
- Cilindro de Baja
- Culata de Cilindro de Baja
- Conector de Manguera
- Tapa Anterior
- Cigüeña
- Balanceador
- Contrapeso del Balanceador
- Polea
- Biela



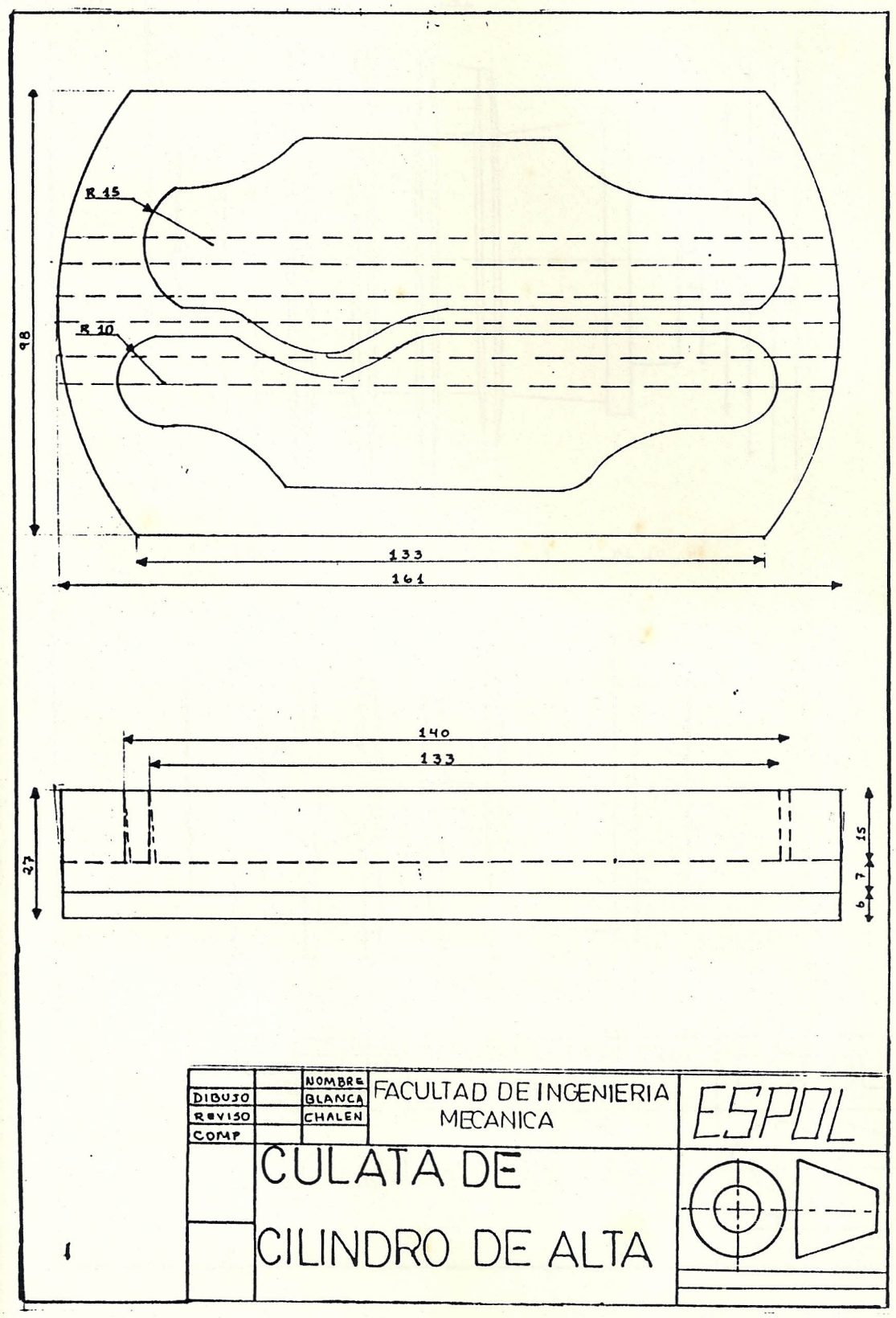
		NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO		BLANCA		
REVISO		CHALEN		
COMP.				

CARCAZA

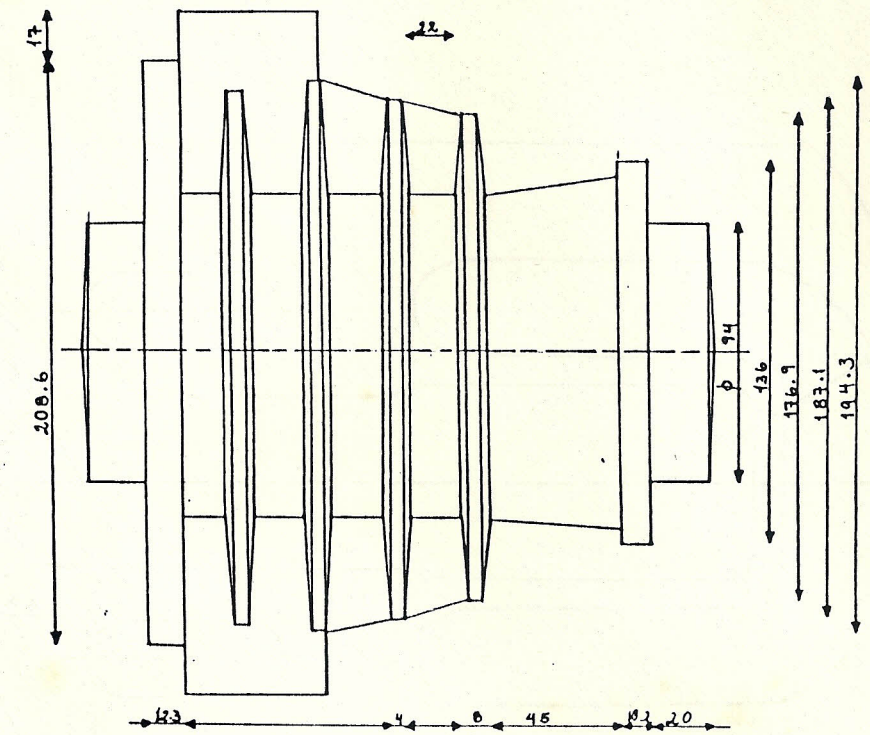


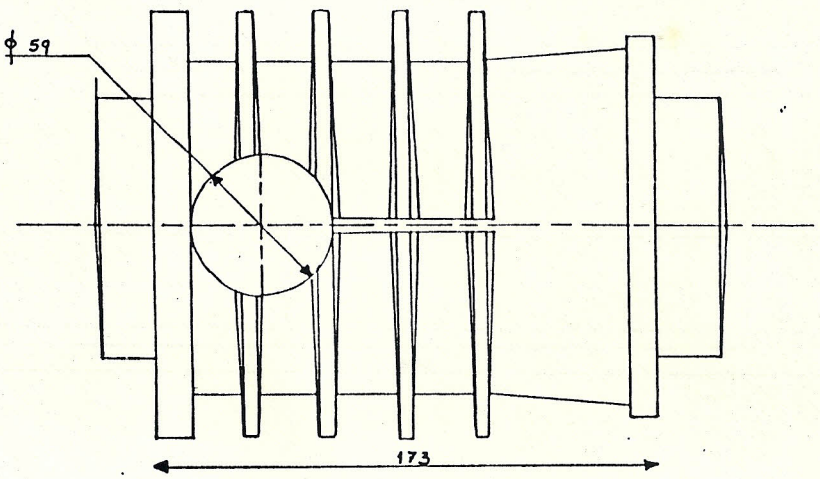


		NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO		BLANCA		
REVISO		CHALEN		
COMP				
			CILINDRO DE ALTA	



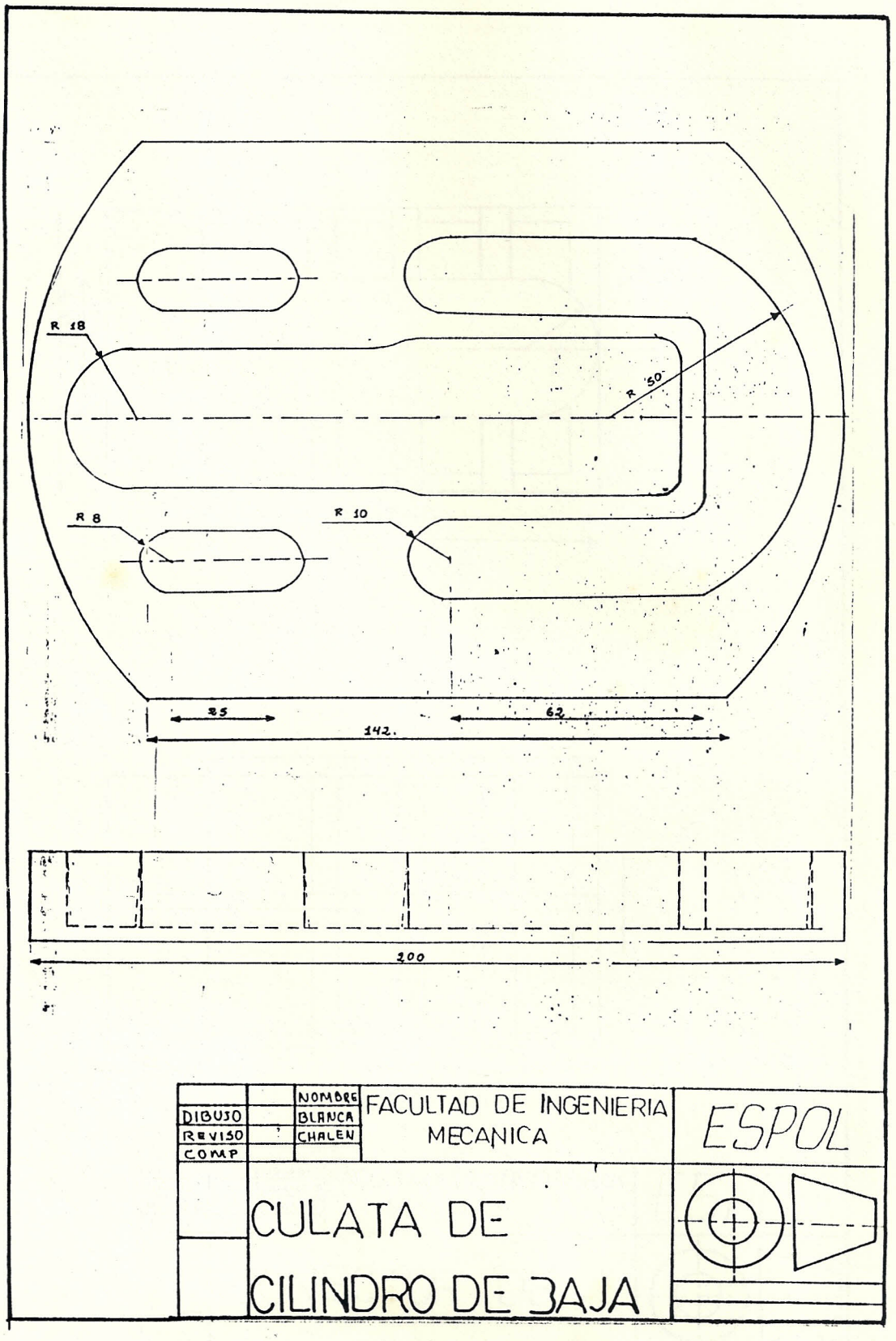
		NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO		BLANCA		
REVISO		CHALEN		
COMP				
			CULATA DE CILINDRO DE ALTA	



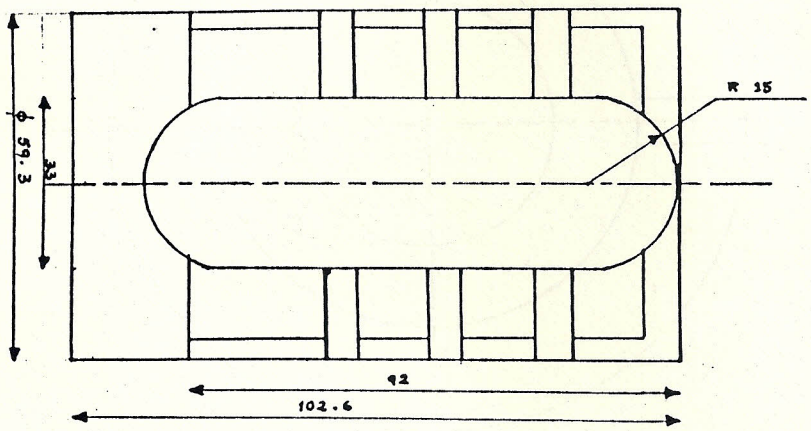


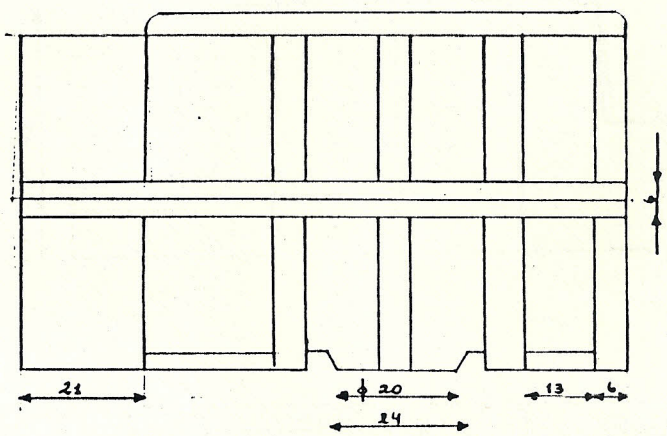
		NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO		BLANCA		
REVISO		CHALEN		
COMP.				

CILINDRO DE BAJA

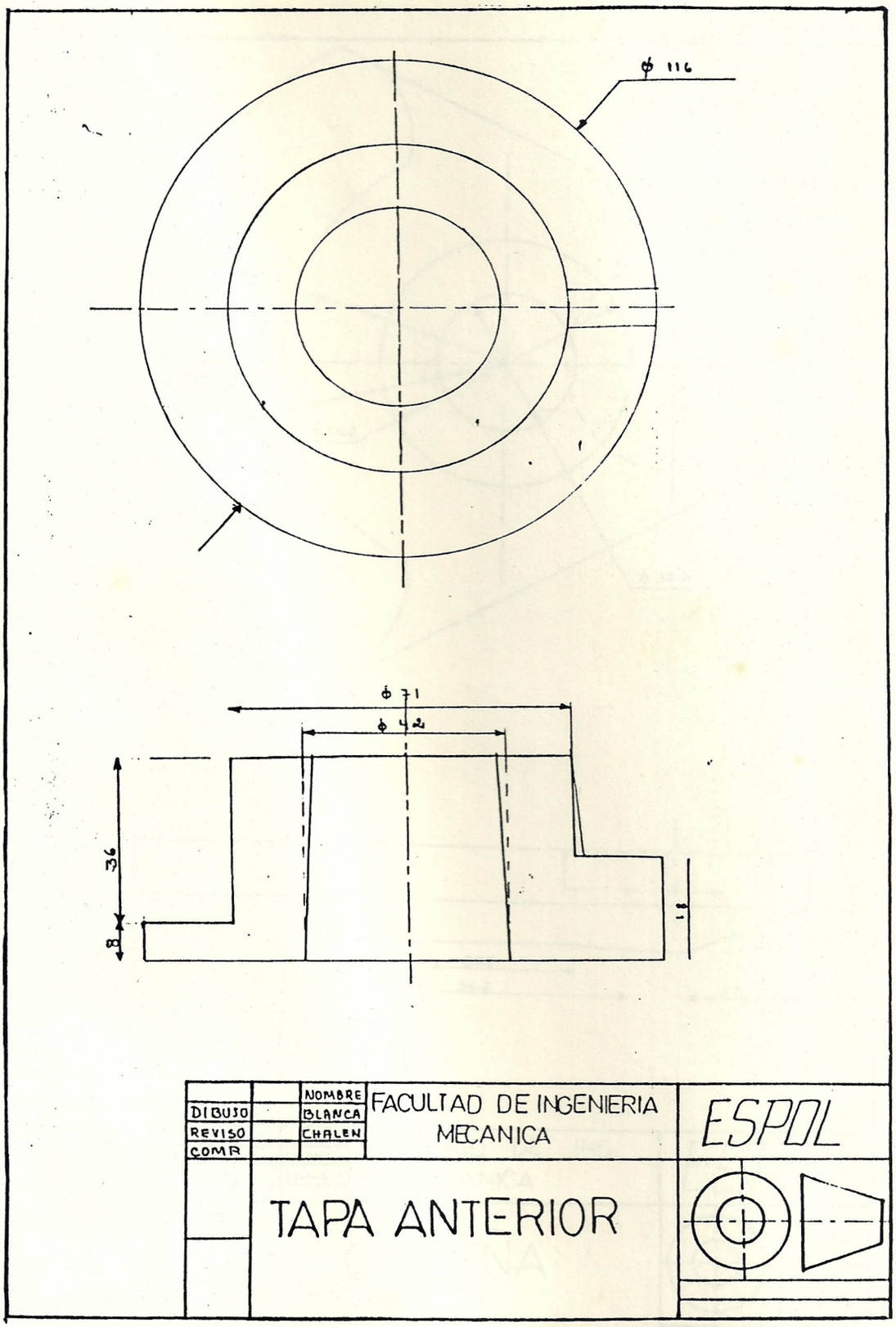


		NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO		BLANCA		
REVISO		CHALEN		
COMP				
			CULATA DE CILINDRO DE BAJA	



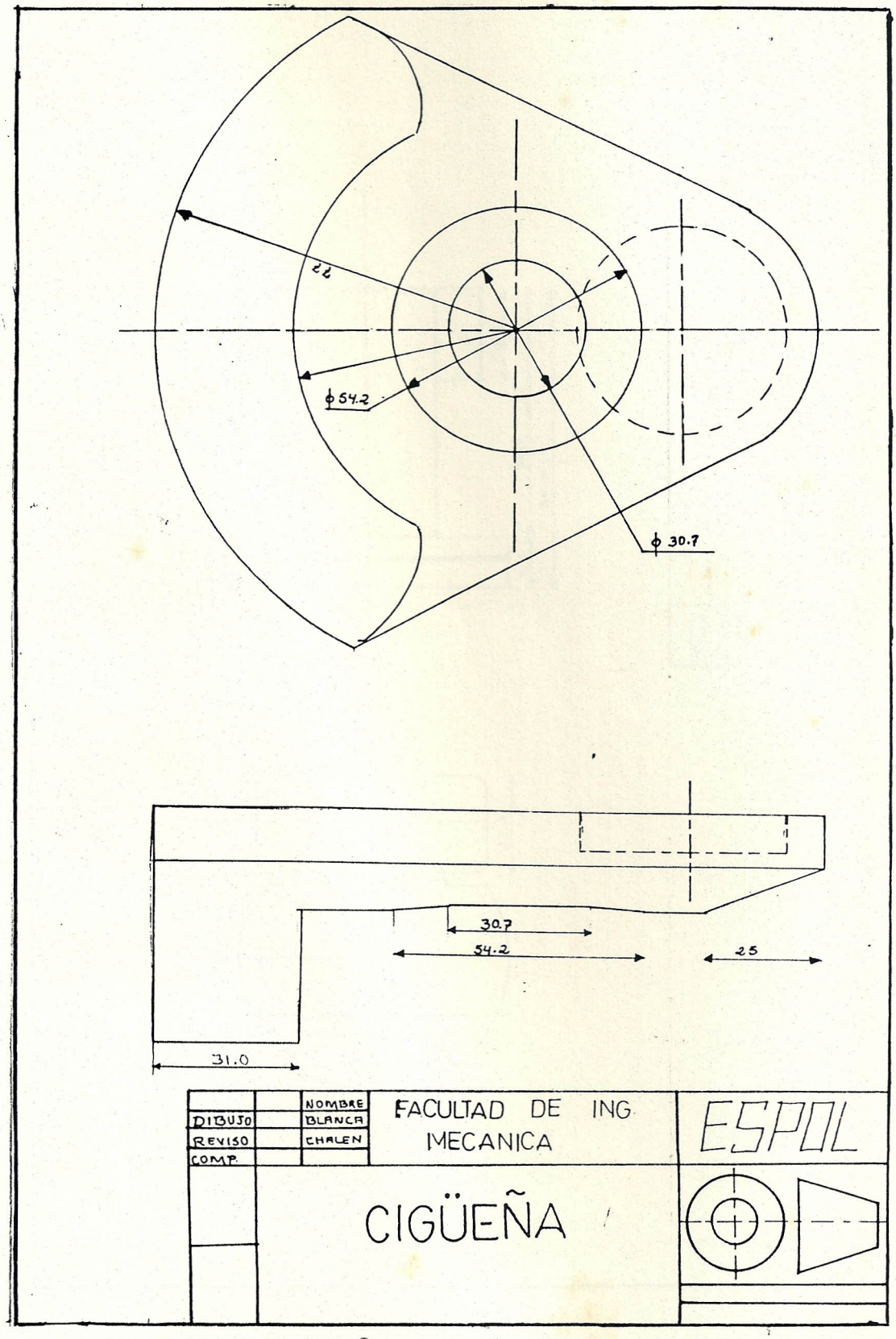


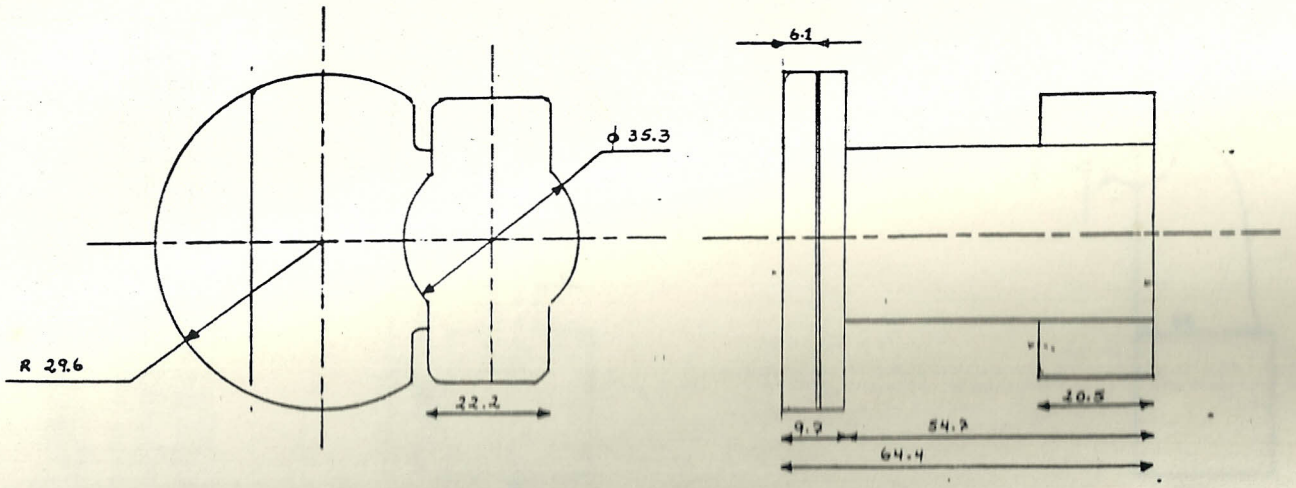
		NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO		BLANCA		
REVISO		CHALEN		
COMP.				
			CONECTOR DE MANGUERA	



		NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO		BLANCA		
REVISO		CHALEN		
COMR				

TAPA ANTERIOR


22
ϕ 54.2
ϕ 30.7
30.7
54.2
25
31.0
NOMBRE
DIBUJO
BLANCA
REVISO
CHALEN
COMP.
FACULTAD DE ING. MECANICA
ESPOL
CIGÜEÑA

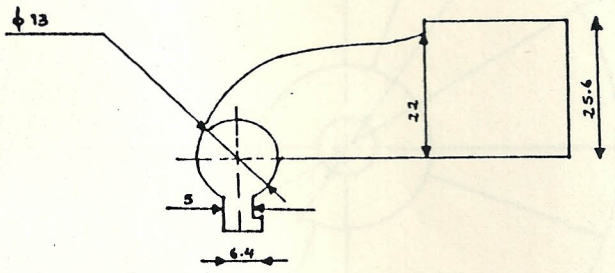


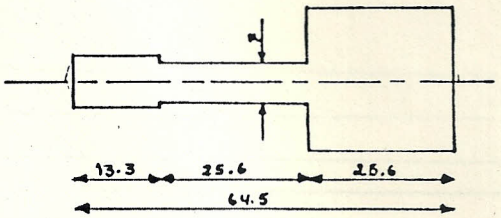
		Nombre	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Dibujó		Blanco	
Revisó		Chalen	
Comprobado			

ESPOL

BALANCEADOR

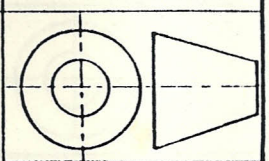
Escala:

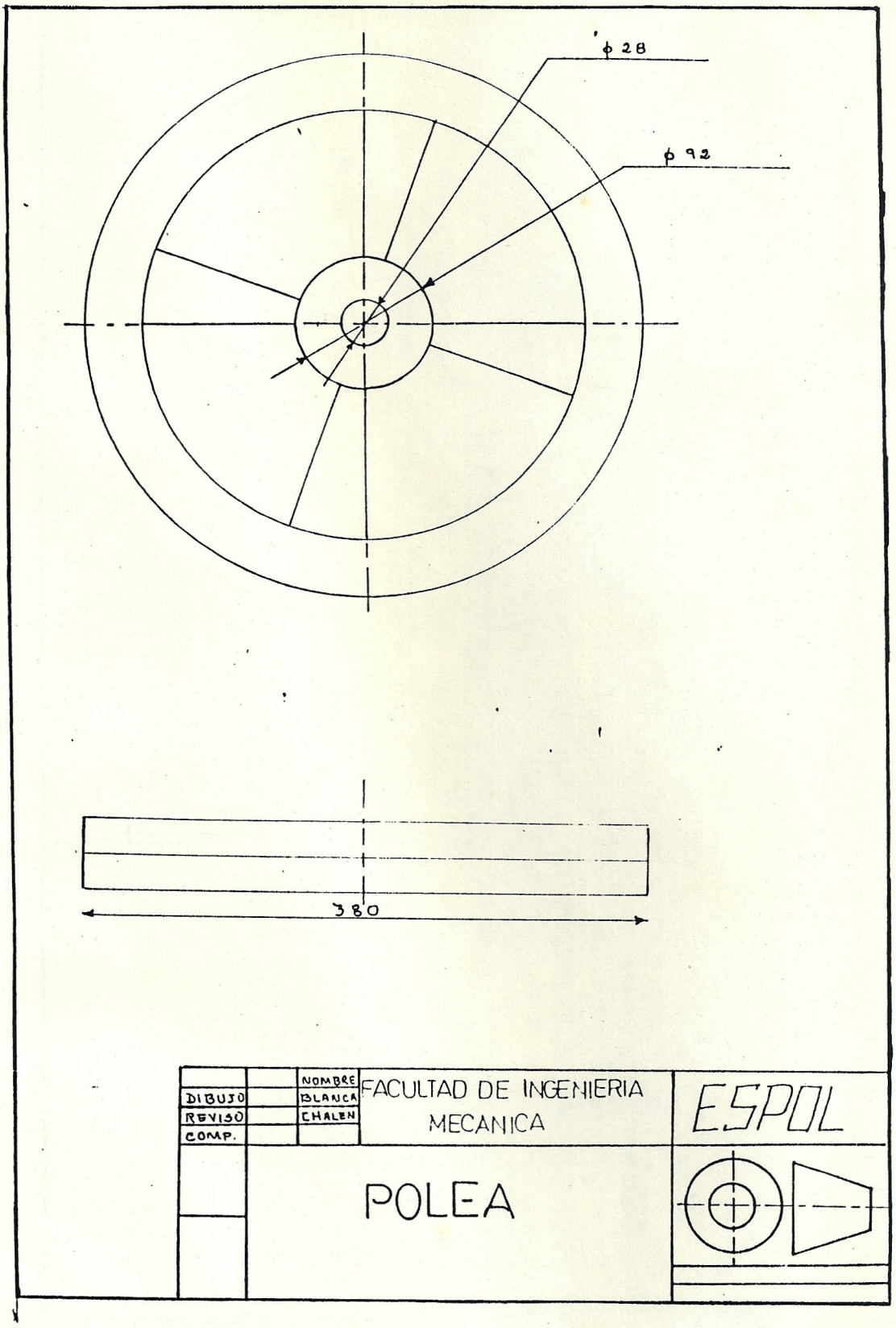


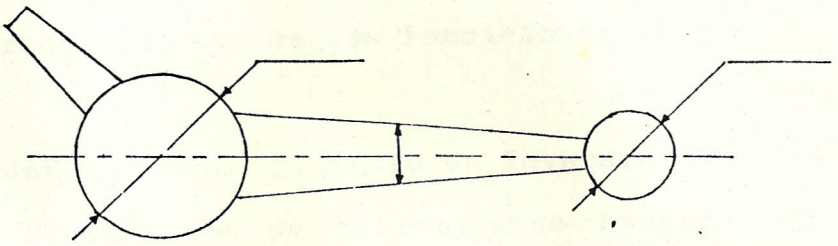


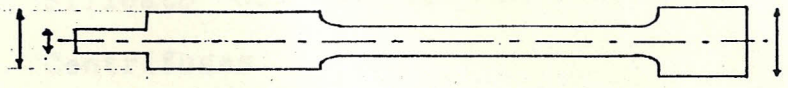
		NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO		BLANCA		
REVISO		CHALEN		
COMP				

CONTRAPESO DEL BALANCEADOR




ϕ 28
ϕ 92
380
NOMBRE
DIBUJO BLANCA
REVISO CHALEN
COMP.
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPOL
POLEA





		NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO		BLANCA		
REVISO		CHALEN		
COMP.				
			BIELA	

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

1. CISNEROS, Carlos. Tésis Control Rápido de las Características de las Fundiciones Grises.

2. BEJAR, Antonio. Proyecto de Inversión Nacional Para la Fabricación de Herramientas Manuales (Proceso de Fundición). Proyecto de Grado. Espol 1990.

3. AVNER, Sidneey H. Introducción a la Metalurgia Física Editorial Mac Graw Hill, Segunda Edición, 1985.

4. ASTM STANDARDS, 1961 Parte 2, Metal Nonferroso.

5. CALERO, Ricardo. Tésis Utilización del proceso de Silicato CO_2 en la Producción Nacional de Bombas Centrífugas.

6. BEGEMAN, Myron L. AMSTEAD B. H., Procesos de Fabricación.

7. METALS HANDBOOK Volúmen # 5, Forgin and Casting.

8. METALS HANDBOOK Volúmen # 1, Propierties and Selections : Iron and Steel.

9. IRON CASTING HANDBOOK.

10. HANCHEN, R. Manual del Ingeniero Técnico, Fundición de Piezas de Maquinas.

11. REIN, J. Moldes, Matrices y Estampados.

12. MORENO, Juan. Análisis de Compresores Recíprocos.