

16
2e1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ANALISIS DE DEFECTOS EN PIEZA DE
HIERRO GRIS.
(MAZAS PARA MOLINOS AZUCAREROS)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P R E S E N T A :

MIGUEL ANGEL JAIMES ORTIZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



MEXICO, D. F.

1991



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

INDICE.

PROLOGO.

METODOLOGIA.

OBJETIVO.

CAPITULO	I.- DEFECTOS DE LA PIEZA	8
	1.- Identificación de los Defectos.	
CAPITULO	II.- DISEÑO DE LA PIEZA.	20
	1.- Características de Diseño.	
	2.- Características Metalúrgicas de la Pieza.	
CAPITULO	III.- ANALISIS DEL PROCESO DE FUSION.	30
	1.- Materias Primas.	
	2.- Operación.	
	3.- Observaciones.	
CAPITULO	IV.- CONTROL DE ARENA.	66
	1.- Materias Primas.	
	2.- Propiedades Físicas y Mecánicas.	
	3.- Observaciones.	
CAPITULO	V.- COLADA Y ALIMENTACION.	79
	1.- Características del Sistema de Colada y Alimentación.	
	2.- Medidas Correctivas.	
	3.- Observaciones.	
CAPITULO	VI.- FACTOR HUMANO.	93
	1.- Comentarios.	
CAPITULO	VII.- CONCLUSIONES FINALES.	96

ANEXOS.

BIBLIOGRAFIA.

PROLOGO.

Uno de los factores que más preocupan al fundidor es disminuir lo más posible los elevados rechazos que existen en la producción de piezas coladas de hierro gris. Particularmente, estos factores se traducen en especificaciones fuera de control de calidad como los siguientes: análisis químico, dureza y la presencia de defectos; rechupes, sopladuras, penetración de arena e inclusiones de arena y escoria.

Estamos totalmente convencidos de que siempre se contará con este tipo de problema y que por lo tanto, necesitamos controlar los puntos más importantes que los pueden originar, los cuales podrían ser: la operación del horno de cubilote, las propiedades físicas y mecánicas de las arenas de moldeo empleadas en el proceso de fabricación de moldes y corazones, el diseño de los sistemas de colada y alimentación, el diseño metalúrgico de la pieza, así como el inevitable factor humano.

Ya que la inmensa mayoría de los fundidores manejan técnicas totalmente empíricas, se pretende en este estudio presentar la forma tecnológica adecuada para resolver y atacar los problemas en una planta de fundición y a su vez mejorar el proceso de fusión y colado.

La industria de la fundición en México, esta generalmente formada por empresas medianas y pequeñas que carecen de laboratorios metalúrgicos donde realizar las investigaciones necesarias que en un momento determinado pudieran aportar beneficios ventajosos.

Actualmente, un gran número de problemas en la calidad de esta pieza esta determinado por la cantidad de defectos que se encuentran en el producto final, lo que representa un alto índice de rechazos y aumenta en forma considerable el costo de manufactura y como consecuencia se altera fuertemente la economía de las empresas fundidoras.

METODOLOGIA.

En las observaciones efectuadas en los últimos años, se han detectado infinidad de defectos lo cual provoca deficiencias en la calidad del producto, no cumpliendo con los requerimientos del consumidor o cliente.

Se explicará en breve comentario y análisis el proceso de elaboración de estas piezas contemplándose desde el proceso de fusión preparación de arenas para la elaboración de las mezclas de moldes y corazones, el sistema de colada y alimentación y el factor humano y, entender su interacción con los defectos encontrados.

Se inicia analizando el proceso de fusión debido a que son parados desde un principio los materiales de carga, la reparación del horno al mismo tiempo que la selección del equipo de moldeo y la elaboración de las mezclas de arena. Con esto se pretende estudiar las condiciones en las cuales se deben seleccionar todos los materiales, indicando en su momento, las posibles fallas en las que estamos incurriendo iniciando por las materias primas para la fusión en el horno de cubilote, por ejemplo; el carbón coque, fundente, ferroaleaciones, etc., preparación del cálculo de cargas así como las consideraciones en la operación del horno, se establecen prácticas de control metalúrgico, las cuales deben ser aplicadas durante el proceso y la consecuente inoculación del hierro.

En el control de arena, se describen las características básicas que debe cumplir una arena de moldeo, considerando materias primas, propiedades físicas y mecánicas, llegando a la preparación de las mezclas en la manufactura de moldes y corazones, comentando los ensayos pertinentes para las muestras de arena en verde y para corazones.

El estudio del sistema de colada y alimentación se consideró - al último ya que, aunque el molde, corazón y estos accesorios son moldeados al mismo tiempo, son ensamblados antes de efectuar el colado de las piezas. En este capítulo, se comentará sobre las principales partes que componen al sistema, así como los factores operativos y de diseño que nos van a servir para contar con un buen sistema de llenado de los moldes. Bajo estos principios, se hicieron algunos ajustes dimensionales y de diseño en el sistema de colada y alimentación.

Se hace un breve comentario sobre la influencia del factor humano, el cual se considera de importancia extrema, ya que por medio de éste es como se diseña, dirige, supervisa y se manufactura el proceso y, en base a la atención, maniobrabilidad y eficiencia, se podrán obtener piezas de buena o mala calidad.

OBJETIVO.

El objetivo de este trabajo es el de encontrar las diversas causas o fuentes posibles por las cuales no se producen piezas de mayor calidad a las que se producen actualmente, en este caso: las denominadas Mazas para Molinos Azucareros, sugiriendo las medidas correctivas probables más adecuadas que nos garanticen un mínimo de defectos de fundición y desviaciones en el análisis químico de estas piezas.

Partiendo de la identificación de los defectos encontrados en las piezas (Tabla I, paginas 18 y 19), se describe una explicación de estos, mencionando las causas por las cuales aparecen estableciendo una relación con posibles prácticas inadecuadas de alguno de los elementos componentes del proceso.

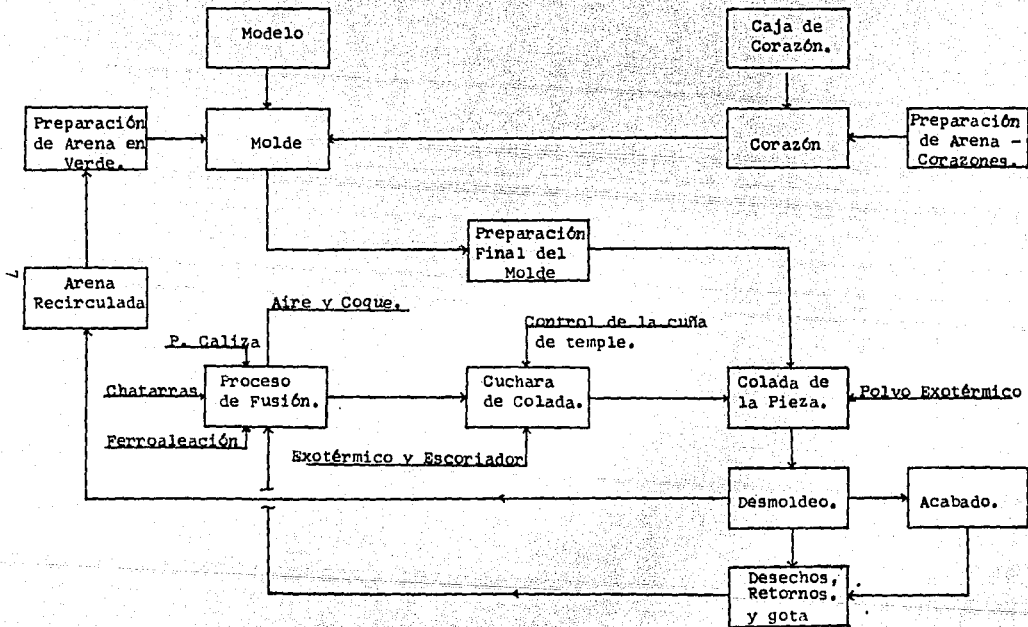
ANTECEDENTES HISTORICOS.

Para centralizar las principales características del requerimiento mecánico de dichas piezas, se hace un breve comentario sobre la evolución de las principales piezas usadas en los molinos azucareros.

Maquinaria y Equipo: La molienda más importante de la caña de azúcar era efectuada con rodillos o cilindros verticales de madera los cuales se impulsaban con tracción animal, por fuerza hidráulica o por molinos de viento. Se atribuye a Smeaton el haber aplicado por vez primera tres rodillos horizontales o "mazas" en la forma triangular que se usa actualmente y algunos conocedores de la materia, mantienen que fue Smeaton el que inventó el primer molino con propulsión a vapor, en Jamaica en 1794. Las desmenuzadoras provistas de rayado zig-zag (chevrón) se usaron por primera vez en el año de 1833.

Trenes de Molinos: Los molinos de la actualidad tienen tres rodillos dispuestos en forma triangular, estos rodillos se conocen respectivamente como "superior" el que va arriba de los otros dos, cañero sobre el cual pasa la caña al entrar en el molino y "bagacero" aquel sobre el que pasa el bagazo al salir del molino. Los dos rodillos inferiores están fijos en su sitio. El superior controlado por un ariete hidráulico (pistón), sube y baja, "flota" según las variaciones en la alimentación de la caña. Unas piezas macizas de fundición llamadas "virgenes" soportan a las mazas, la fuerza motriz se transmite al rodillo superior por medio de acoplamientos flexibles (coples) y las coronas (engranes) que van montadas en los extremos de los ejes (flechas) de los rodillos mueven las mazas, recibiendo los dos rodillos inferiores, movimiento de la corona del rodillo superior.

Fig. 1.- Diagrama de Bloques de la Fabricación de Mazas para Molinos Azucareros.



CAPITULO I.- DEFECTOS DE LA PIEZA.

La producción de piezas de alta calidad es de gran importancia económica, ya que la presencia de ciertos defectos, deterioran la economía de las empresas manufactureras.

Es esencial tener la habilidad de reconocer los diferentes tipos de defectos que pueden ocurrir en una pieza colada, y cuando esto suceda, determinar la causa de raíz que los provoca y tomar las medidas necesarias para eliminar la o las causas de los procesos de fabricación.

A continuación se detallará la identificación de los defectos observados en las mazas para molinos azucareros, haciendo notar las causas posibles de su origen y las formas de eliminarlos o de menos contrarrestarlos., Tabla I, pag 18 y 19.

1.- IDENTIFICACION DE DEFECTOS.

A.- Cavidades por contracción (Rechupes).

La mayoría de los metales muestran un significativo incremento de volumen en la fusión. Este cambio de volumen es manifestado como una contracción durante la transformación de líquido a sólido.

Si no se da una suficiente atención para asegurar que todas las partes de la pieza fundida estén abastecidas con metal líquido a lo largo de todo el proceso de fabricación, áreas de líquido pueden quedar aisladas, entonces aparece la contracción como una cavidad de forma irregular.

Estas cavidades, frecuentemente están dispersadas en una gran extensión y localizadas debajo de la superficie y, por lo tanto, difíciles de detectar. Si la contracción ocurre cerca de la super-

cie, las cavidades pueden ser detectadas debido a la presencia de pequeñas depresiones en la superficie de la pieza fundida.

La principal causa es el descuido en obtener una solidificación direccional hacia los centros caloríficos deseados, como los alimentadores. Si la localización de estos puntos de alimentación es deficiente, la contracción o rechupe es mucho más probable. El uso de altas temperaturas de vaciado es también una desventaja.

Con frecuencia los métodos patentados que implican un calentamiento exotérmico más un enfriamiento en la cavidad del molde, pueden usarse para propiciar una solidificación direccional. Cuando estos son usados junto con localizaciones adecuadas de insertos refractarios y enfriadores para transferir calor y enfriamiento al molde de manera controlada, los defectos por contracción pueden ser ampliamente superados.

B.- Sopladuras.

Son cavidades esféricas, elongadas o aplanadas y están relacionadas con presiones gaseosas localizadas (incluyendo aire atrapado) que excede a la presión del metal, en cualquier localidad durante la solidificación del metal.

Uno de los grandes problemas con los corazones, es la facilidad con que este tipo de defecto puede confundirse con sopladuras del molde. Ya que el gas viaja en forma ascendente en el molde, es muy posible que una burbuja de gas que se forma en un corazón viaje hasta la superficie del molde.

Las burbujas, cabezas de alfiler, cicatrices y otros tipos de porosidad son variaciones de cavidades gaseosas o sopladuras. En la investigación de problemas debidos a defectos gaseosos, existen ciertas fuentes posibles, entre las cuales se pueden considerar -

las arenas de moldeo, arenas para corazones y el metal mismo.

El volumen de gas no puede cambiarse, pero puede canalizarse - hacia afuera del molde, proveyendo un fácil escape o suministrando una presión mayor en el metal forzando al gas a salir a través de los conductos apropiados (vientos, avisos, etc).

C.- Penetración de Arena (Costra).

Es un defecto que aparece como una superficie rugosa en una pieza colada debido a la penetración de metal dentro de los huecos de la arena formando una mezcla metal-arena. La penetración es un defecto superficial de una pieza colada, el cual aparece como si metal fundido llenara los huecos entre los granos de la arena sin desplazarlos. Aunque el mecanismo exacto de la penetración no se ha podido determinar con exactitud ya que es el resultado de un enjambre de variables, puede relacionarse a condiciones de humedad dentro del molde, penetración de óxidos metálicos; esta penetración puede existir en combinación con juntas frías si las condiciones de oxidación durante el colado y solidificación tienen tendencia a formar óxidos metálicos y a la penetración. Es importante reconocer que los metales a temperaturas elevadas tienen una moderada velocidad de oxidación cuando están expuestos a una atmósfera oxidante (incluyendo aire). La mayoría de los factores o variables implicados en el sistema se relacionan con la humedad, temperatura velocidad de oxidación del metal y el grado de contacto entre el metal y la arena.

D.- Inclusiones.

Las inclusiones son partículas superficiales o subsuperficiales de arena, escoria u óxidos encajados en el metal. Estos pueden originarse debido a las prácticas inadecuadas del moldeo, preparación de los corazones, cucharas, etc.

CLASIFICACION DE DEFECTOS Y CAUSAS COMUNES.

DEFECTOS CAUSADOS POR ARENA.

- A.- Sopladuras.
- B.- Inclusiones.
- C.- Penetración de Arena.

A.- Sopladuras.

I.- Moldes.

- 1.- Inadecuada permeabilidad por materias volátiles implicadas
- 2.- Alto contenido de humedad.
- 3.- Materiales extraños en la mezcla de arena; coque, ceniza, escoria, etc.
- 4.- Bolas de arcilla.
- 5.- Arena mezclada pobremente.
- 6.- Partículas extrañas de materiales que producen gas.
- 7.- Pinturas que contienen excesivo material que produce gas.

II.- Corazones.

- 1.- Corazones no curados o cocidos
- 2.- Excesivo aglutinante.
- 3.- Permeabilidad inadecuada.
- 4.- Venteos inadecuados.
- 5.- Excesiva humedad.
- 6.- Pintura demasiado gruesa, rota o no secada.
- 7.- Excesivos materiales que producen gas, en la arena o en la pintura.
- 8.- Corazones que absorben humedad en el molde o se almacenaje
- 9.- Materiales extraños; hojas, raíces, coque, etc.
- 10.- Excesivo contenido de nitrógeno en la resina.
- 11.- Arena mezclada pobremente.
- 12.- Formulación inadecuada del aglutinante.

B.- Inclusiones.

I.- Moldes.

- 1.- Arenas con bajas propiedades físicas tales como: resistencia a la compresión en verde, en seco y en caliente.
- 2.- Reacción entre el molde y el metal.
- 3.- Materiales de bajo punto de fusión.
- 4.- Revestimientos demasiado gruesos, no secados o inadecuados
- 5.- Baja refractariedad de la arena.

II.- Corazones.

- 1.- Corazones aglutinados o curados incorrectamente.
- 2.- Reacción excesiva entre el gas del corazón y el metal.
- 3.- Pintura demasiado gruesa, no secada o inconveniente para este propósito.
- 4.- Colapsos prematuros de la arena de los corazones en el molde o sistema de colada.

C.- Penetración de Arena.

I.- Moldes.

- 1.- Tamaño de grano de la arena demasiado grande con distribución no adecuada.
- 2.- Densidad no uniforme (apisonado suave y duro) en el mismo molde.
- 3.- Baja fluidez y baja refractariedad.
- 4.- Excesiva humedad causando baja moldeabilidad y excesiva deformación en verde.
- 5.- Insuficientes combustibles en la arena.

II.- Corazones.

- 1.- Tamaño de los granos de la arena demasiado grandes.
- 2.- Baja refractariedad de la arena.
- 3.- Recubrimiento insuficiente.
- 4.- Uso de materiales de recubrimiento inadecuado.

5.- Corazones de baja resistencia en caliente.

DEFECTOS CAUSADOS POR EQUIPO DE MOLDEO.

A.- Sopladuras.

B.- Inclusiones.

C.- Penetración de Arena.

A.- Sopladuras.

I.- Operaciones de Moldeo.

1.- Combinación de materiales calientes y fríos.

2.- Venteos inadecuados en moldes de arena secos o en verde.

3.- Moldes insuficientemente secos.

4.- Pintura demasiado gruesa.

5.- Excesivos remiendos de la arena en verde.

6.- Tinas y sistemas de colada húmedas.

7.- Revestimientos de arena demasiado húmedos o no secos.

8.- Excesivo polvo de separación.

9.- Falta de venteos en los corazones.

10.- Venteos demasiado cercanos a la superficie causando suden.

11.- Orificios insuficientes en las cajas de moldeo.

B.- Inclusiones.

I.- Cajas de Moldeo.

1.- Cajas sucias o torcidas.

2.- Asentamiento incorrecto de corazones o inspección inadecuada de las guías.

3.- Cualquier factor en el registro molde superior contra el molde inferior, lo cual crea un efecto de fricción durante el cierre del molde o el asentamiento del corazón.

II.- Operaciones de Moldeo.

1.- Cualquier factor de moldeo que contribuya a desalojar o desmenuar arena en la cavidad del molde.

- 2.- Uso excesivo de polvo de separación.
- 3.- Arena desprendida en molde y corazón.
- 4.- Arena desprendida de moldes que se hayan dejado mucho tiempo sin cerrar.

C.- Penetración de Arena.

I.- Equipo de Moldeo.

- 1.- Cajas de moldeo demasiado pequeñas para el moldeo dificultando el apisonado de la arena.
- 2.- Ausencia de venteos en las cajas de moldeo.

DEFECTOS CAUSADOS POR EL DISEÑO DEL MOLDE Y DE LA PIEZA.

A.- Sopladuras.

B.- Inclusiones.

C.- Penetración de Arena.

A.- Sopladuras.

- 1.- Insuficientes orificios de salida provistos provistos para venteos.
- 2.- Diseño que impide una presión adecuada del metal.
- 3.- Venteos insuficientes en la línea de partición.

B.- Inclusiones.

- 1.- Todos aquellos factores de diseño que contribuyen a la formación de costras, rajaduras, erosión; lo que incrementa la tendencia a la formación de estas inclusiones.
- 2.- Pintura inadecuada (algunos recubrimientos provocan que la arena se hinche).
- 3.- Insuficiente resistencia.
- 4.- Modelo o sistema de colada montados flojamente.
- 5.- Areas gastadas en las cajas de moldeo, lo cual crea una compresión de la arena.

C.- Penetración de Arena.

- 1.- Diseños que promueven un apisonado irregular produciendo zonas duras y zonas suaves.
- 2.- Diseños en los que un corazón delgado esta rodeado de una sección gruesa de metal.

DEFECTOS ORIGINADOS POR PROCESO DE FUSION.

A.- Sopladuras.

B.- Inclusiones.

C.- Penetración de Arena.

D.- Rechupes.

A.- Sopladuras.

- 1.- Gas disuelto en el metal fundido.
- 2.- Impurezas metálicas (elementos no deseables) como lo son:-
Al, Sb, Pb y Bi.
- 3.- Chatarra grasosa con moho.
- 4.- Chatarra esmaltada que contenga boro.
- 5.- Hierro oxidado.

B.- Inclusiones.

- 1.- En el hierro grafitico, el azufre en alto contenido cambia a sulfuro en la escoria, lo cual podrá separarse durante el enfriamiento.
- 2.- Adición de inoculante, desoxidante o aleaciones sin disolver totalmente.
- 3.- Escoria acuosa.
- 4.- Escoria resultante por la adición de fundentes o aleaciones inadecuadas.
- 5.- Temperatura de fusión demasiado baja, lo cual da como resultado que no se pueda separar la arena o la escoria.
- 6.- Insuficiente limpieza de escoria durante la fusión para mantener limpio el metal líquido.
- 7.- Reacción entre el refractario y el metal, lo que puede

facilmente soltar impurezas dentro del metal.

8.- Excesivo fundente, desoxidante.

C.- Penetración de Arena.

- 1.- Incremento en la oxidación del metal.
- 2.- Uso excesivo de desoxidantes promoviendo alta fluidez.
- 3.- Fusión muy caliente incrementando la tendencia a la oxidación.
- 4.- Alta temperatura de colado.

D.- Rechupes.

- 1.- Análisis Químico fuera de especificación:
 - a) Contenido de carbono demasiado alto o bajo.
 - b) Contenido de silicio demasiado alto o bajo.
- 2.- Alta temperatura de colado.

DEFECTOS ORIGINADOS POR COLADA Y ALIMENTACION.

A.- Inclusiones.

B.- Penetración de Arena.

C.- Rechupes.

A.- Inclusiones.

- 1.- Flujo turbulento propiciado por un sistema de colada no adecuado.
- 2.- Sistemas de Colada que crean un vaciado lento, lo cual puede causar encostramiento, particularmente en la superficie
- 3.- Coladas que promueven alta velocidad de flujo metálico.
- 4.- Angulos agudos en el Sistema de Colada.
- 5.- Escoria en el chorro de metal debido a un borde húmedo de la cuchara que puede promover o interferir la adecuada separación de la escoria.
- 6.- Una limpieza inadecuada de la cuchara puede provocar escoria excesiva acarreándola dentro del molde.
- 7.- Cucharas sucias.

8.- El revestimiento de las cucharas deberá ser el adecuado - para evitar pérdidas mecánicas o químicas.

B.- Penetración de Arena.

- 1.- Cualquier cosa que cause presión excesiva durante el colado del metal como lo es la altura excesiva en el colado de la pieza.
- 2.- Vaciado lento, lo cual provoca que el tiempo de contacto - se alargue entre el molde de arena y el metal líquido.
- 3.- Temperatura de colado excesivamente alta.

C.- Rechupes.

- 1.- Altura o tamaño inadecuado del alimentador.
- 2.- Mala ubicación del alimentador.
- 3.- Tiempos de solidificación rápidos del alimentador.
- 4.- Puntos calientes o ángulos internos.
- 5.- Temperatura de colada excesivamente alta.

Tabla I.- Estadística de defectos en relación al tiempo y temperatura de colado de las mazas.

Pieza	PESO NETO	COLADO		RECARGUE		DEFECTOS				
	(Kg)	Temp°C	Tiempo	Temp°C	Tiempo	Penetración	Arena	Rechuzos	Sopladuras	Inclusiones
284064	6338	1280	3'20"	----	----	xx				
284065	6638	1250	3'35"	----	----	xx				
284066	6338	1245	3'30"	----	----					
284069	6338	1270	2'50"	----	----	xx				
284070	6638	1230	3'25"	----	----			xx		
284071	6984	1290	3'40"	----	----			xx		
284072	6338	1260	2'30"	----	----	xx				
284073	6338	1245	2'45"	----	----					
284074	6388	1265	2'55"	----	----			xx		
284075	6338	1266	2'55"	----	----	xx		xx		
284076	6338	1325	2'05"	----	----	xx		xx		
284077	6338	1270	2'10"	----	----					
284078	6338	1285	2'35"	----	----			xx		
284079	6338	1245	3'	----	----					
284080	6338	1255	3'05"	----	----					
284081	6338	1295	2'05"	----	----	xx		xx		xx
284082	6338			----	----					
284083	6338			----	----					
284087	10168	1245	3'45"	1260	2'55"					
284088	10168	1260	4'30"	1265	2'	xx				
284089	10168	1260	4'15"	1325	2'15"	xx				
284090	10168	1280	4'20"	----	----			xx		xx
284091	5903	1255	2'50"	----	----					
284092	5888	1250	2'50"	----	----					
284093	5888	1240	2'45"	----	----					
284094	6984	1290	3'40"	----	----			xx		
284095	6984	1235	3'10"	----	----					
284096	6984	1245	3'30"	----	----					
284100	7905	1250	3'05"	----	----				xx	
284102	7905	1270	3'20"	----	----	xx				xx

continúa...

284106	7905	1260	2'15"	----	----	XX		
284107	8200	1270	3'40"	----	----	XX		
284108	8200	1270	2'40"	----	----	XX	XX	
284109	11514					XX		
284110	11514	1270	6'10"	1380	1'15"	XX		
284111	11514	1260				XX		
284112	11514	1250	4'	1310	2'15"			
284113	8070	1275	2'45"	----	----	XX		
284114	8070	1255	4'	1310	2'15"	XX		
284115	8070	1280	3'	----	----	XX	XX	XX
284116	8070	1255	4'10"	----	----			
284117	8070	1320	3'40"	----	----	XX		
284118	8070	1250	3'20"	----	----			
284119	8070	1265	3'15"	----	----			
284120	8070	1250	2'45"	1305	1'25"			
284121	722'	1260	2'55"	----	----	XX		
284122	722'	1280	4'10"	----	----	XX		
284123	722'	1280	2'45"	----	----			
284124	10098	1250	2'45"	1285	1'50"			
284125	10098	1250	3'25"	1275	1'45"			
284126	10415	1235	3'10"	1290	1'			
284127	10098	1250	3'25"	----	----			
284128	10098	1250	6'	----	----			
284129	10415	1260	3'20"	----	----			
284130	10098	1275	----	----	----	XX		XX
284131	10415	1265	2'50"	1320	1'			
284132	10098	1230	3'10"	1270	1'40"			
284132	10098	1265	3'20"	----	----			
284133	10415	1255	2'50"	1310	2'45"			
284134	10098	1255	2'55"	1280	2'50"			
284135	10415	1255	3'	1285	3'			
284136	10098	1260	3'10"	1305	1'55"	XX		

CAPITULO II.- DISEÑO DE LA PIEZA.

El diseño funcional de cualquier pieza esta directamente relacionada con factores de utilización o servicio al cual va a estar destinada.

- a) La seguridad es un factor funcional e incluye la seguridad en las operaciones de instalación, manejo, mantenimiento, etc.
- b) Funcionamiento dentro de los requerimientos operacionales, estos deberán de proveerse para el diseño funcional.
- c) Las cualidades de durabilidad son conceptos básicos de funcionalidad.

1.- El tiempo de duración de una pieza depende del tipo de material seleccionado.

2.- Tambien depende de la resistencia y de otras propiedades mecánicas del material seleccionado para su aplicación.

El diseño de proceso esta directamente relacionado al costo de manufactura, metodología del proceso y apariencia del producto terminado.

- a) Las decisiones de costo deben relacionarse a la selección de un proceso de manufactura.
- b) Estas decisiones deben, por otro lado, relacionarse a la selección dada del proceso, para seleccionar el método más eficiente
- c) El diseño deberá estar de acuerdo con los requerimientos de la producción y de la metodología del proceso; esta implica esfuerzos para el diseño, para su simplificación en las prácticas y procedimientos.

Este diseño debe incluir características especiales impuestas por el proceso con respecto a su apariencia.

- a) Las variaciones de un proceso afectan la apariencia por razones del acabado superficial o de aplicación adecuada de detalles.

Características fundamentales de las piezas coladas que influyen en el diseño.

1.- El diseño de la pieza esta basado en la suposición que las secciones estan uniformes y homogéneas.

a) La ausencia de solidez de una pieza colada o una sección de la misma o bien la ausencia de homogeneidad son razones para obtener o tener propiedades diferentes a las de diseño.

b) Los resultados de solidez y homogeneidad pueden obtenerse a través del uso de técnicas adecuadas de colado y alimentación, enfriamiento, etc.

2.- Las aleaciones y los metales solidifican mediante un proceso de cristalización.

a) Las piezas coladas solidifican interna y externamente hacia áreas de gran masa, llamandole a esto: solidificación direccional.

b) Las áreas gruesas son las últimas en solidificar, alimentan a las zonas de mayor enfriamiento y el alimentador se utiliza para "alimentar" estas áreas gruesas.

c) El diseño de colada de las piezas de fundición debe ser planeado intencionalmente para favorecer la solidificación direccional.

3.- La contracción volumétrica del metal y sus aleaciones toma lugar cuando estas son enfriadas desde la fase líquida y cristalizan dentro de la pieza sólida.

a) La contracción toma lugar durante el enfriamiento de la fase líquida (contracción líquida), durante el cambio de fase líquido-sólido (contracción por solidificación) y durante el enfriamiento final a la temperatura ambiente (contracción sólida).

b) La contracción sólida con frecuencia esta compensada por el diseño del modelo, pero la contracción por solidificación junto con los rasgos direccionales de ésta, promueven cavidades por contracción y otros defectos en las piezas coladas

c) Los esfuerzos durante el enfriamiento se establecen por las fuerzas de contracción obstruidas por la pieza y/o molde, - las cuales deben prevenir una libre contracción del metal - solidificado.

2.- CARACTERISTICAS METALURGICAS DE LAS MAZAS.

Los diseñadores de molinos han dedicado mucho estudio a la calidad del hierro que se usan en los rodillos.

Las mezclas especiales que para este fin se han seleccionado, proporcionan un hierro duro y de superficie áspera que no se pule con el uso, así el rodillo conserva el poder de agarrar el bagazo y, evitar que el molino se atore con la caña, observar la Fig. 2.

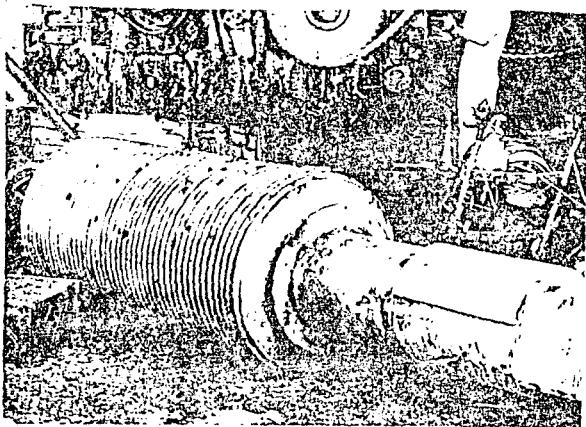
Estas piezas estan diseñadas para la molienda de la caña de azúcar en los ingenios azucareros y se fabrican en hierro grafilaminar perlítico de alta resistencia mediante el proceso de moldeo de arena en verde y fusión en el horno de cubilote. Esta fundición perlítica esta constituida por una serie de hojuelas de grafito laminar en una matriz de perlita.

La fundición grafilaminar perlítica es empleada en este tipo de manufactura debido a que reúne un conjunto de características mecánicas excelentes, que además son requeridas para este tipo de pieza.

Su resistencia a la tracción especificada normalmente varía de 20 a 35 Kg/mm² (según sea el tamaño, cantidad y distribución de las hojuelas de grafito), tiene gran tenacidad y resistencia al desgaste.

El porcentaje de carbono en la perlita es función del contenido de silicio en el hierro. En la fundición grafilaminar perlítica se ha observado que cuanto menor sea el porcentaje de carbono total que contiene, mayor es su resistencia.

Fig. 2.- Acercamiento de una Maza para Molinos Azucareros.



Para obtener una fundición de alta resistencia, es necesario:

- a) Obtener una matriz perlítica (mínimo 85% de perlita).
- b) Que las hojuelas de grafito estén bien distribuidas y sean de tamaño 4.
- c) Que estas hojuelas sean tipo "A".

Para conseguir todo esto, conviene que el contenido de carbono dentro de ciertos límites, sea lo más bajo posible, aproximadamente 3%. Sin embargo, conseguir todo esto en el horno de cubilote, fundiciones perlíticas con un bajo contenido de carbono, es extremadamente difícil; esto debido, por una parte a la alta temperatura de fusión de estos materiales y a que la colada de estas partes se hace con dificultad, y a la elevada recarburación en el horno de cubilote.

Por otro lado, el requerimiento de obtener grafito tipo "A", obedece a que este tipo es en general con el que se suele obtener las mejores características mecánicas.

El grafito tipo "A", que suele ser el más adecuado, aparece en el centro de la pieza, fabricado con hierros grafilaminares ordinarios de composición próxima a la eutéctica. En la Fig. 3, se puede observar la metalografía típica obtenida.

Los requerimientos para las mazas se presentan en la tabla II, donde este tipo de grafito es el que más conviene para la fabricación de mazas y es el que se obtiene en hornos de cubilote trabajando sin precauciones especiales.

Tabla II.- ESPECIFICACIONES.

Propiedades Mecánicas.

	Norma ASTM-A-48 (Clase 30-B)	Norma SAE J-431-b (G-30000)	Requeridas.
Resistencia	30000 psi.	30000 psi. mínimo	25000-30000
Dureza	no	no	180-210 BHN

Análisis Químico.

	Normas ASTM A-48 y SAE J-431-b	Requerido.
% Carbono	3.3 - 3.5	2.5 - 3.1
% Silicio	2.2 - 2.4	1.4 - 1.8
% Manganeso	0.6 - 0.8	1.0 - 1.5
% Fósforo	0.30 Máximo.	0.50 Máximo
% Azufre	0.12 Máximo.	0.06 Máximo

Se deja a criterio de la fundición, modificar el análisis químico, ya sea variando los límites o agregando aleaciones para obtener las especificaciones de la resistencia mecánica. Las características de análisis químico de estos materiales no se consideran como obligatorios, pero pueden negociarse bajo la base de un requisito extra.

Análisis Metalográfico.

Grafito tipo	"A"
Grafito tamaño	4
Mátriz	Perlítica: 85% Perlita mínimo. 5% Esteadita máximo. 10% Ferrita máximo. 8% Cementita (Fe_3C) máximo.
Inclusiones de MnS	: no determinado.

RESULTADOS OBTENIDOS.

Propiedades Mecánicas.

Resistencia a la Tensión (psi). no especificada.
Dureza Brinell 164 - 215

Análisis Químico.

% Carbono	3.08 - 3.44
% Silicio	1.30 - 1.80
% Manganeso	1.10 - 1.60
% Fósforo	0.15 Máximo.
% Azufre	0.28 Máximo.
% Cromo	no analizado.

Análisis Metalográfico.

Grafito: Tipo "A" grueso y ramificado.
Tamaño 4.

Mátriz: Perlita, 88% gruesa; Cementita + Esteadita, 10%; Ferrita 2%



Fig. 3.- Estructura típica de las Mazas para Molinos Azucareros.

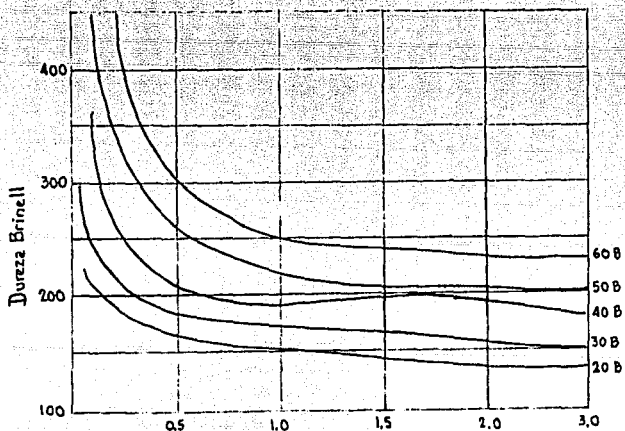
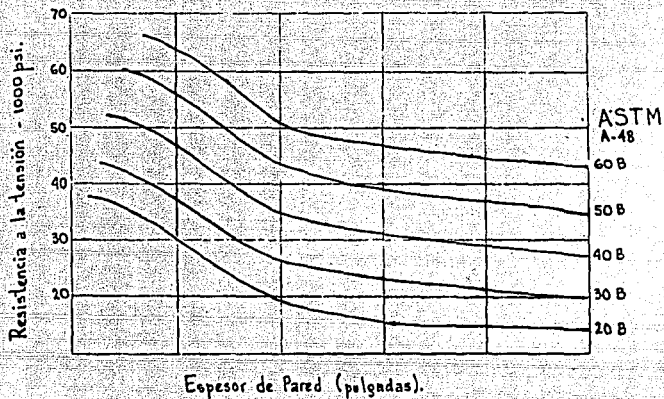


Fig. 4.- Influencia del espesor de la pieza colada sobre la resistencia a la tension y la dureza para una serie clasificada de hierro-gris por su resistencia; ensayo efectuado sobre barras de ensayo "B" con un diámetro de 1.2 pulgadas.

CAPITULO III.- ANALISIS DEL PROCESO DE FUSION.

El proceso de fusión con el cual se lleva a cabo la fabricación de Mazas para Molinos Azucareros es el Horno de Cubilote, el cual opera fundamentalmente, debido al flujo a contracorriente de los gases calientes que se desplazan hacia arriba y de la carga que desciende. La carga está formada por capas sobrepuestas de coque, chatarras y piedra caliza. A la carga normal se le suelen adicionar ciertos materiales como lo son las ferroaleaciones, normalmente ferrosilicio y ferromanganeso, cuando se estime necesario en función del análisis de los elementos que componen la carga, de las pérdidas o ganancias previstas y del análisis final que se desea obtener.

1.- MATERIAS PRIMAS.

Las materias primas utilizadas son:

- a) Carbón Coque.
- b) Chatarra de Hierro Gris (Retornos de Mazas, Monoblock, etc.).
- c) Chatarra de Acero al Carbono.
- d) Ferroaleaciones: FeSi (45% y 75%) y FeMn (74%).
- e) Fundente: Piedra Caliza.
- f) Inoculante: FeSi 75%.

De acuerdo a los materiales que se tengan disponibles para el proceso de fusión, se tienen tres alternativas para las cargas típicas elaboradas y que enseguida se enlistan: La carga normal queda establecida para 1000 Kg. de material metálico.

		Peso	%
Alternativa # 1	Chatarra de Mazas	700 Kg.	68.35
	Chatarra de Acero al C.	300 Kg.	29.29
	Ferrosilicio 45%	12 Kg.	1.18
	Ferromanganeso	12 Kg.	1.18

		Peso	%
Alternativa # 2.-	Chatarra de Mazas	600 Kg.	58.59
	Chatarra de Monoblock	100 Kg.	9.76
	Chatarra de Acero al C.	300 Kg.	29.29
	Ferrosilicio 45%	12 Kg.	1.18
	Ferromanganeso	12 Kg.	1.18
Alternativa # 3.-	Chatarra de Monoblock	700 Kg.	68.35
	Chatarra de Acero al C.	300 Kg.	29.29
	Ferrosilicio 45%	12 Kg.	1.18
	Ferromanganeso	12 Kg.	1.18

Cada carga suministrada al horno queda complementada con 120 - Kg. de carbón coque y 50 Kg. de piedra caliza, con una relación de Fe/coque de aprox. 8.3/1.

TABLA DE COMPOSICION QUIMICA DE LA CARGA METALICA.

	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Al	% Cr
Chatarra de Mazas	3.20	1.30	1.10	0.110	0.100	---	---
Chatarra de Monoblock	3.63	2.23	0.77		0.124		0.3
Chatarra de Acero	0.18	0.05	0.65	0.030	0.030	---	---
FeSi 45 %	0.10	47.50	0.60	0.050	-----	1.0	---
FeSi 75 %	0.10	74.75	0.40	0.035	0.025	1.5	---
FeMn estandar	6.90	0.70	72.50	0.200	0.020	---	---

Esta tabla, cuyos valores de análisis es la media aritmética - sirve para determinar el cálculo de cargas.

CALCULO DE CARGAS.

En base a las especificaciones y al análisis de las chatarras-utilizadas se calculan las cargas, tomando como base 1000 Kg de - carga metálica, considerando las siguientes pérdidas: 15% para el silicio y 30% para el manganeso.

Alternativa # 1

%	Material	% de elementos aportados a la carga				
		C	Si	Mn	P	S
68.35	Chatarra de Mazas	2.187	0.888	0.752	0.075	0.068
29.29	Chatarra de Acero	0.052	0.102	0.190	0.009	0.009
1.18	FeSi 45%	0.001	0.560	0.007		
1.18	FeMn std.	0.081	0.008	0.856		
		2.321	1.558	1.805	0.084	0.077
	- Pérdidas		1.324	1.263		

Alternativa # 2

58.59	Chatarra de Mazas	1.874	0.762	0.645	0.064	0.059
29.29	Chatarra de Acero	0.053	0.103	0.212	0.009	0.009
9.76	Chatarra de Monoblock	0.354	0.218	0.075	0.010	0.012
1.18	FeSi 45%	0.001	0.560	0.007		
1.18	FeMn std.	0.081	0.008	0.856		
		2.363	1.651	1.795	0.083	0.080
	- Pérdidas		1.403	1.256		

Alternativa # 3

68.35	Chatarra de Monoblock	2.481	1.524	0.526	0.068	0.085
29.29	Chatarra de Acero	0.053	0.102	0.190	0.009	0.009
1.18	FeSi 45%	0.001	0.560	0.007	0.001	
1.18	FeMn std.	0.081	0.008	0.856		
		2.616	2.294	1.579	0.078	0.094
	- Perdidas		1.950	1.105		

Nota: En la alternativa # 3, se debe eliminar la adición de FeSi y aumentar la cantidad de la chatarra de acero a 30.47%, quedando entonces de la siguiente forma:

%	Material	% de elementos aportados a la carga				
		C	Si	Mn	P	S
68.35	Chatarra de Monoblock	2.481	1.524	0.526		0.085
30.47	Chatarra de Acero	0.055	0.107	0.198	0.009	0.009
1.18	FeMn std.	0.081	0.008	0.856		
		2.617	1.639	1.580		0.094
	- Pérdidas		1.393	1.106		

Adición de Ferroaleaciones.

$$\text{Silicio} = \frac{\% \text{Si requerido} - (\% \text{Si cargado} - \% \text{Si perdido})}{\% \text{Si (FeSi)} \times \% \text{Si perdido o eficiencia (FeSi)}}$$

$$\text{Manganeso} = \frac{\% \text{Mn requerido} - (\% \text{Mn cargado} - \% \text{Mn perdido})}{\% \text{Mn (FeMn)} \times \% \text{Mn perdido o eficiencia (FeMn)}}$$

El control de cargas (Tabla III), nos sirve para tener un control más estricto sobre los materiales destinados a cargar el horno de cubilote y hacer los ajustes mas convenientes en el momento que la fundición así lo requiera.

TABLA III.- CONTROL DE CARGAS.

Moledor	C h a t a r r a			Ferroaleaciones		Carbón Coque		Fundente	Observaciones Generales
	Monoblock	Maquinaria	Acero al C.	FeSi	FeMn	Imp.	Nal.	P.Caliza	
									1
									2
									3
									4
									5
									6
									7
									8
									9
									10
									11
									12
									13
									14
									15
									16
									17
									18
									19
									20
									21
									22
									23
									24
									25
									26
									27
									28
									29
									30
									31

CARBON COQUE.

La calidad del carbón coque comunmente usado en la fusión en hornos de cubilote debe ser tal que satisfaga los resultados en relación a la composición, temperatura y velocidad de fusión de la carga metálica. Las cualidades del coque deben mantenerse constantes dentro de límites aceptables en los diferentes suministros para asegurar su uniformidad.

El concepto de calidad óptima es un concepto relativo, pues de acuerdo a sus posibilidades y necesidades varía según el producto que se quiera obtener (en este caso, hierro grafilaminar) y de la técnica empleada (particularmente, viento frío).

La calidad del coque se determina por las siguientes propiedades, de las cuales se hará una breve explicación:

1.- Materias Volátiles: Un buen coque debe tener un reducido porcentaje de éstas, del orden de 0.9 a 1.25%, puesto que un elevado contenido, significa que el carbón no ha sido suficientemente coquizado. El coque en estas condiciones, durante su descenso en el horno, al adquirir temperaturas de 700 a 900°C, completa su coquificación y destila los materiales volátiles combustibles que aun contiene. Estos materiales no son aprovechables, salvo que se les recupere, porque pasan a los humos como calorías latentes dando origen a una pérdida por disminución de calorías sensibles que debían aportarse a la zona de fusión: parte de las calorías perdidas corresponden al combustible aprovechado y, parte al calor absorbido por los gases producidos, provocando una disminución en la temperatura del metal líquido.

2.- Compuestos del azufre: El azufre que se encuentra en el coque es bastante dañino puesto que al pasar por el metal, contamina

disminuyendo en esta forma sus propiedades mecánicas y como consecuencia, provoca defectos. El azufre en el coque está -- presente por lo menos en tres formas diferentes: como sulfato alcalino (CaSO_4), como sulfuro (FeS) y como azufre orgánico (compuesto de azufre hidrocarbonado).

Durante la combustión, el sulfato alcalino pasa a la escoria, el FeS pasa a formar parte del metal líquido, mientras que el azufre orgánico pasa a los gases de combustión, determinando en esta forma, dos maneras de sulfuración: Sulfuración por difusión (contacto de metal con el coque) y Sulfuración gaseosa (contacto de los gases de combustión con el coque). El metal líquido obtenido en el horno de cubilote, siempre aumenta en contenido de azufre con el que proviene del coque, por lo que podemos determinar, que la cantidad total de azufre que contiene la carga metálica, porcentaje de azufre y su estado de combinación con el coque y de la temperatura del metal fundido y de la escoria, en unión del poder de desulfuración de ésta última.

Para disminuir o eliminar parte del contenido de azufre en el metal líquido es necesario:

- Disminuir el porcentaje de carbón coque.
- Aumentar la temperatura del metal líquido.
- Aumentar la temperatura de la escoria.
- Emplear agentes desulfurantes; Carbonato de Sodio (Na_2CO_3).

Para neutralizar en parte la acción del azufre es recomendable añadir Manganeso a la fundición de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{Mn} = \% \text{S} \times 1.7 + 0.2\% \quad (\text{Ref: Revista \# 1})$$

Para cubilotes con revestimiento ácido y soplado frío, -- solo el aumento de temperatura produce un intercambio mayor de metal líquido-escoria, obteniéndose hasta 0.06% de azufre-

al aumentar la fluidez de la escoria. El aumento del contenido de azufre en el metal líquido con respecto a la carga metálica puede ser del orden del 30%, por lo que en general, es conveniente que el contenido de azufre sea bajo, ya que en forma contraria podría originar defectos en la pieza fundida, el uso de desulfurantes y aumento en el consumo de manganeso.

- 3.- Cenizas: El carbón que da origen al coque contiene además de agua, materias volátiles y carbon fijo, una cierta cantidad de materia que no se quema, las cuales son denominadas cenizas; cuyo contenido normal en el coque varía de 8 a 14%.

Al alcanzar el coque la zona oxidante, se consume el carbono fijo de su superficie con aumento paulatino del porcentaje de cenizas, la cual al fundir forma un barniz cuya abundancia es proporcional al contenido de cenizas y cuya estabilidad sobre la superficie del coque depende a su vez del punto de fusión y de la temperatura alcanzada en la zona de fusión del horno. Estas cenizas deben ser eliminadas durante la combustión para facilitar el contacto entre el coque y el oxígeno, siendo de gran importancia su punto de fusión, debido a que si éste es alto, la ceniza es pulverulenta y podría ser arrastrada por los gases y si el punto de fusión es bajo, se funde obturando los intersticios entre el coque, aglutinándolo. Esta fusibilidad es favorecida por el óxido de hierro y más aun por los alcalíes. En general, es conveniente que el porcentaje de cenizas sea bajo, ya que estas son perjudiciales, debido a que aíslan el coque del metal y del aire con producción de escoria dando origen a:

- a) Disminución del poder calorífico del carbón coque.
- b) Disminución del poder carburante del carbón coque.
- c) Aumento en el consumo de silicio.
- d) Aumento de la cantidad necesaria de fundente y, por lo tanto, de la cantidad de escoria con las adicionales pérdidas de calor.

- e) Inadecuado flujo de gases.
- f) Consumo preferencial de carbón coque.

4.- Humedad: El agua impregnada forma parte del coque en diversas maneras.

- a) Humedad bruta o humedad superficial es la humedad que se adiciona mecánicamente, en general, por la acción de la intemperie, dependiendo de las condiciones de almacenamiento y del tamaño de los trozos de coque y se desprende por secado a temperatura ambiente.
- b) Humedad higroscópica es la humedad no unida químicamente, absorbida por el medio ambiente. Se presenta en forma uniforme y fija para cada tipo de carbón coque y se desprende por secado a 105°C.
- c) Humedad o agua de combinación es la humedad unida químicamente al coque, por lo tanto no se desprende por secado, se supone que se desprende con las materias volátiles.

5.- Carbono Fijo: Es la parte útil del coque, por lo tanto, debe aparecer en un porcentaje lo más alto posible para suministrar durante la combustión la máxima cantidad de calor.

Análisis químico de carbón coque suministrado por varios proveedores.

I.- Carbón coque aglutinado; Base Seca*.

Carbono Fijo	84 - 86 %
Cenizas	7 - 10 %
Azufre	1 % máximo.
Materia Volátil	2 - 4 %
Peso Volumétrico	590 Kg/mm ³ aprox.

II.- Carbón Coque Grado Imperial**

Carbono Fijo	83.67 %
Cenizas	15.63 %
Humedad	1.50 %
Azufre	0.91 %
Peso Volumétrico	10.775 Kg/ft ³

III.- Carbón Coque Alabama (E.U.A) Base Seca **

Carbono Fijo	87.33 %
Cenizas	11.47 %
Materia Volátil	1.20 %
Azufre	0.60 %

* Ref. Catálogo General de Ferro Aceros de México, S.A.

** Suministrado por Laboratorio Químico (CISA).

VALORES CARACTERISTICOS DEL COQUE USADO.

Carbono Fijo	85 - 90 % mínimo.
Cenizas	8 - 10 % máximo.
Materia Volátil	1.5- 2 % "
Azufre	0.7- 1 % "
Humedad (agua libre)	2 % "
Porosidad	40 % "
Poder Calorífico	6800 Kcal/Kg mínimo.

Consideraciones y Reglas Prácticas para la Operación del Horno de Cubilote.

Las siguientes notas se elaboraron por medio de bibliografía y la colaboración de personal con experiencia en el manejo y operación de hornos de cubilote como lo son supervisores y operadores.

- 1.- Tratar de que el peso del volumen del metal líquido corresponda al peso de la carga. Deberá pesarse el metal que sale.
- 2.- Conocer el peso de metal retenido en la cuba (la porción del cubilote entre la piqueta y el escoriadero), la cuba contendrá de metal aproximadamente el 40% de su volumen.
- 3.- El metal de la cuba puede proceder de cuando menos cuatro cargas, esto quiere decir que puede haber dilución de los elementos del metal en la cuba, que deberán de tomarse en cuenta para el cálculo de carga siguiente si esta es de otra composición química.
- 4.- Es preferible iniciar el vaciado del horno en un tiempo preterminado, a dejar que el hornero estime cuando la cuba está llena de metal. El caudal del cubilote debe ser siempre conocido y uniforme. Debe medirse con exactitud el aire soplado.
- 5.- Comprobar que el medidor de volumen esté limpio y en condiciones, verificar por pérdidas el tubo de viento, caja de viento, etc., y tapar todas las pérdidas posibles de aire.
- 6.- Controlar el volumen de cada colada y ajustar de acuerdo a las normas establecidas.
- 7.- Después de aerear al fierro fundido, no debe ser vista la flama antes de dos minutos o mucho después de cinco. Si ocurre lo primero, indica que la cama es baja, lo segundo indica que la cama no ha sido prendida adecuadamente o que es bastante alta.
- 8.- Iniciar el vaciado del horno de acuerdo a la experiencia que se tiene con respecto al caudal del cubilote.
- 9.- Mantener al horno totalmente lleno en lo referente a cargas.

- 10.- Abrir el escoriadero 45 minutos o una hora despues de haber ae
reado, si el material de la carga esta razonablemente limpia.
Si la carga esta oxidada y es de seccion pequena, usar mayor -
cantidad de piedra caliza y abrir el escoriadero 30 minutos -
despues de dar aire.
- 11.- Conservar las toberas limpias, sin obstrucciones y sin alterar
la presion y el volumen del aire, solo lo necesario.
- 12.- Ajustar la carga de acuerdo al tipo de hierro que se esta fun-
diendo.
- 13.- Aumentar el peso de la carga de coque en proporcion a la dife-
rencia entre el carbono total de la carga y el carbono total -
que se desea en el metal fundido, ejemplo: en alternativa # 1;

Carbono total deseado	2.80 %
Carbono total cargado	<u>2.32 %</u>
	0.48 %

Peso de la carga x 0.0048 = Peso del coque para carburación.
% Carbono fijo en el coque

entonces tenemos que: $1000 \times 0.0048 / 0.873 = 5.5$ Kg de coque.

- 14.- Si el metal no corre puede deberse a:
- Baja fluidez, puede ocasionar piezas incompletas, juntas -
frías, etc.
 - Metal frío, puede ocasionar piezas incompletas, juntas frías
 - La cama puede ser alta con poco aire, dificultando el proce-
so de fusión.
 - La cama puede ser muy baja debido a un sobrequemado o a de-
masiadas paradas provocando tiempo y temperatura de fusión-
no homogéneos.
 - Uso de carbón coque pequeño o de mala calidad y coque insu-
ficiente provocando la obtención de metal frío.
 - Uso excesivo de placa de acero en la carga, lo cual provoca
un hierro bastante duro implicando consumo excesivo de FeSi
incrementando los costos de manufactura.
 - Toberas obstruidas, dificultando el paso del aire y como --

consecuencia se obtiene una baja temperatura de fusión.

h) Errores en la carga y en el método de carga pudiendo ocasionar un hierro fuera de especificaciones requeridas.

- 15.- El chisporroteo del metal en el canal de vaciado del horno indica oxidación.
- 16.- Para proteger el revestimiento del horno, reducir el volumen de aire al final de la fusión.
- 17.- Conservar balanceados el aire y el coque, demasiado coque es tan perjudicial como demasiado aire. Si se emplea demasiado — aire en proporción al coque consumido, se desperdicia combustible, los gases son relativamente fríos y existe peligro latente de oxidación, lo cual significa no solamente pérdida de metal sino también piezas de mala calidad. Si se emplea poco aire, el combustible no se consume por completo y, la temperatura no será lo suficientemente alta como para producir la cantidad o calidad deseada de metal líquido.

Control en la Operación del Horno de Cubilote.

Control de Equipo.

Uno de los principales factores sobre los cuales se debe ejercer un verdadero control es el equipo. Esto quiere decir que debe ponerse real atención a cada uno de los elementos que integran al horno y que estén en buenas condiciones para operar adecuadamente.

Después de cada colada, el personal responsable de su operación debe hacer una revisión exhaustiva del horno para acondicionar adecuadamente las partes que lo requieren antes de que la unidad vuelva a entrar en operación, esto además de permitir una operación eficiente y un alto rendimiento, ayuda a evitar accidentes.

Mediante una buena operación del horno de cubilote tenemos:

- a) Hierro fundido limpio, producido al régimen de fusión deseado y a la temperatura más apropiada al tipo de pieza producida.
- b) Hierro del análisis deseado dentro de los límites normales de carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre.

Control de Materiales.

Otro factor determinante del buen funcionamiento del horno de cubilote es el adecuado control en el suministro de las materias primas, puesto que cada material debe cumplir con ciertos requisitos dimensionales, de tal manera que al ser cargados al horno, nos permitan una adecuada permeabilidad en el paso de los gases calientes en el interior de la cuba, por lo tanto, al preparar la carga deben separarse a aquellos materiales que no cumplan estas condiciones. La presencia de elementos contaminantes en la carga pueden causar graves daños a la calidad e integridad del producto, estos materiales de carga deben estar protegidos de la lluvia con objeto de evitar que sean cargados con humedad y oxidación excesivas, ya que esto causa un consumo anormal de coque y ferroaleaciones, además de que provocan explosiones. El control de materiales incluye a los siguientes: a) Materiales de Fusión b) Materiales Metálicos

Control de Vaciado del Horno y Colado de los Moldes.

A continuación se sugieren los puntos que deben tomarse en cuenta para la adecuada planeación durante el vaciado del horno y el colado de los moldes.

- 1.- Verificar que el molde y la colada estén listos con la cantidad adecuada de metal por colar evitando así, paros frecuentes del horno.
- 2.- Verificar que las cucharas se muevan libremente y así no habrá inconvenientes en el momento de la colada.
- 3.- Las cucharas deben estar limpias, bien secas y precalentadas.
- 4.- Planear de antemano la manipulación del material con respecto al programa de fundición y colado.
- 5.- Hacer un itinerario al metal, así no se pierde tiempo al colar.
- 6.- Una cuchara limpia impedirá producir piezas defectuosas provocadas por inclusiones de escoria.
- 7.- Proteger a la copa o taza de colada contra salpicaduras ya que puede provocar sopladuras en las piezas coladas.
- 8.- Llenar la taza de colada rápidamente pero sin que resbale dentro de los montantes, se puede usar un cuadro de hojalata u otro dispositivo sobre el descenso de colada para frenar el primer empuje del metal líquido.
- 9.- Conservar el metal en la taza de colada a una altura de cuatro veces el diámetro del descenso de colada.
- 10.- Antes de abrir el horno, verificar que la cuchara esté bien caliente y en buenas condiciones, usar polvo de carbón (exotérmico) para cubrir el metal.
- 11.- Evitar demoras en colocar las cucharas vacías debajo del pico del horno, así la colada se hace con oportunidad.
- 12.- Conservar limpios los bordes de las cucharas, evitar deterioro de las mismas y si así sucede, reparar de inmediato.
- 13.- Nunca escoriar por el borde de la cuchara que se emplee para colar los moldes.

- 14.- Acomodar apropiadamente los moldes sobre la fosa, así la grua tiene un acceso adecuado al colado de los moldes.
- 15.- Las cucharas de colada demasiado altas con respecto a la copa o taza de colada provocan erosión, salpicaduras, alta velocidad y peligro para la persona encargada de la maniobra.
- 16.- Planear el servicio de grua ya que así no ocurren demoras y, no será necesario parar el horno.
- 17.- Pesar el metal fundido o usar una medida en la cuchara para asegurar que en ésta, existe la cantidad suficiente de metal.
- 18.- Usar una medida para el revestimiento de las cucharas y mantener la uniformidad del remiendo, así la capacidad de las cucharas de colado se mantiene uniforme.

Prácticas de Control Metalúrgico aplicadas durante el Proceso de Fusión.

El control ejercido sobre el hierro colado esta basado en 3 - criterios:

- 1.- Análisis Químico: Para alcanzar las propiedades físicas y estructurales especificadas, donde se incluye el control de la dureza Brinell.
- 2.- Temperatura Apropiada de Vaciado: Para minimizar ciertos tipos de defectos de fundición tales como las sopladuras, arena quemada, etc.
- 3.- Control Apropiado de la Tendencia al Temple (Chill Test): - Para evitar zonas duras en las piezas coladas.

Existen tres elementos claves que son fundamentales para alcanzar condiciones, estos son: el carbono, el silicio y el manganeso. Un balance entre estos tres elementos es esencial para controlar la dureza Brinell.

La predicción de los contenidos de carbono y silicio es realizada mediante el ensayo "Tec-Tip" y consiste en el vaciado de una muestra de metal líquido en una copa refractaria especialmente -- revestida y activada por un termopar, dando como resultado una -- curva de enfriamiento. Esta curva exhibe dos discontinuidades, - una de las cuales nos da la temperatura de solidus (donde la solidificación es completa) y la otra, la temperatura de liquidus - (donde se inicia la solidificación), estas dos temperaturas son - función de la composición química del hierro. Observar las figs.- 5a y 5b. (Ref. Manual de Operación de Equipo Carbodeterminador de Leeds & Northrup). Las figuras 5a y 5b fueron obtenidas en proceso en la Planta CISA.

En la metalurgia del hierro gris, la inflexión que indica la

temperatura de liquidus, es usada para leer el contenido de carbono equivalente en el hierro. El contenido de carbono en el hierro esta definido por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ C.E.} = \% \text{ C} + 0.33 (\% \text{ Si} + \% \text{ P}). *$$

Tomando registros de la temperatura de solidus y de liquidus, ha sido posible predecir el contenido real de carbono en el hierro, por lo tanto, despues de tomar las lecturas de los valores de temperaturas, el contenido de carbono puede leerse mediante el uso de un Disco Calculador, Fig. 6.

La temperatura de solidus depende especialmente del contenido de silicio.* La predicción del contenido de carbono tiene una precisión de $\pm 0.05\%$ del valor determinado químicamente; la predicción del contenido de silicio es menos precisa, generalmente del orden de $\pm 0.15\%$ con respecto al proporcionado por el análisis químico.

* Ref: Leéds & Northrup.

Considerando la temperatura de colado, esta depende del tipo de pieza colada que vaya a fabricarse, así como su masa, configuración de los corazones y el sistema de colada. Para una pieza dada, la temperatura de colado varía con la composición química del hierro, de tal manera que se mantenga un sobrecalentamiento adecuado. Por consiguiente, la diferencia entre la temperatura de colado y la temperatura de liquidus debe ser constante para una pieza dada

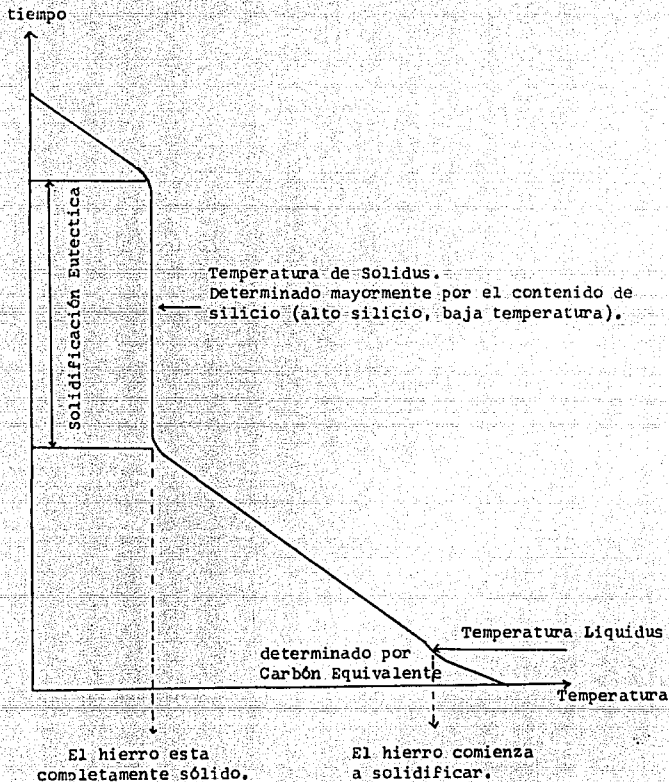
Tendencia al Temple: La tendencia del hierro a formar un carburo de hierro (hierro blanco) depende de los siguientes factores

- Velocidad de enfriamiento durante la solidificación.
- La composición química del hierro (Balance C-Si).

Toda la tendencia al temple de un hierro básico puede disminuirse mediante adecuadas adiciones de FeSi a la carga normal del horno de cubilote, al chorro de metal líquido, a la cuchara de co

lado o al molde mismo.

Fig. 5.- Curva Típica de Enfriamiento (Tec-Tip) para un Hierro Colado Gris.



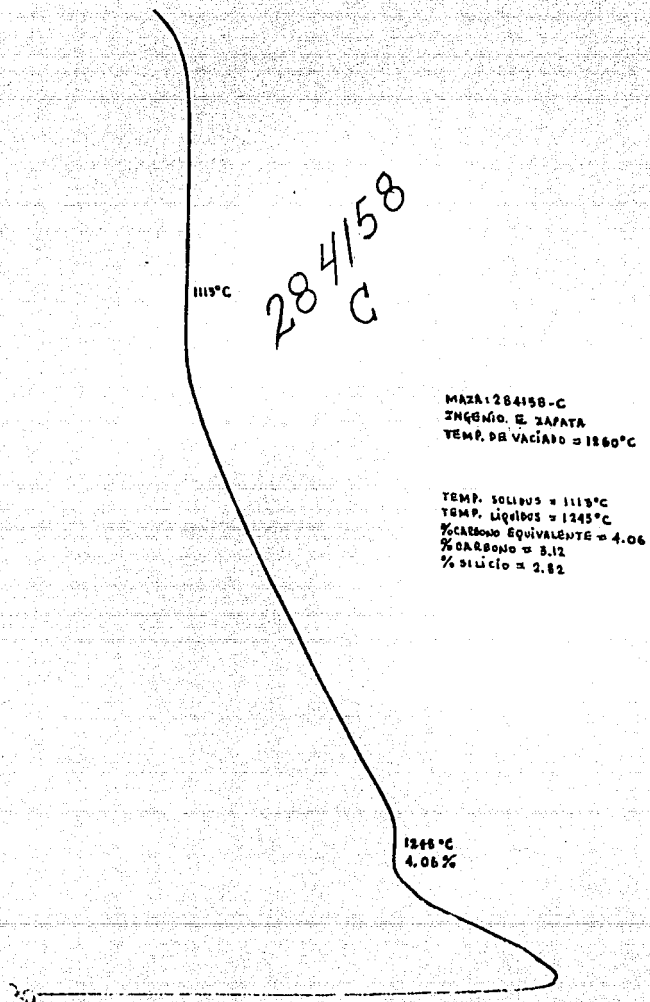
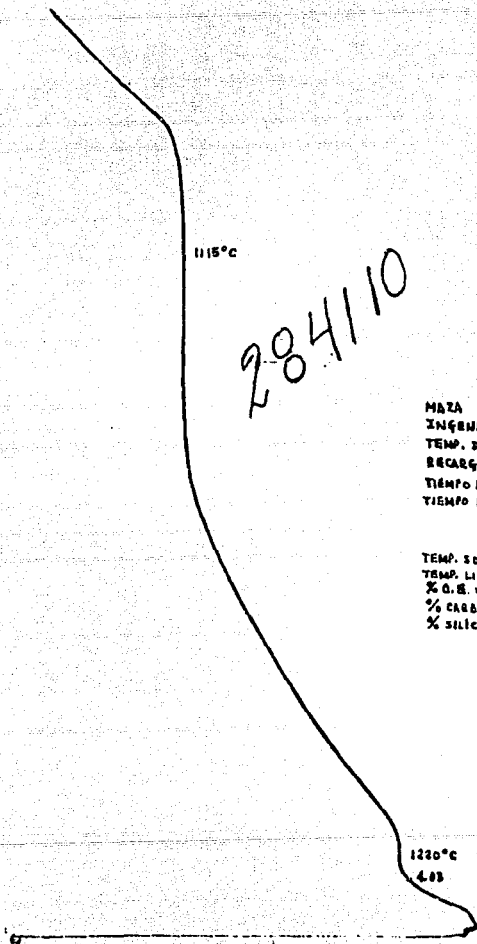


Fig. 5a.



1115°C

284110

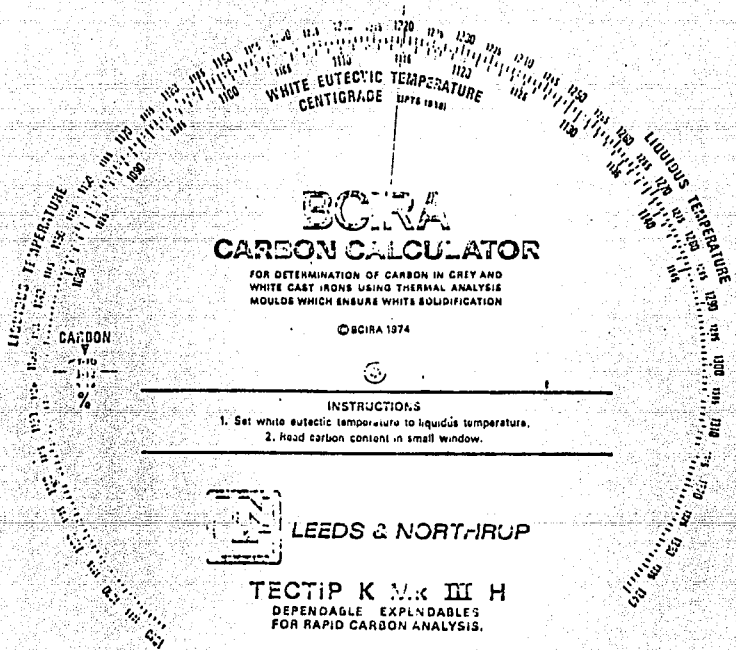
MAZA 284110
INGENIO ALIANZA POPULAR
TEMP. DE VACIADO: 1270°C
RECARGO PIZZA: 1880°C
TIEMPO DE VACIADO INICIAL: 6'10"
TIEMPO DE RECALEQUE: 1'15"

TEMP. SOLIDUS: 1115°C
TEMP. LIQUIDUS: 1220°C
% O.S. = 4.03
% CARBONO = 2.12
% SILICIO = 2.73

1220°C

4.03

Fig. 5b.



BCIRA CARBON CALCULATOR

FOR DETERMINATION OF CARBON IN GREY AND
WHITE CAST IRONS USING THERMAL ANALYSIS
MOULDS WHICH ENSURE WHITE SOLIDIFICATION

© BCIRA 1974



INSTRUCTIONS

1. Set white eutectic temperature to liquidus temperature.
2. Read carbon content in small window.



LEEDS & NORTHRUP

TECTIP K M.K III H
DEPENDABLE EXPLNDABLES
FOR RAPID CARBON ANALYSIS.

Calculator, Part No. 000020

FIG. 6.

51

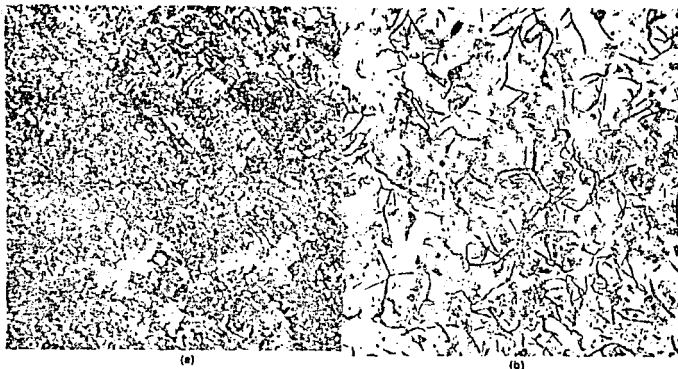
INOCULACION.

La adición de pequeñas cantidades de compuestos tales como -
Casi, SiC, calcio, Zirconio, etc., al metal fundido, un momento -
antes de colar las piezas es a lo que se denomina inoculación. El
propósito de nuclear las piezas es de proveer un tamaño adecuado-
de hojuela (grafito laminar) y buena maquinabilidad y resistencia

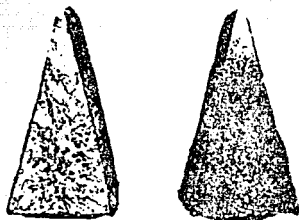
El proceso de inoculación es necesario debido a los siguientes
factores:

- 1.- Eliminación de grafito indeseable: En hierros sin inocular, -
especialmente hierros de bajo carbono equivalente, pueden con-
tener grafito sobreenfriado conocido comunmente como grafito-
tipos D y E; la presencia de estos tipos de grafito, afectan-
notablemente las propiedades mecánicas de la pieza colada, --
como lo son su maquinabilidad y resistencia. Al inocular ade-
cuadamente, se elimina el grafito tipos D y E y, se promoverá
la formación de grafito tipo A, el cual es el requerido por -
esta pieza, al mismo tiempo, se obtienen buenas propiedades -
mecánicas y excelente maquinabilidad. En la figura 7 se obser-
van curvas típicas asociadas a la estructura obtenida en la -
cuña de temple.
- 2.- Obtener una estructura uniforme: Las piezas coladas sin inocu-
lar, con frecuencia muestran considerables diferencias en la-
estructura del grafito y en las relaciones ferrita-perlita.

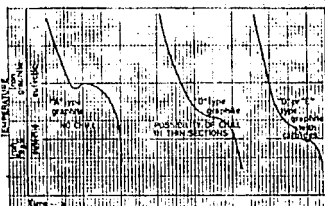
Las secciones gruesas tienden a tener un grafito burdo, -
lo cual puede reducir la resistencia a la tensión de manera -
notable. Al inocular, se obtendrá una excelente uniformidad -
en la estructura de las piezas coladas.



- a) Hierro sin inocular; Muestra carburos de hierro y grafito sobre-enfriado.
- b) Hierro inoculado; Muestra grafito tipo "A" libre de enfriamiento



Ensayo de Cuñas:
 Izquierda: sin inocular.
 Derecha : inoculada.



Estructura del Grafito, controlada mediante análisis térmico.

Fig 7.- Comparación de Hierros; sin inocular e inoculado.

CALCULOS DE CAPACIDAD DEL HORNO.

A continuación se realiza el cálculo de la capacidad del horno, el cual se confronta con la capacidad productiva actual, así como - otros parámetros operativos y de diseño.

Capacidad del Horno: $P = 6D^2$ --- (1), en donde P es la producción - en toneladas por hora y D es el diámetro interior frente a las toberas en metros.

Si $D = 1.20$ m, $P = 6 (1.20)^2 = 8.64$ Ton/hora.

Area o sección circular, $Ac = (\pi/4)D^2 = 1.1304$ m².

Cálculo de la capacidad según Jung-Bluth y Heller: (Ref. 2).

$$S = 6 \left[\frac{W}{\frac{Kk}{100} \times 4.45 \times \frac{100 + Nv}{100}} \right] \text{--- (2)}$$

en donde: S es la producción en toneladas por hora.

W es el volumen de viento inyectado en m³N/minuto.

K es la proporción de coque en función del peso de la - carga metálica.

k es el porcentaje de carbono fijo del coque empleado.

Nv es el índice llamado factor de combustión, el cual es - ta expresado por la siguiente fórmula:

$$Nv = \frac{CO_2}{CO_2 + CO} \times 100 \text{--- (3)}$$

en la cual los factores CO₂ y CO son los valores de los porcenta-- jes relativos de estos gases contenidos en los humos resultantes - de la combustión. Esta ecuación expresa la proporción en que el -- carbono del coque se quema a CO₂ y CO, es decir, si se realiza una combustión completa o incompleta. Su valor depende, para un deter-- minado gasto de aire, del consumo de coque en proporción a la car-- ga metálica. Para las condiciones en las que se supone esta el hor-- no, un buen valor para el factor de combustión sería de 65%.

Coque empleado: % Carbono Fijo	= 93.7	mayor 90.0 % (*)
% Mat. Volátiles	= 1.0	menor 1.0 %
% Cenizas	= 5.3	menor 8.0 %
% Azufre	= 0.5	menor 0.8 %

* Según la Norma de la American Coke and Coal Chem. In.

Se pueden encontrar regímenes altos, medios y bajos cuyos valores son:

REGIMEN	VOLUMEN ($m^3 N/min/m^2$)
alto	141 - 160
medio alto	121 - 140
medio bajo	101 - 120
bajo	81 - 100

Para fines de cálculo se tomará el valor de 130 (medio alto), $k = 93.7$; $K = 12$ y $Nv = 65$.

$W = 1.1304 m^2 \times 130 m^3 N/min/m^2 = 146.95 m^3 N/min.$, sustituyendo valores en la fórmula de Jung-Bluth y Heller tenemos:

$$S = 8.54 \text{ Ton/hora.}$$

La altura de las toberas es de 0.95 metros, esta es una dimensión importante en el diseño del cubilote, la cual determina la capacidad del crisol. Puesto que el crisol es solo un recipiente en el que se retiene el metal y la escoria líquidos, de su capacidad depende el volumen que de cada uno de estos se puede retener y el tiempo que el hierro líquido estará en contacto con el coque incandescente, que también queda alojado en el crisol.

La capacidad real del crisol debe considerar que por debajo de las toberas se localiza el agujero de escoriado y que la altura de éste a las toberas es de 0.43 metros.

Volumen del crisol = $\pi D^2 h/4 = 1.0739 m^3$, de este volumen, el 50 % esta ocupado por el coque, de tal manera que el volumen real del crisol (V_{rc}) = $1.0739 m^3 \times 0.5 = 0.537 m^3$, con lo que la capacidad máxima del crisol es: $C_{mc} = 7300 \text{ Kg}/m^3 \times 0.537 m^3 = 3919.6 \text{ Kg.}$

Sección transversal de las toberas: Se considera $1/6$ (Ac) para cubilotes grandes, entonces $1.1304 \text{ m}^2/6 = 0.1884 \text{ m}^2$; pero como el horno tiene 8 toberas tenemos; $0.1884 \text{ m}^2/8 = 0.0235 \text{ m}^2$ por tobera
 Área de la tobera: $A_t = \pi dt^2/4$, sustituyendo valores y acomodando la ecuación se tiene que el diámetro de la tobera (dt) = 17.3 cm.
 Altura de la Cuba: Cuba es la altura desde las toberas hasta la parte inferior de la zona de carga. Para este cálculo se utilizan dos criterios:

Criterio 1.- Se considera 4.5 veces el diámetro del crisol para cubilotes considerados grandes como es este caso,
 $hc = 1.20 \text{ m} \times 4.5 = 5.40 \text{ m}$.

Criterio 2.- El volumen interior de la cuba, varía entre 0.6 a 0.7 $\text{m}^3/\text{ton}/\text{hora}$ de producción:

para 0.6 tenemos: $0.6 \times 8.64 = 5.18 \text{ m}^3$.

" 0.7 " $0.7 \times 8.64 = 6.05 \text{ m}^3$, usando la

fórmula del volumen $V = Ah$ y reordenando para evaluar la altura,

$hc = V/A$; $hc_1 = 4.59 \text{ m}$. y $hc_2 = 5.35 \text{ m}$.

CALCULOS TECNICOS.

A.- Cálculo del volumen de aire requerido para la combustión: Para poder determinar la capacidad del soplador es preciso calcular la cantidad de aire necesaria para quemar el carbón contenido en el coque. La capacidad requerida es de 12 toneladas por hora y la proporción de coque prevista es del 15% en relación a la carga metálica.

Carga de Coque = $C_{tc} = 8.64 \text{ Ton H.G. /hora} \times 150 \text{ Kg Coque/Ton H.G}$

$C_{tc} = 1296 \text{ Kg Coque/hora}$ y, de acuerdo a su contenido de carbono fijo (93.7%); $C_{tc} = 1214.3 \text{ Kg Coque/hora}$. Para quemar este carbón se necesitan $8.89 \text{ m}^3\text{N}$ de aire por Kg. de coque, por lo que el volumen de aire requerido es:

$G = 20.24 \text{ Kg Coque/min} \times 8.89 \text{ m}^3\text{N/Kg coque} = 179.93 \text{ m}^3\text{N/min}$.

$G = 2.9989 \text{ m}^3\text{N/seg}$.

B.- Velocidad del aire: Para introducir ese volumen de aire por minuto (G), es necesario que exista una cierta velocidad, la cual se determina mediante la siguiente fórmula: $v = G/a$, donde G es el gasto de aire y a es el área efectiva en la sección transversal del cubilote.

Se considera un Índice de Reese del 2%, por lo cual; $I_r = 0.02$ quedando el área circular, $1.1304 \times 0.02 = 0.0226 \text{ m}^2$, de donde; $v = 2.9989 \text{ m}^3/\text{seg} / 0.0226 \text{ m}^2 = 132.69 \text{ m}/\text{seg}$.

C.- Cálculo de la Presión de Aire: La presión de inyección del aire se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$v = \sqrt{\frac{2 gh}{\rho}}$$

g es la aceleración de la gravedad ($9.81 \text{ m}/\text{seg}^2$).

ρ es el peso específico del aire (1.293).

h es la presión en Kg/m^2 ó mm de columna de agua.

despejando "h", ordenando términos y sustituyendo valores:

$$h = 1160.54 \text{ Kg}/\text{m}^2.$$

D.- Cálculo de la Potencia del Motor del Soplador: Con los datos anteriores se puede calcular la potencia necesaria para impulsar el soplador. La fórmula usada es la siguiente:

$$Cs = \frac{Vh}{4500}$$

Cs es la potencia teórica en HP.

V es el volumen de aire por minuto.

h es la presión del aire.

4500 es el factor de transformación de Kgm por minuto a caballo de vapor métrico.

$$Cs = 46.4 \text{ HP}.$$

tomando el 60% de eficiencia del motor tenemos que:

$$Cs = 77.3 \text{ HP}.$$

La potencia del motor debe ajustarse a la capacidad inmediata disponible en el mercado.

CRITERIO PARA CALCULO DE CARGAS.

Cargas de Coque: La cama de coque debe dimensionarse en forma correcta para conseguir una buena operación y la obtención de metal líquido a temperatura uniforme. Existen reglas prácticas y -- datos en tablas que determinan la altura de la cama ó lecho de fu sión en función del diámetro del crisol, suele emplearse la si--- guiente fórmula: $H = 10.5\sqrt{P} + 4$ (pulgadas) Ref. 2; donde H es la altura de la cama a partir de las toberas, P es la presión de la- caja de viento en onzas, el número 4 puede aumentarse a 6 en caso de usarse coque de baja calidad. Por otro lado, pueden usarse las unidades decimales; $H = 40.4\sqrt{P} + 100$ (mm) donde P esta dado en mm de columna de agua, para fines de cálculo se utilizará el sistema decimal y tenemos que:

$$H = 1476.3 \text{ mm.}$$

El procedimiento más adecuado para la correcta medición de la altura de la cama consiste de los siguientes pasos:

- a) Una vez encendida la cama y puesta a la altura teórica, se car ga al horno de acuerdo al método habitual.
- b) Se deja reposar al horno por espacio de una hora y, una vez -- transcurrido éste tiempo, se pone en marcha al soplador.
- c) Observar a través de las toberas y tomar el tiempo que trans-- curre entre el momento que se enciende el soplador y aquel en- que se ven caer las primeras gotas de metal. Este tiempo puede variar entre 4 y 6 minutos.
- d) Mantener abierto el orificio de sangrado y determinar el tiem- po que tarda en escurrir con fluidez el metal. Este tiempo pue de variar entre 6 y 8 minutos. Si el tiempo es mayor, es debi- do a que la cama es muy alta y, si el tiempo fuera menor, debe considerarse que la cama es baja. A través de la puerta de car ga solo debe observarse una leve flama, si es intensa, la cama es baja ó el número de cargas de precalentamiento es insufi--- ciente.

CALCULO DE CARGAS. (Ref. 6).

Diámetro de la carga. (mm)	Diámetro interior (mm)	Producción* (Ton/hora)			Coque (Kg)	Cargas Hierro		
		6	8	10		6/1	8/1	10/1
686	457	0.68	0.91	1.14	9	54	72	90
813	584	0.91	1.36	1.82	16	96	128	160
914	686	1.59	2.05	2.50	20	120	160	200
1041	813	2.27	2.96	3.64	30	180	240	300
1168	813	2.27	2.96	3.64	30	180	240	300
1295	940	2.96	3.86	4.77	38	228	304	380
1422	1067	3.64	5.00	6.36	50	300	400	500
1600	1143	4.08	5.67	7.26	59	354	472	590
1676	1219	5.00	6.58	8.17	66	396	528	660

* Con las relaciones Hierro/Coque que se indican.

Proporción de carbón coque en la carga: Existen varias reglas prácticas para determinar la cantidad de coque por carga. Una de ellas indica que estas deben ocupar 15 cm. de la altura de la cuba, otra consiste en aplicar la expresión:

$$\text{Carga} = 70 \text{ Ac(Kg)} \quad (\text{Ref. 2}).$$

en donde Ac es el área de sección transversal del horno frente a las toberas en m^2 ($\text{Ac} = 1.1304 \text{ m}^2$), por lo que:

$$\text{Carga} = 79.1 \text{ Kg.}$$

También se puede determinar, fijando el peso de la cama de coque (carga), tomando en cuenta que ésta debe quemarse entre 5 y 8 minutos, lo cual es función del viento inyectado; Si $G = 179.93 - \text{m}^3/\text{min}$ y se necesitan $8.89 \text{ m}^3/\text{Kg}$ de coque, se tienen $20.24 \text{ Kg} - \text{coque}/\text{min}$, entonces en 8 minutos se queman 161.9 Kg de coque y si se tiene 93.7% de carbono fijo con 4% de humedad, la carga de coque debe ser de 180 Kg .

Para la carga metálica con relación 1/6 se deben cargar $1080 - \text{Kg}$ de chatarra.

Cargas Metálicas: Deben ser proporcionales a las de coque y están integradas por diferentes tipos de materiales tales como: chatarra de hierro adquirida y de retorno, lingote de arrabio, chatarra de acero al carbono y ferroaleaciones.

Para lograr un hierro con el análisis químico deseado, es necesario elaborar un cálculo proporcional de cada uno, ya que los resultados teóricos no se cumplen en la operación real, salvo en el caso del fósforo, puesto que en el interior del cubilote se producen una serie de reacciones que modifican el análisis químico final.

En lo que al carbono se refiere, existe la necesidad de contemplar una recarburación que se origina de la permanencia del metal líquido en la cuba y cuya magnitud dependerá de las características del coque y del tiempo que el metal estará en contacto con él.

En el silicio hay que contar siempre, salvo casos especiales con una merma que en general varía entre el 10 y 20%. El manganeso, también sufre mermas, las cuales generalmente varían entre el 20 y 40% según sea la atmósfera más o menos oxidante.

El fósforo no sufre alteración durante la fusión y queda dentro de lo especificado. En teoría, el azufre resulta bajo, pero aumenta durante la fusión al absorberlo el metal del coque, dependiendo de esta absorción, como en el caso del carbono, del tiempo de contacto entre el metal y el coque, procurando entonces que sea el menor posible para reducirlo al mínimo.

Para poder controlar al azufre hasta un nivel de 0.07-0.08%, es necesario utilizar el método de desulfuración por inyección de carburo de calcio en partículas finamente divididas en un baño de metal líquido por medio de nitrógeno seco como vehículo. El efecto primordial es una reducción de azufre hasta cualquier nivel deseado la adición de CaC_2 frío, asociado al nitrógeno baja la temperatura del metal, así que es necesario tener en el hierro una temperatura lo suficientemente alta de tal forma que, después del tratamiento, se disponga de una temperatura adecuada de colado.

Adición de Fundente: Con las cargas de coque, siempre van cargas de piedra caliza, con el objeto de generar una escoria más fluida y que por lo tanto, escurra con facilidad a través del canal del escoriadero. En la operación de cubilotes comunes con revestimiento de refractario ácido, la escoria es ligeramente ácida pero si el grado de acidez se eleva considerablemente, se eleva su punto de fusión y se torna viscosa. Con la adición de piedra caliza, se modifica la composición química y basicidad es incrementada bajando el punto de fusión e incrementando la fluidez.

La composición química deseable de la escoria es la siguiente:

SiO_2	50 - 55 %
CaO	23 - 27 %
Al_2O_3	8 - 12 %
FeO	4 - 8 %
MnO	5 - 7 %

La escoria se forma principalmente con las cenizas del coque, con los elementos oxidados que contiene el metal, con el desgaste que sufre el refractario y con la arena adherida a las chatarras, especialmente la de retorno. La mayor parte proviene de la ceniza y en el caso de no limpiarse las coladas y las piezas rechazadas sin ser desarenadas totalmente, por lo que se puede decir que, la cantidad de piedra caliza necesaria depende de estos dos factores.

Se suele dar como una regla, que la cantidad suministrada de caliza debe ser del 15 al 30% del peso del coque añadido, pero al variar el contenido de cenizas y otras impurezas se tienen los valores siguientes:

Cenizas contenidas en el coque, %.	Caliza requerida en relación al carbón coque, %.
10	27
12	30
15	35

En este caso debe entenderse que la piedra caliza empleada debe ser de buena calidad, con un contenido mínimo de 96% de CaCO_3

Ferroaleaciones: Ferroaleación es el término aplicado a una aleación de hierro y algún otro elemento o elementos, exceptuando al carbono. Las ferroaleaciones comunmente usadas son el ferrosilicio (FeSi) y el ferromanganeso (FeMn). Para evitar fuertes mermas en estos materiales, conviene agregarlas en forma de briquetas aglutinadas con cemento.

Las ferroaleaciones y el agente recarburizante (grafito) sirven para controlar el análisis químico del hierro, por lo que, la especificación del cliente debe cumplirse buscando la media del análisis requerido con el objeto de que si existen variaciones, se puedan controlar por medio de un control estadístico del proceso, la estabilidad del mismo y variaciones cada vez más controladas, lo cual se traduce en una mejor calidad del hierro.

Análisis de Ferroaleaciones.

* Ferrosilicio 45%, tamaño 2 - 4"

Si	44 - 46 %
C	0.10 %
Mn	0.60 %
P	0.05 %
Al	1.00 %

* Ferromanganeso estandar, tamaño 2 - 4"

Mn	75.20 %
Si	1.23 %
P	0.08 %
S	0.03 %
C	6.49 %

* Suministrado por Laboratorio Químico (CISA).

Tabla IV.- Tabla comparativa de la Capacidad del Horno de Cubilote.

	NOMENCLATURA	NORMA A.F.S.	TEORICO	REAL
Diámetro del Horno	D (m)	1.219	1.20	1.20
Producción	P (Ton/h)	8.92	8.64	7.20
Area Circular	Ac (m ²)	1.1665	1.1304	1.1304
Producción Jung-Bluth	S (Ton/h)	11.118	8.54	
Volumen Real del Crisol	Vrc (m ³)	0.554	0.537	0.5935
Capacidad Máx. Crisol	Cmc (Ton)	4.19	3.92	4.32
Diámetro de las Toberas	d (cm)	17.6	17.3	15.2
Altura de la Cuba	hc (m)	5.18	5.35	5.15
CALCULOS TECNICOS.				
Carga Total de Coque	C (Kg/h)	963.36	1214.3	1300.0
Volumen de Aire Requerido	G (m ³ N/min)	142.73	179.93	192.6
Velocidad del Aire	v (m/seg)	101.96	132.69	142.03
Presión del Aire	h (Kg/m ²)	685.2	1160.5	568.0
Potencia motor Soplador	Cs 60%. (HP)	36.2	77.3	
CALCULO DE LA CAMA DE COQUE Y CARGA.				
Altura de la Cama	H (mm)	1157	1476	1850
Carga de Coque	Ck (Kg)	142.8	180	180
Carga Metálica	Cm (Kg)	858	1080	1080

3.- Observaciones.

I.- Proceso de Carga:

- a) Seleccionar adecuadamente las chatarras destinadas al proceso, principalmente aquellas que formaron parte del sistema de colada, los sobrantes del proceso conocidos como "torta"
- b) Elaborar un cálculo de carga adecuado en beneficio del análisis químico deseado.
- c) Efectuar "pesaje" de cada componente de la carga metálica, así como el del carbón coque y el fundente (piedra caliza), se puede usar un dinamómetro.
- d) Hacer los ajustes necesarios para cada apertura del horno - con la ayuda del Carbodeterminador Digital (Digilab), el cual nos da registros inmediatos de los porcentajes de carbono equivalente (%CE), carbono (%C) y silicio (%Si) y, por otro lado, los resultados del ensayo de la cuña de temple.
- e) Obtener muestras particulares de cada pieza colada, en virtud de obtener probetas para análisis químico, metalográfico y para ensayos de la resistencia a la tensión.
- f) Llevar un registro documentado y archivado para hacer las comparaciones necesarias y para controlar por medio del CEP (Control Estadístico del Proceso) las variaciones que incrementen la calidad del producto al reducirlas.

II.- Proceso de Fusión:

- a) Ejercer un control más estricto sobre la calidad del carbón coque utilizado, exigir al proveedor el registro de las diferentes propiedades de éste. Determinar el tamaño adecuado del coque y determinar la altura más eficiente para la cama
- b) Determinar la relación hierro-coque por carga y la proporción de fundente (piedra caliza).
- c) Adaptar el equipo necesario para determinar la inyección de aire así como su velocidad, presión y gasto.

- d) Adecuar las dimensiones de la chatarra cargada al horno, la cual no debe exceder de 16 pulgadas, esto con la finalidad de reducir al mínimo el tiempo de fusión, el excesivo desgaste en el material refractario y homogeneizar la temperatura del metal líquido.
- e) Efectuar un registro de la operación del horno de cubilote con el objeto de saber cuando se obtienen los mejores resultados.

CAPITULO IV.- CONTROL DE ARENA.

La industria de la fundición a través de su historia, ha incorporado con cierta facilidad, los adelantos e innovaciones que se han producido en el mundo con el fin de mejorar la productividad, la calidad y en general todos los elementos que integran su operación.

La mayor cantidad de piezas de fundición se producen en moldes de arena y, en éste caso en particular, el tonelaje de arena manejado en la fundición de camisas es muy grande, por lo que resulta muy importante controlar la calidad y la operación del proceso de moldeo desde la preparación del molde y los corazones, con el propósito de obtener los resultados deseados y requeridos de las piezas fundidas.

Para el moldeo con arena se emplean diferentes procesos de preparación de las mezclas y de los moldes, aunque en términos generales, el proceso más común es el moldeo en verde, por su economía y versatilidad.

Desde el punto de vista en general, la arena de moldeo debe ser fácilmente moldeable y producir piezas de fundición libres de defectos. Para lograr esto, se deben considerar algunas propiedades específicas y la manera de controlarlas. Mediante el control de las arenas de fundición se puede correlacionar la calidad de las piezas y la eficiencia del moldeo.

1.- Materias Primas.

Las arenas de fundición tienen un origen común: la roca madre de la cual derivan es el granito, compuesto de feldespato, cuarzo y mica. El feldespato (silicáto doble de aluminio y potasio o sodio), actúa como sustancia aglomerante de la mica y el cuarzo.

Bajo la acción tenaz y constante de los agentes atmosféricos -

se disocian los dos silicatos que componen al feldespató, el silicato de aluminio al hidratarse, se convierte en arcilla, mientras que los silicatos de potasio o de sodio se mantienen como tales o son transformados en carbonatos por la acción del anhídrido carbónico del aire.

Las arenas se pueden dividir en naturales y sintéticas:

Arenas Naturales: Es la obtenida directamente de los depósitos naturales debido a la alteración de rocas feldespáticas caracterizadas por la materia arcillosa que envuelve a los granos de arena.

Estas normalmente contienen alto porcentaje de arcilla (5 a 20 %), la cual no es refractaria, también puede contener cantidades variables de otras sustancias que constituyen otras tantas impurezas como lo son los carbonatos, óxidos de hierro, mica, sales de sodio y potasio. La presencia de estas sustancias influyen en las características de la arena.

Arenas Sintéticas: Son aquellas que para propósitos de fundición, se mezclan enriqueciéndolas con los diferentes aditivos especiales, con los que se les imparten mejores propiedades de moldeabilidad, resistencia mecánica. Estas representan ciertas ventajas por su economía y que puede controlarse con eficiencia, la uniformidad de su tamaño y la distribución del grano y como consecuencia de la mayor permeabilidad de éstas, los moldes pueden apisonarse con más fuerza, eliminando arrastres, cuarteaduras y otros defectos asociados con los aprietes flojos, así como el que se puedan obtener piezas de márgenes más estrechos de exactitud con respecto a las dimensiones del modelo, éstas tienen más alta refractariedad que las naturales, por lo cual se obtienen piezas más limpias. Sus márgenes de humedad son estrechos, la baja humedad en la fundición significa una atmósfera menos oxidante en la cavidad del molde, lo cual se traduce en un molde controlado que puede producir repetibilidad de características y por consiguiente piezas de mejor calidad.

2.- PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS.

Para obtener buenos resultados en fundición existe la necesidad de preparar muy buenas arenas y, éstas han de ser compactas, lo suficientemente plásticas para copiar las huellas de los modelos y ser porosas, a fin de que su permeabilidad facilite el paso de los gases.

Las principales características de una arena son:

- a) Moldeabilidad.
- b) Permeabilidad.
- c) Resistencia a la compresión en verde y en seco.
- d) Densidad del molde.
- e) Fluidez.
- f) Humedad.
- g) Refractariedad.
- h) Colapsibilidad.
- i) Contenido de Arcilla.
- j) pH.
- k) Deformación.
- l) Granulometría.

Moldeabilidad: En la mezcla de arena se encuentra arcilla en cantidad suficiente para hacerla compacta y moldeable. Si la cantidad de arcilla es pequeña, los moldes se desmoronan y un exceso de arcilla hace disminuir la porosidad de las arenas. Además se puede producir agrietamiento en los moldes cuando estos se secan.

Permeabilidad: Es la propiedad que tienen los moldes de dejar pasar los gases a través de ellos a menor o mayor velocidad. En la mayoría de las piezas, los gases deben salir a través de la arena sin necesidad de hacer orificios. Esta propiedad depende de los siguientes factores:

- Tamaño y forma de los granos.
- Cantidad y humedad de la arcilla.

- Intensidad del apisonado.
- Impurezas de la arcilla que actúan como fundente, produciendo una vitrificación que impedirá el paso del aire.

Resistencia a la Compresión: Es la carga en Kg/cm^2 o libras/pulg² que soporta la arena de moldeo antes de romperse. Esta propiedad depende fundamentalmente de:

- Porcentaje de humedad.
- Contenido y tipo de arcilla.
- Tamaño y forma de los granos.
- Grado de apisonado.

Densidad del Molde: Es el peso de la unidad de volumen del molde, el cual puede ser expresado en Kg/cm^3 o libras/pie³. La experiencia muestra que el grado de apisonado o apriete más favorable para el moldeo corresponde a densidades en el rango de 1.5- a 1.7.

Fluidez: Es la facilidad de los granos para moverse en cualquier dirección cuando se los somete a presión en un espacio confinado.

Humedad: Es el contenido porcentual de agua en la masa preparada para el moldeo, la cual se evapora entre 105 y 110°C, hasta peso constante. Varía entre el 8% máximo para arenas naturales y el 3% mínimo para arenas sintéticas, se considera un valor normal el de 4% de humedad. El control se basa en los siguientes factores:

- A mayor humedad, mayor riesgo de sopladuras.
- El poder aglutinante con el aumento de humedad, aumenta hasta cierto límite, para comenzar a descender si se sigue aumentando la humedad.
- Con respecto a la fluidez, la humedad actúa en sentido contra-

rio al caso anterior. Esta disminuye a medida de que se aumenta la humedad hasta llegar a un mínimo.

Refractariedad: Esta propiedad esta determinada por la temperatura a la que puede someterse una arena sin presentar signos de fusión. La refractariedad esta asegurada por el contenido de sílice.

La forma y el tamaño de los granos tienen una notable influencia sobre esta propiedad, los granos angulosos sinterizan más fácilmente que los esféricos y los finos más que los gruesos.

Colapsibilidad: Es la propiedad que tiene una arena de que una vez colada la pieza, perder su consistencia de roca y ceder durante la solidificación y contracción del metal, pues de otra manera, puede causar agrietamientos y fisurar la pieza procesada.

Contenido de Arcilla: La arcilla se define según la ASTM, como un agregado mineral que consiste esencialmente de un silicato hidratado de aluminio ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), la cual tiene plasticidad cuando esta pulverizada y húmeda; cuando esta seca y se somete a altas temperaturas se vuelve rígida y vitrosa. Las propiedades aglutinantes de las arcillas dependen del tamaño y forma de las escomas cristalinas de que esta compuesta; cuando más pequeñas son estas últimas tanto mayor son sus propiedades y por consecuencia su poder aglutinante. Se puede afirmar que la cohesión de una arena aglutinada con arcilla no depende solamente de la cantidad sino de las características de la arcilla. En general, cuando se moja una arena aglutinada con arcilla se obtiene un valor de plasticidad que corresponde al valor mínimo de densidad. La arcilla comúnmente usada como aglutinante de las arenas sintéticas es la bentonita, la cual es muy plástica. La acción de la arcilla natural y la bentonita es cualitativamente similar, aunque se diferencian en que la bentonita tiene una capacidad de absorción más elevada y su poder aglutinante es de 2 a 7 veces mayor que el de la arcilla.

pH. - Es el simbolo que representa la concentración del ion H^+ y esta expresado numericamente como: $pH = \log 1/H$. La mayoría de las arenas de moldeo aglutinadas naturalmente tienden a dar una reacción ácida por lo que su valor de pH es menor de 7; el pH de las arenas aglutinadas sintéticamente depende del aglutinante utilizado en la mezcla de arena. La bentonita cálcica es básica y tiene aproximadamente un pH de 9. Se establece que al cambiar el pH de una mezcla de arena cambian sus propiedades, sin embargo, debe enfatizarse que no solo el valor del pH determina estas propiedades.

Deformación: Es la medida en milésimas de pulgada que se deforma la probeta normal durante el ensayo de compresión, antes de su rotura. Se puede medir en el mismo aparato con que se mide la compresión. La deformación oscila entre 0.008" y 0.025". Una deformación para moldear bien y que no resulten piezas hinchadas es de 0.015" para verde. Desde el punto de vista de extracción del modelo, es de vital importancia que soporte mucha deformación sin romper el molde y, desde el punto de vista de las dimensiones de la pieza colada, es preferible que no se deforme nada. Compensando estos dos criterios, se han determinado experimentalmente las cifras anotadas.

Granulometría: Según la aplicación que vaya a darse a las arenas, así será el tamaño de grano. Cuanto más uniforme sea el grano, más porosa resulta la arena. Una vez hecho el desmoldeo, conviene retirar las arenas quemadas o mezclarlas con un 75% por lo menos de arena nueva.

Para determinar el grueso de los granos, se toma una muestra de arena y se le hace pasar por varios tamices numerados (AFS), se pesa la cantidad que pasa por cada támara y comparando cada peso se saca la proporción de cada número.

Después de un buen ensayo de tamizado, las arenas son observadas en el microscópio para saber si los granos son angulosos o --- finos, regulares y no angulosos, en estas condiciones las arenas son más porosas.

Nota: Para tener la arena dentro de control se pueden observar los siguientes puntos:

- a) La base para todo ensayo de arena es para evaluar las propiedades de las mezclas de arena utilizadas en la fundición y para relacionar las piezas resultantes con las propiedades de las mezclas de arena.
- b) Los ensayos de arena están dados principalmente para ensayos de control. Para tener en la fundición un perfecto control de las mezclas de arena, es necesario ocasionalmente, ensayar los estándares establecidos.
- c) Las propiedades de las mezclas de arena aglutinadas natural o sintéticamente, dependen de las propiedades físicas y químicas de sus componentes.
- d) Técnicamente, se puede llevar un control casi perfecto de las arenas de moldeo y prevenir cualquier variación que tienda a producir piezas defectuosas, (Control Estadístico del Proceso)

En la tabla V, puede observarse el análisis granulométrico de dos diferentes embarques de arena sílica 50/60 (pagina 73) y reportada por el proveedor.

TABLE V. - Ensayo granulométrico de la arena sílica usada en CISA.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 PESO MUESTRA DE ARENA 100.0 GRs.
 TIPO SUB-ANGULAR
 SFM 50-60
 CLIENTE CONSORCIO INDUSTRIAL

SILICAS POTOSI, S.A. DE C.V.

CURVA DE DISTRIBUCION

FECHA 05 DE SEPTIEMBRE DE 1990
 TURNO 1º HORA 10:35 HRS.
 REVISOR SA GUILLERMO RAZZ ESPINOSA
 ORDEN DE EMBARQUE 40265

MALLA	PESO RETENIDO	%	FACTOR	PRODUCTO
20			10	
30	2.21		20	44.00
40	20.30		30	609.00
50	33.46		40	1,338.00
70	22.92		50	1,145.00
100	13.55		70	949.00
140	4.92		100	492.00
200	2.10		140	294.00
270			200	
PLATO	0.56		300	168.00
TOTAL	100.00			5,019.00

MODULO S.F.M. 50
 CONCENTRACION 90.31%
 DISTRIBUCION 40 MALLAS 40-50-70-100

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 PESO MUESTRA DE ARENA 100 GRMS
 TIPO SUB-ANGULAR
 SFM 50-55
 CLIENTE CONSORCIO INDUSTRIAL

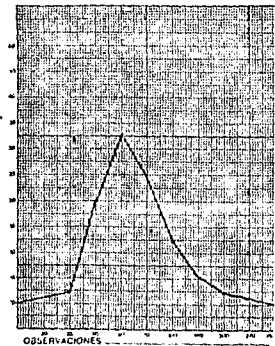
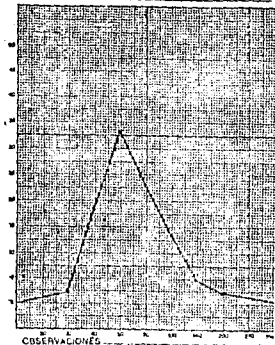
SILICAS POTOSI, S.A. DE C.V.

CURVA DE DISTRIBUCION

FECHA 11 SEPTIEMBRE 1990
 TURNO 1º TURNO HORA 9:09 HRS.
 REVISOR GUILLERMO RAZZ ESPINOSA
 ORDEN DE EMBARQUE 40262

MALLA	PESO RETENIDO	%	FACTOR	PRODUCTO
20			10	
30	2.34		20	47
40	20.02		30	601
50	32.84		40	1,314
70	24.32		50	1,216
100	13.87		70	901
140	5.40		100	540
200	2.05		140	287
270			200	
PLATO	0.14		300	102
TOTAL	100.18			5,008

MODULO S.F.M. 50
 CONCENTRACION 90.09%
 DISTRIBUCION MALLAS 40/50/70/100



PREPARACION DE ARENA PARA CORAZONES*

Se utiliza el proceso de resina de autocurado: estas resinas se mezclan normalmente con arena sílica para formar una mezcla húmeda con excelente fluidez. La mezcla de arena no se saca del molde hasta que la resina fenólica y el catalizador hayan reaccionado formando una masa dura y estable sin la necesidad de aplicar calor externo. Esta debe usarse con un catalizador orgánico.

Dentro de las características de la resina se menciona que es para uso general no estufable con bajo contenido de humedad y libre de nitrógeno; es usada para corazones grandes (el peso de los corazones para mazas es de aproximadamente 1000 Kg), presenta buena fluidez combinada con excelentes propiedades de curado aun con pequeñas cantidades de humedad en la arena, ésta última del orden de 0.2 a 0.4%.

Mezcla Recomendada o Típica:

Arena Sílica	100 libras.
Resina Fenólica	2.0 - 2.5 libras.
Catalizador	0.5 - 1.0 libras

Una vez mezclada la arena con la resina y el catalizador, el tiempo de curado varía de 1.5 a 2 horas, esto sin utilizar un calentamiento externo adicional. Se utiliza por lo general, de 2 a 3% de resina con respecto a la arena seca y de 20 a 50% del catalizador con respecto a la resina.

Conforme es aumentada la cantidad de catalizador, el tiempo de curado es menor, pero esto es peligroso ya que se pierden las propiedades. Por otro lado, cuando la arena este caliente, se requerirá menos catalizador y cuando esta fría (temperatura ambiente), requiere mayor cantidad para lograr el ciclo de curado.

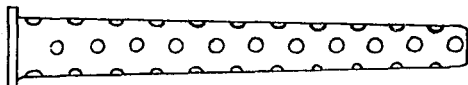
(*) Ref: Resinas de Fundición para aglutinar arenas, Reichhold Chemical, Inc., R. M. Ovestrud.

Manufactura de Corazones.

Para la elaboración de los corazones que se utilizaran en la fabricación de los moldes, el equipo necesario es: Linterna y Caja de Corazón.

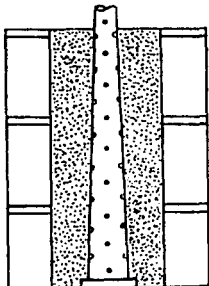
Linterna: Se le llama así a la parte central metálica del corazón y tiene como objetivo sujetar a la arena. Esta pieza es un tubo largo (su longitud depende del largo de la pieza y es usualmente mayor a la longitud del molde) elaborado en acero y provisto de perforaciones múltiples que permiten la salida de los gases provocados por la combustión del material orgánico de la resina fenólica y del catalizador usados en la fabricación de la mezcla.

Fig. 8.- Linterna.



Caja de Corazón: Esta fabricada en madera, cuya longitud y diámetro dependen de la pieza por colar, para desarrollar la longitud total es necesario; seccionarla en tres partes iguales, siendo a su vez bipartidas y simétricas y que al estar fraguado el corazón son abiertas y retiradas.

Fig. 9.- Caja de Corazón.



Mezclas de Arena utilizadas para moldes y corazones de Mazas.

Moldes.

Mezcla para cajas, descensos de colada, corredores y tazas de colada

Equipo: Mezclador Tipo Chileno.

	Kg	%
Arena Recirculada (1)	400	91.32 - 89.48
Bentonita Cálcica	20 - 25	4.57 - 5.59
Agua (densidad = 1 g/cc)	18 - 22	4.11 - 4.93

Mezcla para Pisos.

Equipo: Mezclador Simpson.

	Kg	%
Arena (2)	80	85.74
Bentonita Cálcica	3	3.21
Arcilla Refractaria 16-N	3	3.21
Carbón Marino	1.5	1.60
Harina de Madera	0.8	0.86
Agua (densidad = 1 g/cc)	4 - 6	5.36*

* Para el cálculo se tomaron 5 litros de agua.

Corazones.

Mezcla para corazones.

Equipo: Mezclador Simpson.

	Kg	%
Arena Sílica { 30/35	108.0	58.72
{ 50/55	72.0	39.15
Resina Fenólica	2.7	1.47
Catalizador	1.225	0.66

CONTROL DE ENSAYOS SOBRE MUESTRAS DE ARENA EN VERDE.

- 1.- Resistencia a la Compresión: La cual depende de:
 - a) Cantidad, tipo y distribución de los aglutinantes.
 - b) Tamaño, forma y distribución de los granos de la arena.
 - c) Condiciones superficiales de los granos.
 - d) Contenido de humedad.La norma establece: 14 - 16 lb/ pulg².
- 2.- Deformación.
- 3.- Permeabilidad: La cual depende de:
 - a) Finura, distribución y forma de los granos.
 - b) Cantidad y características de los aglutinantes.
 - c) Contenido de humedad.
 - d) Grado de apisonado.La norma establece 240 - 320 unidades.
- 4.- Humedad: El efecto de la humedad debe evaluarse sobre un rango de valores para obtener el óptimo para cada propiedad.
 - a) Al aumentar la humedad, se incrementa la resistencia en caliente y decrecen la resistencia a la compresión en verde, la permeabilidad y la dureza del molde.
 - b) Al decrecer la humedad, se incrementa la densidad.La norma establece: 4 - 6 %.

CONTROL DE ENSAYOS SOBRE MUESTRAS DE ARENA PARA CORAZONES.

- 1.- Humedad: Esta directamente relacionada con las propiedades del corazón en verde y el corazón ya curado.
- 2.- Resistencia a la Compresión: Puede usarse como índice de ruptura de los corazones y es función de los aglutinantes.
- 3.- Permeabilidad: La permeabilidad necesaria para un corazón dado depende de la cantidad de materiales formadores de gases en la mezcla usada.
- 4.- Dureza.

3.- Observaciones.

En la revisión de las actividades involucradas en el control de arena para la elaboración de moldes y corazones y con el propósito de mejorar éste, se sugieren los siguientes puntos:

- a) Mantener el espesor de pared de los moldes en aprox. 4 pulgadas para con lo cual tener un enfriamiento más rápido y endurecer la pieza superficialmente.
- b) Todas las cajas de moldeo deben tener venteos para permitir un adecuado aereado del molde.
- c) No usar excesiva mezcla de arena para ensamble en las cajas de moldeo y descensos de colada.
- d) Hacer adiciones de harina de madera en una proporción de 0.5 a 2% con respecto al peso de la arena, evitando defectos de expansión.
- e) Trabajar en un rango de resistencia a la compresión en verde de 14 a 16 libras/plg² (psi).
- f) Pintar moldes y corazones con pintura a base de zirconio.
- g) En caso de no usar esta pintura, usar pintura base grafito como en proceso normal, revestir con tres capas de pintura con la siguiente densidad: 1a capa: 30° Baume, 2a capa: 40° Baume y 3a capa: 50° Baume; ya no repintar. Las capas deben ser aplicadas en intervalos de 10 minutos y secar con antorcha o lampara, con esto evitamos o reducimos defectos por penetración de arena.
- h) Hacer los ajustes convenientes de resina fenólica y catalizador usados en la elaboración de corazones, en caso de ser necesario verificar con el proveedor cual es la proporción ideal.
- i) Colocar medidor o indicador de temperatura en la estufa de secado de los moldes.
- j) Montar laboratorio para la determinación de los ensayos pertinentes de las mezclas de arena para moldes y corazones, ya que no se efectúan ensayos para corazones.

1.- Sistema de Colada y Alimentación.

Una pieza de buena calidad está ampliamente dictaminada por los sistemas de colada y alimentación empleados, ya que los metales en el estado líquido absorben gases, estos erosionan al material del molde durante el proceso de colado atrapando suciedad y/o escoria, además, todos los metales sufren contracción en su volumen, por lo que esto debe evitarse al máximo posible mediante un adecuado diseño de los sistemas de colada y alimentación.

SISTEMA DE COLADA.

Para poder diseñar un sistema de colada efectivo y económico para una pieza dada, es necesario conocer el medio de moldeo, tipo de moldeo, diseño del molde, peso de la pieza, temperatura de colada, espesor crítico de la pieza, etc., el sistema de colada debe iniciarse con la utilización de un depósito o taza de colada para facilitar esta operación y mantener al sistema totalmente lleno, además de proveer un flujo uniforme de metal líquido.

Un buen diseño para los canales de colada debe hacerse de arena apisonada adecuadamente, que no forme turbulencia, provea un flujo uniforme y que primordialmente ayude a retener la escoria. Fundamentalmente un canal de colada debe diseñarse de acuerdo al gasto del hierro, por lo tanto, todas sus dimensiones están basadas en el peso de la pieza, por otro lado, deberá tener un recipiente dentro del cual es colado el metal líquido, el cual sirve como amortiguador para el metal subsecuente tendiendo a mantenerlo a nivel sobre la taza de colada o mazarota.

El metal deberá ser colado dentro de la taza o copa de tal manera que se vierta lejos del bebedero, ya que si es directamente va—

ciado sobre éste último, se desarrollan remolinos y turbulencias - creando una pieza defectuosa, pero cuando el metal líquido es vaciado dentro de la parte baja de la taza de colada, causa un efecto -- tal que permite al operador alcanzar una velocidad de colada óptima antes de que el metal penetre al bebedero.

Un diseño adecuado de colada debe cumplir con los siguientes -- factores: a) Factores Operativos y b) Factores de Diseño.

a) Factores Operativos.

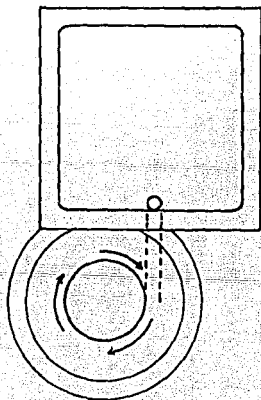
- 1.- Prevenir que la escoria de la cuchara penetre a la cavidad del molde, evitar la generación de inclusiones debido a las condiciones de flujo turbulento, evitar la erosión del molde y de los corazones por choque, debido a las velocidades del metal -- demasiado altas y que sea fácil la colada a los moldes con el -- equipo con se cuenta en la planta para esta operación.
- 2.- Asegurar un peso mínimo del sistema de colada y alimentación en relación al peso de la pieza colada, lo cual es conveniente -- para el rendimiento del metal, el cual debe ser alto. Promover -- una distribución equilibrada de temperaturas para alcanzar una -- pieza de buena calidad y evitar que queden esfuerzos residuales
- 3.- Efectuar el diseño en forma tal que las operaciones de corte o -- remoción del sistema no sean complicadas y laboriosas.

b) Factores de Diseño.

- 1.- El metal deberá fluir en el sistema de colada con un mínimo de -- turbulencia con el propósito de evitar la oxidación del metal, -- la entrada de aire, la aspiración de gases por el molde y la in -- clusión de materiales indeseables. Este requerimiento deberá -- minimizar los defectos de las piezas causados por inclusiones -- de escoria, arena del molde y gases atrapados.

- 2.- Que el metal entre a la cavidad del molde de una manera tal - que produzca gradientes de temperatura en el metal como en la superficie del molde hasta que la solidificación se efectue -- progresivamente en la dirección del alimentador, esto debe evi- tar contracciones y defectos resultantes de una mala alimenta- ción, es decir, obtener una solidificación dirigida para que - el enfriamiento sea uniforme.
- 3.- Transformar en el menor tiempo posible el flujo turbulento de- los instantes iniciales de colada en un flujo laminar, con ve- locidades que no erosionen las paredes de la cavidad del molde Tomando en cuenta los factores anteriores, se sugiere el si- -- guiente arreglo para la corrección del diseño del depósito o taza- de colada, observar la figura 10.

Diseño Original.



Diseño Corregido.

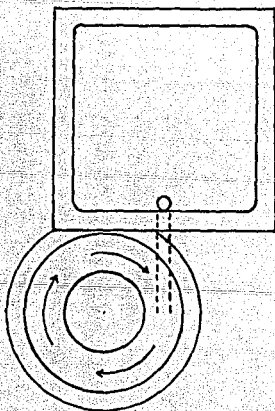
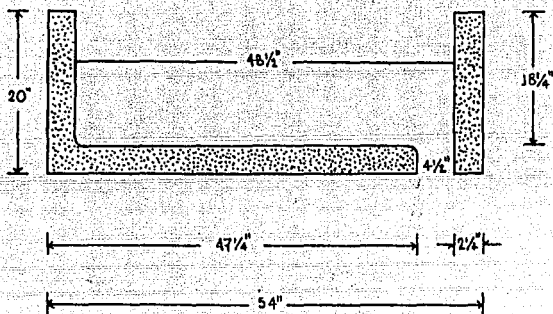


Fig. 10.- Vista superior de la taza de colada para mazas.

DISEÑO ORIGINAL DE LA TAZA DE COLADA.



DISEÑO CORREGIDO DE LA TAZA DE COLADA.

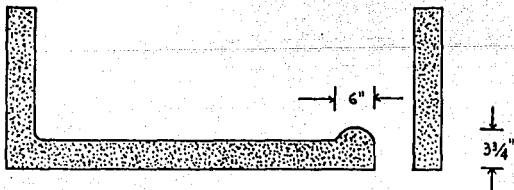


Fig. 11.- Vista lateral de la taza de colada para mazas.

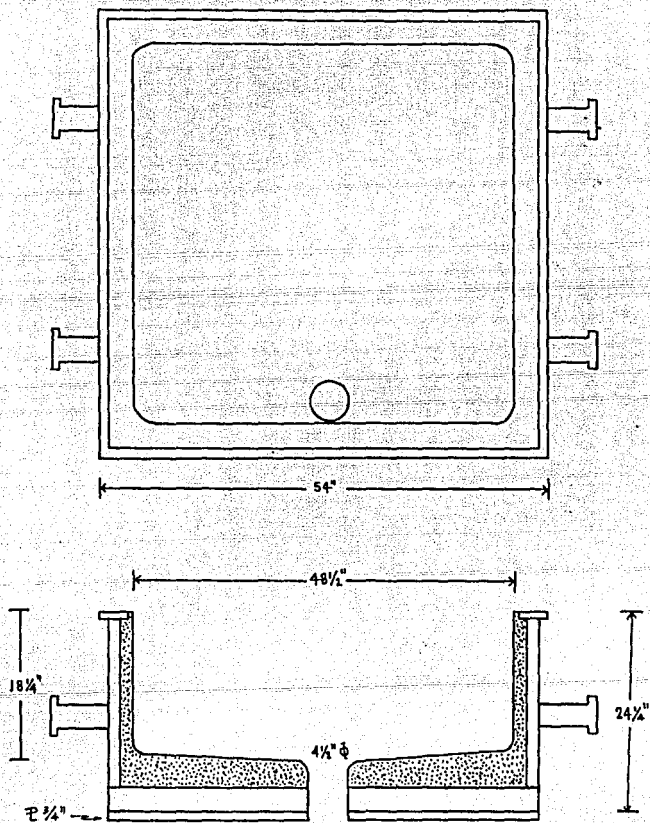


Fig. 12.- Dimensiones de la taza de colada para mazas.

Consideraciones generales sobre el diseño de los componentes de - un Sistema de Colada.

- 1.- Taza, Copa o Basín de Colada.
- 2.- Descenso de Colada.
- 3.- Corredor.
- 4.- Ataques.

1.- Taza, Copa o Basín de Colada: Es un basín o pileta que se extiende hasta la parte superior del descenso de colada. El término taza o copa se aplica generalmente a bacinés con gran superficie para vertir el metal líquido y son usados para:

- a) Facilitar al operador de la cuchara el caudal que necesita el sistema de colada, y para lo cual fue diseñado.
- b) Minimizar la turbulencia en la entrada del descenso de colada.
- c) Ayudar a separar parcialmente la escoria que flota en el seno del metal líquido, que en el bebedero se forma al llenarse el descenso, antes de que éste penetre al sistema de colada.

2.- Descenso de Colada: Es un conducto generalmente vertical, extendido por fuera de la pieza y tiene la función de conducir el metal líquido de la taza de colada al corredor con la menor turbulencia posible de tal manera que reduzca el arrastre de aire y evitar la erosión de las paredes del molde, eliminando así la entrada de impurezas no metálicas dentro de la cavidad del molde.

3.- Corredor: Es un conducto horizontal que conecta al descenso de colada con los ataques y además retiene a la escoria e impurezas no metálicas que no hayan sido eliminadas en el descenso de colada, el diseño se hace lo más sencillo posible.

Las dimensiones de su sección dependen de:

- a) Altura del descenso de colada, peso de la pieza y del sistema de colada y alimentación.
- b) El área del descenso en aquella sección calculada en base al peso del metal colado, velocidad de flujo, tiempo de colada y el peso específico del metal a colar.
- c) La velocidad deseada para que el metal fluya por él.

d) El tipo de sistema usado.

4.- Ataques: Es el último componente del Sistema de Colada, el cual permite la entrada de metal líquido a la cavidad del molde.

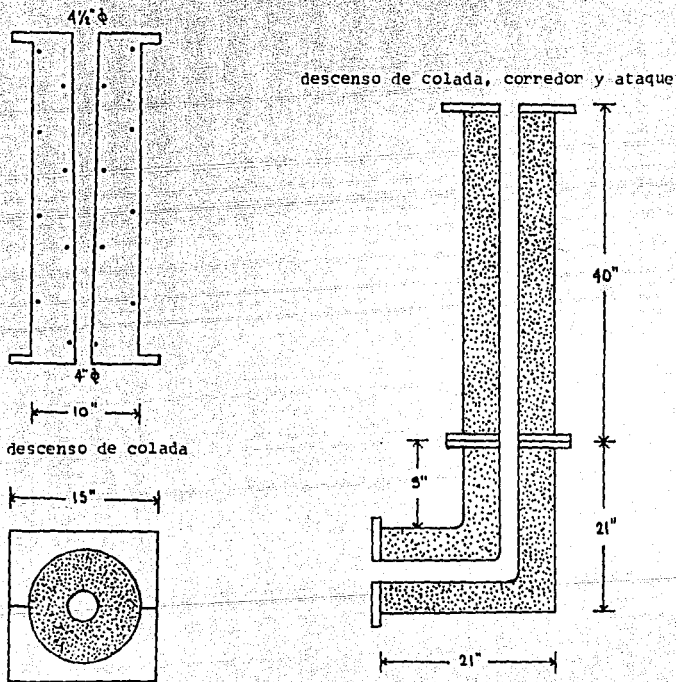


Fig. 13.- Componentes del Sistema de Colada y sus dimensiones.

Fig. 14.- Diseño de los Sistemas de Colada y Alimentación de Mazas

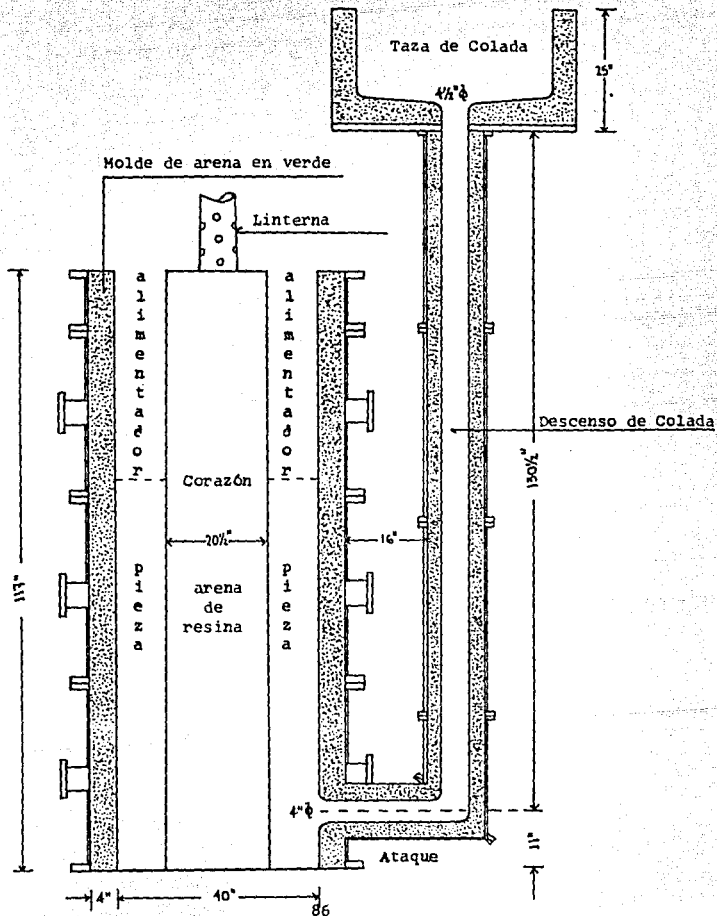
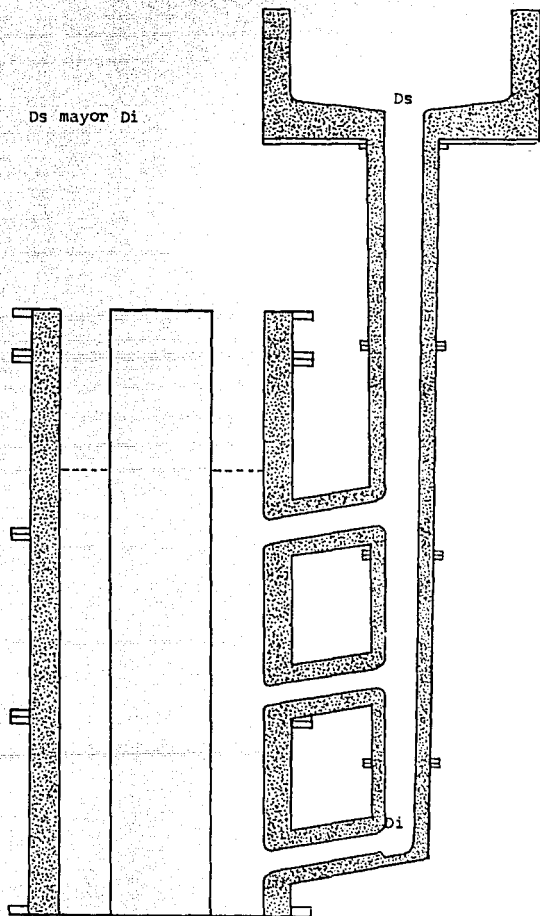


Fig. 15.- Diseño Corregido para el Sistema de Colada.



SISTEMAS DE ALIMENTACION.

La solidificación en la mayoría de las aleaciones esta acompañada por una apreciable contracción en volumen, la influencia de esta contracción sobre las piezas coladas, varía con las condiciones del enfriamiento.

Las medidas adoptadas por la alimentación de las piezas coladas, con frecuencia utilizan los principios de la solidificación direccional. Si el enfriamiento es controlado mediante el diseño del molde y de la pieza, de tal manera que el enfriamiento se -- inicie en las zonas más alejadas del alimentador, entonces éste, se diseña para que sea el último en solidificar con la finalidad de suministrar metal líquido durante el enfriamiento.

La regla de Chvorinov postula que el tiempo total de solidificación de cualquier pieza colada es una función directa de la relación entre su volumen y su área:

$$t = k (V/A)^2$$

El tiempo total de solidificación para un volumen cualquiera de metal es mayor, cuanto mayor sea su relación (V/A), es decir, esta relación es mayor para esferas, y progresivamente menor -- para cilindros, barras y placas.

En el diseño de un sistema de alimentación, el tamaño y la -- forma del alimentador deben satisfacer dos requisitos:

- a) La zona más alta del alimentador (cabeza) debe enfriar lo suficiente para asegurar que el metal líquido se -- aproveche durante toda la solidificación de la sección que va a ser alimentada, habilitando una solidificación direccional que tenga trayectoria desde la pieza hasta esta zona superior
- b) Esta zona del alimentador debe ser capaz de abastecer un su--

ficiente volumen de líquido para compensar la contracción líquida y la contracción por solidificación.

Estos dos requerimientos se refieren respectivamente a criterios de tiempo de solidificación y capacidad de volumen para alimentación.

El volumen de metal requerido para compensar la contracción es generalmente pequeño, alrededor del 4%. Los cálculos de alimentadores basados en los factores geométricos incorporan ciertos factores de corrección para cambios en la velocidad de solidificación, tales como los efectuados al incorporar material -- exotérmico al alimentador.

PRINCIPIOS DE DISEÑO DE UN ALIMENTADOR.

- 1.- Por principio, una pieza colada cuando es de diseño complicado, debe dividirse en zonas para ser alimentada por cabezas o alimentadores separados. Para un rendimiento máximo, el número de cabezas o alimentadores deberá ser el mínimo de acuerdo a la trayectoria y la distancia de alimentación.
- 2.- Los alimentadores o cabezas se deben colocar de manera adyacente a las zonas de módulo mayor con la finalidad de aprovechar los factores favorables para alimentación, como lo son: los gradientes de temperatura, presión metalostática y en ciertos casos la presión atmosférica.
- 3.- El tiempo de solidificación del alimentador debe calcularse de tal manera que exceda al tiempo de solidificación de la pieza colada o de la zona alimentada.
- 4.- La capacidad o volumen de alimentación de cada alimentador debe determinarse de acuerdo al conocimiento del patrón de solidificación de éste. Esta capacidad debe ser compatible con la contracción en volumen supuesta o esperada de la pieza colada. El volumen del alimentador se fija mediante la demanda de alimentación y el tiempo de solidificación.

Resumiendo, un alimentador es un elemento que sirve para compensar los cambios de volumen líquido y sólido que sufren las piezas coladas. Su principal objetivo es producir piezas sin defectos (cavidades por contracción o rechupes), sus principales factores de diseño de un sistema de alimentación son el tiempo de solidificación y el volumen de alimentación.

Este alimentador se considera como un recipiente abastecedor de metal líquido, el cual debe enviar metal líquido al interior de la pieza, debido a los siguientes motivos:

- a) Compensar el incremento de volumen en la cavidad del molde.

b) Compensar la contracción volumétrica líquida desde la temperatura de colada y la contracción durante la etapa de solidificación.

La superficie del alimentador al estar expuesta a la atmósfera, esta sujeta a una fuerte disipación de calor, las calorías se pierden por conducción a través de las paredes del alimentador. Aunque muy rápido al principio, el flujo de calor a través de las paredes disminuye cuando una fina capa de arena en contacto con el alimentador, ha alcanzado la temperatura del metal, puesto que la arena es un mal conductor, razones por las cuales se añade polvo exotérmico al alimentador.

Operaciones de prevención para obtener piezas de buena calidad.

I.- Sistemas de Colada y Alimentación.

- a) Sopletear todo el sistema de colada antes del ensamble con el molde.
- b) Pintar por completo todo el sistema de colada para evitar defectos por arena suelta.
- c) Modificar el diseño del descenso de colada. Diseñarla en una forma tronco-cónica con la finalidad de disminuir turbulencia y la aspiración de gases.
- d) Colocar corredores laterales, con el objeto de reducir los efectos de las presiones metalostáticas y de la gravedad durante el colado de los moldes.
- e) Colocar en el fondo del descenso de colada un amortiguador.

II.- Proceso de Colado.

- a) Todas las cucharas de colado deberán estar ventiladas, estos con el propósito de dar salida a los gases formados.
- b) Precalentar las cucharas de colada 24 horas antes del inicio de la colada. Con esto, evitamos posible humedad y que estén frías.
- c) Al adicionar escoriador al metal líquido, dejar que se forme una costra antes de retirarla, limpiarla bien para evitar que la escoria remanente penetre a la cavidad del molde. Se recomienda añadir escoriador en una cantidad de 200 g. por cada 100 Kg. de metal líquido.
- d) Comenzar el colado a una temperatura de $1250 \pm 10^{\circ}\text{C}$.
- e) Mantener la operación de colado de una manera continua, evitando así una alimentación intermitente, asegurando no tener posibles juntas frías y lo más suave posible sin ocasionar chisporroteos de metal líquido.
- f) Al recargar las piezas por el alimentador (cabeza de la pieza), colar lo más suave posible para prevenir que el material aislante (exotérmico) quede atrapado dentro de la pieza

CAPITULO VI.- FACTOR HUMANO.

1.- Comentarios.

El factor humano que existe dentro de todo tipo de industria es de importancia fundamental para el manejo de cualquier proceso productivo, tomando en cuenta las situaciones técnicas laborales y económicas.

El personal responsable de la elaboración de un producto - dado, tiene la total obligación de conocer y saber manejar todos los parámetros involucrados en el proceso. Deben conocer - en detalle, cada uno de los diferentes equipos e instalaciones de la planta, es decir; equipo de moldeo, equipo de fusión, el control de calidad, así como las materias primas necesarias, - ya que al tener un buen conocimiento de este conjunto de factores, se aumentará por consecuencia, la eficiencia de cualquier proceso siendo a la vez, menor el riesgo de obtener una calidad inadecuada del tipo de producto fabricado.

El personal, comunmente formado o integrado por el personal obrero, personal de supervisión y jefes departamentales - deben comprender profundamente la posición tan importante que desempeñan con respecto a sus responsabilidades directas, así como la parte integral del proceso mismo.

Es indudable que para la selección, coordinación, conducción y el control del proceso en este tipo de industria son - necesarios los Ingenieros Metalúrgicos y los Técnicos en Fundición, ya que son estos los que poseen la preparación profesional más adecuada en las disciplinas metalúrgicas para lograr - la mayor eficiencia productiva posible.

El conducir practicamente un equipo ó proceso, totalmente-

empírico, puede efectuarlo cualquier persona con estudios básicos, pero al hacerlo de manera profesional, es posible obtener los resultados técnicos y económicos óptimos, considerando que se cuenta con las suficientes bases técnicas, científicas y con una tecnología adecuada.

La diferencia esencial entre una industria rutinaria y de eficiencia mediocre con otra progresista, de productividad y de rendimiento elevados, radica en parte, en los equipos con que se cuenta, pero más aun, en el elemento humano que los opera.

Sobre este aspecto, se ha cometido y se siguen cometiendo demasiados errores en algunas empresas grandes y pequeñas debido a que se han ignorado a los profesionales metalúrgicos, lo que se traduce en los siguientes resultados: Obsolescencia técnica, baja productividad y un menor rendimiento económico.

Se puede anexar al comentario anterior, un estudio bien dirigido para aplicarse al factor humano.

- 1.- Análisis Ocupacional: Requiere de precisar las características actuales del puesto, lo cual se logra con un análisis sistemático, objetivo, real del trabajo que debe desarrollarse determinando en el análisis, calificaciones, tareas profesionales y las medidas de seguridad que dicha ocupación implique.
- 2.- Monografía o Perfil Profesional de la Ocupación: Esta explica como debe ser el trabajador, en que medio ha de desenvolverse, porque y para que debe actuar en la forma prevista, de que elementos se vale para cumplir su objetivo y que condiciones debe cumplir para el ejercicio del oficio.
- 3.- Cuadro Analítico de Operaciones: Es la descomposición ordenada del conjunto de operaciones complejas en unas más sencillas.
- 4.- Cuadro Analítico de Conocimientos: Del cuadro de operacio-

nes se definen de manera sinóptica y progresiva las distintas-
disciplinas que debe poseer el individuo para el desempeño del
oficio, incluyendo conocimientos, prácticas técnicas y de segu-
ridad relacionadas con el trabajo.

CAPITULO VII.- CONCLUSIONES FINALES.

Se pretende efectuar en esté trabajo un real análisis de las - posibles causas que provocan los defectos que aparecen con frecuencia en las Mazas para Molinos Azucareros, sugiriendo las soluciones probables de acuerdo a la capacidad y condiciones intelectuales, económicas y de mano de obra con que cuenta la empresa.

Por principio, debe hacerse una esmerada inspección del equipo de moldeo, cajas de corazón, linternas, molinos de mezclado, las - condiciones de operación del horno de cubilote y en general de - todo el equipo que de alguna manera forman parte de la fabricación de las piezas coladas como lo son: guas, estufa de secado de los moldes, equipo de ruptura de las chatarras, etc.

Se deben establecer las características generales e individuales que deben cumplir cada uno de los elementos o materiales usados en el proceso con la finalidad de poder controlarlos y mantener sus propiedades dentro de los rangos específicos determinados, motivo por el cual estas deberan ser homogéneas para cada materia-prima que se recibe o prepara en la fundición.

Para el control en la elaboración de estas piezas coladas, se debe contar con una hoja de proceso individual (por pieza) y otra que se denomina Control Estadístico de Proceso, C.E.P. (por colada) los cuales deben incluir los siguientes datos: Ver Anexos 1 y 2.

- a) Preparación de la Arena de Moldeo: Describir las operaciones -- fundamentales para la elaboración de las mezclas de arena de -- acuerdo a las especificaciones requeridas ya sea, para moldes o corazones.
- b) Operaciones de Moldeo: Describir la secuencia de operaciones en la fabricación de moldes y corazones, pisos, tazas de colada, -


etc., así como las maniobras necesarias en el acoplamiento y -
ensamble de los mismos.

- c) Preparación del Metal: Describir las operaciones básicas para-
convertir chatarra y ferroaleaciones en hierro grafilaminar, -
la transferencia de estos al horno para su fusión, así como el
colado de los moldes.
- d) Operaciones en la Fusión: Describir las operaciones necesarias
para obtener metal líquido en condiciones homogéneas, esto es,
temperatura de fusión, análisis químico y el control de la cu-
ña de temple a partir de condiciones de suministro de aire, al
tura de la cama de coque, carbón coque suministrado en calidad
y cantidad, etc.
- e) Resultados obtenidos de Análisis Químico, Análisis Metalográfi
co y de Dureza Brinell para cada pieza colada.

Anexo 1. - Hoja propuesta para el control y registro global de fabricación de mazas azucareras.

CONTROL DE LAS MEZCLAS PARA MOLDEO.			
ESPECIFICACION	NORMA	INSPECCION	DESVIACION
Granulometría			
% Nueva/Usada	0/100		
Bentonita	4.5-5.6		
Agua	4.1-4.9		
Tiempo/mezcla	4.5 min		
Permeabilidad	270/120		
Resist. verde	14/16		
Dureza	80/85		
Cajas de Moldeo			
Diámetro;pulg.			
Longitud;pulg.			
Grosor de pared	4" mín.		
Planeza;pulg.	1/16		

CONTROL DE LAS MEZCLAS PARA MOLDEO.			
ESPECIFICACION	NORMA	INSPECCION	DESVIACION
Granulometría	40%50/55 60%30/35		
Carga de Arena	180 Kc.		
Resina	2.7Kf.		
Catalizador	1.2Kq.		
Tiempo de Mezcla	2' cat. 2' res.		
Tiempo de Moldeo	25-30'		
Tiempo/Fraguado	2-2.5 h		
Pintura	3 manos		

CONTROL DE LA CURA DE TEMPLA		CONTROL DE COLADA		ANALISIS QUIMICO		METALOGRAFIA	
% C.E.	Chill Test	TEMP. Vaciado °C	1250-10	% C	2.7-3.2	Grafito Tipo	A
% C		Tiempo de Vaciado		% Mn	1.0-1.5	Grafito tam.	2-4
% Si		Observaciones:		% S	1.4-1.8	% Perlita	85 mín
DIGILAB				% P	0.5 máx.	% Esteadita	5 máx
		Dureza Brinell	190-210	% S	0.06 máx		

Anexo 2.- Hoja Propuesta para el Control del Hierro.

Sangría	Lapso	Temperatura °C	Valor cufia	Temperatura °C		%C	%C	%Si
			procesada	Liquido	Sólido			

Observaciones Generales:

BIBLIOGRAFIA.

Libros:

- 1.- Apraiz Barreiro J.
Fundiciones. (1975)
Editorial Dossat, España.
- 2.- González Vargas F. y Meseguer Lima R.
Introducción al Diseño y Operación de Hornos de Cubilote.
S.M.F. México, D.F. (1981)
- 3.- Casting Defects Handbook.
A.F.S. Chicago, Illinois. (1966)
- 4.- Manual de Defectos de Fundición.
General Motors de México.
Toluca, México. (1984)
- 5.- Iron Castings Handbook, Gray & Ductile.
A.F.S. Chicago, Illinois. (1971)
- 6.- El Horno de Cubilote y su Operación.
A.F.S. Editorial CECSA. (1985)
- 7.- Foundry Sand Handbook.
A.F.S. Chicago, Illinois. (1952)
- 8.- Moulding Practice Cores.
A.F.S. Chicago, Illinois. ()
- 9.- Gerin Sylvia J.
Cast Metal Technology.
Adison-Wesley Pub. Co. (1972)
- 10.- P.R. Beeley.
Foundry Technology.
Newnce Butterworths. (1979)

Revistas:

- 1.- Pappaterra Caballero J.
Los reactantes: El coque y el aire.
Moldeo y Fundición # 5 (Abril, 1979) pag. 26 - 38
- 2.- Avila Fernando.
Algunas consideraciones para el control de arenas de moldeo.
Moldeo y Fundición # 5 (Abril, 1979) pag. 59 - 60
- 3.- Pappaterra Caballero J.
Arenas de Moldeo.
Moldeo y Fundición # 9 (Febrero, 1980) pag. 8 - 11
- 4.- Svoboda, M.J.
Sulphur and Phosphorus control in ferrous metal.
Modern Casting. (August, 1979)
- 5.- Foseco International Limited.
Foundry Practice # 190 (June, 1974)

Bibliografía Recomendada:

- 1.- Apuntes del Curso de Ingeniería de Fundición.
Ing. Marcelino Madrigal D. Facultad de Química, U.N.A.M.
- 2.- Tecnología de los materiales de moldeo en fundición.
Franz Hofmann. Madrid, España.
- 3.- Foundry Trade Journal.
- 4.- Modern Casting.
- 5.- Tecnología de la Fundición.
Capello Edoardo.
Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España.