

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

FABRICACION Y PREPARACION DE LINGOTES  
DE ACERO PARA TREN DESBASTADOR PRIMARIO

T E S I S  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
ING. QUIMICO METALURGICO

PRESENTA  
NICOLAS GRANADOS NERI

MEXICO, D. F.

1977



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tesis 1977  
NO ~~11~~ 197  
FECHA  
PROC



JURADOS ASIGNADOS PARA EL TEMA

PRESIDENTE PROF. :	<u>MANUEL F. GUERRERO FERNANDEZ</u>
VOCAL PROF. :	<u>ALBERTO OBREGON PEREZ</u>
SECRETARIO PROF. :	<u>ARNOLDO ESPINOZA DE LUNA</u>
1er. SUPLENTE PROF.:	<u>NICOLAS JAIME VILLAFANA</u>
2do. SUPLENTE PROF.:	<u>JOSE G. SOLORIO MUNGUIA</u>

TEMA DESARROLLADO EN :

COMPANIA FUNDIDORA DE FIERRO Y ACERO DE MONTERREY, S.A.

SUSTENTANTE  
NICOLAS GRANADOS NERI

ASESOR

Q.M. ARNOLDO ESPINOZA DE LUNA

A LA MEMORIA DE MI MADRE

SRA. ANTONIA NERI V.

A MI PADRE:

SR. FRANCISCO GRANADOS M.

A MIS HERMANOS:

LUIS

COCO

MACO

JUANA

IRENE

MAGA

GUERA

A TODOS MIS SOBRINOS:

POR SU GRAN FE Y CONFIANZA  
PUESTA EN MI Y POR TODOS -  
LOS SACRIFICIOS QUE HICIE-  
RON PARA FORJARME Y SER UN  
HOMBRE DE BIEN.

A MI ESPOSA;

SRA. ESPERANZA GARCIA V.

POR TODO EL APOYO QUE SIEMPRE ME HAS  
BRINDADO COMO LA NOVIA DEL ESTUDIAN-  
TE, AHORA COMO LA ESPOSA ABNEGADA Y  
COMPANERA INCANSABLE.

A MIS HIJOS:

RUBEN

ROCIO

PACO

VERO

A QUIENES TANTO QUIERO.....

## C O N T E N I D O

CAPITULO	I.- LIGERA DESCRIPCION PARA LA OBTENCION DE ARRABIO.	1
CAPITULO	II.- PROCESO DE FABRICACION DE ACERO.	11
CAPITULO	III.- VACIADO DE LINGOTES Y CONTROL METALURGI <u>CO.</u>	34
CAPITULO	IV.- ASPECTOS METALURGICOS	54
CAPITULO	V.- PRACTICAS DE RECALENTAMIENTO.	62
CAPITULO	VI.- DESBASTE.	71
CAPITULO	VII.- CONCLUSIONES.	73

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

C A P I T U L O    I

LIGERA DESCRIPCION PARA LA  
OBTENCION DE ARRABIO

## CAPITULO I

OBTENCION DE ARRABIO.- El arrabio o hierro de primera fusión es el producto del alto horno y se obtiene a partir -- del mineral de fierro (hematita), coque, piedra caliza y aire caliente (1000°C). A continuación haré una breve descripción de estos elementos.

HORNO ALTO.- Tiene la forma de dos troncos de como unidos por la base mayor, hecho de placa soldada y remachada, recubierto interiormente en su totalidad de ladrillo refractario de diferente clase según la zona.

Zonas que forman el horno (de arriba hacia abajo).

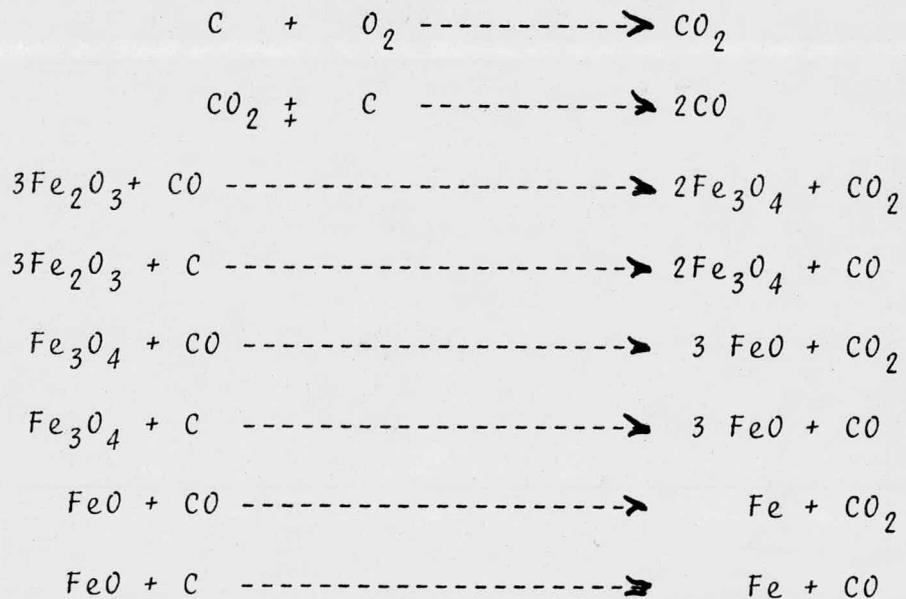
- a).- TOLVA RECIBIDORA.
- b).- CAMPANAS (chica, grande).
- c).- ZONA DE DESHIDRATACION (205°C - 300 °C).
- d).- ZONA DE REDUCCION (300 °C - 800 °C). ALTA.
- e).- ZONA DE REDUCCION (800 °C - 1000 °C) BAJA.
- f).- ZONA DE FUSION (1000 °C - 1640°C) TOBERAS.
- g).- CRISOL (canal para escoria, canal para arrabio).

EQUIPO AUXILIAR utilizado en el horno alto:

- 1.- CARRO MONTACARGAS
- 2.- ESTUFAS PRECALENTADORAS DE AIRE.
- 3.- TURBO SOPLADOR.
- 4.- EQUIPO PARA LAVADO DE GASES.
- 5.- INSTRUMENTOS PARA CONTROL DE OPERACION.

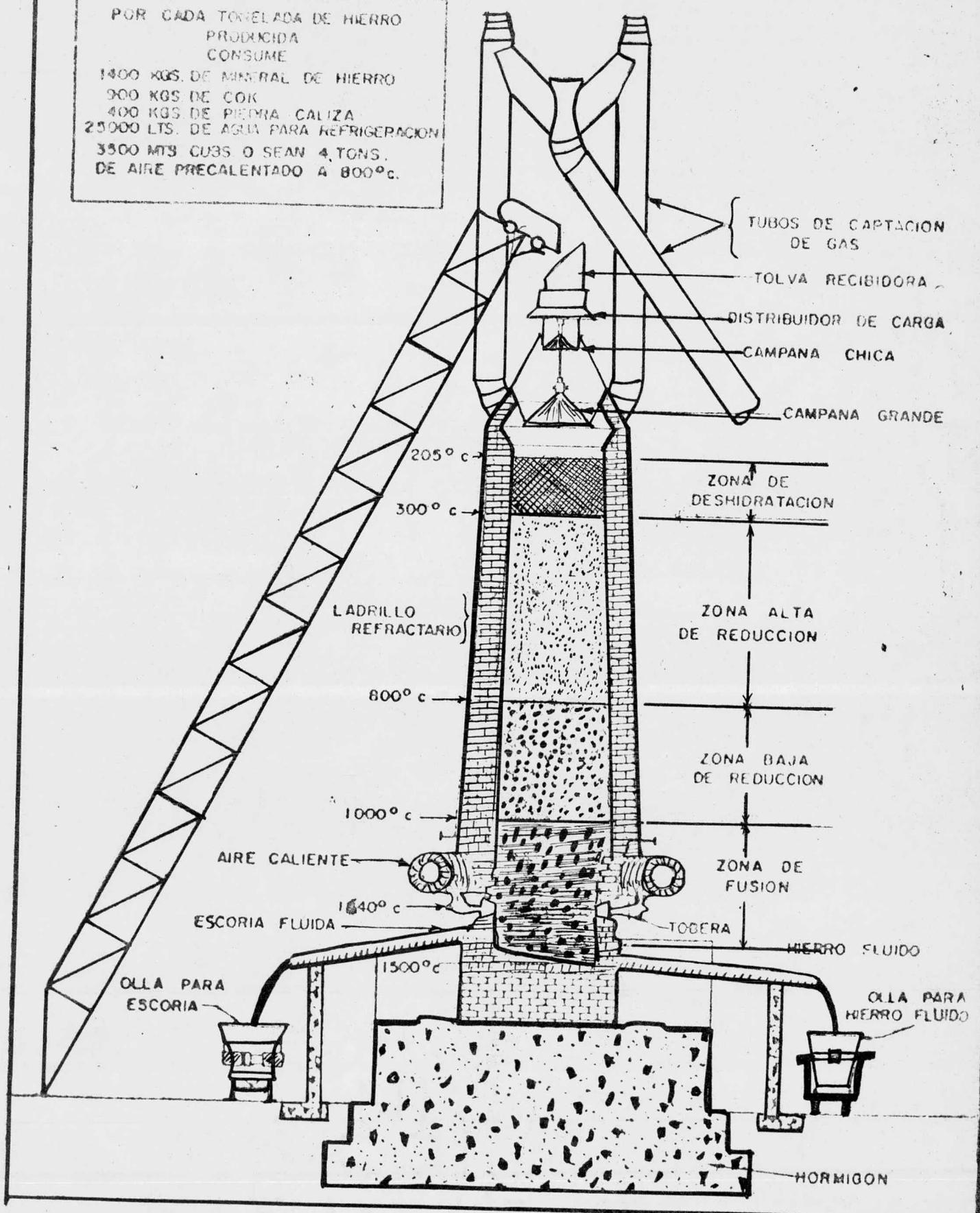
MINERAL DE FIERRO.- El de uso común es la HEMATITA por su contenido de fierro (55%-65%), es una roca de una coloración café rojisa superficialmente, se obtiene por explotación a cielo abierto, se suministra al horno en trosos.

COQUE.- Proviene de un carbón mineral al que se ha sometido a una destilación seca, en ausencia de aire a temperatura de 1000°C es de color gris claro, es bastante poroso y sumamente resistente al igual que el mineral de fierro también se suministra al horno en trozos, la aportación de éste al proceso el poder REDUCTOR y COMBUSTIBLE. A continuación anotarse algunas reacciones químicas simples en las que se pone de manifiesto su poder reductor; dentro del horno;



PIEDRA CALIZA.- Es un carbonato de calcio que sirve como fundente y escorificante a la vez que se combina con el azufre eliminándolo del metal, se obtiene por explotación a cie-

POR CADA TONELADA DE HIERRO  
 PRODUCCIDA  
 CONSUME  
 1400 KGS. DE MINERAL DE HIERRO  
 900 KGS. DE COX  
 400 KGS. DE PIEDRA CALIZA  
 25000 LTS. DE AGUA PARA REFRIGERACION  
 3500 M<sup>3</sup> CUBS O SEAN 4 TONS.  
 DE AIRE PRECALENTADO A 800°c.



Horno Alto

lo abierto y se carga en trosos al horno.

### DESCRIPCION DEL PROCESO SIEMENS-MARTIN BASICO.

En la actualidad los procesos para la obtención de acero son variados, sin embargo en este trabajo me concretaré a hacer una breve descripción del proceso de HOGAR ABIERTO básico o SIEMENS-MARTIN básico. El cual empesaré por describir el horno, las principales partes que lo forman y el equipo auxiliar.

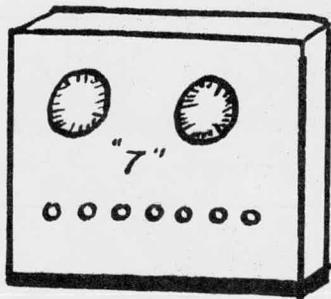
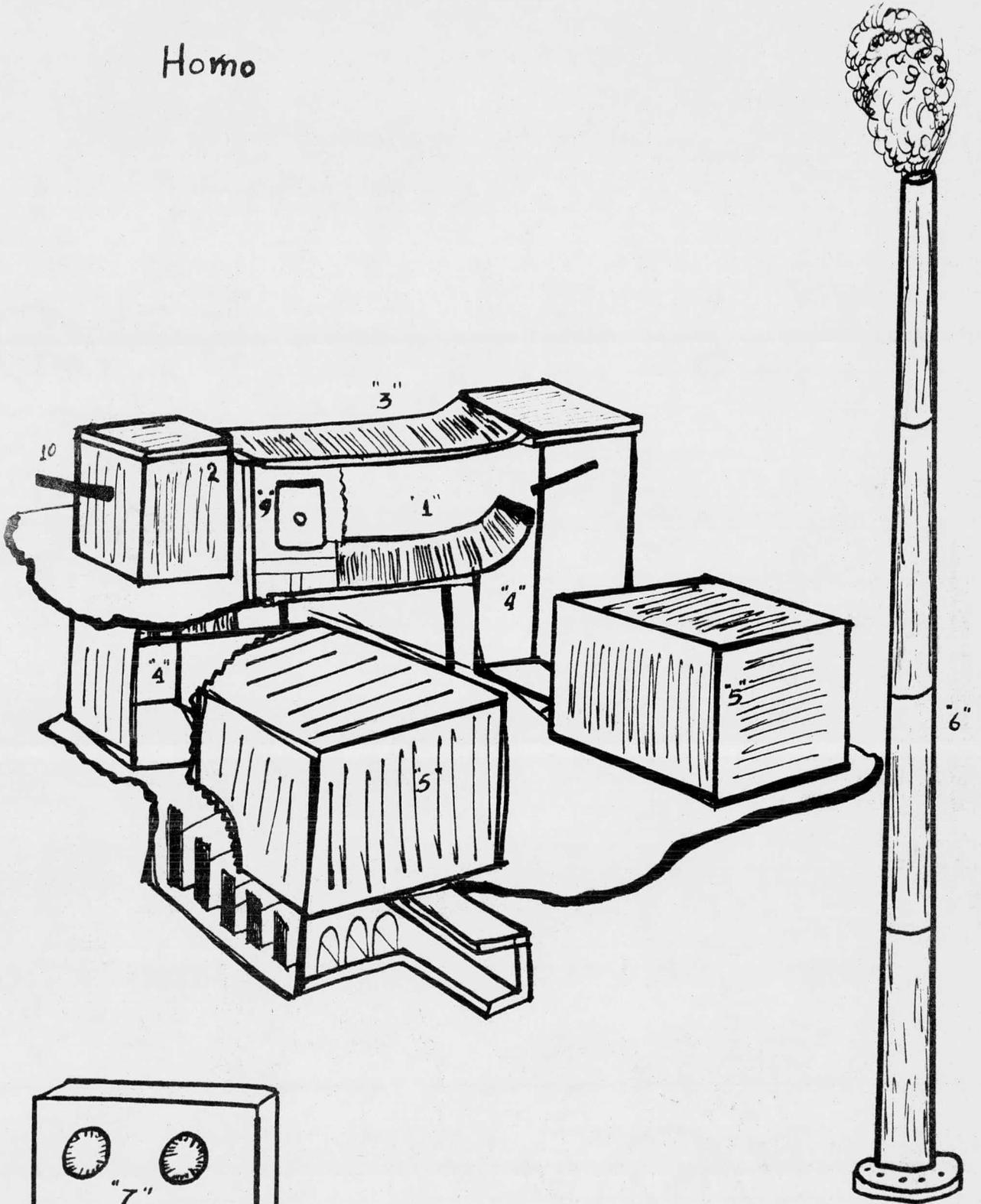
EL HORNO.- Es una estructura metálica de forma aproximadamente rectangular en planta, se forra interiormente en su totalidad de ladrillos refractarios, y otras formas de materiales refractarios sobre una cimentación sólida. El techo del horno es comunmente un arco de ladrillos (BOVEDA SUSPENDIDA). El arco se mantiene bajo compresión y las paredes del horno se refuerza en el exterior con una estructura de acero que -- consiste principalmente de vigas verticales estrechamente espaciadas colocadas en la cimentación y barras horizontales de sujeción, colocadas en la parte superior.

A los hornos de hogar abierto se les ha dado este nombre debido a la relación que existe entre la profundidad del baño y su superficie la cual está expuesta al barrido de la flama que funde al metal y lo mantiene líquido.

### PARTES QUE CONSTITUYEN EL HORNO Y EQUIPADO AUXILIAR.-

1.- C R I S O L.

Horno



Horno  
Siemens-Martin

- 2.- P A R E D E S.
- 3.- B O V E D A
- 4.- C A M A R A S D E E S C O R I A
- 5.- R E G E N A D O R E S D E C A L O R
- 6.- C H I M E N E A S.
- 7.- I N S T R U M E N T O S D E C O N T R O L
- 8.- G R U A S D E C A R G A
- 9.- A G U A P A R A R E F R I G E R A C I O N
- 10.- Q U E M A D O R E S

EL CRISOL.- Es un monolítico básico en su totalidad que descansa sobre una placa metálica y esta a su vez sobre unas vigas y muros de concreto. Nota.- entre la placa y el crisol se pone una capa de arena para evitar agrietamientos del crisol por las dilataciones o contracciones que sufra la placa metálica. Por los cambios de temperatura.

En el caso que nos ocupa el volúmen del crisol es de - - aproximadamente 300 toneladas.

El crisol presente una inclinación hacia el centro y pared tracera con la finalidad de obtener un buen drenado de -- fluido. El mantenimiento de éste es de primordial importancia para la vida del horno.

LAS PAREDES.- Dos de ellas circundan el crisol (delantera y -- tracera), y las dos restantes (laterales) alojan un quemador en cada una. Pared delantera o frontal es el lado de la carga y está provista de cinco puertas recubiertas y refrigera-

das en su totalidad disponiéndose en su parte media inferior un agujero circular de aproximadamente 5" que permite la observación interior del horno tomar muestras y registrar temperaturas durante el procesamiento de la carga. Los movimientos de estas puertas ascender o descender y se operan desde la caseta de controles.

Pared tracera o posterior; esta pared presenta una ligera inclinación con respecto a la vertical. En la parte inferior (crisol) central se localiza el AGUJERO DE COLADA O SANGRIA, - sus características de éste, son diámetro 6" longitud o profundidad 70". después de cada colada se limpia completamente usando lazas de oxígeno (tubo de 1/2". Tapándose con dolomita granulada y finalmente un mortero refractario de fraguado rápido.

Paredes laterales; en estas paredes están dispuestos los quemadores, por donde se inyecta el combustible al horno, produciendo una llama larga que se extiende sobre la superficie del crisol suministrando el calor necesario para fundir la carga, y fundida ésta, mantenerla líquida (ayudado por el aire precalentado que se inyecta al horno a través de las cámaras o recuperadores de calor.

LA BOVEDA.- Constituye el techo del horno, se apoya sobre las paredes y es del tipo de arco suspendido. En las paredes anteriores y posterior descansa sobre un ladrillo salmer; siendo este principio una aplicación práctica de la curva de empuje.

El tipo de ladrillo refractario usado deberá ser básico (cromomagnecita) es suspendida debido al coeficiente de expansión volumétrico bajo y el peso específico muy elevado.

La vida de ésta se disminuye cuando se trabaja con temperaturas muy elevadas; por contenidos muy bajos de carbono en el baño, escoria reflejante (quieta).

CAMARAS O CUARTOS DE ESCORIA.- El horno cuenta con dos cámaras situadas una en cada extremo del crisol y en la parte inferior entre éste y las cabeceras o paredes laterales.

Aquí se acumula gran cantidad de partículas sólidas. -- Constituidas por óxidos (polvos), que durante la operación -- del horno son arrastrados por los gases de combustión.

Al pasar los gases de combustión por la garganta del horno hace que precipiten estas partículas a dichas cámaras por gravedad simplemente.

La finalidad de éstas cámaras es proteger los regeneradores de calor, ya que estas partículas obstruirían los ductos perturbando el funcionamiento del regenerador.

Cada vez que el horno se apaga para reparación general se retira completamente el material acumulado en estas cámaras.

CHIMENEAS.- Es una larga estructura compuesta por dos secciones a 30% de la altura es un cono truncado, a partir de aquí es un cilindro.

Los gases que salen de los regeneradores son conducidos a través de los ductos y expulsados por ésta, en tiro natural.

REGENERADORES DE CALOR.- Puede llamarseles "Cámaras precalentadoras de aire".

Se encuentran situadas una en cada extremo y en la parte inferior del crisol, a un lado (frente) de las cámaras de escoria. Ambas funcionan alternativamente, es decir, mientras una se está calentando por el paso de los gases de la combustión a través del emparrillado de ladrillo; la otra se está enfriando por el paso del aire frío y una vez que a recorrido el emparrillado entra caliente al horno, incrementando así la temperatura del mismo.

Después de un período de tiempo que varía de 6 a 15 minutos se invierte el flujo de aire. El quemador que originalmente estaba trabajándose cierra y 2 ó 3 segundos después se abre el del lado opuesto. Estos cambios se repiten constantemente hasta que la carga ha alcanzado el análisis Químico requerido.

CAPITULO II

PROCESO DE FABRICACION DEL ACERO

## C A P I T U L O II

PRODUCCION DE ACERO.- (en horno Siemens Martín básico), el proceso Siemens-Martín es esencialmente oxidante, o sea la refinación del excedente de elementos presentes en la carga - se logra oxidándolos para estabilizarlos en la escoria básica.

### MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES QUE COMPONEN LA CARGA.-

Comensaremos por la chatarra; pudiendo ser chatarra liviana - o, chatarra pesada, clasificándola como chatarra de hierro colado y chatarra de acero; es de suma importancia la selección de la chatarra evitando en lo posible cargar aquellos materiales con altos contenidos de fósforo y azufre principalmente y en el caso del acero efervecente (lámina) evitar aquellos materiales con contenidos elevados de elementos residuales: níquel, cobre, cobalto, etc.

Es de hacer notar que una chatarra con contenido alto de silicio es peligrosa para el refractario del horno básico, si no se tienen los cuidados necesarios de neutralización con -- cal o caliza.

ARRABIO.- Materia prima con alto contenido de carbono, debien do ser lo más bajo posible en fósforo, azufre y silicio. ✕

PIEDRA CALIZA Y CAL.- La piedra caliza o cal no es más que un carbonato de calcio con porcentajes variables de una serie - de óxidos, que le permiten una sierta coloración que vá del - blanco al negro, el control de las impurezas en las piedras - calizas es muy importante por la posibilidad de algunas de re

ducir la basicidad, la solubilidad de la misma o bien añade e-  
lementos indeseables al acero.

\* Una de las funciones principales de la piedra caliza, es su acción agitadora, como consecuencia del desprendimiento de  $CO_2$  durante su calcinación.

El contenido de magnesio en la piedra caliza deberá estar limitando debido a la refractabilidad de su óxido, impidiendo la rápida fusión de la escoria haciéndola más viscosa y re-  
fractaria.

En lo que respecta al azufre y fósforo, sabemos que la caliza es el medio formador de la escoria que la elimina, el fósforo y el azufre durante la afinación de la carga, por lo tanto el contenido de esos elementos en la piedra caliza queda restringido, para que ésta pueda cumplir su misión de desulfurante y desfosforizante.

LA CAL.- Se deriva de la calcinación de la caliza se prefiere a la caliza cuando se sigue la práctica de arrabio en lingote y chatarra con lo que logramos acortar el tiempo de calentamiento y disminuyendo la oxidación.

Es frecuente usar una mezcla de cal y caliza. La caliza, en la carga y cal para hacer ajustes de la basicidad durante el período de afino.

VENTAJAS EN EL USO DE PIEDRA CALIZA.- Produce una agitación vigorosa al calcinarse por el desprendimiento de dióxido de carbono lo que favorece una mejor transmisión de calor a tra-

vés de la escoria y lográndose con ésto un mejor contacto con las impurezas contenidas en el metal. No introduce al horno tanta humedad como la cal, lo que en ocasiones produce fuertes explosiones.

El uso de piedra caliza también tiene sus desventajas entre las que mencionaremos la principal que es la gran cantidad de calor que requiere para su calcinación, lo que retarda el alcance de la temperatura de trabajo.

ESPATO FLUOR (fluorita).- Es un fluoruro de calcio, presenta varias coloraciones según el óxido predominante, su uso principal en la carga es para controlar la viscosidad de la escoria haciéndola más fluida, su uso es restringido por ser sumamente corrosivo.

MATERIALES OXIDANTES:- Son elementos o compuestos que contienen un elevado porcentaje de oxígeno, cargados al horno durante el proceso liberan éste para oxidar la carga; entre ellos tenemos Mineral de hierro, óxido de laminación óxido de hierro contenido en la chatarra y oxígeno gaseoso inyectado directamente al horno.

MATERIALES DE ADICIÓN.- Aplicamos el término materiales de adición a los agregados que se hacen a la carga durante la etapa final del período de afinación ó/y durante el colado del horno (adicional a la olla) siendo los de uso común los siguientes:

coque, ferromanganeso, ferro silicio, ferro cromo, cobre, vanadio, aluminio y en ocasiones fósforo y azufre.

CARGA DEL HORNO. - En la actualidad existen varios tipos de -- carga para estos hornos; mencionaré algunos de ellos:

- 1.- Arrabio líquido y chatarra de acero.
- 2.- Arrabio líquido totalmente.
- 3.- Lingote de arrabio y chatarra de acero.
- 4.- Chatarra de acero totalmente y carburantes.

Para el desarrollo de este trabajo únicamente nos concretaremos a describir con detalle, el primero, o sea el tipo de carga arrabio líquido y chatarra de acero, que es el más comúnmente usado en esta factoría para la producción de acero. (en muy raras ocasiones el tipo cuatro).

Uno de los factores que hay que tomar en cuenta; es el -- tiempo de carga (tiempo que tarda en cargarse el horno) influyendo directamente en los tiempos de sangría del horno.

Haré mención de la práctica de carga que se sigue con mayor frecuencia en el departamento, de aceración de esta factoría:

CARGA DEL HORNO (secuencia de adiciones de los materiales)

Flujo de materiales al horno.

- 1.- La chatarra liviana se distribuye uniformemente por -- todas las puertas del horno.
- 2.- La piedra caliza, cal y mineral de hierro se distribuye sobre la chatarra.
- 3.- Completo de la carga sólida (chatarra pesada) procurando que la totalidad de ella quede frente a las dos primeras puertas y las dos últimas.

Una vez terminada la carga del horno, se orienta el quemador y se inyecta el combustible; una mezcla compuesta de gas natural, aceite, vapor de agua (para lograr un mejor arrastre de el combustible), con esta mezcla se logra suministrar de 180 a 190 millones de B.T.U./hora. Lográndose una fusión rápida.

Durante este período de fusión, se construyen los bancos de las puertas empleando para ello dolomita. Estos bancos impedirán que en fases posteriores tanto la escoria como el acero se salgan.

ADICION DE ARRABIO.- La adición de arrabio se hace cuando se observa la carga en un estado insipiente de fusión, (no después) para evitar que la chatarra se oxide demasiado, porque las consecuencias serán:

A).- Reacciones químicas excesivamente violentas.

B).- Carbono de fusión considerablemente bajo.

Como consecuencia de la adición de metal caliente (arrabio), se produce una agitación del baño conocida como "ebullición del mineral".

La intensidad de esta agitación depende del contenido de oxígeno en el baño. El oxígeno reacciona con el silicio, manganeso, carbono y fósforo además de cualquier otros elementos oxidables presentes en la carga.

La primera escoria que se forma es muy rica en silicio -- (silicatos) y pentóxido de fósforo cuyos compuestos la hacen sumamente ácida además espumosa, y viscosa, por lo que debe e

eliminarse lo más pronto posible ya que: por su acidez nos ataca al crisol en la zona de escoria, por lo viscosa nos retarda la decarburación y defosforación, retardando por lo tanto el período de afino.

Como los elementos que más nos preocupan durante el período de afino de la carga son el fósforo y el azufre principalmente y sabemos que eliminados del metal los estabilizamos en la escoria en condiciones básicas es necesario un control estricto de la basicidad de la misma en todo momento.

EBULLICION DE LA CALIZA.- Es el nombre que se le da al MOMENTO EN QUE SE PRESENTA LA CALCINACION DE LA CALIZA y el dióxido de carbono que se desprende provoca una fuerte agitación del baño, lográndose con esto un mejor calentamiento, y una activación a las reacciones químicas que originan los compuestos en la escoria tales como fosfatos silicatos de calcio, -- etc., con esto aumento de cal en la escoria se hace más viscosa y vítrea disminuyendo su reactividad por lo que se hace necesario la adición de espato fluor (flururo de calcio).

PERIODO DE AFINO.- Este período se inicia cuando el baño está completamente fundido. Se toman las primeras muestras del baño para llevar un control del contenido de carbono, azufre y fósforo principalmente, además de temperatura, repitiéndose tantas veces como sea necesario hasta que éste alcance las especificaciones químicas exigidas durante este período.

En este período es indispensable tener en cuenta lo siguiente:

1.- Que la escoria haya alcanzado condiciones óptimas en lo que se refiere a viscosidad, basicidad.

2.- El contenido de carbono debe llevarse a un nivel apropiado tomando en cuenta el grado de acero que se quiera producir.

3.- Mantener una temperatura siempre proporcional al contenido de carbono en el baño.

4.- Lo más importante de este período bajar el contenido de fósforo y azufre límites inferiores a lo especificado.

QUIMICA DEL PROCESO.- En esta parte haré mención de las reacciones químicas más importantes que se llevan a cabo durante el período de afinación principalmente, ahora bien, sabemos - que el afino en el horno de hogar abierto se lleva a cabo por oxidación, veamos que sucede con los elementos y compuestos - ya una vez oxidados.

EL CARBONO.- Al oxidarse se elimina en forma de gas CO y/o CO<sub>2</sub>

El resto de los elementos lo podemos dividir en cuatro -- grupos y así tendremos:

Grupo 1.- Elementos retenidos casi completamente en la escoria: Silicio, aluminio, titanio, zirconio, boro, vanadio.

Grupo 2.- Elementos retenidos entre la escoria y metal: Manganeso, Azufre, Fósforo y Cromo.

Grupo 3.- Comprende aquellos elementos que son retenidos en el baño como: El cobre, níquel, estaño, cobalto, Molibdeno, y posiblemente arsénico y antimonio.

Grupo 4.- Se refiere a aquellos elementos que son eliminada

dos tanto de la escoria como del metal:

Zinc, Cadmio y Plomo.

Esta agrupación y distribución está basada tomando en con-  
sideración la estabilidad de sus óxidos (exceptuando al azu-  
fre).

Por lo general los elementos cuyos óxidos tienen más baja  
presión de oxígeno tienden a oxidarse más fácilmente y se en-  
cuentran en la escoria.

El efecto de estos elementos sobre la composición del ba-  
ño varían de grupo así por ejemplo los del grupo uno no tie-  
nen afecto directo sobre la composición del baño ya que se --  
oxidan fácilmente y quedan retenidos en la escoria a excep- -  
ción del silicio; cuando el contenido es alto se considera --  
perjudicial al refractario básico del horno por lo que es ne-  
cesario agregar mayor contenido (cantidad) de cal o caliza pa-  
ra neutralizarlo y mantener la basicidad requerida en la esco-  
ria.

De los elementos del grupo dos y tres sus efectos depen-  
den de la práctica seguida en el control del horno y del ace-  
ro a producir el manganeso es casi siempre un elemento desea-  
ble salvo, algunas excepciones. El fósforo, azufre, arsénico  
estaño son indeseables. Si el acero a producir va destinado  
a la fabricación de láminas entonces la presencia de níquel,  
cromo, cobre, cobalto, serán indeseables.

Los elementos del cuarto grupo tienen efecto, ni sobre --  
la escoria ni el baño ya que son eliminados durante la afina-

ción pero: Los productos perjudican el equipo auxiliar. Por ejemplo el óxido de zinc se deposita en los conductos de empaquetado refractario de los regeneradores, obstruyendo el libre paso de los gases. El plomo no presenta ningún problema cuando logra volatizarse pero a veces permanece fundido sobre la superficie del crisol ocasionando grietas que en ocasiones son de graves consecuencias.

No podemos seguir adelante hablando de afino, sin antes tratar con detalle la escoria: Las cualidades de la escoria son.

- 1.- Cubre al baño dándole protección.
- 2.- Es el medio de transmisión de calor al metal.
- 3.- Absorbe y retiene a la vez las sustancias nocivas de la carga.

Entre los principales componentes de la escoria tenemos:

<u>OXIDOS BASICOS</u>	<u>OXIDOS ACIDOS</u>	<u>OXIDOS ANFOTEROS</u>
Fe O	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Mn O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Ca O		
Mg O		

La escoria en el proceso básico es muy activa y se han hecho muchos estudios sobre su composición y control.

Los objetivos en el control de la escoria son:

- 1.- Lograr una eficiente eliminación de las impurezas en el metal.

2.- Llevar a cabo el período de afinación sin una excesiva oxidación para el acero terminado.

3.- Reducción de las inclusiones no metálicas a un mínimo.

Existen varios métodos para el control de la escoria, pero únicamente mencionaremos los de uso común práctico.

1.- Métodos químicos.

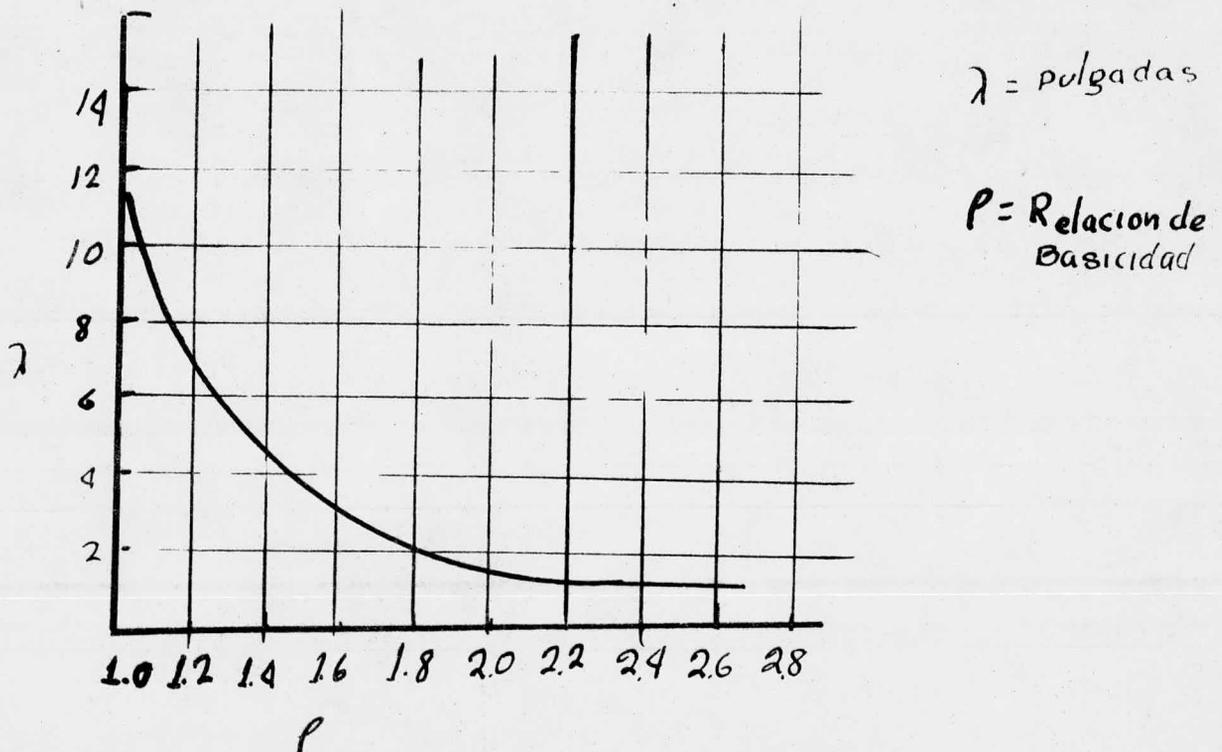
2.- Viscosímetro de Herty.

3.- Color de la escoria enfriada en agua.

4.- Apariencia de la escoria en el baño.

En el método químico por lo general se determinan a el -- porcentaje de sílice y de óxido ferroso.

El viscosímetro de Herty, relaciona la fluidez de la escoria con su composición química. En la siguiente Figura lo representamos gráficamente.



El método de enfriarla en agua, nos da una idea de la relación de basicidad y contenido de FeO, dependiendo de la coloración.

<u>COLOR</u>	<u>CONTENIDO DE FeO</u>	<u>RELACION CaO/SiO<sub>2</sub></u>
Negro	Medio	Baja
Gris	Bajo	Baja
Café-claro	Medio	Media
Café Oscuro	Medio	Alta
Marrón	Alto	Alta

El cuarto método es muy práctico pero no recomendable - - cuando no se tiene la experiencia necesaria. Una escoria densa indica alto contenido de óxido de calcio y frecuentemente un contenido de FeO que varía de alto a medio. Una escoria - es estas condiciones reacciona rápidamente al hacerle adic--nes de espato-fluor ayudándonos a una eliminación rápida de - fósforo y silicio.

Como se puede ver son muchos los astifícios de que pode--mos valernos para controlar las condiciones de la escoria y - así poder actuar con mayor seguridad durante la marcha del -- proceso.

La rapidez del proceso depende de la velocidad con que se alcanza el equilibrio de la concentración del FeO en el metal y la escoria, acelerándose por agitación de baño.

La repartición de la cantidad de FeO soluble en el metal y la escoria está regida por la LEY DE NERST. Su expresión algebraica es la siguiente:

$$L_{\text{FeO}} + (\text{FeO}) (\text{FeO})$$

En donde el  $L_{\text{FeO}}$  + coeficiente de repartición.

(FeO)=porciento de óxido de hierro el acero.

(FeO)+porciento de óxido ferroso en la escoria.

El coeficiente de repartición es una función de la temperatura por lo que a medida que aumenta la temperatura, la solubilidad del FeO en el metal se incrementa, teniéndose por lo tanto que la escoria de afinación actúa como un acumulador de FeO.

La proporción de FeO en la escoria y el metal depende de la cantidad no combinada de dicho compuesto y no, es proporcional a la cantidad total de óxido de hierro en la escoria sino que una función de composición y temperatura.

Podemos resumir a continuación cuanto se conoce al respecto.

1.- El FeO libre aumenta en la escoria con aumento de la temperatura.

2.- Con un aumento de temperatura se favorece el paso de FeO de la escoria al acero.

3.- Un aumento en la concentración del cal tiende a disminuir la concentración de FeO libre en la escoria.

4.- Al aumentar el contenido de  $\text{P}_2\text{O}_5$  en la escoria disminuye la concentración de CaO por formación del fosfuro de calcio compuesto prácticamente indisociable.

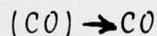
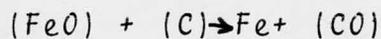
5.- Los porcentajes de MnO en la escoria pueden considerarse en estado libre.

6.- La concentración de  $\text{SiO}_2$  libre aumenta con la temperatura.

EL CARBONO DURANTE EL PERIODO DE AFINACION.- El mecanismo de oxidación del carbono en proceso de aceración es el más importante. Según estudios llevados a cabo por muchos investigadores se llega a la conclusión de que se efectúa en tres pasos:

- 1.- Paso del oxígeno de la escoria al baño.
- 2.- Reacción del  $\text{FeO}$  en el baño con el carbono.
- 3.- Liberación del monóxido de carbono en forma de gas.

Expresiones químicas en cada caso:



Es una reacción endotérmica en el sentido de izquierda a derecha y se favorecerá en este sentido aumentando la temperatura.

Sin embargo puede llegarse a una condición de equilibrio.



Para una temperatura y presión dada habrá una determinada condición de equilibrio coexistente con una determinada concentración de  $\text{FeO}$  y carbono, no variando el equilibrio a menos que una acción modifique, como temperatura, presión o también la concentración de las sustancias presentes.

Así que:

$$K = \frac{(\text{Fe}) (\text{C})}{(-\text{Fe}) (\text{CO})}$$

Ahora bien como la concentración de las sustancias es --  
proporcional a la presión gaseosa diremos que:

$$(C O) = P_{CO}$$

e donde:

$$P_{CO} = \text{Presión del CO}$$

Por lo tanto la ecuación quedará

$$K = \frac{(FeO) (C)}{P_{CO}}$$

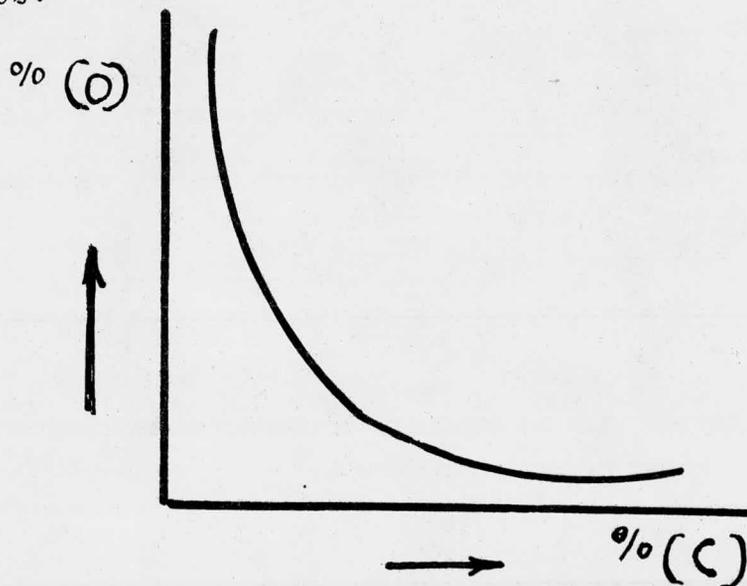
Y para una presión de una atmósfera nos quedará.

$$K = (FeO) (C)$$

De donde expresando este ecuación en términos de oxíge  
no el contenido de FeO tendremos:

$$K = (O) (C)$$

Haciendo una representación gráfica de esta ecuación -  
tendremos:



En la práctica de fabricación de acero el factor más importante y más notable que hace variar la condición de equilibrio es la temperatura. Se han logrado los siguientes valores de "K" tomando en cuenta la temperatura.

TEMPERATURA	K = C O
1 5 0 0 °C	0.0020
1 6 0 0 °C	0.0025
1 7 0 0 °C	0.0030

El equilibrio entre el (FeO) y el (FeO) se alcanza solo aproximadamente con velocidades de descarburación bajas es decir hacia el final del período de afinación.

La velocidad de reacción del FeO con el carbono, depende para un contenido dado de carbono del contenido de FeO en el baño. Durante la descarburación no es posible tener un estado de equilibrio, porque es necesario tener un exceso de FeO en el baño. Si el baño estuviera esencialmente en equilibrio con respecto al carbono y el óxido de hierro, la relación de eliminación de carbono podría controlarse por la relación de difusión del FeO de la escoria al metal. Bajo esas condiciones podrían encontrarse aquellas coladas en las que la difusión es muy rápida o probablemente nos daría una calidad de acero mucho menor que en aquellas en las que el FeO se difunde más lentamente, porque la oxidación del baño podría continuar después de ser desoxidado el baño y cuanto más rápidamente el FeO se difunda en el metal, mayor sería el grado de oxidación después de la desoxidación.

La reacción de descarburación es de gran importancia no -

solo para la eliminación del exceso de carbono en el acero, - si no que deja ver su influencia en otras reacciones que debe rían efectuarse durante el período de afinación.

Resumiendo, la descarburación resulta más intensa cuanto más:

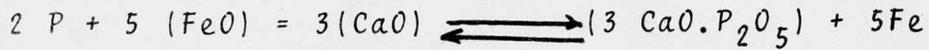
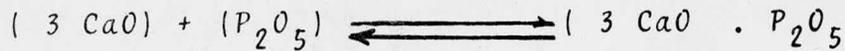
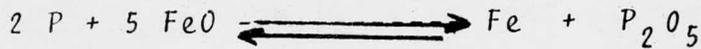
- 1.- Alto contenido de carbono en el baño.
- 2.- Alto es el porcentaje de FeO en la escoria.

La agitación producida como consecuencia de la descarburación ayuda durante el proceso a:

- 1.- Mejora la transmisión del calor a través de baño - metálico.
- 2.- Asegura un mejor contacto entre la escoria-metal, acelerando el afino del metal.
- 3.- Ayuda a la eliminación de hidrógeno y otros gases ocluidos.

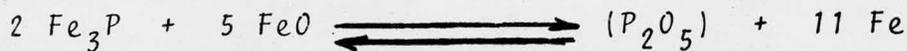
Durante el período de fusión una gran cantidad de hidróge no, puede quedar atrapado, pudiendo ser expulsado gran parte del mismo, durante el período de ebullición del carbono. Es oportuno recomendar que el carbono sea de 50 a 60 puntos arri ba del especificado, al fundir la carga y tratar de bajarlo - lo más bruscamente posible evitando hacer adiciones al horno en los últimos 30 minutos para el sangrado del mismo. Queda descartado hacer adiciones de mineral de hierro, en estos - - treinta minutos cuando se trate de acero eferveciente.

REACCIONES QUIMICAS DEL FOSFORO.- Se ha aceptado que la elimi nación del fósforo del baño depende de dos reacciones a saber:

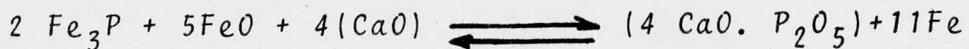
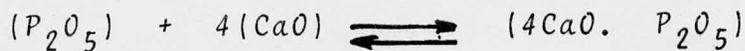


El pentóxido de fósforo es prácticamente insoluble tanto en el baño, como en la escoria, y pasa a ésta en forma de fosfato tricalcico o tetracalcico, ya que el equilibrio de otro modo se desplazaría hacia la izquierda o sea favoreciendo la reducción del pentóxido de fósforo.

Se ha pensado que el fósforo en el metal existe en forma de fosfuro de hierro y su oxidación puede ser representada -- por la siguiente ecuación.



Al combinarse el  $P_2O_5$  con el  $CaO$ , tenemos:



La eliminación del fósforo está afectada por condiciones oxidantes en la escoria y se verá afectada igualmente por la relación  $MnO/FeO$  de la escoria. Así tenemos que usar un arra bio alto en manganeso, consecuentemente retardamos la eliminación -- de fósforo, porque cualquier incremento en  $MnO$ ; resulta en -- una disminución del contenido de  $FeO$  en solución.

Balajiva y otros investigadores han logrado un mejor en-- tendimiento de las reacciones que afectan el poder desfosfo--

rante de una escoria y han sugerido que la constante de equilibrio en la reacción de eliminación del fósforo es la siguiente:

$$K_f + \frac{P_2O_5}{P_2 \cdot (FeO)_5 \cdot (CaO)_3}$$

En esta ecuación se puede ver la influencia del contenido de óxido de hierro y óxido de calcio en la escoria y se confirma que la desfosforación se acelera por una escoria altamente básica, con un contenido mínimo de FeO o bien una escoria menos básica y un alto contenido de FeO.

La elevación de temperatura durante el proceso de aceración conduce a una fuerte disociación de fosfatos de calcio y con ello una reversión del fósforo al acero. Este problema es frecuentemente en la fabricación de aceros altos en carbono, consecuentemente con un contenido de oxígeno bajo, por lo que es indispensable aumentar considerablemente el contenido de cal.

Para lograr una buena desfosforación debemos considerar los siguientes factores:

- 1.- Baja temperatura de trabajo.
- 2.- Bajo porcentaje de  $P_2O_5$  en la escoria.
- 3.- Alto grado de oxidación en la escoria.
- 4.- Relación de basicidad alta.

REACCIONES QUIMICAS DEL AZUFRE.- El azufre se encuentra en la escoria formando numerosos compuestos, siendo los más importantes, el sulfuro de calcio, y el sulfuro de manganeso.

Su eliminación del baño se lleva a cabo por las reacciones siguientes:



Sus constantes de equilibrio son:

$$K_{\text{CaS}} = \frac{(\text{CaO}) (\text{FeS})}{(\text{FeO}) (\text{CaS})}$$

$$K_{\text{MnS}} = \frac{(\text{Mn}) (\text{FeS})}{(\text{MnS})}$$

Es de considerar la influencia que sobre la desulfuración ejercen los gases de la combustión. Esto se agrava cuando -- disponemos de combustibles altos en azufre, y más aún cuando se requiere un contenido sumamente bajo en el acero para un uso que así lo requiera puede haber durante el período de fusión una absorción de azufre como resultado de la interacción del  $\text{SO}_2$  en la atmósfera del horno el



Así que cualquier incremento en  $\text{FeO}$  ó  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , desplazará -- la reacción a la izquierda o sea en presencia de una atmósfera oxidante la eliminación de azufre se dificulta.

#### FACTORES QUE FAVORECEN LA DESULFURACION.-

- 1.- Alto contenido de óxido de calcio en la escoria.
- 2.- Bajo grado de oxidación en la escoria.
- 3.- Alta temperatura de trabajo.

- 4.- Mantener fuerte agitación del baño, para lograr un mejor contacto escoria metal.
- 5.- Concentración alta de manganeso en el metal.
- 6.- Adición de espato fluor para lograr mayor fluidez de la escoria.

REACCIONES QUIMICAS DEL SILICIO.- La reacción química de eliminación del silicio es la siguiente:



Su constante de equilibrio es:

$$K_{\text{Si}} = \frac{(\text{Si}) \cdot (\text{FeO})^2}{(\text{SiO}_2)}$$

El contenido de silicio en el baño metálico es muy bajo - en la fabricación de aceros efervescentes, vestijios.

Se deduce de la ecuación anterior, que la concentración - del Silicio en el baño es inversamente proporcional al cua- drado de la concentración de FeO y basta un pequeño aumento - en el FeO libre para acelerar su oxidación,

Los silicatos (SiO<sub>2</sub>) libres, en su mayoría se combinan con la cal y el MnO.

REACCIONES QUIMICAS DEL MANGANESO.- Las reacciones del -- manganeso pueden representarse con la siguiente ecuación:



La velocidad de esta reacción está influenciada por la -- concentración de los constituyentes y la temperatura. Se vé el Mn afectado por el contenido de óxido de calcio en la esco

ria.

Un aumento en el contenido, de manganeso se logrará a temperatura constante, elevado el contenido de MnO por adición de mineral de manganeso o bien directamente por adición de -- óxido de calcio que deja libre MnO del compuesto MnO. SiO<sub>2</sub>.

El manganeso en el baño aumenta:

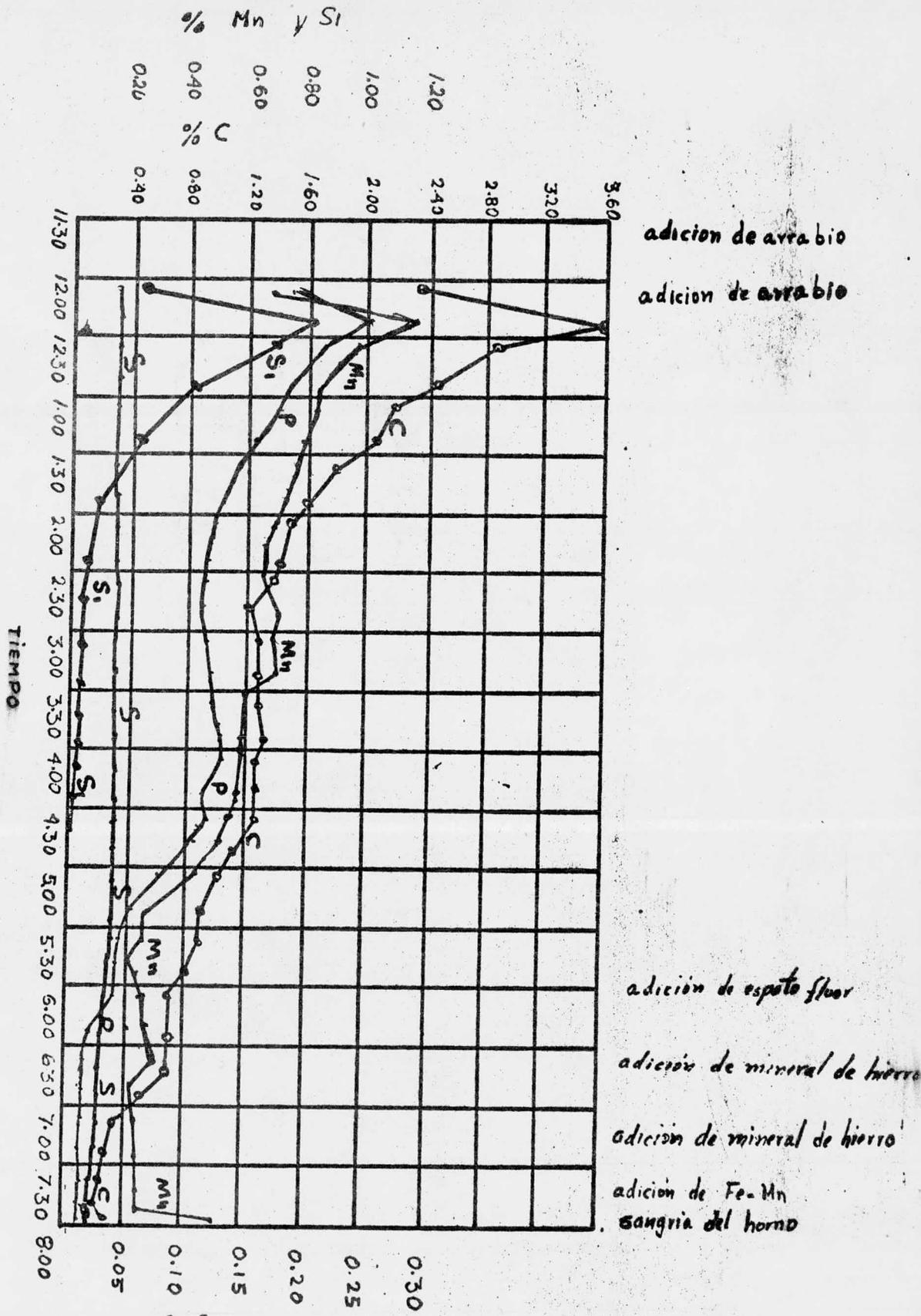
- 1.- Disminuyendo el FeO libre por adición de Cal
- 2.- Aumentando el manganeso en la escoria.
- 3.- Dsminuyendo el SiO<sub>2</sub> en la escoria.

Tammann, dice que la reducción del manganeso desde la escoria en el proceso básico por adición de espato fluor y cal se observa durante las primeras etapas del período de afinación y está asociado con la evolución del carbono. Esto es, la escoria contiene Dióxido de silicio y forma una mezcla de silicato de calcio y manganeso y en este período es posible que el óxido de calcio reemplace al MnO de esa mezcla y subsecuente reducción.

No es posible en las últimas etapas del afino por la formación de óxidos ácidos de Mn como son el MnO<sub>2</sub> y el MnO<sub>3</sub> que forman Manganita calcica (CaO. MnO<sub>2</sub>).

En la figura siguiente se vé claramente la eliminación de los diferentes elementos a medida que progresa el trabajo de la carga en hornos de hogar abierto básico.

COLADO DEL HORNO.- (pica). Es lo que llamaríamos última etapa del proceso, vá precedido del bloqueo; en el caso de aceros calmados y semi-calmados y en ocasiones un rehervido --



eliminación de los elementos en la carga a medida que progresa la oxidación

provocado por la adición de puntas o colas de lupia o planchón.

Siempre y cuando el análisis químico del metal (acero) se haya logrado bajar al rango especificado principalmente en el contenido de Carbón, Fósforo y Azufre.

DESTAPADOR. - Es un explosivo tipo basuca cuya finalidad es perforar el tapón del horno para permitir el flujo del metal a través de una canal para finalmente depositarse en la olla.

OLLA O CUCHARA DE COLADA. - Tiene la forma de un tronco de cono, hecho de placa de 1.5" soldado y remachado, con sincho o anillos de la misma placa. El interior recubierto con ladrillo refractario (ácido), en la parte superior tiene una canal para derrame de escoria, en la parte inferior el, agujero de colada (boquilla) cuyo diámetro es de 2.5 a 3" dependiendo -- del grado de acero. El tapón de la boquilla es de grafito sujeto a una espiga cuyos movimientos son hacia arriba (destapa) hacia abajo (Tapa).

LINGOTERAS (cequilas). - Las lingoteras o moldes para lingotes, están hechas de fierro gris, a partir de arrabio bajo fósforo, el contenido de carbono varía de 3.5% a 4.0% y el Silicio de 1.5 a 2.0% (fundido en Cubilote). La relación de carbono a Silicio será dado por el espesor de la lingotera, siendo para paredes delgadas alto el carbono y el silicio, para paredes gruesas ambos bajos.

Debemos tomar en cuenta el porcentaje de fósforo no mayor de 0.15% para evitar agrietamientos en las lingoteras.

El manganeso deberá ser bajo para evitar la formación de una estructura perlítica la cual produce resistencia a la expansión, indeseable en estos casos.

Las paredes de las lingoteras pueden ser lisas u onduladas siendo más recomendables las onduladas por su mejor distribución del calor (mayor área de contacto) y mayor facilidad para desprenderse las cáscaras durante el desvate del lingote.

### EL MOLDE

Paredes Planas.- Larga vida para la pared del molde.

Ondulaciones.- Facilitan el desmoldeo - Mantiene baja la -- formación de "cola de pescado" ya que existe un lugar disponible en el centro. Además aumentan el área de contacto o superficie de enfriamiento.



Corrugada o Plegada.- Mejoran la calidad superficial. Siempre y cuando el % de carbono sea bajo.



CAPITULO III  
VACIADO DE LINGOTES  
Y  
CONTROL METALURGICO

La forma de las lingoteras es cónica para facilitar el -- desmoldeo (descoquilado), Ésta conocida va del 3 al 6% calculados con la expresión matemática siguiente:

$$C = 100(A-B)L$$

C = conicidad en por ciento.

A = Diámetro inferior.

B = Diámetro superior.

L = Altura de la lingotera.

La vida de las lingoteras depende del Análisis químico de estructura, del espesor de las paredes y del tiempo de permanencia del lingote dentro de ella.

El Tiempo de permanencia del lingote dentro de la lingote ra deberá ser óptimo; en un caso para no afectar el rendimien to (por corazón líquido) y en el otro caso para disminuir el tiempo de recalentamiento en fosas.

Para los aceros bajos en carbono este tiempo lo podemos - calcular aplicando la relación matemática siguiente:

$$T = ( e/2 )^2$$

T = Tiempo de permanencia del lingote en lingotera

e = Longitud del lado más angosto de la cabeza del lin gote en Pulg.

COLADO DE LINGOTES.- El lingote es la forma más simple en el colado de piezas, el lingote ideal es aquel que está libre de inclusiones no metálicas y su análisis químico es uniforme. Pero desafortunadamente las leyes naturales que gobiernan la solidificación del metal, se oponen a estos requisitos, ade--

más nos producen el conocido fenómeno del rechupe o contracciones en la parte superior de la pieza, por otra parte nos producen cavidades o burbujas de gas que no logran escapar quedándose atrapadas en el interior del lingote, además de segregaciones, inclusiones, fisuras internas, sumándose a estos los defectos accidentales en la superficie de la pieza tales como; grietas de la solidificación, costras, marca de tenaza.

De acuerdo con el grado de oxidación (desoxidación) los lingotes de acero los clasificamos en cuatro clases o tipos - como sigue:

- A.- Lingote de acero efervecente u oxidado.
- B.- Lingote de acero Capado químicamente (desoxidado en lingotera).
- C.- Lingote de acero semi-calmado, o desoxidado parcialmente.
- D.- Lingote de acero calmado u desoxidado completamente.

Diferenciándose cada uno de estos lingotes por el tipo de estructura originada por la cantidad de gases que evoluciona durante la solidificación del mismo en la lingotera variando desde vestigios en los aceros calmados hasta gran cantidad en los aceros efervecentes.

Estos gases monóxidos de carbono principalmente, bioxido de carbono, hidrógeno y nitrógeno son desalojados en el momento del cambio de estado (líquido- sólido).

DESOXIDANTES.- Los desoxidantes de uso común en el acero son

el ALUMINIO, el SILICIO, el TITANIO, y el ZIRCONIO, existen otros elementos que podemos considerar como desoxidantes en menor escala entre ellos está el manganeso, cromo, pero la presencia de estos en un acero (Mn, Cr) es para que impartan sus propiedades a ese acero, pero no se debe atribuir a que su presencia es el producto de haberlos usado como desoxidantes.

CONTROL DEL GRADO DE OXIDACION.- Este es uno de los elementos más difíciles de conseguir y de mantenerlo constante, lo único que prácticamente se logra es mantenerlo dentro de límites aceptables, haciendo adiciones de aluminio tanto en la olla como a los moldes; durante el colado del metal, tratar de ajustar totalmente el oxígeno en los moldes tiene muchos inconvenientes principalmente la discontinuidad en el espesor de la piel (en aceros efervescentes) principalmente la discontinuidad en el espesor de la piel (en aceros efervescentes) - en las partes bajas del lingote.

En los lingotes de acero semi-calmado esta deberá ser óptima por lo siguiente: Si la desoxidación es deficiente puede provocar lo que vulgarmente se llama sangrado del lingote y si este es en exceso sus consecuencias son un aumento en el tubo (rechupe) cuyos resultados son un bajo rendimiento, ambos casos son indeseables.

SOLIDIFICACION.- La solidificación del acero es un proceso de cristalización y está regido por dos factores:

- 1.- Rapidez de formación de núcleos.

## 2.- Crecimiento de los cristales.

Los núcleos pueden ser átomos de la misma substancia solidificante o bien compuestos del metal o partículas extrañas. Así podemos hablar de nucleaciones endógena y nucleaciones -- exógena.

En aleaciones técnicamente puras y en los metales en número de núcleos exógenos es tan grande que hace imposible la -- formación de un solo tipo de cristales.

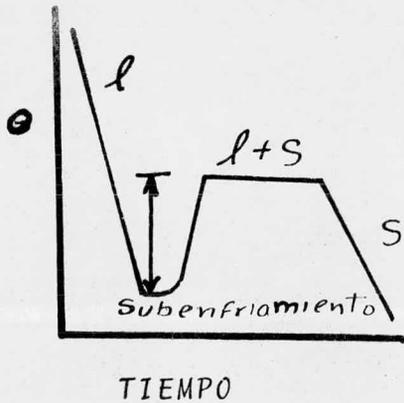
Los núcleos de origen endógeno se comparten en forma inestable, sobre todo cuando se logran sobre calentamientos, muy frecuentes en la práctica y estos tienen una influencia muy -- marcada en la formación de la estructura primaria; por lo que se hace necesario controlar la acción del tipo de nucleación precisamente por la existencia de núcleos cuya acción no puede ser neutralizada por los frecuentes sobrecalentamientos y son principalmente óxidos y nitruros de aluminio, titanio, -- berilio, vanadio, boro, compuestos estos de muy alto punto de fusión.

Los núcleos endógenos son inestables al lograrse temperaturas de 20°C arriba de la línea líquida en el diagrama y son por lo general compuestos de manganeso, fósforo, azufre, ní-- quel y cobalto.

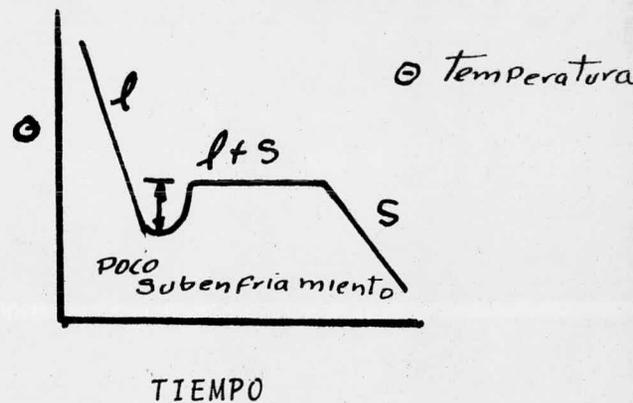
La curva de enfriamiento de un metal puro presenta una -- mezeta que corresponde a su temperatura de solidificación. Lo que significa que un metal puro solidificado a temperatura - - constante. En la práctica suele necesitarse un pequeño suben

enfriamiento para lograr el comienzo de la solidificación y una vez comenzada la cristalización la curva sube hasta la temperatura que le corresponde y se mantiene constante durante la solidificación y sigue el enfriamiento en la fase sólida. En las siguientes figuras se puede observar la influencia tan marcada de partículas extrañas sobre las curvas de enfriamiento de un metal puro.

SIN PARTICULAS EXOGENAS



CON PARTICULAS EXOGENAS



La solidificación de un acero con bajo contenido de oxígeno, casi completamente presenta tres zonas con diferentes características en tamaño y forma cristalina.

Primero se forma al entrar el acero en contacto con las paredes del molde una banda de cristales equiaxiales, muy pequeños y orientados al azar. Son cristales de máxima pureza, como consecuencia de un enfriamiento brusco.

Al aumentar el espesor de dicha banda, disminuye la transmisión de calor hacia las paredes del molde debido al calor de solidificación que se disipa entonces los cristales comien-

zan a crecer, y van a constituir la segunda zona de cristalización.

ZONA COLUMNAR.- Está constituida por cristales alargados y normales a las paredes del molde, son de origen dendritico y pueden crecer hasta el centro del lingote si, la velocidad del enfriamiento es sumamente lenta.

ZONA GLOBULAR.- Esta es semejante a la primera (cristales equiaxiales) pero de cristales un poco mayores y sin orientación preferente.

En las diferentes zonas además de las variaciones de índice cristalografica, se presentan alteraciones en la composición química.

El patrón de solidificación en un acero efervescente el problema es un poco más complejo ya que el potencial de oxidación en el acero. Líquido registrará evolución de CO, la que se ve afectada a la vez por la temperatura del acero, la presencia de desoxidantes metálicos, etc., que al desprenderse origina una corriente ascendente rápida entre la interférence de cristales y líquido y contraresta la difusión de elementos de aleaciones en el acero, como también un aumento en los gradientes de transmisión de calor por convección. Es por esto que no se verifica una segregación intensa como ocurre en los aceros desoxidados y semi-desoxidados, en donde se puede observar macroscopicamente las tres zonas bien definidas.

Este movimiento de arrastre propio de aceros efervescen-

tes hace difícil la tendencia a la formación de una banda de cristales columnares por lo tanto la solidificación progresa como una superficie plana y paralela a las caras del molde.

Es necesario emplear esas burbujas de CO para que inicien su movimiento ascendente y esta nucleación se ve favorecida por la presencia de pequeñas partículas de origen exógeno y suspendidas muy cerca de una burbuja inicial de CO. El CO se separa normalmente al haberse logrado que una parte del sólido más puro provoque una concentración de carbono y oxígeno en el líquido adyacente.

La primera capa se forma constituida de pequeños cristales tipo dendrítico y dentro de las depresiones que forman esos cristales quedan atrapadas algunas burbujas, las que crecen y se alargan entre cristales adyacentes y van a formar las sopladuras muy características en los aceros efervescentes y cuya posición en el lingote determina su calidad.

LINGOTES DE ACERO EFERVESCENTE U OXIDADO.- Por definición este tipo de lingotes se obtiene a partir de un acero oxidado completamente y de bajo carbono (partiendo de  $K=0^{\circ}C$ ).

El lingote de acero efervescente está constituido por tres zonas que son:

- 1.- PIEL (pellejo) ó Zona fría.
- 2.- ANILLO
- 3.- CORAZON

LA ZONA FRÍA O PIEL.- Esta se localiza en la parte exteriores del lingote y empieza en el contacto del metal con la lingote

ra extendiéndose hasta la región donde aparecen la sopladuras o bolzas de gas alargadas.

ANILLO.- Lo constituyen las sopladuras primarias y las secundarias siendo estas últimas casi esféricas ambas regularmente espaciadas y extendiéndose por todo el lingote.

CORAZON.- Se localiza en la zona central en la cual las sopladuras se presentan en la parte superior y de mayor tamaño primarias y secundarias.

ACCION EFERVESCENTE.- Durante el colado de un lingote de acero efervescente pueden presentarse los siguientes casos:

- 1.- Efervescencia buena.
- 2.- Efervescencia lenta.
- 3.- Efervescencia vigorosa.
- 4.- Efervescencia retardada.

1.- Una acción efervescente buena se caracteriza por iniciarse inmediatamente con una velocidad de reacción (desprendimiento de gases) uniforme, a medida que la solidificación progresa, el nivel de acero líquido baja en tal forma que la parte solidificada (caja) desciende para finalmente cerrar en un solo nivel.

2.- Cuando la velocidad de reacción es baja el desprendimiento de gases será lento consecuencias de un nivel bajo de oxidación en el acero por lo tanto la presión del CO producido no es suficiente para vencer la presión ferrostática quedando así gran cantidad de burbujas atrapadas provocando que el nivel del acero se eleve llegando en ocasiones hasta derramarse de la lingotera.

La formación de la caja no es uniforme y con tendencia hacia arriba.

La piel en este tipo de lingotes es sumamente delgada debido a que las burbujas de gas quedan atrapadas muy cerca de la superficie, formando una especie de canales.

Durante el tiempo que permanecí como observador de aceración se estuvieron haciendo pruebas para llevar a este tipo de acero a la gamma de efervescente bueno haciendo adiciones de mezclas a base de fluoruros de calcio y sodio cuyos resultados fueron bastante aceptables haciendo la adición uniforme durante el colado del lingote.

Disminuyendo el % de corte prometido de 8.5 sin acelerador a 6.- con acelerador.

3.- Cuando la acción efervescente es muy vigorosa como -- consecuencia de una sobreoxidación, el acero al llegar al nivel de vaciao, desciende bruscamente. Aquí la presión del CO es muy fuerte y las burbujas ascienden con tal rapidez que la zona de efervescencia solidificara sin sopladuras y si se insiste en rellenar este lingote se formarían dos pieles que van afectar directamente la calidad del mismo; El control de este tipo de efervescencias para llevarlo al rago de efervescentes buenos se hace con adiciones uniformes de aluminio durante el colado del lingote. La caja es normal a la pared o lingotera con ligera tendencia hacia abajo a medida que se aproxima al centro del lingote.

4.- Efervescencia retardada. Este término se aplica a a-

quelllos casos en los que al vaciarse un lingote no se vé efervescencia inmediata, lográndose una mejoría durante la solidificación. Es muy frecuente en estos casos que al progresar - la solidificación el acero se agite de tal forma que la parte ya solidificada que vá cerrando la cabeza del lingote se rompa.

A medida que progresa el vaciado el fenómeno de la efervescencia retardada disminuye y en muchos casos desaparece, comportándose como un lingote de efervescencia normal (buena).

El problema de los lingotes con efervescencia retardada - es de gran importancia conocer su mecanismo y consecuencias - en la calidad y más aún cuando este retardo es muy prolongado la piel solidificará sin los beneficios de una vigorosa evolución de CO y las sopladuras primarias se formarán muy cerca - de la superficie del lingote con sus consecuencias, defectos de superficie en el producto final.

Una explicación de las efervescencias y retardadas, parece ser la acción de los desoxidantes metálicos, como el silicio, los que bloquean la reacción carbono-oxígeno.

Al descender la temperatura del acero en la olla a medida que progresa la vaciada, estas pequeñas cantidades de desoxidantes se precipitan como óxidos y la efervescencia se inicia luego.

Es algo, difícil de mostrar como bajando la temperatura - del acero unos cinco grados por así decir puede tener un objeto medible en la tendencia del carbono a reaccionar por sí --

mismo, y esto es conocido que bajando la temperatura del acero se puede mejorar la efervescencia.

El silicio o cualquier otro desoxidante metálico presente en los aceros efervescentes reducirá la concentración efectiva del oxígeno, lo que representa una disminución en la fuerza para que se lleve a cabo la reacción carbono-oxígeno.

Atrapamiento de los gases o detención de la efervescencia consiste en poner una tapa refrigerada (con agua) en el momento en que el desprendimiento de gases decrese. Esta práctica se aplica a todos los lingotes de acero efervescentes.

#### LINGOTES DE ACERO SEMI-CALMADO O PARCIALMENTE OXIDADO.-

Este tipo de lingotes se obtiene a partir de un acero parcialmente oxidado y el contenido de carbono superior al de acero efervescente.

La cantidad de chispas emitidas por un lingote recién vaciado es el mejor indicio del grado de desoxidación.

Con esta base se hace la adición de desoxidantes en la lingotera durante el colado del lingote como antes mencionamos la desoxidación deberá ser óptima;

Por lo siguiente si el desoxidante es poco la superficie del lingote resulta convexa a grado tal que en ocasiones llega a romperse provocando así el sangrado del lingote.

Cuando el uso de desoxidante es excesivo la superficie del lingote es concava, en ambos casos los resultados son indeseables ya que se traducen en bajos rendimientos.

Se recomienda en este tipo de lingotes una superficie pla

na o ligeramente convexa.

DESOXIDACION EN LINGOTERAS.- Los agregados de los desoxidantes en las lingoteras se pueden hacer de tres maneras distintas:

- 1.- Adición uniforme durante el colado del lingote.
- 2.- Antes de terminar el colado del lingote.
- 3.- Después del colado del lingote.

El primer método es el más recomendable ya que se asegura una desoxidación uniforme evitando así la formación de bolsas de gases inmediatas a la superficie.

Los otros dos métodos producen lingotes localmente sobre-desoxidados en la cabeza mientras que el resto del lingote no se ha desoxidado lo suficiente originando así las bolsas de gas inmediatas a la superficie. Produciendo los defectos de empalme en los productos laminados.

LINGOTES DE ACERO CALMADO O TOTALMENTE DESOXIDADO.-

Este tipo de lingotes se obtiene a partir de un acero completamente desoxidado eliminándose completamente el desprendimiento de gases durante la solidificación, razón por la cual aumentará el tubo bajando el rendimiento del lingote. Pero - para la eliminación de un alto porcentaje de tubo se recomienda vaciar este tipo de lingotes en lingoteras con el extremo inferior hacia abajo y con cabeza caliente (mazarota) o únicamente con cabeza caliente y posición normal de la lingotera - siendo esto último la práctica seguida en esta factoría.

SEGREGACION.- Llámese segregación a la variación del análisis químico que presenta el metal solidificado; Pudiendo ser ma--

yor o menor que el promedio del análisis químico original.

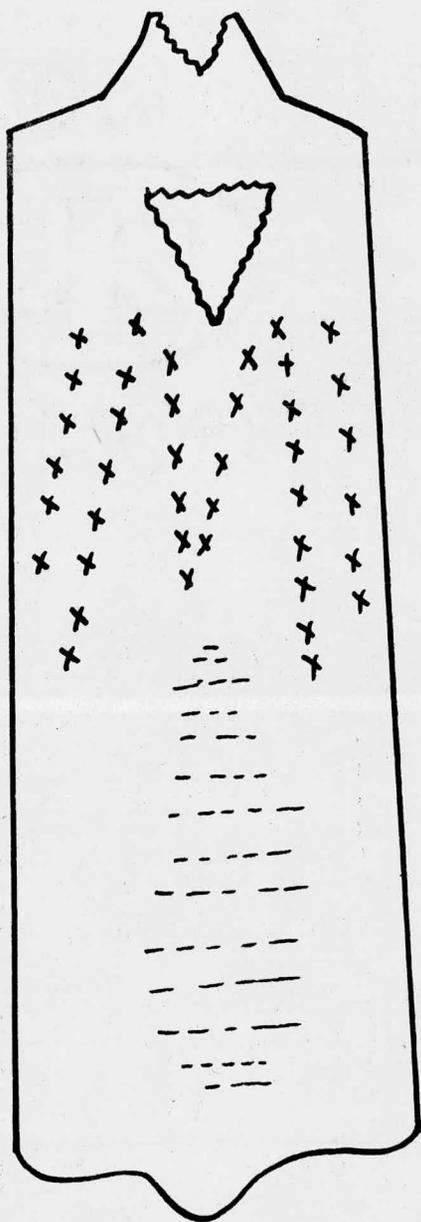
La segregación no es tan uniforme como los cambios de estructura pero si sigue una pauta general. Ahora bien dos diferentes elementos que se encuentran en solución en el acero líquido se agregan de la misma manera pero no del mismo grado. Por lo tanto una descripción cualitativa de la gráfica de segregación de un elemento

Tenemos como ejemplo el caso de un lingote de acero calmado según pruebas hechas prácticamente nos encontramos que presenta dos zonas de segregación una positiva y una negativa.

Segregación positiva: Es la zona que nos reporta una concentración más alta que el promedio del análisis químico original.

Segregación negativa; Es aquella zona en la que el análisis químico es menor que el promedio.

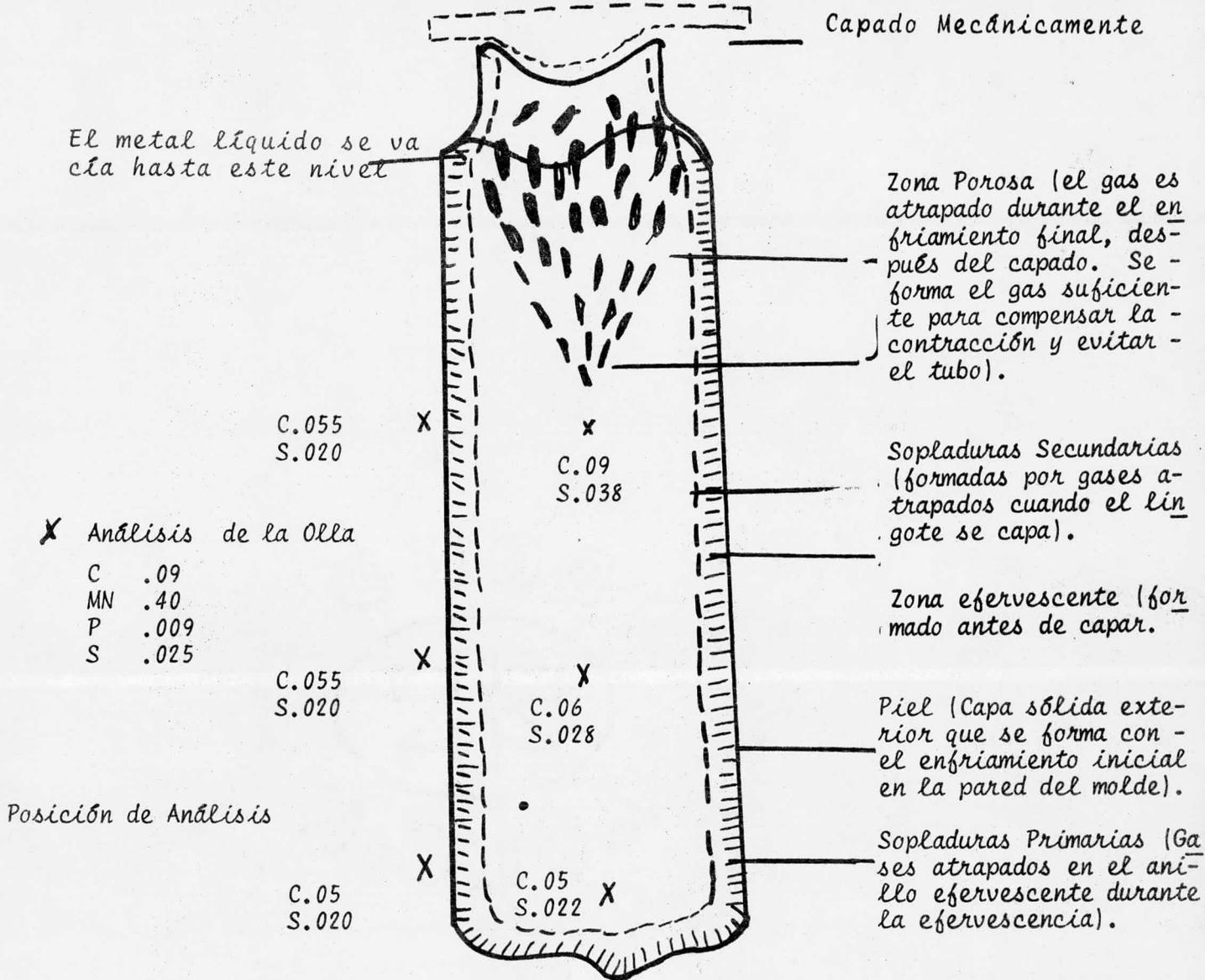
Ambos casos los podemos observar en las figuras sig.:



+ Zonas de segregación  
positiva

- Zona de segregación  
negativa.

ESTRUCTURA DE UN LINGOTE CAPADO MECANICAMENTE (CUELLO DE BOTELLA).



La estructura del lingote es similar a la del lingote efervescente. Los factores más importantes de este tipo de lingote son:

- 1.- La formación de gases prácticamente controlada.
- 2.- Queda atrapada una gran cantidad de gas.
- 3.- El gas atrapado forma sopladuras que hacen que el metal se eleve y llene completamente el molde.
- 4.- La zona efervescente es más angosto que en un lingote efervescente. La piel es delgada y se debe cuidar que no se rompa durante el calentamiento y laminación. La segregación es más restringida que en los aceros efervescentes de boca abierta dando como resultado un mayor rendimiento

ESTRUCTURA DE UN LINGOTE EFERVESCENTE

Análisis de la Olla

C	.09
MN	.40
P	.009
S	.025

C.060  
S.060

C.055  
S.022

C.050  
S.020

C.050  
S.020

C.050  
S.020

X

X

X

X

X

X

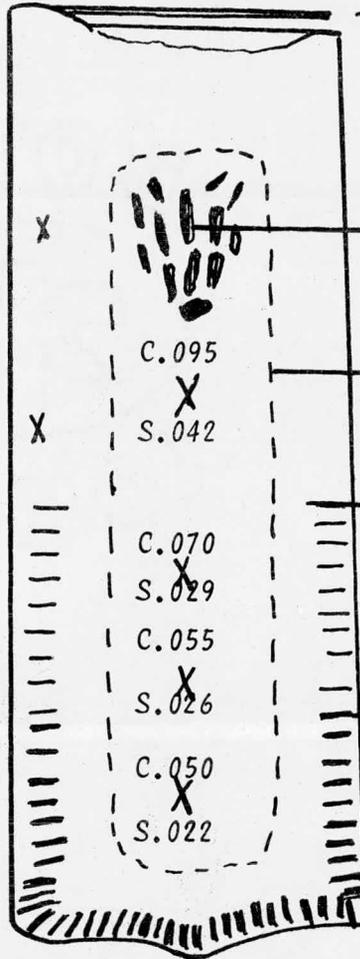


Lámina o placa para tapado (proporciona una superficie fría deteniendo la acción efervescente).

Zona Porosa (formada por el gas atrapado durante el enfriamiento final después del tapado. Esto resultaría cavidad de tubo si no hubiera gases presentes).

Sopladuras Secundarias (formadas después del tapado por gases atrapados en su viaje a la superficie).

Zona Efervescente (formada antes de tapar el lingote).

Sopladuras primarias (formadas por gases atrapados durante la acción efervescente).

Piel (metal enfriado que solidifica primero).

Posición del análisis.

Esta es la estructura de lingote más complicada. Los factores más importantes son:

- 1.- Se forma una gran cantidad de gas.
- 2.- Parte de este gas es atrapado como sopladuras y en la forma de zona Porosa.

Mientras las sopladuras y zona porosa no se espongan a la acción atmosférica caldearán durante el desbaste quedando como metal sano. Pero si la piel se agrieta no lo harán. Por lo tanto, resulta de gran importancia que la piel no se agriete antes del recalentamiento y desbaste.

Como se muestra el patrón de segregaciones C-S en la parte superior.

ESTRUCTURA DE UN LINGOTE SEMI-CALMADO (CAPADO QUIMICAMENTE)

Análisis de la Olla

C .25  
MN .45  
P .020  
S .026  
SI .005

X

C.25  
S.026

X

C.40  
S.050

X

C.25  
S.026

X

C.24  
S.028

X

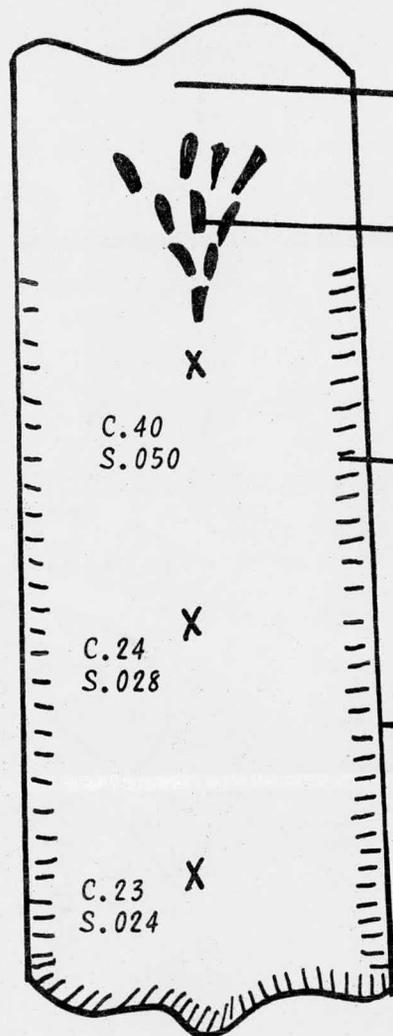
Posición del Análisis

C.25  
S.026

X

C.23  
S.024

X



Tapa (aluminio añadido al terminar de vaciar hace que la parte superior enfríe y forme una capa)

Zona Porosa (después del tapado se forma el gas suficiente para compensar la contracción y eliminar el tubo).

Sopladuras Primarias (gas atrapado durante la solidificación inicial).

Piel (capa sólida exterior que se forma durante el enfriamiento inicial sobre la pared).

Esta estructura es similar a la del lingote de cuello de botella. Los factores más importantes de este tipo son:

- 1.- Se controla estrechamente la formación de gases.
- 2.- La mayor parte del gas formado queda atrapado.
- 3.- El gas atrapado es el suficiente para compensar la contracción y hace que la superficie quede ligeramente convexa.

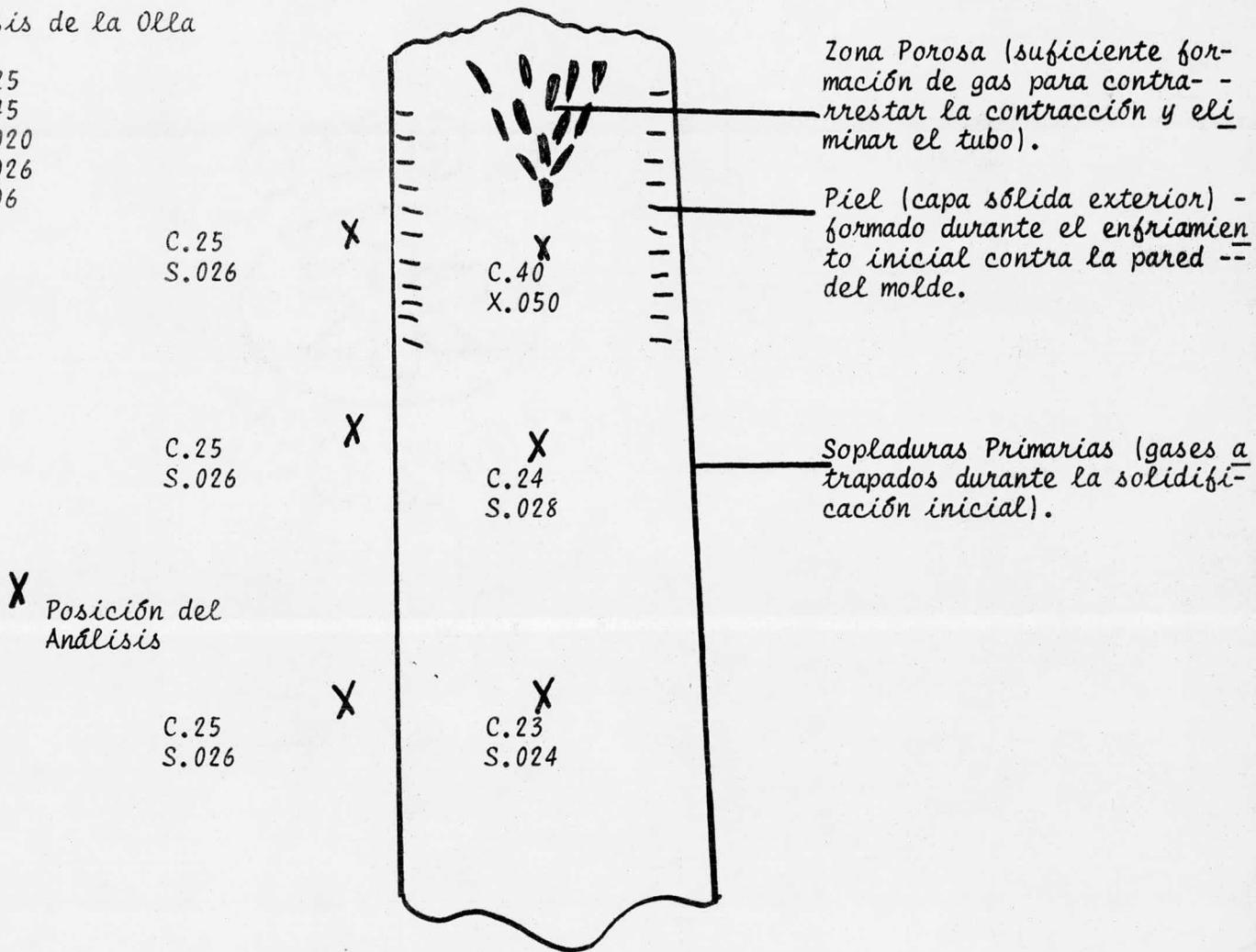
Las sopladuras están protegidas por una piel muy delgada y se debe tener cuidado en no agrietarla durante el enfriamiento y desbasté.

Se muestra el patrón de segregaciones C-S

ESTRUCTURA DE UN LINGOTE SEMI-CALMADO (CON ADICIONES DE AL).

Análisis de la Olla

C. .25  
MN .45  
P .020  
S .026  
SI .06



Este lingote es similar en estructura al capado químicamente.

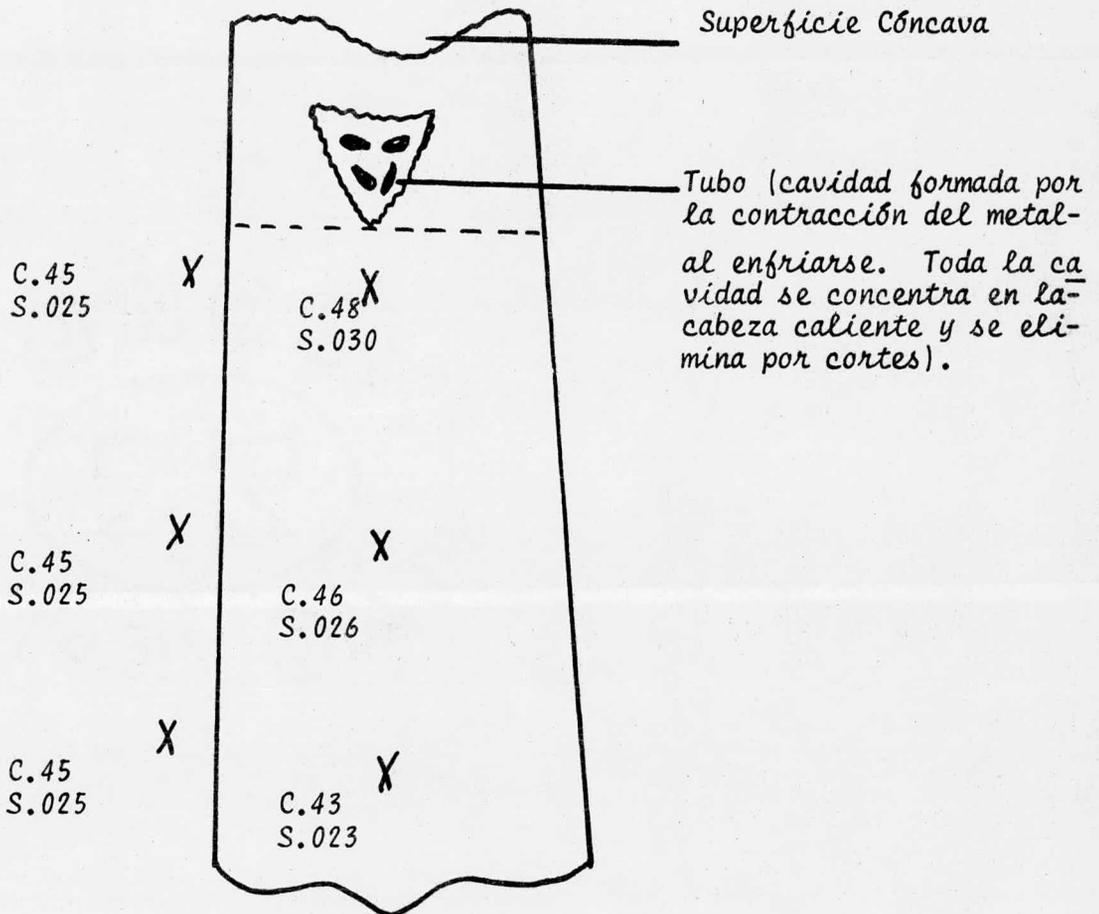
No hay sopladuras en los 2 primeros tercios del fondo hacia arriba

Esto dá una buena superficie con alto rendimiento.

ESTRUCTURA DE UN LINGOTE CON CABEZA CALIENTE (TOTALMENTE CALMADO)

Análisis de la Olla

C .45  
MN .70  
P .023  
S .025  
SI .20

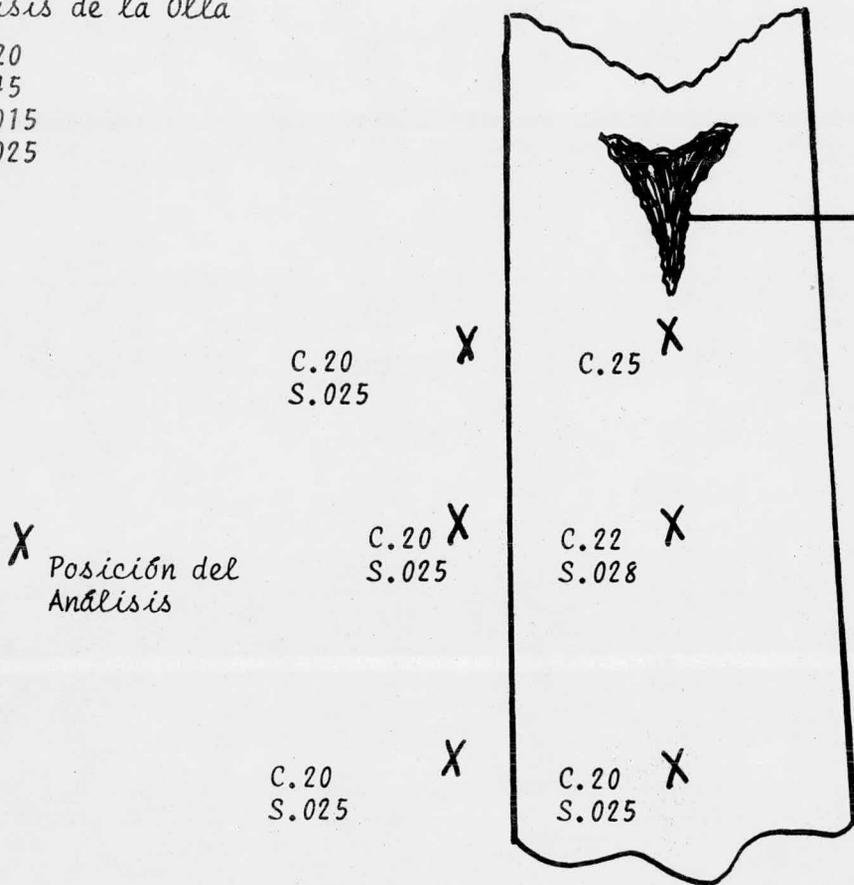


- Existen 2 factores importantes sobre este tipo de lingotes.
- 1.- No hay formación de gas.
  - 2.- Conforme se enfría el metal se contrae.  
El volumen del metal sólido es igual al volumen original menos la contracción.  
Se muestra el patrón de la segregación del X y S.

TOTALMENTE CALMADO - ESTRUCTURA DE UN LINGOTE DE BOCA ABIERTA

Análisis de la Olla

C .20  
MN .45  
P .015  
S .025



Tubo (una cavidad que se forma debido a que el metal se contrae al enfriarse y solidificarse).

Este es el tipo más simple de estructura en un lingote. Existen 2 importantes factores sobre este tipo de lingote:  
1.- No hay formación de gas en este tipo de lingote.  
2.- El volumen de gas formado es igual al volumen original de sólido menos la contracción. La cavidad del tubo puede eliminarse por cortes obteniendo un rendimiento reducido.

El patrón de segregaciones de C-S se muestran en el diagrama.

CAPITULO IV

ASPECTOS METALURGICOS

ASPECTOS METALURGICOS E INFLUENCIA DE ALGUNOS ELEMENTOS SOBRE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS ACEROS.- En este capitulo que

dan excluidos todos aquéllos cambios en las características - de los aceros que provengan de su proceso o tratamiento de fabricación, refiriéndose únicamente a su composición química.

Las propiedades físicas de un acero dependen principalmente de cuatro factores que son:

- 1.- Composición Química.
- 2.- Desoxidación.
- 3.- Tratamientos mecánicos.
- 4.- Tratamientos térmicos.

Como cada uno de estos cuatro factores, modifica las propiedades físicas de un acero; podemos hacer una clasificación de los aceros tomando separadamente cada factor como base para dicha clasificación y así establecer que:

1.- Conforme a su composición Química los aceros se dividen en clases, ejemplo; Aceros al carbón.

2.- Por su desoxidación se dividen en tipos. Ejemplo; Acero calmado con aluminio.

3.- Por su tratamiento Mecánico se dividen en:  
Laminados en caliente y Laminados en frío.

4.- Por su tratamiento térmico pueden ser recocidos.

Debemos considerar que estas clasificaciones son independientes una de otra así como podemos tener lámina AISI-1010 - laminado en frío o en caliente, podemos también encontrar lámina AISI-1010 con diferentes grados de desoxidación (durante

el colado del lingote) o con diferente tratamiento térmico, dando como resultado diferentes propiedades físicas para un mismo análisis Químico.

INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS EN LOS ACEROS.- Es importante observar que la influencia de un elemento se modifica con la presencia de otros, por lo que a continuación se describirá la influencia del CARBONO, MANGANESO, FOSFORO, AZUFRE, SILICIO y algunos otros de uso común en la fabricación de aceros comunes.

INFLUENCIAS DEL CARBONO.- El carbono tiene la propiedad de aumentar considerablemente la dureza y resistencia del acero. La calidad superficial desmejora notablemente con el aumento del contenido de carbono. La ductilidad y soldabilidad disminuye a medida que el carbono aumenta.

Los aceros al carbono se pueden dividir en dos grandes grupos.

1.- ACEROS BAJO CARBONO 0.05% a 0.28% que corresponden a SAE 1005 a 1025.

2.- ACEROS ALTO CARBONO 0.28% a 1.05% de carbono que corresponden a SEA 1025 a 1095.

INFLUENCIA DEL MANGANESO.- El manganeso es un elemento que se encuentra siempre en los aceros porque facilita la forjabilidad y elimina el efecto dañino del azufre, combinándose con el mismo evitando así la fragilidad en caliente. El manganeso, después de neutralizar el azufre, el excedente precipita en forma de  $Mn_3C$ , asociándose con el  $Fe_3C$  en la cementita au-

mentando así la dureza y resistencia a la tensión.

El Mn contenido en los aceros, corrientes varía de 0.30 a 0.80%.

Los efectos del Mn son más pronunciados en los aceros de alto carbono (1050: en adelante). Un poco menores en los de bajo carbono.

Con el manganeso se disminuye la ductibilidad y soldabilidad del acero, pero se aumenta la facultad de endurecerse por temple.

INFLUENCIA DEL FOSFORO.- El fósforo contenido, en los aceros varía desde trasas hasta casi 0.050%,. El fósforo permanece disuelto en el hierro sólido y forma una solución sólida, a la temperatura ambiente. Se cree que el fósforo aumenta la tendencia a la formación de gran grueso y por lo tanto debilita al acero, además el fósforo tiene una marcada tendencia a segregar las partes que son las últimas en solidificar en una pieza colada, produciendo así una estructura dendrítica heterogénea; dando como resultado una formación de bandas cuyas consecuencias son marcadas propiedades direccionales en un forjado.

El fósforo contribuye a aumentar la dureza y la resistencia a la tensión del acero, pero disminuyendo muy notoriamente la ductibilidad sobre todo en los aceros de alto carbono endurecidos por temple.

El fósforo aumenta la resistencia a la corrosión atmosférica y mejora la maquinabilidad en acero altos en azufre o resultados comúnmente llamados ACEROS DE CORTE FACIL 1113.

INFLUENCIAS DEL AZUFRE.- La presencia del azufre en los aceros se considera como una impureza, puede variar desde trazas hasta 0.050% es altamente perjudicial a la calidad superficial del acero sobre todo en los de bajo carbono y manganeso, en estas condiciones el sulfuro predominante es el fierro (FeS) que forma un eutectivo con el fierro  $Fe_2O_3$  mismo ocasionando la formación de películas continuas y delgadas alrededor de los cristales primarios. Estas películas son líquidas a la temperatura de rolado ( $950^{\circ}C$ ) del acero, disminuyendo la ductilidad, tenacidad y soldabilidad del mismo.

El azufre siempre se combina con el manganeso por el cual tiene gran afinidad dándonos sulfuro y manganeso (MnO). Disminuyendo así su efecto dañino.

El azufre aumenta notablemente la maquinabilidad con contenidos de 0.250-0.300% siendo esta la única ventaja que se obtiene con su presencia.

INFLUENCIA DEL SILICIO.- Su presencia en los aceros de bajo carbono efervescentes es indeseable, se aceptan contenidos entre 0.01 a 0.02% máximo, debido a su poder desoxidante, pero en aceros de mayor contenido de carbono la presencia del silicio se considera como desoxidante cuyo contenido oscila entre 0.05 0.25% para los aceros de referencia.

Si el contenido de silicio en los aceros al carbono no es mayor de 0.30% puede considerarse que tiene muy poca influencia sobre las propiedades mecánicas, cuando el porcentaje llega al 1.-0% aumenta el límite elástico disminuyendo el módulo

de elasticidad usándose este acero.

Para la construcción de resortes. En algunos aceros inoxidables mejora su resistencia al calor. El porcentaje superior contenido en un acero bajo en carbono crea un tipo de acero empleado en la industria eléctrica.

INFLUENCIA DEL COBRE.- Entre las propiedades que el cobre le imparte a los aceros citaremos que tiene una tendencia a reducir la ductilidad y a la vez mejora las propiedades de resistencia a la tensión, proporcionando resistencia a la tensión, proporcionando resistencia a la oxidación a altas temperaturas el mayor efecto se muestra entre 0.25 a 0.50%. Este mejoramiento en las propiedades de resistencia a la oxidación probablemente se debe a el hecho de el óxido formado en aceros con cobre es algo más adherente y por lo tanto ofrece más protección a las atmósferas oxidantes.

La resistencia al corrosión aumenta con 0.15 a 0.25% de cobre con porcentajes mayores de cobre parece que no rinde más beneficio se han hecho pruebas con los aceros con cobre y se encontró que la pintura se adhiere más que los aceros con cobre cubiertos de zinc son más resistentes.

Al adicionarle cobre a los aceros al carbono se aumenta la resistencia, el límite elástico, pero se reduce el alargamiento.

El cobre disminuye la calidad superficial del acero, los defectos de superficie se exageran además es perjudicial en la laminación en caliente.

INFLUENCIA DEL OXIGENO.- La presencia de oxígeno en los aceros no debe referirse a su forma libre sino a sus combinaciones con los elementos como el fierro, el manganeso, el silicio, el aluminio formando óxidos; los cuales quedan atrapados en el acero al solidificarse. En general estas impurezas se consideran perjudiciales por estar asociadas con el fierro de -- una manera mecánica y hayarse esparcidas en toda la estructura de la pieza formando punto de debilitación en la misma, pudiendo ser la causa del principio de una fractura o falla.

En los aceros al carbono junto con el nitrógeno, produce el fenómeno de envejecimie-to, producto de la formación de nitruros el cual imparte dureza aún a bajas concentraciones.

INFLUENCIAS DEL HIDROGENO.- Se encuentra en los aceros en cantidades variables disuelto o combinado, los resultados de investigaciones hechas nos dicen que la presencia de este en -- los aceros disminuye la plasticidad volviendo quebradizo al - acero.

El hidrógeno produce el fenómeno conocido como hejeamien-to, el cual se manifiesta como fallas internas que generalmente ocurren durante el enfriamiento del rolado, este fenómeno puede disminuirse así el enfriamiento después del rolado es - lento, de tal manera que el hidrógeno se difunde.

INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS RESIDUALES.- Todos los aceros al carbono, principalmente los producidos a partir de chatarra común y corriente contienen pequeñas cantidades de elementos tales como el níquel, cromo, molibdeno, cobre, antimonio, es

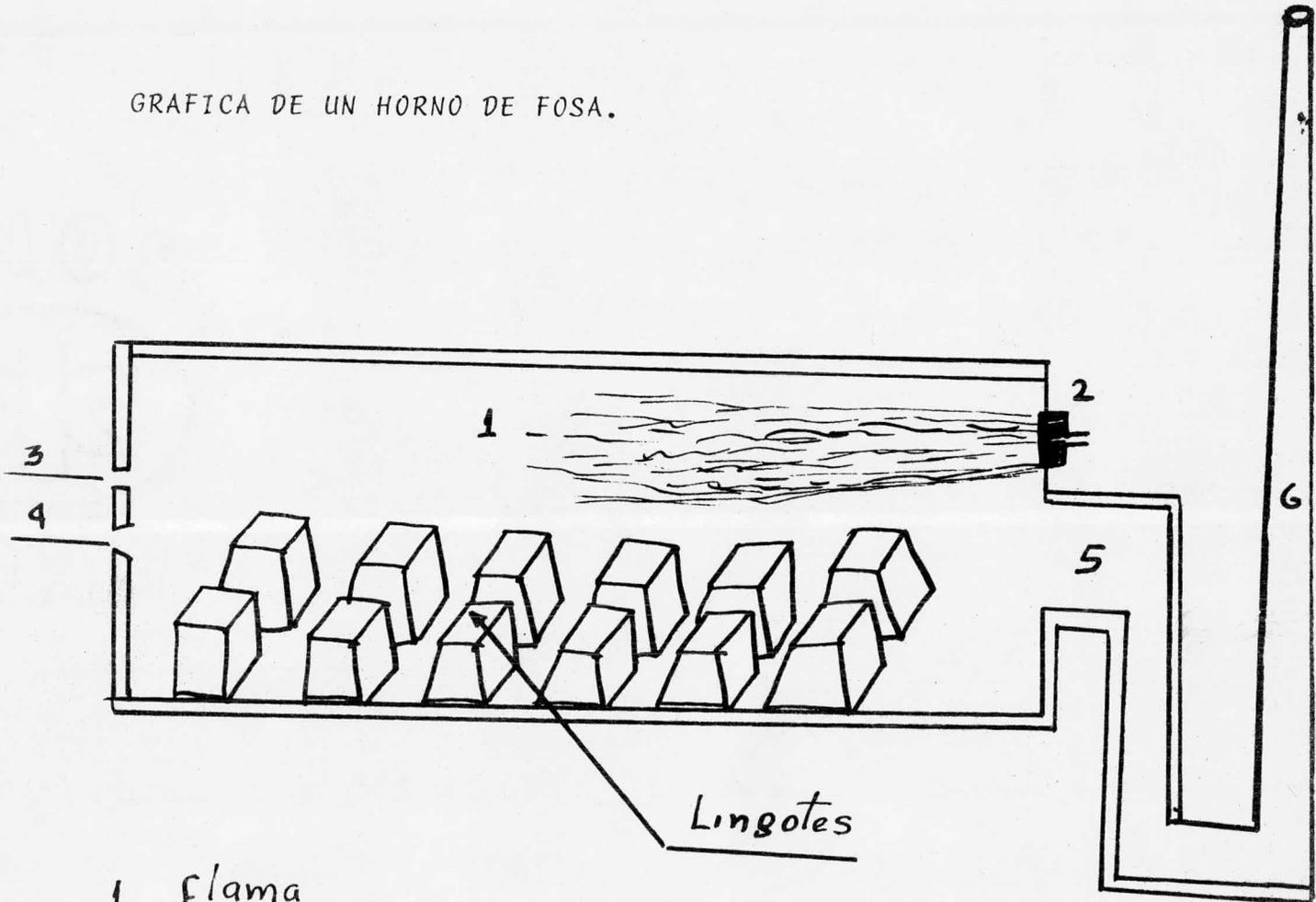
taño, etc., estos elementos en conjunto le imparten al acero propiedades mecánicas desfavorables tales como aumento en la dureza, aunque ordinariamente los porcentajes son relativamente bajos, este efecto generalmente no será de grandes proporciones, puede sin embargo cambiar las características que resultan con el tratamiento térmico, para aplicaciones en las cuales la ductilidad es importante tales como los aceros destinados a troquelado profundo, el aumento en la dureza por estos elementos residuales pueden ser un serio problema a la vez que nos hace sumamente complejo el control de sus propiedades finales.

INFLUENCIAS DEL ALUMINIO.-El uso del aluminio en los aceros es reciente, su presencia en el acero controla el tamaño del grano a la vez que es un desoxidante enérgico otra de las contribuciones del aluminio a los aceros es que cuando estos van a ser endurecidos superficialmente con gas amoníaco facilita la formación de nitruros (duros) otra aplicación del aluminio se encuentra en los aceros destinados a lámina para troquelado profundo ya que este lo preserva del envejecimiento debido a que mantiene constante por más tiempo la relación límite de cadencia a tensión máxima.

INFLUENCIA DEL VANADIO.- El vanadio tiene una tendencia a reducir el tamaño del grano en el acero, causando un refinamiento de la estructura a la vez que le imparte la propiedad de obtener altos límites elásticos y de tensión juntos, con una lata ductilidad y marcada resistencia a los esfuerzos alternados. El contenido de vanadio en los aceros manufatura

dos en esta planta vá de 0.15 a 0.25% Otra de las ventajas del vanadio en los aceros es que un acero conteniendo vanadio puede ser endurecido sin provocar efectos.

GRAFICA DE UN HORNO DE FOSA.



- 1 flama
- 2 quemador
- 3 Termopar
- 4 Barometro
- 5 salida
- 6 Chumenea.

C A P I T U L O      V

PRACTICAS DE RECALENTAMIENTO

## I.- PRACTICAS DE CALENTAMIENTO.

Estas prácticas tienen en consideración el tipo de Acero contenido de Carbono, tamaño de lingote y Tiempo de Tránsito Para su aplicación, se distinguen los siguientes grupos:

A.- Aceros Efervescentes hasta con .10%C.

A-1.- Lingotes de 7 a 12 Tons. y Tiempo en el aire menor de 15 minutos.

Recibir la carga con la Fosa a una temperatura de 1380°C., al estar cargando mantener los flujos al mínimo (10 a 15%) en manual. Al terminar de cargar, cortar el gas por una hora, después de esta hora, seguir práctica normal.

A-2.- Lingotes de 14 a 20 Tons. y Tiempo en el aire de 15 a 30 minutos.

Seguir la misma práctica que A-1

A-3.- Todo tipo de lingotes con tiempo en el aire mayor de 30 minutos.

Seguir práctica normal.

B.- Aceros Efervescentes - Semicalmados con .10 a .13%C.

Seguir las mismas prácticas que para Aceros Efervescentes con hasta .10%C.

C.- Aceros Semicalmados con .13 a .20%C.

C-1.- Tiempo en el aire menor de 30 minutos.

Seguir práctica normal.

C-2.- Tiempo en el aire mayor de 30 minutos.

Cargar con temperatura de Fosa de  $1380^{\circ}\text{C}$   
mantener durante una hora los flujos al 50%.  
Después, seguir práctica normal.

D.- Acero Calmado con .20 a .45%C.

D-1.- Tiempo en el aire menor de 30 minutos  
Seguir práctica normal.

D-2.- Tiempo en el aire mayor de 30 minutos.  
Cargar con temperatura de Fosa de  $1380^{\circ}\text{C}$   
Mantener durante una hora los flujos al  
50%. Después seguir práctica normal.

D-3.- Lingote Frío.

Cargar con una temperatura de Fosa de  $1380^{\circ}\text{C}$   
en Automático. Terminada la carga, se -  
bajan los flujos en manual al 50%, por -  
una hora; pasada ésta, seguir práctica nor  
mal.

E.- Aceros Calmados con más de .45%C.

E-1.- Tiempo en el aire menor de 30 minutos.  
Seguir práctica normal.

E-2.- Tiempo en el aire mayor de 30 minutos.  
Enfriar la Fosa a  $900^{\circ}$ . Recibir la carga a  
esta temperatura y mantener sin flujos du-

rante una hora. Seguir en Automático hasta alcanzar  $1330^{\circ}\text{C}$

Si después de 4 horas de tener esa temperatura no se laminan (porque ya deben tener los lingotes la temperatura de laminación) se pueden mantener así hasta 3 horas más, máximo.

Si se prevee que no van a poder laminarse antes de 3 horas, se sugiere que inmediatamente después de completar las primeras 4 horas mencionadas, se corte el flujo de gas y se baje la temperatura hasta  $1000 - 1050^{\circ}\text{C}$  y se mantenga así hasta 3 horas antes de laminarse, cuando se volverá a calentar hasta  $1330^{\circ}\text{C}$ .

#### PRACTICA NORMAL DE CALENTAMIENTO.

Subir la temperatura en automático hasta  $1390^{\circ}\text{C}$ . Cuando los flujos sean mínimos (de 15 - 20%), bajar a la temperatura recomendada, hasta que los lingotes estén listos para eliminarse. Si una hora después de lograda esta condición, no se ha laminado, deberá bajarse  $10^{\circ}\text{C}$  la temperatura y se continuará bajando  $10^{\circ}\text{C}$  por cada hora adicional hasta una disminución total máxima de  $30^{\circ}\text{C}$ .

NOTAS;

NOTAS:

- 1.- Todas las Fosas cargadas se les bajará la temperatura a  $900 - 1000^{\circ}\text{C}$  cuando el paro del Molino sea mayor de 8 Hrs. y se calentará a la temperatura de descarga, 3 Horas antes de laminarse.
- 2.- Todas las Fosas vacías se mantendrán a una temperatura de  $1380^{\circ}\text{C}$  para recibir la carga; cuando sea necesario se bajará a la temperatura deseada con una hora de anticipación.
- 3.- Una buena práctica para saber si es correcta la temperatura de calentamiento de los lingotes es medir la temperatura del planchón o lupia en el último pase. Debe ser; mínima  $1090^{\circ}\text{C}$  - máxima  $1150^{\circ}\text{C}$  promedio =  $1120^{\circ}\text{C}$ .
- 4.- Para los Tiempos en el Aire que estamos considerando, debemos tener Tiempos de Reposo correctos.

II.- Tiempos de Calentamiento Optimos:

Como los tiempos en el aire de nuestros lingotes son muy grandes, se considera un buen tiempo de calentamiento el doble de tiempo de tránsito.

III.- Porciento de Area de piso ocupada para cargas calientes y cargas frías.

Cargas Calientes 46%

Cargas Frías 42%

IV.- Recomendaciones para acomodamiento de lingote dentro de la Fosa para los diferentes tipos de Coauila:

De las formas recomendadas podemos usar las siguientes:

De la Fig. No. 3.-

- 3a).- 10 lingotes de 9.5 Tons. para cargas calientes o frías - 45% máximo de carga 12 lingotes.
- 3b).- 8 lingotes de 13.7 Tons. para cargas calientes - 46% carga máxima 8 lingotes.
- 3c).- 7 lingotes de 13.7 Tons. para cargas frías 40%.
- 3d).- 6 lingotes de 15 Tons. para cargas frías. 37%.
- 3e).- 7 lingotes de 15 Tons. para cargas calientes carga máxima 8 lingotes. 43%
- 3f).- 5 lingotes de 18 Tons. para cargas frías 38%.

3g).- 6 lingotes de 20 Tons para cargas calientes  
48%.

3i).- 5 lingotes de 20 Tons. para cargas frías.  
40%.

En los casos (3g y 3h), se pueden cargar 5 lingotes de 18 a 20 Tons y uno de 9 ó 13 Tons. y se acomodan perfectamente.

V.- Flujos máximos de Trabajo en Aire y Gas:

máximo 100%

mínimo 8 a 10%

VI.- Presión de Trabajo:

1.5 a 2mms. de  $H_2O$  y no debe variarse durante el proceso.

VII.- Relaciones de Aire - Gas recomendables (o por ciento - de  $O_2$  en los gases de la combustión a la salida de la fosa y para las diferentes etapas de calentamiento).  
Recomienda 0.5 a 1% al iniciar calentamiento y 2% en flujos bajos.

El espesor del óxido debe ser de 3 a 5 mms. y las pérdidas por oxidación de 1 a 1.5%.

VIII.- Práctica de Carga y Descarga de una Fosa:

a).- Cuando se carga un material cuya práctica indica que se debe recibir con la fosa a alta temperatura se debe pedir en AUTOMATICO la temperatura -- que tiene la fosa.

b).- Cuando se descarga cualquier fosa, en MANUAL se debe pedir 100% de flujos durante la descarga, a menos que se pare la Laminación por algún motivo.

c).- Tanto en la carga como en la descarga la - - puerta no debe abrirse completamente en cada lingote, solamente lo necesario para dejar - maniobrar la grúa.

IX.- Tiempos mínimos de Calentamiento para cargas frías:

Para lingotes de 20 Tons. 11 Hrs.

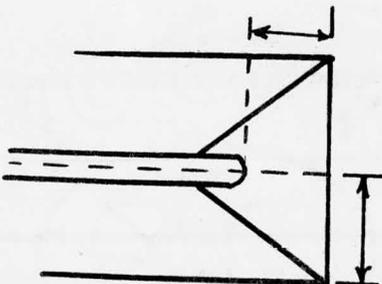
para el resto de 10 a 11 Hrs.

X.- Ajuste de una fosa al iniciar su funcionamiento y recomendaciones generales al respecto.

Todos los instrumentos deben ser revisados y ajustados cuando una fosa está fuera de operación.

\* El Termopar debe estar escondido, 60 mms. para una mejor operación.

\* Al probar los nuevos Blocks tendremos que buscar la posición correcta.



Sello de Termopar por medio de dos -  
"Flanges" y empaque.

Revisar Termopar y cambiarlo si es necesario.

Revisión y limpieza en ventilador y carro de la tapa.

Revisión de Flujos.

El quemador se revisará y ver que esté lo mejor alineado posible y que no haya sufrido deformaciones porque en este caso hay necesidad de cambiarlo.

Limpieza de Block del quemador.

C A P I T U L O   V I

D E S B A S T E   E N   T R E N   R E V E R S I B L E   D E   4 6 "

## BREVE DESCRIPCIÓN DEL TRIN DESBASTADOR PRIMARIO:

Su finalidad es reducir los lingotes de acero convirtiéndolos en grandes piezas burdas que reciben el nombre de planchones o luplãs.

El laminador es un potente tren de acción reversible con diámetro de rodillos de 46" y una longitud del cuerpo del rodillo de 80" aprox.

El peso promedio de los lingotes laminados varía de 9 a 20 toneladas.

El rodillo superior se puede subir y bajar con ayuda de los tornillos (busillos) accionados por motores eléctricos.

El grado de elevación del rodillo lo indica una escala circular instalada en el puente del tres desbastador.

Para hacer pasar el lingote a los rodillos el sistema está previsto por las partes delantera y trasera por mesas de rodillos que reciben el nombre de mesa de entrada y mesa de salida.

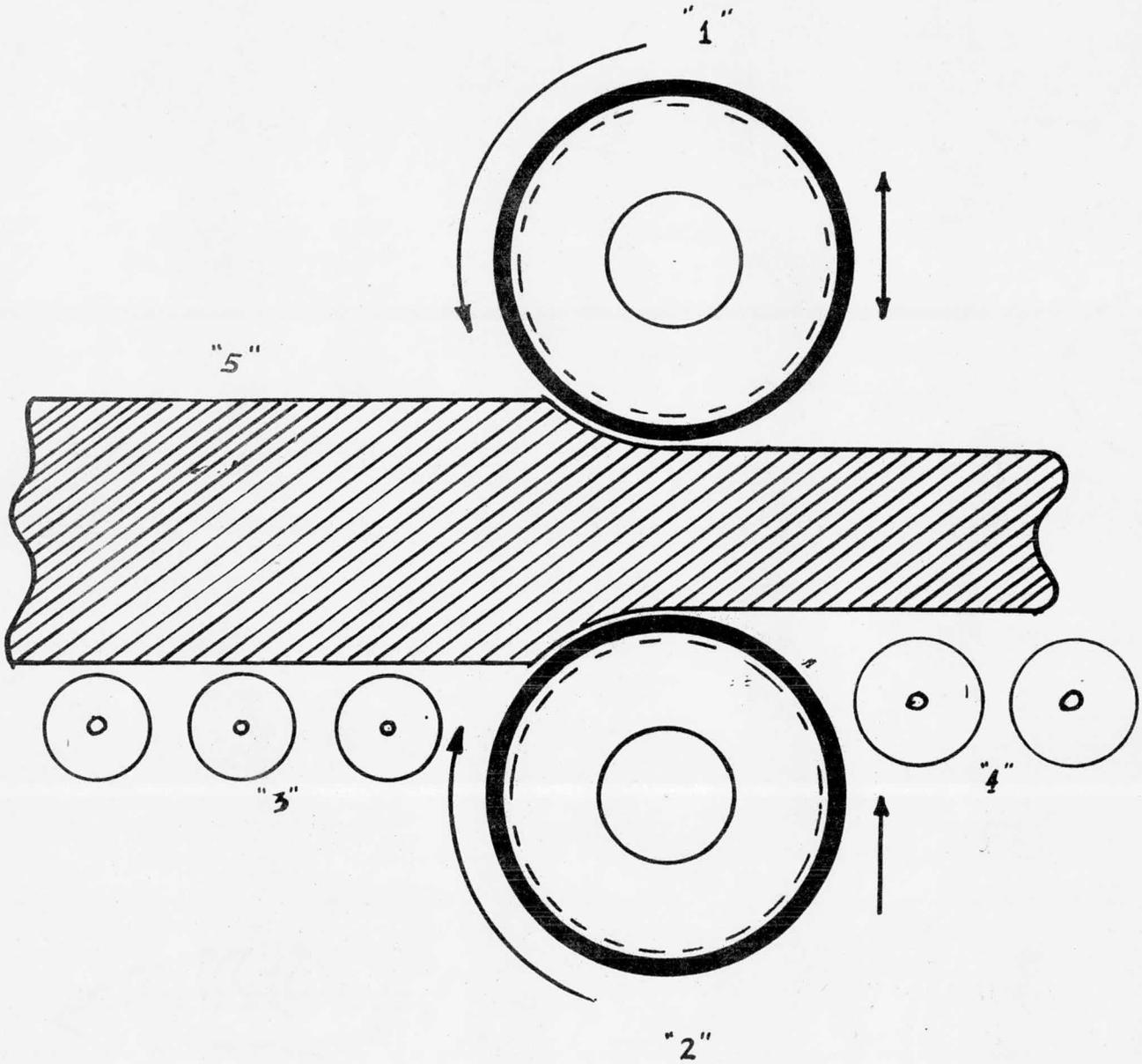
Con la ayuda de estas mesas el lingote se somete a la primera reducción, la segunda posición es que la mesa gira en sentido contrario junto con el laminador bajan los tornillos donde se reduce su espesor entre 2" y 4".

Después de que el lingote pasa entre los rodillos dos veces, se hace girar a 0° por medio de un volteador mecánico.

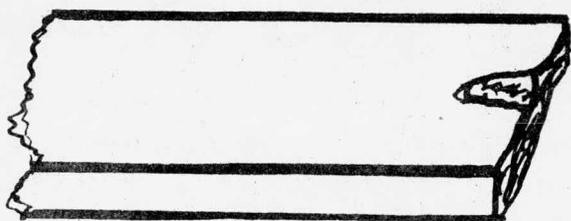
El número de pasadas varía entre 15 y 25 hasta obtener 4" a 6" de espesor en un caso y 6 a 7 1/2 en el otro.

El producto desvastado se pasa por una gillotina (tijera) donde se le corta los extremos punta y cola y si se requiere se corta en partes.

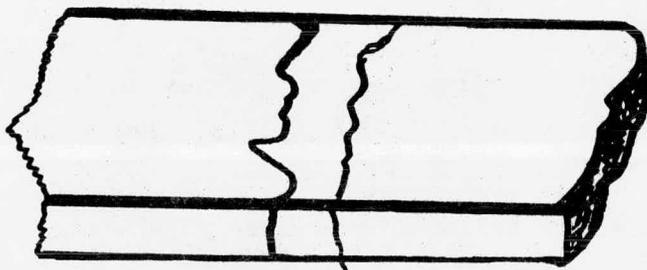
DIAGRAMA DEL TREN DESBASTADOR PRIMARIO DE 46"



- 1).- RODILLO MOVIL DE 46"
- 2).- RODILLO FIJO DE 46"
- 3).- MESA DE ENTRADA
- 4).- MESA DE SALIDA
- 5).- LINGOTE EN POSICION DE DESBASTE

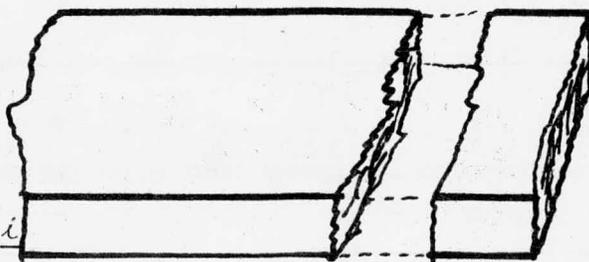


*Orificio del Pistón de Desmoldeo.*



*Chorro Interrumpido (o doble llenado)*

*Pobre Capado y  
movimiento superficial  
del acero.*



*Efervescencia "Rápida".*

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA

CONCLUSIONES.- Al terminar este trabajo quiero agradecer a la FUNDIDORA MONTERREY, S. A. todas las facilidades que se me otorgaron para lograr mi objetivo, así mismo los departamentos de ACERACION Y LAMINACION que en ningún momento tuve restricciones para hacer las pruebas que creí necesarias en cada caso.

Considero que los conocimientos adquiridos en este tipo de planta son el complemento de la preparación teórica que recibimos en el aula y laboratorio de clase estudiantil, quiero aclarar algo que considero muy importante: En plantas grandes como esta existe una tendencia muy marcada a la rutina de las actividades y el metalúrgico debe cuidarse de no caer en esto porque dejará de ser el técnico dinámico que siempre tiene -- que resolver los problemas del proceso en el área de producción.

No quiero decir con esto que el Metalúrgico sea un técnico puro si no un técnico que al aplicar sus conocimientos lo haga desde el punto de vista práctico.

Espero que estos conceptos en algo sirvan a quienes vienen detrás de nosotros Ejem; Hacer acero no es difícil pero es un arte porque quien no lo ha hecho prácticamente no podrá hacerlo aún siguiendo una receta.

Espero que este trabajo logre resolver las dudas de quienes quieran saber que es UN LINGOTE DE ACERO y como se hace, he hecho durante todo el desarrollo de este trabajo todo lo posible para no usar números ni ecuaciones matemáticas que --

sea accesible a cualquier profesión sin que necesariamente --  
tenga que ser metalúrgico.

Hasta hace algunos años el Metalúrgico era desplazado por  
otras profesiones que estaban invadiendo el área de los meta-  
les pero gracias a los esfuerzos que todos los metalúrgicos -  
hemos realizado, vemos con agrado que en nuestros días los me  
talúrgicos somos los más aceptados en el área de los metales:  
a través de toda la ga-ma que estos cubren.

sea accesible a cualquier profesión sin que necesariamente --  
tenga que ser metalúrgico.

Hasta hace algunos años el Metalúrgico era desplazado por  
otras profesiones que estaban invadiendo el área de los meta-  
les pero gracias a los esfuerzos que todos los metalúrgicos -  
hemos realizado, vemos con agrado que en nuestros días los me  
talúrgicos somos los más aceptados en el área de los metales:  
a través de toda la ga-ma que estos cubren.