



D-9314

LA SUPERIOR

POLITECNICA DEL LITORAL

T
673.534
B 826
c-2

Facultad de Ingeniería Mecánica

" RECICLAJE DE MATERIA PRIMA EN PLANTA PRODUCTORA DE
ENVASES DE ZINC"

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del Título de :

INGENIERO MECANICO

Presentado por:



BIBLIOTECA

ANGEL CELIO BRAVO ROMERO

GUAYAQUIL - ECUADOR

1989

AGRADECIMIENTO



BIBLIOTECA

Al ING. IGNACIO WIESNER F.
Director de Informe Técnico,
por su valiosa y desinteresada ayuda en la
elaboración del presente
Informe Técnico.

Al COLEGIO DE INGENIEROS
MECANICOS DEL GUAYAS, por
su invalorable colaboración.

DEDICATORIA

A MI MADRE, MANUELA VIUDA DE BRAVO, quien con su apoyo, cariño y comprensión me impulso a realizar este informe.

DECLARACION EXPRESA



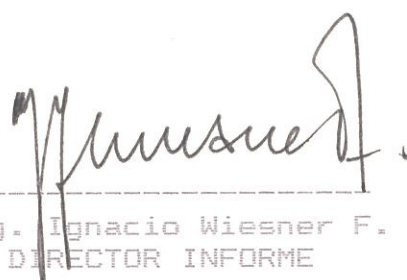
" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Informe, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

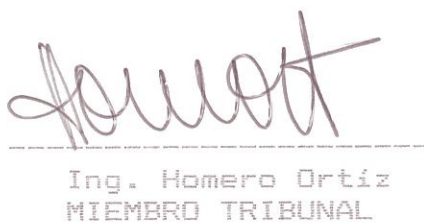
Angel Celio Bravo Romero



Ing. Nelson Cevallos
DECANO



Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR INFORME



Ing. Homero Ortiz
MIEMBRO TRIBUNAL

RESUMEN

El presente informe técnico trata sobre el proceso para recuperar el zinc que de distintas fuentes se genera en forma de chatarra durante el proceso de producción de envases de zinc para pilas secas.

El ambiente de trabajo en el area de extrusión se encontraba siempre abarrotado de desperdicios, debido a la generación excesiva de envases defectuosos a causa entre otros factores, a la mala composición de la pastilla de zinc, que es el envase en su primera fase de producción. Con el objeto de controlar este problema y otros relativos a la fundición de zinc, se propuso a la gerencia de planta incorporar un equipo de fusión para reciclaje de chatarra.

Al implementar el horno con crisol de fundición para reprocesar toda la chatarra de zinc en lingotes se estableció un flujo de material entre la chatarra de zinc generada en dos días de producción y el material fundido durante un período de 8 horas en el crisol de fundición.

La implementación del horno con crisol de fundición estaba planificado dentro del proyecto total de la planta para cierto tiempo después.

La eficiencia del montaje y arranque de las prensas extrusoras, tanto para pila grande como pila pequeña y cierta lentitud administrativa, determinaron la presencia de excesivo material para reprocesar, en una cantidad

mayor a la que se había planificado, por cuanto como en todo inicio de un proceso se presentan muchos problemas de producción y de mantenimiento que se superan poco a poco.

La toma de decisión para adelantar el período de instalación del equipo de fusión de la chatarra de zinc determinó beneficios de diversa índole y principalmente se refieren a la disminución de pérdidas de material reciclado del 25% al 2% producidas por escoración, mejor control de la composición química del material reprocesado y la eliminación de rubros por manipuleo, transporte y almacenamiento de chatarra recuperable.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

1. ANTECEDENTES

1.1. Esquema original de planta

1.2. Instalación con máquina formadora de lingotes

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1. Proceso de producción

2.2. Problemas del proceso de producción

2.3. Problemas de reciclaje de chatarra

2.4. Solución propuesta

2.5. Cálculo y montaje de equipos

2.6. Puesta en marcha

2.7. Evaluación del nuevo esquema

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS



INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1.- ESQUEMA ORIGINAL DE PLANTA
- Fig. 2.- SECCION FORMADORA DE LINGOTES
- Fig. 3.- PRENSA DE EXTRUSION, ENVASES DE ZINC
- Fig. 4.- CORTADORA DE ENVASES DE ZINC
- Fig. 5.- PASTILLAS DE ZINC CON DEFECTOS DE APARIENCIA
- Fig. 6.- ENVASES DEFECTUOSOS PRODUCIDOS DURANTE EL PROCESO DE EXTRUSION .
- Fig. 7.- ENVASES DEFECTUOSOS SIN CONTAMINACION DE MEZCLA
- Fig. 8.- ESQUEMA ORIGINAL DE PLANTA CON MAQUINA FORMADORA DE LINGOTES
- Fig. 9.- INSTALACION DE PEANA O BASE REFRACTARIA
- Fig.10.- HORNO CON CRISOL DE FUNDICION DE INCLINACION MANUAL
- Fig.11.- INSTALACION COMPLETA DEL HORNO CON CRISOL DE FUNDICION
- Fig.12.- VISTA EN CORTE DEL HORNO CON CRISOL DE FUNDICION
- Fig.13.- CORTE DE LA INSTALACION DEL CRISOL CON PICO LARGO
- Fig.14.- CONSIDERACIONES PARA INSTALAR CRISOLES
- Fig.15.- CONSIDERACIONES PARA INSTALAR CRISOLES
- Fig.16.- LINGOTERA O MOLDE PARA ZINC

CAPITULO I

ANTECEDENTES

Para la fabricación del producto terminado se requieren de varios procesos que a la vez determinan la producción de los diferentes elementos que constituyen la pila seca. Uno de estos elementos es el envase, cuyo proceso se inicia con la limpieza y lubricación de la pastilla de primera fusión y se continua con el proceso de extrusión, donde se observa se produce el mayor porcentaje de materia prima procesada recuperable; luego en la máquina de conformación del producto terminado en la sección donde el envase no está contaminado por la mezcla corrosiva, que también es un componente del producto terminado, se obtiene así mismo chatarra de zinc recuperable.

El diagrama de bloques que muestra el esquema original de planta (figura # 1), es necesario que sea ligeramente explicado a fin de obtener ciertos criterios que justifiquen la implementación de varios equipos que son objeto del presente informe técnico.

En algunas ocasiones la empresa tuvo necesidad de contratar servicios de empresas locales para hacer lingotado de productos de desechos metálicos almacenados por cierto tiempo.

La industria de la fundición no se abastecía para reprocesar el material en un tiempo prudencial y con la calidad requerida, creando de esta manera elevada pérdida

ESQUEMA ORIGINAL DE PLANTA

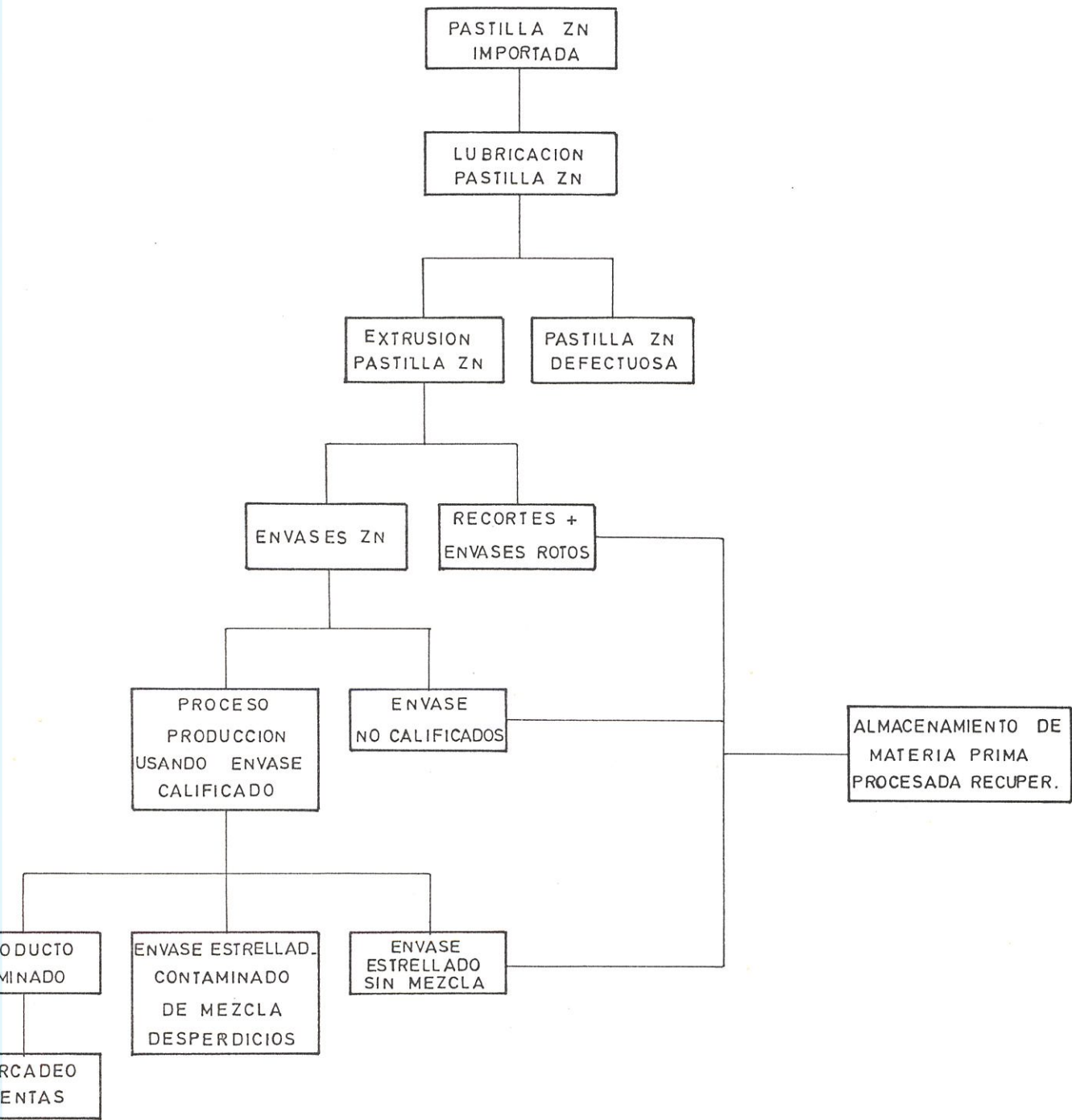


FIG. Nº 1

de material reprocesado por concepto de merma debido a la escoración, baja calidad de material reprocesado y costos por almacenamiento, manipuleo y transporte de la chatarra.

1.1. ESQUEMA ORIGINAL DE PLANTA

El diagrama de bloques de la figura #1, nos muestra el proceso original de producción en una planta para pila seca.

La pastilla de zinc, importada, se someterá a un proceso de lubricación y limpieza, luego es sometida a extrusión para obtener el envase, éste es cortado a la altura requerida para la producción de pila. Finalmente el envase entra a la máquina formadora de celda, que es la sección donde se colocan todas las partes que conforman la pila seca.

Además, en el diagrama de bloques, también se observa los diferentes puntos donde se genera chatarra de zinc, es decir, recortes y envases defectuosos, que son almacenados para luego ser reprocesados en fundiciones locales.

1.2. INSTALACION CON MAQUINA FORMADORA DE LINGOTES

De los cambios implementados al esquema original de planta, el que primero se instaló fue un sistema de elaboración de pastillas por colado en moldes de gráfita para reemplazar el sistema tradicional de

pastillas hechas por laminación y punzonado; paralelamente se acondicionó una sección donde se colocaban lingotes de zinc.

La necesidad de acondicionar esta última sección se presentó cuando por emergencia debido a fallas del horno de fundición se tenía que vaciar todo el zinc fundido a fin de poder reparar el sistema de calentamiento del horno. Esta sección estaba constituida por una mesa de enfriamiento, lingoteras, tecla con monoriel y el crisol móvil para transportar el zinc fundido desde el horno de fundición hasta la mesa de enfriamiento donde se vaciaba el material en las lingoteras o moldes. Ver figura # 2.

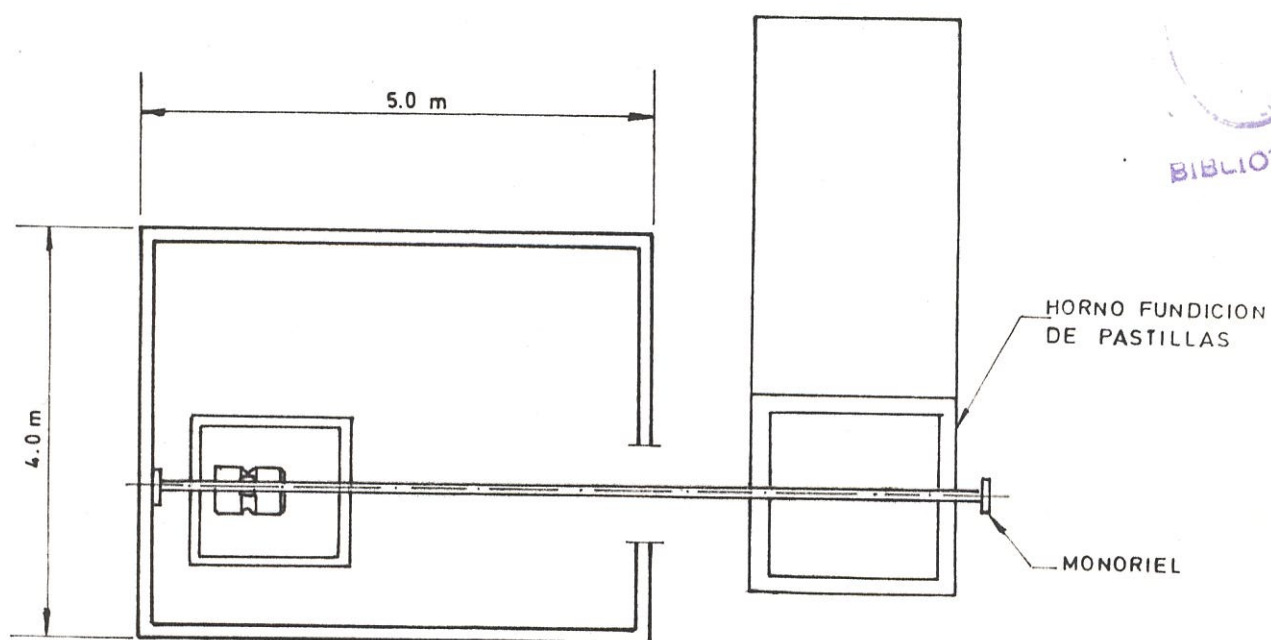


FIG. # 2.- SECCION FORMADORA DE LINGOTES

CAPITULO II

DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1. PROCESO DE PRODUCCION

La definición del proceso de producción estará orientado su desarrollo a determinar las fuentes que generan chatarra de zinc, considerando la etapa fabril en la que ya estaba en funcionamiento la máquina formadora de pastillas de colado. Así mismo con el ánimo de facilitar la descripción del proceso es necesario definir a que se denomina pastilla de primera fusión.

La pastilla de primera fusión, es un pequeño disco que tiene el peso y porcentaje de zinc necesarios para obtener el envase cuando la pastilla sea sometida al proceso de extrusión. Una vez que se ha definido el concepto de pastilla de primera fusión, se debe analizar todo el proceso de producción que se indica en el esquema original de planta de la figura #1.

El primer proceso al que es sometida la pastilla metálica es de lubricación y limpieza, en esta etapa se genera chatarra de zinc, ya que se rechaza toda pieza que está fuera del peso establecido, o también por defectos de apariencia, como por ejemplo los bordes muy altos y porosidades. De la chatarra de zinc recuperable generada en todo el proceso de producción a esta etapa solo le corresponde el 3%.

Las pastillas calificadas por el departamento de calidad y que han pasado por el proceso previamente citado, son sometidas al proceso de extrusión, ver figura # 3.

Durante esta etapa es donde se produce el mayor porcentaje de chatarra de zinc, constituida por envases defectuosos, y recortes de zinc. Los envases defectuosos son debidos a problemas de extrusión y los recortes se producen cuando se corta el envase extruido a fin de dar la altura especificada del mismo. ver figura # 4.

En esta etapa se produce el 90% de la chatarra de zinc recuperable. De igual forma que en la etapa anterior el departamento de calidad debe calificar los envases que pasan a la etapa siguiente que es de conformado de la celda o pila seca.

En la etapa de conformado de la celda solo se considera chatarra de zinc a los envases que no esten contaminados de mezcla corrosiva, que también es un componente de la pila seca. Los envases defectuosos no contaminados se producen en un 7% del total del desperdicio recuperable de zinc.

Los envases que se encuentran contaminados de mezcla constituyen los desperdicios no recuperables, en las etapas posteriores para dar el acabado a la pila no se genera chatarra de zinc por cuanto todo el material que se obtiene está contaminado de mezcla.

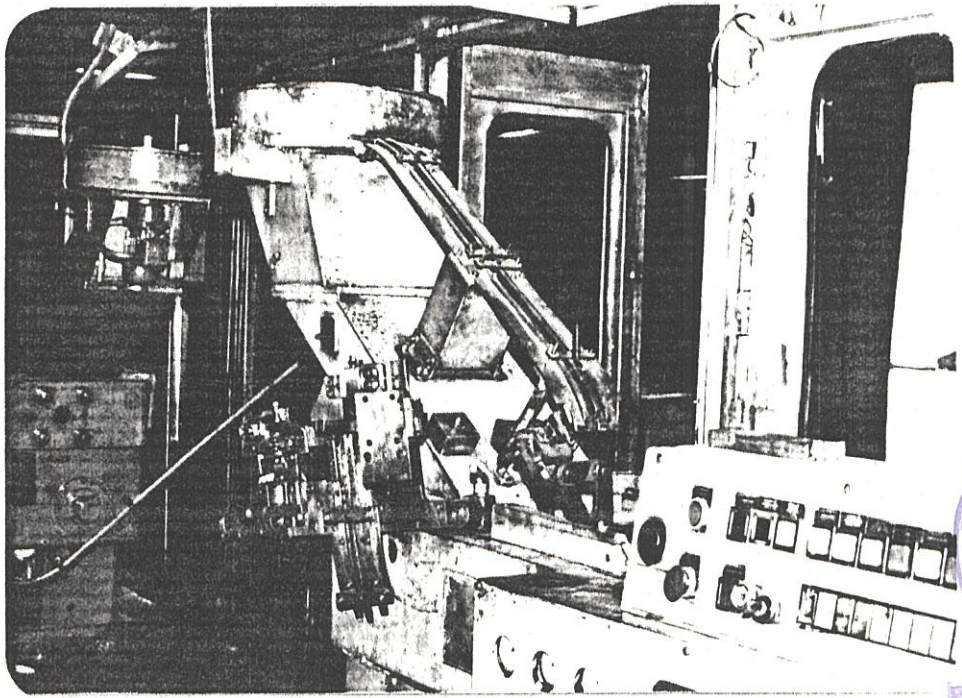


Fig. # 3.- PRENSA DE EXTRUSION ENVASES DE ZINC

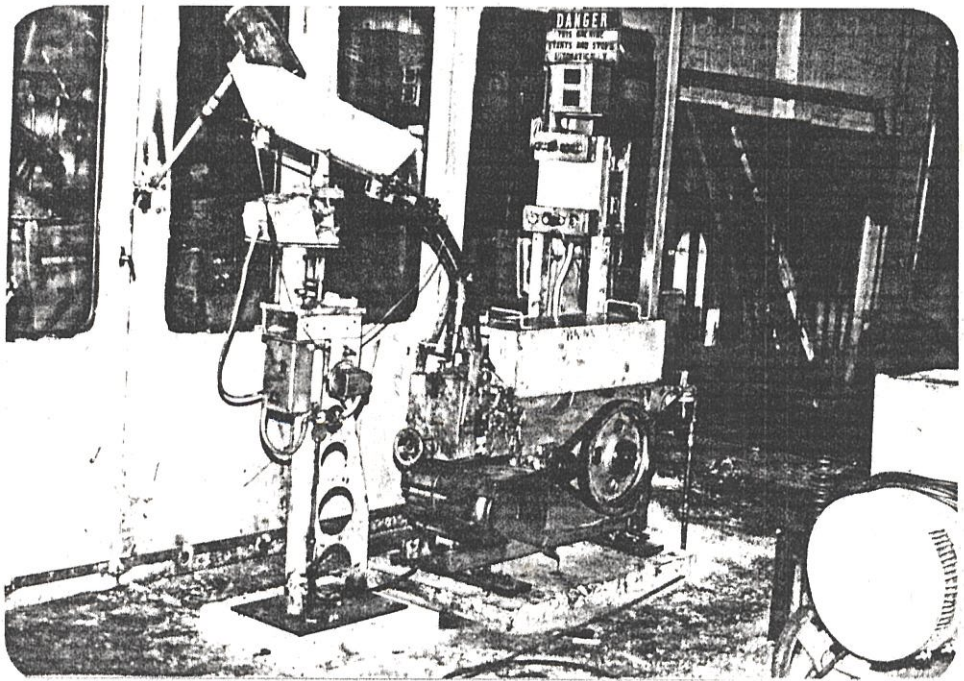


Fig. # 4.- CORTADORA DE ENVASES DE ZINC. PRODUCE 100 % DE RECORTES

2.2. PROBLEMAS DEL PROCESO DE PRODUCCION

Como se indica en el artículo anterior los problemas que originan la materia prima procesada recuperable se localizan en las siguientes etapas:

- Limpieza y lubricación de la pastilla de primera fundición.

El departamento de calidad rechaza las pastillas que tengan defectos de apariencia, peso fuera de especificación; como defecto de apariencia puede considerarse a aquellas pastillas que tengan excesiva altura, bordes pronunciados de las pastillas, porosidades de las mismas. Ver figura # 5.

Durante el proceso normal de producción, en la extrusión, las pastillas metálicas con bordes muy elevados se quedan en la guía transportadora provocando paradas en la producción hasta el momento en que se sacaba la pastilla; las pastillas con excesivo peso producen envases largos que a su vez se detienen en la guía de salida de envases, provocando de ésta manera estrellamiento de los mismos y paradas en la producción. En cuanto a la pastilla de bajo peso, generan envases cortos o envases con paredes laterales de espesor muy delgado, que no cumplen con las especificaciones establecidas.



BIBLIOTECA

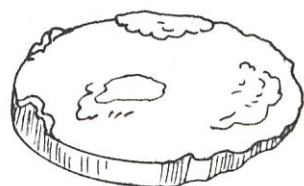
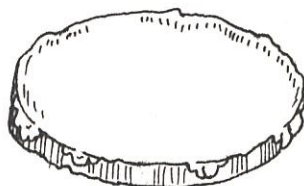
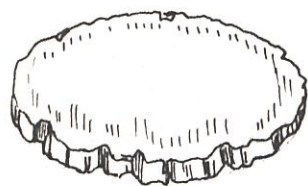


FIG.# 5.- PASTILLAS DE ZINC CON DEFECTOS CRITICOS

- Proceso de extrusión

La chatarra de zinc recuperable se produce durante el impacto de las herramientas extrusoras, debido a fallas mecánicas, a fallas de calentamiento previo de las pastillas en la guía transportadora; en la cortadora de envases que es el punto de mayor producción de zinc procesado recuperable, pues el 100% de los recortes deben ser recuperados. Ver figura # 6.

Los envases defectuosos que constituyen la chatarra de zinc recuperable son producto de fallas mecánicas debido al mal alineamiento de las herramientas de extrusión; o por que los componentes de la aleación de zinc no se encuentran en los porcentajes establecidos para una buena extrusión.

La pastilla de primera fusión apta para una extrusión eficiente debe contener zinc de 99.53% a 99.7%, plomo entre 0.2% a 0.4% y cadmio entre 0.03% y 0.07%.

- Proceso de producción del producto terminado

Solo se constituye en materia prima recuperable, todos los envases defectuosos que no se encuentren contaminados de mezcla, ver figura # 7.

Los envases no contaminados de mezcla que se constituyen en material metálico recuperable son producto de fallas mecánicas en la máquina

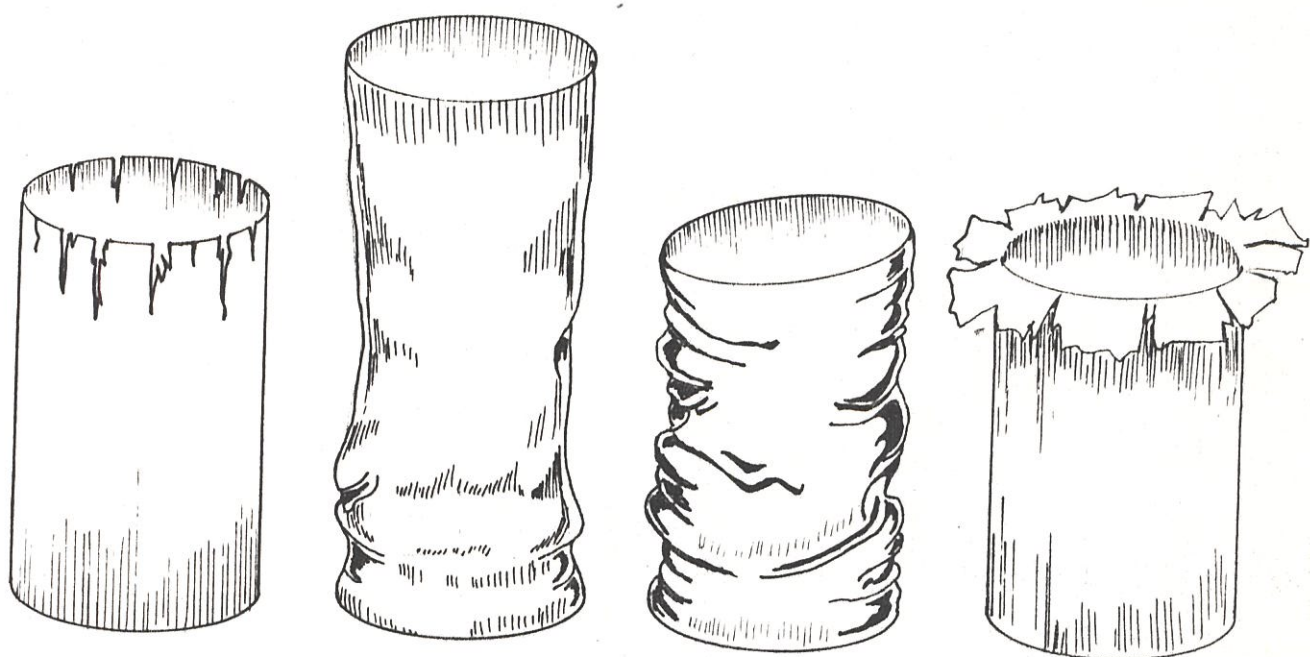


FIG. #6.- ENVASES DEFECTUOSOS PRODUCIDOS DURANTE EL PROCESO DE EXTRUSION

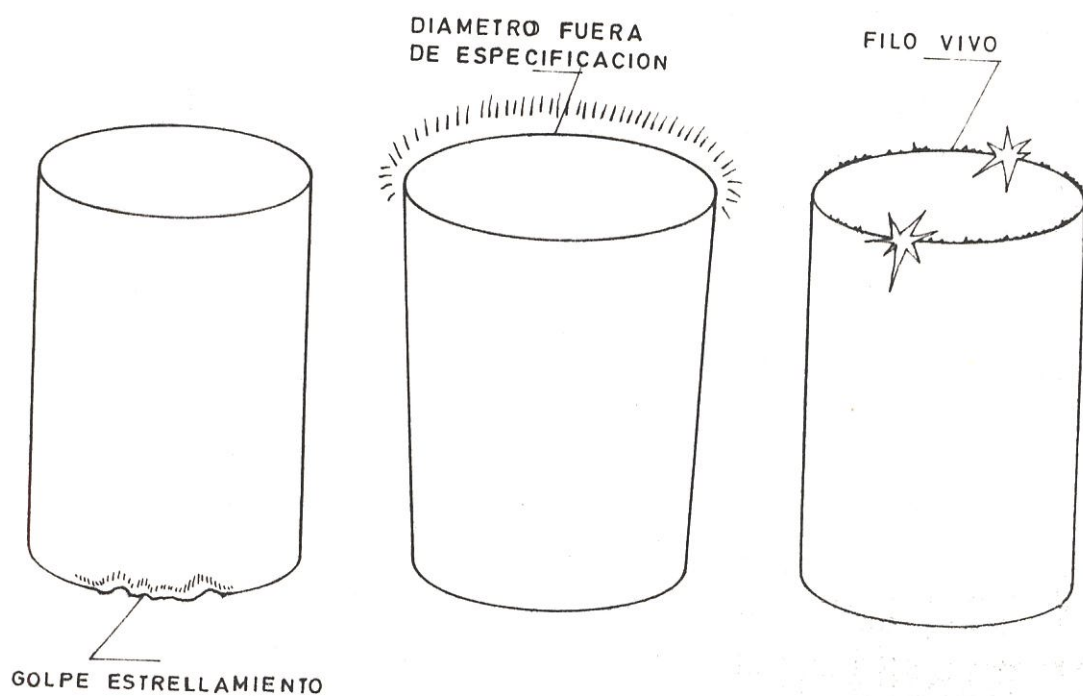


FIG. # 7.- ENVASES DEFECTUOSOS SIN CONTAMINACION DE MEZCLA

formadora de celda, ya sea por mala sujeción de las herramientas o mal alineamiento de las mismas, o porque las herramientas no fueron sometidas al tratamiento térmico necesario para obtener la dureza requerida.

La chatarra de zinc se produce también debido a que los materiales utilizados en las primeras etapas de conformado de la celda no cumplen con las especificaciones de calidad.

2.3. PROBLEMAS DE RECICLAJE DE CHATARRA

En el esquema original de la planta, toda la cantidad de materia prima procesada recuperable que se produce se acumula en grandes cantidades, y es de tanta magnitud y volumen que físicamente su almacenamiento era muy complicado.

Esta materia prima debía ser almacenada en lugares que la protejan de la humedad y contaminación ambiental.

Además debía estar embalada en cajas de madera o fundas plásticas en cantidades de aproximadamente 40 kilos.

El almacenar la materia prima en la forma y en las cantidades antes indicadas demandaba mucho costo por la mano de obra y por los embalajes.

Otro factor negativo en el reciclaje de chatarra fuera de la planta era el elevado porcentaje de

merma que se producía al fundir el zinc, debido a la escoración se reportaba una merma entre el 15% y el 25% del peso total que se enviaba a fundir. Además el lingote de zinc que se obtenía presentaba muchas impurezas.

Otro factor negativo era el alto costo del manipuleo y transporte de la materia prima desde la planta hasta la fundidora de zinc y viceversa.

La composición química del zinc fundido no se mantenía dentro de las especificaciones establecidas para asegurar una buena extrusión de los envases.

2.4. SOLUCION PROPUESTA

La chatarra de zinc generada durante el proceso de producción de pila seca, no se puede eliminar dentro del proceso y lo que hay que hacer es reciclarlo en forma de lingotes. Durante el proceso de reciclaje se encuentran muchos problemas que deben ser resueltos en forma técnica y económica.

Como prioridad principal se consideró la necesidad de reprocesar la chatarra en la misma planta, luego se consideró que el proceso de reciclaje se integre al ciclo de fundición metálica. El ciclo de fundición es aquel que se realiza para producir pastillas de zinc de primera fusión.

De acuerdo con estos criterios se propuso a la gerencia de planta instalar un sistema de fusión que

sea capaz de absorber toda la chatarra generada en planta para que vuelva a ser utilizada como materia prima y básicamente consiste de un horno de fundición para producir lingotes de zinc.

Para tener un conjunto armónico y conseguir la mejor eficiencia de la instalación se sugirió realizar la ampliación de acuerdo con el siguiente esquema, ver figura # 8.

2.5. CALCULO Y MONTAJE DE EQUIPOS

El proceso que se realiza en el horno de fundición para formar pastillas de zinc de primera fusión requiere que el zinc sea añadido en forma lenta y en cantidades fijas, para lo cual se tiene el zinc en forma de lingotes de aproximadamente 25 kilos.

En caso de que los lingotes excedan este peso se corre el riesgo que el metal se enfrie hasta conseguir solidificarse el metal en el horno y consecuentemente habría interrupción de la producción. Por tanto el desperdicio de zinc debe ser recuperado en forma de lingotes de 25 kilos.

Para la selección del horno de fundición, principalmente se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- La cantidad de metal a ser fundido
- El grado de pureza que se requiere
- La naturaleza del material a ser fundido

ESQUEMA ORIGINAL DE PLANTA CON MAQUINA FORMADORA DE LINGOTES

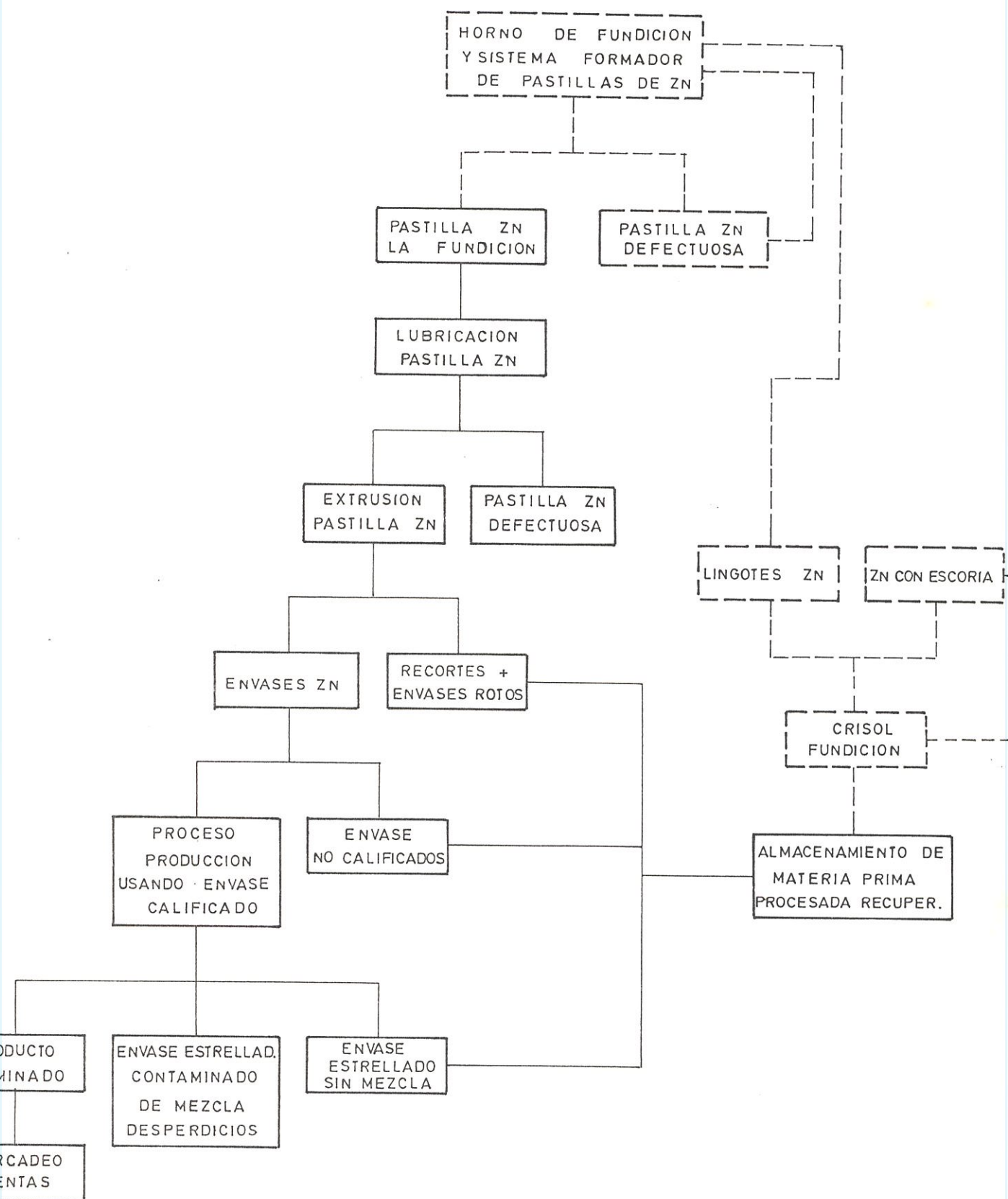


FIG Nº 8

- Tipo de proceso para la fundición del metal
- Fuente de calentamiento del horno
- Facilidad operacional para los trabajadores
- Eficiencia térmica del horno

La cantidad de metal a ser fundido

Los reportes diarios indican que se generan 600 kilos de desperdicios de zinc recuperables.

El grado de pureza que se requiere

El proceso de fusión no debe alterar la aleación de la chatarra de zinc; el objetivo es obtener un metal fundido de alta calidad, puesto que, pequeñas variaciones en los porcentajes de los componentes plomo y cadmio producen cambios de las propiedades químicas y físicas del metal, provocando problemas durante el proceso de extrusión de los envases de zinc.

Naturaleza del material a ser fundido

La aleación de zinc funde a 420 °C, se realiza la fundición en cantidades pequeñas de metal, por lo que no se requiere que la eficiencia térmica del horno sea grande. Los procesos de combustión tienen eficiencia térmica baja comparada con el calentamiento eléctrico; como el costo del combustible es barato y la energía eléctrica cara, se consideró que un horno calentado por combustible es el necesario para fundir la chatarra de zinc.



Además, del siguiente análisis se obtuvo que el material a ser fundido tiene gran volumen específico, es decir que el horno debe contener chatarra con gran volumen y poco peso. El análisis del volumen específico es el siguiente:

La chatarra de zinc está formada por tres tipos de chatarra, la de primera clase constituida por el recorte de zinc, la chatarra de segunda constituida por los envases defectuosos obtenidos antes del corte del envase, y la chatarra de tercera constituida por los envases defectuosos después del corte. Con las medidas y el peso de estos tipos de chatarra, calculamos el volumen específico de cada chatarra.

Chatarra de primera

$$D = \text{diámetro} = 32 \text{ mm}$$

$$h = \text{altura} = 55 \text{ mm}$$

$$P = \text{peso} = 24 \text{ gr}$$

$$V = \pi D^2 h / 4$$

$$V = 44211 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{esp}} = V/P = 100 \text{ mm}^3/\text{gr}$$

De igual manera se hace el cálculo para los otros tipos de chatarra:

Chatarra de segunda

$$V_{\text{esp}} = V/P = 1842 \text{ mm}^3/\text{gr}$$

Chatarra de tercera

$$V_{\text{esp}} = V/P = 2100 \text{ mm}^3/\text{gr}$$

Tipo de proceso para la fundición del metal

El proceso para la fundición de la chatarra debe ser intermitente y no continuo tomando en consideración que la cantidad de material no es muy grande, si bien es cierto que en un principio fue de gran magnitud y volumen pero se estimó que en el futuro la generación de chatarra se controlaría con la fundición de la misma en el horno seleccionado.

Un horno con una capacidad entre 300 y 600 lbs/hr es suficiente, para lo cual se realiza el siguiente razonamiento:

El horno debe trabajar un turno de 8 horas para fundir 1200 kilos de chatarra generada por la planta, por lo tanto su capacidad máxima será:

$$600 \text{ lbs/hr} \times 1 \text{ kl}/2.2 \text{ lbs} \times 8 \text{ hr} = 2181 \text{ kls}$$

Su capacidad mínima será:

$$300 \text{ lbs/hr} \times 1 \text{ kl}/2.2 \text{ lbs} \times 8 \text{ hr} = 1090 \text{ kls}$$

por lo que concluimos que la capacidad del horno es suficiente.

Fuente de calentamiento del horno

El horno debe ser calentado por un combustible de fácil adquisición y económico, en este punto es muy importante considerar la cantidad de calor que se necesita para fundir los 1200 kls de chatarra de zinc.

El zinc se funde a una temperatura entre 420 y 480 °C por lo tanto el poder calorífico del combustible

debe ser bajo.

Partiendo de la definición de calor total de fusión y de recalentamiento, se tiene:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Q = Calor total

Q_1 = Calor de calentamiento al punto de fusión

Q_2 = Calor de recalentamiento

Q_3 = Calor latente de fusión

$$Q_1 = C_1 P (t_1 - t) \text{ [Kcal]}$$

$$Q_2 = C_2 P (t_2 - t_1) \text{ [Kcal]}$$

$$Q_3 = C_3 P \text{ [Kcal]}$$

t = Temperatura media del ambiente = 15°C

t_1 = Temperatura de fusión = 420°C

t_2 = Temperatura de recalentamiento = 480°C

P = Peso de la chatarra = 1200 Kls

C_1 = Calor específico del estado sólido = 0.094

C_2 = Calor específico del estado líquido = 0.121

C_3 = Calor latente de fusión = 28°C

reemplazando estos valores en las fórmulas respectivas, se obtiene:

$$Q_1 = 45684 \text{ Kcal}$$

$$Q_2 = 8712 \text{ Kcal}$$

$$Q_3 = 33600 \text{ Kcal}$$

$$Q = 87996 \text{ Kcal}$$

Este valor permite luego calcular la cantidad de combustible necesaria para fundir los 1200 kilos de

chatarra de zinc recuperable.

Facilidad operacional para los trabajadores

Se determinó que el horno seleccionado debe tener la forma y el tamaño capaz de ser instalado en un área de 20 metros cuadrados, que es el área para la formación de lingotes que se instaló para que, cuando en el caso de una emergencia hubiera que evacuar el zinc del horno de fundición para la pastilla de zinc. También debe ofrecer facilidad para evacuar los gases de la combustión y el manipuleo de la chatarra durante el proceso de fundición.

Eficiencia térmica del horno

De acuerdo a la naturaleza del metal se determinó que un horno calentado por combustible tiene suficiente eficiencia térmica para fundir la chatarra de zinc.

Definidas las condiciones que requiere el horno para reprocesar la chatarra de zinc, se estudiaron las características de los diferentes tipos de hornos.

Horno de combustible

Horno eléctrico

Los hornos eléctricos son utilizados para fundiciones de acero, y son más recomendables para grandes fundiciones y para materiales que tengan su punto de fusión mayor de 600°C. Además usan como fuentes de

calor materiales muy costosos, también su tamaño es muy grande. El horno de combustión es ideal para reprocesar el material de zinc.

Los hornos de combustión, ofrecen dos alternativas: Hornos en los cuales el metal y el combustible están separados.

Hornos en los cuales el metal y el combustible están en contacto, como es el caso del cubilote que es ideal para fundir grandes volúmenes y con altas temperaturas.

Por lo tanto quedó como única alternativa el horno de combustible en el cual el metal y el combustible están separados, de estos los más empleados en fundición son:

- Horno de crisol fijo a diesel o gas
- Horno de crisol basculante, con precalentamiento de aire.

Para la selección del horno se estableció las ventajas y desventajas de cada uno de ellos en la tabla # 1.

HORNO BASCULANTE CON CRISOL DE FUNDICION

Es un horno estacionario, que permite fundir material en cantidades fijas, ver figura # 10.

El crisol de carburo de silicio está provisto de un pico o canalón para el vaciado del metal, este canalón está cementado a la estructura de hierro

CARACTERISTICAS DE OPERACION	HORNOS DE COMBUSTIBLE	
	CON CRISOL FIJO	CON CRISOL INCLINABLE
CAPACIDAD DE FUSION	B	B
COMODIDAD DE OPERACION	M	B
VELOCIDAD DE FUSION	B	B
PERDIDAS DE MATERIAL	R	B
MONTAJE MANTENIMIENTO	B	B
TEMPERATURA DE FUSION	B	B
TAMAÑO DE AREA DE FUNDICION	M	B

B = BUENO

R = REGULAR

M = MALO

TABLA #1.- CARACTERISTICAS PARA SELECCIONAR HORNOS CON
CRISOLES DE FUNDICION.

fundido de la carcasa del horno. Cuando la carga de metal está fundida, el procedimiento usual es inclinar el horno por medio de un sistema de reducción piñón-corona y vaciar el metal en otro crisol móvil con el que posteriormente se vierte el material en el interior de las lingoteras.

La relativa facilidad en el período de fundición es debido en parte al consumo de los gases de la combustión que fluyen entre la pared del horno y el crisol hasta ser descargados por una chimenea lateral, protegiendo también al metal del contacto directo con los gases de la combustión.

El equipo de quemadores sujeto al tambor gira con el horno, por consiguiente el horno continúa quemando en cualquier ángulo de la operación de vaciado. La entrada de aire y combustible está localizada en la línea central del muñón del horno, el cual está acoplado a uniones giratorias flexibles. El sellado interior de los quemadores evita la entrada de aire libre y permite al horno desarrollar una ligera contrapresión que asegura una operación silenciosa. La carcasa del horno está montada sobre muñones con rodamientos de rodillos y soportado sobre bases de acero estructural. El mecanismo de oscilación consiste de un volante manual manipulado a través de un tornillo sinfín maquinado y piñones de engranajes reducidos. El volante es autobloqueante en cualquier

posición. Una guarda de seguridad de acero está montada sobre el ensamble de engranes.

El recubrimiento del fondo de la estructura del horno está constituido por ladrillo refractario silico aluminoso. Una puerta para escoriar se encuentra delante de el horno como una entrada para la limpieza de la escoria acumulada en el piso del horno y para drenaje del metal en caso de una falla del crisol.

Los quemadores son graduados tangencialmente en el interior de la circunferencia del revestimiento y situado de tal modo que el fuego se introduzca en el espacio entre la base del crisol y el revestimiento del horno. El quemador está localizado en la línea central a fin de proveer una combustión apropiada al fondo del horno y evitar un calentamiento desigual del crisol.

Especificaciones del horno

En un horno caliente aproximadamente el promedio máximo de fundición es de 150 Kgs/hr.

La capacidad máxima de retención aproximada es de 300 Kgs.

El consumo por hora de combustible es de 22.5 Kg.

Temperatura máxima recomendada del metal es de 500°C.

Servicios requeridos

Energía eléctrica 440 voltios, 3 fases, 60 Hz.

Combustible: diesel.

Ventilador para aire de la combustión 16 cm de columna de agua.

Para la instalación del crisol de fundición debe tenerse en cuenta las consideraciones siguientes:

- Para reducir al mínimo las tensiones en la base del crisol, se utiliza siempre una peana o base refractaria de iguales características térmicas que el crisol, la cual debe proporcionar un asiento completo a toda la base del crisol, además debe tener una altura suficiente que coloque la base del crisol en la línea central de la llama del quemador. En hornos basculantes la peana debe ir bien sujeta y centrada sobre la base de metal del horno, y se colocan los ladrillos de sujeción sobre los ladrillos soporte en el revestimiento del horno, dejando un espacio de unos 3 mm entre estos ladrillos de sujeción y la pared del crisol que permita la expansión. Los ladrillos de sujeción deben ser colocados siempre a una distancia no cercana al borde del crisol. Ver figura # 9.

Para los crisoles con pico debe asegurarse que haya un espacio de unos 38 mm debajo del pico, de tal manera que permita el normal asentamiento del crisol en uso. El no dejar este espacio puede producir la rotura del pico despegandose del crisol al quedarse éste colgado por el pico en el horno.

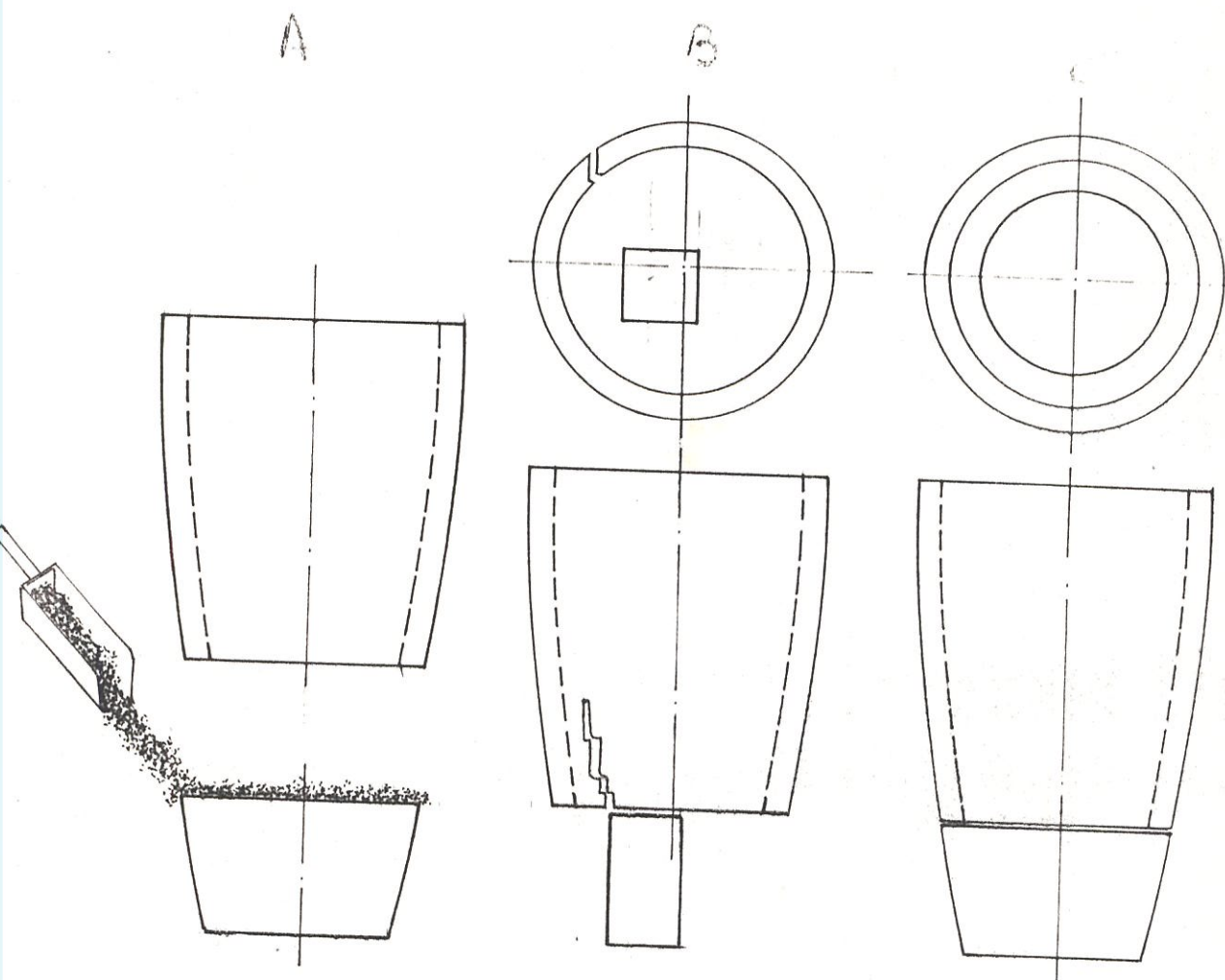


FIG. # 9.- INSTALACION CORRECTA DE LA PEANA O BASE REFRACTARIA

Cuando se usan picos de cierta extensión debe asegurarse un buen ensamblaje en la junta de esta extensión con el crisol. De ser necesario debe alisarse la superficie para hacer un mejor cierre.

Para encender el horno se asegura que el mechero este limpio de carbón y escorias y en buenas condiciones de trabajo; comprobar que el mechero está colocado para que la llama dé tangencialmente entre el crisol y el revestimiento del horno y en la línea central con la base del crisol. Observar que las correderas de aire y secundario y las válvulas de combustible estén en buenas condiciones de trabajo.

La carga de la chatarra de zinc debe ser tan pronto el crisol llegue al color rojo y se funde inmediatamente, ya que un precalentamiento prolongado con el crisol vacío únicamente representa aumento en el consumo de combustible y menor vida del crisol. Siempre que sea posible cargar el crisol estando en posición vertical, cargar primero los recortes de zinc a fin de que sirva de colchón a las piezas más grandes, el material no debe estar apretado en el interior del crisol, siempre hay que dejar suficiente espacio para la expansión del metal. Se debe evitar sobrecalentar la colada, procurando fundir a la temperatura más baja que permita el desperdicio recuperable. El metal fundido

no debe estar por mucho tiempo en el interior del crisol una vez que haya terminado la fusión, vaciar el crisol tan pronto como sea posible.

En cuanto a la adición de fundentes asegurar que se utilice el fundente correcto para la aleación de zinc y su temperatura respectiva. Usar la cantidad mínima de fundente para obtener las características metalúrgicas requeridas. Los porcentajes de los componentes de la aleación de zinc deben permanecer en sus rangos. Mantener un control de la temperatura puesto que cualquier exceso de temperatura será una consecuencia directa del ataque de estos fundentes al crisol con la consiguiente reducción de su vida. Finalmente la limpieza del crisol debe realizarse entre fusiones rascando y quitando todas las adherencias y escorias, mientras todavía este caliente.

Las escorias que se quedan en el crisol disminuyen rápidamente el espesor de la pared del crisol en fusiones subsiguientes y por lo tanto se tendrá una vida más corta.

Los óxidos y escorias que se queden pegados a la pared del crisol, después de sucesivas fusiones con ellos adheridos, se hacen extremadamente duros y su efecto directo es un tiempo de fusión mucho más largo, mas consumo de combustible, y una vida más corta del crisol. Las escorias junto a los productos



BIBLIOTECA

químicos agresivos que llevan algunos fundentes reducen la vida del crisol considerablemente.

Se debe tener en cuenta que la expansión del óxido y la escoria es aproximadamente 5 veces mayor que la del crisol.

Para una mayor comprensión del horno basculante ver figuras # 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

2.6. PUESTA EN MARCHA

Para la ejecución de la puesta en marcha del horno con crisol de fundición, se estableció el siguiente procedimiento de producción y operación.

- Selección de materia prima procesada recuperable o desperdicios recuperables.
- Preparar los desperdicios de zinc recuperables en cantidades y condiciones adecuadas de fundición.
- Condiciones de alimentación de desperdicios de zinc recuperable al crisol de fundición.
- Control de temperatura de fundición y escoración, equipos de control utilizados.
- Vaciado y moldeado.
- Lingoteras, tamaño y dimensiones.

Selección de materia prima recuperable

El desperdicio de zinc recuperable que va a fundirse en el crisol de fundición debe estar completamente libre de materiales extraños tales como clavos, zunchos, wipos, plásticos, etc., para evitar la

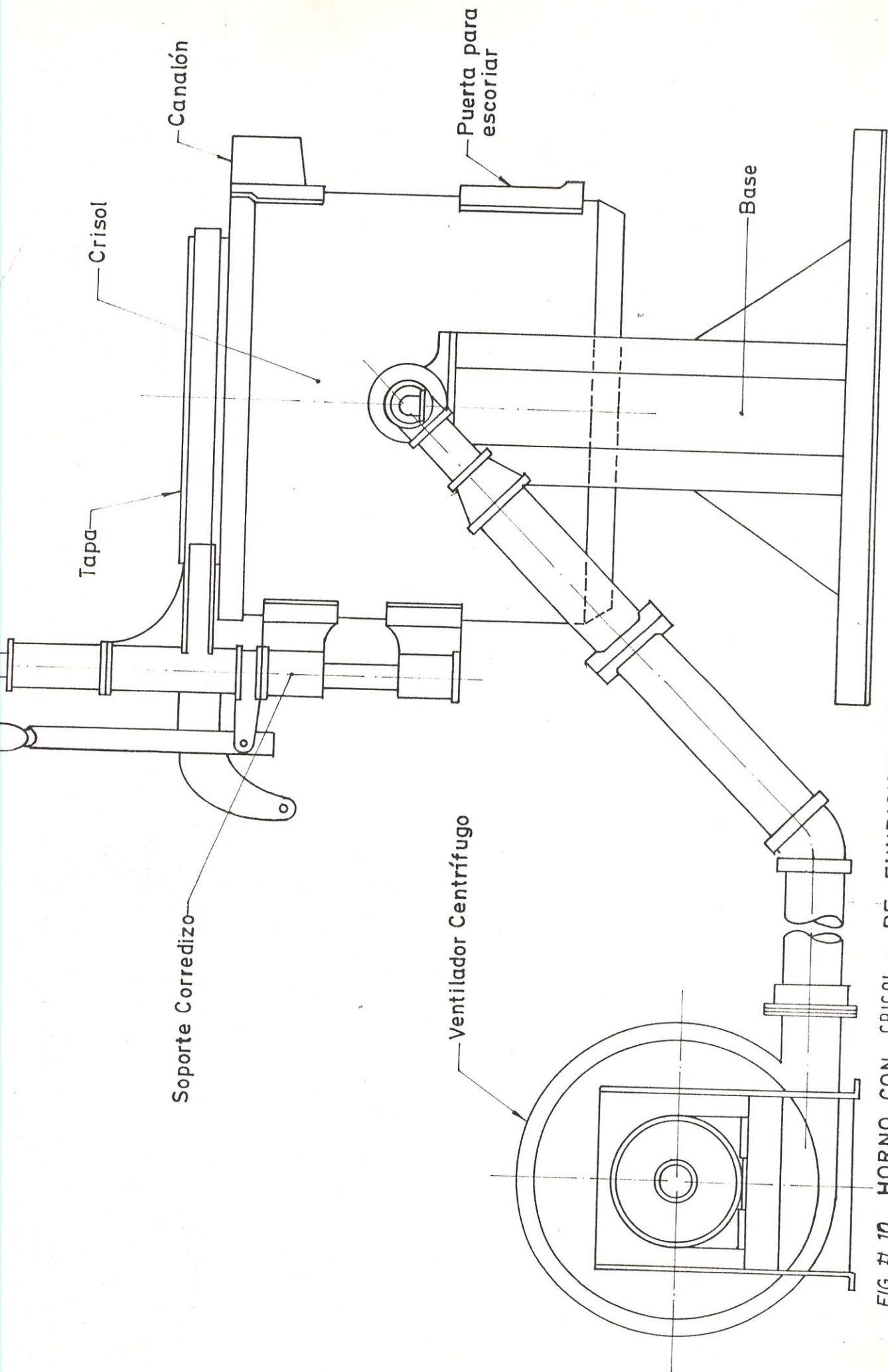


FIG. # 10 HORNO CON CRISOL DE INCLINACION MANUAL

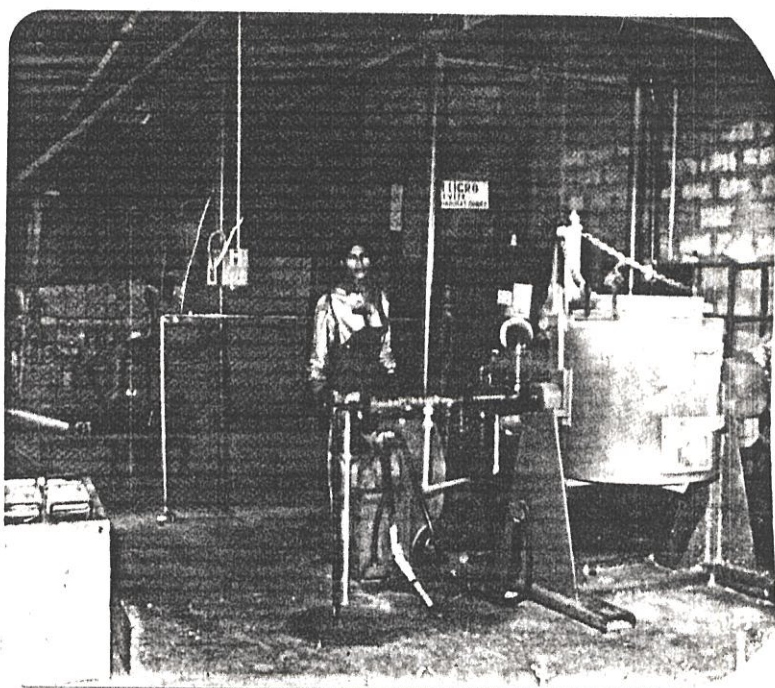


Fig. # 11.- INSTALACION COMPLETA DEL HORNO CON CRISOL DE FUNDICION.

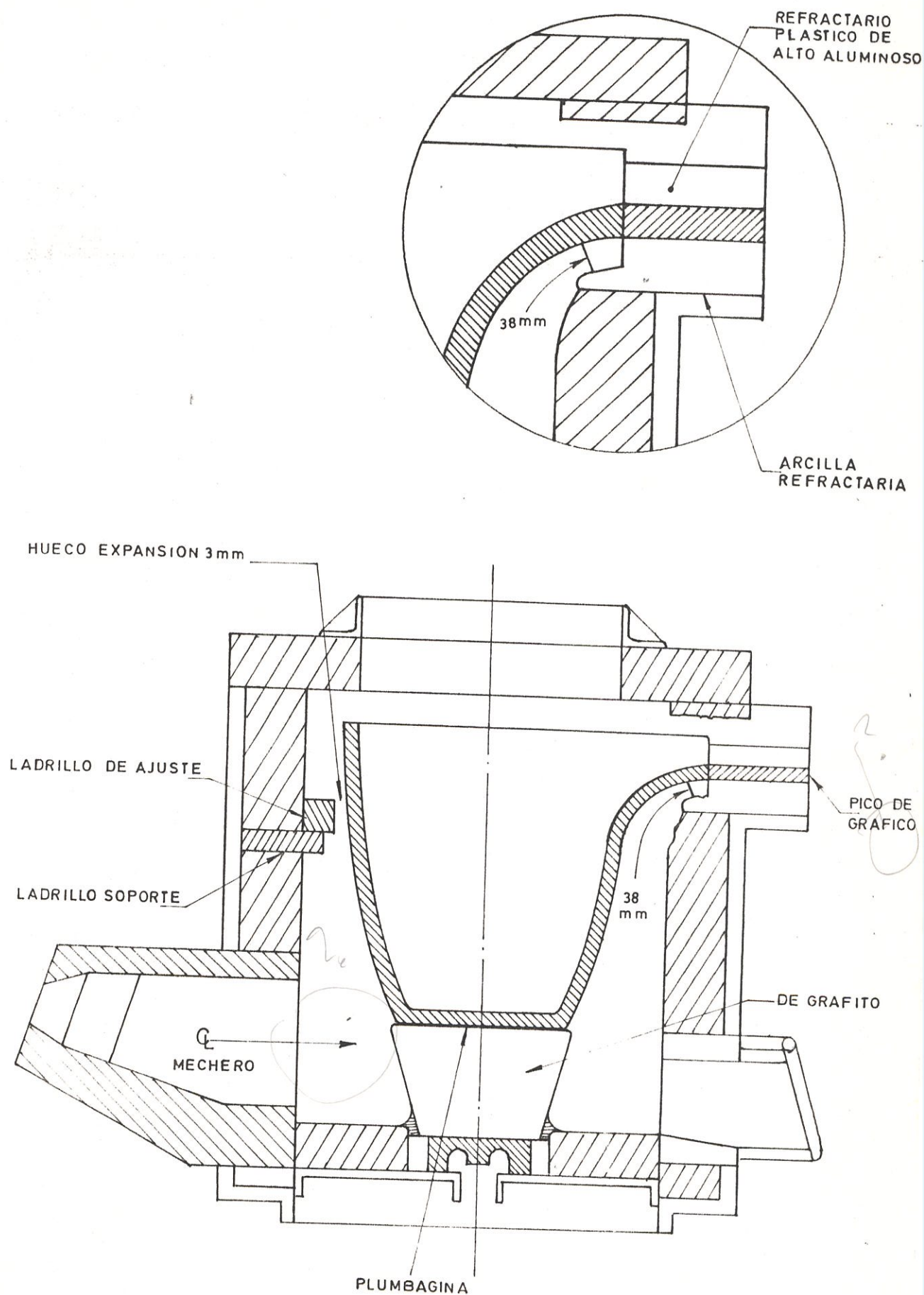


FIG. # 13.- CORTE DE LA INSTALACION DE CRISOL CON PICO LARGO

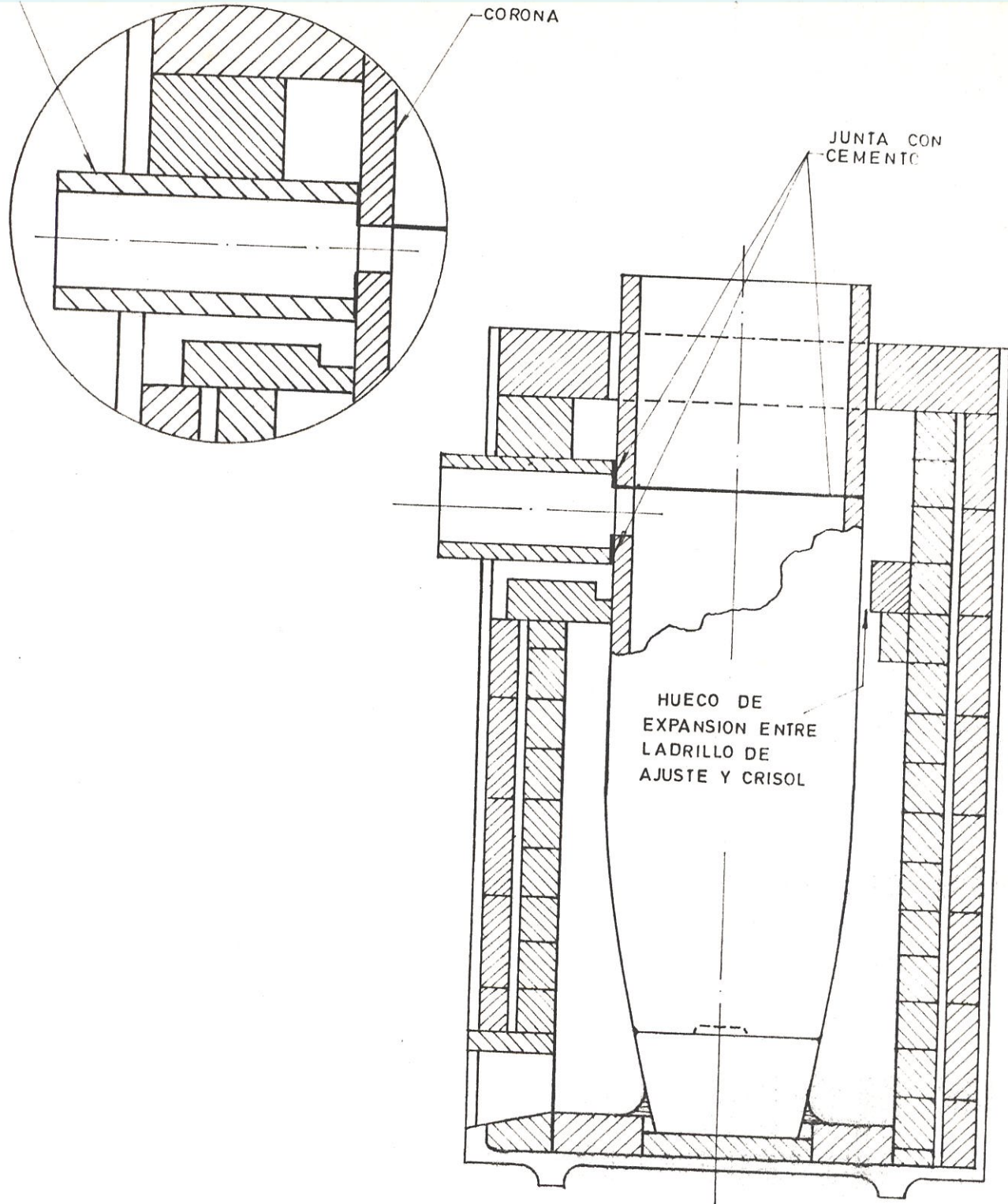


FIG. # 14.- CONSIDERACIONES PARA INSTALAR CRISOLES

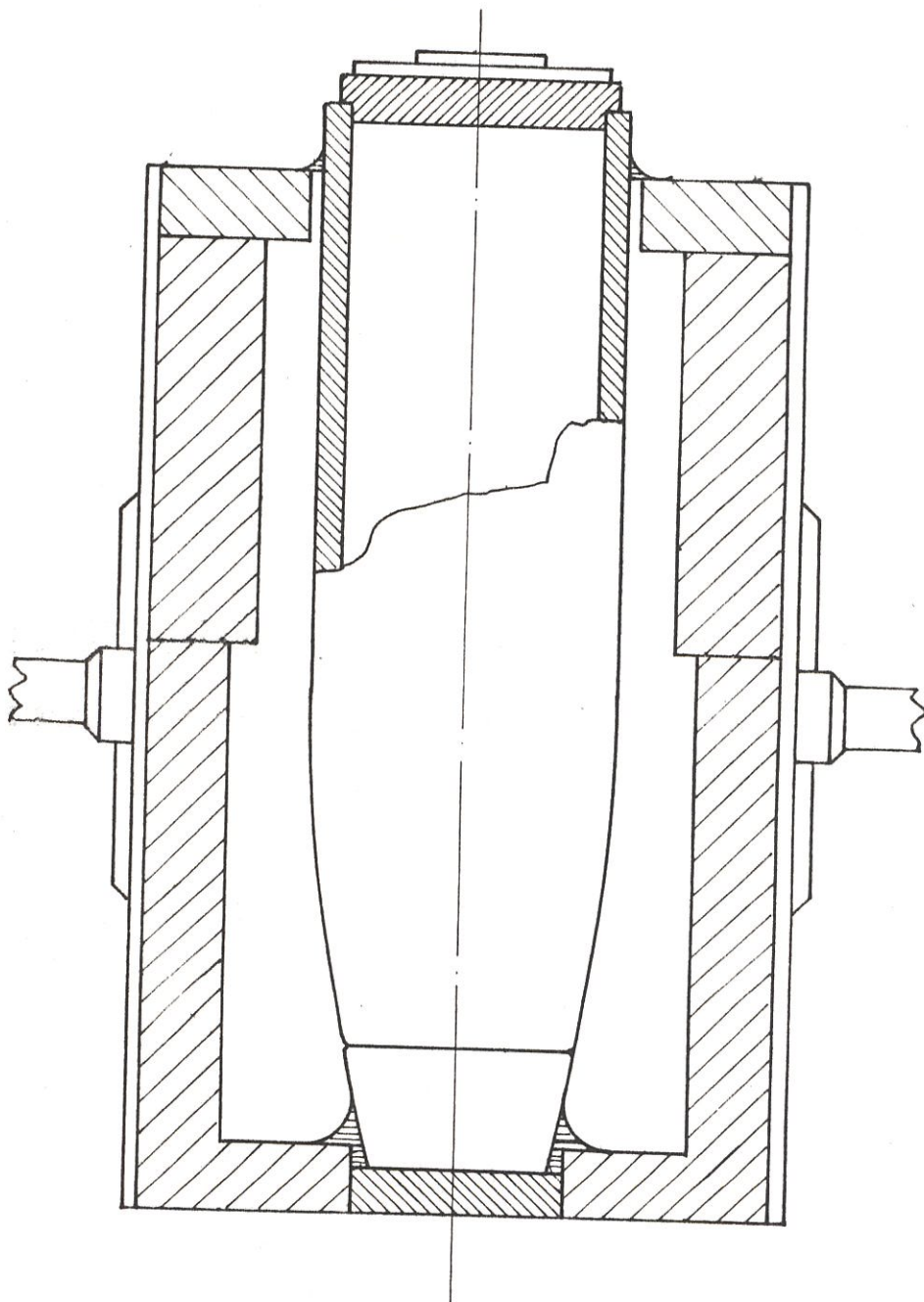


FIG. # 15.- CONSIDERACIONES PARA INSTALAR CRISOLES

contaminación de zinc durante la fundición.

La elaboración del zinc utilizado en la fabricación de envases para pila seca es de 99.8% de zinc y pequeños porcentajes de plomo y cadmio. Esta composición debe mantenerse fija y es por este motivo la importancia de la selección del desperdicio recuperable para evitar contaminaciones durante la fundición, que provocarían cambios de sus propiedades físicas y químicas, produciendo problemas durante el proceso de extrusión.

Para controlar estas propiedades se realizan periódicamente pruebas de dureza, ductilidad y maleabilidad a los lingotes. El porcentaje de zinc, plomo y cadmio es así mismo controlado en un equipo electrónico denominado POLAROGRAFO.

Preparar los desperdicios de zinc recuperables

Todo el material a fundirse debe estar completamente seco y en cantidades fijas para ser alimentado al crisol de fundición. El material debe estar seco para evitar posibles explosiones por variación brusca de temperatura en el interior del crisol.

Por esta razón, una vez que el material se ha clasificado se colocan en cajas de cartón, aproximadamente 25 Kls de desperdicio recuperable y se ubican las cajas en un cuarto caliente antes de ser añadidas al crisol de fundición.

Condiciones de alimentación al crisol de fundición

La alimentación de material debe realizarse en forma lenta tratando de mantener la temperatura del crisol constante.

Es muy importante controlar esta temperatura, pues, un descenso brusco de temperatura, debido a una precipitada adición de material, puede provocar cuarteamiento del crisol y la consecuente pérdida de material y problemas para reparar el crisol o cambio del mismo si el cuarteamiento es muy grave.

Antes de empezar a llenar el crisol de fundición, éste debe alcanzar una temperatura de aproximadamente 510 °C.

Control de temperatura de fundición y escoriación

La temperatura de fundición de zinc, es de 510°C, y esta es la temperatura que se debe mantener en forma permanente en el interior del crisol.

Para controlar la temperatura en el interior del crisol se usa un pirómetro manual, cada cinco minutos. El proceso de fundición toma alrededor de 15 minutos desde que se comienza a alimentar el crisol, cuando la colada del material fundido toma un color pastoso es el momento más apropiado para eliminar las impurezas que pudiera contener la colada, para lo cual se añade al interior del crisol 10 gramos de cloruro de amonio, esta sal va a precipitar las impurezas en forma de escoria que se

presentaran en la superficie de la colada.

Vaciado y moldeado

El zinc fundido en el interior del crisol debe ser vaciado a un crisol móvil que luego será transportado mediante tecles hasta el sitio donde se vaciará el zinc en moldes o lingoteras con capacidad para 25 kilos.

Las lingoteras con zinc se deben dejar enfriar para luego extraer el lingote de zinc y almacenarlo en un lugar seco y seguro.



Lingoteras, tamaños y dimensiones

El tamaño de las lingoteras debe ser pequeño para poder maniobrar fácilmente cuando se hace el vaciado del zinc fundido. Ver figura # 16.

Partiendo del valor de la densidad del zinc, obtenemos el volumen necesario que debe tener la lingotera para contener 25 kls de zinc.

$$D = m/v$$

D = densidad del zinc

m = masa del zinc

v = volumen del zinc

Los datos son:

$$D = 7.14 \text{ gr/cm}^3$$

$$m = 25000 \text{ gr}$$

Por lo tanto:

$$v = 3501 \text{ cm}^3$$

Nuestra lingotera, de acuerdo a este valor tiene las



BIBLIOTECA

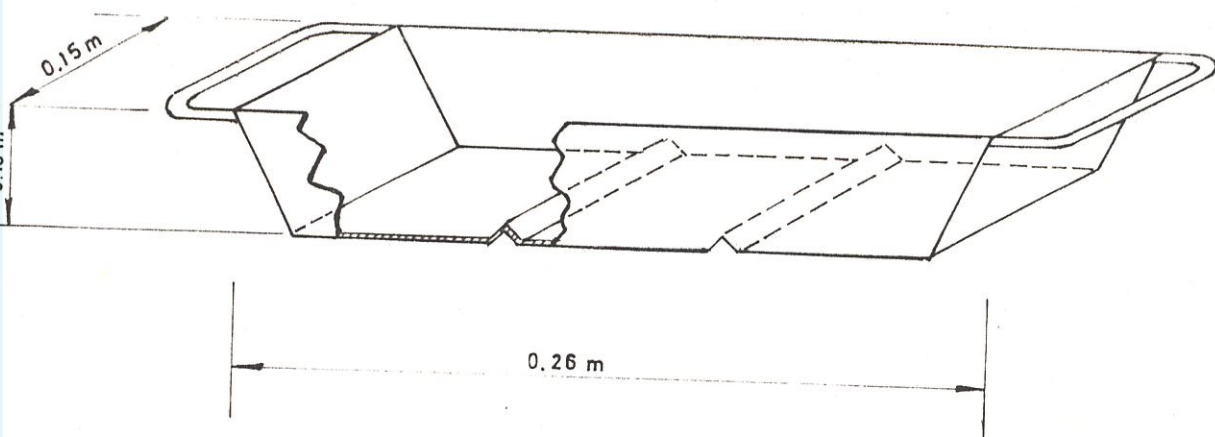


FIG. # 16.- LINGOTERA O MOLDE PARA ZINC

siguientes dimensiones:

Largo = 26 cm

Ancho = 15 cm

Altura = 10 cm

Con estas dimensiones se obtiene un volumen de 3900 cm³ y por lo tanto un 10% más del zinc fundido debe contener la lingotera. El material de la lingotera es de hierro fundido.



BIBLIOTECA

2.7. EVALUACION DEL NUEVO ESQUEMA

El hecho de haber instalado el horno con crisol de fundición para reprocesar la chatarra de zinc generó grandes beneficios para la empresa, permitió reducir el excesivo número de envases defectuosos durante el proceso de extrusión.

Los lingotes de zinc obtenidos del horno con crisol de fundición tienen una aleación bastante homogénea y los porcentajes de plomo y cadmio están dentro de los parámetros establecidos, por esta razón las pastillas de primera fusión y que luego son sometidas al proceso de extrusión no producen excesivo número de envases defectuosos, determinando de esta forma un aumento de la eficiencia de las prensas extrusoras; además el costo por reproceso de la chatarra de zinc disminuye grandemente como se verá más adelante.

La pérdida debido a la escoriación del metal fundido

en el crisol disminuyó del 25% al 2%.

Ahorros logrados en el año 1980

Tomando como referencia la fundición del desperdicio de zinc hecho en fundiciones locales y fundido en planta, se obtiene para 100 kilos de zinc:

En fundiciones locales

Pérdida del material

por escoriación (25%) 25 kgx400 sucres	S/. 10000
Costo de transporte x100 kg de zinc	S/. 20
Manipuleo y embalaje de los 100 kilos	S/. 30
Costo de fundición 1000 sucresx100kg	S/.100000
TOTAL	S/.100050

Fundicion en planta

Pérdida del material

por escoriación (2%) 2 kgx400 sucres	S/. 800
Costo de transporte	
Manipuleo y embalaje	
Costo de fundición 450 sucresx100Kg	S/. 45000
TOTAL	S/. 45800

El costo de producción de 100 kilos de zinc es más bajo en un 50% en la fundición en planta comparado con el costo de la fundición local.

El beneficio económico obtenido al disminuir la

cantidad de envases defectuosos, durante la extrusión de la pastilla de zinc con una aleación mejorada, se puede cuantificar con los datos de producción de la tabla #2, #3 y #4.

	DIA	1	2	3	4	5	6
EQUIPO							
PRENSA #1		150	180	105	99	140	99
PRENSA #2		110	90	204	174	70	33
PRENSA #3		115	130	125	136	60	85

TABLA # 2.- ENVASES DEFECTUOSOS POR MALA COMPOSICION DE LA ALEACION DE ZINC POR CADA 1000 ENVASES PRODUCIDOS. ANTES DE INSTALAR EL CRISOL.

	DIA	1	2	3	4	5	6
EQUIPO							
PRENSA #1		12	8	15	13	12	11
PRENSA #2		8	6	14	17	19	12
PRENSA #3		14	10	9	12	21	15

TABLA # 3.- NUMERO DE ENVASES DEFECTUOSOS DESPUES DE INSTALAR EL HORNO CON CRISOL DE FUNDICION.

DIAS DE PRODUCCION	I TURNO	II TURNO	SUBTOTAL
1	72576	60480	133056
2	64512	54432	118944
3	56448	48384	104832
4	76608	64512	141120
5	63504	60418	123984
6	63504	65520	129024
TOTAL			750960



TABLA # 4.- PRODUCCION DE ENVASES CON ZINC FUNDIDO FUERA DE PLANTA. BIBLIOTECA

Con los datos de las tablas # 2 y # 4 obtenemos el costo por reprocesar los envases defectuosos obtenidos usando lingotes fundidos en fundidoras locales y tomando el número de envases defectuosos más bajo.

DIAS DE PRODUCCION	ENVASES PRODUCIDOS	ENVASES DEFECTUOSOS X 1000	COSTO MANUF. 1 ENV.	COSTO REPROC. 1 ENV.
1	133056	110	8.5	124355
2	118944	90	8.5	90270
3	104832	105	8.5	92820
4	141120	99	8.5	118651
5	123984	60	8.5	62730
6	129024	33	8.5	36184

TABLA # 5.- COSTO DEL REPROCESO DE ENVASES DEFECTUOSOS USANDO ZINC FUNDIDO FUERA DE PLANTA.

Para calcular el costo del reproceso de envases defectuosos producidos, usando envases de zinc fundido en planta, usamos la tabla # 3 y la tabla # 6, para el cálculo tomamos como factor el mayor número de envases defectuosos producidos por equipo y por día.

DIAS DE PRODUCCION	I TURNO	II TURNO	SUBTOTAL
1	75076	69300	144376
2	60512	44200	104712
3	58002	51210	109212
4	70320	69101	139421
5	73504	56980	130484
6	60010	57340	117350
TOTAL			745555

TABLA # 6.- PRODUCCION DIARIA DE ENVASES CON ZINC FUNDIDO EN PLANTA.

DIAS DE PRODUCCION	ENVASES PRODUCIDOS	ENVASES DEFECTUOSOS X 1000	COSTO MANUF. 1 ENV.	COSTO REPROC. 1 ENV.
1	144376	14	8.5	17136
2	104712	10	8.5	8840
3	109212	15	8.5	138975
4	139421	17	8.5	20085
5	130484	21	8.5	23205
6	117350	15	8.5	149175

TABLA # 7.- COSTO DEL REPROCESO DE ENVASES DEFECTUOSOS USANDO ZINC FUNDIDO EN PLANTA.

El costo por reprocesar envases defectuosos indicado en las tablas # 5 y # 7 señala el ahorro obtenido al mejorar la aleación de zinc cuando se funde la chatarra recuperable en planta.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Después de implantar el equipo de fusión y acoplarlo al sistema de producción de pilas, los resultados encontrados son:

- Flujo armónico en el sistema de producción por el reciclado de la materia prima.
- Mejoramiento de la productividad de la planta.
- Integración de proceso que antes se contrataba con fundidores locales.
- Mejor control del material reciclado.
- Menores pérdidas del material reciclado.
- Implantación del proceso sin necesidad de asistencia técnica extranjera.
- Menores costos por reciclaje de materia prima.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- American Society For Metals, Forging and Casting (8th edition; v. 5; Ohio: Tylorlyman, 1970), pp.416-417.
- 2.- Capelo, Tecnología de la fundición (Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1974), pp. 154-156.
- 3.- Morganite Crucible Ltda., E. Morgan, Su Crisol, Norton, Worcester, England.
- 4.- Lionel Marks, Manual del Ingeniero Mecánico, México: Uteha, 1967.