

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA
Y METALURGICA



COLADA CONTINUA DE COBRE
Y LATON

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PRESENTADO POR:

ROBERTO A. SALAS MEJIA

PROMOCION: 87 - II

LIMA - PERU

1997

INDICE

Introducción.....	1
Breve Reseña Histórica.....	3
Proceso y Equipos de la Colada Continua.....	6
Materia Prima.....	8
Carguo.....	10
Hornos.....	10
Enfriamiento Primario.....	17
Enfriamiento Secundario.....	20
Extractor.....	21
Apisonado de Inductores.....	23
Apisonado de la Cámara.....	29
Montaje del Inductor.....	31
Sinterizado del Inductor.....	32
Calentamiento de Hornos.....	33
Control de Grafitos.....	34
Cebado del Horno.....	36
Alineamiento y Nivelación.....	37
Refractarios Utilizados en la Planta de Fundición.....	38
Arranque de Producción.....	51
Normas.....	53
Defectos de la Colada Continua.....	56
Macrografías.....	64
Conclusiones.....	68

INTRODUCCION.-

El presente trabajo es el resumen de mi experiencia profesional en la planta de colada continua de Cobrelsa, desempeñando el cargo de Supervisor de Producción, lo cual me permitió aplicar mis conocimientos teóricos a la práctica directamente, fortaleciendo mi formación profesional.

En momentos en que en nuestro país se habla mucho de la llegada de " grandes capitales" extranjeros que crearán puestos de trabajo, tan necesarios actualmente, cabe señalar que una de las condiciones de estos " grandes capitales" para poder invertir en un país, es que existan profesionales y técnicos que conozcan los principios, métodos y operación de sus equipos, sistemas continuos de producción, espectómetro de emisión, microscopios de barrido, etc. es en ese sentido que el presente trabajo trata de contribuir a llenar el gran vacío existente en nuestro medio sobre este tema, habiendo observado de cerca sus ventajas y beneficios, se describe y explica todas las operaciones de una planta de colada continua, visualizándole un gran porvenir a este sistema de producción. Dados sus amplios beneficios técnicos y económicos la colada continua poco a poco ira reemplazando al tradicional método de

moldeo en arena, creando así un mar de conocimientos que deben ser conocidos por quienes escogimos esta profesión.

ROBERTO A. SALAS MEJIA

BREVE RESEÑA HISTORICA.-

El interés en el desarrollo del proceso de colada continua se basa en la posibilidad de sustituir los procesos de colada estática con el objeto de mejorar y uniformar la calidad de los productos. Los primeros esfuerzos en este sentido datan del siglo pasado, cuando Laing en 1843 y Bessemer en 1858 obtuvieron las primeras patentes de colada continua. Sin embargo, solamente en la década del 30 de este siglo el proceso de colada continua comenzó a ser utilizado en escala industrial. El estudio sistemático de este proceso fué realizado por primera vez por Roth en 1943, al que siguieron importantes trabajos de investigación entre los cuales se destacan los de Korotkov, Boichenko, Boulier, Kraimer & Bungeroth, Savage & Pritchard, Speith & Bungeroth, Halliday, y Hills.

La matriz es el elemento fundamental del sistema por lo que los mayores esfuerzos se han centrado en la obtención de un diseño óptimo de la misma. El objetivo fundamental de la matriz es crear una capa solidificada con una resistencia mecánica capaz de soportar las tensiones generadas durante la extracción. En efecto, la solidificación del lingote no ocurre íntegramente en la matriz sino que se completa en un

sistema de enfriamiento secundario generalmente constituido por una lluvia de agua que incide sobre la capa que ha solidificado en la matriz.

Debido a la continuidad del proceso de colada continua las matrices son siempre refrigeradas por agua. Se emplean tres tipos de modelos:

- i) Consiste en un bloque metálico, generalmente de cobre el cual posee una cavidad correspondiente a la forma del lingote. La refrigeración se realiza por medio de canales paralelos a la cavidad y construidos dentro del mismo bloque.**
- ii) Otro modelo consiste simplemente en una pared fina que modela la forma del lingote y en una camisa exterior que provee la refrigeración . lo que se lleva a cabo por una lluvia de agua que incide sobre la pared fina.**
- iii) El tercer modelo es constructivamente similar al anterior pero la diferencia radica en que en la camisa circula agua de refrigeración a presión. Según Halliday este modelo es el que asegura una mejor extracción calórica, y es el que será empleado en el presente trabajo.**

Tabla I. Propiedades físicas de los cobres

Material			Cu electrolítico tenaz	Cu térmico de alta conductibilidad	Cu Térmico tenaz	Cu exento de oxígeno	Cu desoxidado con fósforo, con bajo contenido de fósforo residual	Cu desoxidado con fósforo, con alto contenido de fósforo residual
Designación			Cu-ETP	Cu-FRHC	Cu-FRTP	Cu-OF	Cu-DLP	Cu-DHP
Magnitud	Unidad	Estado (a)						
Densidad	g/cm ³		8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
Punto de fusión	°C		1083	1083	1083	1083	1083	1083
Coefficiente de dilatación lineal (25-100 °C)	°C ⁻¹		0,000168	0,000168	0,000168	0,000168	0,000168	0,000168
Calor específico (a 20 °C)	cal/g °C		0,0921	0,0921	0,0921	0,0921	0,0921	0,0921
Conductividad térmica (a 20 °C)	cal cm/cm ² s °C		0,94	0,94	0,80-0,90	0,94	0,80-0,93	0,70-0,87
Conductividad eléctrica (volumen, a 20 °C)	m/Ωmm ²	R	58,0-58,9	58,0-58,9	49-55 ⁽¹⁾	58,0-58,9	49-57	41-52 ⁽¹⁾
	%IACS	R	100,0-101,5	100,0-101,5	85-95 ⁽¹⁾	100,0-101,5	85-98	70-90 ⁽¹⁾
Resistividad eléctrica (volumen, a 20 °C)	μΩcm	R	1,7241-1,70	1,7241-1,70	2,0-1,8 ⁽¹⁾	1,7241-1,70	2,0-1,76	2,5-1,9 ⁽¹⁾
Coefficiente Térmico de la resistencia eléctrica (-100 a +200 °C)	°C ⁻¹	R	0,00393 (100% IACS)	0,00393 (100% IACS)	0,00334 ⁽²⁾ (85% IACS)	0,00393 (100% IACS)	0,00334 (85% IACS)	0,00275 ⁽²⁾ (70% IACS)
Módulo de elasticidad (20 °C)	kg/mm ²	R	12000	12000	12000	12000	12000	12000
		F	12000-13500	12000-13500	12000-13500	12000-13500	12000-13500	12000-13500
Módulo de rigidez (20 °C)	kg/mm ²	R	4500	4500	4500	4500	4500	4500
		F	4500-5000	4500-5000	4500-5000	4500-5000	4500-5000	4500-5000

(a) : R = recocido
F = forjado

(1) . Estados forjado o recocido
(2) . 0- 100 °C

PROCESO DE COLADA CONTINUA.-

El objetivo de la Colada continua es la de producir material en forma ininterrumpida, de tal manera que el material posea una estructura uniforme que permitan obtener productos acabados de buena calidad a un costo mucho más económico.

En el proceso de colada continua el material es extraído de un horno de mantenimiento a través de una matriz refrigerada por agua y fijada a este horno. De tal manera que exista una relación exacta entre la velocidad de extracción, temperatura de colada y el enfriamiento a fin de que la solidificación se realice dentro de la matriz.

EQUIPOS DE LA COLADA CONTINUA.-

- 1.- **Hornos de Fusión.-** Generalmente son hornos eléctricos de inducción, aunque también existen a crisol.
- 2.- **Horno de Mantenimiento.-** Semejante a los de inducción (pero en este horno no se funde, sino se trasbasa el metal de los hornos de inducción a este horno), este horno posee además una ventana de colada donde se coloca la matriz.
- 3.- **Matriz.-** Lugar donde se realiza la solidificación y debe soportar la presión metalostática del metal que se esté colando.

- 4.- **Extractor.-** Equipo cuya función es la de extracción de la placa.
- 5.- **Sierra de Corte.-** Sirve para cortar las placas del tamaño requerido.
- 6.- **Sistema de Tratamiento de Agua.-** El agua debe poseer determinadas características de " Ablandamiento" para ser utilizada en la Colada Continua.

Características de los Productos de Colada:

Composición química homogénea, debido al tipo de horno
Superficie libre de óxido e inclusiones debido a la
cobertura permanente del metal líquido.

Defectos internos mínimos

Estructura cristalográfica uniforme

MATERIA PRIMA.-

Cobreisa utiliza generalmente como materia prima:

**Viruta de cobre y latón (que son provenientes del
escalpado de pre-laminado)**

**Bloques de cobre y latón (provenientes de los residuos
del metal fundido que quedan en el horno al término de
una colada)**

**Retacería de Cobre y latón (provenientes de los recortes
que existen en la laminación y de la sección de corte de
productos laminados)**

**Ampollas de Cobre y latón (se producen al fundir la
viruta, ya que la viruta en forma de ampollas, de
aproximadamente 20 Kg. cada una, son más fáciles de
fundir, que en forma de viruta).**

Alambrón de Cobre (provenientes de Wire-Bars)

Slabs de Zn. (25Kg cada slab)

Cartuchos de bala de cañon

Derrames de Cobre y latón

Monedas de Latón

Rollo de cobre y Latón (provenientes de la laminación)

Cortes de placas defectuosas de cobre y latón

A cada uno de estos materiales se les efectúa su análisis químico a fin de controlar las impurezas. Hemos trabajado muchas veces con alambres que se encontraban oxidados, bañados en aceite, con extremos que tienen contacto con recubrimientos de cadmio, plomo, con pedazos pegados con gutaperchas, alambres delgados con recubrimientos de plomo y además completamente sucios.

Este material es fuente de muchas impurezas, y no debe ser utilizado en nuestras campañas, el alambrón procedente de Wire-Bars, ha demostrado ser muy útil en nuestro trabajo, pero presenta el problema que debe ser acondicionado previamente para poder cargarlo a los hornos, ya que llega a la planta completamente enredado. Lo cual demora el arranque de la producción, para superar este problema se debe utilizar unas " tijeras " que permitan cortar el material grueso. La utilización de estas " tijeras" es mucho más eficiente que el de las cizallas, ya que las cizallas tanto por su estructura, como por la forma como viene el material, no son muy prácticas.

No se puede arrancar la producción hasta cuando exista por lo menos 2 toneladas de material acondicionado, listo para la alimentación de los hornos, ya que en caso contrario la velocidad de colada ganaría a la velocidad de alimentación.

CARGUIO.-

En Cobrelsa el H-1 es utilizado para cargas pesadas (bloques, rollos etc.) para lo cual existe un tecla que puede llevar las cargas a este horno, Aparte de fundir también los otros tipos de carga. En el H-2 no se alimentan cargas pesadas.

También se cuenta en campaña de cobre, con un Horno de crisol de 500 Kg. el cual sirve de apoyo, dada la alta velocidad de extracción de cobre.

El material a cargar a este horno debe ser preparado especialmente, dado que la boca de alimentación, es demasiado pequeña. En campañas de cobre, se trabaja con 1 trabajador más que en las campañas de latón.

Este trabajador apoya al hornero de este crisol, ya que el alambrón debe ser levantado hasta 1.41m de altura en forma manual y ser golpeado para introducirlo al crisol.

Los slabs de Zn. son partidos con una comba y pesados, antes de agregarse a los hornos.

HORNOS.-

La planta de colada continua posee tres hornos de Inducción de canales de 60 Hz cada uno (baja frecuencia) de los cuales

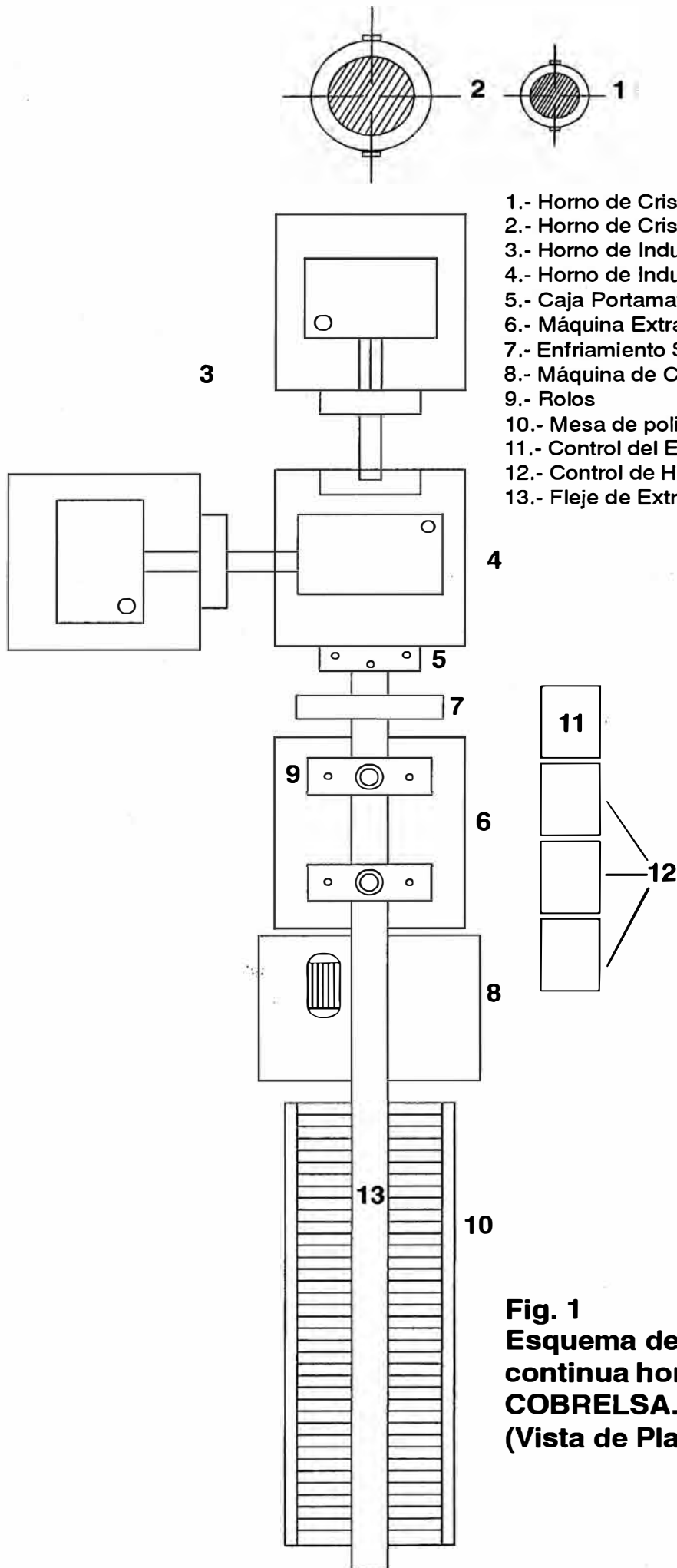


Fig. 1
Esquema de la línea de colada
continua horizontal de
COBRELSA.
(Vista de Planta)

dos son de fusión y 1 es de mantenimiento. Ver fig.1 la potencia nominal del circuito primario es de 100 Kw y su potencia efectiva 85 Kw. Estos hornos son tipo Ajax tipo bifásico (2 bobinas y 1 núcleo). Posee un sistema de volteo hidráulico.

La unidad de potencia (transformador) posee un sólo núcleo con dos bobinas mellizas (primario), abrazadas cada una de ellas por un canal (secundario) que se encuentra en cortocircuito con el primario.

El núcleo va ensamblado a un block refractario, el cual contiene los canales.

A su vez este block está, contenido en una caja de acero de bajo carbono, llamándose a todo este conjunto, " el inductor " que se sitúa en la parte inferior del horno siendo ensamblado a la parte superior o carcasa del horno mediante pernos el cual recepcionará el metal a fundir.

Esto significa que los inductores son separables de la carcasa, pudiendo ser cambiados por otro ya preparado previamente, en el caso de " pérdida de continuidad ", " puntos rojos " o " fuga de metal " por el inductor, problemas más frecuentes y graves que se presentan en los inductores.

La zona donde va el núcleo es una zona de alta temperatura,

razón por la cual las bobinas son refrigeradas por aire por medio de dos ventiladores, que hacen que la temperatura oscile entre 60°C y 70°C , estos ventiladores están situados en los extremos del inductor. De no existir estos ventiladores las bobinas se quemarían.

La temperatura en la carcasa oscila entre 100°C a 110°C .

La potencia para fundir es " inducida " en el secundario (donde se encuentra el metal fundido) con una eficiencia alta (casi 95%). Las corrientes secundarias de muchos miles de amperios crean presiones electromagnéticas que originan que el metal fundido dentro del canal sea agitado vigorosamente. Esta agitación se extiende y se difunde por todo el metal fundido en el horno y dan una capacidad de aleación lejos superior a aquella de los hornos calentados externamente.

Los hornos de canal pueden ser mantenidos con metal fundido a " mínimo nivel " (aproximadamente 250 Kg) durante los fines de semana y aun largos períodos de tiempo.

Durante esta operación se mantiene el nivel del metal fundido agregando material periódicamente y con un voltaje oscilante entre 320 V (BAJA) y 360 V (ALTA). Estos hornos poseen una variación de potencias siendo en " baja potencia " cuando se conecta a una red de 240 V y en alta potencia cuando se conecta a una red de 460 V, existiendo una variación de

voltajes de 240V, 320V, 360V, 400V, 440V y 460V.

La explicación del movimiento de agitación se basa en la diferencia de temperatura entre la zona de los canales y el metal fundido arriba de ellos, lo cual tiende a seguir un patrón parabólico, con la mayor temperatura en la base.

Además estas diferencias de temperatura aumentará en proporción directa al consumo de potencia; siendo aproximadamente de 50°F por cada 100 Kw de potencia.

Este gradiente de temperatura origina un fenómeno llamado electrostricción que consiste que el metal tiende a ser repelido hacia la parte superior del horno.

Produciéndose un " sacudimiento " ó " agitación " donde el metal fluye de los canales laterales hacia el canal central en los hornos de fusión, y de el canal central hacia los laterales en el horno de mantenimiento ya que en este horno la agitación debe ser mucho menor. Ver fig. 2 y fig. 3

En estos hornos la potencia no se puede desarrollar hasta que el canal que forma el secundario no esté completamente cerrado, esto quiere decir que se necesita la presencia permanente de metal fundido en los canales. Este tipo de horno es de excelente rendimiento para la fusión de metales no-ferrosos latón, Cobre, Aluminio, Bronces, Zinc, etc.

Estos hornos poseen un sistema de basculamiento hidráulico que

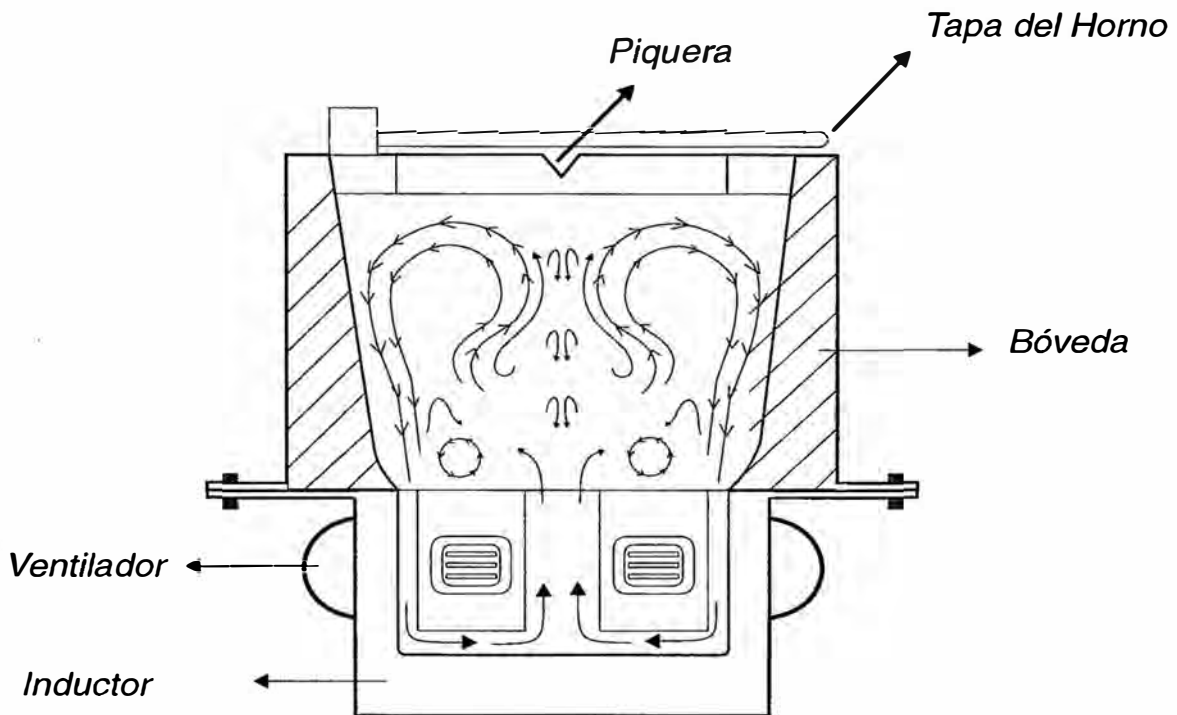


Fig. 2.- Esquema que muestra el sentido de las líneas de flujo de metal fundido en un horno mantenedor. (Corte vertical, vista frontal)

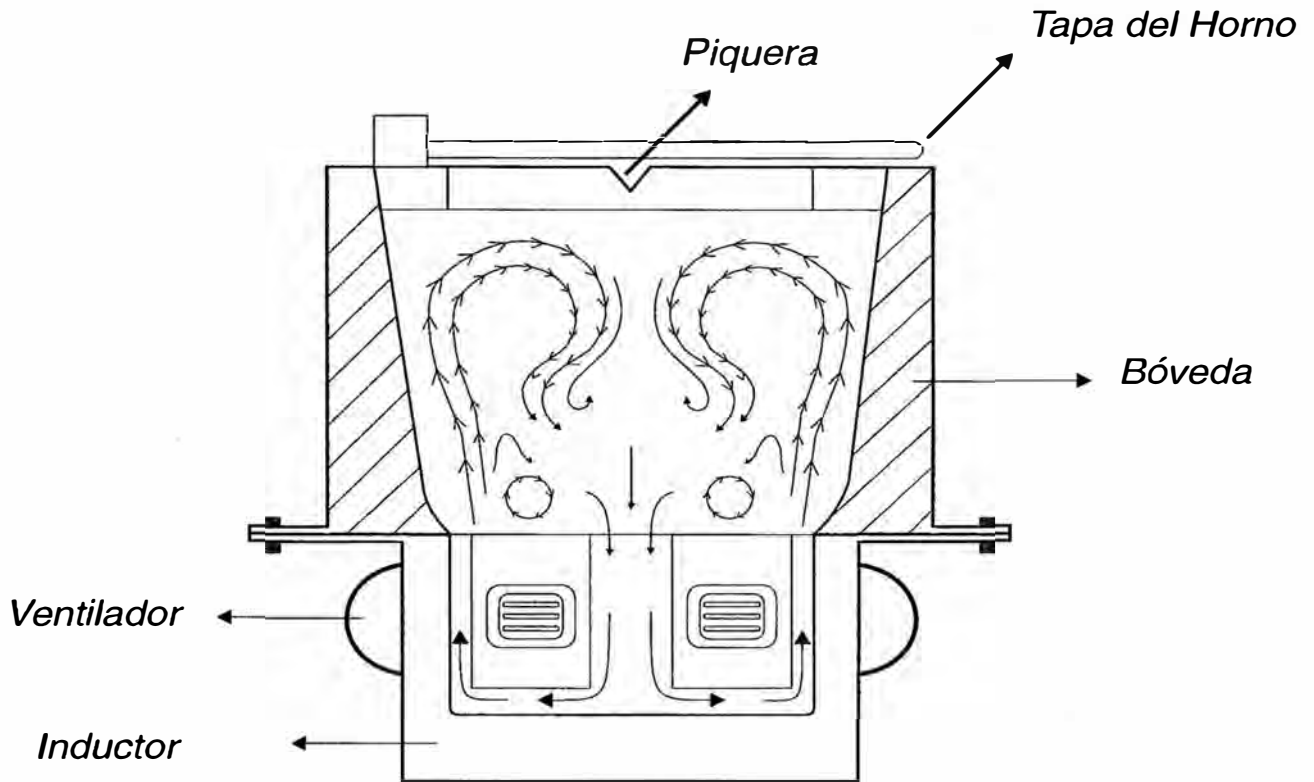
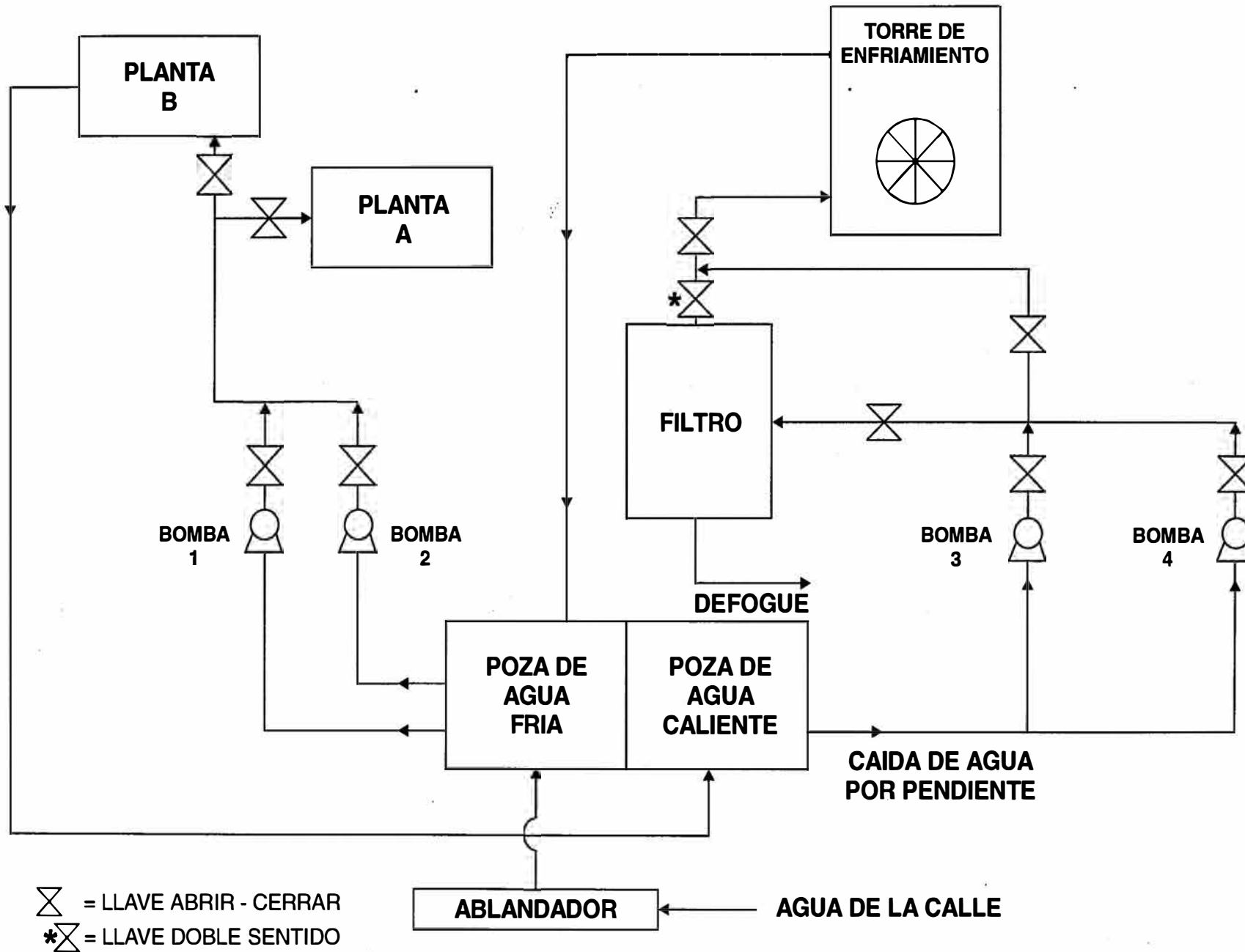


Fig. 3.- Esquema que muestra el sentido de las líneas de flujo de metal fundido en un horno de fusión. (vista frontal)

CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO



hace que el horno se incline para descargar el metal fundido.

La capacidad de estos hornos es de 1.2 TN

Cabe notar que el horno de mantenimiento posee una ventana de colada donde va instalada la matriz con un sistema de enfriamiento. Ver fig.4

La Fundición cuenta en las campañas de cobre con el apoyo de un horno de crisol de CSi de 500 Kg., posee un basculamiento en base a un sistema mecánico-eléctrico y posee un reductor de contrapeso y una velocidad de fusión de 225 Kg/hr en operación, ya que dada la velocidad de extracción del cobre que es 480 e inclusive 500 Kg/hr. Se necesita el apoyo de este horno para no perder el nivel en los hornos de inducción. También posee un horno de crisol de 300 Kg en el que se funde latón para el " cebado " de los hornos de inducción, posee un basculamiento manual, y mantiene el metal líquido a temperatura alta.

ENFRIAMIENTO PRIMARIO.-

Se realiza en el interior de la matriz de grafito, en la colada continua la solidificación se efectúa en el interior de esta matriz.

La matriz es fabricada de grafito artificial (grafito en polvo comprimido a temperaturas altas y en vacio)

Se escogió el grafito por las siguientes características:

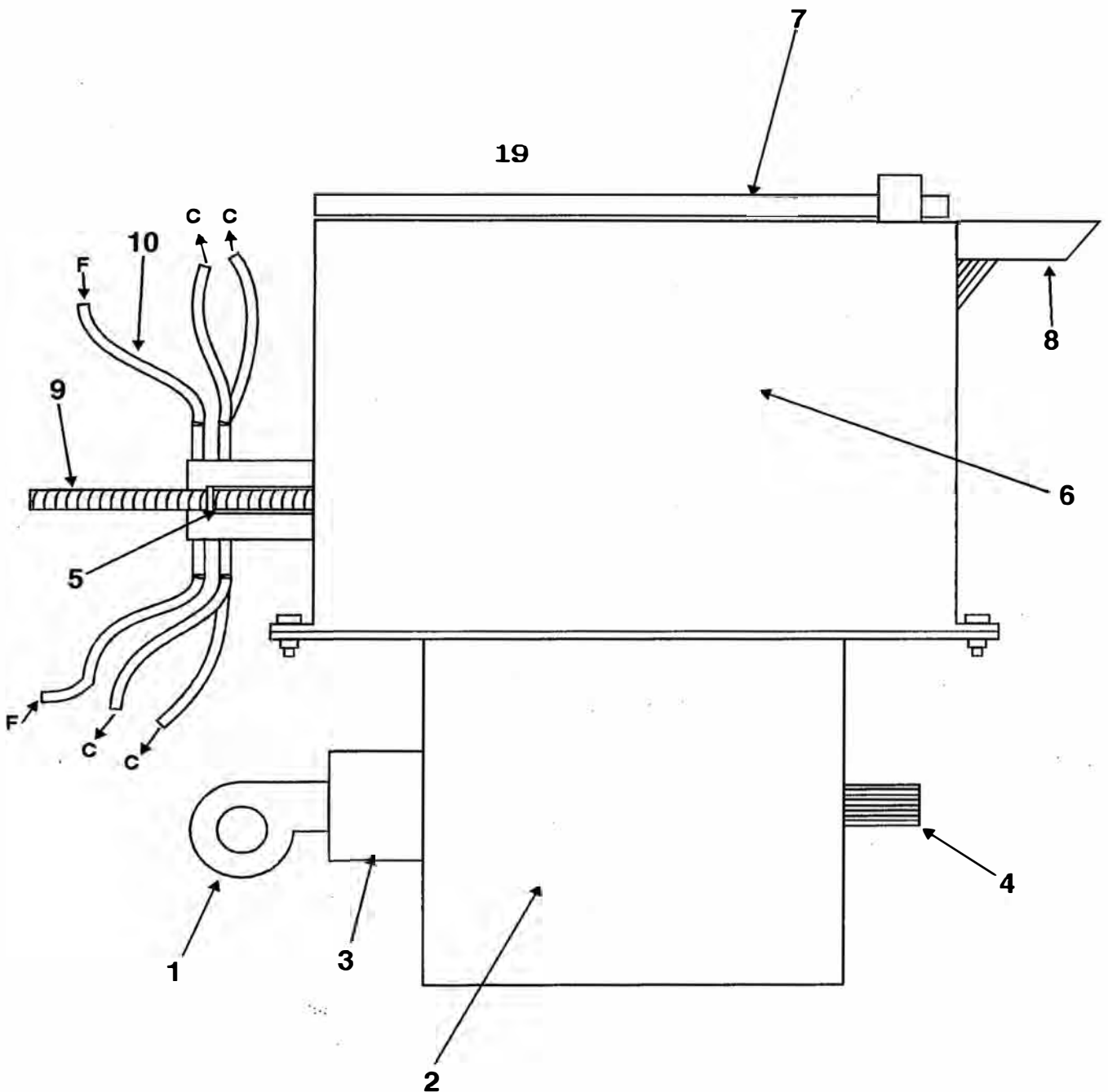
- a) generalmente el metal fundido no moja el grafito (no se pega)**
- b) excelente transferencia de calor**
- c) alta resistencia al choque térmico**
- d) su estructura hexagonal le da buenas propiedades autolubricantes.**

Aunque el grafito presenta los siguientes defectos:

- a) el grafito es un material sinterizado y posee una porosidad significativa**
- b) El grafito está hecho de carbón con una estructura cúbica (no es autolubricante), la cual no está totalmente transformada a la hexagonal (si es autolubricante)**
- c) El mecanizado del grafito es dificultoso.**

El enfriador es una lingotera de cobre electrolítico que tiene por objetivo, crear una capa solidificada - "piel" - que posea una resistencia mecánica capaz de soportar la tensión generada por la extracción.

El cobre por su alta conductividad ha demostrado ser el material adecuado para la extracción de calor.



1.- Ventilador Centrifugo con Motor Axial

2.- Block Inductor

3.- Caja de Viento

4.- Núcleo

5.- Caja de Cristalizador y matrices (Enfriamiento Primario)

6.- Crisol (Ventre del horno)

7.- Tapa

8.- Canaleta para Carga y Descarga

9.- Muestra Parcial de Placa saliendo de la Matriz

10.- Conductos para Entrada (F) y Salida (C) de agua refrigerante

F= Agua Fría

C= Agua Caliente

Fig. 4 Esquema del Horno de Mantenimiento (Vista Lateral)

El enfriador posee en su interior dos canales de entrada por los que circula agua a presión y cuatro canales de salida, lo mismo sucede con el enfriador situado en la parte inferior de la matriz. La presión varía entre 40-50 psi para el cobre y 35-45 psi para el latón. El agua ingresa en el caso del latón a una temperatura entre 27°C y 35°C y sale entre 38°C y 40°C. En el caso del cobre sale con una temperatura entre 40°C y 44°C.

La planta de fundición posee una torre de enfriamiento en la que se regresa el agua a la fundición a la temperatura indicada.

Los ductos de los enfriadores antes de cada colada son limpiados con Acido Muriático con la finalidad de eliminar el "cocoliche" (carbonatos y sulfatos), formados en su interior. Luego son pulidos con lija 280 y mantienen una total planitud con una tolerancia máxima de 0,02 mm, enseguida se prueba con agua a presión para descartar fugas.

ENFRIAMIENTO SECUNDARIO.-

Posee dos objetivos:

- a) Aumentar más la velocidad de enfriamiento, a fin de completar la solidificación, ya que está no ocurre totalmente en la lingotera.

b) La placa es extraída a una temperatura entre 300°C y 600°C, esto sobrecalentaría el extractor y no permitiría la manipulación de la placa después del corte, por esta razón este enfriamiento se encuentra a unos 80 cm de la boca de la matriz, después del cual la placa se encuentra fría.

EXTRACTOR.-

Máquina mecánico-eléctrica, posee un sistema de funcionamiento hidráulico, que provee la fuerza a un sistema de pistones para efectuar la extracción, sus centrales están regulados por unas electroválvulas.

Los controles de funcionamiento se encuentran en un panel cercano al horno de mantenimiento.

En el panel del extractor existen los siguientes controles:

Encendido del extractor

Levantada y Bajada de los rolos, que extraen la placa

Avance y retroceso continuo de los rolos

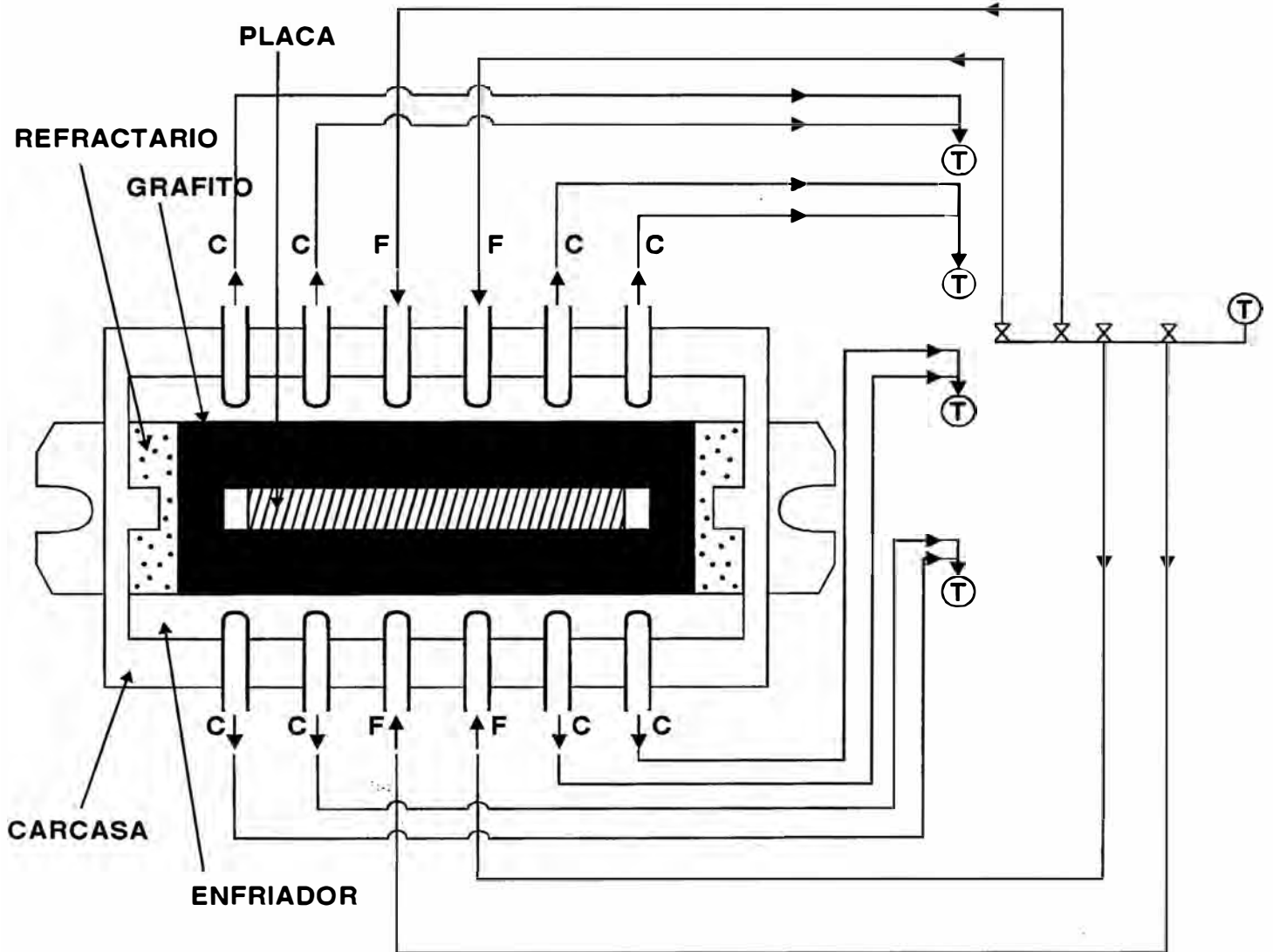
Control automático de temporizadores:

1 de avance, 1 de retroceso, 1 de espera

Control manual de extracción

**Control de Programas de Extracción, existen 4 programas
avance continuo, avance-espera, espera-avance-retroceso,
espera-retroceso-avance.**

REFRIGERACION DE LA MATRIZ



F : AGUA FRIA

C : AGUA CALIENTE

Ⓣ: TERMOMETRO

X: LLAVE

Control de la sierra de corte, manual y automático, parada de emergencia.

Sistema de alarma para los siguientes casos:

Temperatura de aceite, presión de agua, Falla 440V, salto del térmico de la sierra, salto del térmico del extractor, salto del térmico de basculamiento, botón de apague de la alarma.

Parámetros de Extracción.-

Longitud de carrera.- Distancia a través de la cual el producto es extraído hacia adelante desde la matriz en cada ciclo de extracción su valor debe ser aproximadamente el espesor del perfil $\pm 20\%$.

Tiempo de Avance (A).- Es el tiempo que dura la extracción ó jalado en un programa.

Tiempo de Espera (E).- Es el tiempo que permanece detenida la extracción a fin de que el metal solidifique.

Tiempo de Retroceso (R).- Es el tiempo que dura la introducción de la placa en la matriz (sentido inverso al avance) a fin de limpiar al grafito de los óxidos que se forman en su superficie.

APISONADO DE INDUCTORES.-

a) Preparar 5 bolsas de Harmix-Cu con 3 % de humedad

- b) Centrar el modelo de madera en la caja del inductor (enladrillado) del siguiente modo: Fig. 5**
- c) Identificar los protectores de las bobinas.**
- d) Retirar los protectores y el modelo de madera fijado a su soporte.**
- e) Con una brocha limpiar bien el fondo del inductor. Eliminar polvo y partículas de ladrillo refractario.**
- f) Hechar refractario y extender uniformemente hasta 3" de altura.**
- g) Apisonar con martillo neumático que tenga cabezal tridente con desplazamientos longitudinales y transversales, hasta lograr el compactamiento total de modo que el martillo produzca un sonido metálico.**
- h) Con la brocha eliminar el polvillo de la superficie del refractario.**
- i) Con una punta filuda rayar la superficie del refractario.**
- j) Hechar refractario y proceder igual a los pasos f, g, h, é i hasta el nivel de la primera etapa, ver esquema: Fig. 6**
- k) Colocar el modelo de madera; en caso de que el nivel del refractario sea mayor, raspar toda la superficie**

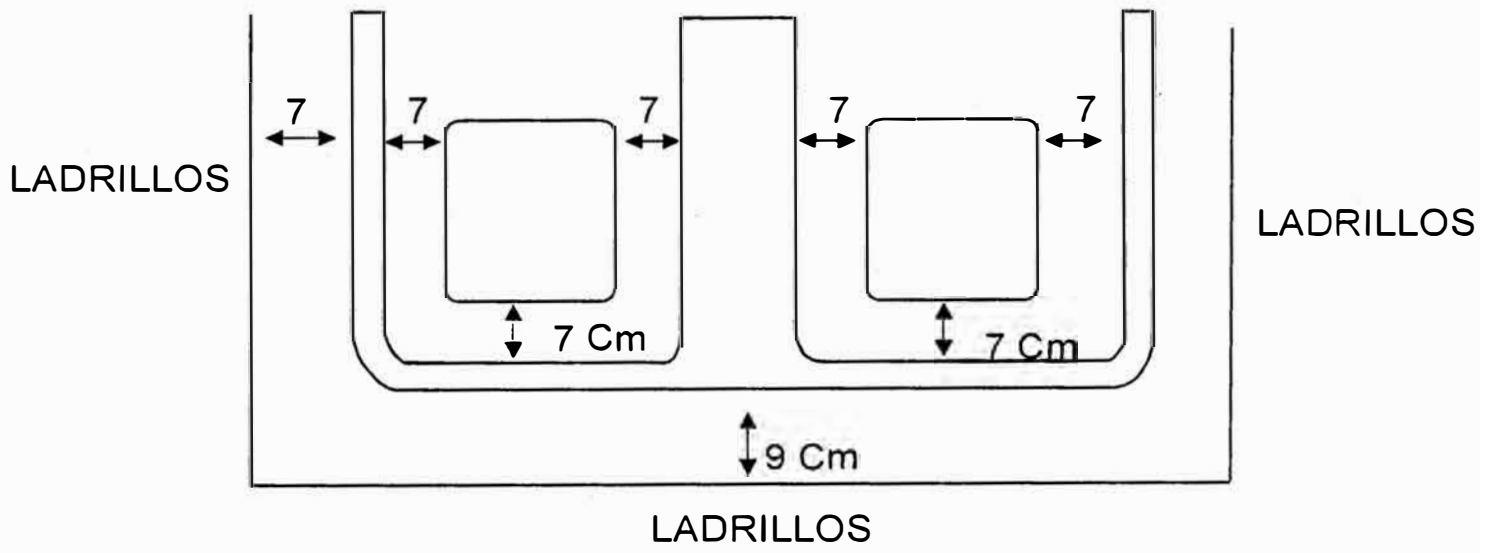


Fig. 5

del mismo hasta lograr el centrado inicial sin dejar luz entre el refractario y la base del modelo.

- l) Rayar la superficie libre del refractario
- m) Hechar refractario y proceder igual a los pasos f, g, h, é i, hasta el nivel de la segunda etapa.

Fig.7

- n) Colocar los protectores de las bobinas de acuerdo a lo identificado.

Las ranuras de estos deben coincidir con la del inductor. Raspar el refractario en caso de que éste sea más alta. No debe haber luz entre el refractario y la base del protector.

- ñ) Colocar los expansores dentro de los protectores y ajustar las tuercas.
- o) Continuar el apisonado de acuerdo a los pasos f, g, h é i hasta la altura de la plancha superior de los protectores.
- p) Sacar el soporte del modelo.
- q) Continuar apisonando hasta el ras de la plancha del inductor.
- r) Hacer el canal horizontal raspando el refractario, hasta una profundidad de 30 mm. y un ancho 70 mm. de manera que la madera central queda comunicada con las laterales.

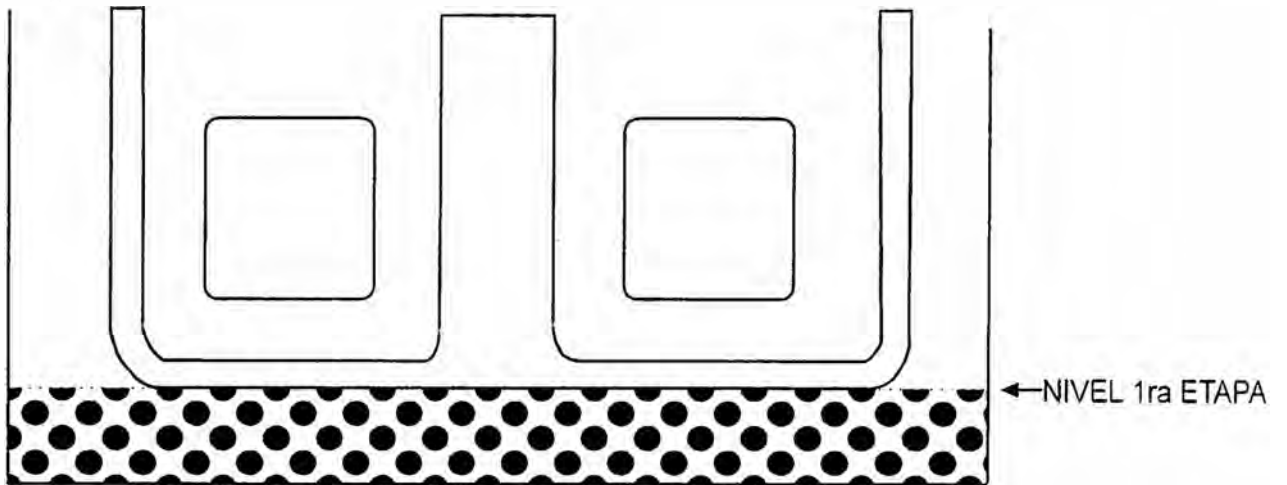


Fig. 6

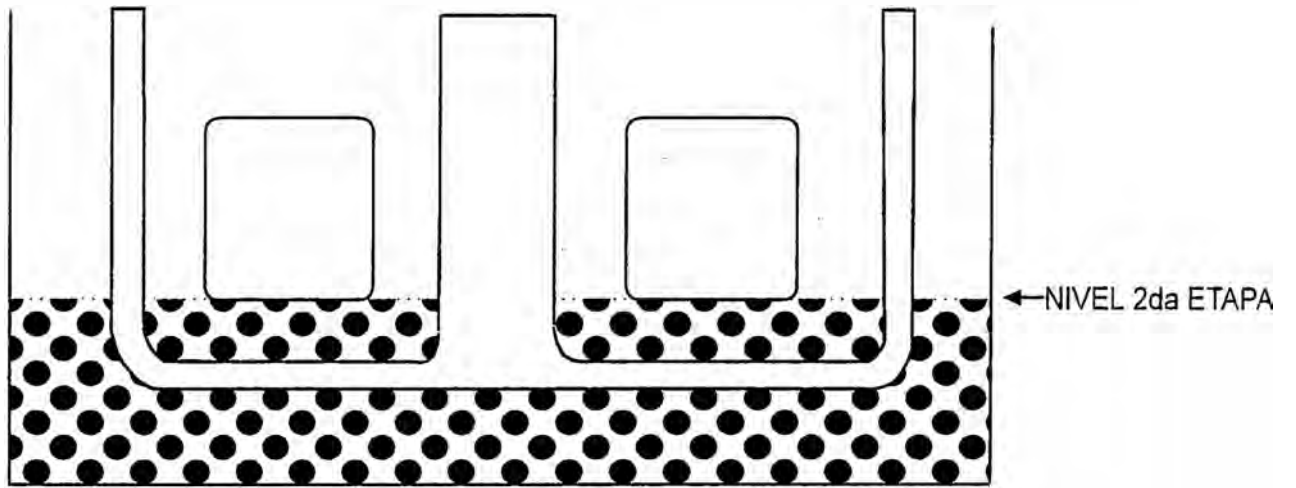


Fig. 7

APISONADO DE LA CAMARA.-

- a) Preparar 23 bolsas de coralite raming mix con 3% de humedad
- b) Colocar y apuntalar bien una plancha doble en la base de la cámara. Esta no debe tener vibraciones.
- c) Presentar el modelo chico de la base, centrar y empernar a la plancha colocada.
- d) Presentar el molde grande de la cámara, centrar e identificar su posición .
- e) Retirar el molde grande, en seguida el chico.
- f) Engrasar la plancha de la base, cubrir con plástico coralite y tapar las rendijas con este refractario.
- g) Colocar el molde chico en la posición encontrada ajustar bien los pernos y engrasar la superficie lateral del molde.
- h) Echar refractario y extender uniformemente hasta una altura de 3".
- i) Apisonar con martillo neumático usando cabezal tridente, el recorrido deberá ser longitudinalmente y transversalmente hasta lograr la total compactación y producir un sonido metálico en cada

golpe de martillo.

- j) Usando una brocha retirar el polvillo seco y con una punta rayar la superficie del refractario.**
- k) Apisonar de acuerdo a los pasos h, i, j hasta el nivel inferior del agujero de la termocupla.**
- l) Instalar el cono de madera para la termocupla. Fijar bien de modo que no se mueva y que la punta quede a una pulgada de distancia del molde chico.**
- m) Continuar apisonando de acuerdo a los pasos h, i, j hasta dejar al mismo nivel con el molde.**
- n) Instalar el molde grande y fijar bien mediante los pernos, no debe moverse y debe quedar bien centrado.**
- ñ) Continuar apisonando de acuerdo a los pasos h, i, j hasta completar las 23 bolsas de refractario.**
- o) Llegando al nivel inferior de la piquera dejar una cavidad lo suficientemente necesaria para hacer la piquera.**
- p) Continuar apisonando el espacio que falta con castable de Alta Alúmina 1-76 preparado con 8% de humedad hasta dejar al ras con el ladrillo aislante, o sea, a una pulgada por debajo de la plancha del horno.**

- g) Sacar los moldes después de 48 horas de haber concluido el apisonado.

MONTAJE DEL INDUCTOR.-

- a) Resanar la base de la cámara del horno. La superficie del refractario, debe quedar al ras con la plancha, esta condición verificar con una regla.
- b) Sopletear los canales del inductor y taparlos con papel.
- c) Trasladar el inductor hasta la base del horno, levantarlo y sujetarlo con los pernos largos colocados en los agujeros centrales de lados opuestos de la brida del horno.
- d) Levantar parejo el inductor mediante los pernos largos hasta dejar una luz de 5" entre el inductor y el horno.
- e) Sopletear la superficie del refractario (base del horno y el inductor).
- f) Aplicar sobre la superficie del refractario (inductor) Harwaco - Bond diluido con agua hasta una consistencia argamasosa.
- g) Rápidamente levantar el inductor hasta colocar todos

los pernos con sus respectivas guachas.

- b) Ajustar en forma pareja los pernos hasta lograr un ensamble perfecto.
- i) Retirar el Harwaco-Bond remanente del interior del horno.
- j) Apisonar con plástico-Coralite la junta interna entre el horno y el inductor.

SINTERIZADO DEL INDUCTOR.-

En el caso de que el inductor a instalar sea nuevo, se procede a un proceso denominado Sinterizado del inductor.

Los pasos a seguir son:

- a) Bascular el horno hasta que los canales queden en posición horizontal.
- b) Sopletear los canales con aire y chequear con linterna.
- c) Instalar el quemador de gas con la boquilla en el canal central.
- d) Encender el quemador con la llama mínima, gas solamente durante 16 horas (30° C).
- e) Arrancar los ventiladores.
- f) Calentar gas y aire mínimo durante 8 horas (45° C)

- g) Incrementar un poco la potencia del quemador y calentar durante 8 horas (65°C)
- h) Aumentar un poco más la potencia del quemador y calentar 8 horas (80° C)
- i) Aumentar un poco más la potencia del quemador y calentar 8 horas (125°C)
- j) Incrementar un poco más la potencia del quemador y calentar 8 horas (175° C)
- k) Aumentar más la potencia del quemador y calentar 8 horas (250° C)
- l) Poner el quemador a máxima potencia y calentar 8 horas más (350° C)
- m) Cebat el horno con 300 Kg de latón fundido (1200° C)

CALENTAMIENTO DE HORNOS.-

En el caso de que el inductor ya ha estado en operación se procede del siguiente modo.

- a) **Bascular el horno hasta que los canales queden horizontales**
- b) **Sopletear con aire a presión los canales.**
- c) **Chequear con linterna los canales.**

- d) **Instalar el quemador de gas con la boquilla en el canal central.**
- e) **Encender el quemador a llama mínima (solo gas)**
- f) **Arrancar los ventiladores**
- g) **Después de 2 horas de haber encendido el quemador, poner aire al quemador, (gas-aire). Regular a potencia media.**
- h) **Después de haber calentado 1 hora con (gas-aire) a potencia media, aumentar a la máxima potencia.**
- i) **Luego de 12 horas de calentamiento, apagar el quemador y sopletear los canales con aire y volver a encender a máxima potencia.**
- j) **Calentar el horno hasta que el pirómetro de la consola marque 350°C, en estas condiciones estará listo para el cebado con latón.**

CONTROL DE GRAFITOS.-

Características de los Grafitos:

Deben poseer buenas propiedades lubricantes y de deslizamiento.

El metal fundido no debe mojar el grafito (pegarse)

Buena resistencia a los cambios de temperatura

Debe ser fácil de mecanizar

Buen conductor del calor

Baja dilatación

Cuando los grafitos llegan a la planta (son traídos de Alemania) su superficie es pulida con lija 600, hasta presentar una total planitud con una tolerancia de 0,002mm.

Esta operación es otra variable de la colada continua y es uno de los factores determinantes de una buena producción ya que de esto, depende la transferencia de calor hacia la placa. Un mal contacto entre el grafito y el enfriador, origina una serie de problemas en la placa: huecos en la superficie, desviación de la curva de solidificación, fisuras en la superficie, grietas, etc.

Los grafitos luego de pulidos son asentados (por la cara sin bombé) con los enfriadores de cobre, frotando el grafito contra el cobre, si se observan superficies brillantes (zonas sobresalidas) de la placa de grafito, limpiar y frotar tantas veces como sea necesario hasta lograr una gran superficie brillante.

Se identifica las parejas de cobre y grafito que fueron asentados, de manera que no haya confusión a la hora del ensamble.

CEBADO DEL HORNO.-

- 1.- Verificar la temperatura del horno, el pirómetro de la consola debe marcar 350°C los canales deben tener un color rojo-cereza.
- 2- Con 3 horas de anticipación al cebado, arrancar el horno de crisol chico y fundir 300 Kg. de retacería de latón, sobrecalentar hasta 1200°C (desprendimiento de óxido de Zinc).
- 3- Calentar la cuchara y el embudo.
- 4- Levantar la llave del horno en el tablero general de la colada.
- 5- Seleccionar los taps, 320 V (baja), 360V (alta).
- 6- Prender control del horno pero apagado.
- 7- Apagar y sacar el quemador de gas.
- 8- Bajar el horno a su posición normal.
- 9- Colocar el embudo en el canal central.
- 10- Escoriar el horno de crisol.
- 11- Vaciar la primera callana sobre el embudo con el horno apagado.
- 12- Retirar el embudo.

- 13- Vaciar la segunda callana en el canal central.
- 14- Inmediatamente prender el horno, poner conmutador en 1 manual y en baja.
- 15- Agregar tercera callana en canal central.
- 16- Conectar el horno en alta.
- 17- Verificar burbujeo.
- 18- Agregar todo el metal restante del crisol al horno eléctrico.
- 19- Cubrir con una capa de carbón la superficie del metal.
- 20- La aguja de amperaje debe marcar 110 y no debe oscilar.
- 21- Controlar como mínimo una hora el amperaje y luego proceder a cargar el horno.

Una vez cebado los 3 hornos, se procede a " subir niveles ". Es decir se preparan cargas de 350 Kg y se agregan a los hornos hasta que se funde, generalmente un 70% de Materia prima virgen y un 30 % de Retacería. Al momento de ingresar la carga se funde con 360V en " Alta Potencia ".

ALINEAMIENTO NIVELACIÓN ENFRIADOR.-

Preparamos la punta de arranque (se pinta con pintura refractaria). Se introduce de prueba en la matriz, luego se saca la punta de arranque, se mide el grafito.

Ejm: El grafito mide 29 cm., en consecuencia se coloca a 27 cm. el tope, se marca una raya con tiza a 2 cm hacia afuera de la raya, hasta esa marca, se introdujera la placa.(Fig. 8)

Luego se procede al alineamiento (Placa de arrastre ya esta montada).

Se enrolla hilo desde los rolos hasta el horno del modo siguiente: Se levanta los rolos y se empuja la placa hasta hacer que la distancia "d" sea la misma (distancia del filo interno del extractor hasta el hilo) fig.9

Con los pernos laterales del horno alinear la punta con la placa de arrastre. Verificar el paralelismo del enfriador con la placa, comprobar que la distancia del extractor al enfriador debe ser la misma a ambos lados del extractor.

Nivelar la punta de arranque de modo que la placa de arrastre y la punta queden en el mismo nivel (con los pernos del horno) bajar o subir los pernos.

Empalmar la punta y la placa de arrastre, presentar los pernos, retirar la placa de arrastre hasta 20 cm. de la punta.

REFRACTARIOS UTILIZADOS EN LA PLANTA DE FUNDICIÓN.-

Concretos Refractarios.-

Cobrelsa utiliza los siguientes tipos:

Castable Standard, Castable Extra y Castable super.

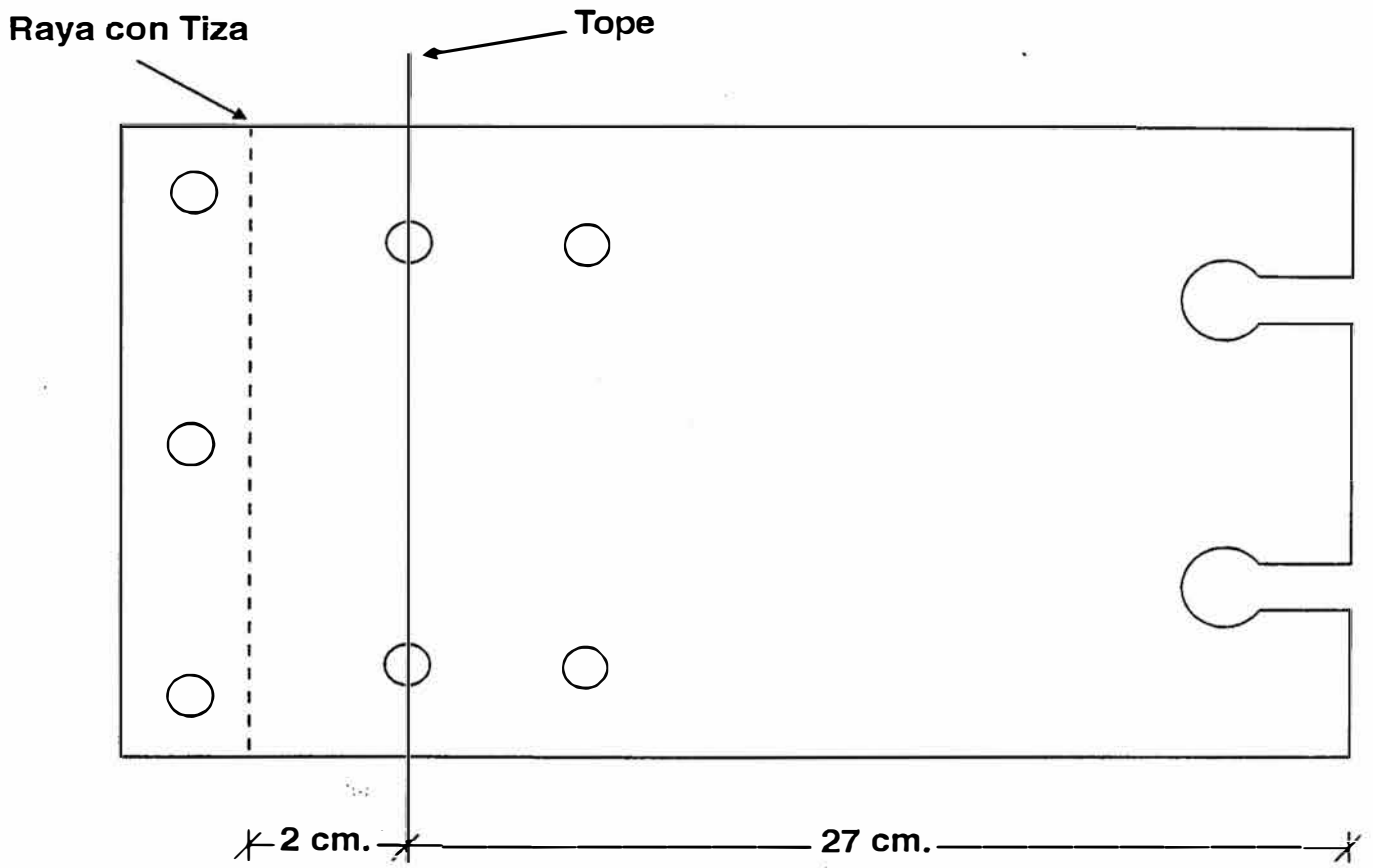


Fig. 8
Punta de Arranque

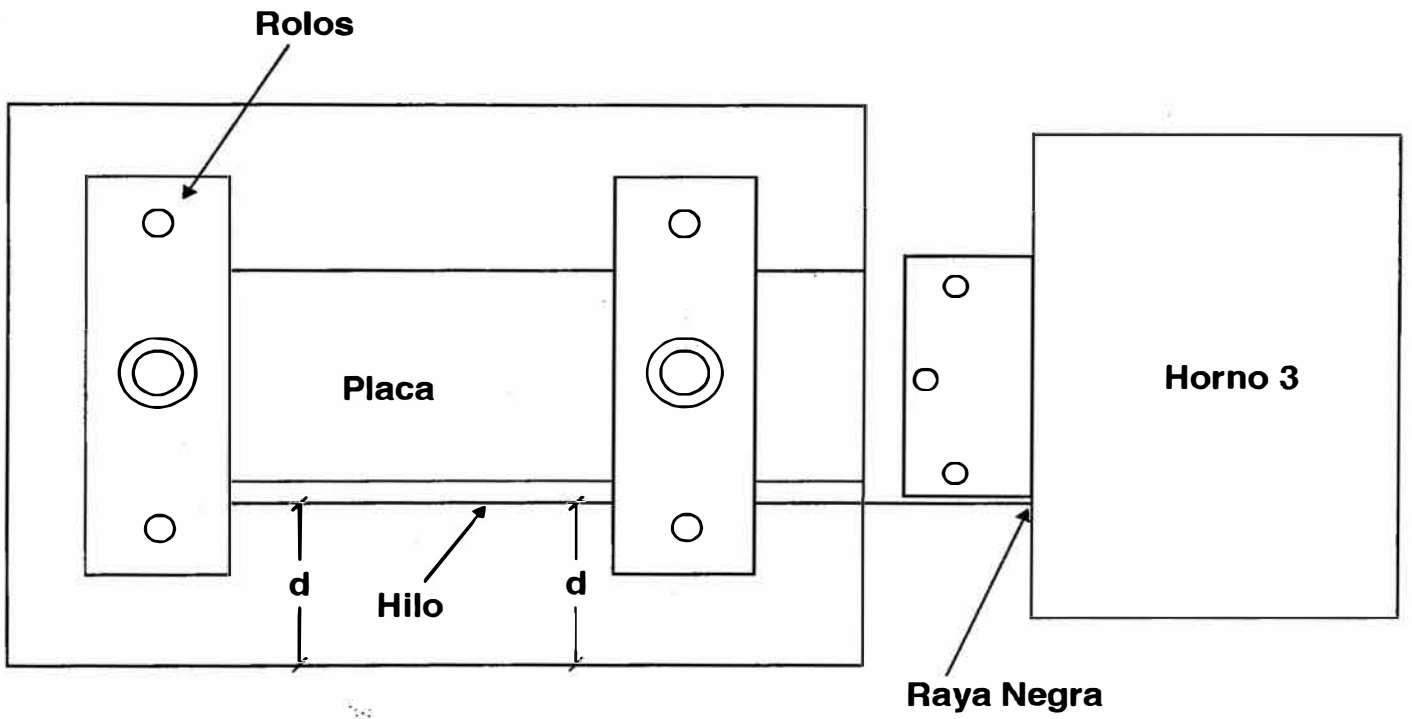


Fig. 9
Alineamiento de la Placa

Los concretos refractarios silico-Aluminosos son materiales de fragua hidráulica fabricadas con agregados de arcillas, calcinadas, de una composición granulométrica controlada y mezcladas con una cantidad precisa de cementos refractarios especiales; al agregárseles una cantidad suficiente de agua se transforman en una mezcla muy trabajable que endurece y fragua rápidamente. El material granular ha sido sometido previamente a un tratamiento término especial; para lograr un producto de limitadas variaciones dimensionales, densificación controlable y muy poca propensión a desarrollar agrietamiento en el servicio.

La instalación de estos concretos silico-aluminosos puede hacerse manual o mecánicamente. La instalación manual es para trabajos pequeños y puede ser hecha con badilejo o por vaciado en un encofrado o molde. La instalación mecánica es para trabajos mayores como encofrado de estructuras o proyectado con pistola neumática.

Mezclado.- En un recipiente adecuado, o sobre el piso limpio, se agrega gradualmente agua pura y fría, al material seco, mezclándolo hasta obtener una pasta uniforme. Para evitar la máxima resistencia mecánica en el producto evítase agregar exceso de agua. El mezclado se hace en cantidades que están de acuerdo con el método de instalación que se aplicará. La

mezcla se prueba por el sistema de " Bola al Aire " que consiste en formar una bola de unos 10 cm. de diámetro y lanzarlo a unos 30 cm. de alto, al recibirle entre los dedos, si se rompe le falta agua; si se escurre le sobra.

Curado.- La fragua inicial comienza unos 20 minutos después que se ha mezclado con el agua, por esta razón se recomienda preparar sólo la cantidad que se va a utilizar inmediatamente. Después de instalarlo la superficie expuesta deberá cubrirse con sacos o trapos húmedos y luego el concreto deberá dejarse reposar, por aproximadamente 12 horas, antes de retirar el molde o encofrado.

Secado y calentado.- Para obtener mejores resultados es preferible dejar secar el concreto al aire por 24 horas, antes de comenzar el calentamiento. El calentamiento debe ser muy lento y pasar los 100°C sólo después que ha desaparecido todo rastro de humedad libre. El esquema de calentamiento se hace de acuerdo con la naturaleza del trabajo.

Datos para el uso

	Max Temperatura de trabajo		Cantidad Requerida	Agua Necesaria
	°C	°C	Kg/m³	%
Castable Standard	1371	2500	1830	18-20
Castable Extra	1315	2400	1942	16-18
Castable Super	1483	2800	1880	13-15

Plásticos Refractarios.-

El utilizado en Cobrelsa es el Plástico Coralite

Los refractarios plásticos de alta alúmina son productos apisonables preparados cuidadosamente en forma de barro semi-seco con una trabajabilidad mayor de 15% con ingredientes que producen la consistencia ideal de instalación y que desarrollan en operación las características propias de un material refractario de su clase y poseen un 80% de Al₂O₃.

La instalación de los productos refractarios plásticos es rápida, fácil y económica, tanto cuando se hace una construcción nueva como cuando se hace una reparación sobre material ya usado. En cualquier caso desarrollan obras monolíticas, sin juntas de unión, que producen revestimientos sellados y prácticamente impermeables a los gases.

Los productos plásticos de alta alúmina se usan cuando las exigencias operacionales exceden los límites cubiertos por los materiales silico-aluminosos. Se utiliza para revestir la cámara de los hornos eléctricos.

El Plástico Coralite presenta las siguientes características:

Gran fortaleza mecánica en altas temperaturas

Excelente resistencia al impacto mecánico, a la erosión y la abrasión.

Coralite Ramming Mix.-

El coralite Ramming Mix, es una mezcla definida de materiales refractarios y aditivos especiales; el principal componente refractario es la alúmina Al₂O₃, los aditivos son plastificantes y fraguantes.

Pertenece a la clase 85% alúmina y es de asentamiento en frío, después de compactado, secado y quemado da un producto equivalente al ladrillo de la clase 85% alúmina (ASTM C27-66). Debido a que posee agregados temporales, que desarrollan en fraguado al aire, adquiere cierta fortaleza en frío y permanece inalterable hasta alcanzar temperaturas de operación, que es cuando se produce el verdadero y definitivo asentamiento cerámico.

Es un producto de uso versátil, con buena estabilidad volumétrica, con alta refractariedad y que por su compatibilidad reactiva y baja permeabilidad posee una excelente resistencia al ataque y penetración de escorias y metales, ferrosos o no ferrosos, fundidos.

Características principales

Temperatura máxima de servicio: 1760°C (3,200°F)

Cambio Lineal permanente: Sin variación sensible

hasta aproximadamente 1000°C (1832°F), después presenta una ligera expansión, hasta alcanzar un 1,5% de cambio lineal

permanente a la temperatura de trabajo.

Cantidad requerida para instalar: 2880 Kg/m³

(180Lbs/pie³)

Densidad (instalado y secado): + 2,7 gr/dm³

Cantidad de agua requerida: entre 2 y 5% (dependiendo de la instalación)

Análisis químico aproximado

SiO ₂	12,7%
Al ₂ O ₃	83,1%
TiO ₂	1,3%
Fe ₂ O ₃	2,7%
Na ₂ O+K ₂ O+Li ₂ O.....	0,2%

Harmix - Cu

Propiedades Físicas

Densidad:

Después de haber sido secado a 110°C 2771 Kg/m³

Deformación en frio:

Después de haber sido secado a 110°C 176-317 Kg/cm²

Cambio lineal permanente (%):

Después de haber sido secado a 110 °C Insignificante

Después de haber calentado a 1260°C 0,0 - 0,5

Composición Química aproximada

SiO₂	11,4%
Al₂O₃	84,6%
TiO₂	2,8
NaO	Trazas
Fe₂O₃	1,1%
MgO	Trazas
Na₂O+K₂O+Li₂O	0,1%

Morteros.-

Los Morteros refractarios de fragua en frio son argamasas no hidráulicas que producen un pegamento estable aún sin la intervención del calor; forman juntas de unión fuertes que por acción de la temperatura se hacen resistentes tanto a la abrasión como a la erosión y corrosión, lo que permite que las construcciones refractarias desarrollen una impermeabilidad a través de toda la pared y no simplemente en la cara caliente de la construcción. Los morteros de fragua en frio o " al aire ", como también se les llama, consisten de materiales refractarios finamente molidos y mezclados con ligantes químicos, las sustancias ligantes son las que imparten a la mezcla las características de adhesividad que, posee todo mortero y que mantienen la fortaleza de las construcciones, una vez secas, desde la temperatura ambiente hasta la temperatura en que se forma un pegamento o ligazón cerámico.

Estos materiales poseen las siguientes características:

Durante el secado y quema producen sólo un mínimo encogimiento, que no origina rajaduras.

Producen pastas con excelente trabajabilidad

Forman juntas de unión muy fuertes y estables prácticamente impermeables a gases y escorias, que pegan tanto la zona caliente como la zona fria del ladrillo refractario.

No se descomponen ni con el calor, ni con el frío, pero sí con la humedad.

Dan seguridad a las juntas potencialmente débiles de una construcción refractaria.

Aumentan la vida del horno y reducen las paradas de reparación.

Necesitan solamente del añadido de agua fresca y limpia para formar pastas muy trabajables.

El material base de estos materiales es la Bauxita Al_2O_3 y se utiliza 140 Kg. de mortero por cada 1000 ladrillos normales de 229 x 114 x 64 mm.

Localización de los Refractarios en la planta de Fundición.-

1.- Tapa del Horno

Castable Standard

Castable Extra

2.- Piguera

Castable Extra

3.- Cámara del Horno

Harmix - Cu

Coralite Plástico

4.- Boca de colada

Coralite Raming Mix

5.- Llenado de Enfriadores

Castable Super

6.- Instalación del Inductor

Harmix - Cu

7.- Canaletas y Lingoteras

Castable Standard

Castable Super

8.- Carros, Embudos

Castable Standard

ARRANQUE DE PRODUCCIÓN.-

Para efectuar el arranque de la producción se debe chequear lo siguiente:

- **Nivel óptimo de las pozas de agua**
Dureza del agua
- **Bombas de agua conectadas en automático**
- **torre de enfriamiento conectada en automático**
- **Válvulas de agua conectadas**
- **Válvulas, Bombas y tanques de petróleo**
- **Bombas, nivel de aceite y válvulas del sistema hidráulico**
- **Presión de aceite 100 psi**
- **Presión de agua 40 psi ambas bombas**
- **Seleccionar los parámetros adecuados A - E - R**

- Arrancar sistema hidráulico (bombas de basculamiento)
- Probar el extractor 30 min.

Verificar el ajuste de pernos de la matriz

- Temperatura óptima en horno de mantenimiento de cobre 1220°C
y latón 1100°C
- Niveles óptimos H-1, H-2 y H-3
Aleación óptima H-1, H-2 y H-3
Carro delante del H-3
- Herramientas (alicata, desentornillador, etc)
- Organizar el arranque (asignar tareas)

Durante el desarrollo de la colada se deben observar los siguientes parámetros:

	Cobre	Latón
Temperatura de Colada H1/H2 (°C)	1230-1240	1100
Temperatura del H-3 (°C)	1200-1220	1020-1090
Nivel Mínimo del H-3	900 Kg	900 Kg
Temperatura de la Matriz (°C)	1000	1000
Temperatura de la Placa (°C)	480- 500	350-380
Temperatura de Entrada de Agua(°C)	20-25	20-25
Temperatura de Salida del Agua(°C)	42-46	31-38
Caudal en Lts/min	30-50	35

Presión en PSI	40-60	50
Avance en (seg)	1,7	1,7
Espera (Seg)	3,2	3,0
Retroceso (seg)	1.0	1.00
Velocidad de colada (Kg/h)	480-500	320-350

Estas condiciones de operación se irán modificando conforme transcurra los días, pero hemos observado que los cambios generalmente se presentan a partir del 3er día. Cabe notar que durante toda la colada los hornos son mantenidos con una capa de carbón de 3" de espesor.

Cobrelsa produce placas Cu de

17 mm x 305 mm x 5,5m

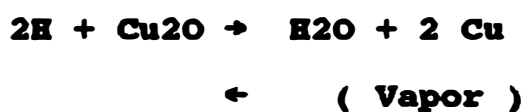
y placas de latón de

12mm x 305 mm X 6,75m

Tratamiento Metalúrgico:

Al inicio de la producción los 3 hornos son desgasificados y desoxidados con 1 Kg de Cu₃P y 1 tubo de CB, posteriormente antes de bascular al horno de mantenimiento los hornos de fusión son desgasificados y desoxidados con 700-800 Gr de Cu₃P y además 1 tubo de desoxidante, CB, luego del trasbase el horno de mantenimiento nuevamente es desgasificado y desoxidado con 500gr de Cu₃P y 1 tubo CB.

Este tratamiento metalúrgico impide que el hidrógeno reduzca al óxido cuproso y se combine con el oxígeno para formar vapor de agua.



Reacción hacia la derecha a medida que el cobre fundido se enfría.

NORMAS.-

Latón 70/30

Porcentaje

Cu	Zn	Fe (max)	P(max)	Pb(max)	Normas	Otros
68,5-71,5	Rem.	0,05	-	0,07	ASTM	-
		0,07	-	0,05	BCR	-
		0,05	0,005	0,05	COBRELSA	0,07

90/10

Porcentaje

Cu	Zn	Fe(max)	P(max)	Pb(max)	Normas	Otros Ni
89-91	Rem	0,05	-	0,05	ASTM	
		0,05	0,05	0,02	COBRELSA	0,07

99/1		Porcentaje				
Cu	Zn	Fe(max)	P(max)	Pb(max)	Normas	Otros Ni
Rem	0,8-1,5	0,03	0,012	0,02	COBRELSA	-

C1200		Cobre-Plata		Porcentaje		
(Cu+Ag)	Ag	Fe(max)	P(max)	Pb(max)	Zn(max)	Normas
99-90	0,034	-	0,012	-	Rem	ASTM
99-90	0,034	0,03-0,012		0,02	Rem	COBRELSA

C76400		Alpaca		Porcentaje		
Cu	Ni	Zn	Fe(max)	Pb(max)	Mn	
58,5-61,5	16,5-19,5	Rem	0,25	0,05	0,50	

DEFECTOS DE LA COLADA CONTINUA.-

Fisuras.- Se presenta en los bordes debido a la diferencia de temperatura de la zona central respecto de los bordes.

Al poseer los extremos mayor temperatura con respecto al centro de la placa, no solidifica aun cuando la parte central ya solificó y el movimiento de extracción de la placa hace que se abra esta zona.

Este mismo defecto se presenta cuando la matriz se deteriora, dicho de otro modo el metal sólido (la parte que demora en solidificar) raspa la reglilla como si fuera una pequeña "cabeza". Este problema se soluciona modificando el frente de solidificación.

Grietas.- Pueden ser a todo lo ancho de la placa, o pegada a los bordes, se produce cuando la velocidad de extracción es mayor que la velocidad de solidificación, el metal no tiene tiempo necesario para contraer y debido a encontrarse pegado al grafito se produce un rozamiento originando un desgarramiento.

Oquedades.- Cavidades en la parte exterior de la placa generalmente se presentan en la cara superior debido a un excesivo enfriamiento o no existe uniformidad en el enfriamiento.

Acumulación de Depósito de Zinc.- Durante la fundición se produce la condensación del Zn como ZnO que se pega a la placa de grafito y forma una película que se va engrosando a medida que transcurre el tiempo produciendo una fricción entre la placa y el grafito haciendo la extracción forzada y disminuyendo la velocidad de colada.

Frente de Solidificación Desviado.- Se produce cuando no existe un buen contacto entre el enfriador y el grafito existiendo una mala transmisión de calor, produciendo una línea de solidificación totalmente desviada, esto traerá como consecuencia la producción de granos no homogéneos en la placa, con los consiguientes problemas en la laminación.

Inclusiones Intergranulares.- Se observan como partículas muy finas (1 μm) y se distribuyen en los límites de grano casi continuamente. en general estas partículas no provienen de una reacción eutéctica como podría pensarse, sino que precipitan en los bordes de grano al estado sólido, por sobresaturación del O₂ y S durante el enfriamiento. Esta afirmación se basa en que los límites de grano con inclusiones no son los originales de solidificación, sino que son límites desplazados a posiciones de menor energía de fronteras de grano durante el enfriamiento. Este defecto afecta mucho la ductilidad.

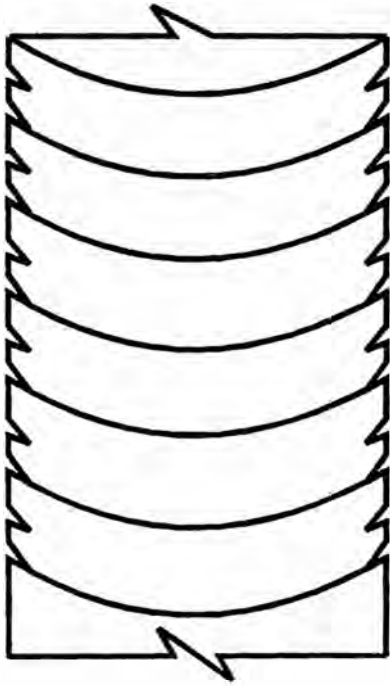


Fig. 10
Placa con fisuras
en los bordes

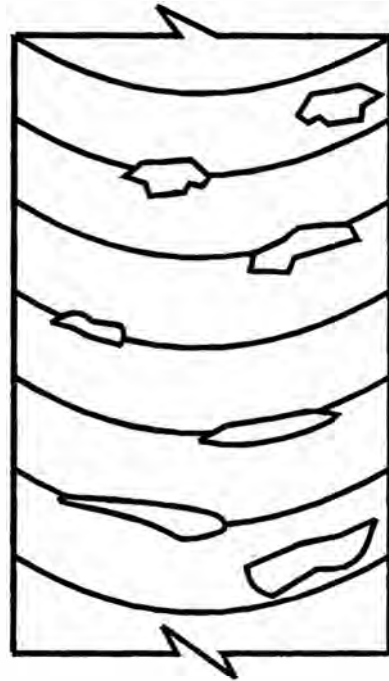


Fig. 11
Placa con
grietas

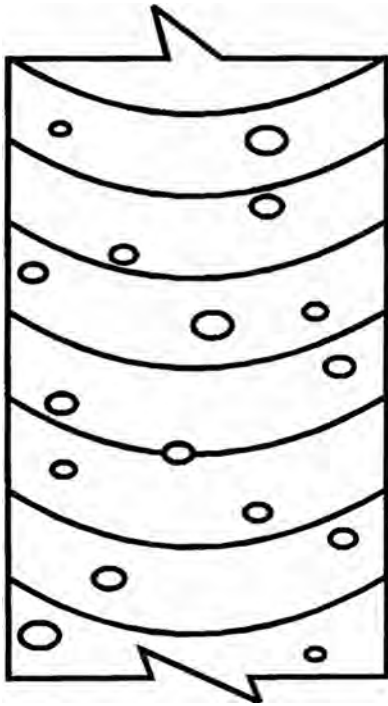


Fig. 12
Placa con
Oquedades

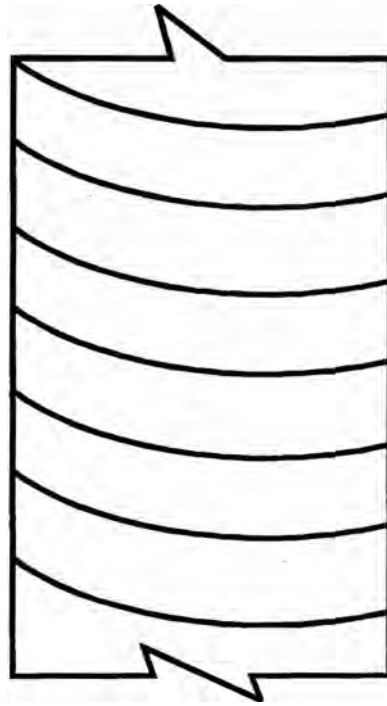


Fig. 13
Placa con Frente de
Solidificación Desviado
debido a mala
refrigeración

Porosidades.- Las porosidades esféricas o parcialmente alargadas en la dirección de celdas y dendritas tienen dimensiones entre 20 y 50 μm . Se forman durante la solidificación y se deben a la sobresaturación de los siguientes gases: H_2O , H_2 , SO_2 , CO_2 y CO siendo los tres últimos menos importantes que los dos primeros. La presencia de las porosidades esféricas en el cobre afecta principalmente su ductilidad, aunque comparativamente su efecto es mucho menor que el de las porosidades intergranulares. Esto se atribuye a que las porosidades esféricas están dispersas en el volumen, sin formar caminos o superficies continuas que faciliten la propagación de la grieta.

Microporosidades Intergranulares.-

Las microporosidades intergranulares constituyen una red continua de pequeñas burbujas no mayores de 1 μm que se forman en los límites de grano.

Reducen severamente la ductilidad del cobre y llegando en algunos casos a obtenerse reducciones de área menores a un 10% , con fractura intergranular. Su presencia puede hacer imposible la trefilación en frío de barras de colada continua. Similar al caso de las inclusiones intergranulares, estas burbujas se forman al enfriarse el sólido, por sobresaturación de algún gas. Los gases que se sobresaturan al enfriarse el

cobre son el H₂O, CO, CO₂, SO₂ y H₂, siendo el vapor de agua el único capaz de generar tan altas presiones para deformar el cobre.

La razón por la cual las burbujas se forman en las fronteras de grano, se atribuye a la fuerte segregación de oxígeno hacia estos lugares, ya que alcanza elevadas concentraciones en las primeras capas atómicas. Es oportuno señalar que el hidrógeno en concentraciones mayores a 0,1 ppm, no debiera ser el factor que controla la cinética de la reacción ya que su difusividad es varios órdenes mayor que la del oxígeno. Por lo tanto, el proceso de nucleación y crecimiento de las burbujas queda determinado principalmente por el flujo de oxígeno hacia los límites de grano.

Estas porosidades son frecuentes en cobres que han sido fundidos en atmósferas reductoras que contienen hidrógeno. Normalmente se producen al reaccionar los gases atmosféricos con el grafito o coke incandescente presente en el horno.

Si el contenido de oxígeno en el líquido fuera mayor de 40 ppm, gran parte del hidrógeno disuelto habrá reaccionado durante la solidificación como vapor de agua y en consecuencia será eliminado hacia la fase gaseosa. Los óxidos que se forman en el líquido interdendrítico por el exceso de oxígeno facilitarían la nucleación de las burbujas de vapor de agua.

Parte de estas burbujas ascenderán hasta alcanzar la atmósfera del horno, mientras que las restantes quedaran atrapadas en el frente de solidificación y constituiran la porosidad esférica previamente descrita. Es importante señalar que el proceso de colada continua, después de algunos minutos de operación, se produce una cierta acumulación de hidrógeno en el líquido que ingresa a la zona de solidificación.

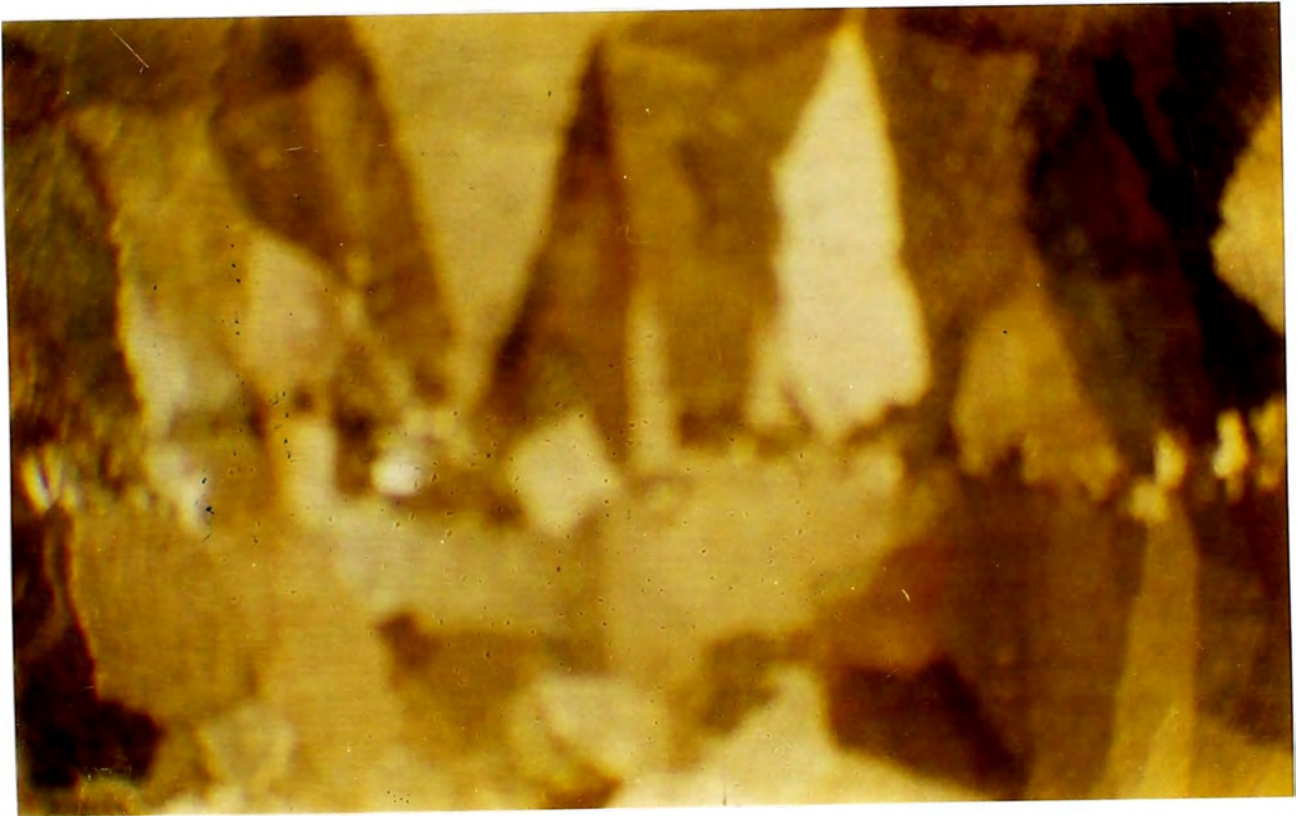
Este fenómeno se acentúa con la velocidad de colada, ya que el hidrógeno rechazado al frente de la interfase se acumula en la masa líquida y en la atmósfera del horno. Por lo tanto, en los productos de colada continua se encuentra un mayor contenido de hidrógeno en solución, que en los obtenidos por colada estática para iguales contenidos de humedad ambiental, por ello es mas probable encontrar porosidades intergranulares en productos de colada continua.

Grietas Intergranulares.-

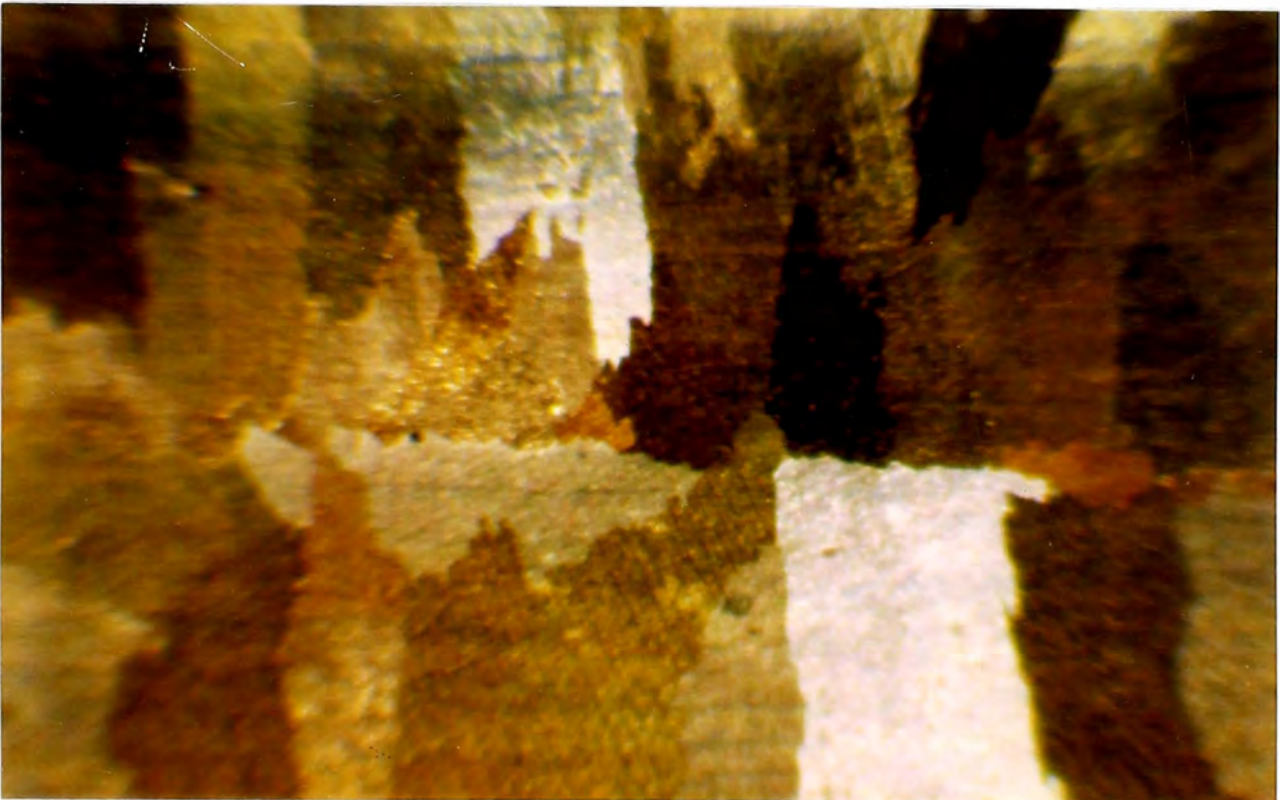
Las grietas o fisuras intergranulares, cuyas longitudes varían desde tamaños tan pequeños como el de un grano hasta varios centímetros de longitud, son defectos muy difíciles sino imposibles de eliminar por trefilación en frío. Al igual que el oxígeno, el azufre también segrega hacia las fronteras de grano.

Produciendo una fragilización creciente con el aumento del

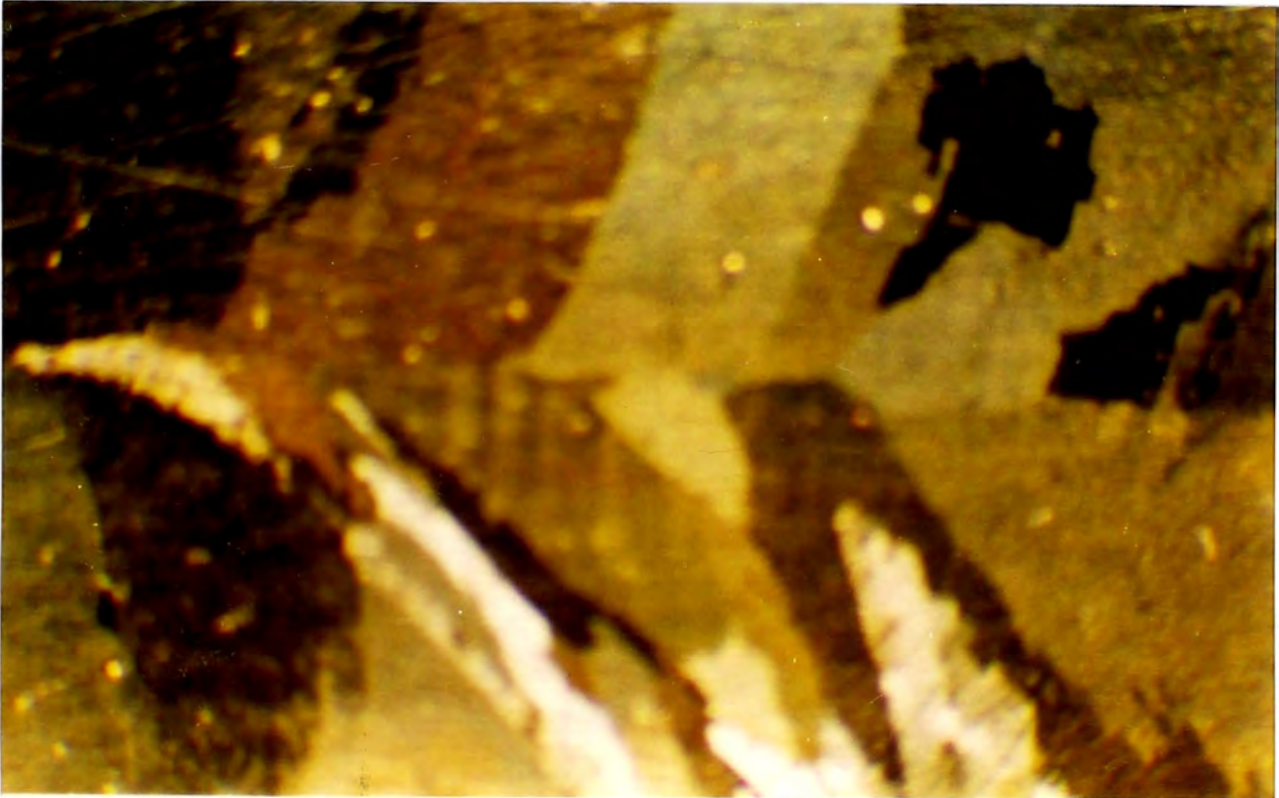
contenido de azufre, a partir de las 4 ppm. Cabe notar que en el Wirebar el hidrógeno es el elemento crucial en la formación de grietas. Sin embargo la presencia de grietas sin fuerzas externas aplicadas o tensiones por contracción térmica durante la solidificación se debe a la presencia simultánea de las impurezas siguientes: H, O y S.



Latón 70/30 (Vista de Planta). Se observa claramente la secuencia de extracción de la placa: Granos alargados en el momento de la extracción. Granos equiaxiales en el Frente de Solidificación. (Ataque: Solución alcohólica de Cloruro Férrico) 10X.



Latón 70/30 (Vista Frontal). Granos Columnares que han crecido en el sentido de la extracción de calor, se aprecia parte de la línea de solidificación. (Ataque: Solución Alcohólica de Cloruro Férrico) 10X.



Latón 70/30 (Vista Perfil). Se observa granos columnares inclinados siguiendo el sentido de la extracción de la placa. (Ataque: Solución Acohólica de Cloruro Férrico) 10X.



Latón 70/30 (Vista Perfil). Se observa granos columnares inclinados siguiendo el sentido de la extracción de la placa. (Ataque: Solución Alcohólica de Cloruro Férrico) 10X.

CONCLUSIONES.-

Las ventajas de la colada continua, como sistema de producción son evidentes, requiere poco personal, el tamaño de la planta es más pequeño, la producción es alta, la calidad del material es bueno, (comparado con los sistemas convencionales).

Aunque en Cobrelsa podríamos agregar:

Los beneficios económicos serían significativamente mayores cuando la producción es ininterrumpida por largos períodos de tiempo (semanas y aún meses).

Debe evitarse parar la colada muchos días o semanas, que es el caso que se ha presentado en los últimos años debido a problemas con el abastecimiento de material.

Es factible producir placas con un espesor mucho mayor, lo cual multiplicaría adicionalmente nuestra producción.

El sistema puede ser perfeccionado mucho más aún, aumentar el tiempo de vida de los grafitos, conocer el volumen de material fundido en cualquier instante, disminuir al máximo las fuentes de contaminación, etc.

Gran parte de la producción de Cobrelsa esta siendo destinada al mercado extranjero y nuestro material esta siendo aceptado, lo cual hace viable que se abran nuevos mercados internacionales.

Si Cobrelsa quiere competir con éxito en terminos de tiempo, producción y calidad, debe mejorar insumos,

equipos, herramientas y todo lo que signifique mayor eficiencia y rapidez en el trabajo, ya que los objetivos justifican estos gastos, a mi parecer esta debe ser la política a seguir por Cobrelsa en los próximos años.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **I Seminario de Fundición 1979 (UNI)**
- 2.- **Catálogos de Refractorios (REPSA)**
- 3.- **Metalurgia Especial Tomo II (Jean Herenguel)**
- 4.- **Colada Continua de No Ferrosos - Utilización de Soluciones Aproximadas Simplificadas para el Cálculo de Lingoteras (M. Prates, R. Morando, E. Biloni). Programa Multinacional de Metalurgia OEA. Buenos Aires - Argentina 1972.**
- 5.- **Colada Continua del Bronce. Partes 1,2,3 (C.J.Evans).**
- 6.- **Defectos en Cobres de Colada continua. Departamento de Ingeniería Mecánica y Metalurgia. Universidad Católica de Chile.**
- 7.- **Development of Channel- Type. Induction Furnaces (Ing. Mario Toma)**
- 8.- **Horizontal Continuous casting of copper and copper alloys (H. Steen and L. Backerud).**
- 9.- **Los Hornos de I.B. F. en la Fusión del Cobre y aleaciones de Cobre. Parte I y II (Dr. Javier Elustondo)**
- 10.- **Tubos Desoxidantes (Boletín Foseco)**

- 11.- **Cobre de Alta Conductividad y Aleaciones de Cobre**
(Boletín Foseco)
- 12.- **Interacciones entre la Matriz y la Cinta en el Moldeo**
continuo Horizontal del Bronce para Monedas.
(P.G.Hatherley)
- 13.- **Revista Fundición. Noviembre-Diciembre 1981.**
- 14.- **Prácticas Metalográficas (Kehl)**
- 15.- **Metalografía (Graves)**
- 16.- **Introducción a la Metalurgia Física (Avner)**
- 17.- **Datos obtenidos de la Planta de colada continua de**
Cobrelsa años 1989, 1990.