

ORDINATORIO DE DEVOLUCION

NOMBRE DEL

17 SEP 2019

ESPOL-CIB  
INVENTARIO FISICO  
06 SEP 2018  
POR: *Luzanne C.*



*Liliana U.*  
07/12/2017



23-11-2015

Ing. María José Mito Mera  
COORDINADORA DE ASISTENCIA TECNICA - CIB

RECORDAR

FECHA  
DEVO



\*D-4076\*

Rubén Cañas  
6/3/03.



INVENTARIADO

29 HDR. 52

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA**

Efectos de las Mezclas de Arenas de  
Moldeo en las Fundiciones

**TESIS DE GRADO**  
**Previa a la Obtención del Título de**  
**INGENIERO MECANICO**

Presentada por:

**DAVID EDUARDO VIZUETE ZAMBRANO**

Guayaquil - Ecuador

1 9 8 1



BIBLIOTECA

671.25  
V864

L.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

"EFECTOS DE LAS ARENAS DE MOLDEO EN LAS  
FUNDICIONES"



BIBLIOTECA

TESIS DE GRADO  
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO

POR:

DAVID EDUARDO VIZUETE Z.

D-4076

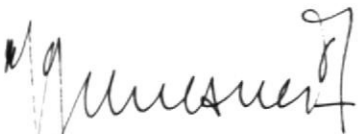
GUAYAQUIL-ECUADOR

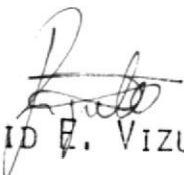
1.981

"EFECTOS DE LAS ARENAS DE MOLDEO EN LAS  
FUNDICIONES"

DIRECTOR DE TESIS

A U T O R

  
ING. IGNACIO WIESNER F.

  
DAVID E. VIZUETE Z.



BIBLIOTECA

T  
671.25  
V864

DECLARACION EXPRESA:

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis son de mi exclusiva responsabilidad y que el patrimonio intelectual de la misma corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL (Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)



D-4076

## AGRADECIMIENTO

A la ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

Al ING. IGNACIO WIESNER F.  
Director de tesis, por su  
ayuda y colaboración para  
la realización de este traba  
bajo.

Al ING. JOSE LUIS ENRI-  
QUEZ, por su asesorami  
ento en la culminación de  
esta tesis.

DEDICATORIA

A mis PADRES

A mis HERMANOS

A mis TIOS Y PRIMOS

# CONTENIDO

	Pág.
CAPITULO 1	
INTRODUCCION	8
CAPITULO 2	
EVALUACION DE LAS FUNDICIONES EN EL AREA DE MOLDEO EN VERDE	12
2.1. Visitas Industriales	12
2.2. Presentación del problema	13
2.3. Justificación del estudio	14
CAPITULO 3	
FUNDAMENTOS TEORICOS	
3.1. Estudio de las tierras de moldeo	25
3.2. Requerimientos generales de las arenas de moldeo.	35
3.3. Elección y control de una arena	46
3.4. Defectos de fundición inherentes a las arenas de moldeo.	48
3.5. Materiales adicionales a las arenas de moldeo.	57
CAPITULO 4	
TRABAJO EXPERIMENTAL	67
4.1. Arena base	69
4.1.1. Análisis de control.	69
4.1.1.1. Granulométrico	69
4.1.1.2. Químico	71
4.1.1.3. Refractabilidad	79
4.2. Arena aglutinada	80
4.2.1. Análisis de control	80
4.2.1.1. Lixiviación	81

4,2,1,2. Determinación de la arcilla activa.	87
4,2,1,3. Permeabilidad	93
4,2,1,4. Características mecánicas,	102
4,2,2. Defectos de fundición debidas a las arenas aglutinadas,	106
4,2,2,1. Causas	108
2,2,2,2. Remedios	111
CAPITULO 5	
ANALISIS DE RESULTADOS	122
CAPITULO 6	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	131
APENDICE	136
BIBLIOGRAFIA	146

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

En nuestro país puede calcularse que una mayoría de las piezas defectuosas se deben a una preparación inadecuada de las arenas de moldeo, que se utilizan en las fundiciones. Lo cual motiva a la realización de una evaluación y mejoramiento de las propiedades, tanto físicas como químicas, y a encontrar nuevas alternativas que permita dar una orientación a las personas que se encuentran ligadas con esta industria, para de esta manera abaratar los costos de producción y el mejoramiento de la calidad que es lo que tanto se persigue.

Por todos es conocido, que uno de los primeros estudios iniciados por la Sección de Fundición del Instituto del Hierro y el Acero, ya realizado éste, fue el de las tierras de moldeo, para empezar una serie sistemática de trabajo que logra el conocimiento más perfecto posible de las tierras de moldeo naturales, que servirán para la comprobación con los análisis que en el Ecuador y en especial Guayaquil se hagan.

Siguiendo con el camino de estos institutos, el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral conjuntamente con personal técnico de Organización - de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (O.N.U.D.I.)

llevar a cabo un estudio de las características de las arenas de moldeo en verde que se utilizan en las plantas de fundición como una de las causantes a la presencia de defectos, debido exclusivamente a la mala forma de preparación y darle a la vez solución a ese problema que se lo viene arrastrando desde años atrás.

Se realizó un amplio trabajo experimental con las arenas de Río Guayas y Posorja que son las utilizadas y las arenas de Limón\* de la prov. de Morona-Santiago, que son las que se trata de introducir a nuestro medio.

Primeramente se efectuaron los análisis granulométrico y químico que darán las características que van a poseer las arenas, denominadas bases, para la fundición. Dándonos valores importantes como son: el índice de finura, forma de grano, grano medio, grado de uniformidad y la cantidad de sílice - presente y así como también los porcentajes de impurezas presente.

En cuanto a la refractabilidad se dará estos resultados acudiendo a información proporcionada por fábricas de vidrio y en otras ocasiones tomando ciertas referencias que permitirán dar, si no de una manera exacta, un valor aceptable.

\* Tesis de grado de Marcos Tapia, ESPOL

A las arenas aglutinadas se le analizó una serie de propiedades como son: la humedad, permeabilidad, dureza y compresión que a las claras llevarán a localizar en donde están las dificultades que obligan a la detección de los defectos.

Se logró encontrar una curva que facilitara a los fundidores a saber de una forma sencilla la cantidad de bentonita presente en las arenas de moldeo, y por medio de la lixiviación lograr calcular la arcilla total para conjuntamente con la determinación de la arcilla activa poder localizar la cantidad de arcilla muerta o quemada en la arena. Así como cual es la tendencia a la degeneración granulométrica de la misma.

Finalmente, se efectuó el trabajo de planta para la prueba de las nuevas arenas, además, para tratar de demostrar que la preparación de las arenas de moldeo no es la más conveniente. Para hacer la prueba se tomó como arena base la de Limón color Amarillo que conjuntamente con la blanca son las que reúnen ciertas condiciones previas que deben tener las arenas bases.

Se ha pensado que llegado el momento de ordenar los datos agrupados, con el propósito de dar a la Industria Ecuatoriana de fundición experiencias principalmente de carác-

ter práctico, que ayude a que cada fundidor, utilice en su trabajo, la arena más indicada para lo que se desea lograr. Esta labor comienza por la exposición de todo lo recopilado sobre un grupo de tierras de moldeo de la calidad cuyo conjunto servirá de información a los fundidores.

Los resultados son bastante satisfactorios debido a que se da a conocer que las arenas que utilizan y la forma de preparación para el moldeo en verde no son lo más aconsejables para la confección de un modelo y que necesariamente se tendrá que introducir nuevas arenas y técnicas para la elaboración de arenas de moldeo y de esta forma lograr el objetivo el cual era la eliminación de los defectos de la fundición inherentes a las arenas.

## CAPITULO 2

### EVALUACION DE LAS FUNDICIONES EN EL AREA DE MOLDEO EN VERDE

Los defectos en las piezas fundidas de hierro gris, es una de los graves problemas por los que están pasando las fundiciones de nuestro país, lo cual obliga a la pérdida de calidad de las mismas y en otro de los casos a elevar los costos de los productos elaborados.

Para ver la forma de eliminarlos se hace una evaluación de las fundiciones en el área de moldeo en verde que permitirán conocer como y en que condiciones estas entran en el moldeo de las piezas.

#### 2.1. VISITAS INDUSTRIALES

El objetivo principal de las visitas a las industrias de la fundición fue la de investigar directamente las posibles causas que ocasionan los defectos en las piezas fundidas y luego con esos datos poder empezar el estudio del porque de las fallas de la producción.

Es por ellos que en la observación de las piezas fundidas se tomaron fotografías que servirán para identificar los defectos y tipificarlos, se hicieron junto con lo anterior, investigaciones de los métodos de trabajo.

Se pudo constatar la inadecuada forma de preparar una arena de moldeo, la de no efectuar ningún control de propiedades y la carencia de equipos de moldeo.

Por el contrario se observó que la preparación era de una forma manual y de igual manera se lo llevó a efecto dando como resultado diferencias en los moldes de acuerdo al operario que hace los moldes o trabajo. También se notó que no existen control de las arenas que se reciclan en el proceso, sabiendo que sus condiciones varían debido al efecto de quemado que promueve el metal a la temperatura de colado.

## 2.2. PRESENTACION DEL PROBLEMA

El problema en si dentro de las plantas de fundición es el elevado porcentaje de los defectos en los productos terminados, los mismos que siempre han sido una preocupación de las personas dedicadas a este tipo de trabajo, de no saber exactamente las causas a las cuales atribuir los defectos y de que manera eliminarlos. Sirve para el caso la máxima que en trabajo de fundición se dice "para saber como eliminar defectos en las piezas primero hay que saberlos producir".

De los resultados de las visitas que se efectuaron a las

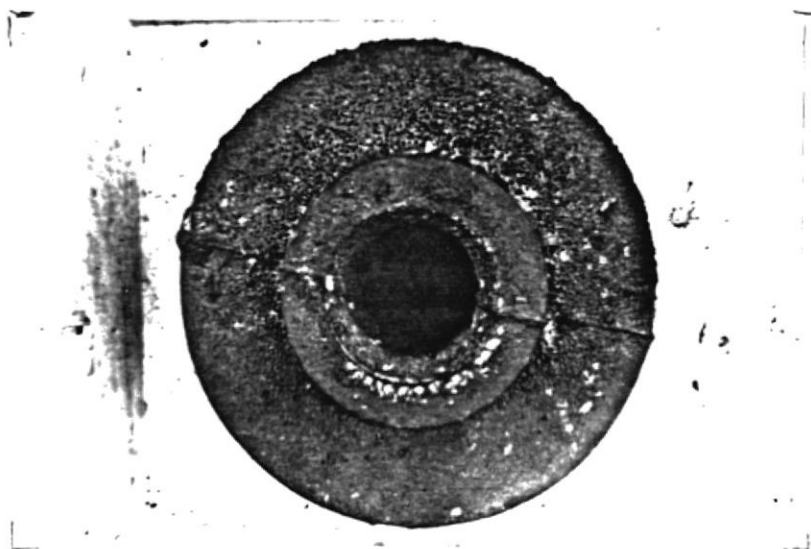
fundiciones, tanto de las fotografías, de las encuestas y de lo que se logró observar, son demasiado claros en mostrar que una de las principales causas para la aparición de defectos, en la mayoría de los casos, es la mala selección de las técnicas de moldeo, es decir, la forma equivocada de la preparación de las arenas de moldeo en verde. Los mismos que no reúnen condiciones propicias para su empleo en el modelaje de los productos de fabricación.

Para encontrar la solución al problema de las arenas de moldeo deben investigarse concienzudamente las propiedades de las mismas, así como también si es que se está agregando en forma adecuada todos los aditivos para el moldeo exigidos y de ahí se estará seguro de encontrar el remedio del mal.

### 2.3. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

El objetivo principal del estudio es de tratar de dar al fundidor asesoría en cuanto al mejoramiento técnico de la forma como se debe llevar a cabo la preparación de las arenas de moldeo para así eliminar el alto porcentaje de piezas rechazadas por defectos.

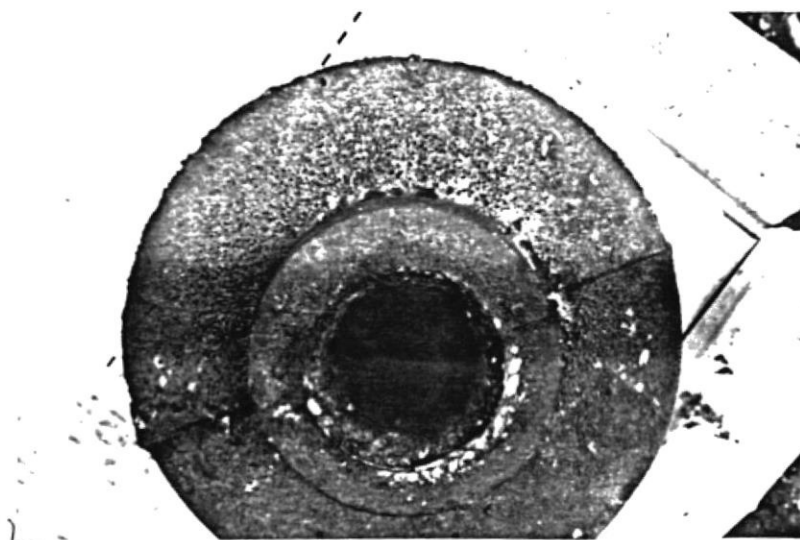
Como es de conocimiento que las circunstancias actua



FOTOGRAFIA 2.1.- Rugosidades

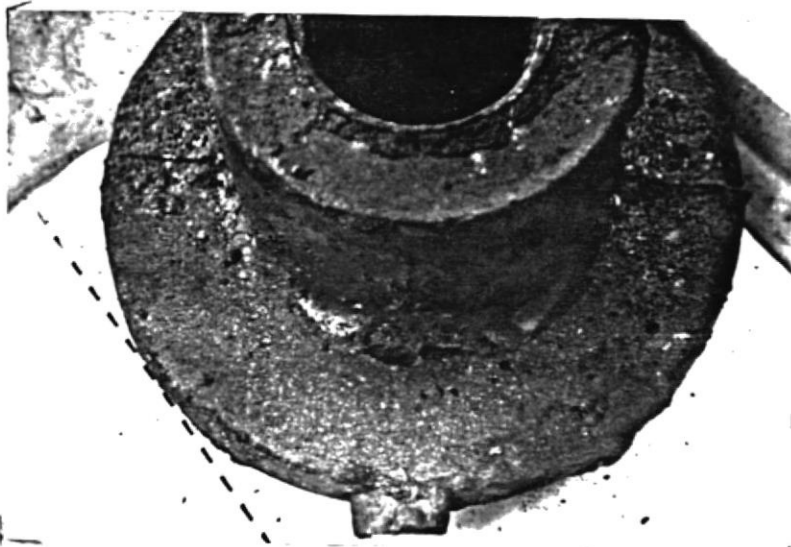


BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

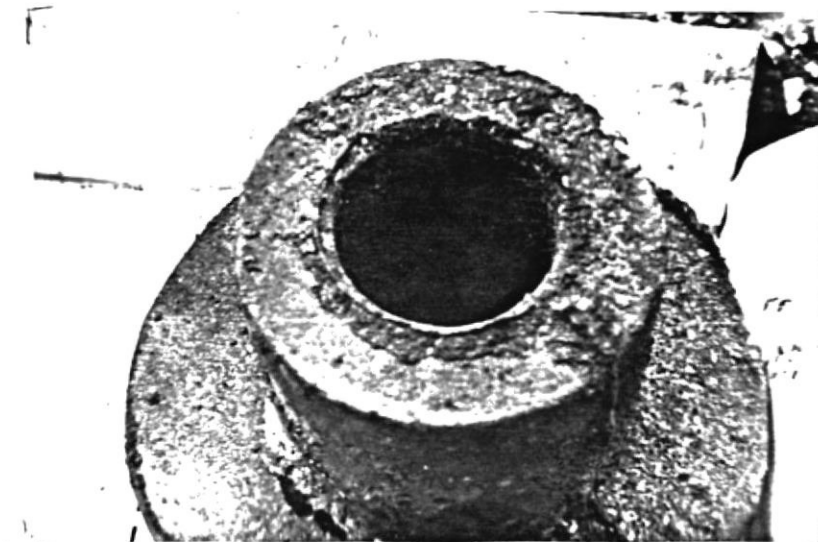
FOTOGRAFIA 2.2. Porosidades, aire atrapado en la arena o sopladura.



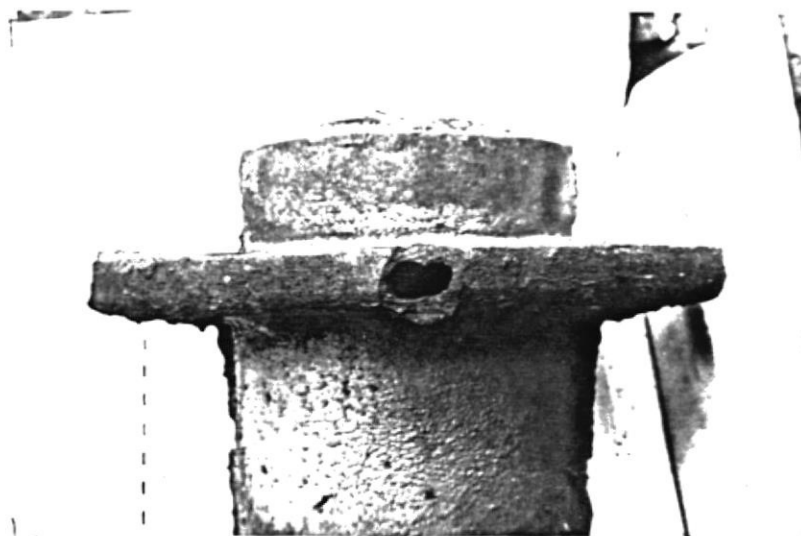
FOTOGRAFIA 2.3.- Sopladura y porosidades.



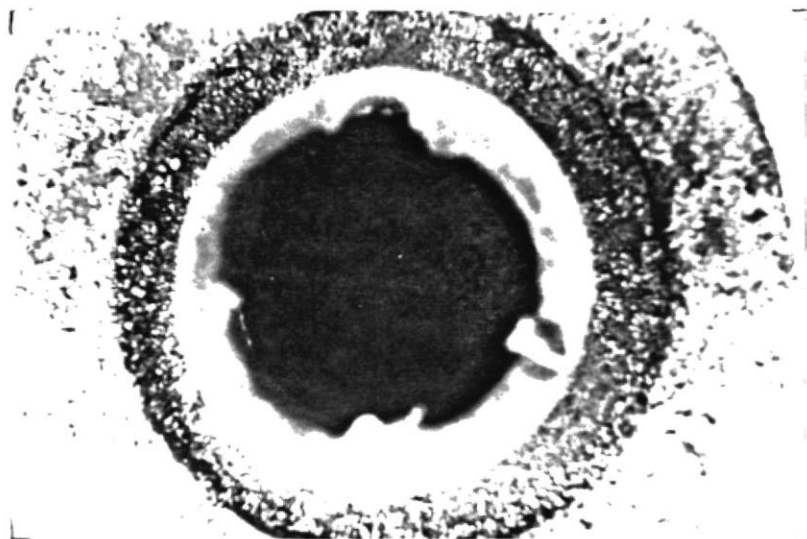
FOTOGRAFIA 2.4.- Porosidades y arrastre de arena.



FOTOGRAFIA 2.5.- Inclusiones de arena.



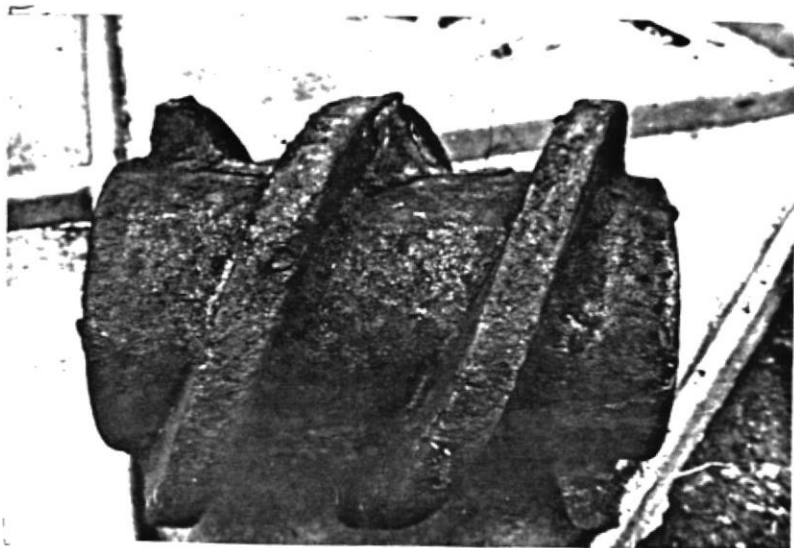
FOTOGRAFIA 2.6.- Superficie rugosa de la misma pieza y soldadura.



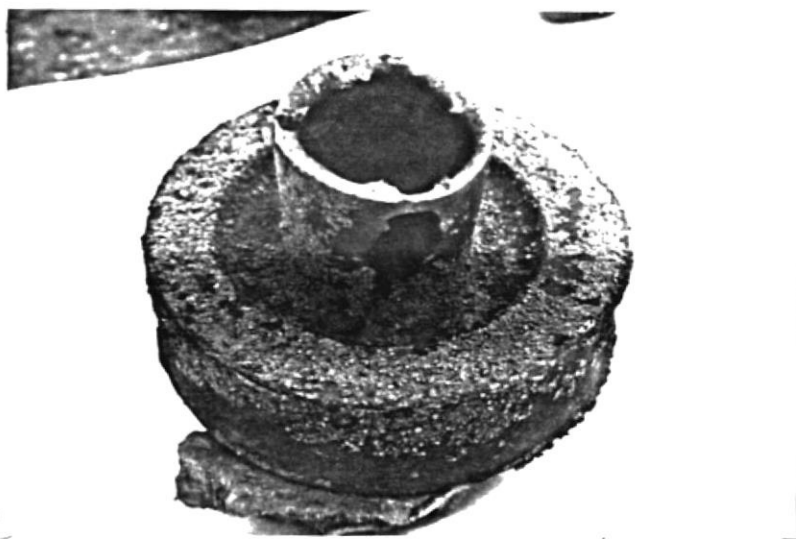
FOTOGRAFIA 2.7.- Aire atrapado. Vista superior



FOTOGRAFIA 2.8.- Berrugas de arenas y rebarbas. Vista inferior.



FOTOGRAFIA 2.9.- Porosidades y bertugas de arena.



FOTOGRAFIA 2.10.- Sopladura o aire atrapado.



FOTOGRAFIA 2.11.- Berruga de arena.- Sopladuras de aire.



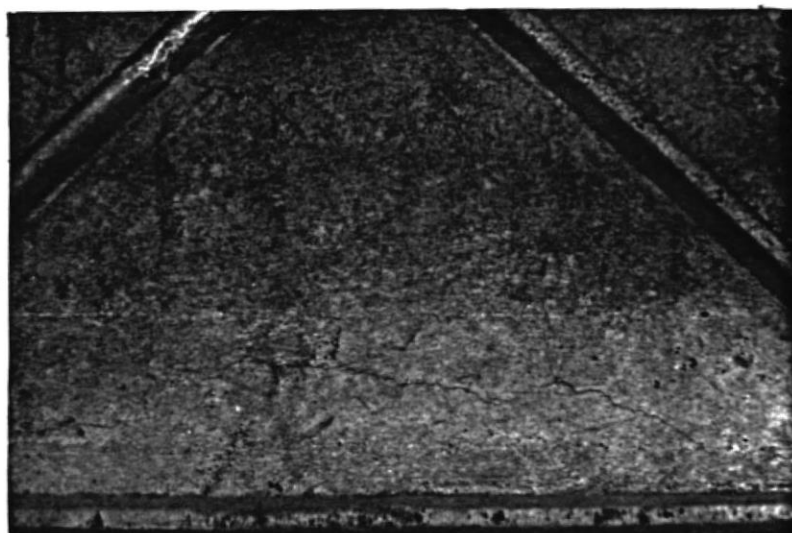
FOTOGRAFIA 2.12.- Arrastre de arena.



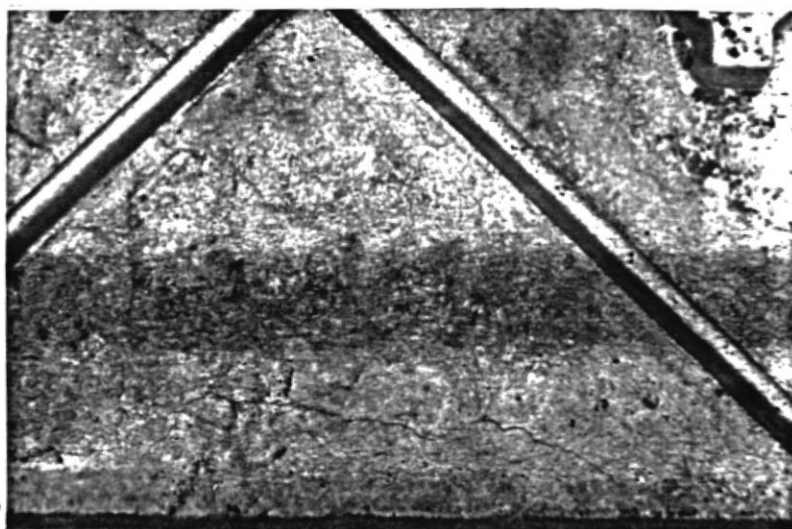
FOTOGRAFIA 2.13.- Defecto ocasionado por mal moldeo.



FOTOGRAFIA 2.14.- Incrustaciones de arena.



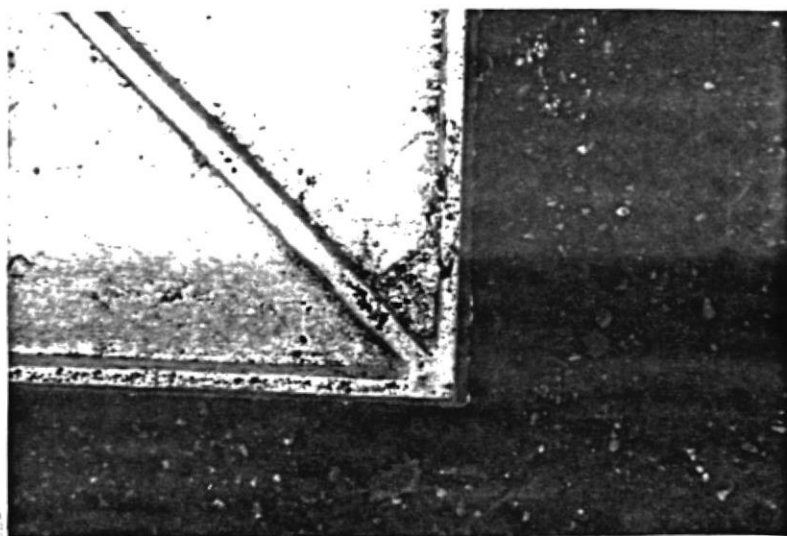
FOTOGRAFIA 2.15.- Colas de Rata.- En tapas de IETEL.



FOTOGRAFIA 2.16.- Emplastro.- Colas de Rata



FOTOGRAFIA 2.17.- Porosidades



FOTOGRAFIA 2.18.- Porosidades. Aire atrapado

les ponen el criterio de costos sobre todos los demás tradicionalmente tomados en consideración a la hora de elegir, los materiales y los costos, no se debe olvidar que la calidad es el factor que más primordialmente influye en aquel. No solo por la simple consideración del porcentaje de rechazos, sino por la incidencia de una baja calidad en los gastos de acabado de las piezas fundidas.

## CAPITULO 3

### FUNDAMENTOS TEORICOS

#### \* 3.1. ESTUDIO DE UNA TIERRA DE MOLDEO }

La tierra de moldeo en verde está constituida por arena, bentonita, agua y aditivos de los cuales se hablará a continuación de una forma detallada y amplia.

En general se ha definido a la arena como una materia mineral de granos de tamaño muy variable entre 0.05-2 mm. sin hacer referencia al carácter de mineral de esos granos.

Se trata en la mayoría de los casos de una arena natural de la cual se ha separado de la parte más gruesa mediante un lavado y luego un tamizado, para dejar a la arena en condiciones para poderla utilizar en las fundiciones.

Se llama arenas seleccionadas las que han sido separadas artificialmente en varias fracciones con características granulométricas particulares, aptas para los diversos usos de las plantas de fundición. También arenas naturales no tratadas pueden hallar empleo en la fundición si sus características granulométricas son buenas

y el contenido de arcilla, inevitablemente presente no es muy elevado.

- \* Los requisitos fundamentales a los cuales deben satisfacer las arenas para fundición son las que se refieren a la composición química-mineralógica, a la granulometría y a la forma de los granos.

La composición química-mineralógica ideal, sería de disponer de una arena constiuída únicamente por cuarzo, es decir sílice, pero ninguna arena alcanza este grado de pureza, sinembargo una pureza elevada no es necesaria en ninguna operación de fundición. Las exigencias de fundición son notablemente inferiores a la de la industria de vidrio y también de alguna industria química y metalúrgica.

- \* En fundición se emplea por lo general normalmente arenas con contenido de sílice que va de 85-90%, naturalmente el contenido de sílice que se obtiene por análisis químico es muy superior a los valores expuestos, porque la mayoría de las impurezas son representadas por minerales que contienen sílice.

Este detalle se hace presente cuando se ensaya una a-

rena a temperatura elevada y se nota que no existe una justa relación entre la refractabilidad y la composición-química-mineralógica de la arena; naturalmente los más ricos en sílice son los que normalmente equivalen a ser más refractarias, pero es importante tener presente que no es posible conocer con suficiente precisión la refractabilidad partiendo de la composición.

Las principales impurezas que acompañan a la sílice en las arenas de fundición pueden ser clasificadas en:

- a. Carbonatos
- b. Feldespatos
- c. Silicatos Ferromagnesianos
- d. Silicatos laminares
- e. Hidrosilicatos
- f. Oxidos de hierro

Sabiendo que siempre están presentes en las arenas se comentará en adelante de una manera superficial sobre la influencia de cada uno de ellos tiene en el comportamiento de la arena al someterla a la acción del metal fundido a temperatura de colado.

- a. Influencia de los carbonatos

Generalmente las arenas están constituidas por restos

de esqueletos de organismos marinos y son conocidos porque:

- Causan fragilidad en los granos de la arena.
- Provoca emisión de gas (anhídrido carbónico) entre 500- 800°C.
- Provocan falta de resistencia al choque térmico.
- Aumenta la cantidad de catalizador ácido en los procedimientos de aglomeración de las arenas con las resinas fenólicas y furánicas.
- Provocan reacciones de óxido de calcio con la sílice, formando productos que funden a la temperatura relativamente bajos.

Es preferible ausencia de estas impurezas pero son generalmente tolerables hasta un 5 por ciento.

#### b. Influencia de los feldespatos

Tienen un punto de fusión que varía según la composición, pero generalmente es siempre inferior a los 1200°C bajando con ella la refractabilidad de la arena, pudiendo sin embargo ser útiles debido a que compensan la expansión del cuarzo.

Los feldespatos constituyen las impurezas más comunes

linos como es conocida la estructuración, que en las bentonitas llega a tener una forma laminar e incluso acicular, también se sabe que entre estos estratos - cristalinos hay iones del medio natural, conocido como cationes estos son los que juegan un papel primordial del mecanismo de aglutinación, aparece en menos cantidad en arcilla de estratos muy apretados que en las bentonitas, que poseen cantidades elevadas, pero muy variables. En la arcilla se encuentran iones  $H^+$  y en la bentonita iones  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  o ambas simultáneamente.

La aparición del agua, líquido polar, en el ámbito de una arcilla o una bentonita provocan fuertes movimientos moleculares que se traducen en la formación entre los estratos de la arcilla y alrededor de las partículas de una película acuosa.

En la figura número 1 en el cual se esquematiza la formación de las formas polar del agua y los cationes estructuran la película acuosa citadas y confieren a las mezclas unas propiedades nuevas y particularísimas.

Al intentar ahora un movimiento de desplazamiento en

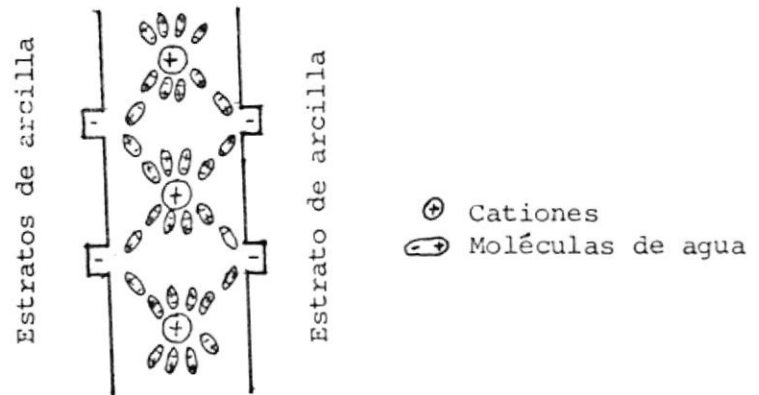


FIGURA 1.- Formación de película de agua entre los estratos de arcilla

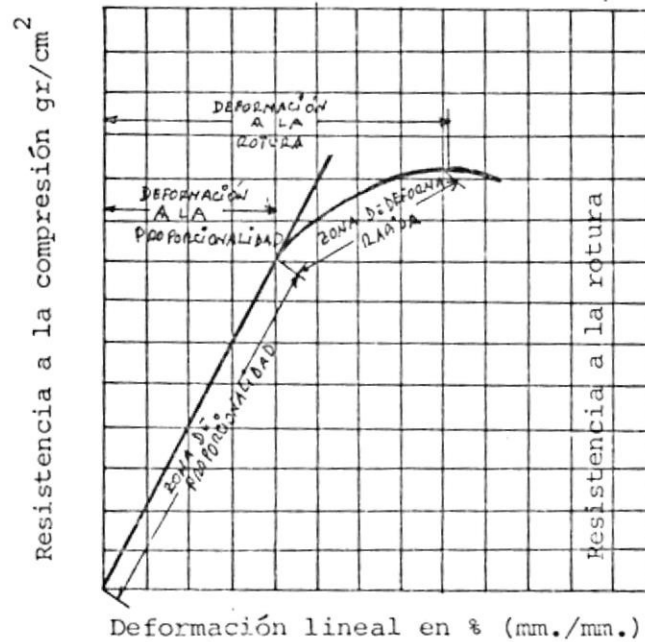


FIGURA 2.- Curva resistencia.- Deformación en el ensayo de compresión.

tre los estratos de las arcillas se encuentran con las resistencias de las ligaduras electrostáticas formadas, siendo esta la propiedad de cohesión. Si no obstante aplicamos la energía necesaria de amasado, las partículas resbalarían unas sobre otras rompiéndose las ligaduras en unas posiciones y restableciéndose en otras, esto es conocido como plasticidad. Si aparece en la masa un material extraño como por ejemplo la arena, queda envuelta y ligada a una película arcillosa, siendo esta la propiedad de adhesión.

Los aditivos es otra de las partes que entran en la formación de una arena de moldeado en verde para la fabricación de piezas fundidas dándole cierta calidad y eliminar un porcentaje de defectos de fundición, por lo cual se lo tratará en un artículo aparte.

En cuanto a la cantidad de agua absorbida y el espesor de la película formados entre los estratos (hinchamiento) depende del tipo de cationes que posea las arcillas. Es menos en la bentonita sódica, menos en las arcillas ácidas y menos aún en las bentonitas cálcicas puras. El no existir comercialmente bentonita sódica ni cálcica exclusivamente hacen que en la práctica las bentonitas cálcicas tengan más poder de hinchamiento que las arcillas.

Se ha llevado a efecto un estudio de los principales ingredientes de una arena de moldeo, la misma que se forma uniendo en porcentajes adecuados.

### 3.2. REQUERIMIENTOS GENERALES DE LAS ARENAS DE MOLDEO

Una tierra de moldeo ya sea natural o sintética es esencialmente una mezcla de sílice, arcilla y agua más los aditivos, y tienen que reunir ciertas propiedades que se pueden resumir en lo siguiente:

Plasticidad

Cohesión

Permeabilidad

Refractabilidad

#### ✓ Plasticidad

Es una propiedad que tienen las arenas de moldeo y se la define cuando las partículas que forman las bentonitas resbalan unas sobre otras rompiendo las ligaduras electrostáticas, formada entre los estratos cristalinos de la bentonita y las moléculas dipolares del agua, en unas posiciones y nuevamente apareciendo estas ligaduras en otras.

Desde el punto de vista de que la fundición es la reproducción de un modelo es importante que la arena posea capacidad de copiar fácilmente el molde o modelo.

- \* El elemento que proporciona esta capacidad en la arcilla en presencia del agua, dependiendo de la cantidad o del porcentaje de ésta última.

#### \* Cohesión

Se la define esta propiedad cuando al intentar el desplazamiento entre los estratos de arcillas, hay una resistencia de las ligaduras electrostáticas ha dejarse desplazar entre los estratos de arcilla.

- \* Las arenas de moldeo deben tener suficiente cohesión para resistir la acción mecánica del metal fundido, la presión de los gases formados en la colada, así como también, los golpes a los cuales está sometido el molde en su elaboración.

La cohesión de las arenas de moldeo en verde dependen básicamente de:

- a. De la cantidad de arcilla
- b. De la granulometría de la arena
- c. De la humedad

#### d. Del mezclado de la arena

Esta propiedad se la determina por medio de la compresión en verde que pueden explicarse utilizando las figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. En la figura 3 se nota claramente la forma como varía la cohesión de acuerdo al porcentaje de arcilla presente, la cual aumenta con el contenido de agua hasta cierto punto a partir del cual disminuye, se explica a que las ligaduras electrostáticas son fácilmente desplazadas debido al exceso de iones y a la no penetración del agua en la bentonita, haciendo más débil la mezcla. Las figuras 6 y 7 dan a las claras que de las formas de los granos depende también la cohesión, siendo mayor en los finos y menor en los gruesos, debido al acomodo que ellos tienen y mientras más pequeños son los granos más difícil de desprenderlo.

#### Permeabilidad

Según la norma AFS, definen a la permeabilidad como la propiedad física de la arena de moldeo que permite el paso de aire que puede pasar a través de la misma muestra. Se determina por la cantidad de aire que puede pasar a través de la muestra cilíndrica normalizada bajo

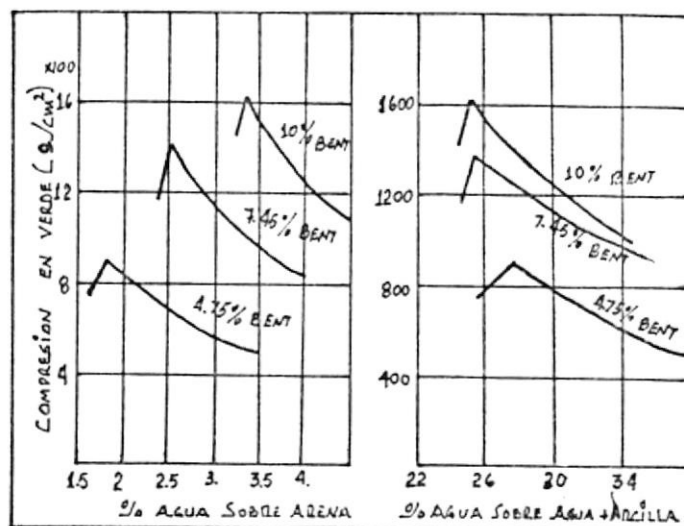


FIGURA 3.- Resistencia a la compresión de mezclas con distinto % de bentonita y cantidades variables de agua.

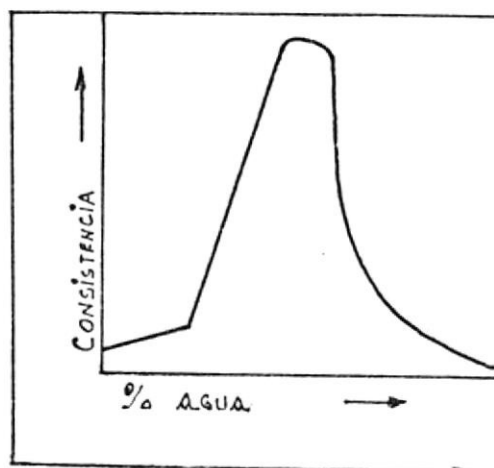


FIGURA 4.- Variación de la consistencia de la mezcla arcilla-agua.

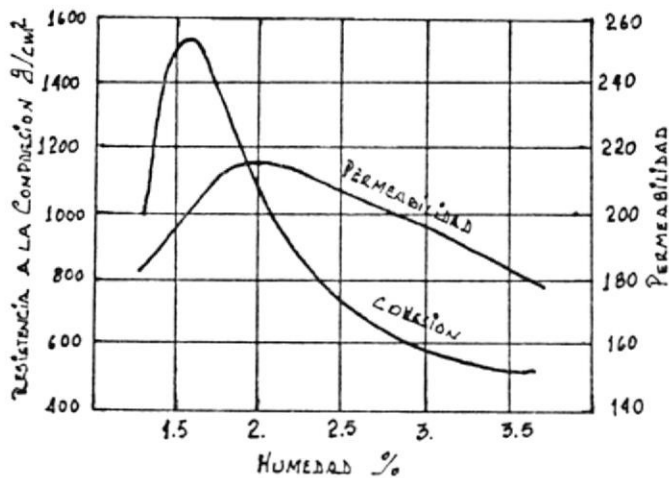


FIGURA 5.- Aumento de la permeabilidad y la cohesión en función de la humedad.

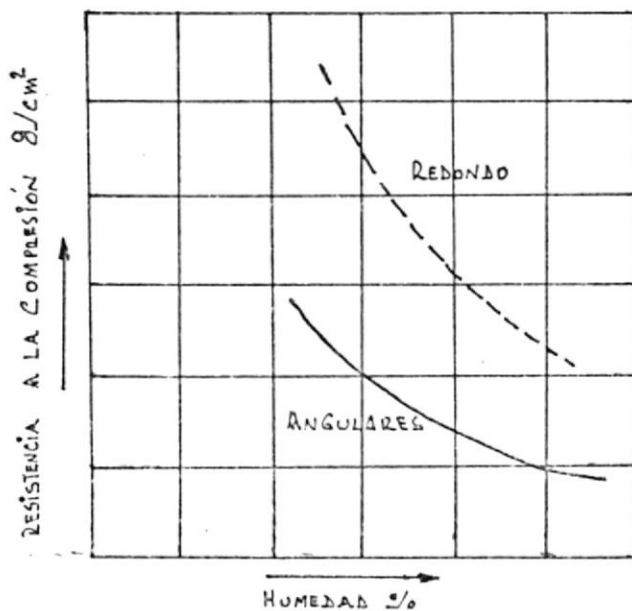


FIGURA 6.- Compresión en verde en función de la conformación del grano.



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

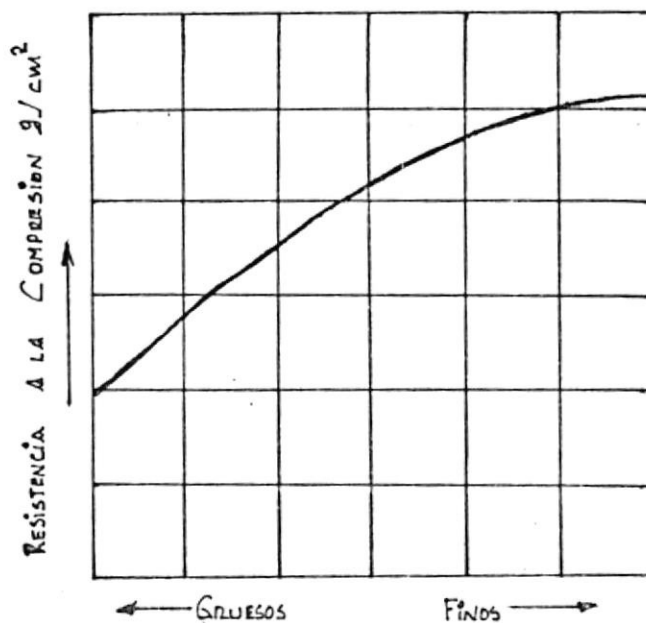


FIGURA 7.- Compresión en verde en función de la finura de la arena.

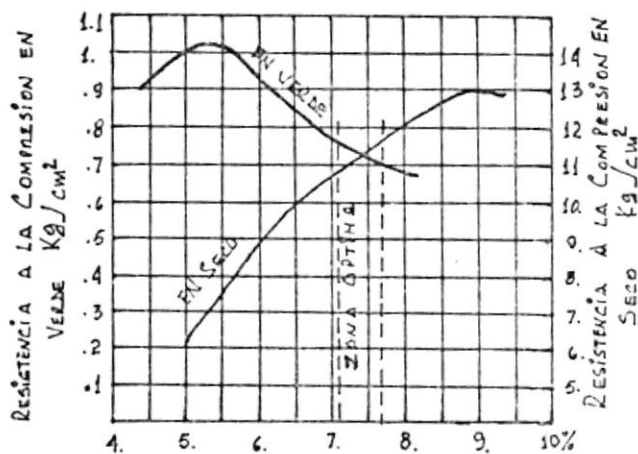


FIGURA 8.- Variación de la resistencia a la compresión de una arena en verde y en seco.

una presión también normalizada, es decir indica la cantidad de aire que atraviesa un volumen fijo de arena en la unidad de tiempo y bajo una unidad de presión fija.

La permeabilidad de una arena de moldeo depende:

- a. De la magnitud y forma que deben tener los granos de sílice, de tal manera que cuanto mas gruesa sea, más permeables serán las arenas tal como indica la figura 7.
- b. Del reparto granulométrico, depende mucho del porcentaje de granos predominante en una arena, es por esto que cuando se realiza el tamizado para determinar el índice de finura, se efectúa el cálculo del % de granos acumulados en tres tamices consecutivos teniendo de esta forma el grano predominante.
- c. De la calidad y de la cantidad de arcilla que contiene, disminuyendo rápidamente cuando se sobrepasa la cantidad necesaria para rodear convenientemente los granos de arena. Los valores aconsejados se encuentran en la tabla 2 del Apéndice.
- d. Del porcentaje de agua, del gráfico 5 y 9 se puede de

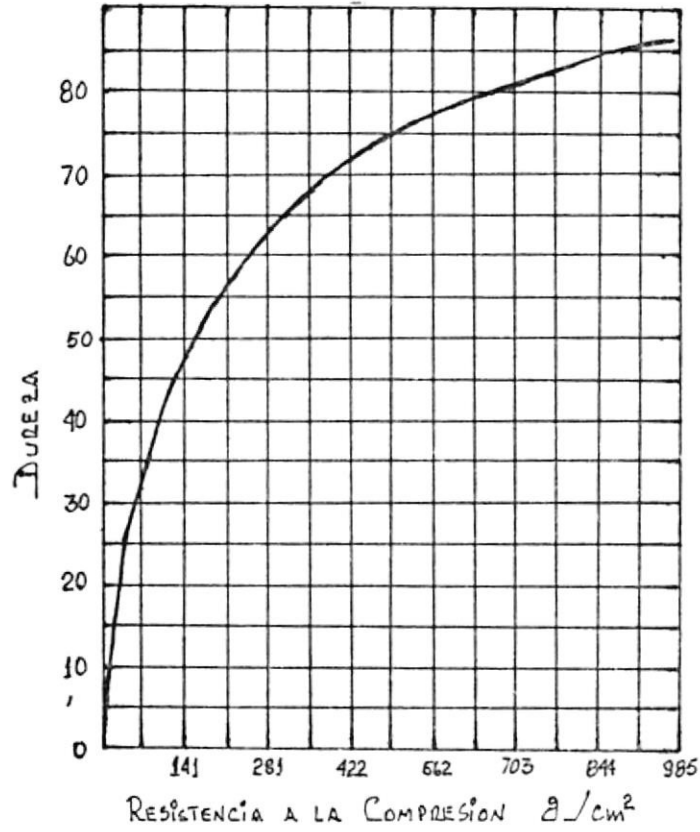


FIGURA 9.- Resistencia a la compresión vs. Dureza.



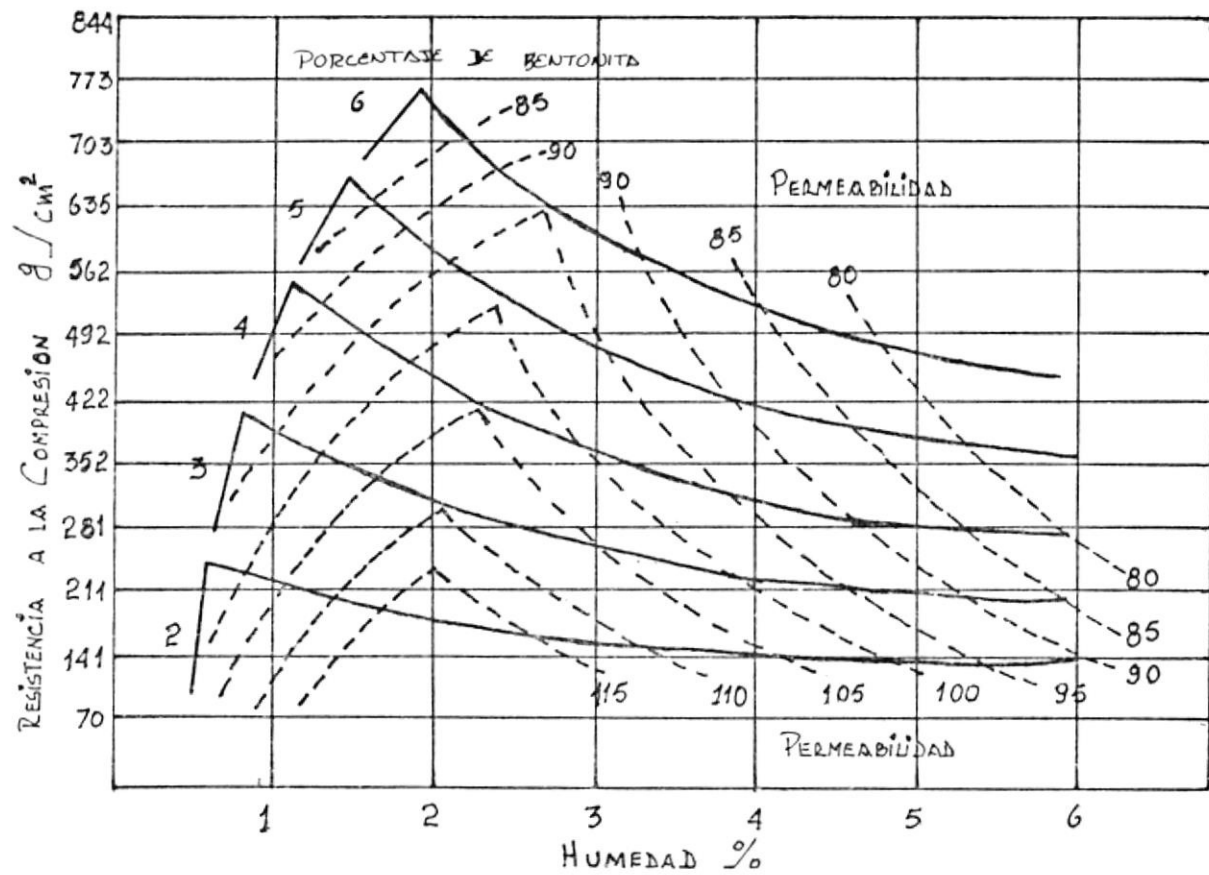


FIGURA 10.- Permeabilidad en función de la característica de la arena de moldeo.

ducir que a medida que aumenta el porcentaje de agua, esta se incrementa hasta un valor y luego comienza a decrecer. Esto se explica que cada grano de sílice está rodeado de una película de arcilla y al añadir agua forman una mezcla homogénea y al seguir aumentando el porcentaje de agua, estas moléculas no penetran a las bentonitas permaneciendo entre estados líquido entre los granos, lo cual obstaculiza el paso del aire o gases.

- d. Del mezclado de la arena, debe tenerse cuidado suficiente en poner los porcentajes, de los componentes adecuados, porque tanto el exceso como la falta traen la pérdida o aumento de las propiedades y con ello los defectos.

\* Las arenas de moldeo } por lo tanto \* deben poseer suficiente permeabilidad para evitar la aparición de defectos en las piezas elaboradas, y dejar pasar los gases que se forman durante la colada del aire que hay dentro del molde. }

\* Refractabilidad }

Esta propiedad se la define como la resistencia que ponen los granos de arena para elevadas temperaturas. Por todo

esto las arenas de moldeo<sup>\*</sup> deben ser lo suficiente refractarias para que puedan resistir elevadas temperaturas a las cuales estas van a estar expuestas al contacto con la colada. Dependiendo no solamente de la temperatura que la colada alcanza sino también del tiempo durante el cual se debe tener la arena a la temperatura de colado.

La refractabilidad de las arenas de moldeo dependen:

- a. De la granulometría de la arena, pues cuanto más finos sean los granos, menos resistirán la acción del calor y viceversa, cuanto más grueso sea el grano más resistirán a la temperatura elevada.
- b. De la cantidad y de la composición química del aglomerante algunos de los constituyentes al actuar como fundentes disminuyen la refractabilidad de las arenas, con lo cual se acentúa la posibilidad de aparición de defectos, así como también el acabado de las piezas no es el conveniente. Los que más influencia tienen sobre la arena son los óxidos de magnesio y de cal seguidos por los alcalinos y los de hierro, debiendo tener la precaución de que no sobrepasan los límites permisibles.

La refractabilidad de la arena la determina por la temperatura a la que puede someterse sin presentar signos de fusión la misma que viene asegurada por la cantidad de sílice, cuyas características quedan modificadas por la presencia de otros elementos.

### 3.3. ELECCION Y CONTROL DE UNA ARENA

Las arenas de moldeo en verde son arenas aglutinadas que básicamente se forman de arena-bentonita-aditivos-agua, se tienen que considerar estos elementos para su elección, ya que una mala selección de porcentajes de los agregados pueden ocasionar desventajas dentro del proceso mismo de colado.

Deberán analizarse todas y cada una de las propiedades que influyen directamente sobre el comportamiento de las arenas cuando se ponen en contacto con el metal líquido y luego al proceder al desmoldeo saber que las posibilidades de salir la pieza defectuosa (que causan las arenas), pueden ser eliminadas con las mejoras que se introduzcan.

Una arena apta para fundición deberá poseer forma, tamaño y distribución de granos la más adecuada posible

porque de ellos van a depender el éxito o el fracaso en las plantas de fundición, debido a que tanto la permeabilidad, humedad, compresión, cantidad de aglutinantes, facultad de producir superficies finas, refractabilidad, tendencias a producir darts y la tendencia a la degeneración granulométrica, son factores que se encuentran - ligados con esas cualidades de los granos de las arenas directamente, porque una alteración de ellos producirán el cambio de los factores.)

Para la elección de una arena se deberá también considerar, si los yacimientos se encuentran cercanos a las plantas de fundición y que los agregados también sean los más convenientes y baratos, de esta forma los costos de producción también bajarán.

✓ Para efectuar un control de las arenas de moldeo en verde toda fundición necesita un laboratorio de arenas que permita indicar con que tipo de arenas, aditivos y mezclas se está contando y si estas son las más adecuadas o se tendrá que eliminarlas e introducir nuevas opciones para el moldeo de piezas. Entre los aparatos que deben tener un laboratorio están: balanza, atacador de probetas, lupa o pequeño microscopio, aparato para romper probetas, aparato para la determinación rápida de

humedad, aparato para la determinación de la arcilla ac  
tiva.

Se tendrá que realizar un ensayo periódico de las mezclas y arenas que se tengan en el taller y de esta forma se estaría eliminando las posibilidades de aparición de defectos, con el control adecuado de las propiedades que deben reunir las arenas.

#### 3.4. DEFECTOS DE FUNDICION INHERENTES A LAS ARENAS DE MOLDEO

Todo taller de fundición se preocupa por reducir el porcentaje de defectos que representa pérdidas de tiempo, de material y de dinero. Por eso después de cada colada todas las piezas son recogidas y examinadas por los jefes responsables o por los operadores interesados en:

- a. Diagnosticar los defectos
- b. Eliminar las causas que lo han provocado
- c. Evaluarlos en peso y en porcentajes respecto a la predicción total y registrarlos en forma estadística la producción.

El diagnóstico de los defectos es una labor muy ardua, que requiere basta experiencia en el arte de la fundición y amplio conocimiento de los métodos, de las he-

rramientas y el adiestramiento del personal de ma empresa. Un fallo o error en la diagnosis de un defecto, señala casi siempre el punto de partida para el nacimiento de un nuevo defecto de otra naturaleza.

Para lo cual se estudiará las pruebas para detectar defectos de la siguiente forma:

1. De una manera visual, con lo cual se lograrán detectar defectos grandes y notorios.
2. Por presión, siendo esta una prueba indispensable para las piezas destinadas a contener líquidos, vapores y gases a presión.

Las mismas que se llevan a cabo por medio de un líquido y no con aire, debido a que este se comporta de una manera peligrosa, cuando se somete a presión, las moléculas por ellas formadas, en piezas medianas y grandes. El líquido que se emplea es el agua, siendo este más barato, el petróleo y la bencina son más penetrantes y revelan más fácilmente las porosidades y grietas pequeñas.

3. El ensayo magnético, sirve para el revelado de grietas por pequeñas que estas sean. Se somete a las piezas trabajadas a un campo magnético y se rocían en la parte sospechosa una suspensión de limaduras de hierro en aceite, cuando coinciden con el defecto, - las líneas magnéticas se desvían, formando polos magnéticos, y se condensan en el aceite donde las limaduras se agrupan y revelan por un trazo más oscuro - los defectos que la pieza tiene.
  
4. Por examen radiográfico, es un sistema moderno de instalación más costosa y uso más complejo que permite no obstante, poner de manifiesto defectos ocultos, - internos sin destruir la pieza. Esto se logra por medio de una cierta longitud de onda que atravieza el material a ensayar y en unas placas fotograficas dejan impresas dichos defectos.
  
5. Por ensayos ultrasónicos, esto es con vibraciones sonoras con una longitud de onda inferior a 1.8 cm. Se vale de un transmisor de ondas ultrasonoras, de un receptor y de un contador de los intervalos de emisión y de la recepción.

Una gran parte de las piezas defectuosas y en muchas oca

siones son debidas a la deficiente preparaci3n de las arenas. Hace solamente algunos a1os que se est1 prestando alguna importancia a las tecnolog1as de las arenas; anteriormente, las mezclas de arenas y su producci3n se dejaban, y tambi3n en nuestro pa1s, o todav1a se deja a la iniciativa del moldeador. Lo cual va a llevar a la presencia de los defectos.

Estos defectos debido a las arenas de moldeo se explican a continuaci3n de una manera somera:

#### Arrastre de arena

Se caracteriza por un exceso de material met1lico, de forma irregular ocasionados por la falta de peque1os trozos de arena que no han podido resistir el choque con el metal l1quido. Este exceso de material, encuentra su contrapartida en una falta del mismo que est1 localizado precisamente, en el lugar donde se ha depositado la arena arrastrada.

Este defecto se acent1a en el molde en verde, lo cual es natural la arena estufada donde menos se encuentra.

### \* Penetración del metal

Forma superficie irregulares y de aspecto esponjoso. Se da éste defecto, muy especialmente, en las zonas excesivamente calentadas por el continuo paso del hierro y también piezas de grandes espesores.

Es un defecto que se acentúa en el moldeo en verde, disminuyendo en el moldeo estufado para casi desaparecer en el moldeo con arenas de cemento.

### \* vitricación

Es un defecto de superficie. Se forma una capa fuertemente adherida a la pieza metálica, esta capa está formada por los granos de arenas en diversos estados de fusión.

Aunque su primordial causa, es una baja refractariedad de la arena de moldeo en verde, parece ser que este defecto se acentúa bastante en las arenas de moldeo aglutinadas con cemento, donde efectivamente se forma una capa de contacto con la pieza, pero que se separa fácilmente de la superficie de esta, teniendo en cuenta que la resis-

tencia a la compresión de una arena húmeda, es francamente inferior a una arena estufada; en cambio, el moldeo de arena de cemento, raras veces presenta este defecto.

#### Inclusiones de arena

defectos parecidos al anterior; en lugar de desprenderse una parte de arena de moldeo durante la fusión \* hay pequeños desprendimientos de granito de arenas, que pueden quedar incluidos dentro de la pieza, durante la solidificación del hierro gris.

Naturalmente lo mismo que en el arrastre de arena, los defectos se dan con más frecuencia, en el moldeo en verde.

#### \* Rugosidad

Defecto localizado en la superficie de la pieza, caracterizado por una piel metálica rugosa excesivamente, pero sin que se llegue a producir una adherencia de arena a la superficie de la pieza.

\* Se puede decir que este defecto es debido, exclusivamente a una arena de malas características e indebidamente

preparadas.) Se da con parecida frecuencia en el moldeo en verde, se acentúa por la humedad de la arena; en el moldeo de arena con cemento, por el grueso tamaño de los granos de la arena.

#### Costra de hierro o darta

Es también otro defecto de superficie. Su origen está en la dilatación de la sílice, cuyo valor es muy importante a 575 grados centígrados durante la transformación del cuarzo en el cuarzo; si la arena no está bastante suelta como para poder absorber esta dilatación, la capa superficial calentada y endurecida como el metal durante el colado se eleva por zonas (como las de ratas) o llega a abrirse permitiendo la penetración del metal (darta). Este defecto es esencialmente frecuente en el campo de las arenas sintéticas tanto en el molde en verde como en el moldeo estufado.

#### \* sopladuras

Se define este defecto como unas cavidades de tamaño muy variado con paredes internas generalmente lisas y forma esférica.

Es un defecto muy propio del moldeo en verde, ya que

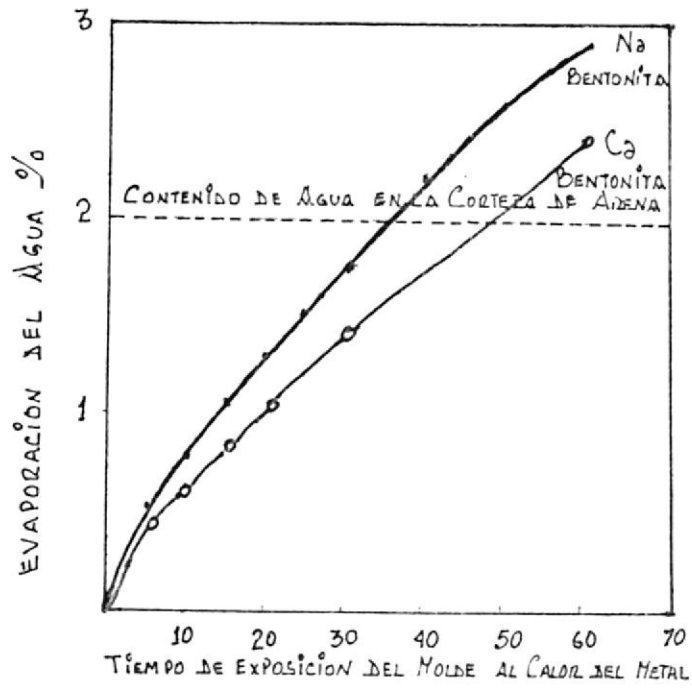
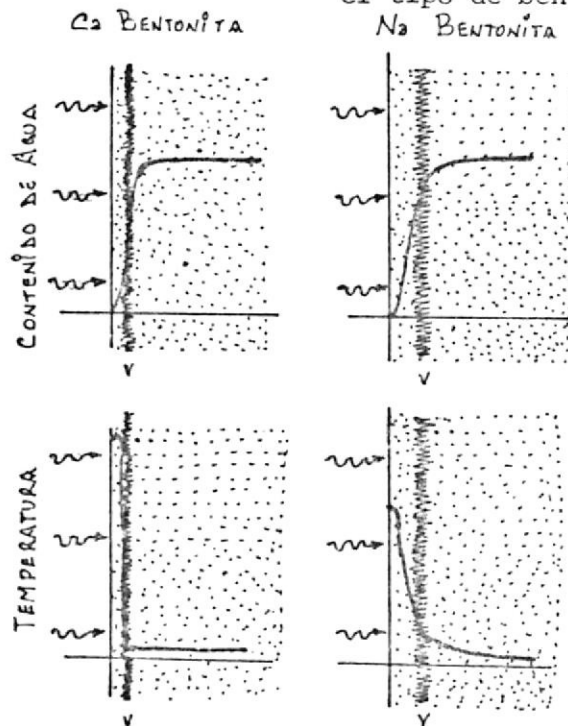


FIGURA 11.- Pérdidas de agua según el tipo de bentonita.



es debido (exclusivamente vapor de agua, materias volátiles, etc.) por el calor desarrollado durante la fusión.

No obstante, no es privativo de ésta clase de moldeo; también se puede ver éste defecto en el molde estufado, a consecuencia de una baja permeabilidad, que no da lugar al desahogo del aire atrapado dentro del molde. ) FIN

#### Grietas en caliente

Se refiere en éste defecto solamente aquellas grietas - que pueden producirse por una excesiva rigidez de la arena del macho.

Esta rigidez impide la contracción natural de la pieza durante el enfriamiento. Este defecto se acentúa, para el moldeo en seco pero es fácil de corregir, dando a la arena una mayor plasticidad o aumentando incluso las proporciones de los materiales volátiles que al desprenderse durante la colada; dejan unos espacios libres suficientes para que los granos de la sílice de las arenas de moldeo tengan sitio para acercarse unos a otros, al contraer la pieza.

### Rebarbas

Es un defecto que se manifiesta en un aumento de material de forma no geométrica, excrecencia generalmente perpendicular a la superficie de la pieza, pero nunca en la junta existente entre la parte superior e inferior del molde.

Este defecto no puede llegar a ser un motivo de rechazo de la pieza pero encarece los costos de fabricación por el consumo inútil del hierro en dichas piezas, y por la mano de obra de rebarbado al que se debe necesariamente someter a las piezas de fundición.

### 3,5. MATERIALES ADICIONALES A LAS ARENAS DE MOLDEO

El objetivo del carbón en las arenas de moldeo es, que al penetrar el hierro líquido en el molde, el carbón de hulla se gasifica formando una capa aislante de gases entre las arenas de moldeo y el metal, evitando que la superficie de la pieza fundida resulte cubierta de arena quemada penetrada en el metal.

Para cumplir con esto es preciso que el carbón de hulla sea de primera calidad, con no menos del treinta por ciento de elementos volatilizables y no más del diez por cien

to de cenizas. El mejor carbón se obtiene de la hulla grasa, mientras que la hulla seca es menos recomendable. El polvo aspirado en las minas de carbón, que es utilizado en algunas fundiciones es totalmente inservible para este caso.

Pero no solo la calidad del carbón tiene su importancia, sino también como se dijo el grado de finura del polvo molido, ya que solamente en estado impalpable se mezcla bien con la arena.

Se calcula que el polvo está en buenas condiciones de uso se tiene el tamiz número 70 un diez por ciento de residuos.

La cantidad de polvo de carbón a emplearse, dependen principalmente de los espesores de las piezas a fundir. Piezas de paredes gruesas exigen más carbón que otros delgados pero sería erróneo suponer que se puede añadir una cantidad ilimitada de carbón a la arena de moldeo.

Por ejemplo, para arenas de moldeo preapradas con un setenta por ciento de arena vieja, no se debe en ningún caso añadir más de un tres por ciento de carbón, mientras que preparadas exclusivamente con arenas nuevas per

miten hasta un ocho por ciento de carbón. La razón de ello estriba en que la arena vieja, contiene de por sí un porcentaje elevado de carbón, ya que al fundir solamente se quema aquella parte de carbón que entra en contacto con el metal líquido.

La adición excesiva de polvo de carbón origina una arena áspera y seca, reduciendo su permeabilidad y a la vez su plasticidad. Además, el exceso de carbón produce - también exceso de gases, que en moldes bien permeables, no encuentran suficientes sólidos y causa por este motivo piezas demasiado porosas. La falta de hulla aumenta en cambio los gastos de limpieza y rebarba, augmentando en muchos casos los resultados imposibles de dejar las piezas presentables.

Piezas de grandes superficies y poco espesor no permiten más que un poco de carbón de hulla, ya que de otra manera se producen invariablemente zonas blancas en las piezas fundidas. Desde luego se hace difícil determinar exactamente las cantidades de polvo de carbón para cada caso porque influye también la clase de arena y el modo de prepararlo.

## Cereales

Los materiales conocidos como cereales, más que aditivos, pueden considerarse como verdaderos aglutinantes que, con agua, que producen suficientes resistencias en verde. Pueden ser de tres clases:

- a. Almidones gelatinizados, obtenidos por vía húmeda.
- b. Harinas de maíz u otros cereales, gelatinizados por vía seca.
- c. Dextrinas, obtenidas a partir de los almidones.

Como aditivos de arenas de moldeo, en cantidades de 0.5 a 2.0 por ciento, se ha generalizado su empleo. Al ser materiales combustibles y volátiles crean una atmósfera reductora en el molde, y su casi desaparición incrementa notoriamente su permeabilidad durante la colada. Estudiaremos su principal efecto:

Resistencia en verde: Aumenta.

Resistencia en seco: Aumenta si no se hace una adición excesiva.

Resistencia en caliente: Disminuye

Permeabilidad en verde: Disminuye

Permeabilidad en seco

Fluidez: Disminuye mucho

Elasticidad de la arena: Aumenta. Favorece al desmoldeo y manipulación.

Dureza del molde: Aumenta si conseguimos buen atacado.

Deformación: Aumenta

Defectos de expansión: Son excelentes mejoradores de la resistencia de las arenas a los defectos de expansión, pudiéndose llegar a eliminarlos por completo.

Siendo grandes estabilizadores de humedad, permiten trabajar con cantidades mayores de agua que con la arena y la bentonita exclusivamente. Además, si el molde permanece al aire no se vuelve tan friable las aristas y las esquinas, aunque se precisa un mezclado más enérgico y adecuado para conseguir buenas características mecánicas. La colapsibilidad, sobre todo de los macys, se mejora también y el desmoldeo es más fácil. Sin embargo, no es recomendable añadir cereal a las arenas de relleno debido a la considerable disminución de fluidez, lo que precisaría más humedad y mayores esfuerzos de atacado. Las dextrinas, solubles en agua, estabilizan mejor la humedad. Producen menos resistencias en verde y más resistencias en seco que los otros cereales, pero son menos efi-

caces ante los defectos de expansión.

La comparación de los productos cereales que nos ofrezca el mercado podemos hacerla escogiendo, según la faceta - preferible, los ensayos siguientes:

Resistencia a compresión en verde y estufados con diversos porcentajes de cereal y de agua, considerando oportunamente los tiempos de malaxado.

#### Oxido de hierro

Se trata de uno de los aditivos más discutidos, tanto en lo que respecta a la efectividad de sus resultados como a las características de recepción que deben exigírsele.

En todo caso, nos referimos al óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ), que en proporciones del 0,5 al 3 por ciento se añade a las aglomeradas. La pureza de este óxido férrico puede ir desde la presentación habitual en forma de mineral seleccionado, finamente molido del 50 al 60 por ciento de riqueza de  $Fe_2O_3$ , al químicamente puro, pasando por los productos intermedios enriquecidos por selección y tostación.



Además de colorear las mezclas de arenas, cosa que puede ser interesante en ciertos casos, el óxido de hierro se utiliza principalmente para mejorar las características en caliente de las arenas y evitar los defectos de penetración, calcinación, desconches y agrietamiento superficial. El óxido de hierro puro, de elevado punto de fusión, actúa más bien como un refractario, por lo que para obtener las propiedades citadas se prefiere el mineral que, provisto de una ganga adecuada, tenga un punto eutéctico de fusión relativamente bajo. De esta forma se desarrollará rápidamente esas características de pegajosidad que encolorará los granos de arena, proporcionando les mejores resistencias a las sollicitaciones de la corriente metálica y al choque térmico producido por el mismo.

Además, presenta una influencia favorable en la eliminación de defectos superficiales, debido a desprendimiento gaseoso de la humedad o de los aglomerantes. Esto puede ser debido a la reacción del óxido de hierro con el hidrógeno formado.

#### Harina de madera

Con el objeto de conseguir una fuerte estabilización de la humedad, compensar la dilatación de la sílice y mejo

rar la colapsibilidad y desmoldeo, se ha ensayado la harina de madera. A la obtenida directamente, que se hace preciso humedecer previamente a la adición de la arena, han sucedido harinas tratadas que no precisan esa elaboración. Con harinas de madera adecuadas puede sustituirse hasta 50 por ciento del cereal que se adiciona a las arenas de moldeo en verde, con lo que evitamos parte de la considerable pérdida de fluidez sin dejar de beneficiarnos con sus ventajas.

Los principales efectos que se han encontrado por la a d i c i o n de ad i c i o n de estos elementos adicionales como es las har i n as de maderas a las mezclas de arenas son:

Resistencia en verde:	se reduce
Resistencia en seco:	se reduce
Permeabilidad en verde:	se reduce
Permeabilidad en seco:	se reduce si no se pasa de 250°C
Fluidez:	igual o más elevada
Deformación:	aumenta ligeramente
Defectos de expansión:	los reduce considerablemente.
Finura:	que no posea trozos superiores a 0,30 milímetros.
Cenizas:	debe ser prácticamente nulo, menor del 0,1 por ciento.

### Arcilla muerta

Este no es un aditivo que se incorpore voluntariamente a las mezclas de arenas, sino que se trata de un producto indeseable formadas en las arenas próximas a las piezas fundidas cuando quedan expuestas a elevadas temperaturas y es incorporado después del desmoldeo a la mezcla de arenas regeneradas. Esta arcilla, que es impotente para desarrollar plenas propiedades aglutinantes y de defensas contra los defectos de expansión, produce además, efectos gravísimos.

Por el lado del área superficial (partículas muy pequeñas) es aún peor que la que se denomina harina de sílice, que nos sirve para aumentar fuertemente las características mecánicas y la resistencia a la erosión, calcinación y penetración. Esta es una arena en base de finos, es por ello que se le denomina harina de sílice, exigiendo mayores cantidades de aglutinante agua, y por el lado de refractariedad, son también muy inferiores - sus características.

El análisis de arcilla A.F.A. es incapaz de diferenciar las arcillas muertas de las vivas o activas, y por eso

se han desarrollado otros métodos, como el de azul de metileno, que nos da la arcilla activa en una arena de moldeo, y por diferencia con la arcilla A.F.A. podremos conocer la muerta y con ello podremos agregar la cantidad correcta de arcilla para reponer la muerta.

Este conocimiento es muy útil en arenas únicas regeneradas para vigilar su marcha y regular las adiciones de arena nueva y aglutinantes según la evolución de porcentajes de arcilla activa y muerta. También es aconsejable - este control de las arenas de relleno, tanto si no queremos perder características hasta extremos sorprendentes, como si deseamos economizar cuanto sea posible en materiales nuevos de regeneración.

## CAPITULO 4

### TRABAJO EXPERIMENTAL

Es importante indicar que el motivo de fondo que indujo a la realización del presente estudio, de control de las arenas de moldeo utilizadas en nuestro medio, fue la observación de piezas hechas por talleres e industrias, las mismas que manifiestan de manera general los defectos de la misma naturaleza, a tal grado que se estima que el 50% de la producción posee alguna deficiencia superficial o interna tal como se ha dejado claro en el capítulo II.

Se trata en este capítulo de presentar una revisión de propiedades de las arenas bases y aglutinadas que ya se encuentran en uso en las diferentes fundiciones de Guayaquil y posteriormente efectuar una serie de experiencias para la evaluación y selección de una arena de moldeo adecuada para la producción de hierro gris.

En este caso se realiza un estudio general de las arenas bases para realizar los análisis se tomó las muestras necesarias en sitios de trabajo y con ellas se realizaron todas las experiencias necesarias en los laboratorios de la ESPOL.

Entre los ensayos de laboratorio que se efectuaron se encuentran el control químico para determinar la cantidad de

sílice presente y además las impurezas que presentan, luego el análisis granulométrico para determinar el índice de finura y la forma que tienen los granos con microscopio, la determinación del punto de sinterización que nos indicará la refractariedad de la arena.

Las arenas aglutinadas o preparadas para moldeo se procede a realizar los ensayos de determinación de arcilla total y de arcilla activa para saber exactamente la cantidad de arcilla muerta o inactiva, también se efectuarón ensayos de la permeabilidad, humedad, dureza y finalizando la prueba física de la compresión.

Con las arenas también se procedió a llevar a cabo un análisis de defectos que pueden ocasionar por su mala preparación.

También se procedió a realizar pruebas de planta preparando una arena sintética tal como se debe usar controlando porcentajes de humedad, porcentajes de aglutinantes y agregados especiales para mejorar sus propiedades o características y posteriormente observar resultados en comparación con las arenas aglutinadas usadas en producción.

#### 4.1. ARENA BASE

##### 4.1.1. Análisis de control

A continuación se definen los ensayos y se tabulan los resultados encontrados en estudios realizados sobre arenas usadas actualmente por fundiciones de la localidad.

##### 4.1.1.1. Granulométrico

Este ensayo va a permitir encontrar las formas y tamaños de los granos que hay entre varias arenas que están en estudio.

Las arenas que se utilizan no son enteramente silíceas y son provenientes de la provincia del Guayas, y que denominaremos según su procedencia, así se tienen arenas: Río Guayas, Posorja. Aunque existen arenas silíceas en la Provincia de Morona-Santiago en el sitio llamado Limón, pero no son de fácil adquisición en el medio y no se usan en la fundición todavía. En general son fáciles de identificar por la coloración ya que todas las arenas menciona-

das poseen características peculiares y se diferencian a simple vista una de otras.

Como parte de la técnica operativa primeramente se procedió al lavado de las arenas para eliminar la mayor cantidad de finos, es decir la arcilla, por el método de la lixiviación, se adicionaron las arenas tal como los fundidores las reciben de sus proveedores que en definitiva no tienen ningún acondicionamiento sino que se usan como llegan del yacimiento, una vez hecha esa eliminación se procede al análisis granulométrico.

En este paso también se determinó las formas que tienen los granos, factor importante para el análisis de los defectos. Para los análisis de laboratorio se han hecho uso de normas propuestas por la A.F.S. la cual clasifica a las arenas en la siguiente forma:

Angular, Sub-angular, Redondo y compuesta.

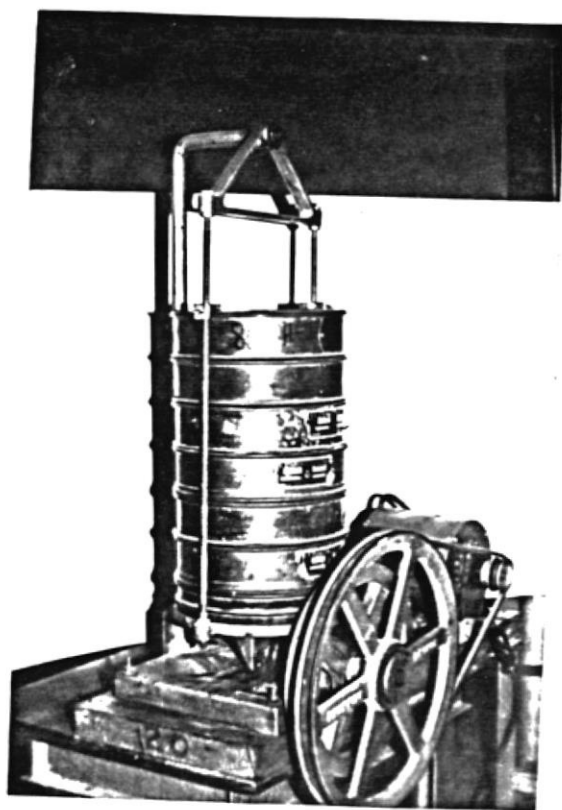
Otro factor empleado en la clasificación de arenas para usarse en fundición es el llamado índice de finura del grano, el cual está definido por cifra convencional que tiene la ventaja de indicar numéricamente el tamaño de grano predominante entre los existentes.

Es también útil para relacionarlo con otros parámetros involucrados en la elaboración de mezclas aglutinadas como permeabilidad y demanda de aglutinante. El índice de finura se calcula multiplicando el porcentaje de residuos de cada tamiz por un factor determinado sumando todos esos productos y dividiendo el total para la suma de los porcentajes.

Los resultados de los ensayos hechos en diferentes arenas se encuentran ubicados en las tablas y en los gráficos A,B,C,D.

#### 4.1.1.2. Químico

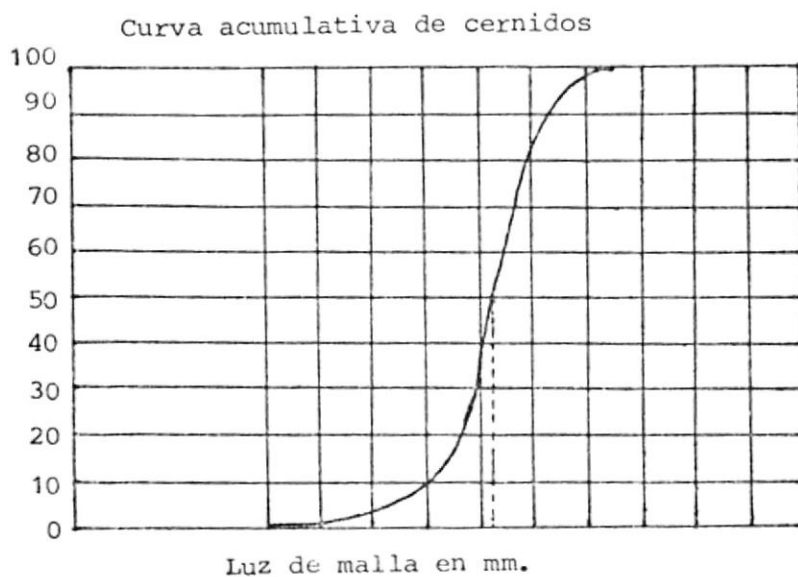
Los procedimientos actuales para el aná-



FOTOGRAFIA 4.1.- Máquina para agitar los tamices

TIPO: Río Guayas  
Análisis granulométrico

Tamices	Rechazo	Curva de Gauss	Cernidos Acumulado
12			
20			
30	0.6		99.4
40	2.0		97.4
50	17		80.4
60	42		38.4
70	31		7.4
100	4.8		2.6
140	2.4		0.2
200			
270	0.2		0
Fondo Sumas		20 40 60 Rechazos en %	

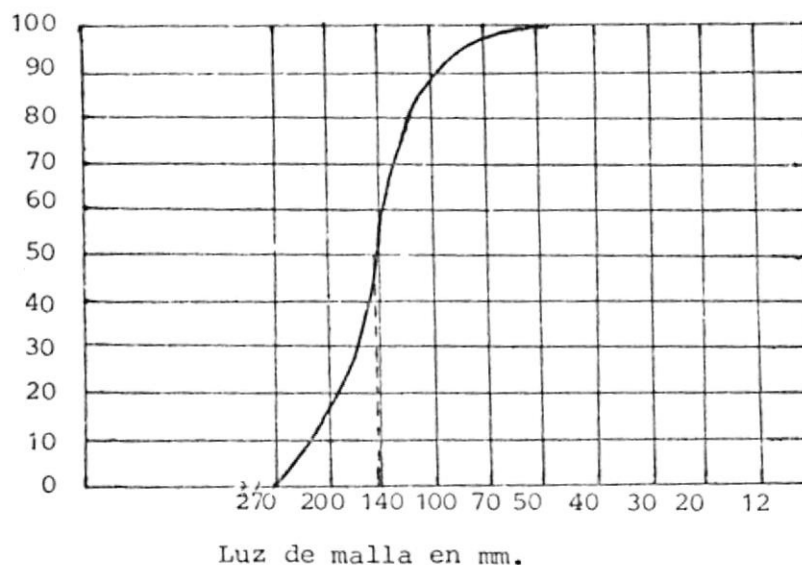


Contenidos de materiales impalpables: 0.2  
 Índice de finura: 60.4  
 Número de tamices: 3 Rechazos: 90  
 Grano medio: 65

Tipo: Posorja  
Análisis granulométrico

Tamices	Rechazo	Curva de Gauss	Cernidos Acumulado
12			
20			
30	0.08		99.92
40	0.08		
50	0.22		99.7
70	0.98		98.7
100	7.32		91.38
140			
200	74.64		16.74
270			
Fondo	16.74		0
		20 40 60	

Curva acumulativa de cernidos

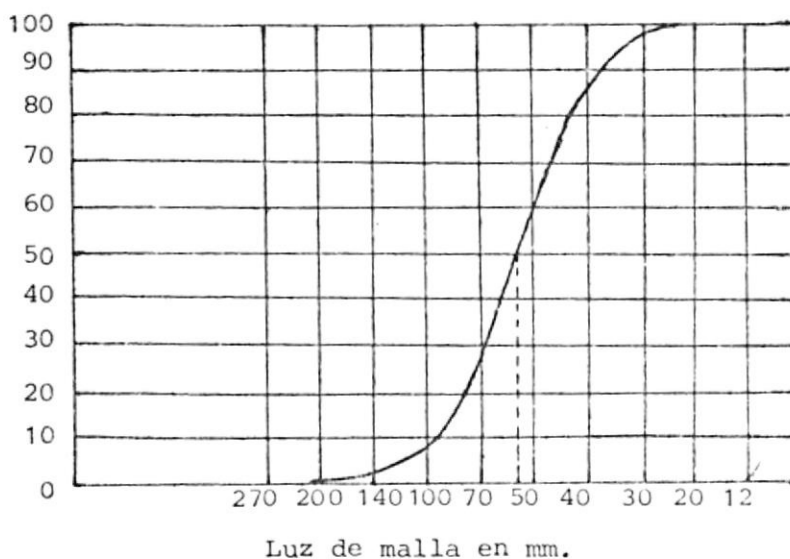


Contenidos de materiales impalpables: 16.74  
Índice de finura: 117  
Número de tamices: 3 rechazos: 98.60  
Grano medio: 145

Tipo: Limón (Blanca)  
Análisis granulométrico

Tamices	Rechazo	Curva de Gauss	Cernidos Acumulados
12			
20			
30	2.6		97.4
40	11.4		86
50	30.0		56
70	29.2		26.8
100	20.0		6.8
140	4.8		2.0
200	2.0		0
270			
Fondo	0.2		0
Sumas		20 40 60 Rechazos en %	

Curva acumulativa de cernidos



Contenidos de materiales impalpables: 0.2  
Índice de finura: 54.6  
Número de tamices: 3 Rechazos 76.4  
Grano medio: 55

C

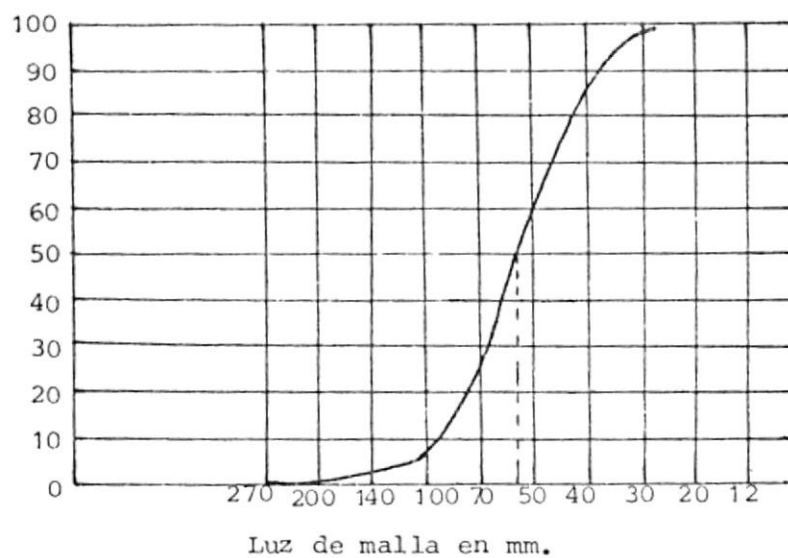


Tipo: Limón (amarilla)

Análisis granulométrico

Tamices	Rechazo	Curva de Gauss	Cernidos acumulados
12			
20			100.0
30	2.4		97.6
40	11.4		86.2
50	26.4		59.8
70	33.2		26.6
100	21.0		5.6
140	32		2.4
200	2.0		0.4
270			
Fondo	0.4		0
Sumas		20 40 60 Rechazo en %	

Curva acumulativa de cernidos



Contenidos de materiales impalpables: 0.4  
 Índice de finura: 55  
 Número de tamices: 3 Rechazos: 80.6  
 Grano medio: 55

lisis de materiales de arenas para fundición están basadas en los métodos establecidos para analizar las rocas de sílice. Estos procedimientos no solo consumen tiempo sino que están basados en procedimientos cualitativos en los cuales cada elemento se prepara sucesivamente de la misma muestra.

Como es lógico, lo que nos interesa de este análisis es ver con qué porcentaje se encuentra presente la sílice, elemento importante para alcanzar una alta refractabilidad en la arena.

Lo anteriormente mencionado dará un índice de la capacidad de la arena para soportar las altas temperaturas que el acero o hierro tienen cuando se encuentran en estado líquido, ya se ponen en contacto con la superficie del molde.

Todos los ensayos se realizaron en el laboratorio de Química de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, siguiendo

Arena	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	CaO	HgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P.C.
Limón 1	99.39	0.28	0.08	0.01	0.01	0.05	0.01	0.17
Limón 2	99.40	0.32	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13

Tabla 1. Contenido de impurezas de las arenas

\* Limón 1 Blanca

\* Limón 2 Amarilla

todas las normas indicadas por la A.F.S.

Los resultados también se encuentran ta  
bulados en las tablas. (1).

#### 4.1.1.3. Refractabilidad

Es uno de los análisis más importantes dentro de estos estudios debido a que dan a conocer el punto de sinterización o sea la temperatura que pueden soportar los granos de arena sin que se fundan o petrifiquen.

Debido a que no se disponía de un equipo completo para la determinación de estos ensayos, es decir, de los puntos de sinterización A y B se improvisó un pirómetro óptico tratando de tomar la temperatura a la cual se fundían los granos bajo la acción de una llama oxiacetilenica.

Estos valores no fueron confiables debido a muchas limitaciones de la forma co

como se llevan a cabo la experiencia y por lo tanto se optó por introducir una nacesilla con la arena en un horno eléctrico cuya temperatura máxima fue de 2500°F <sup>DURANTE</sup> ~~por espacio~~ de una hora luego se hizo observación visual, de lo cual resultó que todas manifiestan fusión completa. Se exceptúa de este resultado a las arenas de sílice usadas para la fabricación de vidrio.

#### 4.2. ARENA AGLUTINADA

##### 4.2.1. Análisis de control

Para realizar un estudio de las causas por las cuales las fundiciones tienen un gran número de piezas defectuosas, se ha llevado a cabo un estudio para controlar las arenas de moldeo en verde.

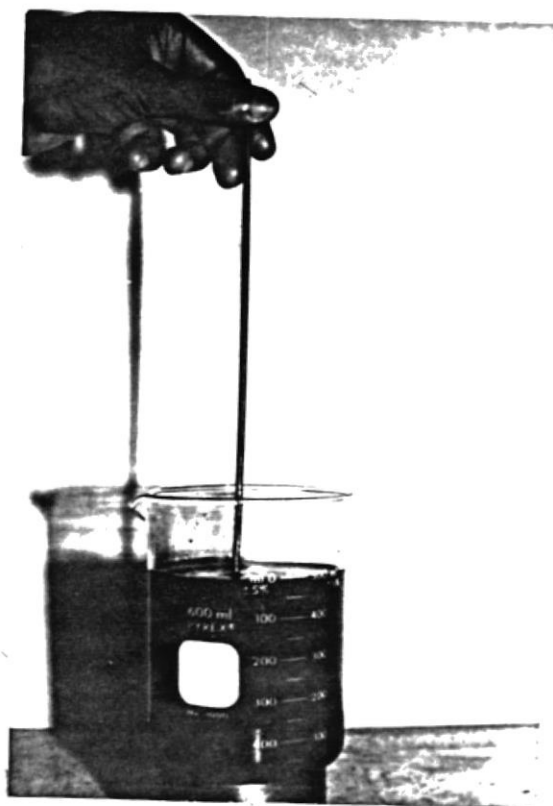
El análisis se va a basar en encontrar los valores de los parámetros relacionados al control de arenas de moldeo y confrontarlas



Con los recomendados por normas de trabajo y posteriormente ver la posibilidad de corregirlos. Con este propósito se realizaron los siguientes ensayos:

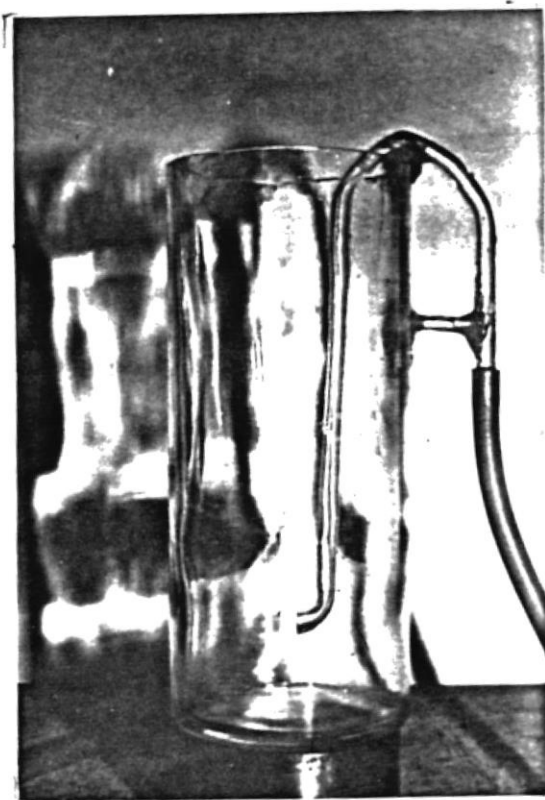
#### 4.2.1.1. Lixiviación

Este es un ensayo que se ha elegido para implantarlas a las arenas aglutinadas, para eliminar toda la cantidad de arcilla y demás finos que tienen estas después de una fundición, para con este valor más adelante poder saber exactamente cuanta cantidad de arcilla o bentonita se debe agregar a la arena, debido a la pérdida de éstas por estar en contacto con la pieza de fundir, convirtiéndose en arcilla denominada muerta, para que no pierda cualidades físicas.

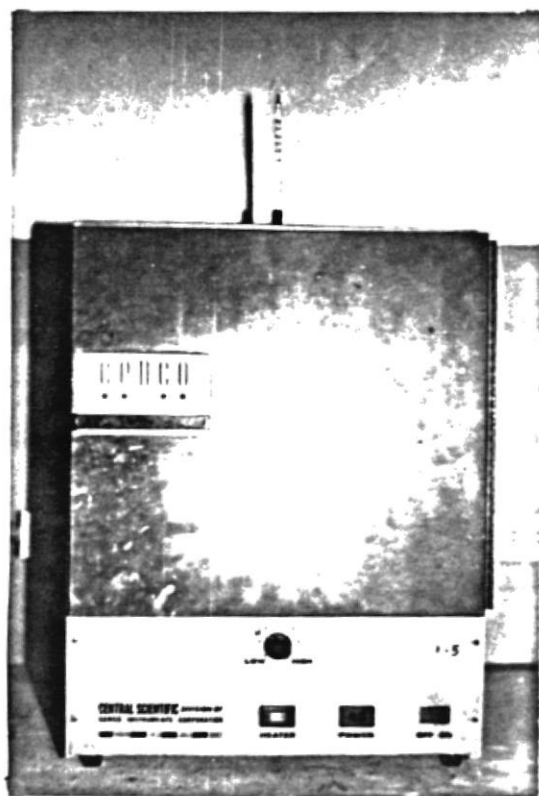


FOTOGRAFIA 4.2.- Preparación de la muestra para lixiviar.





FOTOGRAFIA 4.3.- Equipo para lixiviar.



FOTOGRAFIA 4.4.- Homo eléctrico para la preparación de muestras.

cas fuera de control que pueden ser cau  
sa principal de los defectos de las pie  
zas fundidas.

En el presente se ha adaptado el ensayo con limitaciones de laboratorio tratando de llevar la experiencia lo más cercano posible a lo que recomiendan las normas AFS. Siguiendo todos los pasos y teniendo la precaución de que al realizar el lixiviado la coloración del agua en la arena se da por terminado el ensayo, cuando tiene una transparencia el agua que se está utilizando.

Se encuentra con esto la cantidad de ar  
cilla total que dicha arena de moldeo tiene, es decir, entre fino y arcilla y demás impurezas que estas arrastran des  
pués de la fundición, por medio de dife  
rencia de peso, lo cual se quiere indicar en una relación entre pesos finales e iniciales y luego sacando un porcenta  
je tal como se indica a continuación:

$$\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 = \% \text{ arcilla}$$

CUADRO 1.- Resultados de la lixiviación de muestras de arenas aglutinadas de fundiciones de Guayaquil.

MUESTRAS	PRUEBA 1 %	PRUEBA 2 %	PRUEBA 3 %
Siderúrgica Guayaquil	9.15	9.17	8.10
Acuña	7.6	7.8	7.2
Ferrocarriles del Estado	7.4	5.6	7.2
Confumesa	16.3	16.0	15.6
Falesa	29.8	30.7	29.6
Dique Amazonas	11.41	12.26	10.25
Base Naval	13.8	12.5	14.2
W Y Z 1	21.6	20.7	19.2
Arena Prueba	16.2	13.1	16.3

\* Los porcentajes son de arcilla total de una muestra.

#### 4.2.1.2. Determinación de la cantidad de arcilla activa

Al realizar este tema la mayor preocupación fue conocer las condiciones de las mezclas posteriores a un ciclo de moldeo, o sea, colado, solidificación y desmoldeo con relación al aglutinante (bentonita o arcilla), que cantidad queda apta nuevamente para desarrollar las mismas propiedades de moldeabilidad y propiedades mecánicas.

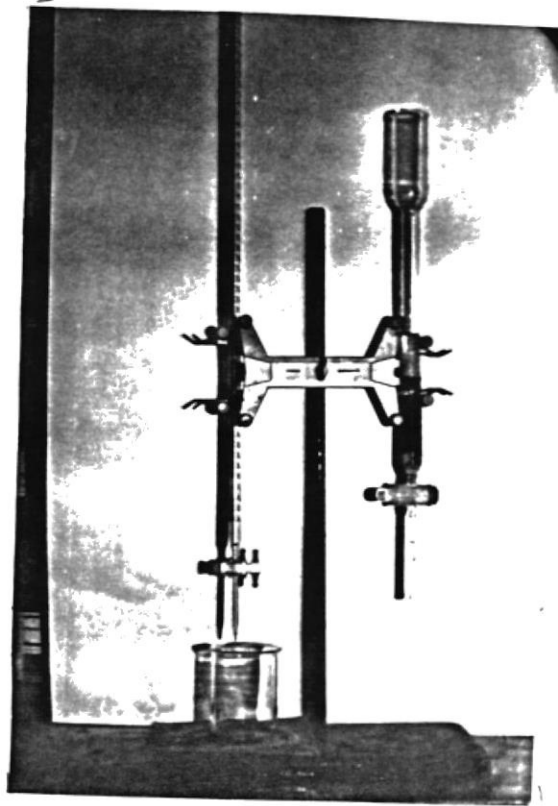
Todo ello ha llevado a la realización de un ensayo que a la postre le va a servir de guía a los fundidores que deseen mejorar las condiciones de las arenas que estén en producción de moldes en condiciones húmedas ya que no demandan casi ninguna inversión y pueden adaptarse fácilmente por los fundidores.

Esta descrito en los manuales de fundición, pero los resultados no pueden

interpretarse directamente con los ábacos o gráficos que poseen la información consultada. Por esta razón se ha tenido la necesidad de desarrollar el método - con mucha proligidad hasta encontrar una curva que pueda considerarse patrón para las arcillas usadas en el medio, de esta forma el fundidor puede aplicar el método tal como lo describe la norma y referirse con el resultado que obtenga a encontrar valores de contenido de arcilla activa.

Describiremos la técnica operativa del ensayo, la bentonita que se utiliza es sódica de procedencia Peruana.

En el análisis de la arcilla activada una arena se usa en el método de azul de metileno. Se toman cinco gramos de arena de moldeo previamente secado a 110°C y se introduce en una matriz Erlenmeyer. Se añaden 50 cc de agua destilada y se hierve durante cinco minutos. Se enfría y se añade 2 cc de  $\text{SO}_4\text{H}_2$  al 0,5% N (ácido sulfúrico, 0,5% normal), agitando durante 30 segundos..



FOTOGRAFIA 4.5.- Equipo para detectar la cantidad de arcilla activa.

Mediante una burete se añaden gota a gota una solución de azul de metileno (3.74 gramos/litro), agitando después de cada adición. Cada cierto tiempo se lleva una gota del matraz, mediante una varilla de vidrio a un papel filtro. Mientras la arcilla absorbe el colorante, el líquido que sobrenada permanece incoloro y la varilla dejará en el papel filtro una mancha oscura redondeada de una aureola incolora. Al cabo de añadir una cierta cantidad de indicador (azul de metileno) la aureola comienza a colorearse de verde.

Se da por terminado la valorización, y si al cabo de dos minutos una nueva muestra percibe el tono azul-verdoso, el número de centímetros cúbicos de solución de azul de metileno gastados da una medida de arcilla activa.

La interpretación de estos resultados exige conocer la arcilla o bentonita que eventualmente se usa en las mezclas y sus proporciones en la preparación de las arenas.

CUADRO 2.- Datos de absorción de  $\text{cm}^3$  de azul de metileno de una muestra para la realización de la curva.

MUESTRA *	Prueba 1 $\text{cm}^3$	Prueba 2 $\text{cm}^3$
0.5	0.7	0.6
1.0	1.5	1.3
1.5	2.0	1.9
2.0	2.8	2.9
2.5	3.5	3.5
3.0	4.5	4.4



\* Los valores de las muestras corresponden a los porcentajes de bentonita existente en la misma.

Azul de metileno  
( $\text{cm}^3$ )

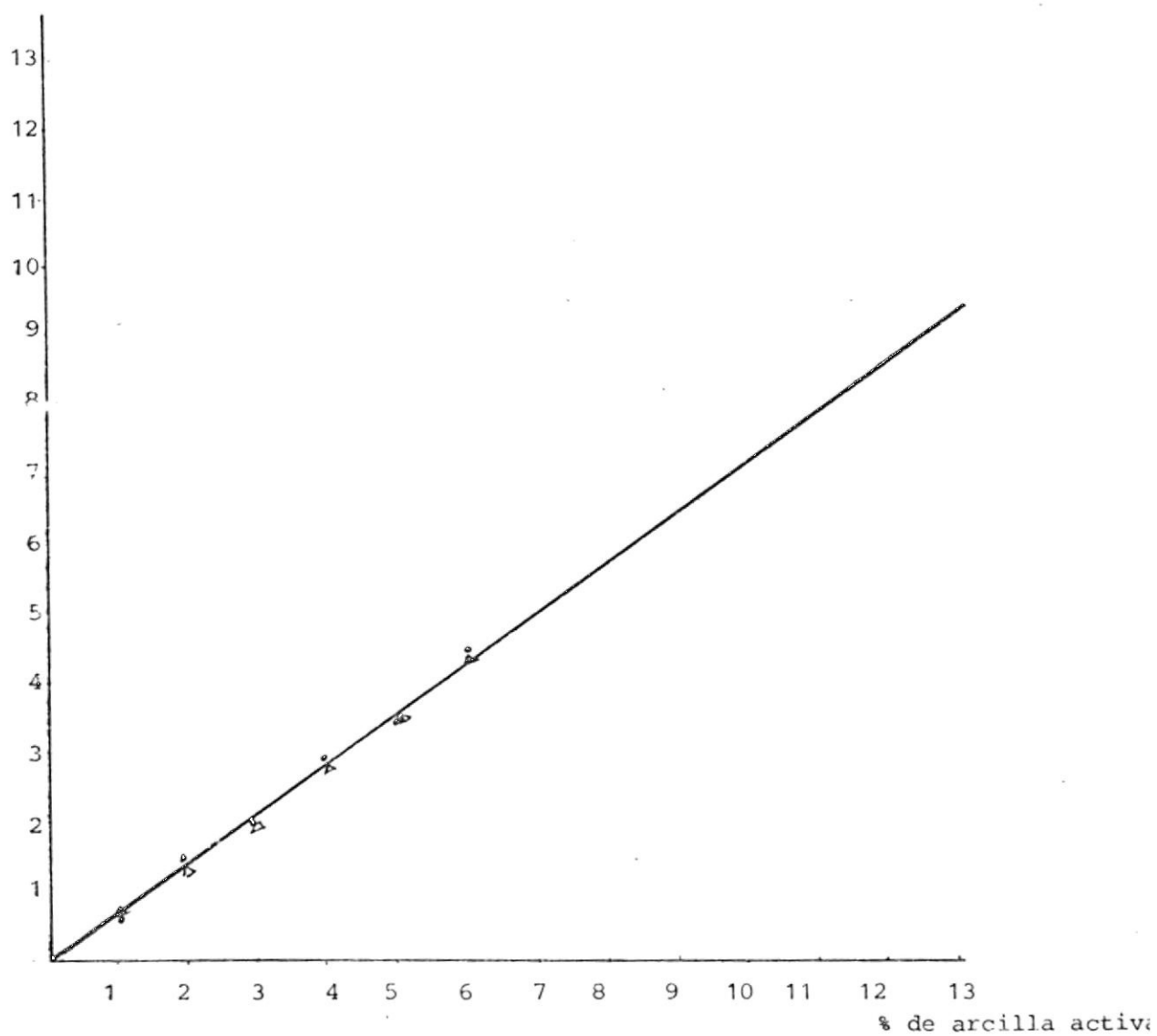


FIGURA 4.1.- Curva para determinar la cantidad de arcilla activa.

Se hace por tanto necesario conocer en primer lugar la actividad del tipo de aglutinante que se está empleando para distintas cantidades del mismo, con el objeto de construir la curva correspondiente.

El mejor procedimiento consiste en preparar una mezcla patrón en 10% de arcilla exactamente y calcular la actividad presente en 0.5, 1.0, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 gramos de arena, lo que equivale a una concentración de 1,2,3,4,5,6 y 7% de arcilla con una muestra de cinco gramos. En la figura se ve la curva de arcilla activa.

#### 4.2.1.3. Permeabilidad

Según las normas A.F.S. define a la permeabilidad como la propiedad física de la masa moldeada de una mezcla de arena y aglutinante que permite el paso de aire a través de la misma. Se determina por la cantidad de volumen fijo de aire que puede pasar a través de la muestra cilíndrica normalizada bajo una presión también normali-

CUADRO 3.- Resultados de la determinación de los  $\text{cm}^3$  absorbidos por la muestra de las arenas de moldeo en verde.

Muestras	Prueba 1 $\text{cm}^3$	Prueba 2 $\text{cm}^3$	Prueba 3 $\text{cm}^3$
Siderúrgica Guayaquil	5.0	6.0	6.2
Acuña	3.8	4.1	4.0
Ferrocarriles del Estado	2.7	2.6	2.7
Comfumesa	11.0	11.3	12.0
Falesa	19.0	18.0	17.9
Dique Amazonas	2.5	3.1	2.7
Base Naval	2.0	3.0	2.5
W Y Z 1	7.0	8.0	7.0
Arena prueba**	5.4	5.6	5.4

\* Los datos se encuentran en  $\text{cm}^3$  para la determinación en la curva de arcilla activa.

\*\* La arena es de Río Guayas.



BIBLIOTECA

Azul de metileno  
( $\text{cm}^3$ )

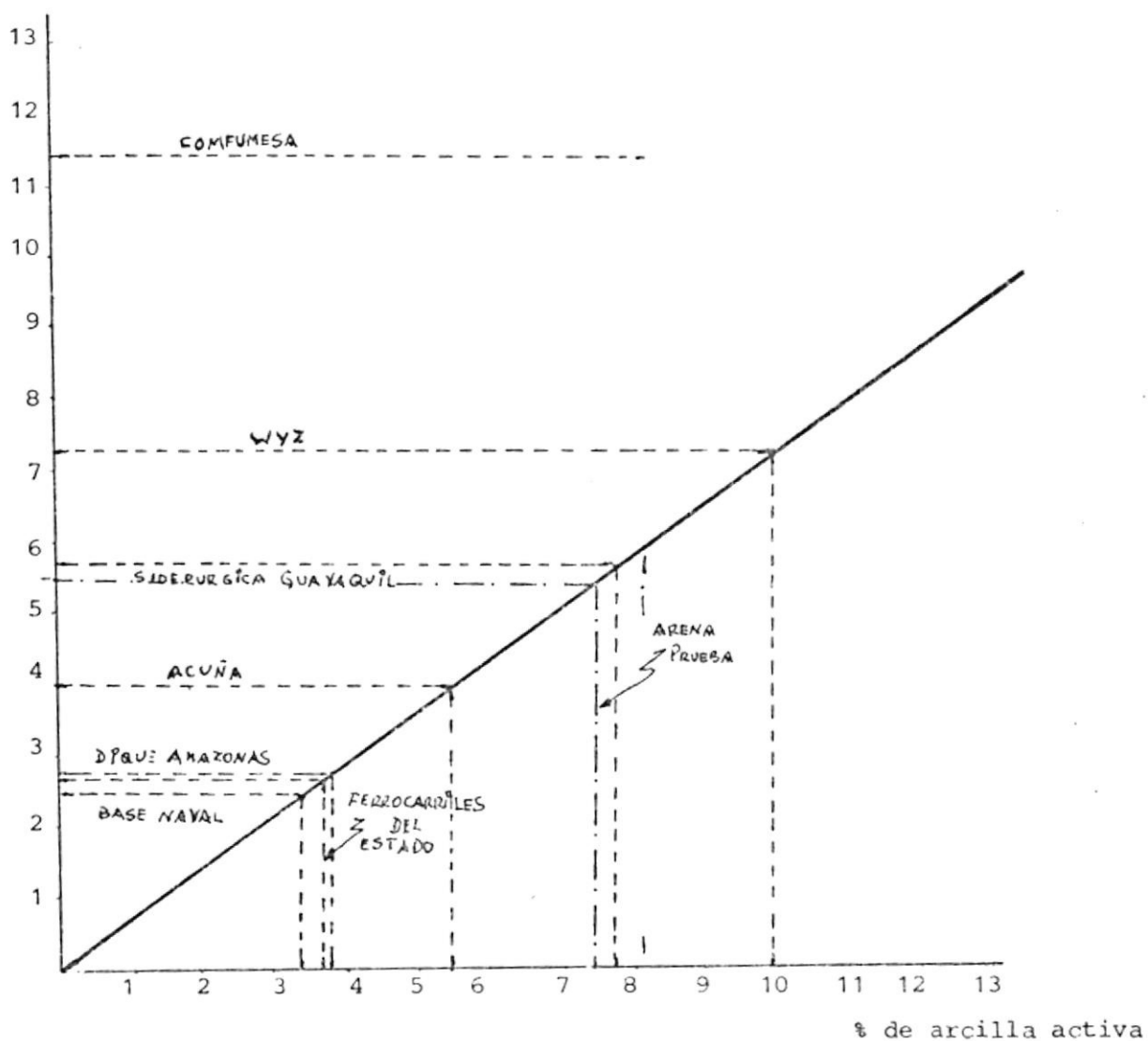


FIGURA 4.1.- Curva de la determinación de la arcilla activa de las muestras de arenas de moldeo.

CUADRO 4.- Resultados de la arcilla activa presente en las muestras de las arenas de Fundición.

Muestra	Prueba 1 %	Prueba 2 %	Prueba 3 %
Siderúrgica Guayaquil	7.12	8.6	8.8
Acuña	5.4	5.8	5.7
Ferrocarriles del Estado	3.9	3.7	3.9
Comfumesa	16.8	14.1	16.8
Falesa	25.7	24.2	24.1
Dique Amazonas	3.6	4.4	3.9
Base Naval	2.9	4.6	2.9
W Y Z 1	10	11.1	11.3
Arena Prueba	7.5	7.8	7.5

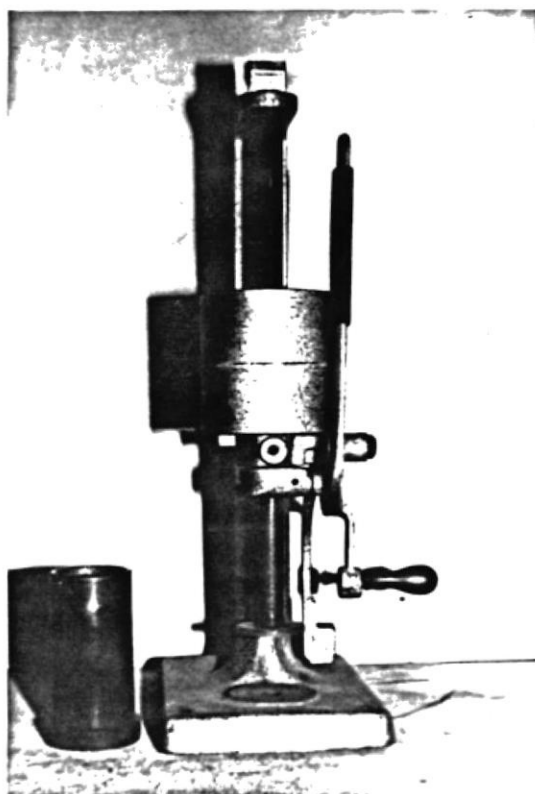
\* Los resultados están en % de arcilla activa.

CUADRO 5.- Resultados de la determinación de la arcilla muerta presente en el estudio de las arenas de moldeo.

MUESTRAS	PRUEBA 1 %	PRUEBA 2 %	PRUEBA 3 %
Siderúrgica Guayaquil	2,03	0,57	8,7
Acuña	2,2	2,0	1,5
Ferrocarriles el Estado	3,5	1,9	3,3
Confumesa	0,5	2,1	1,2
Falesa	4,1	6,5	5,5
Dique Amazonas	7,8	7,86	6,35
Base Naval	10,9	7,9	11,3
W Y Z 1	11,6	9,6	7,9
Arena Prueba	8,7	5,3	8,8

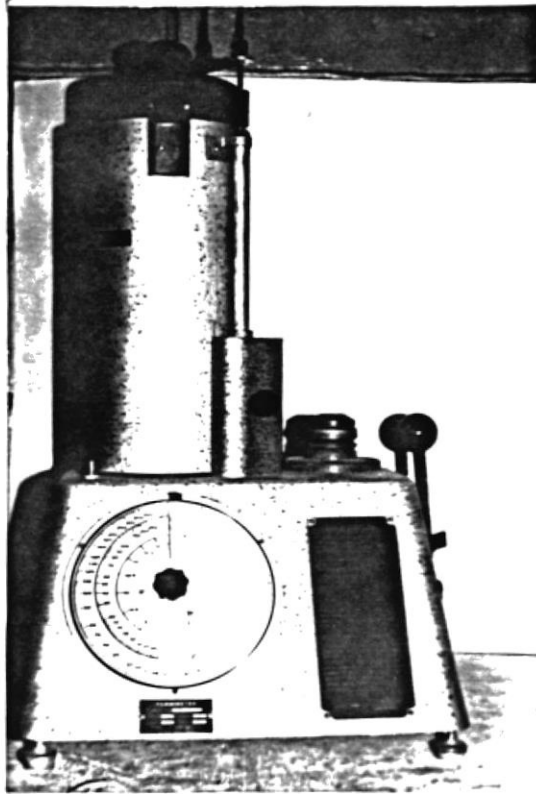
\* Se mide en porcentaje.

Arcilla total - Arcilla activa



FOTOGRAFIA 4.6.- Instrumento comprimidor norma con un tubo de presión para probetas.





FOTOGRAFIA 4.7.- Medidor de permeabilidad de lectura directa.

zada en un tiempo determinado.

El medidor permeable que se usa es el denominado de lectura directa de marca Permmeter.- Harry W. Dietert, de diseño reciente indicado en la figura.

Los resultados obtenidos de estas experiencias se encuentran tabulados en el Cuadro 6, en el mismo que se indica los porcentajes de aire que atraviesa los orificios entre los granos de la probeta.

#### Humedad

Este método es aplicable a todas las mezclas de arenas excepto las que contengan material volátil o también materiales oxidables. Para tales muestras de arenas se puede emplear los métodos de Carburo de Calcio o de determinación rápida de la humedad, el mismo que utiliza la reacción química entre el agua y el carburo de calcio para formar un gas acetilénico. El volumen de gas generado por esta reacción es pro-

CUADRO 6.- Datos de la determinación de la permeabilidad de las arenas de moldeo en verde realizadas en las fundiciones de Guayaquil.

Muestras	Prueba 1 %	Prueba 2 %	Prueba 3 %
Siderurgica Guayaquil	128.3	127.0	128.0
Acuña	15.5	14.8	15.0
Ferrocarriles del Estado	40.3	39.7	37.2
Confumesa	94	94	96
Falesa	108.0	112.2	111.5
Dique Amazonas	13.5	14.2	14.4
Base Naval	25.0	25.0	25.6
W Y Z	24.5	25.0	24.6
Arena prueba**	140	140	140

\* Los resultados son adimensionales

\*\* La arena es de Río Guayas para datos de comparación

CUADRO 7.- Datos de la determinación de la humedad realizadas en las arenas de moldeo muestreadas en las Fundiciones de Guayaquil.

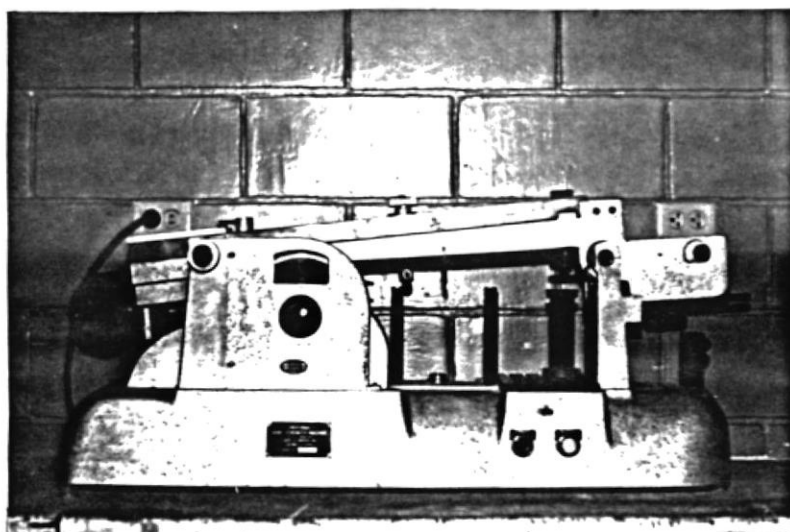
Muestras	Prueba 1 %	Prueba 2 %	Prueba 3 %
Siderurgica Guayaquil	7.1	7.9	8.0
Acuña	8.2	8.6	8.5
Ferrocarriles del Estado	6.4	6.1	6.2
Confumesa	7.2	7.5	7,3
Falesa	7.1	6.1	6.4
Dique Amazonas	7.7	8.0	7.6
Base Naval	7.3	7.3	7.4
W Y Z	8.6	8.7	8.5
Arena prueba	4.75	4.65	4.7

\* Los datos deben encontrarse en porcentajes

\*\* La arena es de Río Guayas para comparación con las arenas de más uso.



FOTOGRAFIA 4.8.- Instrumento para determinar la humedad por medio del carburo de calcio.



FOTOGRAFIA 4.9.- Instrumento de tipo universal para medir las propiedades mecánicas de las mezclas aglutinadas y a glomeradas de arena.

ción WYZ, que según lo que se pudo observar va a servir de patrón para las demás fundiciones, debido a que la manera de moldeo es similar.

Los valores encontrados están en el rango de 60-90.

### Compresión

Se ha visto una arena de moldeo para fundición posee propiedades mecánicas como cualquier otro material de Ingeniería y sus características se pueden determinar por medio de una máquina diseñada para efectuar ensayos de compresión, tensión y flexión.

El instrumento empleado se encuentra en la figura 4 - 9 de marca Universal. Sand - Strength Machine: Harry W. Dieter Co. Está construido de tal forma que registra una carga creciente de manera continua hasta que se va a producir la rotura.

Para el caso de moldeo en verde se acepta generalmente como representativo de las propiedades el ensayo de la resistencia a

CUADRO 8.- Datos del ensayo de compresión de muestras arenas de moldeo.

Muestras	Prueba 1 (psi)*	Prueba 2 (psi)	Prueba 3 (psi)
Siderurgica Guayaquil	8.2	8.0	8.9
Acuña	11.6	11.0	10.6
Ferrocarriles del Estado	9.6	9.4	11.0
Confumesa	12.5	12.8	13.0
Falesa	23.0	23.7	23.5
Dique Amazonas	9.8	9.6	9.6
Base Naval	8.3	8.7	7.8
W Y Z 1	13.7	14.0	16.0
Arena prueba	13.6	13.2	13.4

\* Los valores vienen dados en psi.

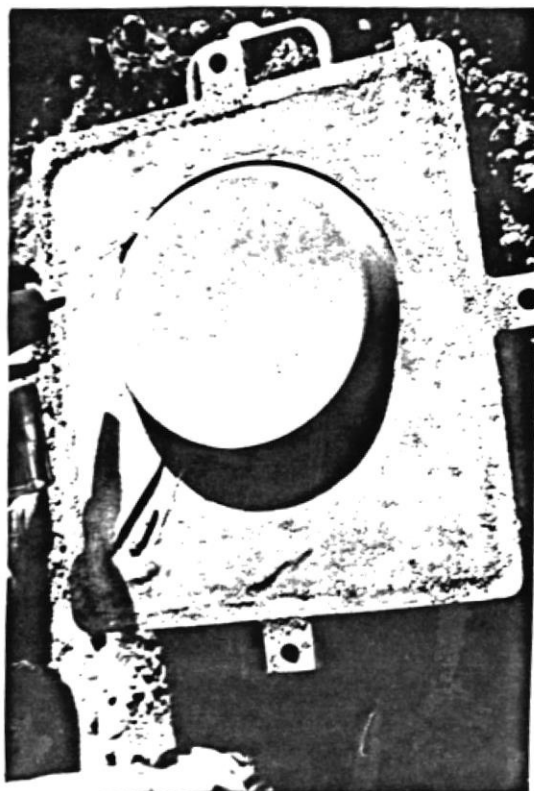


se el porcentaje de polvo de carbón o agréguese aserrín de madera o almidón, cereal y así se tratará de aliviar en algo estos dolores de cabeza que son los defectos para los fundidores que tienen estos problemas en sus talleres ó plantas.

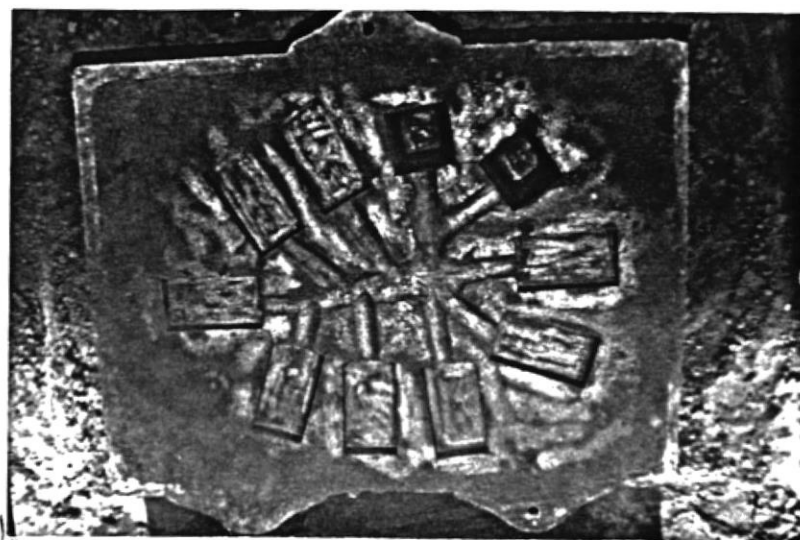
#### Pruebas de Planta

Una de las complementaciones interesantes de estos análisis que va a dar una respuesta sobre la calidad de la preparación de las arenas de moldeo en verde, es las pruebas que se han realizado en las plantas de la fundición.

No se puede recomendar una determinada arena de moldeo en verde para que pueda ser utilizada sin antes no realizar ensayos de porcentaje de los aditivos que estas van a llevar, y si estos porcentajes no van a traer problemas de defectos, que en si es lo que se trata de eliminar.



FOTOGRAFIA 4.10.- Eliminación del exceso de  
humedad.



FOTOGRAFIA 4.11.- Preparación de un molde con polvo de carbón para evitar porosidades y obtener superficies pulidas.



FOTOGRAFIA 4.12.- Limpieza de una parte del molde y eliminación del exceso de humedad.

### Preparación de las arenas

Una vez que se ha seleccionado los porcentajes adecuados de arena, bentonita, aditivos y agua estamos en condiciones de llevar a cabo la mezcla, la misma que la realizamos siguiendo las normas de preparación indicados en los manuales de arenas de moldeo. En las arenas de contacto primeramente se la lleva al molino, incorporando primeramente la arena, y a continuación simultáneamente vamos agregando agua. Consiguiendo con esto atenuar el polvo, y mejorar la distribución de la arcilla añadiéndola a continuación y finalmente los aditivos que se vayan a utilizar.

El tiempo de mezclado que se elija se lo fija de acuerdo a ciertos ensayos realizados, sin llegar tampoco a una prolongación innecesaria que haga perder a la arena la humedad previa y limitar la capacidad previa del molino. Elegimos tener la arena unos 5 minutos para cada elemento de mezclado, luego se trata de ver en que condi

ciones se encontraban las propiedades mecánicas y los resultados eran los deseados, que se las da en las tablas a continuación.

En el apéndice se da en las tablas IV de mezclas óptimas de arenas de moldeo utilizadas en verde y contacto que pueden ser utilizadas en las fundiciones.

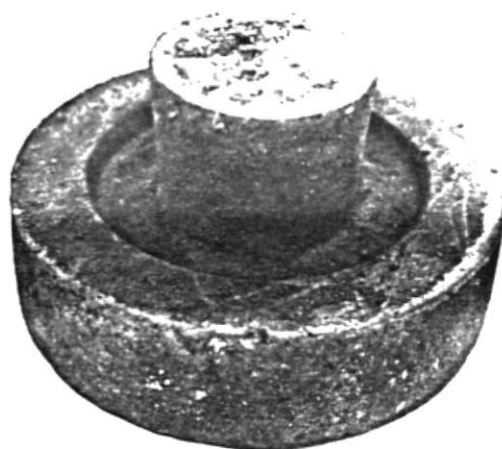
#### Desmoldeo

Una de las propiedades importantes que una arena debe reunir es la facilidad para el desmoldeo, es decir, la forma de separarse la pieza fundida sin quedarse agregada a la misma también se refiere a esta propiedad de las mezclas de arena con la colapsibilidad de las mismas.

Se pudo comprobar que estas arenas no tuvo gran dificultad en desmoronarse, destruyéndose con el mínimo esfuerzo, sin tener que usar métodos sofisticados para la separación de la arena de las piezas fundidas, lo cual queda demostrado en las fotografías.



FOTOGRAFIA 4.13.- Pieza fundida con arena aglutinada preparada según normas del émbolo de botella del hidráulico de volquetas.



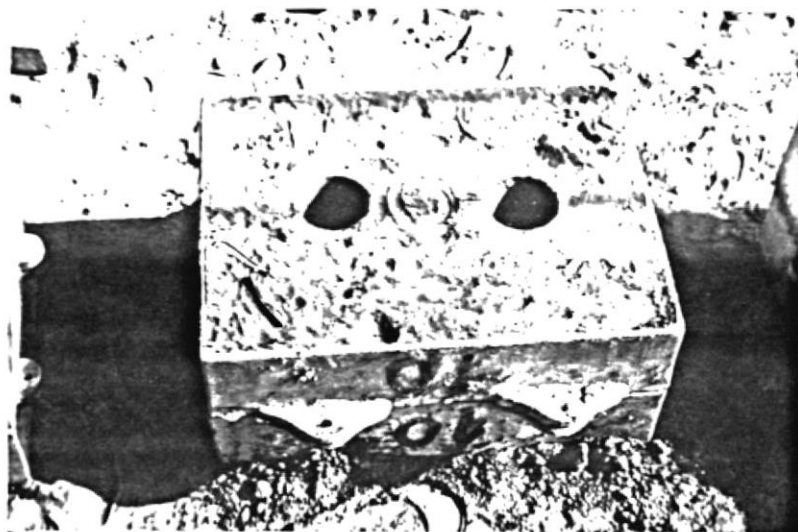
FOTOGRAFIA 4.14.- Cantidades muy pequeñas de arena pegada al émbolo.



FOTOGRAFIA 4.15.- Comparación entre dos piezas fundidas con arenas de distinta preparación.



BIBLIOTECA



FOTOGRAFIA 4.16.- Molde listo para la fundición de las piezas del émbolo preparada con arena según normas.

Se trata de comparar con otra pieza idéntica que se ha logrado preparar tal como los modelistas las hacen, y la otra con un control de adición en las arenas.

Se nota que los defectos de sopladuras, incrustaciones, penetraciones, rugosidades, colas de rata, entre los más comunes, se logran evitar con la buena preparación de las arenas.

<u>Compresión</u> (psi)	<u>Humedad</u> %	<u>Permeabilidad</u>
13.3	4.6	90
13.4	4.7	92
13.6	5.0	90

Tabla 2.- Resultados. Propiedades mecánicas de la arena Limón amarilla para moldeo.

## CAPITULO 5

### ANALISIS DE RESULTADOS

La presencia de defectos en las fundiciones lleva a realizar un estudio de las propiedades de las arenas de moldeo que se utilizan para de esta manera poder pronosticar porque fallan dichas arenas.

Los resultados de los ensayos efectuados, serán comparados con datos experimentales y de normas de trabajo. Indicando es to la calidad de las arenas nacionales y los datos referencia les de las mezclas.

De los resultados obtenidos de las propiedades se tiene que:

- Hay dos grupos de arenas utilizadas en las fundiciones como son: Río Guayas y Posorja, tienen la distribución granulométrica e índice de finura distintos, variando la cantidad de finos en las mismas, siendo menor en las primeras mencionadas, indicándose que se las puede utilizar para fun dición de hierro gris lo cual no va a ocurrir con las are nas de Posorja que tienen un elevado porcentaje de finos y el índice de finura es alto permitiendo decir que deben utilizarse en la fundición de aleaciones ligeras.

Arenas como índice de finura bajos no se debe elegir debi-

do a que introducirán la aparición del defecto de penetración de metal entre los granos formándose una costra de metal-arena que es difícil de limpiar.

- Las arenas de Río Guayas y Posorja no se efectuaron los análisis químicos correspondientes por la falta de instrumentación, mientras que los resultados de las arenas de Limón se las tomó de las referencias dadas por los industriales de vidrio que la utilizan como materia prima. Poseen un porcentaje elevado de sílice, teniendo la posibilidad de resistir temperaturas elevadas, y con porcentajes de impurezas dentro de los límites permisibles lo mismo que evitarán la presencia de defectos por estos motivos.
  
- Las arenas de Río Guayas y Posorja se las sometió a una temperatura de 2500°F sinterizándose los granos, es decir, uniéndose unos a otros indicándose con esto la baja refractabilidad de estas arenas. Que hace que reaccionen la arena y el metal en estado líquido, formando una costra de metal-arena.

Las arenas de Limón son arenas silíceas lo cual implica su hecho de ser refractarias y con ello se elimina la posibilidad de que ocurra el defecto.

- Al llevar a efecto el control de las arenas de moldeo en verde se realizó la lixiviación para con ella obtener la cantidad de arcilla total.

Siendo las fundiciones de Comfumesa, WYZ y Siderúrgica - Guayaquil, las que utilizan arenas de Río Guayas, teniendo a la primera nombrada un valor elevado comparado con las dos restantes que tienen valores muy próximos, esto se explica por la forma de preparación de las arenas, esto es la adición de elementos agregados que elevarán el porcentaje de finos y con ellos la cantidad de arcilla total.

En lo que se refiere a las demás fundiciones estudiadas - que utilizan arena de Posorja los porcentajes son muy próximos dependiendo así mismo que si los fundidores le agregan o no bentonita, para elevar la consistencia de las arenas, y aumentando así el % de arcilla total.

- La cantidad de arcilla activa que se pueda determinar de cada una de las muestras tomadas, es uno de los resultados que a la postre van a dar una idea clara de la cantidad de bentonita que se debe agregar a las mezclas después de cada fundición, para de esta forma reciclarlas y que reúnan nuevamente las condiciones ó propiedades exigidas para su

manipuleo.

El método en sí es sencillo para que los fundidores los lleven a efecto y evitar en algo el agregado sin control de la bentonita, que a la larga el exceso o la falta traerá serios trastornos en la aparición de defectos, por la alteración de las propiedades.

Antes de la realización del análisis de las muestras se efectuó una curva, que va a servir de referencia, y relaciona los valores de arcilla activa en porcentajes con la cantidad de azul de metileno absorbido por la muestra, la misma que se logró después de una serie de experiencias. Esta va a ser útil a los fundidores siempre y cuando utilicen la misma arcilla o bentonita utilizada en la realización de la curva. La bentonita que se utilizó, es la que la mayoría de los fundidores emplean en sus talleres la bentonita sódica de procedencia Peruana.

La curva es una línea recta tal como se indica en el gráfico N<sup>o</sup> 1; los puntos que se encuentran fuera de la línea se explican por los errores que se pueden cometer de forma visual en la selección del punto que explica la técnica operativa, indicando el valor fijado, Para la comprobación de la curva y ver si nuestro resultado era el correcto, se pre

paró una mezcla con los porcentajes de bentonita estipulado para la fundición de hierro gris, y dicho resultado se encuentra dentro del rango de la curva y en un valor cercano al elegido. El valor seleccionado fue de 8% y el encontrado por la curva de 7.5%, indicando de esta forma lo acertado de los resultados encontrados.

Finalmente, se realizó el ensayo para cada una de las muestras, los que se encuentran en los cuadros de datos, colocándolos luego en una curva para encontrar los valores de arcilla a activa. Se pudo observar que las arenas preparadas por las plantas de fundición: Siderúrgica Guayaquil, WYZ, Comfumesa y Acuña tenían los valores que las técnicas de preparación de arenas de moldeo en verde, lo exigen, mientras que el resto de talleres los resultados son sumamente bajos y es por ello que las propiedades de las mismas variarán. La arena de la planta de Falesa tienen valor elevado de arcilla activa debido a la forma exagerada de agregar bentonita en la preparación de las arenas de moldeo aumentando la consistencia de las arenas y con el consiguiente, reducción de la permeabilidad ocasionando las sopladuras, rugosidad, y en cambio un escaso % de bentonita producirá colas de rata, debido a que la dilatación de la sílice no se ve compensada por la contracción de la bentonita.

- Seguidamente después de haber encontrado los valores anteriores se está en condiciones de proceder a calcular la cantidad de arcilla muerta en las arenas lo cual va a significar, si no se la elimina, la alteración de las propiedades, por consiguiente la aparición de defectos imputables a las arenas de moldeo a consecuencia de una pérdua en permeabilidad.

Los porcentajes son en un promedio del 2 al 12% siendo los % los que se tendrán que reponer. Como en la mayoría de las fundiciones no se los elimina, repercute esto en la alteración de las propiedades analizadas.

- Los valores de la permeabilidad que se van analizar dependen de la arena que los fundidores empleen. Esto es, Sideurgica Guayaquil, WYZ y Confumesa, los valores de permeabilidad de la arena de Río Guayas, son muy altas, y según las tablas II del Apéndice se las debe emplear para la fundición de piezas grandes, por la forma de distribución del grano y la poca cantidad de finos presentes en ellos, lo cual obligan a tener mayores espacios entre intersticios que obligarán a que los gases y aire desalojen con gran facilidad. Se presenta la superficie rugosa y penetración del metal, cuando se tiene un alto valor de permeabilidad teniéndose que utilizar arena de más baja permeabilidad.

Las arenas de Posorja tienen valores de permeabilidad sumamente bajos, lo mismo que va a influir cuando se esté fundiendo piezas de gran tamaño, los gases no salgan rápido y queden atrapados trayendo como consecuencia los defectos. Estas arenas se deben utilizar más bien para piezas pequeñas hasta medianas. Esta arena debido a su elevado % de finos baja la permeabilidad, pudiéndose decir la gran facilidad a la aparición de sopladuras, en caso de presentarse estos defectos se tiene que elegir una arena con una permeabilidad mayor. La baja permeabilidad también produce emplastro, a pesar que la superficie es más lisa.

Todo esto un fundidor debe tener presente, cuando vayan a realizar piezas de distintos tamaños, en la selección apropiada de la arena. Ninguno de los fundidores toma en cuenta y luego ahí los resultados negativos en la producción de elevado número de defectos.

- La humedad que es una de las propiedades que más se debe preocupar en las fundiciones se les tiene descuidado, tal es el caso que las arenas que se van a emplear para el moldeado en verde deben tener porcentajes muy bajos de agua, en todos los talleres de fundición los valores encontrados son elevados acarreando consigo la mayoría de los defectos

que se han detectado, tales como sopladuras; porosidades, rugosidades, todo ello por exceso de agua en ellas. La forma como se agrega el agua, la es en forma descontrolada y como es de conocimiento, el agua al ponerse el molde en contacto con el metal líquido van a generar gases, durante la fusión, que se van a eliminar dependiendo de la permeabilidad presente en la arena empleada.

- Una de las maneras de controlar la consistencia de las arenas es a través del Durómetro que determinará la dureza presente en el molde. Al realizar este análisis se pudo comprobar que los moldes no son compactados uniformemente, lo cual va a obligar a tener en ciertos lugares mayor compactación que en otros, y con ello la salida no uniforme de los gases generados en la reacción metal-molde.
- La otra propiedad mecánica que se ha desarrollado es la compresión, que dará una idea de cuánto puede resistir la arena a la expansión del metal solidificándose.

Los valores encontrados de compresión en verde son aceptados por encontrarse dentro del rango que se está considerando.

La variabilidad de esta propiedad se debe en gran parte

a la cantidad de bentonita presente.

Cuando se tiene una arena con una cohesión baja hay la posibilidad de producirse arrastre de arenas, inclusiones de arena, rugosidad, costra o darta, vitrificación, sopladuras. Lo cual se evita poniendo un adecuado porcentaje de bentonita en ella. Que soluciona en parte la posibilidad de ocurrir estos defectos.

- Las pruebas de planta fueron satisfactorios debido a que los resultados indican que una arena preparada adecuadamente tienen una posibilidad grande de eliminar los defectos que son indicados para las arenas. Demostrando con ello que la forma de preparación por parte de ellos no es el indicado.

La arena de Límón, cualquiera de las dos; reúnen condiciones para ser introducidas para el moldeo de piezas de hierro fundido.



## CAPITULO E

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la discusión de resultados presentado en el Capítulo anterior de las propiedades de las arenas de moldeo como causante principal de los defectos presentados, se sacan las siguientes conclusiones:

- Las arenas de Río Guayas y de Posorja reúnen buenas condiciones en lo que respecta al análisis granulométrico.
- Siendo la refractabilidad un valor importante para la operación de la fundición, ambas arenas utilizadas por los fundidores de Guayaquil no reúnen las condiciones de resistir elevadas temperaturas, lo cual las hace no aptas para la fundición de hierro gris.
- El agregado del agua en la preparación de las arenas de moldeo en verde no es el más aconsejable, debido a la imprecisión del mismo traerá serios trastornos en los resultados de las piezas fundidas. Tanto el exceso o la falta de agua lleva a la aparición de defectos relacionados con evolución de gases.
- En lo que se refiere a la permeabilidad cabe indicarse que

según los resultados, a las arenas de Posorja no se debe utilizar para el modelo de piezas demasiado grandes, por eso se aconseja utilizarlas en piezas pequeñas. La arena de Río Guayas debe utilizarse para el moldeo de piezas más grandes.

- Las arenas dentro de las plantas de fundición, no se las da un apisonado uniforme a lo largo del molde, encontrándose durezas variables lo cual es este mal apisonamiento obligará a detener a los gases dentro del metal líquido dependiendo también de la arena que se esté utilizando y son susceptibles de provocar exfoliaciones o costras de expansión.
- La preparación de las arenas no son las mas convenientes debido a la descontrolada forma de agregar bentonita y agua y a la ninguna colocación de aditivos para mejorar la calidad.
- La curva encontrada es una solución para los fundidores que tratan de saber como y en que porcentaje debe agregarse bentonita después de una fundida a la arena para su reciclado, y con ella van a encontrarlo.
- La arcilla muerta junto con los quemados aumenta la re-

sistencia a la compresión y disminuye la permeabilidad de una arena incrementando por consiguiente su aptitud a la presencia de defectos. La adición correcta de una bentonita y de un aditivo conveniente, podrían mejorar estos de un modo más acentuado.

- Se recomienda utilizar siempre para eliminación de finos, clasificación granulométrica, detección de contenido de agua, obtener un ahorro drástico de arena nueva.
- Utilizar molino mezclador cuyo objetivo es lograr que cada grano de arena se recubra de una capa uniforme de aditivo.
- Utilizar aditivos como harina de cereales y carbonilla que le proporcionarán características esenciales para su utilización como buena arena de moldeo y excelentes propiedades.
- Se recomienda también no agregar demasiada cantidad de aditivos, porque producirán una reducción en su plasticidad y permeabilidad. Ni muy poca porque aumentarían los gastos de limpieza y rebarbas.
- Se recomienda elegir una arena base que posea en su com-

posición los elementos que le aseguren no solamente la constancia de sus propiedades de moldeo, sino también la eliminación de los defectos de fundición, así como una disminución de los costos de los rebarbados. Así tenemos las arenas de Limón (Prov. de Morona-Santiago) que reúnen las condiciones exigidas por los párrafos anteriores que los fundidores las pueden introducir en las plantas de fundición.

- Se recomienda no agregar agua en exceso, porque como no se le da un adecuado reciclamiento a las arenas de moldeo en verde, pierden permeabilidad y luego ser el causante principal para la presencia de los defectos de rugosidad y sopladuras a consecuencia del aire atrapado.
- Se recomienda que los fundidores tengan un pequeño laboratorio para controlar periódicamente las arenas, de esta forma estarán en condiciones de mejorar su nivel técnico y económico en un futuro no muy lejano.
- Se recomienda seguir las indicaciones que se formulan en el Apéndice de la manera como realizar la preparación de las arenas, para eliminar el porcentaje elevado de los defectos a causa de las arenas de moldeo.

- Se recomienda usar las arenas río Guayas para relleno y producir un molde compuesto por una arena de contacto de alto sílice y el resto arena de relleno.

## A P E N D I C E

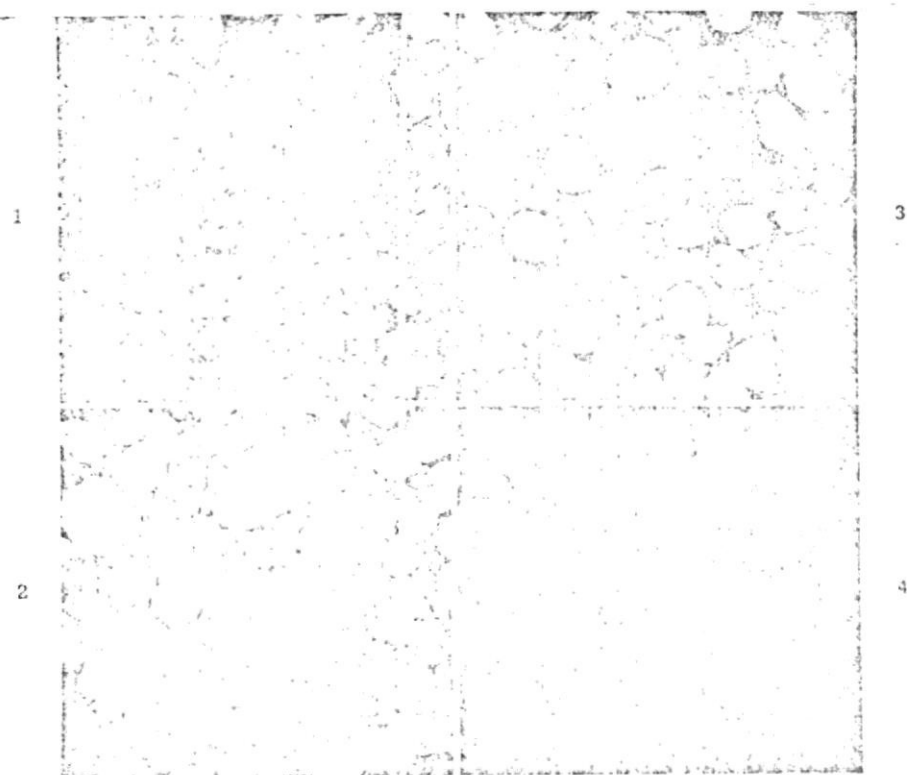


Fig. 13.422

Clasificación A. P. A. de la forma de grano de arena: 1, Angular; 2, Semiangular; 3, Redondeada; 4, Conglomerada.

Tabla I.—CARACTERÍSTICAS GENERALES EXIGIDAS A LA ARENA PARA HIERRO

1.—Índice de finura AFS .....	55/60
2.—Materias impalpables .....	≤ 0,3 %
3.—Finos (inferior a 0,125 mm.) .....	≤ 1,5 %
4.—Gruesos (superior a 0,71 mm.) .....	≤ 0,3 %
5.—Distribución en 3 tamices .....	≥ 60 %
6.—Punto de sinterización .....	≥ 1.500 °C
7.—Coeficiente de angulosidad .....	≤ 1,30
8.—Humedad .....	≤ 0,5 %

T A B L A I I

Resumen de las características que ha de reunir una tierra de moldeo

Método colaje	Clase de piezas	MUELDIS EN VERDES					MACHOS		
		Arzúls %	Índice de Fuste A. P. A.	Dimensiones de las piezas en milímetros	Alargamiento de las piezas en milímetros	Relación a la superficie de la pieza en cm <sup>2</sup>	Arzúls %	Índice de Fuste A. P. A.	Dilataciones de las piezas de Fuste
Acero	Grandes	5 a 10	Hasta 50	Hasta 0,255	120	450	Medios	40 a 50	0,255 a 0,255
	Medianas	5 a 10	Hasta 50	16 a 25 0,255	120	450	Medios		
	Pequeñas	5 a 10	50 a 70	0,255 a 0,180	160	475	Medios		
Fundición moldeada	Grandes	10 a 15	40 a 70	0,260 a 0,180	80	450	Medios de 1 <sup>a</sup> a 1 <sup>2a</sup>	50 a 70	0,255 a 0,180
	Medianas	10 a 15	70 a 100	0,180 a 0,155	20	480			
	Pequeñas	10 a 20	100 a 150	0,135 a 0,085	20	470			
Fundición en arena	Grandes	10 a 20	50 a 70	0,250 a 0,180	80	450	Medios de 1 <sup>a</sup> a 1 <sup>2a</sup>	50 a 70	0,255 a 0,180
	Medianas	10 a 15	70 a 100	0,180 a 0,175	30	460			
	Pequeñas	10 a 15	100 a 200	0,110 a 0,060	10	450			
Muestras de ensayo	Grandes	10 a 15	100 a 140	0,120 a 0,035			Medios de 1 <sup>a</sup> a 1 <sup>2a</sup>	60 a 100	0,215 a 0,125
	Medianas	10 a 15	140 a 200	0,035 a 0,030					
	Pequeñas	5 a 15	140 a 200	0,065 a 0,045					
Acuerdos tipo	Grandes	10 a 20	130 a 50	0,085 a 0,050			Medios de 1 <sup>a</sup> a 1 <sup>2a</sup>	60 a 100	0,215 a 0,125
	Medianas	10 a 25	130 a 200	0,035 a 0,030					
	Pequeñas	10 a 25	140 a 200	0,085 a 0,050					



CLASE DE DEFECTO	PRESENTACION DEL DEFECTO. POSIBLE ASPECTO. CARACTERISTICAS	ATRIBUIBLES					
		ESPAÑOL	DISEÑO	MODELO	HERRAMENTAL MOLDEO	COMPOSICION ACERO	FUSION Método-Ter
		FRANCES	TRACE	MODELE	OUTILLAGE	COMPOSITION DU METAL	Fusion
		ALEMAN	ENTWURF	MODELL	FORMKASTEN	ZUSAMMENSETZUNG DES STRIKSS	SCHELZPR
		Ingles	Design	Pattern	Flask-Rigg	Steel Composition	Melting
Italiano	Disegno	Modello	Utilliagio	Composizione dell Acciaio	Fusione		
POROS	PUEDEN SER AISLADOS O EN CONCENTRACION. SUPERFICIE BRILLANTE Y LISA. OCLUSION DE GASES.	⊙			■	+	
DEQUEÑOS POROS SUPERFICIALES	A MUY CORTA DISTANCIA DE LA SUPERFICIE, SUELEN NO SER VISIBLES HASTA NO PASAR POR EL CHORRO DE ARENA LA PIEZA				■	+	
RECHUFE, CAVIDAD, DEPRESION	CAVIDAD DE FORMA IRREGULAR, ALGUNAS VECES NO VISIBLE	+	⊙		⊙	⊙	
GRIETAS DE CONTRACCION VISIBLES	DESGARRE Y FALTA DE CONTINUIDAD DEL MATERIAL SUPERFICIE OXIDADA POR PRODUCIRSE AUN CALIENTE	■	⊙	⊙		⊙	
COSTRAS DE ACERO (DARTA) POR EROSION	SUPERFICIE Y PROTUBERANCIAS DE ACERO QUE SUSTITUYE A PARTE DE LA ARENA DEL MOLDE ARRANCADAS	+		⊙		+	
id id id. POR EXPANSION	id id id DE DESPRENDIMIENTOS DE ARENA.	⊙		⊙		⊙	
DESGARRE Y AGRIETAMIENTOS INTERNOS	GRIETAS INTERNAS QUE SOLO APARECEN DURANTE EL MECANIZADO	+	⊙	⊙	⊙		
ARRASTRE DE ARENA	INCLUSIONES DE ARENA EN EL ACERO QUE LA APRISIONO AL SOLIDIFICAR	⊙	⊙	⊙		⊙	
HUNDIMIENTO DE ARENA	PORCIONES DE ARENA DESPRENDIDA MEZCLADA CON ACERO.	⊙	⊙	⊙		⊙	
MAL LLENADO O PLIEGUES	PIEZA SIN TERMINAR DE LLENAR EN PARTES O CON PLIEGUES SUPERFICIE RUGOSA.	⊙	⊙	⊙		+	
ALABEADO O TORCEDURAS	PIEZA QUE POR DESIGUAL CONTRACCION DEJA DE CONSERVAR LA FORMA DEL MODELO.	+	⊙	⊙	⊙	⊙	
INCLUSIONES NO METALICAS	ARRASTRE DE ESCORIAS O ARENA QUE QUEDA APRISIONADA EN LA MASA METALICA.	⊙			■	⊙	
SUPERFICIE RUGOSA O SIN LLENAR	MAL COPIADA LA SUPERFICIE O DETALLES DE LA PIEZA POR NO LLEGAR EL METAL CALIENTE.	⊙	⊙	⊙			
PENETRACION DE METAL	REBARBAS PRODUCIDAS POR LLENADO DEL ACERO DE LAS GRIETAS DE LA ARENA.	⊙	⊙	⊙		+	
FUSION DE LA ARENA	ESCORIFICACION QUE EMPEORA EL ASPECTO, DENOTANDO RUGOSIDAD.	⊙				⊙	
HUNCHAMIENTO DEL MOLDE	DEFORMACION DE LA PIEZA POR CEDER LA ARENA DEL MOLDE.	⊙	⊙	⊙		⊙	
CAMBIO DE MACHOS O MOVIDO	DIMENSIONES O ESPESORES INCORRECTOS. VARIACIONES	⊙	⊙	■		⊙	
REPARACION DE ARENA SUELTA	REPARACION PARCIAL DE DESPRENDIMIENTO DE ARENA QUE NO SE ADHIERE.	⊙	⊙	⊙			
FUGAS DE MOLDE O MACHO	REBARBAS PRODUCIDAS POR SEPARACION O AGRIETAMIENTO DEL MOLDE O MACHO		⊙	⊙		⊙	
ENFRADEROS MAL SITUADOS	NO CONSECUICION DEL EFECTO DESEADO POR EL ENFRAMIENTO PREVISTO						

POSIBLE ⊙

PROBABLE +

SEGURO ■

## MEZCLAS OPTIMAS PARA OBTENER PIEZAS

Arena de contacto para moldeo en verde de hierro colado

Arena silicea	100%
Bentonita sódica	7%
Cereal	1%
Hulla en polvo	5%
Agua	4.5%

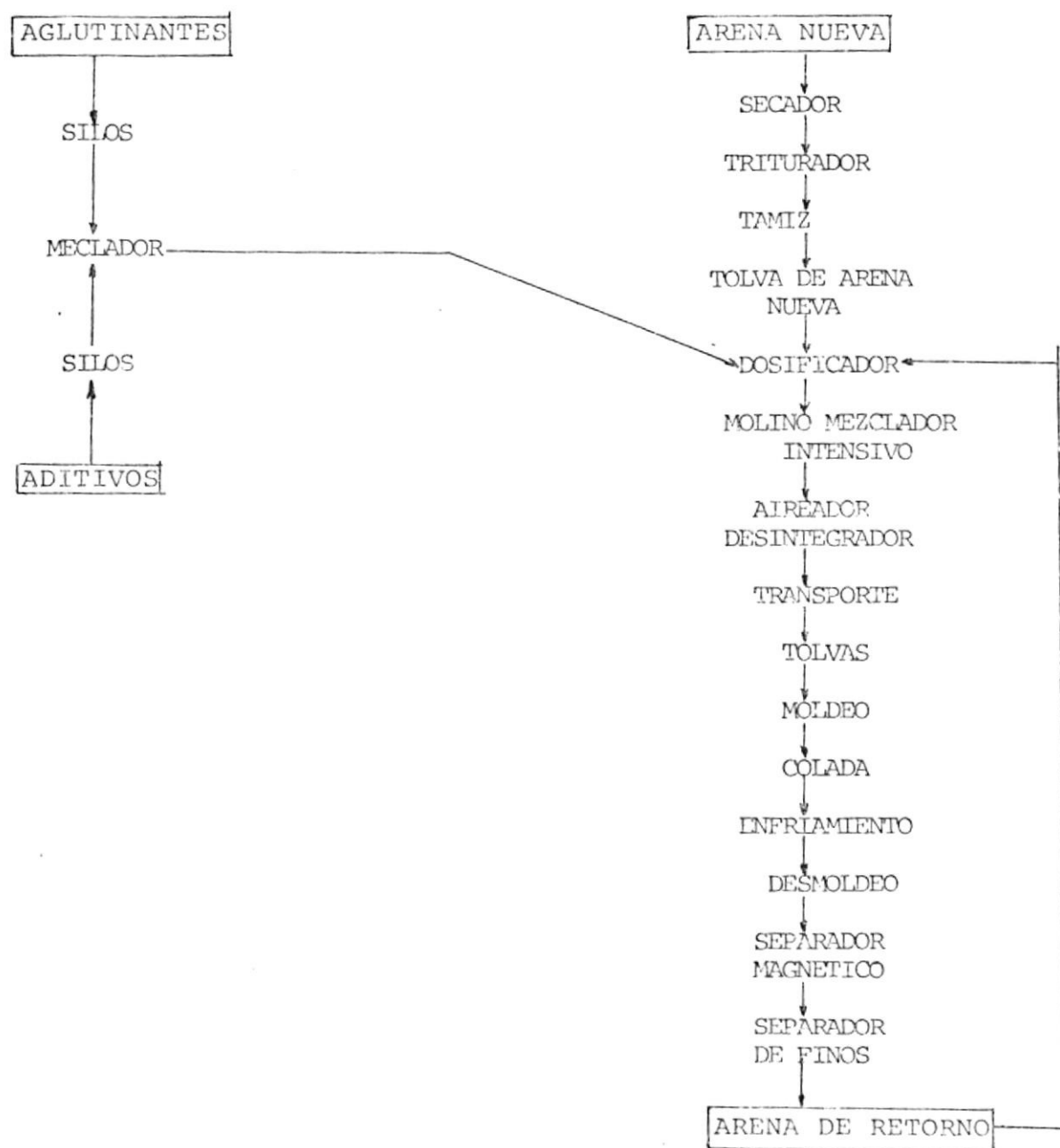
Arena unica para moldeo en verde de hierro fundido

Arena de desmoldeo	80%
Arena silícea	20%
Bentonita sódica:	0.5% sobre la arena de desmoldeo; 7% sobre la arena nueva.
Cereal	0.25% sobre arena de desmoldeo; 1% sobre la arena nueva.
Hulla en polvo	0.5% sobre la arena de desmoldeo; 5% sobre la arena nueva.
Agua	4.5%

\* Las propiedades que deben reunir estas arenas tentativamente son:

Permeabilidad en verde	110
Resistencia a la compresión en verde	650 g/cm <sup>2</sup>
Deformación	0.60 - 0.80 mm.

## ARENERIA INTEGRAL



## LISTA DE FOTOGRAFÍAS Y FIGURAS

FOTOGRAFIA	TITULO
Nº	
2.1.	Colas de rata
2.2.	Emplastro - Colas de rata
2.3.	Mal moldeo e inclusiones de arena.
2.4.	Inclusiones de arena
2.5.	Defecto ocasionado por el mal moldeo.
2.6.	Incrustaciones de arena.
2.7.	Sopladuras (Aire atrapado) vista superior.
2.8.	Costras de metal-arena.- Rebarbas. Vista inferior o fondo.
2.9.	Sopladuras de aire.- Costra de metal-arena.
2.10.	Arrastre de arena
2.11.	Porosidades.- Costras de metal-arena.
2.12.	Sopladuras (aire atrapado).
2.13.	Inclusiones de arena.
2.14.	Superficie rugosa
2.15.	Sopladuras.- Porosidades
2.16.	Porosidades.- Arrastre de arena
2.17.	Porosidades
2.18.	Porosidades.- Aire atrapado
4.1.	Máquina para agitar tamices
4.2.	Preparación de una muestra para lixiviar.

## FOTOGRAFIA

## TITULO

Nº

- 4.3. Equipo para lixiviar.
- 4.4. Horno eléctrico para preparación de muestras
- 4.5. Equipo para detectar la cantidad de arcilla activa.
- FIGURA 4.1. Curva para determinar la cantidad de arcilla activa.
- " 4.2. Curva de la determinación de arcilla de las muestras de arenas de moldeo.

## FOTOGRAFIA

Nº

- 4.6. Instrumento comprimidor norma con un tubo de precisión para probetas.
- 4.7. Medidor de permeabilidad de lectura directa.
- 4.8. Instrumento para determinar la humedad por medio del carburo de calcio.
- 4.9. Instrumento de tipo universal para medir propiedades mecánicas de las mezclas de arena - aglutinadas y aglomeradas.
- 4.10. Eliminación del exceso de humedad.
- 4.11. Limpieza de molde y eliminación del exceso de agua.
- 4.12. Preparación del molde con polvo de carbón para evitar defectos.

FOTOGRAFIA  
Nº

TITULO

- 4.13. Pieza fundida con arena aglutinada preparada según normas.
- 4.14. Cantidades pequeñas pegadas en la pieza.
- 4.15. Comparación entre dos piezas fundidas con arenas de distinta preparación.
- 4.16. Molde listo para recibir colada, preparada con arena según Norma.



LIBRO

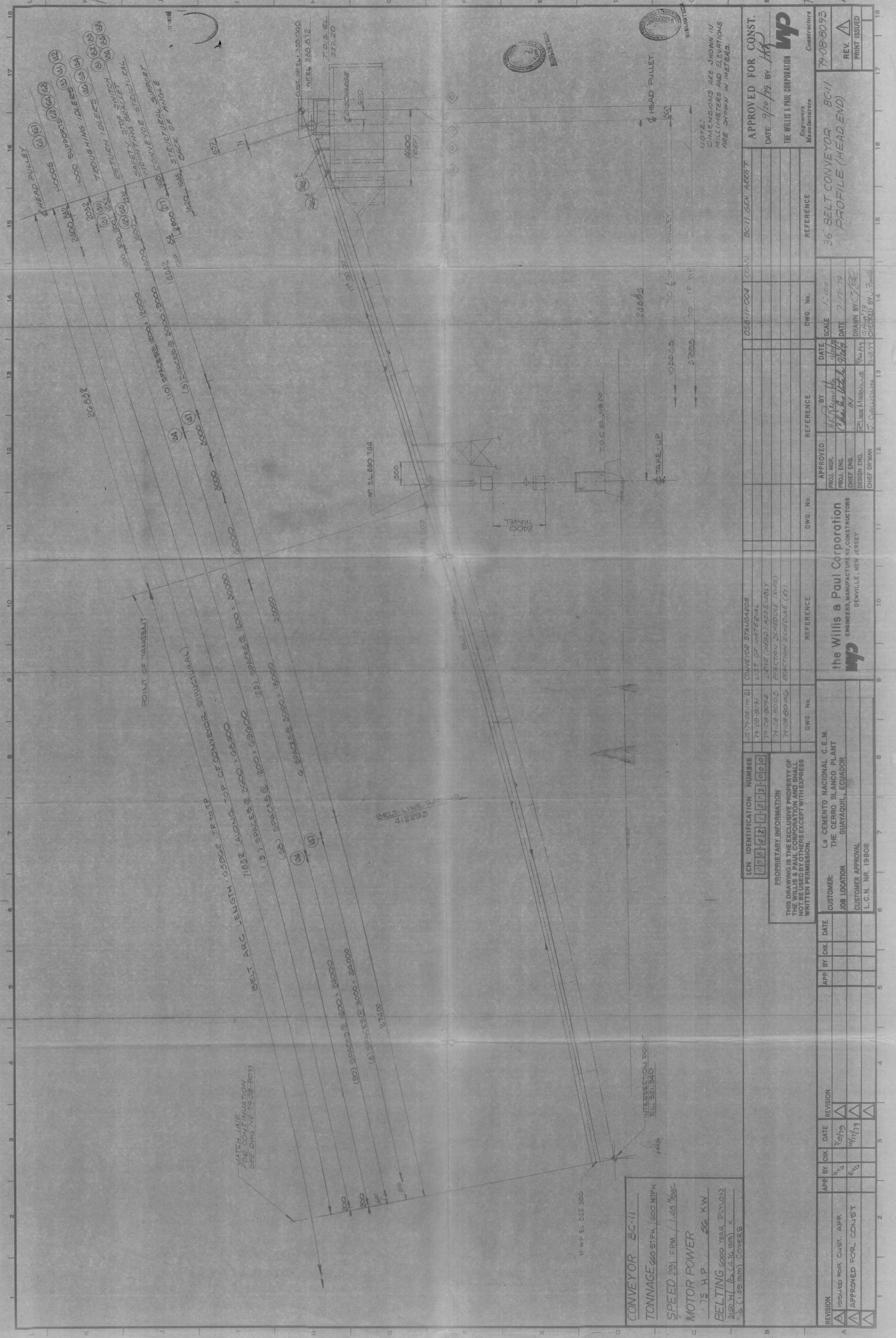
## BIBLIOGRAFIA

1. ESPOL, "Manuales de Fundición". Reproducción Guayaquil. 1980.
2. ESPOL. "Arenas de Moldeo". Reproducción Guayaquil. 1980.
3. HW DIETER, "Preparación Arenas de moldeo".
4. FERNANDEZ, JOSE MARIA. "Atras de defectos en las piezas fundidas". Madrid, 1965,
5. CENIM, "Arenas de Moldeo.
6. LA FONDERIA ITALIANA N° 5. 1971.
7. LA FONDERIA ITALIANA N° 4. 1972.
8. AGUIRRE D. IGNACIO y MURO ALBERTO, "Arenas de Moldeo y Machos. Quito 1980.
9. AGENDA DE FUNDICION. 1976.
10. ENRIQUEZ JOSE LUIS, "Copiados de Fundición".
11. TAPIA MARCOS, Tesis de grado. ESPOL. 1980.
12. CAPELLO, "Tecnología de la Fundición". Barcelona, 1974.





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ITEM NO.	DESCRIPTION	DESIGN DWG	MFR	DETAIL DWG	ITEM NO.	DESCRIPTION	DESIGN DWG	MFR	DETAIL DWG	ITEM NO.	DESCRIPTION	DESIGN DWG	MFR	DETAIL DWG	ITEM NO.	DESCRIPTION	DESIGN DWG	
1	MOTOR, 75 HP - 1750 RPM FR. 365T IFTC, NEMA TYPE B 56 (4)	79-08-8094		56	GUARD, NIP	79-08-8095		134	IP	4	IDLER, TROUGHING, TRAINING 35° MODEL CS312 CEPA 111 LAB SEALS.	79-08-8092	2	40	CUST	4	AS REQ'D	79-08-8092
2	BELT - SIZE CODE MP100-2	79-08-8094		66	PULLEY-TAKE UP CROWN 18" (457mm) x 38" (965mm) 1/2" 7/16" (87mm) TAPERLOCK BORE	79-08-8096		146	IP	34	IDLER, RETURN 4 1/2" (114mm) DROP MODEL CS500 5" (127mm) ROLL, LAB SEALS.	79-08-8093	2	42	IP	4	AS REQ'D	79-08-8093
3	SPEED REDUCER-CENTRIC SHAFT MODEL 100FCZ HA RATIO 16.46 OUTPUT 160 RPM	79-08-8094		67	SHIRT-TAKE UP 3 7/16" (87mm) x 4 3/8" (112mm) LONG.	79-08-8096		147	IP	4	IDLER, RETURN TRAINING MODEL CS502 POSITIVE TYPE LAB SEALS - 4 1/2" (114mm) DROP	79-08-8093	2	43	IP	6	AS REQ'D	79-08-8093
4	Coupling-HIGH SPEED SIZE 80T0 W/ INPUT 2 2/8" (60mm) BORE W/5/8" (16mm) x 5/16" (8mm) KEYWAY-OUTPUT 2 3/4" (70mm) x 5/8" (16mm) x 5/16" (8mm) KEYWAY	79-08-8094		68	PILLON BLOCK - TAKE-UP FIXED FSF22520 3 7/16" (87mm) BORE W/STABILIZING RING O.E.O.	79-08-8096		148	IP	1	IDLER-RETURN-LIVE ROLL MODEL CS501 - 5" (127mm) STEEL ROLL	79-08-8094	2	44	IP	4	AS REQ'D	79-08-8094
5	CHAIN - ANSI 200V1 2 1/2" (64mm) PITCH	79-08-8094		69	PILLON BLOCK - TAKE-UP EXPANSION FSF22520-3 7/16" (87mm) BORE W/O STABILIZING RING. O.E.O.	79-08-8096		149	IP	25	COVER-HOOD SUPPORT, HOOD COVER	8092/8093	7	45	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
6	Sprocket - 200B18 14 3/8" (365mm) P.D. 4 1/2" (114mm) BORE & 1 (25mm) x 1/2 (13mm) KEYWAY	79-08-8094		70	PULLEY-TAKE-UP, BEND, FIXED FSF22520-3 7/16" (87mm) BORE W/STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		150	IP	60	ANGLE 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16" HOOD SUPPORT	8094/8093	7	46	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
7	Sprocket - 200C20 31 7/8" (810mm) P.D. 5 7/16" (138mm) BORE & 1 1/4" (32mm) x 5/8" (16mm) KEYWAY	79-08-8094		71	PILLON BLOCK-TAKE-UP, BEND, EXPANSION FSF22520-3 7/16" (87mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		151	IP	16	1/2" (12mm) WIRE ROPE CLIPS	8092/8093	5	47	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
8	Guard - HIGH SPEED COUPLING	79-08-8094		72	PILLON BLOCK-TAKE-UP, BEND, EXPANSION FSF22520-3 7/16" (87mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		152	IP	4	SWITCH, SAFETY CABLE OPERATED MODEL NO. SS-1	8092/8093	5	48	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
9	Guard - DRIVE	79-08-8094		73	PILLON BLOCK-TAKE-UP, BEND, EXPANSION FSF22520-3 7/16" (87mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		153	IP	36	EXBOLT 5/8" (10mm) x 6" (152mm) W/2 NUTS & (1) LOCKWASHER EACH	8094/8093	7	49	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
10	Pulley - DRIVE CROWN 24" (610mm) x 38" (965mm) 1/2" 7/16" (87mm) H.B. LAGGING 5 15/16" (151mm) TAPERLOCK BORE & STANDARD KEYWAY	79-08-8094		74	CARRIAGE-VERTICAL GRAVITY T.U.	79-08-8096		154	IP	1	PLON - RETURN SIDE	79-08-8095	5	50	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
11	SHIRT, DRIVE 5 15/16" (151mm) x 5 1/2" (138mm) LG W/KEY & KEYWAY	79-08-8094		75	WEIGHT BOX-VERTICAL GRAVITY T.U.	79-08-8096		155	IP	1	BELT CONVEYOR 34" (863mm) (2PL) PLYTON 3150 3/16" (5mm) TOP COVER 1/16" (2mm) BOTTOM COVER	79-08-8095	5	51	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
12	PILLON BLOCK, DRIVE, FIXED FSF22522 B.E.O.	79-08-8094		76	GUARD-NIP BEND PULLEY	79-08-8096		156	IP	1	FRAME, HEAD	79-08-8094	8	52	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
13	PILLON BLOCK - DRIVE, EXPANSION FSF22522 B.E.O.	79-08-8094		77	GUIDE-CARRIAGE-VERTICAL GRAVITY T.U.	79-08-8096		157	IP	1	FRAME, TAIL	79-08-8095	8	53	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
14	Pulley - SNUB-FLAT FACE - 14" (356mm) x 38" (965mm) LG. W/ 2 15/16" (75mm) TAPERLOCK	79-08-8094		78	BASE-VERTICAL GRAVITY T.U. GUIDE ENCLOSURE (1850mm) HIGH.	79-08-8096		158	IP	1	NUMERATE	79-08-8095	8	54	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
15	SHIRT-SNUB 2 15/16" (75mm) x 4 1/8" (105mm)	79-08-8094		79	ASSEMBLY-JACKSCREER 3/4" (19mm) FOR BEND PULLEY PILLON BLOCKS, DEFLECTOR PLATE	79-08-8096		159	IP	2	NUMERATE	79-08-8095	8	55	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
16	PILLON BLOCK, SNUB, FIXED FSF22517-2 15/16" BORE W/STABILIZING RING O.E.O.	79-08-8094		80	PILLON BLOCK-TAKE-UP, BEND, EXPANSION FSF22522	79-08-8096		160	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	56	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
17	PILLON BLOCK, SNUB, EXPANSION FSF22517-2 15/16" BORE W/O STABILIZING RING O.E.O.	79-08-8094		81	PILLON BLOCK-TAKE-UP, BEND, EXPANSION FSF22522-3 7/16" (87mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		161	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG W/BRACING	79-08-8092	8	57	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
18	CLEANER BELT MODEL ON SINGLE-BLADDED COUNTER-WEIGHTED "H" DIM-4-0" (1219mm)	79-08-8094		82	PILLON BLOCK, TAIL, FIXED FSF22522 - 3 15/16" (100mm) BORE W/STABILIZING RING, B.E.O.	79-08-8096		162	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	58	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
19	Pulley-TAIL, CROWN 18" (457mm) x 38" (965mm) LG 3 15/16" (100mm) TAPERLOCK	79-08-8094		83	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		163	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG W/BRACING	79-08-8092	8	59	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
20	SHIRT-TAIL 3 15/16" (100mm) x 4 1/8" (105mm)	79-08-8094		84	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		164	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	60	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
21	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		85	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		165	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	61	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
22	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		86	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		166	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	62	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
23	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		87	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		167	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	63	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
24	Pulley-SNUB-FLAT FACE - 14" (356mm) x 38" (965mm) LG. W/ 2 15/16" (75mm) TAPERLOCK	79-08-8094		88	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		168	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	64	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
25	SHIRT-SNUB 2 15/16" (75mm) x 4 1/8" (105mm)	79-08-8094		89	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		169	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	65	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
26	PILLON BLOCK, SNUB, FIXED FSF22517-2 15/16" BORE W/STABILIZING RING O.E.O.	79-08-8094		90	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		170	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	66	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
27	PILLON BLOCK, SNUB, EXPANSION FSF22517-2 15/16" BORE W/O STABILIZING RING O.E.O.	79-08-8094		91	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		171	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	67	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
28	CLEANER BELT MODEL ON SINGLE-BLADDED COUNTER-WEIGHTED "H" DIM-4-0" (1219mm)	79-08-8094		92	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		172	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	68	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
29	Pulley-TAIL, CROWN 18" (457mm) x 38" (965mm) LG 3 15/16" (100mm) TAPERLOCK	79-08-8094		93	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		173	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	69	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
30	SHIRT-TAIL 3 15/16" (100mm) x 4 1/8" (105mm)	79-08-8094		94	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		174	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	70	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
31	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		95	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		175	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	71	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
32	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		96	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		176	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	72	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
33	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		97	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		177	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	73	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
34	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		98	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		178	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	74	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
35	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		99	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		179	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	75	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
36	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		100	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		180	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	76	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
37	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		101	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		181	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	77	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
38	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		102	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		182	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	78	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
39	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		103	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		183	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	79	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
40	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		104	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		184	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	80	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
41	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		105	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		185	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	81	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
42	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		106	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		186	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	82	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
43	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		107	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		187	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	83	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
44	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		108	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		188	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	84	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
45	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		109	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8096		189	IP	1	CHANNEL SUPPORT LEG	79-08-8092	8	85	IP	8	AS REQ'D	79-08-8094
46	PILLON BLOCK, TAIL EXPANSION FSF22522 3 15/16" (100mm) BORE W/O STABILIZING RING, O.E.O.	79-08-8094		110	PILLON BLOCK, TAIL EXPANS													



CONVEYOR BC-11  
 TONNAGE 660 STPH / 600 MPH  
 SPEED 291 FPM / 1.28 M/sec  
 MOTOR POWER 75 H.P. 56 KW  
 BELTING GOOD YEAR PLYLON 3150 W/ P<sub>2</sub> (4.76 mm) X 16 (1.59 mm) COVERS

REVISION	ISSUED FOR CUST. APP.	APPROVED FOR CONST.	APP BY	CHK	DATE	REVISION	APP BY	CHK	DATE
1			R <sub>6</sub>		7/2/79				
2			R <sub>6</sub>		10/11/79				

LCN IDENTIFICATION NUMBER	CONVEYOR STANDARDS	REFERENCE	DWG. No.
058427872000	US-79-08-170 21		
	79-08-8091 LIST OF MATERIAL		
	79-08-8094 DRIVE (HEAD) ASSEMBLY		
	79-08-8005 REACTION SCHEDULE (RPS)		
	79-08-8006 REACTION SCHEDULE (RT)		

APPROVED	BY	DATE	SCALE	DWG. No.	REFERENCE
PROJ. MGR.	ASR	4/17/79	1:100		
PROJ. ENG.	Charles W. Kelly	7-17-79			
CHIEF ENG.	KI	15/10/79			
DESIGN ENG.	J. GARDIN	8/8/79			
CHIEF D'WMN	J. GARDIN	8/8/79			

APPROVED FOR CONST.	DATE	BY	CONTRACTORS
	7/20/79	HW	THE WILLIS & PAUL CORPORATION

REV.	DESCRIPTION	DATE	ISSUED
1	36" BELT PROFILE (HEAD END)	19-08-8093	

