



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**



FABRICACION DE ACCESORIOS PARA TUBERIAS DE AGUA POTABLE.

PROCESO DE FUNDICION.

**PROYECTO DE GRADO**

Previa a la Obtención del Título de

**INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

SANDRA PATRICIA VERGARA GRANDA

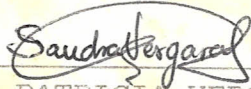
Guayaquil - Ecuador

1991

DECLARACION EXPRESA

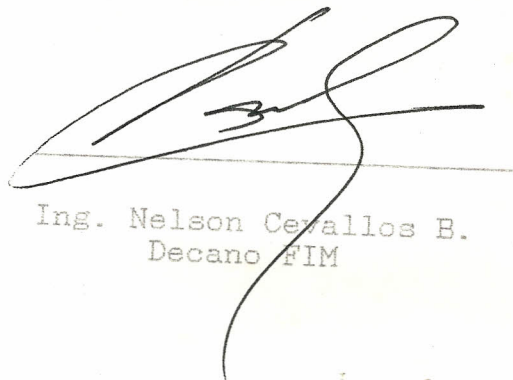
La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

( Reglamento de Exámenes y Títulos  
profesionales de la ESPOL)



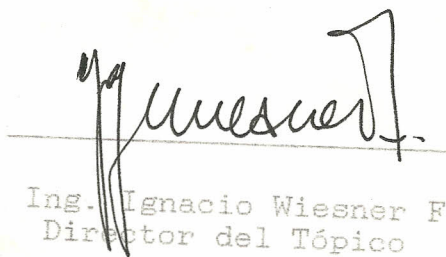
---

SANDRA PATRICIA VERGARA GRANDA



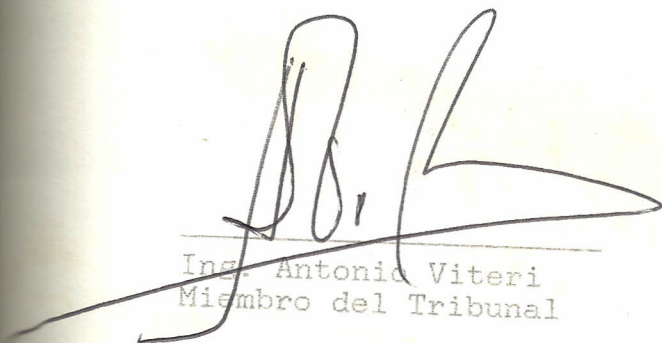
---

Ing. Nelson Cevallos B.  
Decano FIM



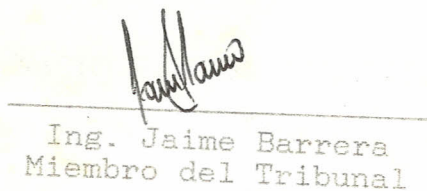
---

Ing. Ignacio Wiesner F  
Director del Tópico



---

Ing. Antonio Viteri  
Miembro del Tribunal



---

Ing. Jaime Barrera  
Miembro del Tribunal

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

A DIOS,  
POR PERMITIRME CULMINAR  
OTRA ETAPA DE MI VIDA

A MIS PADRES,  
POR SU AMOR, ABNEGACION Y  
APOYO DURANTE MI VIDA  
ESTUDIANTIL

AL ING. IGNACIO WIESNER FALCONI,  
DIRECTOR DE TOPICO Y JEFE DEL  
AREA DE METALURGIA, POR SUS  
CONOCIMIENTOS IMPARTIDOS DURANTE  
MIS AÑOS DE ESTUDIO

DEDICATORIA

A MIS PADRES,  
PAUL GUILLERMO Y LUZ AMERICA

A MI ESPOSO,  
PAUL EMILIO

A MIS HIJAS,  
SANDRA PAULINA E ISABEL CAROLINA

A MIS HERMANOS,  
SOFIA, PAUL Y DANIEL

## RESUMEN

El desarrollo del proyecto consiste en la fabricación de accesorios para tuberías de agua potable, para lo cual se utilizará la aleación ZA-27

Esta parte del proyecto tomó en consideración el informe concerniente a las características del mercado, según lo cual se determinó el tamaño del lote a producir.

Además se elaboraron diagramas del ciclo de trabajo para la producción en serie, de la distribución de la planta y de circulación de materiales.

Finalmente se determinó el costo de la producción total, y la optimización del proceso.

## INDICE GENERAL

8  
↓  
PAGS.

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	UII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	X
SIMBOLOGIA.....	XXII
ANTECEDENTES.....	14
CAPITULO I: PRODUCCION DE PIEZAS EN SERIE.	
1.1 Selección el proceso.....	17
1.2 Selección de materiales a utilizar.....	23
1.3 Preparación de materiales.....	32
CAPITULO II: DISEÑO DE LA DISTRIBUCION DE LA PLANTA.	
2.1 Diagrama del ciclo de trabajo para la producción en serie....	34
2.2 Diagrama de distribución de equipos y accesorios.....	37
2.3 Diagrama de circulación y reciclaje de materiales.....	38

CAPITULO III: ANALISIS ECONOMICO DE LA  
PRODUCCION.

3.1	Costo de materia prima.....	44
3.2	Costo de materiales de consumo.....	50
3.3	Costo de mano de obra.....	58
3.4	Costo total de producción.....	60
←	RECOMENDACIONES.....	62
↘	CONCLUSIONES.....	64
←	ANEXOS.....	66
↘	BIBLIOGRAFIA.....	69



## INDICE DE FIGURAS

	PAGS.
Figura # 1 .- Diagrama del ciclo de trabajo para la producción en serie.....	35
Figura # 2 .- Diágrama de distribución de la planta.....	41
Figura # 3.- Diagraama de circulación y reciclaje de materiales.....	43

## INDICE DE TABLAS

	PAGS.
Tabla I.- Matriz de decisiones para la selección del proceso.....	22
Tabla II.- Comparación de propiedades de diferentes aleaciones fundidas.....	24
Tabla III.- Composición y propiedades físicas de las aleaciones ZA según norma ASTM B669-84.....	27
Tabla IV.- Propiedades mecánicas de las aleaciones ZA.....	28
Tabla V.- Matriz de decisiones para la selección del material.....	31
Tabla VI.- Datos de costos del mercado.....	45
Tabla VII.- Porcentaje de ventas brutas por año.....	46
Tala VIII.- Ventas brutas anuales en millones de sucres.....	46
Tabla IX.- Demanda de la producción anual.....	47
Tabla X.- Producción diaria.....	48
Tabla XI.- Peso de aleación a fundir por día.....	49

Tabla XII.-Consumo energético de los equipos principales.....	51
Tabla XIII.-Tabla salarial (en miles de sucres.....	59
Tabla XIV.- Depreciación anual en sucres.....	60

## S I M B O L O G I A .

A	Area
Al	Aluminio
ASTM	American Society for Testing Materials
BHN	Número de dureza Brinell
C	Carbono
Cd	Cadmio
Cu	Cobre
°C	Grado centígrado
gr	Gramo
gr/cm <sup>3</sup>	Gramos por centímetro cúbico
J/Kg°C	Joul por kilogramo-grado centígrado
Kg	Kilogramo
Kw	Kilowatts
m	Metro
mm	Milímetro
MPa	Megapascal
P	Fósforo
PC	Poder calorífico
Q	Calor
R	Resistencia térmica
S	Azufre
SAE	Society of Automotive Engineers
Si	Silicio

T	Temperatura
t	Tiempo
Ton	Tonelada
W/m <sup>o</sup> K	Watt por metro-grado kelvin
ZA-12	Aleación ILZRO 12
ZA-27	Aleación ILZRO-27
Zn	Zinc

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

Este proyecto se realizó con la finalidad de incorporar al sector industrial del país un producto de consumo masivo que contribuya al desarrollo nacional.

Para lograr este objetivo, y luego de analizar varios productos alternativos, se eligieron los accesorios para tuberías de agua potable, que son ampliamente utilizados en la industria de la construcción civil, tanto en las instalaciones de agua en viviendas, como en plantas industriales donde no se requieran que soporten presiones altas.

De esta manera se tiene que competir con el producto importado, lo que conduce a la fabricación de accesorios de igual o superior calidad y de menor costo que los existentes en el mercado.

Este proyecto además debe cumplir con el propósito de utilizar materiales que se encuentren dentro del mercado andino, y al emplear la aleación ZA-27, cuyo material base es el zinc, se estará utilizando un material que

puede ser importado del Perú.

De investigaciones hechas en el mercado se pudo obtener el dato de que el zinc comercial de alta pureza que se tiene en el mercado es importado del Canadá, casi en su totalidad.

Ante todo, la interrogante es el por qué nunca se han fabricado este tipo de accesorios en ZA-27, si esta aleación tiene propiedades similares a las del hierro maleable que es el material convencional para este trabajo.

Una respuesta es que el ZA-27 es un material relativamente nuevo dentro del mercado y las plantas que tradicionalmente fabrican estos accesorios tienen ya su línea de producción totalmente dominada y un cambio de material implica un cambio en la implementación de la planta, y por lo tanto un cambio de equipos y procesos utilizados, lo que a su vez acarrearía una elevación de costos.

La planta diseñada cubrirá sólo una parte del mercado nacional y deberá tener la característica de poder implementar nuevas plantas similares en la medida que el producto sea aceptado en el mercado nacional.

Una vez logrado esto, puede llegarse a un aumento en el volumen de producción que no sólo sea capaz de cubrir la demanda nacional sino que además el producto pueda captar el mercado internacional de la región.



## CAPITULO I

### PRODUCCION DE PIEZAS EN SERIE.

#### 1.1 SELECCION DEL PROCESO.

Existen varios procesos de fabricación que pueden ser empleados para producción en serie de accesorios para tuberías de agua potable.

Los procesos de fabricación que pueden aplicarse son, los de fundición a presión y los de fundición por gravedad.

Los procesos de fundición por gravedad son:

- a) Moldeo en arena
- b) Moldeo en cáscara
- c) Moldeo por cera perdida
- d) Moldeo en coquilla metálica

Además existe el proceso de fundición a presión que es muy aplicable a fabricación de piezas en series, con producciones altas.

a) Moldeo en arena: Este proceso de fundición consta de los siguientes pasos: fabricación del molde, preparación de la arena de moldeo, moldeo, construcción de machos, fundición y colado de metal.

Ventajas: Se pueden fabricar piezas entre 200 gr. y 300 Ton. y piezas multiformes de gran complejidad. Además se puede colar en los moldes de arena cualquier tipo de metal.

Desventajas: Las piezas fundidas presentan grandes variaciones dimensionales y el acabado superficial es deficiente, debido a que las superficies pueden tener inclusiones de arena lo cual es perjudicial para el maquinado ya que causan un desgaste rápido de la herramienta de corte, y esto conlleva a un incremento en el costo de acabado. Para la producción en serie no es conveniente ya que el proceso resulta lento.

b) Moldeo en cáscara: Consiste en el maquinado de un modelo de acero o de aluminio con sus mitades separadas en placas. Para el moldeo se utiliza una mezcla de arena fina con un aglomerante termofraguante.

Ventajas: Las piezas fundidas presentan un buen acabado superficial y es posible obtener una tolerancia de hasta

125 milésimas de milímetro. Es posible fundir cualquier metal o aleación y en secciones tan delgadas como de 2.5 milímetros.

Desventajas: Este es un proceso muy caro tanto en lo que respecta al molde como a la mezcla de arena en sí, y para procesos en serie resulta lento.

c) Moldeo por cera perdida: Este proceso es empleado en piezas de formas complicadas que requieren buen acabado y que no sobrepasen los 40 Kg.

Ventajas: Se pueden fundir piezas de cualquier metal y piezas muy pequeñas desde 10 gr.

Desventajas: No se pueden fundir piezas de más de 40 kg. y el proceso es muy caro. Para producción en serie resulta muy lento.

d) Moldeo en cóquilla metálica: Este proceso es muy utilizado para fundiciones de aluminio, bronce y zinc. El molde es generalmente de acero, hierro fundido o bronce.

En este proceso el molde se mantiene a temperatura constante durante el proceso de trabajo.

Ventajas: Los moldes metálicos son capaces de resistir altas temperaturas debido al material con que se fabrican. Son ideales para producción en serie de piezas de aleaciones no ferrosas.

La velocidad de enfriamiento de las piezas es mayor que en los moldes de arena, por lo que las piezas fundidas en estos moldes presentan una estructura granular más fina y consecuentemente mayor resistencia.

Las piezas fundidas en moldes metálicos presentan tolerancias de  $\pm 0.38$  mm, no tienen inclusiones de arena y su acabado es bueno.

Desventajas: Las piezas que tienen formas muy complejas no se pueden hacer por este proceso, ya que es muy difícil extraerlas de un molde rígido.

Los moldes son muy caros al igual que el costo de mantenimiento de los mismos.

No se pueden fundir piezas de más de 20 Kg. ya que para piezas grandes, resulta más económico fundirlas en moldes de arena, además es muy difícil manipular moldes grandes por que son muy pesados.

e) Inyección a Presión: El es proceso en el cual el metal en estado líquido es inyectado en un molde metálico de dimensiones precisas y en cuyo interior es mantenido bajo presión hasta completar la solidificación. Cuando el metal ha solidificado, se abre el molde y la pieza fundida es expulsada.

La característica de este proceso es la de obtener una presión de elevada de llenado por la cual el metal líquido es introducido al molde con alta velocidad.

Ventajas: Se obtiene economía de mano de obra y de material, y además se consigue una alta velocidad de producción con alto grado de precisión, y superficies limpias y lisas.

Desventajas: Alto costo de implementación del proceso, no se justifica en este caso, porque es aplicable para producciones mayores.

Para la selección del proceso fue necesario evaluar los diferentes parámetros que intervienen en los procesos de moldeo y fundición, para esto se elaboró una matriz de decisiones que se muestra en la tabla I, la misma que analiza de una manera cualitativa los parámetros de selección.

## MATRIZ DE DECISIONES PARA LA SELECCION DEL PROCESO

OBJETIVO	ESPESOR DE PIEZA (1)	ACABADO SUPERF. (2)	PRODUCCION REQUERER. (3)	COSTO IMPLM. (4)	TIEMPO DE PRODUC. (5)	SATISFACCION DEL OBJETIVO	PROMEDIO INTUITIVO
VALORES (W)	01	03	03	01	02	TOTAL	
ALTERNATIVAS							
MOLDEO EN ARENA	70 %	70 %	60 %	95 %	70 %	73 %	70 %
MOLDEO EN CASCARA	90 %	90 %	50 %	60 %	60 %	70 %	70 %
MOLDEO EN COQUILLA	90 %	90 %	90 %	80 %	90 %	88 %	90 %
MOLDEO EN CERA PERDIDA	95 %	95 %	40 %	60 %	50 %	68 %	70 %
INYECCION A PRESION	45 %	95 %	80 %	40 %	95 %	82 %	80 %

Tabla I

W: Valor dado al objetivo de acuerdo a su importancia en la selección del proceso.

$$W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 = 1$$

X: Porcentaje de satisfacción de cada objetivo.

## 1.2 SELECCION DE MATERIALES A UTILIZAR.

En esta sección se seleccionó el material del que se fabricarán los accesorios de tubería. El material que generalmente se emplea para estos accesorios es el hierro maleable, el mismo que es considerado como el material de ingeniería de mínimo costo.

Uno de los objetivos fundamentales de este proyecto es el de seleccionar una aleación que cumpla con los requerimientos ingenieriles del material convencional que se utiliza en la fabricación de los accesorios para tuberías de agua potable, y que además permita el lanzamiento de un producto que compita económicamente con el producto importado que actualmente existe en el mercado.

Para este propósito se realizó una comparación entre las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes materiales que pueden ser utilizados para este proceso.

En la tabla II se muestran las propiedades físicas y mecánicas de los materiales escogidos para esta selección que son: el material convencional que es hierro maleable, bronce SAE 64 (80-10-10), ILZRO-12 e LZRO-27.

COMPARACION DE PROPIEDADES DE DIFERENTES ALEACIONES  
FUNDIDAS

DENOMINACION	ZA-12 **	ZA-27 ***	HIERRO MALEABLE *	BRONCE SAE 64 *
PROPIEDADES FISICAS				
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	6.038	5	7.40	8.95
Rango fusión (°C)	377-430	375-487	1310	762-928
Calor espcf. (J/Kg°C)	450	525	460	376
Contracción (mm/m)	13	13	11	18
Coefficiente expan- sión térmica(um/m°C)	---	26	11.9	18.5
Conduc.térm. (W/m°C)	116	122.5	---	46.9
Conduc.eléct.(%IACS)	28.3	29.7	2.6	12.0
PROPIEDADES MECANICAS				
Resistencia última a la tensión (Mpa)	310-345	316-325	345	240
Resistencia a la fluencia (MPa)	207	255	224	125
Elongación (% 51 mm)	1-3	8-11	10	20
Dureza (BHN)	100-115	90-110	110-156	60
Resistencia al cortante (MPa)	---	221-228	310	---
Módulo Young (GPa)	83	80	170	80

Tabla II

\* Fundido en molde de arena

\*\* Fundido en molde metálico

\*\*\* TT a 280°C por 3 horas y enfriado en horno



HIERRO MALEABLE.- La composición química de la fundición o hierro blanco a partir de la cual se obtiene la fundición de hierro maleable está generalmente dentro de los siguientes límites:

1.25	a	1.55 %	silicio
2.40	a	2.70 %	carbono
0.45	a	0.55 %	manganeso
menos de 0.05	%		fósforo
menos de 0.15	%		azufre

La fundición maleable tiene alta resistencia a la corrosión y encuentra amplio uso en rieles de puentes, herrajes para postes, en la industria automotriz, para implementos agrícolas, en la industria de generación eléctrica, etc. No es recomendado su uso para el proceso de soldadura por fusión.

La fabricación de hierro maleable comprende dos pasos: la manufactura de la fundición blanca y su conversión posterior en un producto tenaz y maleable. Dicha conversión se lleva a cabo por calentamiento del hierro blanco a una temperatura de 815°C a 870°C, así se mantiene esta temperatura, todo el carbono combinado ( $Fe_3C$ ), será disuelto y tenderá a precipitar como carbono de temple. La matriz resultante consta de hierro entremezclado con nódulos irregulares de grafito de

temple o revenido.

Las piezas fundidas no deben tener secciones superiores a 5 cm de espesor, y sólo se pueden fundir piezas de menos de 230 Kg. La mayoría de las piezas fundidas pesan desde 50 gramos a menos de 50 Kg.

Las tolerancias dimensionales para las piezas fundidas son de aproximadamente 1 cm por cada metro. La conicidad para facilitar el desmoldeo es de 1/64 cm por cada cm en moldes para fabricación en serie y de 1/4 cm por cm en moldes sueltos.

ALEACIONES EN BASE ZINC.- Son aleaciones de fácil fundición, debido a su bajo punto de fusión. La aleación ZA-27 se funde bajo los 750°C, por lo tanto produce un bajo consumo de energía. Las piezas fundidas tienen superficies lisas y aceptan cualquier proceso de acabado, además tienen buena maquinabilidad y pueden fabricarse piezas de paredes muy delgadas de hasta 2 mm colado por gravedad y de hasta 0.1 mm por inyección a presión.

Comparadas con las aleaciones de aluminio las ZA funden a menores temperaturas, tienen mayor fluidez, mayor resistencia, mayor ductilidad y menor fragilidad.

COMPOSICION Y PROPIEDADES FISICAS DE LAS  
ALEACIONES ZA SEGUN LA NORMA ASTM B 669-84

DENOMINACION		ZA-8	ZA-12	ZA-27	
C O M P O S I C I O N	Q U I M I C A	Al	8-8.8	10.5-11.5	25-28
		Cu	0.8-1.3	0.5-1.25	2-2.5
		Mg	0.015-0.03	0.015-0.03	0.01-0.02
		Fe	0.1	0.075	0.1
		Pb	0.004	0.004	0.004
		Cd	0.003	0.003	0.003
	%	Sn	0.002	0.002	0.002
		Zn	resto	resto	resto
P R O P I E D A D E S	F I S I C A	Dens. Rel.	6.3	6.03	5
		Contrac. %	1.1	1.25	1.25
		Rango de solidificac <sup>o</sup> C	404-375	432-377	487-375
		Expan. Térm (mm/mm/°C)	23.2	24.1	26
		Cond. Térm (W/m°K)	115	116	125.5

Tabla III

## PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ALEACIONES ZA

DENOMINACION	ZA-8			ZA-12			ZA-27		
	1	2	3	1	2	3	1	2 TT	3
Resist. Ult. Tens. (MPa)	248 276	221 255	372	276 317	310 345	400	400 440	316 325	421
Resistencia Fluenc. (MPa)	200	207	290	207	207	317	365	255	365
Resistencia Comp. (MPa)	200	214	--	228	228	--	331	--	--
Elongación (% 51 mm)	1-2	1-2	6-10	1-3	1-3	4-7	3-6	8-11	1-3
Dureza (BHN) *	60 90	85 90	95 110	90 105	100 115	95 115	110 120	90 110	105 125
Resistencia impacto (J)	20	21	22	25	--	45	48	--	--
Resist. * Fatiga (MPa)	--	51.8	--	104	--	--	290	225	--
Módulo Young (GPa)	85.5	85.5	--	83	83	--	75.2	80	--

Tabla # IV

- 1 Fundido en molde de arena
- 2 Fundido en molde metálico
- 3 Fundido por inyección a presión
- TT 3 horas a 280°C y enfriado en el horno
- \* 500 Kg de carga
- \*\* Probeta Charpy 10 mm sin muesca
- \*\*\* Viga rotatoria a  $5 \times 10^8$  ciclos

Comparadas con las aleaciones de bronce, las ZA tienen mejor fundibilidad, baja densidad, dureza y resistencia altas y presentan menor desgaste en servicio.

La ZA-8 es ideal para fundirse en molde metálico con excelentes características de acabado, por esto, es apropiada para aplicaciones decorativas.

La ZA-12 es más utilizada en todos los procesos de fundición. Son de bajo costo, tienen resistencia mecánica alta y buena resistencia al desgaste.

La ZA-27 puede ser colada en arena, en molde metálico o en máquinas de cámara fría. Tiene mejores propiedades y además es la más ligera y barata de las tres.

La tabla III da los rangos de composición química y las propiedades físicas, y la tabla IV las propiedades mecánicas del grupo de las aleaciones ZA.

De la comparación anterior, se deduce que la aleación ZA-27 es la mejor de las tres. Además se aprecia que el tipo de molde afecta a las propiedades mecánicas, y en el caso de la ZA-27 fundida en molde metálico, el tratamiento térmico aumenta su ductilidad alrededor del 10 %, alcanzando así la ductilidad del hierro maleable.

Por lo tanto, en base a las comparaciones entre las tablas II, III y IV, se elaboró una matriz de decisiones para la selección del material, mostrada a continuación en la tabla V.

Por medio de la matriz de decisiones se seleccionó la aleación ZA-27, fundida en molde metálico, como la adecuada para la fabricación de los accesorios de tubería de agua potable.

Los criterios que primaron en esta selección fueron las excelentes propiedades mecánicas de la aleación, que se encuentran muy próximas a las del material convencional; el bajo punto de fusión, que conduce a un gasto energético menor, lo que representa un ahorro en los costos de producción.

Para determinar la composición óptima de ZA-27, que tenga las propiedades mecánicas más próximas al material

## MATRIZ DE DECISIONES PARA LA SELECCION DEL MATERIAL.

OBJETIVO	COSTO DE MATERIAL (1)	COSTO DE ENERGIA (2)	RESISENCIA MECANICA (3)	DUCTILID (4)	ACABADO SUPERIC. (5)	SATISFACCION DEL OBJETIVO	PROMEDIO INTUITIVO
VALORES (W)	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	TOTAL	
ALTERNATIVAS							
HIERRO MALEABLE	95 %	60 %	95 %	95 %	85 %	73 %	70 %
BRONCE SAE-64	85 %	70 %	80 %	95 %	80 %	70 %	70 %
ZA - 8	80 %	95 %	85 %	80 %	95 %	88 %	90 %
ZA - 12	80 %	95 %	90 %	85 %	95 %	88 %	70 %
ZA - 27	80 %	95 %	95 %	95 %	95 %	82 %	80 %

Tabla V

W: Valor dado al objetivo de acuerdo a su importancia en la selección del material.

$$W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 = 1$$

X: Porcentaje de satisfacción de cada objetivo.

original, se ensayaron diferentes mezclas de este material variando los porcentajes de los componentes de la aleación dentro de su rango. La composición seleccionada fue:

2.50 %	Cu
25.0 %	Al
0.015 %	Mg
resto	Zn

Para efectuar esta selección, se realizaron varias pruebas de taller tratando de establecer un patrón de comportamiento del material dentro de su rango de composición.

Los materiales que se variaron fueron el cobre y el aluminio, desde sus contenidos permitidos más bajos hasta los más altos, de estos se escogieron las dos combinaciones que en las pruebas de taller se presentaron más dúctiles, para someterlas luego a ensayos normalizados de tracción y dureza, para determinar la ductilidad de cada una y escoger la mejor. Además se ensayaron dos grupos de probetas de cada uno de los materiales escogidos, un grupo con probetas de material fundido en molde metálico sin tratamiento térmico y otro grupo con el tratamiento térmico.



La función del cobre en la aleación es la de inhibir la corrosión intercrystalina, y a su vez aumentar la resistencia mecánica y la dureza. Es importante tomar en cuenta que el contenido de cobre no debe pasar del 5%, ya que esto causaría la corrosión intercrystalina en vez de inhibirla.

El magnesio tiene la característica de retardar la transición eutectoidal y el aluminio por su lado, dá fluidez a la aleación, volviendo al metal más colable, ya que al aumentar el contenido de aluminio, disminuye la gravedad específica de la aleación.

## CAPITULO II

### DISEÑO DE DISTRIBUCION DE LA PLANTA.

#### 2.1 DIAGRAMA DEL CICLO DE TRABAJO PARA LA PRODUCCION EN SERIE.

En la página posterior, la figura # 1 muestra el diagrama del ciclo de trabajo para la producción en serie de accesorios para tuberías de agua potable.

El primer paso a seguir es la adquisición del material para lo cual es muy importante seleccionar adecuadamente la chatarra y el metal a fundir.

Para este proceso en particular, se utilizará zinc de alta pureza, preferiblemente electrolítico ya que la aleación ZA-27 es influenciada negativamente ante la presencia de impurezas.

En el anexo # 1 se muestra una tabla que da la composición química del zinc comercial según la norma ASTM B 6-46.

## DIAGRAMA DEL CICLO DE TRABAJO PARA LA PRODUCCION EN SERIE

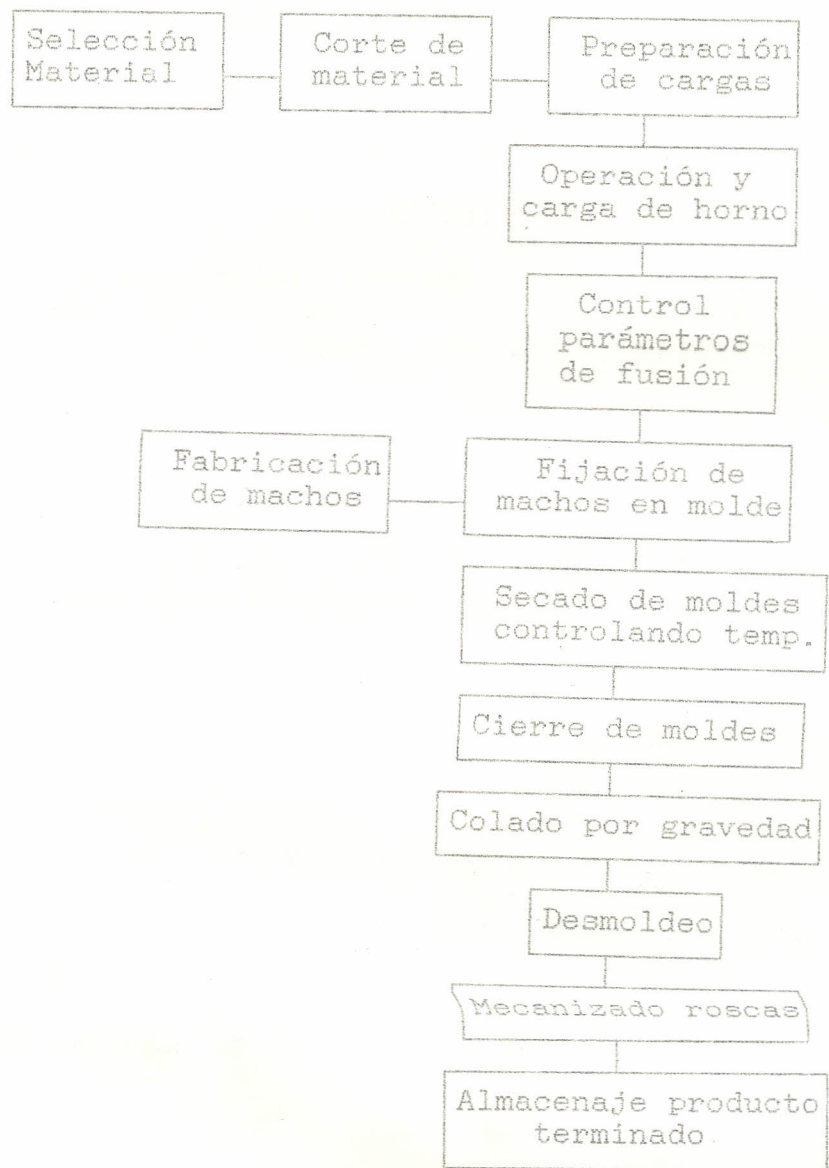


Figura # 1

En cuanto se refiere a los otros materiales, se los obtiene a partir de chatarra de aluminio, cobre y magnesio, la misma que debe ser limpiada manualmente lo mejor posible. En caso de dudas sobre el material adquirido en forma de chatarra, se debe realizar un control de calidad de la misma.

Una vez que se ha seleccionado y preparado la materia prima, se procede a realizar el corte de material a pedazos que permitan obtener con facilidad el peso correcto de las cargas, además de agilitar la fusión de la aleación.

Luego se procede al pesaje de las cargas y a cargar el horno, para posteriormente ponerlo en funcionamiento e iniciar el proceso de fusión de los materiales, controlando la temperatura de la colada.

La adición del magnesio debe hacerse de la manera correcta, para evitar de este modo la oxidación del mismo, lo cual implicaría un gasto injustificado además de una pérdida de propiedades de la aleación.

Por otro lado, se fabrican los machos, se los coloca en los moldes metálicos. Luego se secan los moldes controlando la temperatura y se cierran utilizando

prensas manuales para evitar así la fuga de metal debido a presión ejercida por el mismo.

Una vez que la aleación está lista, se bascula el horno pasando parte de la colada a una cayana. Luego la cayana es llevada a la zona de moldeo donde se efectúa el llenado de los moldes.

Cuando las piezas ya han solidificado, se las desmoldea y se las selecciona de acuerdo a su calidad. Las que no tienen fallas son llevadas a la zona de mecanizado donde se les efectúan las roscas y luego pasan al proceso final de tratamiento térmico y por último son almacenadas en la bodega de productos terminados.

## 2.2 DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE EQUIPOS Y ACCESORIOS.

Primeramente se realizó un esquema de la distribución de la planta por zonas de trabajo.

La distribución de las zonas de trabajo se hizo de modo tal que el proceso de fabricación y la circulación de materiales se efectúen de una manera continua y en lo posible siguiendo una línea recta.

Además de las zonas de trabajo, la planta contará con una oficina con baño, un baño múltiple y vestidores para los trabajadores, bodega para almacenaje de materiales, bodegas de herramientas y equipos portátiles y bodega de producto terminado. Las bodegas de materiales y de productos terminados, son las áreas donde casi todo el material inicia y termina su ciclo.

Se elaboró un diagrama a escala, en el que se muestra la distribución de la planta y la ubicación de los equipos más importantes dentro de cada una de sus zonas de trabajo.

Las zonas de trabajo tienen una distribución en forma de "U" con un pasillo central que permite el acceso de un vehículo para el ingreso de los materiales hasta la bodega.

### 2.3 DIAGRAMA DE CIRCULACION Y RECICLAJE DE MATERIALES.

Para realizar el diagrama de circulación y reciclaje de materiales, fue conveniente considerar que los materiales circulen por la planta en línea recta, con el mínimo de vías de cruce o retorno.

El ciclo de los materiales comienza con su adquisición e ingreso a la planta. En la zona de preparación de cargas el cobre y el aluminio son cortados y pesados para preparar cargas de Al-Cu en relación 9:1, que luego son fundidas formando la aleación madre que es lingoteada para posteriormente fundirse con el resto del aluminio; el zinc se añade cuando el cobre y el aluminio están en estado pastoso, y una vez que el material llega a los  $750^{\circ}\text{C}$ , es vaciado en una cayana revestida de material refractario y calentada.

Inmediatamente se realiza la adición del magnesio a la colada que está en la cayana. Para este paso es importante que el magnesio esté amarrado en una canastilla de alambre, la cual a su vez debe estar atada a una varilla de acero, para sumergir el material hasta el fondo y luego agitarlo.

Luego de esto, se procede al colado del material en los moldes que deberán estar previamente preparados con sus respectivos machos.

Los machos se realizan de una mezcla de arena de sílice, silicato y aserrín que se prepara en un molino. Esta mezcla pasa del molino una máquina que la inyecta a las cajas de machos donde son gaseados con  $\text{CO}_2$ . Luego de

esto, los machos son retirados de las cajas y colocados en los moldes para luego en conjunto ser secados a 230°C.

Luego del colado, se vuelve a cargar el horno para reiniciar el proceso. Una vez que se ha solidificado el material colado, se desmoldean las piezas y se las somete a una inspección visual para seleccionar las piezas sin fallas que serán llevadas a la zona de mecanizado y posteriormente a la zona de tratamiento térmico. El material de las mazarotas y bebederos junto a las piezas defectuosas pasan a almacenarse para luego ser reciclados.

En la figura # 3 se muestra el diagrama de circulación de materiales.





En el diagrama de distribución de la planta se indican las zonas de trabajo que conforman la planta.

- A Oficina con baño
- B Bodega de herramientas
- C Bodega de materiales
- D Zona de corte de material y preparación de cargas
- E Zona de fusión
- F Zona de fabricación de machos
- G Zona de colado y selección de piezas
- H Zona de maquinado
- I Baño múltiple y vestidores
- J Bodega de producto terminado

DIAGRAMA DE CIRCULACION Y RECICLAJE DE MATERIALES

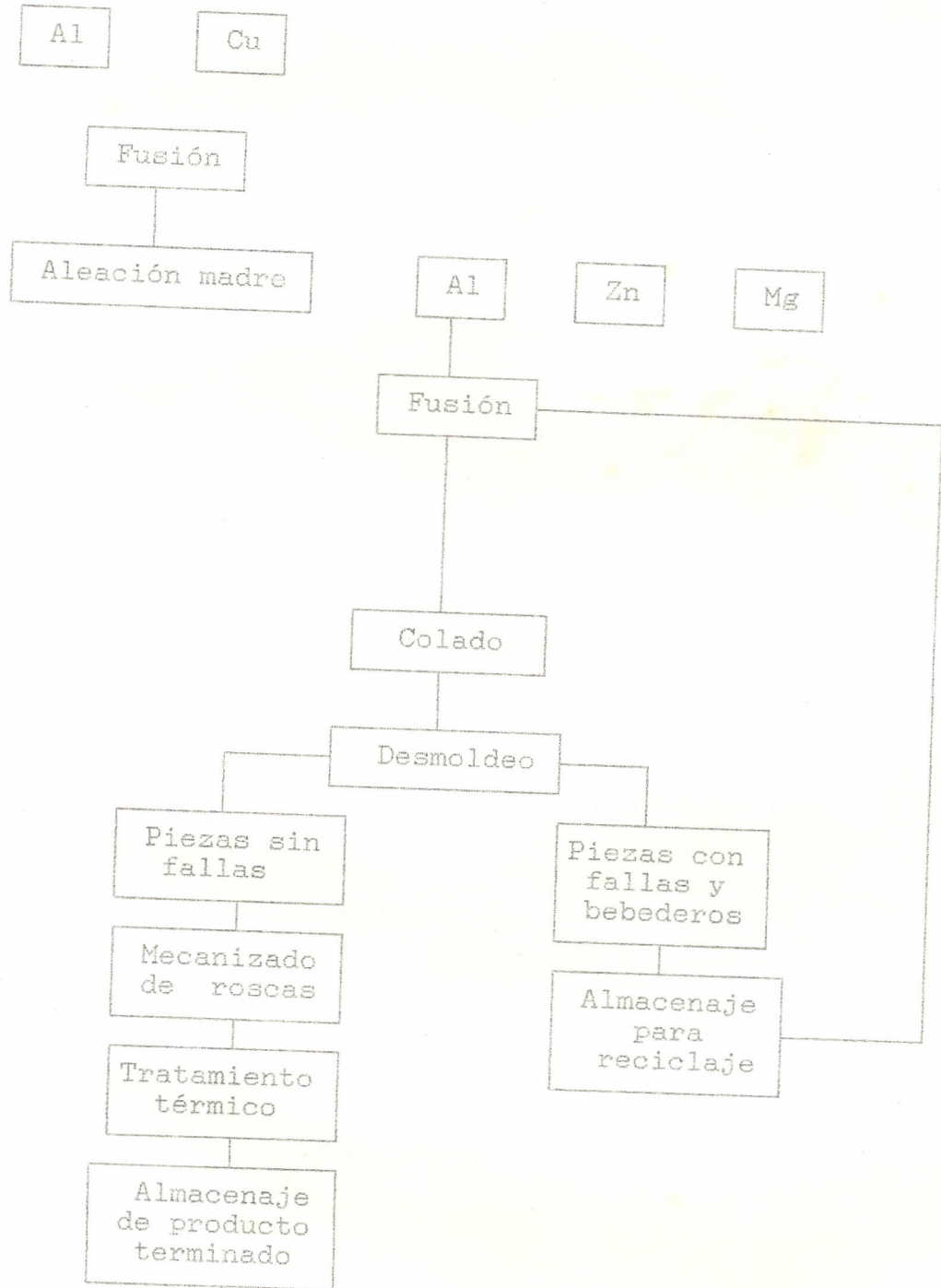


Figura # 3

17570 AEJH

### CAPITULO III

#### ANALISIS ECONOMICO DE LA PRODUCCION.

El análisis económico de la producción se realizó asignando precios a los distintos recursos requeridos. Para esto principalmente se consideró la valorización de precios del mercado.

Para calcular los costos de producción se realizó un desglose en rubros parciales de todos los gastos que se requerirán para realizar una producción en serie.

Los rubros que integran los costos pueden agruparse de la siguiente manera:

Materia prima

Materiales de consumo

Mano de obra

#### 3.1 COSTO DE MATERIA PRIMA.

El costo de materia prima es un rubro muy importante en

este proyecto ya que uno de los objetivos del mismo es reemplazar el material convencional del cual se fabrican los accesorios para tuberías, por otro que resulte competitivo tanto en costo como material de ingeniería.

Para este caso se consideró un total de ventas brutas de S/.200'000.000 por año. Además se cuenta con los pesos de los accesorios fabricados en hierro maleable y por relación de regla de tres y a partir del peso de un codo de 1/2 pulgada fundido en ZA-27, se obtuvieron los pesos de los demás accesorios en este material. También se tienen los siguientes datos de costos tomados del mercado:

#### COSTO ACTUAL EN EL MAERCADO

ACCESORIO	DIAMETRO (plg)	PESO (gr) HIERRO	PESO (gr) ZA-27	COSTO (S/.)
CODO	1/2	100	65	300
TEE		149	97	420
TAPON		37	24	300
UNION		68	44	300
CODO	3/4	170	111	550
TEE		253	164	700
TAPON		63	41	420
UNION		115	74	400
CODO	1	274	177	700
TEE		407	264	1000
TAPON		102	66	500
UNION		184	119	800

Tabla VI

*Actual*  
\* COSTO DE ACCESORIOS HIERRO EN EL MERCADO

A continuación, la tabla VII indica los porcentajes de ventas que normalmente consume el mercado interno. Estos porcentajes fueron obtenidos en base a encuestas realizadas en las ferreterías locales.

PORCENTAJE DE VENTAS BRUTAS POR AÑO.

DIAMETRO (plg)	PORCENTAJE VENTAS	CODO	TEE	TAPON	UNION
1/2	73	32	6	16	19
3/4	20	10	2	5	3
1	7	3	0.5	1.5	2

Tabla VII

El valor total de ventas brutas (S/. 200'000.000) multiplicado por los porcentajes de ventas de la tabla VII, dá como resultado las ventas brutas anuales por accesorio que tendrá la planta.

VENTAS BRUTAS ANUALES EN MILLONES DE SUCRES.

DIAMETRO (plg)	CODO	TEE	TAPON	UNION
1/2	64	12	32	38
3/4	20	4	10	6
1	6	1	3	4

Tabla VIII

La tabla IX indica la demanda de producción anual por

accesorio. Estos valores fueron obtenidos a partir del costo unitario de cada accesorio dados en la tabla VI y del valor de ventas por accesorio, obtenidos en la tabla VIII.

DEMANDA DE PRODUCCION ANUAL.

DIAMETRO (plg)	CODO (p/a)	TEE (p/a)	TAPON (p/a)	UNION (p/a)
1/2	213 333	28 571	106 667	126 667
3/4	36 364	5 715	23 810	15 000
1	8 572	1 000	6 000	5 000
SUBTOTAL	258 269	35 286	136 477	146 667
TOTAL	576 699			

Tabla IX

NUMERO DE PIEZAS A PRODUCIR POR HORA.- Este número se obtuvo a partir del valor total de la demanda de producción anual, considerando lo siguiente:

Dividiendo por 12 meses del año la producción anual, se obtuvo el número de piezas a producir mensualmente; dividiendo para 20 días laborables del mes, se obtuvo el número de piezas por día y finalmente se divide por 8 horas laborables para obtener el número de piezas a producir por hora.

Piezas por año: 576 699 p/a  
 Piezas por mes: 48 058 p/m  
 Piezas por día: 2 403 p/d  
 Piezas por hora: 300 p/h

De las 2403 piezas a producir en un día se obtiene que se fabricarán la siguiente cantidad de cada accesorio:

PRODUCCION DIARIA

DIAMETRO (plg)	PORCENTAJE PRODUCCION	CODO p/d	TEE p/d	TAPON p/d	UNION p/d
1/2	73	888	120	440	528
3/4	20	144	24	104	62
1	7	40	4	25	24
SUBTOTAL		1072	148	569	614
TOTAL		2403			

Tabla X

ANALISIS DE COSTOS DE MATERIA PRIMA.- Para este cálculo se necesitó el peso de cada accesorio fabricado en aleación ZA-27 dado en la tabla VI y el número de piezas a producir por año.

Primero se calculó el peso de aleación ZA-27 a fundir por día:



## PESO DE ALEACION A FUNDIR POR DIA

DIAMETRO (plg)	CODO (Kg)	TEE (Kg)	TAPON (Kg)	UNION (Kg)
1/2	56	11	9	19
3/4	16	9	4	5
1	12	4	1	3
SUBTOTAL	84	24	14	28
TOTAL	150			

Tabla XI

De aquí se calcula el peso de de aleación ZA-27 a fundir anualmente:

$$[150 \text{ Kg/día}] \times [20 \text{ días/mes}] \times [12 \text{ meses/año}] =$$

$$36\ 000 \text{ kg/año}$$

Del peso de aleación ZA-27 a fundir por año se calculó el peso de cada uno de los elementos aleantes para la composición de 25% Al, 2.5% Cu, 0.015% Mg y 72.485 Zn, obteniendo:

Peso de Al: 9000 Kg/año

Peso de Cu: 900 Kg/año

Peso de Mg: 5.4 Kg/año

Peso de Zn: 26095 Kg/año

Para deteminar el costo de materia prima se necesitó el peso y el costo por Kilogramo de cada elemento aleante.

Costo de Al:	$9000 \times 1200 =$	S/. 10'800 000
Costo de Cu:	$900 \times 1200 =$	S/. 1'080 000
Costo de Mg:	$5.4 \times 1200 =$	S/. 6 480
Costo de Zn:	$26095 \times 2400 =$	S/. 62'627 040
<hr/>		
Costo total:		S/. 74'513 520

Entonces, se requiere un total de S/. 74'513 520 para la compra de materia prima para la producción de 36 000 Kilogramos de ZA-27 en un año.

Del análisis anterior, se puede sacar el costo por kilogramo de materia prima, dividiendo el costo total de materia prima por la producción anual en kilogramos, dando como resultado:

S/. 2 070 cada Kg de ZA-27

### 3.2 COSTO DE MATERIALES DE CONSUMO.

Este valor abarca los costos de energía y combustible que se necesitan para la operación de los equipos que integran la planta.

Para determinar el costo de energía, se realizó la tabla

XII donde se señala el consumo energético de los equipos principales de la planta.

CONSUMO ENERGETICO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

EQUIPO	CANTIDAD	CONSUMO ENERGIA (KW-h)
Horno de crisol	1	1
Molino de arena	1	5
Mág. roscadora	1	2
Esmeril banco	1	5
Herramientas manuales		5
TOTAL		18

Tabla XII

Por lo tanto el costo anual de energía eléctrica es:

$$[18 \text{ KW/h} \times 8\text{h/día} \times 240\text{días/año}] \times [\text{S/} . 66 \text{ /KW}] =$$

S/. 2'280 960 al año

Para calcular el costo de combustible que el horno consumirá por año primero se hizo la comparación del

consumo para dos tipos de combustible: fuel-oil 2 y gas propano.

FUNDICION UTILIZANDO HORNO DE CRISOL: La fundición de metales en hornos de crisol es uno de los procedimientos más antiguos y sencillos, además son hornos de fácil y económica instalación.

Los crisoles utilizados en estos hornos por lo general son de arcilla mezclada con grafito.

Estos hornos pueden ser fijos o basculantes. Si son fijos se extrae el metal líquido con una cuchara, pero en los hornos basculantes el colado resulta más cómodo.

La ventaja de estos crisoles es que la carga queda completamente aislada y, por tanto, no se altera su composición por efecto de los gases producidos por la combustión.

La capacidad de los crisoles se suele valorar en Kilogramos de bronce, dando cada Kilogramo el valor de un punto. Para este proceso se utilizará un crisol # 125.

La capacidad de este crisol para fundir ZA-27 será:

$$c = [N \times d_{ZA-27}] / d_{bronce}$$

Donde:

c capacidad del crisol en Kg

N número del crisol

d densidad del metal

Por lo tanto un crisol # 125 tiene una capacidad para fundir 71 Kg de ZA-27.

Para determinar el consumo de energía de un horno de crisol, se debe hacer un análisis de las dimensiones del horno que se va a utilizar para la producción requerida.

Se seleccionó un crisol # 125 que tiene la capacidad de fundir 71 Kg de ZA-27. En el anexo # 2 se tienen las dimensiones para el crisol # 125. De aquí se deduce que se necesita un horno que tenga las siguientes dimensiones:

Base cuadrada de lado:  $l = 0.60 \text{ m}$

Altura:  $b = 0.60 \text{ m}$

Como material aislante se usarán ladrillos refractarios de magnesita cuya conductividad térmica es:

$$k_1 = 0.52 \text{ Kcal/hm}^\circ\text{C}$$

El consumo de energía para un horno de crisol está dado por el siguiente balance de energía:



$$Q_{cco} = Q_l + Q_m + Q_p + Q_e \quad (1)$$

$$Q_{cco} = m_{co} \times PC_{co} \quad (2)$$

Donde:

$Q_{cco}$  : calor liberado por el combustible (Kcal/h)

$m_{co}$  : masa del combustible necesaria para el proceso

$PC_{co}$  : poder calorífico del combustible

$Q_{pr}$  : calor necesario para el proceso (Kcal/h)

$Q_l$  : calor latente del material (Kcal/h)

$Q_m$  : calor necesario para fundir el metal (Kcal/h)

$Q_{pe}$  : calor por pérdidas (Kcal/h)

$Q_p$  : calor perdido a través de las paredes (Kcal/h)

$Q_e$  : calor perdido en los gases de desecho (Kcal/h)

Se conocen los siguientes datos:

Para el ZA-27:

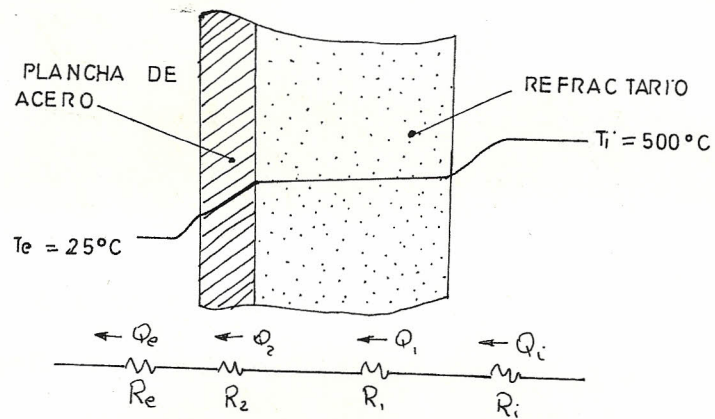
$c$ : Calor de fusión 43.2 Kcal/Kg

$C$ : Calor específico 525 J/Kg°C

$\Delta T$ : Gradiente temperatura 725°C

$m$ : Masa a fundir por día 150 Kg

Para las paredes del horno:



$$K_1 = 0.52 \text{ Kcal/hm}^\circ\text{C}$$

$$K_2 = 44.63 \text{ Kcal/hm}^\circ\text{C}$$

$$h_i = 58.1 \text{ Kcal/m}^2\text{C}$$

$$h_e = 9.80 \text{ Kcal/m}^2\text{C}$$

$$L_1 = 75 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$L_2 = 10 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Para los combustibles:

Poder calorífico:

Fuel-oil 2  $PC_{fo} = 10\,190 \text{ Kcal/Kg}$

Gas propano  $PC_{gp} = 10\,700 \text{ Kcal/Kg}$

Cálculos:

$$Q_1 = m \times C \times T$$

$$Q_1 = 13\,660 \text{ Kcal/día}$$

$$Q_m = m \times c$$

$$Q_m = 6\,480 \text{ Kcal/día}$$

$$Q_p = m \times [T_i - T_e] / [R_1 + R_1 + R_2 + R_e]$$

El área de transferencia a través de las paredes del horno es:

$$A = 1^2 + 4 \times 1^2 = 1.8 \text{ m}^2$$

$$R_1 + R_1 + R_2 + R_e = 1/h_1A + L_1/K_1A + 1/h_eA + L_2/K_2A = 0.65668$$

$$Q_p = 39\,600 \text{ Kcal/día}$$

$$Q_g = 7\,735 + 1\,900 = 9\,635 \text{ Kcal/Kg fuel-oil}$$

$$Q_g = 5\,052 + 700 = 5\,752 \text{ Kcal/Kg propano}$$

De las ecuaciones (1) y (2) se obtiene:

$$m_{co} \times PC_{co} = Q_1 + Q_m + Q_p + Q_g \quad (3)$$

Reemplazando los valores calculados en la ecuación (3), se obtiene:

Para fuel-oil 2:

$$10\,190 m_{co} = [9\,635 m_{co}] + 39\,600 + 6\,480 + 13\,660$$

$$m_{co} = 107.6 \text{ Kg}_{fo}/\text{día}$$

$$m_{co} = 122 \text{ lt}_{fo}/\text{día}$$

Para gas propano:

$$10\,700 m_{co} = [5\,752 m_{co}] + 39\,600 + 6\,480 + 13\,660$$



Costo de combustible al año:

Costo fuel-oil = 32 gal/día x S/.560/gal  
 = S/. 17 920 al día  
 = S/. 4'300 800 al año

Costo propano = 12.1 Kg<sub>ESP</sub>/día mco  
 = 12.1 Kg<sub>ESP</sub>/día x S/.120/Kg  
 = S/. 1 440 al día  
 = S/. 345 600 al año

De este análisis resulta más económico trabajar con un horno de crisol operado con gas propano, que nos dá un costo de combustible de:

S/. 345 600 al año

Por lo tanto el total del costo de materiales de consumo por año es:

Costo de energía eléctrica:	S/.2'280 960
Costo de consumo de combustible:	S/. 345 600
Costo de materiales de consumo:	<hr/> S/.2'626 560

### 3.3 COSTO DE MANO DE OBRA.

Este rubro comprende el personal de planta, de supervisión, de oficina y guardianía. Para la producción requerida se necesitan:

- 1 Ingeniero Mecánico
- 1 Contador
- 1 Secretaria
- 2 Trabajadores calificados
- 6 Trabajadores no calificados
- 1 Guardián

El presupuesto de mano de obra se ha ordenado conforme a las exigencias técnicas y administrativas de la planta, indicando cuáles son las calificaciones y cuáles son los sueldos que se estima habrán de pagarse para una jornada de trabajo de 40 horas semanales.

Los sueldos mensuales del personal que labora en la planta son estimados en base a los sueldos pagados en industrias similares.

En la tabla XIII, se indican los sueldos a pagar.

TABLA SALARIAL (EN MILES DE SURES)

CARGO	SUELDO MENSUAL	SUELDO POR AÑO	CANTIDAD PERSONAL	TOTAL A PAGAR
Ingeniero	250	3 000	1	3 000
Contador	100	1 200	1	1 200
Secretaria	60	720	1	720
Trab. Calif.	120	1 440	2	2 880
Trab. no cal.	60	720	6	4 320
Guardián	60	720	1	720
TOTAL DE SUELDO ANUAL				12 840

Tabla XIII

Para justificar la estimación de los sueldos hay que considerar las tarifas existentes y todas aquellas disposiciones de ley.

Por lo tanto a este total de sueldos de S/. 12'840 000 se le suma el 100% que corresponde al pago de utilidades y beneficios de ley.

Total de sueldos a pagar en un año: S/. 25'680 000

### 3.4 COSTO TOTAL DE PRODUCCION.

El costo total de la producción considera además de los costos de la materia prima, de materiales de consumo y de mano de obra, el costo de maquinado y la depreciación anual de los equipos.

Se estimó como costo de maquinado el 10% del total de ventas brutas anuales, y el de depreciación está dado en la tabla XIV.

EQUIPO	COSTO (SUCRES)	VIDA UTIL (AÑOS)	DEPRECIACION ANUAL (SUCRES)
Horno basculante	1'000 000	20	50 000
Crisol	400 000	1	400 000
Molino de arena	800 000	20	40 000
Máq. roscadora	3'000 000	10	300 000
Esmeril de banco	200 000	10	20 000
Moldes metálicos	8'140 000	5	1'628 000
Cajas de machos	510 000	5	102 000
Máq. de cierre	2'480 000	8	320 000
Equipo de C.C.	1'950 000	30	65 000
			2'925 000

Tabla XIV

Por lo tanto el costo total de producción es:

Costo de materia prima:	S/.	74'513 520
Costo de materiales consumo:	S/.	2'626 560
Costo de mano de obra:	S/.	25'680 000
Costo de maquinado:	S/.	20'000 000
Depreciación anual:	S/.	2'925 000
<hr/>		
Costo total de producción:	S/.	125'745 080

## RECOMENDACIONES.

- Se debe realizar un control adecuado de la temperatura del horno durante el proceso de fusión de la aleación ZA-27 para no sobrecalentar el metal, ya que esto conduce a la desgasificación del aluminio.
- Se recomienda realizar una buena inspección de la chatarra que servirá de materia prima, ya que la aleación ZA-27 es influenciada negativamente por las impurezas.
- Se recomienda realizar una aleación madre Cu-Al para facilitar el proceso de fusión del cobre.
- Se debe mantener un estricto control sobre la composición de la aleación ZA-27 seleccionada, que es la que posee mejores propiedades y fue obtenida a partir del estudio del comportamiento de la aleación ZA-27 dentro de su rango de composición permitido.
- La adición del magnesio en la aleación, se debe realizar con mucho cuidado para evitar su oxidación,

que acarrearía un gasto injustificado y cambiaría las propiedades de la aleación seleccionada.

- Se debe mantener un control sobre la temperatura de calentamiento de los moldes.
- Se recomienda trabajar con un horno de crisol que opere con gas propano ya que este combustible tiene un costo inferior que el fuel-oil 2 dando al proceso de producción mayor economía.
- Para el futuro, se recomienda fabricar toda la gama de accesorios para tubería. Esto representaría mayor rentabilidad del proceso.

## CONCLUSIONES

Al finalizar este proyecto, se puede decir que se ha cumplido con el principal objetivo que fue el de desarrollar el proceso de fabricación de un producto que en este caso fueron los accesorios para tuberías de agua potable.

Un punto importante que decidió que el proyecto se desarrolle en el futuro, es la rentabilidad que genera la fabricación de este producto.

Luego de estudiar el comportamiento de la aleación ZA-27, dentro de su rango de composición permitido y bajo diferentes condiciones de fabricación, se obtuvo un material que cumple con las propiedades necesarias que lanzaron como resultado un producto de buena calidad y de excelente apariencia, puntos que son muy importantes para la competencia con el producto existente en el mercado.

Al comparar los costos de materia prima para la obtención de la aleación ZA-27 y del hierro maleable, este es un poco alto, pero el costo del proceso es mucho menor para



el ZA-27 ya que no es necesario utilizar horno de inducción que requiere un alto costo de energía eléctrica.

En cuanto a la selección del horno, se escogió uno de crisol que utiliza gas propano como combustible. Este tipo de combustible fue el que resultó de menor costo en los cálculos de consumo de energía, teniendo en cuenta que se utilizarán tanques de gas de uso doméstico que son los de 15 Kg y cuyo costo está subcidiado.

ANEXOS

CLASES COMERCIALES DE ZINC SEGUN NORMA ASTM B 6-46					
#	DENOMINACION	CANTIDAD MAXIMA DE IMPUREZAS EN %			
		Pb	Fe	Cd	Pb+Fe+Cd
1a	Alto grado especial	0.006	0.005	0.004	0.01
1	Alto grado	0.07	0.02	0.07	0.10
2	Intermedio	0.20	0.03	0.50	0.50
3	Especial	0.60	0.03	0.50	1.00
4	Selecto	0.08	0.04	0.75	1.25
5	Occidental	1.60	0.08	-	-

ANEXO # 1

TAMANOS ESTANDAR DE CRISOLES		
NUMERO	ALTURA EXTERIOR (plg)	DIAMETRO SUPERIOR EXTERIOR (plg)
1	3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
2	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
5	6 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
10	8 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
12	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	6 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>
14	8 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	6 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>
16	9 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	6 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>
20	10 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	7 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>
25	10 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	8 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
30	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>
35	12	9
40	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>
50	13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
60	14 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	10 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>
70	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
80	15 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	11 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>
90	16 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
100	16 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
125	17 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	13

Anexo # 2

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

- 1.- BAUMISTER Theodore, AVALLONEn Eugene A., Manual del Ingeniero Mecánico MARKS, volumen I y III, segunda edición, Ed. Mac GHraw Hill, 1986.
- 2.- BEGEMAN, Myron, AMSTEAD B., Procesos de Fabricación, Segunda Edición.
- 3.- Designing for Thin Wall Zinc Die Castings, (International Lead and Zinc Research Organization, 1986)
- 4 .- Engeneering Properties of Zinc Alloy ILZRO, segunda edición. U.S.A., 1981
- 5.- KREITH, F., Principles of Heat Transfer, tercera edición, New York, 1973
- 6.- STOKES, Vernon, Manufacturing Processes, Editorial Merrill, U.S.A., 1975

- 7.- TRINKS, W.L., Industrial Furnaces, New York, 1951
- 8.- BEJAR, Fernando, Proyecto de inversión Nacional para la Fabricación de Herramientas Manuales (Proceso de Fundición), Proyecto de Grado, ESPOL, 1990.
- 9.- IZAGUIRRE, José, Construcción y pruebas de una máquina de fundición a presión, Tesis de Grado, ESPOL, 1989.