



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



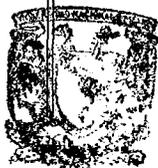
CARACTERIZACION DE UNA ARENA SILICEA PARA SU
USO EN LA INDUSTRIA DE LA FUNDICION.

T E S I S

Que para obtener el titulo de:
INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P r e s e n t a n :

Ma. del Carmen J. Liceaga García
Leonel Tamayo Rodríguez



DEPTO. DE PASANTES
EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA
Mexico, D. F.

M-17994

1980



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Profr: KURT H. NADLER GUNDEISHEIMER.
Vocal: Profra: MA. EUGENIA NOGUEZ AMAYA.
Secretario: Profr: RAUL ARELLANO ANGELES.
1er. Suplente Profr: MARCELINO MADRIGAL DUARTE.
2o. Suplente: Profr: CANDIDO E. ATLATENCO TLAPANCO.

Sustentantes:

LEONEL TAMAYO RODRIGUEZ

CARMEN J. LICEAGA GARCIA

Asesor:

Ing. RAUL ARELLANO ANGELES

The image shows three handwritten signatures in black ink, each written over a horizontal line. The first signature is for Leonel Tamayo Rodriguez, the second is for Carmen J. Liceaga Garcia, and the third is for Ing. Raul Arellano Angeles. The signatures are stylized and cursive.

A LA MEMORIA DE MI MADRE:

MA. DE JESUS RODRIGUEZ DE T.

MI ETERNA GRATITUD PARA ELLA.

A MI PADRE:

EVERARDO TAMAYO MORALES.

POR SU EJEMPLO, CONSEJOS Y EL CARIÑO QUE NOS UNE.

A MIS TIOS:

RUBEN CONTRERAS CERVANTES

MARIA RODRIGUEZ DE C.

NO EXISTEN PALABRAS PARA EXPREZARLES MI AGRADECIMIENTO.

A MIS HERMANOS:

ROSA HILDA

EVERARDO

YOLANDO

GUILLERMINA

LETICIA!

A TODOS ELLOS CON MUCHO CARÍÑO Y ARADECIMIENTO.

A TODA MI FAMILIA

A MIS MAESTROS :

RAUL ARELLANO ANGELES

FRANCISCO HERRERA CASTAÑEDA

KURT H. NADLER GUNDESHIMER.

JOSE CAMPOS CAUDILLO

POR LOS CONOCIMIENTOS Y CONSEJOS QUE NOS BRINDARON.

A MIS PRIMOS Y SOBRINOS, CON MUCHO CARIÑO.

A MIS AMIGOS

A MI NOVIA CARMEN.

POR SU COMPRENSION Y EL GRAN CARIÑO QUE
COMPARTIMOS.

A LOS SEÑORES:

ALBERTO LICEAGA L. Y MARTHA GARCIA DE L.
CON TODO MI AGRADECIMIENTO Y RESPETO.

A MI AMIGO:

JOSE LUIS FUENTES M.
POR LA GRAN AMISTAD QUE COMPARTIMOS.

C O N T E N I D O .

- I.- INTRODUCCION.
- II.- SELECCION DE LA MATERIA PRIMA.
- III.- PROPIEDADES Y PRUEBAS FISICAS.
 - 1) Propiedades.
 - 2) Pruebas físicas.
 - a.- Análisis morfológico.
 - b.- Análisis granulométrico.
 - c.- Determinación de supercie específica.
 - d.- Determinación de coeficiente de angulosidad.
 - e.- Determinación de humedad.
 - f.- Determinación de pérdidas por calcinación.
 - g.- Determinación de punto de sinterización.
 - h.- Determinación de finos.
- IV.- PROPIEDADES Y PRUEBAS QUIMICAS.
 - 1) Propiedades.
 - a.- Análisis químico.
 - b.- Demanda de ácido.
- V.- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL.
 - a) Antecedentes.
 - b) Fundamento Fisico - Químico.
 - c) Descripción del método.
- IV.- ESPECTROSCOPIA DE RAYOS X.
 - a) Introducción.
 - b) Generación de rayos X.

- c) Fluorecencia de rayos X.
- d) Difracción de rayos X.
- e) Interpretación de las gráficas.

VII.- RESULTADOS Y DISCUSION.

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA.

I) INTRODUCCION.

Arena, es un material granular fino - que puede ser natural o artificial, producido por la desintegración o rompimiento de rocas y escorias.

En la industria de la fundición, la - palabra arena es aplicable al conjunto de partículas de tamaño apropiado, material que puede ser recubierto y compactado dentro de un molde capaz de recibir e impartir una forma deseada durante la solidificación.

La arena silicea ha sido usada como - molde para vaciar metales fundidos, desde los inicios de la - industria de la fundición, puesto que esta posee las características necesarias para resistir las altas temperaturas a - las que eran sometidas, deberían tener una muy buena resistencia a la presión que ejercía el metal en estado líquido, - sobre la superficie del molde que lo contenía y también debería mantener la forma de las piezas que se necesitaban, es- decir requería buena moldeabilidad.

Otro motivo por el que son muy utilizadas las arenas siliceas en la fundición, se debe a que - son muy abundantes en la corteza terrestre, además de que su explotación resulta muy económica, debido a que generalmente se localizan estas arenas, en bancos areníferos que se explotan a cielo abierto.

Otras arenas diferentes a las siliceas

son también empleadas en la fundición, por ejemplo:

- Arenas de Zircón ($ZrSiO_4$) normalmente consisten de granos elongados poseyendo superficies planas, algunas mas finas que la forma usual de las arenas silíceas.

- Arenas de Olivino (Fe, Mg, SiO_4) son derivadas por proceso natural de rocas, que representan una solución sólida de los minerales Forsterita ($MgSiO_4$) y Fayalita ($FeSiO_4$), solo minerales con alto contenido de Forsterita son satisfactorios para el uso en la fundición.

- Arena de Cromo (Cr_2O), las mejores cromitas son seleccionadas de minerales con altos contenidos de Cr_2O_3 con relación a la presencia de otros óxidos tales como FeO , SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , etc.

La arena silícea generalmente es seleccionada por las siguientes razones:

- Es muy abundante en la naturaleza.
- Es fácilmente extraída de sus depósitos.
- Por su bajo costo de producción.
- Por poseer una buena dureza y buena resistencia a la fricción.
- Por su resistencia a los ataques ácidos de la escoria.
- Por su alto punto de sinterización y alto punto de fusión.
- Por su tamaño de grano. Además de sus propiedades físicas.

- Buena permeabilidad.
- Alta fluidez.
- Buena compactabilidad.
- Buena resistencia tanto en verde como en seco.

Propiedades del SiO_2 .

[Uno de los objetivos de este capítulo es dar a conocer las diferentes propiedades físicas y estructurales de la sílice , que es el componente principal y mas abundante que contienen las arenas silíceas.]

La sílice tiene un sistema cristalino trigonal o romboédrico (7 clases) [comprende cristales que tienen en común un eje singular de simetria que se toma como eje Z, se toman además 3 ejes de referencia horizontales que forman entre si ángulos de 120° .]

[La cruz axial presenta las siguientes características:

$$\alpha = \beta = \delta = 120^\circ \text{ y } \delta = 90^\circ.]$$

De las clases cristalinas que presenta las principales son; Romboedros, bipyramides trigonales, prismas hexagonales.

El cuarzo puede presentar diferentes aspectos macroscópicos, como son; Prismas trapezoédricos, prismas bipyramidales pseudohexagonales y agregados granulares, son las que constituyen las arenas.

Las propiedades físicas que la sílice presenta, dependen directamente de su estructura cristalina y son las siguientes; Su dureza es de 7 en la escala de Mohs, -

su peso específico o densidad es de 2.65, presenta fractura concoidea, es frágil y se puede presentar en colores blanco o variablemente coloreado, presenta brillo vítreo.

El óxido de silicio, dependiendo de la temperatura a la que se le encuentre, puede presentar las siguientes estructuras cristalinas:

Estructura cristalina.	Rango de temperatura. (° C)
Cuarzo α	572.77 - 870.0
Cuarzo β	870.00 - 1470.0
Tridimita	1470.00 - 1700.0
Cristobalita	1700.00 - o más.

Estas estructuras cristalinas generalmente se presentan al colar un metal en la arena, pero principalmente se presentan en la interfase molde - metal. Las dos estructuras últimas, solo se presentan cuando se vacian aleaciones con muy elevado punto de fusión. Todas estas estructuras pueden ser detectadas prácticamente realizándole a la arena un " análisis térmico diferencial " (ATD).

Es muy importante para los fundidores adquirir arenas silíceas con un elevado contenido de SiO_2 , puesto que de este compuesto depende que las arenas tengan buenas o malas propiedades.

Las arenas de grano fino, generalmente son utilizadas para trabajos ornamentales y en piezas fundidas donde se requieran superficies con un buen acabado. Son

muy utilizadas en metales no ferrosos.

Las arenas de grano medio, son utilizadas para la fabricación de tubos y accesorios, ruedas de ferrocarril, máquinas y herramientas, etc.

Las arenas de grano grueso, son utilizadas en la fabricación de moldes a presión en donde se vacía metal para piezas de ingeniería diesel, turbinas, máquinas y herramientas muy grandes, metales con alto punto de fusión. Tanto estas arenas como las de grano medio son muy utilizadas en aleaciones ferrosas.

Los procedimientos propuestos para el análisis y control de las características de las arenas de fundición es de fundamental importancia para las propiedades finales del molde y como consecuencia cada una de las pruebas y etapas del proceso tienen mucha importancia para alcanzar este resultado.

Requisitos mínimos que debe cumplir una arena caracterizada.

- a) Neutralidad química.
- b) Granos monolíticos.
- c) Granos lo mas redondeados posible.
- d) Alto contenido de SiO_2 .
- e) Exento de materiales impalpables.

En la medida que sea posible, la arena tipo no deberá contener granos inferiores a 0.1 mm. la cantidad de impalpables no deberá exceder a 0.1 %.

La curva granulométrica deberá ser continua.

Para el control de las arenas se recomienda realizar los siguientes ensayos; Determinación de humedad en %, análisis granulométrico, determinación del punto de sinterización y comportamiento químico.

Las propiedades mecánicas de las mé--clas de arena son igualmente función del poder aglomerante de las arenas silíceas. Este poder está constituido por una serie de propiedades individuales; Granulometría, estructura de la superficie, naturaleza y cantidad de los minerales presentes.

La persona que suministra este tipo de arena, deberá probar que las características de la arena silícea indicadas mas abajo se mantienen uniformes y están dentro de los límites especificados por los requisitos:

- Estructura cristalina.
- Forma de grano.
- Contenido de SiO_2 .
- Impurezas.
- Comportamiento químico.

Objetivos principales de esta tesis.

- 1) Proponer un procedimiento de análisis y control adecuado a las condiciones reales de la industria.
- 2) A nivel laboratorio, obtener por el mismo método un tipo de arena cuyas características químicas y físicas sean perfectamente conocidas para la realización de los diferentes proyectos de investigación que se realizan en el laboratorio de arenas.
- 3) A nivel industrial, alcanzar por medio de los métodos de análisis y control, aquí propuestos, la mejora y - caracterización de los resultados finales del molde.

II) SELECCION DE LA MATERIA PRIMA.

Este capítulo es de gran importancia ya que la selección de la materia prima es la base para lograr que el trabajo que se desea realizar en esta tesis cumpla o se aproxime lo mas posible a las necesidades de la industria de la fundición.

Este trabajo establece las bases para futuros estudios de nuevos yacimientos o explotación de los ya existentes que proporcionarán a la industria Mexicana de la fundición nuevas alternativas para el desarrollo y control de sus sistemas de moldeo.

La selección de la granulometria, en este trabajo se realizó tomando en consideración que se requiere un tamaño promedio, logrando así que este sea representativo y evitando utilizar los extremos.

a) Localización de los principales yacimientos en la República.

Para seleccionar la materia prima que se empleó en este trabajo, se realizó una investigación para conocer la localización de los yacimientos de arenas silíceas más importantes, y a la vez conocer cuales de éstos son los mas utilizados en la industria de la fundición.

Los principales estados de la República Mexicana con yacimientos areníferos son los siguientes:

- Baja California.
- Chihuahua
- Durango.
- Guanajuato.
- Michoacán.
- Oaxaca.
- San Luis Potosí.
- Sonora.
- Veracruz.
- Zacatecas.

Se sabe que entre los yacimientos de arena mas utilizados en la fundición, están los de Juanita Veracruz, es por esto y por el fácil acceso que tubimos a este tipo de arena por lo que fue escogida para el desarrollo de esta tesis.

Origen de los depositos de arena cuarcifera en Juanita Veracruz.

Los depósitos de arena cuarcífera localizados en las inmediaciones del poblado de Juanita, Edo. de Veracruz, son sedimentos de tipo fluvial. Estos depósitos fueron acumulandose através del tiempo en forma de terrazas, posteriormente abandonadas por la corriente principal, el Río San Juan Evangelista en un proceso geológico denominado de migración late-

ral. Una terraza es un depósito lateral de un río constituida por detritos de arcilla, limo, arena o grava, ó la combinación entre estos materiales de acuerdo al ambiente de sedimentación.

En el caso de las terrazas fluviales de Juanita, las arenas cuarcíferas están mezcladas con cantidades relativamente importantes de arcilla y limo por lo cual se ha tenido que considerar una etapa de lavado previo-- en el proceso de selección de la arena.

Los principales compuestos minerales en los bancos explotados son:

Cuarzo de origen metamórfico	97 %
Cuarzo de origen ígneo	2 %
Minerales arcillosos, hematita, titanita y cromita	1 %

El grado de redondez de los granos de arena varía de angular a subangular.

De acuerdo a la composición mineralógica y a la hidrografía actual general, se ha deducido que el área fuente de los sedimentos se localiza en las Sierras de Oaxaca y Madre del Sur. El predominio del cuarzo metamórfico indica que las rocas paleozóicas metamórficas en esta área fuente fueron las principales aportadoras de la dentrita de cuarzo.

Los bancos de arena en explotación se localizan inmediatamente en la superficie y solo se explotan hasta una profundidad de 2m. en promedio, profundidad en la cual desaparece gradualmente la arena aumentando el tamaño hasta gravas, en otras zonas el nivel de aguas freáticas hace imposible la tarea de poder profundizar mas el banco.

Cabe aclarar que la potencialidad en extracción de arena cuarcífera en esta región es muy grande ya que el terreno con características geológicas semejantes se extiende por varios cientos de kilómetros cuadrados.

III) PROPIEDADES Y PRUEBAS FISICAS.

1) Propiedades.

La arena de moldeo no es un material simple cuando es utilizada para formar un molde en el cual se obtendrá una pieza colada con grandes cualidades.

Las arenas de moldeo responden a tratamientos físicos de tal forma, que deben ser considerados.

Las propiedades mecánicas de las arenas podrán ser divididas en los siguientes grupos:

- i) Propiedades básicas.
- ii) Propiedades en verde.
- iii) Propiedades de permeabilidad.
- iv) Propiedades en seco.
- v) Propiedades de retención.
- vi) Propiedades de transferencia.

i) Las propiedades básicas dependen de aquellas propiedades mecánicas que son inherentes en las arenas tales como tamaño de grano y distribución del mismo, y su comportamiento químico.

ii-vi) Todas las demás propiedades no son inherentes a las arenas y por lo tanto pueden ser fuertemente alteradas por tratamientos mecánicos.

Una arena de moldeo debe poseer primero las propiedades en verde requeridas para facilitar el moldeo. En seguida el molde está sujeto a la atmósfera y por lo tanto requiere propiedades referentes al aire.

Mientras el metal está solidificándose adecuadamente las propiedades de transferencia de calor están influyendo en la calidad de la pieza colada.

Una buena arena de moldeo debería mantener satisfactorias y continuas las propiedades del molde sobre un amplio rango de temperatura, produciendo un buen acabado en las piezas coladas.

Todas las propiedades mecánicas, excepto las propiedades básicas son principalmente afectadas por condiciones de dureza.

Las características de los granos individuales de partículas de sustancias usadas en moldes de arena, tienen una influencia principal en la apariencia y en la calidad de los metales colados.

Este material comprende un 80 ó 90 % del molde y corazones por lo que debería ser seleccionada cuidando varias propiedades mecánicas.

Este material franulado debería poseer un grado adecuado de refractariedad y mantenerse químicamente inerte al contacto con metales calientes.

Para lograr un control adecuado de las propiedades antes mencionadas, es necesario realizar una serie de pruebas tanto físicas como mecánicas, que nos servirán para ir conociendo o evaluando las diferentes propiedades que la arena pueda presentar.

2) Pruebas físicas.

Las pruebas físicas que se realizaron -

a la arena utilizada para el desarrollo de esta tesis fueron las siguientes:

- a) Análisis morfológico.
- b) Análisis granulométrico.
- c) Determinación de superficie específica.
- d) Determinación del coeficiente de angulosidad.
- e) Determinación de humedad.
- f) Determinación de pérdidas por calcinación.
- g) Punto de sinterización.
- h) Determinación de finos.

Todas las pruebas antes mencionadas son comunmente realizadas en su mayoría en la industria, algunas de las que no se efectúan son de gran importancia, por lo que se recomienda que se realicen.

A continuación se describirá el desarrollo de cada una de las pruebas.

a) Análisis morfológico.

En este inciso se pretende dar a conocer las diferentes formas que pueden presentar las arenas dependiendo de su origen, y la influencia que la misma presenta sobre las propiedades físicas de las arenas.

Mientras que el control de la distribución de grano es esencial para facilitar el acomodamiento de los granos, un factor de igual importancia será la forma de los granos individuales. Una distribución teórica formada con esferas verdaderas, facilitará una rápida distribución y fácil aco

modamiento.

Pocos o ningunos de los granos de arena son esferas verdaderas. Muchas poseen formas no uniformes y - pueden ser clasificadas como si fueran; Redondas, subangulares, y tipos angulares. Obviamente los tipos redondeados deberian - poseer mejores propiedades ocasionando un empaquetamiento mas ordenado que los presentados por los tipos angulares o suban - gulares.

La base para identificar el origen de las arenas es la forma del grano que tiende a predominar. Siendo - los origenes diferentes como, arena situadas en las orillas de las playas, en la profundidad de los lagos, algunas se localizan en dunas originadas por el traslado de las arenas de un lu gar a otro ocasionadas por el viento, etc.

Las investigaciones han revelado que - los granos redondeados son comunmente encontrados en las mallas de de la 6 a la 40, las subangulares de la malla 50 a la 140- y las mallas localizadas arriba de la malla 200 y las localizadas en las mallas finas.

Las formas que pueden presentar las are- nas son las siguientes:

- m) Redondeadas.
- n) Subangulares.
- p) Angulares.

Las formas anteriormente mencionadas -

dependerán del origen de las arenas.

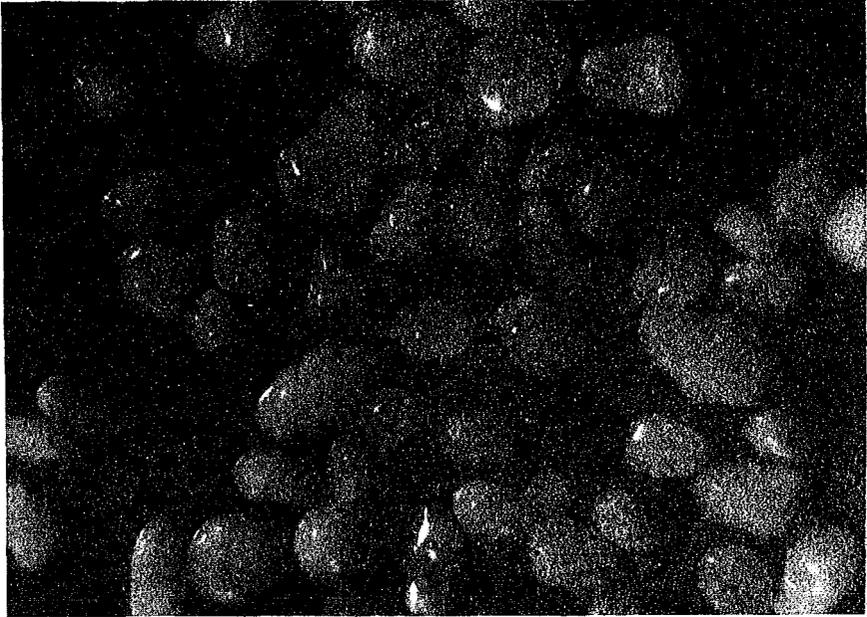
m) Las arenas redondeadas son localizadas principalmente en las orillas de las playas y en lugares donde la erosión sea predominante, causando de este modo la eliminación de toda zona angular que el grano pudiera presentar debido al continuo movimiento de las olas, o bien el traslado de los granos por el viento.

n) Las arenas subangulares presentan zonas ligeramente angulares de grados muy reducidos que fueron eliminados de igual forma que los anteriores por efectos de erosión, solo que estos granos fueron afectados por un grado de erosión mucho menor - causando así la eliminación de las aristas. Siendo localizadas estas arenas principalmente en playas de menor profundidad.

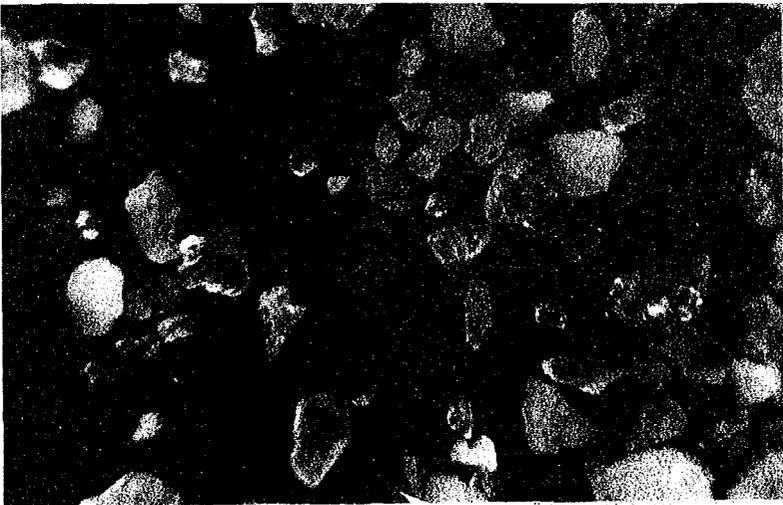
p) Las arenas angulares como su nombre lo indica, mantiene todos sus ángulos y se localizan principalmente en las profundidades de los lagos estables, en donde no existe erosión alguna y debido a esto los granos de arena conserva su morfología original.

Cualquier arena en particular puede presentar solo una forma, algunas la combinación entre ellas, o bien, todas las formas.

Las tres diferentes formas que pueden presentar las arenas son ilustradas en las siguientes fotografías:



Arena silicea de forma redondeada.
Malla 100. Amplificada a 170 aumentos.



Arena silicea de forma angular
Tamaño de grano variable. Amplificada a 170 aumentos



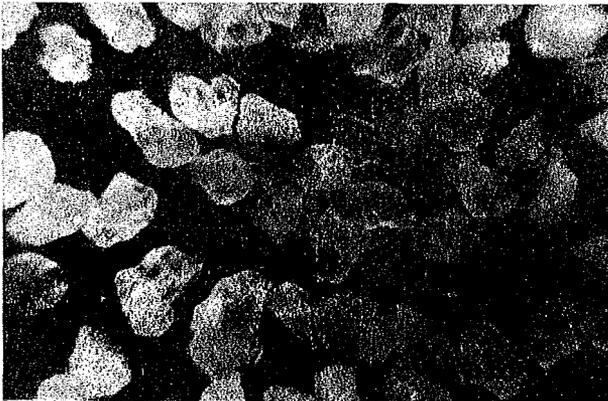
Arena silicea de forma subangular.
Malla 70. Amplificada a 170 aumentos.

Teóricamente la forma de los granos de las arenas tienen una influencia en el apisonado, densidad, permeabilidad de una mezcla de arena, afectando también en la facilidad de ser aglutinadas, ya que los espacios localizados entre grano y grano serán los que más tarde estarán recubiertos con los aglutinantes adquiriendo de esta forma las diferentes propiedades físicas, las cuales serán determinantes para la función que el molde debe desempeñar en el momento de la colada.

Todas estas propiedades son de gran importancia ya que el objetivo principal que se persigue al tener un control de las arenas es eliminar al máximo los defectos tanto superficiales como internos que comúnmente se presentan en las piezas coladas.

Controlando adecuadamente las arenas y las variables que estas involucran, se logran piezas con mejor calidad.

La arena utilizada para el desarrollo - de esta tesis presenta forma subangular, y se encuentra ilustrada en la siguiente fotografia.



Arena silicea de forma subangular.
Malla 70 . Amplificada a 110 aumentos.

Ventajas y desventajas que presentan las formas de los granos.

m) Arena redondeada: En la fundición la arena redondeada es considerada como la arena mas deseada, esto se estableció basándose en pruebas realizadas con las diferentes formas de arenas, - siendo la arena redondeada la que en términos generales presentó resultados mas satisfactorios.

La permeabilidad máxima es obtenida cuando los granos son grandes, de tamaño uniforme y forma redondeada. Arenas con esta descripción rara vez existen en la naturaleza, y aquellas que mas se aproximan a esta, no tienden a presentar la mejor superficie de vaciado. A pesar de las muchas ventajas que esta arena pueda presentar una de las limitaciones que se puede considerar de mas importancia es la originada por el acomodamiento de los granos, ya que debido a su forma redondeada - presentará espacios mayores entre grano y grano lo cual influirá en la cantidad de aglutinantes y aditivos que se tengan que utilizar siendo mayores las cantidades utilizadas en este tipo de arena que en las subangulares.

n) Este tipo de arena debido a su morfología se encuentra en un punto intermedio, aunque es considerada como buena sin ser la mejor, sus propiedades no varían mucho con respecto a las arenas redondeadas, el espacio localizado entre grano y grano es menor por lo que además de necesitar menor cantidad de aglutinante, - las propiedades de aglomeramiento son mejores ya que el contacto entre los granos de arena y el aglutinante es mejor, por lo

por lo que la unión será mas fuerte.

p) Arena angular: Las arenas angulares son las que mayores inconvenientes presentan debido a su forma, el acomodamiento entre los granos será muy cerrado, ocasionando de este modo la disminución al paso de los gases reduciendo la permeabilidad, dando origen a problemas serios en las piezas coladas, en lo que se refiere al aglutinamiento de los granos este será heterogeneo debido también al poco espacio que habrá entre los granos reduciendo asi las propiedades de dureza, resistencia, moldeabilidad, etc.

b) Análisis granulométrico.

Las arenas de fundición están compuestas de granos individuales de arena dentro de una clasificación adecuada de tamaño de partículas. Debido a esto, es importante realizar el análisis granulométrico para poder clasificar los diferentes diámetros que los granos de las arenas presentan y los efectos que estos causan en las propiedades físicas de las mezclas de arena.

El rango de tamaño de granos, distribución y todas las condiciones de superficie tienen sus efectos en el comportamiento de los moldes y corazones. Los tamaños de grano son medidos por medio de un analizador de mallas. Partículas de 0.02 mm. a 2 mm. aproximadamente de diámetro son comúnmente consideradas como finos y todavía menores a 2 micras de diámetro son consideradas prácticamente arcillas.

La fineza de los granos de arena se expresa en por ciento del peso de una muestra, la cual es pasada por un conjunto de mallas con diferentes aberturas para cada malla. Partículas retenidas en las mallas 200, 270 y pan se les considera finos y corresponden a un rango de tamaño de 20 a 140 micras.

Porcentajes apreciables de granos gruesos deben ser evitados debido a sus efectos nocivos en el acabado de las piezas.

Partículas menores de 20 micras en tamaño, son removidas por sedimentación en pruebas para substancias

arcillosas .

Entre mas fino sea el tamaño de grano - mayor es la oportunidad de lograr acabados finos, pero no necesariamente garantizan piezas con acabados superficiales homogéneos.

Un factor muy importante que debe considerarse en un análisis granulométrico es la distribución de grano, la distribución en el tamaño de grano de la arena tiene una fuerte influencia en la facilidad de aglutinarse la arena con los aditivos.

Un reducido rango de tamaño requerirá mayores porcentajes de estos aglutinantes. El tamaño de grano y la distribución son muy significativos.

Los métodos usados para describir la distribución de las arenas de moldeo son:

- 1) Número de fineza de grano AFS.
- 2) Frecuencia y curva acumulativa.
- 3) Número de cribas.

Indudablemente el método mas importante de clasificar arenas en la fundición es el uso del número de fineza de grano. Este número representa el diámetro promedio de los granos en una distribución determinada. Este número tiene una utilidad limitada en la descripción de una distribución de grano, ya que 2 distribuciones de grano podrian presentar el mismo número de fineza, mientras que ellas son diferentes dentro de otras características de distribución.

Actualmente el número de fineza de grano

AFS, es solo un promedio de una distribución o un grupo de - datos. El AFS no puede describir adecuadamente estos datos por si solo, y es por ello que la curva de frecuencia y la curva acumulativa han sido propuestas como complementos del AFS. Los datos usados para graficar estas curvas son los mismos que los usados para calcular el índice de fineza de grano AFS.

Un método muy común de definir una distribución es por el número de cribas adyacentes que contengan más de un 10 % retenido en cada una.

La distribución de grano desempeña un - papel muy importante en el proceso del vaciado.

Ha sido encontrado a través de investi- gaciones y empíricamente, que la distribución tiene una influen- cia importante en los defectos superficiales de las piezas co- / ladas, acabados superficiales, penetración del metal, propieda- des mecánicas de la mezcla de arena, apisonado y consumo de a- glutinante.

Para la determinación de los puntos ante riores en la arena de estudio en esta tesis, se realizaron cin- co pruebas cuyos resultados y gráficas se presentan en las ta- blas de la 1 a la 5, la tabla 6 representa los valores promedio de las tablas anteriores.

Las gráficas correspondientes se represen- tan en las figuras 1 y 2.

c) Determinación de superficie específica.

Esta prueba es poco utilizada a nivel industrial y debe ser realizada, la información que esta nos proporciona es de gran utilidad ya que por medio de ella, se puede conocer la superficie real que tienen los granos que mas tarde serán recubiertos con los aglutinantes, esta prueba varia con la granulometría que la arena presente.

La prueba consiste en pesar una muestra de arena de 50 gr. la cual ha sido previamente lavada y secada con el fin de eliminar los finos, los cuales pueden ocasionar problemas durante la medición, se coloca en una bureta calibrada la muestra de arena, la bureta (1), se encuentra situada entre los tubos (2) y (3). El tubo (2) es llenado con queroceno el cual es trasladado al tubo (3) utilizando para esto una bombilla. El tubo (3) presenta 4 niveles, dos de los cuales se encuentran marcados con rojo y los otros con negro; Una vez llevado el queroceno al nivel negro superior, la palanca del aparato se coloca en la posición HOLD manteniendose de este modo el nivel del queroceno. Colocando la perilla en posición TEST se permite que el queroceno baje libremente através del tubo (3) el tiempo utilizado para que el queroceno pase del nivel rojo superior al inferior es equivalente a el tiempo necesario para que el aire pase a través de la muestra.

Anteriormente se mencionó que la granulometría influirá en la prueba de determinación de superficie específica, esto es debido a la granulometría de la mues

tra, por lo que el tiempo utilizado será corto, sin embargo si la granulometria es menor, limita el paso de aire através de la muestra, por lo que el tiempo utilizado será mayor.

Una vez determinadas las variables tiempo y volumen, se busca en la gráfica que viene incluida en aparato determinador la superficie específica .

Este valor de superficie además de darnos la información antes mencionada, será utilizada mas tarde para determinar el coeficiente de angulosidad.

Superficie específica teórica.

Esta prueba se realiza en la misma muestra que se utilizó para determinar superficie específica, se saca la muestra de la bureta calibrada y se coloca en una serie de mallas de 12 en el orden correspondiente, se cubre y se coloca la pila de mallas en un RO-TAP de agitación y se opera este dispositivo durante 15 minutos.

Se determina el peso acumulativo para cada malla, se multiplica el peso de cada malla por dos y se reporta como % retenido en cada malla. Se multiplica el retenido en cada malla por el factor de superficie teórica apropiado como se describe en la siguiente tabla. Se añaden los productos y se divide entre 100 para determinar la superficie específica teórica.

Cuando la superficie específica teórica S_{th} y la real S_w son conocidas, el coeficiente de angulosidad

puede ser determinado dividiendo Sth entre Sw.

Los factores dados en la tabla c.1, - están basados en una densidad de 2.65. Cuando los materiales que sean determinados tengan una densidad diferente a 2.65 - será necesario corregir por esta razón los calculos de la superficie especifica teórica.

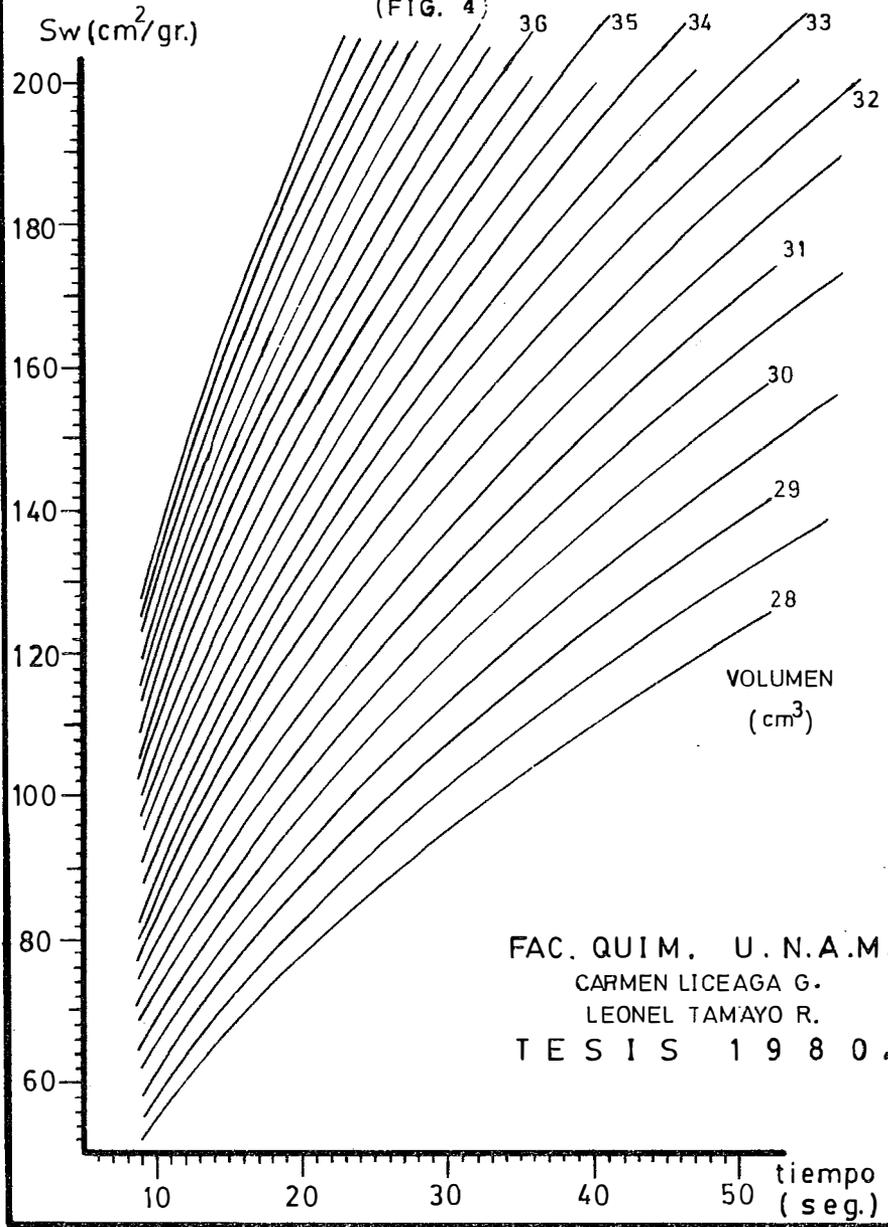
Factores para tamaños de fracciones de grano estandard.

Número equivalente de series U.S.	Factor de multiplicación.
12	9.1
20	18.2
30	31.8
40	45.2
50	63.9
70	90.0
100	127.6
140	180.4
200	254.4
270	356.6
pan	620.3

Tabla c.1

SUPERFICIE ESPECIFICA REAL.

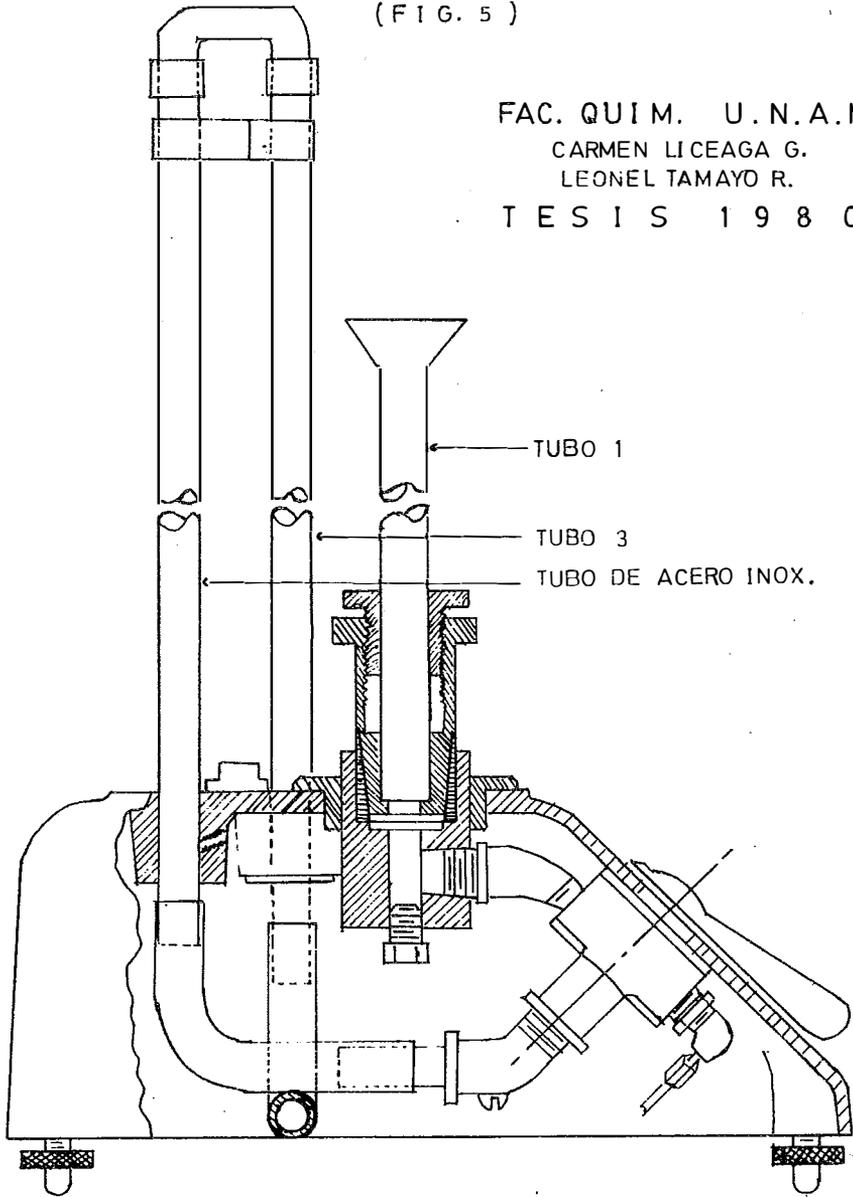
(FIG. 4)



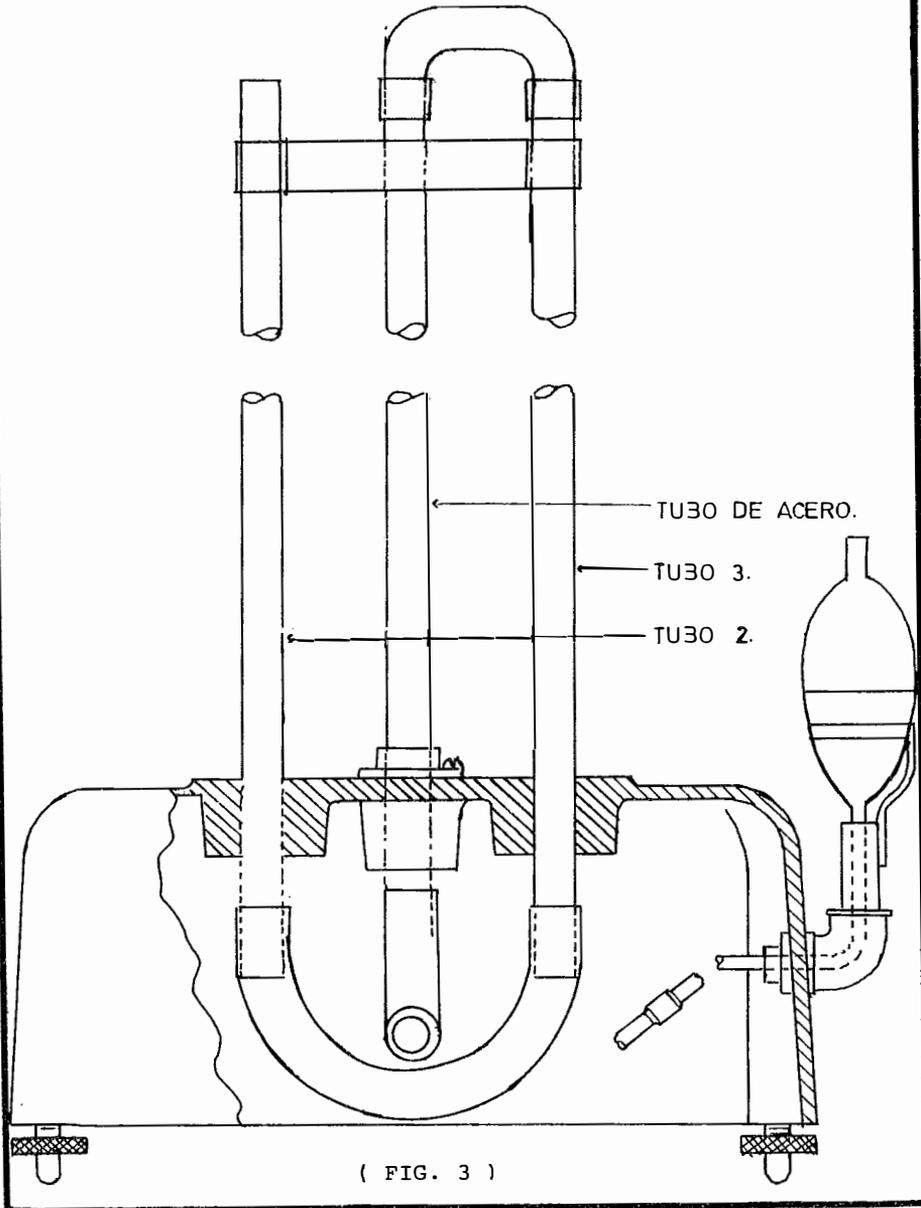
FAC. QUIM. U.N.A.M.
CARMEN LICEAGA G.
LEONEL TAMAYO R.
T E S I S 1 9 8 0 .

APARATO DETERMINADOR DE SUPERFICIE ESP.
(FIG. 5)

FAC. QUIM. U.N.A.M.
CARMEN LICEAGA G.
LEONEL TAMAYO R.
TESIS 1980.



APARATO DETERMINADOR DE SUPERFICIE ESPECIF.



d) Coefficiente de angulosidad.

Esta prueba como ya se mencionó anteriormente, se calcula por medio de la relación existente entre la superficie específica teórica S_{th} y la superficie específica real S_w , el coeficiente de angulosidad es una prueba que debería realizarse a nivel industrial ya que nos determina que grado de angulosidad tiene la arena que se está utilizando, lo cual es de gran importancia debido a que tiene gran influencia tanto en el acabado superficial, como en las propiedades de la mezcla de arena que mas tarde constituirán el molde.

Este valor varia dependiendo de la forma que el grano presente, ya que si el grano es redondeado el coeficiente será muy cercano a uno, y si el grano es anguloso el valor será mucho mayor de 2. Este valor es reportado como forma de grano

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas a la arena usada para este estudio.

Las tablas de c.1 a c.5 muestran resultados obtenidos en cinco diferentes muestras, la tabla c.6 representa un promedio de las cinco tablas anteriores.

e) Determinación de humedad.

Esta prueba se realiza con el fin de determinar la humedad que la arena pueda presetar por efectos de intemperismo.

La evaluación de la humedad es importante debido a que si la arena presenta grandes porcentajes de la misma puede ocasionar confusiones al momento de efectuar los calculos de la humedad necesaria para preparar una mezcla; arena, bentonita, agua, siendo las proporciones de estos compuestos son determinantes de las propiedades finales del molde.

METODO GRAVIMETRICO.

Se pesan 5 gramos de arena, se introducen a una mufla que fué calentada previamente hasta los 110°C, se deja la muestra a esta temperatura durante una hora, una vez transcurrido este tiempo se saca la muestra de la mufla y se coloca en un desecador dejándola hasta que la muestra alcance la temperatura ambiente; una vez alcanzada esta temperatura, se pesa la muestra nuevamente, la diferencia en peso que se determina, es reportada como perdidas de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Pérdida en peso}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 = \% \text{ de Humedad.}$$

Otro método que fué utilizado para la determinación de pérdidas de Humedad es el método por "Carburo de Calcio".

Este método se basa fundamentalmente en la reacción química entre el agua y el carburo de calcio, para formar gas acetileno.

El volumen de este gas que es generado por esta reacción, es proporcional a la cantidad de humedad -- presente en la arena, siempre que la arena y el carburo de calcio estén íntimamente mezclados y que la cantidad de carburo de calcio presente sea suficiente para reaccionar con toda la humedad. Si se produce la reacción dentro de un recipiente cerrado la presión del gas generado es también proporcional a la cantidad de humedad presente en la muestra de arena.

Este dispositivo es un recipiente hermético, provisto de un orificio para medir la presión del gas en el mismo, en el cual la muestra puede mezclarse íntimamente con el carburo de calcio.

Los resultados obtenidos en estas muestras se mencionan en el capítulo VII, Tabla III (e).

f) Pérdidas por calcinación.

Esta prueba es también denominada como pérdidas por ignición; Tiene como objetivo determinar la cantidad de materia volátil que la arena pueda tener.

Cuando la arena tiene un alto contenido de materiales volátiles, al vaciar el metal líquido en ella, estos al volatilizarse dan lugar a la formación de defectos internos en las piezas coladas, como son por ejemplo las porosidades.

METODO.

Se pesan 10 gramos de muestra de arean en un crisol de porcelana previamente puesto a peso constante.

La muestra se coloca en una mufla la cual es calentada previamente hasta 900°C, en ella se deja el crisol con la arena durante una hora, transcurrida ésta, se saca el crisol, se deja enfriar en un desecador hasta aproximadamente treinta o cuarenta grados centígrados y se pesa. La fórmula empleada para calcular las pérdidas por calcinación es la siguiente:

$$\frac{\text{Pérdidas en peso}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 = \% \text{ de pérdidas por calcinación.}$$

Para la determinación de los resultados se realizaron 5 pruebas que se encuentran en el capítulo VII. Tabla III (f)

g) Punto de sinterización.

Efectos de la temperatura sobre los granos de arena.

Los granos de arena silicea, se van ex p^{an}diendo a medida que se incrementa su temperatura, la medida y grado de expansión de estos está sujeto a la influencia com binada de los siguientes factores:

- a) Temperatura de colada del metal.
- b) Intimidad de contacto entre metal y arena.
- c) Transferencia de calor del metal a la arena.
- d) Transferencia de calor de interface molde-metal hacia el interior del molde.
- e) Proximidad de los granos de arena a la interface molde metal.
- f) Efecto de la composición química de la arena sobre; Su capacidad de absorber calor, su capacidad de expansión sin que llegue a fundirse la interface.
- g) Presencia o ausencia de materiales extraños capaces de promover superficies fundidas.

Con respecto a las propiedades térmicas la silice es pobre conductora del calor, esto inhibe una rápi da transferencia de calor del exterior al interior de una masa de arena apisonada, causando la expansión de las capas superficiales en una relación mayor, en proporción con la arena del interior del molde.

Lógicamente si se encuentran granos de

arena lo suficientemente espaciados uno del otro, al suministrarle calor podrán expandirse libremente sin esfuerzo excesivo de presión sobre los granos vecinos.

En cuanto a los aglutinantes que se utilizan, estos pueden reaccionar a altas temperaturas de diferente manera, Por ejemplo; Aditivos tales como cereales, harinas de madera, etc. tienden a volatilizarse a temperaturas relativamente bajas y por lo tanto permiten a los granos adyacentes expandirse. Otros aditivos tales como las arcillas, cuando están presentes en cantidades suficientes tienden a elevar la humedad y se contraen tanto como los granos se expanden permitiendo con esto mantener una adherencia grano a grano. Otros aditivos por ejemplo; Resinas, azúcares y breas, funden en presencia del calor formando substancias pegajosas y adhesivas, las cuales son posteriormente transformadas en aglutinantes carbonaceos duros y adyacentes a los granos de arena.

Otros materiales como FeO y MgO pueden reaccionar en presencia del calor químicamente con partículas finas de SiO₂ en presencia de atmósferas reductoras, para crear una capa viscosa vidriada que une a los granos entre sí y absorbe la expansión.

Debido a las propiedades antes mencionadas y los efectos que algunos compuestos tienen sobre la sílice es importante determinar el punto de sinterización. Método.

Para este ensayo se necesita un horno de mufla, con la cámara caliente formada por un tubo de silf

cio de temperatura regulable, de forma que a los 1400°C no -
varie más de $\pm 10^\circ\text{C}$.

La arena silicea a granel colocada en una navecilla de porcelana (de 74 a 85 mm. de longitud y de 10 a 13 mm de ancho), se colocará en el tubo del horno precalentado a 1400 °C , tapando este con un tapón refractario. Después de alcanzar la temperatura de ensayo se deja la muestra en el horno, se coloca la navecilla sobre una base refractaria y se deja enfriar. Con la ayuda de una aguja se examina la arena-silicea bajo un microscopio para ver los fenómenos eventuales de vitrificación o sinterización.

El punto de sinterización es considerado como el momento en el cual los granos de arena empiezan a perder su forma, ocasionado por un cambio de fase.

h) Determinación de finos.

Cuando la arena presenta muchos finos se ve afectada principalmente la permeabilidad de la misma, debido a que estas partículas finas cubren los espacios entre los granos oponiéndose de esta modo al paso de los gases, en la medida que sea posible la arena tipo no debe contener granos inferiores a 0.1 mm. la cantidad de impalpables no deberá exceder al 0.1 %.

Los métodos para su determinación pueden basarse en el análisis granulométrica, o bien en la determinación de arcilla.

Método granulométrico.

Una vez realizado el análisis granulométrico la cantidad retenida en las mallas inferiores a la malla 140, serán considerados finos, la suma de las cantidades retenidas en cada una de estas mallas expresadas en porcentaje, nos representarán la cantidad de impalpables o finos que la arena analizada contiene.

Método de arcilla AFS.

La prueba denominada así consiste en eliminar las partículas menores a los 0.02 mm por sedimentación

Para esta prueba se pesan 10 g. de arena, se lavan en el lavador rápido de arena (N°570 Harry W. - Dietert.) se elimina el agua y nuevamente se llena el vaso lavador, se agita durante 5 minutos y se deja sedimentar la arena; Esta operación se deja de efectuar una vez que el per-

mitir sedimentarse la arena, el agua se vea transparente.

Una vez eliminada el agua, la muestra -
se pasa a un crisol y se deja en la estufa, ya seca se pesa y
la diferencia en peso que presenta, es reportada como arcilla
AFS.

IV) " PROPIEDADES Y PRUEBAS QUIMICAS. [REDACTED]

1) Propiedades.

Las arenas de moldeo presentan diferentes composiciones las cuales van a influir en las pro piedades de las arenas.

[REDACTED] de las propiedades prinipal- mente afectada es la refractariedad, en la cual la cantidad - de compuestos diferentes a la sílice, van a influir de dife- rentes manera. Los elementos mas perjudiciales en una arena son el sodio y el potasio cuando se encuentran en forma de fel despatos, debido a que bajan el punto de fusión, los carbona- tos también son compuestos perjudiciales porque durante su des composición a óxidos y dióxidos de carbono, generan una gran - cantidad de gases, también existen elementos que son benenficos en una arena por que aumentan su refractariedad y dan algunas - otras propiedades que favorecen a la misma; unos de estos son el óxido de titanio, óxido de fierro y el óxido de magnesio.

La arena sílica debería poseer - un grado adecuado de refractariedad y mantenerse químicamente inerte en contacto con el metal fundido.

Para lograr un control adecuado de las propiedades antes mencionadas es necesario realizar las siguientes pruebas químicas.

ii) Pruebas químicas:

- a) Análisis químico via humeda.
- b) Demanda de ácido.

a) ANALISIS QUIMICO.

Es una prueba que por los resu
tados que puede proporcionarnos y por los objetivos que se per
siguen, es necesario realizarle a la arena que se desea carac
terizar.

Es de suma importancia para nuestro estudio conocer la composici
ón de la arena sílica, puesto que esta es finalmente la que proporciona las características requ
ridas para la industria de la fundición.

Se sabe que los principales comp
nentes que puede contener una arena sílica para que pueda apor
tar las características antes mencionadas son las siguientes:

- 1.- SiO_2
- 2.- R_2O_3 , -
 - Al_2O_3
 - Fe_2O_3
 - TiO_2
 - P_2O_5
- 3.- MgO
- 4.- CaO

Son estos los compuestos que se determinaron empleando los m
étodos que se describen a continua
ción.

1.- Determinación de SiO

Se funden 10 gramos de NaOH en un crisol de níquel (cuidando que no haya proyecciones), ya que se ha fundido, se quita del calor y esperamos a que cuaje, se pesa un gramo de arena previamente molida a menos 140 mallas y se pasa al crisol de níquel, se vuelve a fundir la sosa (NaOH) ya mezclada con la arena para formar NaSiO_2 , una vez que ya no se vean grumos de arena nos indica que la SiO_2 se ha disuelto - totalmente, dejamos enfriar completamente y añadimos agua al - crisol para disolver la pasta formada en la fusión, vaciamos en un vaso de precipitados de 400 ml. Añadimos mas agua al crisol hasta dejarlo perfectamente limpio y añadimos 4 ml de HCl con-- centrado. Inmediatamente después añadimos aproximadamente 25ml de HCl, ponemos [REDACTED] a muy baja temperatura durante una no che hasta que se haya secado la solución contenida en el vaso. Se debe verificar que haya evaporado todo el HCl después añadimos 100 ml. de HCl al 10%, tapamos y ponemos a hervir para po der disolver todo, excepto la SiO_2 . Filtrar en un papel filtro de poro abierto y de cenizas conocidas, lavar con HCl al 2 % ca liente. Se baja todo el precipitado con un agitador con gendar me lavar perfectamente filtro y precipitado 10 veces. Poner - precipitado y filtro en un crisol de porcelana y se deposita dentro de una mucla para calcinar durante una hora a 900°C , una vez transcurrida la hora mencionada, sacamos el crisol de la mucla y se pesa. La substancia pesada corresponde a la SiO_2 .

2.- Determinación de R_2O_3 .

Los filtrados de la determinación de SiO_2 son llevados hasta un volumen exacto de 250 ml.

Del volumen total, se toma una alícuota de 125 ml. que corresponda al 50 % de la solución o 0.5 gramos de la muestra tomada. La pasamos a un vaso de precipitados de 250 ml, se calienta a ebullición y se le agrega gota a gota NH_4OH al 50 % hasta que vire el indicador adicionado previamente de rojo de metilo. Filtrar inmediatamente usando papel filtro de 9 cm de diámetro de filtración rápida y cenizas conocidas. Lavar el precipitado 10 veces con NH_4OH al 2% en agua y una gota de amoniaco, en caliente. Se toma el papel con todo el precipitado y se regresa al vaso en el que se hizo la precipitación, agregándole 20 ml de HCl (1:1), poniéndole tapado a hervir suavemente para evitar proyecciones, hasta que el papel esté hecho pulpa. Se lava perfectamente el vidrio de reloj y se le agregan 100 ml de agua y unas gotas de rojo de metilo, repitiendo la precipitación y filtración de los hidróxidos.

Debe esta vez bajarse perfectamente el precipitado usando gendarme y la misma agua de lavado preparada anteriormente, lavando desde el borde del filtro 10 veces. Se deja escurrir todo el líquido y se pasa el filtrado con el precipitado a un crisol de procelana que se mete en la mufla fría para calcinarlo, cuando menos a $900^{\circ}C$ durante 30 minutos. Este peso también hay necesidad de comprobarlo mediante una calcinación adicional.

El peso obtenido nos representa; Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , mas sílice residual no separada por deshidratación.

3.- Determinación de CaO.

El calcio se determina, en este caso de los filtrados de la determinación de R_2O_3 . Para ello se juntan y se ponen a concentrar hasta tener un volumen aproximado de 200 ml; se les agrega 1 ml de Hcl y dos gramos de oxalato de amonio, poniendo el vaso a suave ebullición hasta que se haya disuelto totalmente el reactivo; se alcalizan con amoníaco, usando como indicador el mismo rojo de metilo, que aun debe conservarse, se pone a suave calor por espacio de media hora para que el precipitado de CaC_2O_4 granule bien. Filtre en un papel Whatmen + 1 de 7 cm de diámetro, bajando todo el precipitado y lavandolo con agua caliente cinco veces, desde el borde del filtro. La titulación del calcio se hace permanganométricamente.

4.- Determinación de MgO.

En el filtrado del calcio se puede titular magnesio con EDTA a condición de haber realizado correctamente la precipitación de los hidróxidos. En cualquier caso es prerible suponer que pueda haber huellas de fierro o aluminio que podrían bloquear el indicador y hay que prevenir esta interferencia. Para ello se añade a la solución filtrada (que debe tener un volumen entre 200 y 250 ml.) un gramo de ácido ascórbico y se calienta a 70 u 80°C por diez minutos. Después se le agregan 5 ml. de la solución de acomplejamiento (preparada disolviendo 64 gr de KCN en 600 ml. de agua y 400 ml. de trietanolamina) y se deja reposar por diez minutos adicionales.

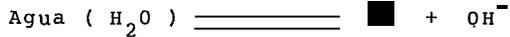
Se enfria perfectamente en el chorro del agua y se le añaden 5 ml. de amoniaco. Se le agrega un exceso medido de la solución de EDTA 0.05 M (En este momento ya se sabe aproximadamente que cantidad de Mg esperamos). Se deja reposar durante 10 minutos y se le añade la cantidad minima del indicador negro - de eriocromo y se titula el exceso de verseno utilizando una solución de $MgCl_2$ 0.05 M hasta la primera aparición del color rojo.

Para la determinación del análisis químico se realizaron tres pruebas cuyos resultados se encuentran en el capítulo VII.

b) Demanda de ácido o determinación de pH.

Significado y uso del pH.-

Algunas moléculas de agua se ionizan de acuerdo a la siguiente ecuación de equilibrio:



Es obvio que cuando solamente el agua está presente debería haber igual número de iones H^+ y iones OH^- .

Todas las sustancias que se disuelven en agua se reducen a iones de igual manera y la presencia de nuevos iones desordenan la relación de igualdad de los iones H^+ y OH^- . Si éste nuevo balance favorece a los iones H^+ la solución será ácida. Inversamente si los iones H^+ son sobrepasados, la solución se convertirá a básica.

Para determinar la cantidad de elementos químicos presentes en una solución, es utilizado el siguiente razonamiento:

- 1.- La actividad de los iones H^+ en una solución puede ser medida.
- 2.- La actividad de los iones H^+ es afectada de una forma apreciable por la presencia de otros iones en solución.
- 3.- La disminución de éste efecto depende principalmente de ambos casos, la clase y la cantidad de esos otros iones.
- 4.- Por lo tanto, si son conocidos que otros iones (diferentes a H^+) están presentes en las arcillas como por comparación, y que otros iones pueden ser introducidos por el uso de las arcillas, es posible determinar sus cantidades por sus efectos en la actividad de los iones H^+ .

La actividad como se utiliza en este trabajo, significa que la solución actúa como si una concentración dada de iones H^+ estuviera presente. En una definición estricta, es el producto de la concentración de los iones y el coeficiente de eficiencia (coeficiente de actividad).

Entonces:

$$AH^+ = CH^+ \times fH^+$$

En esta fórmula, AH^+ = Actividad de los iones H^+

CH^+ = Concentración de iones H^+

fH^+ = Coeficiente de actividad de los iones H^+

¿Cómo puede medirse la actividad del ión H^+ ?

Es conocido que los iones H^+ poseen una carga positiva y se van al cátodo de una celda húmeda en una batería.

Suponiendo que en una celda húmeda de la batería es construida con uno de los electrodos protegido por una membrana de vidrio que permite solo la transferencia de iones H^+ . Entonces los iones H^+ serán solo iones positivos (cationes) que participan en la creación de un voltaje a través de la celda. Si las características del electrodo son conocidas este voltaje puede ser utilizado para definir la actividad de todos los iones H^+ dentro del fluido de la celda (electrolito).

El significado del pH es:

$$pH = 1 \log. AH^+ = - \log. (CH^+ \times fH^+)$$

Es interesante recordar que debido a que hay logaritmo dentro de la definición de la ecuación, un cambio

bio en el valor del pH, una sola unidad nos indica un incremento 10 veces mayor en la actividad de los iones H^+ en la solución.

Calidad de la pieza colada en relación al valor del pH.-

Las fundiciones no han ignorado totalmente la posible influencia del pH en las propiedades de las mezclas de arena.

Existen diferentes defectos que presentan los moldes por efectos del pH como son la formación de SCABS, aristas rasgadas, superficies rugosas, erosión, etc. Las rasgadas se presentan principalmente en las líneas de partición.

Estos defectos se presentan a diferentes condiciones, los SCABS ocurren arriba de un pH de 7.2, el colado a valores de pH de 3.2 y 8.5 fueron libres de SCABS, pero el acabado permanece rugoso.

Ha sido demostrado que las cualidades del vaciado están dependiendo gradualmente en algunas propiedades, de una mezcla de arena que quizás puede ser cambiada por adición química y controlando a través del uso de mediciones del pH. Una explicación de éstos fenómenos necesariamente trae fuera algunos conceptos nuevos para algunos fundidores:

- 1.- La importancia de las partículas pequeñas.
- 2.- Significado y uso del pH.
- 3.- Efecto de la composición química de las arcillas.
- 4.- Aprovechamiento práctico de los moldes de arena.

Los moldes de arena deben ser considerados como una mezcla de pequeños granos de partículas de arg

na, y materiales coloidales aglutinantes. La arena tiene una clasificación de partículas de minerales no metálicos de a proximadamente 0.002 a 0.013 in. (50 a 336 micras).

El término coloide se aplica a partículas cuyo tamaño es aproximadamente de 0.5 a 0.01 micras. Estas pueden ser animales, vegetales o minerales, tal vez pequeñas pero solo relativamente.

Aquellas personas que tienen que trabajar diariamente con las arenas no pueden despreciar la importancia del comportamiento peculiar que éstas tienen, dado que los granos de arena están unidos por los materiales coloidales, detalles tan insignificantes si son ignorados pueden ser muy significativos para tales partículas.

Para el fundidor el coloide mas importante es la arcilla, otros que usan mucha mas arcilla que en la fundición saben desde hace mucho tiempo que los iones ligados a éstas partículas arcillosas y las sales solubles que se encuentran con éstas afectan mucho su comportamiento.

El método utilizado para determinar el consumo de ácido de la arena, se basa en los estudios que ya han sido realizados en otras arenas por otros países, y se describe a continuación.

M E T O D O .

Se colocan en un vaso con 50 ml de HCl 0.1 N y 50 ml de agua destilada, 50 gramos de arena silícea

secados y pesados con exactitud de 0.1 g y se agitan con un agitador electromagnético a temperatura ambiente durante una hora, al cabo de la cual se titula por retorno con NaOH 0.1 N hasta obtener un pH de 6.

El punto final de la titulación se determina con un pHmetro, y consistirán en obtener un pH de 7. El consumo de HCl 0.1 N o NaOH 0.1 N se indicará en cifras redondeadas a 0.2 ml.

Previamente se habrá comprobado que 50 ml. de HCl 0.1 N en 50 ml de agua destilada consumen exactamente 50 ml de NaOH con un pH de 7; en caso contrario, es necesario aplicar un factor de corrección.

Los resultados obtenidos en esta prueba se encuentran en capítulo VII. Tabla V.a.

V) ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL.

Debido a que las arenas de moldeo utilizadas-- en la industria de la fundición están sujetas a choques térmicos, sufriendo contracciones al enfriarse y expansiones al calentarse, son a menudo, - el origen de rupturas en las paredes del molde.

La expansión puede ser controlada para lo cual, es necesario realizar un análisis térmico diferencial, el que nos dará la información necesaria, para este control. Con este análisis se podrá saber a que temperatura ocurren las transformaciones cristalinas, las cuales se manifiestan como un cambio de volumen o bien reacciones químicas, que pueden ser; Reacciones exotérmicas y/o reacciones endotérmicas según sea el caso.

a) Antecedentes.

El método de investigación del térmico diferencial se desarrolló para estudios metalúrgicos (Roberts y Austen 1891, - 1897) habiendo sido usado extensamente en curvas de calentamiento y enfriamiento, las interrupciones de estas curvas, dan información de cambios de energía y por lo tanto, en las fases presentes. Sin embargo, donde tales cambios de energía eran pequeños, estaban expuestos a ser pasados por alto ya que la curva cubria un gran rango de temperatura y por lo tanto requería el uso de un galvanómetro algo insensitivo. El primer intento de aumentar la utilidad del método fue el calentar o enfriar el espécimen cerca de la temperatura a la cual se creía que ocurriría el cambio, introduciendo una f.e.m igualmente opuesta; Después usando un galvanómetro muy sensible para registrar la curva de temperatura, contra tiempo, sobre la limitada sección deseada.

Roberts y Austen (1899) diseñaron un método para calentar el espécimen junto con un material inerte, y medir, por medio de un galvanómetro muy sensible la diferencia de temperatura entre los dos materiales mientras se calentaban o enfriaban. Los cambios imperceptibles en las curvas de calentamiento o enfriamiento podrian de esta manera ser facilmente estudiados.

En 1913 Wallach y Fenner, aplicaron la técnica a minerales de arcilla y sílice, y en este periodo hubo varias mejoras en las técnicas para registrar tales curvas; Por ejemplo el movimiento de la placa hidraulica de Roberts y Austen fue considerada obsoleta por el desarrollo del tambor registrador del aparato Saladin, por Le Chatelier (1904).

b) Fundamento fisicoquímico.

Ya que el termo - análisis como método de identificación, implica el conocimiento profundo de los fenómenos que se llevan a cabo en la muestra bajo estudio, siendo estos de índole Física o Química, en este capítulo se desarrolla en forma general lo concerniente a dichos fenómenos.

■ Tales fenómenos, son el conjunto de cambios experimentados por la muestra, en un rango de temperatura a través del cual ha sido calentada, junto con material inerte térmicamente. Estos cambios pueden ser ocasionados por: Deshidratación, fusión, ebullición, vaporización, polimerización, reducción, oxidación y formas de transición en la estructura cristalina de la muestra problema y pueden ser clasificados a

la vez en tres grupos, que son descritos a continuación:

- i) Cuando se lleva a cabo una descomposición química.
- ii) Cuando se presenta un cambio dentro de la estructura interna (Cristalina).
- iii) Cuando hay un cambio de estado.

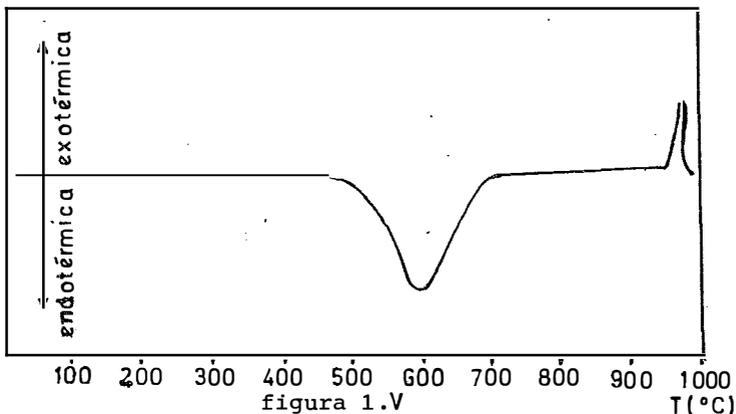
En términos generales, estos cambios involucran absorción o desprendimiento de calor, en forma de reacciones endotérmicas o exotérmicas respectivamente.

El método del análisis térmico diferencial determina, por medio de aparatos adecuados la temperatura a la cual las reacciones térmicas ocurren en un material cuando es continuamente calentado a una temperatura elevada, y también la intensidad y carácter general de tal reacción. - En el caso de minerales el análisis térmico diferencial muestra reacciones endotérmicas, debidas a la deshidratación y al cambio de estructura del cristal y reacciones exotérmicas, debidas a la formación de nuevas fases a temperaturas elevadas. El método es, por lo tanto útil, para la investigación de minerales y sus reacciones a alta temperatura.

El método no se restringe a las arcillas y de hecho, se ha aplicado a una gran variedad de materiales tales como carbonatos, hidratos, sulfatos, materia orgánica, rocas y materiales similares, etc. Es aplicable a cualquier material que experimente reacciones térmicas al calentarse, -

que se verifiquen en un momento determinado y se completen en un intervalo corto.

Los resultados del análisis térmico diferencial se trazan en forma gráfica, por medio de una curva continua en la cual, las reacciones térmicas se trazan contra las temperaturas del horno, siendo las reacciones endotérmicas convencionalmente expuestas como deflexiones hacia abajo y - las reacciones exotérmicas como deflexiones hacia arriba de una línea base horizontal. (fig. 1.V)



c) Descripción del método.

La forma como se utiliza es colocandola muestra en un pozo del porta muestras, o revólver y un material inerte, que no sufra reacciones térmicas al ser calentado a la temperatura del experimento, generalmente se utiliza óxido de aluminio calcinado alfa (α - Al_2O_3) que también es colocado en otro pozo del porta muestra. Una unión del termopar

diferencial se coloca en el centro del material inerte. El porta muestras y los termopares se colocan en un horno controlado de tal modo que haya un ritmo uniforme del incremento de la temperatura. La temperatura del material inerte aumenta regularmente con el aumento de temperatura del horno. Cuando la reacción térmica ocurre en la muestra, la temperatura de la muestra es mayor o menor que la del material inerte, dependiendo de esto la reacción es exotérmica o endotérmica, durante algún tiempo hasta que la reacción se completa y la temperatura de la muestra problema sea nuevamente igual a la del horno. Consecuentemente, por un tiempo la temperatura de una unión del diferencial del par es diferente del otro, y se establece una fuerza electromotriz en el circuito del termopar diferencial que se registra como función de tiempo o de la temperatura del horno. El registro se puede hacer manualmente con un potenciómetro, fotográficamente con un galvanómetro; o automáticamente, con algún aparato eléctrico. Cuando no hay reacción térmica en la muestra, la temperatura en ambas uniones del termopar son iguales y no se establece ninguna fuerza electromotriz. La dirección de la f.e.m. en el circuito depende de si la temperatura de la muestra está sobre o abajo del material inerte, y consecuentemente el mecanismo registrador se mueve en direcciones opuestas para reacciones endotérmicas y exotérmicas.

VI) ESPECTROSCOPIA DE RAYOS X.

a) Introducción.

La espectroscopia de rayos X, tambien - conocida como espectrometria de rayos X, es otra de las técnicas de análisis en donde se aprovecha la interacción de una radiación electromagnética con la materia. La interacción se realiza entre una radiación de longitud de onda relativamente pequeña ($0.1 \overset{\circ}{\text{Å}}$ - $50 \overset{\circ}{\text{Å}}$) y las primeras capas electrónicas de los átomos. (fig. 1)

Las capas electrónicas mas cercanas al núcleo, están en un nivel menor de energía y para cambiar a un estado de excitación, necesitan mas energia, entre mas cercanos estén al nucleo. Cuando los electrones son excitados, - pasan a un nivel superior y dejan huecos que son llenados con electrones de las capas superiores, emitiendo en este proceso una radiación caracterfstica, que depende de la orbita de donde provengan, la orbita a la que lleguen y el átomo en particular. Cada átomo tiene diferentes niveles de energia en sus orbitas, ya que esto depende de las cargas que tenga el núcleo - que en otras palabras corresponde al número atómico de cada elemento. (fig. 2)

La excitación de la primera capa electrónica requerirá de mayor energia conforme aumenta el número atómico. La longitud de onda de la radiación emitida durante el

proceso inverso (emisión) será menor conforme aumenta el número atómico. Las posibilidades de emisión en forma de radiaciones de diferente energía, son muchas, debido a que en un nivel electrónico se presentan subniveles de energía, desde los cuales se puede producir la saturación de una órbita incompleta. La energía de cada radiación emitida será la diferencia -- que exista entre los subniveles involucradas y formarán series de líneas denominadas con la letra del nivel al que lleguen a saturar .

b) Generación de rayos X.

Una radiación de rayos X puede ser producida por el bombardeo de electrones sobre cualquier material. Los electrones emitidos por una fuente termoiónica son acelerados por una diferencia de potencial entre la fuente y el blanco, en donde chocan para excitar los niveles interiores de los átomos que constituyen el material del blanco. Los átomos excitados, regresan rápidamente a su estado no excitado emitiendo también una radiación del nivel energético de los rayos X.

(fig. 3) .

Gran parte de la energía de los electrones acelerados, es convertida en calor por la placa bombardeada, sin embargo, aquellos electrones que pierden completamente su energía cinética, son capaces de producir huecos en las capas interiores, que al ser llenados emiten rayos X. La emisión de la placa o blanco, es característica de los elementos que la constituyen, sin embargo en un diagrama de emisión, se pueden

observar básicamente dos tipos de emisión ; emisión continua y emisión discreta. La emisión continua está formada por radiaciones emitidas, de diferentes longitudes de onda, y tienen un mínimo de λ que depende de la diferencia de potencial entre los electrodos, o sea la aceleración de los mismos.

La emisión discreta se sobrepone al perfil de la radiación continua y corresponde a la emisión con mayor probabilidad en los átomos excitados. (fig. 3)

La espectroscopia de rayos X puede ser dividida en dos técnicas que por si solas son muy amplias e importantes.

ESPECTROSCOPIA DE RAYOS X	{	FLUORESCENCIA
		DIFRACCION.

La fluorescencia es el estudio del espectro de fluorescencia de los átomos de las sustancias. Análisis de elementos.

La difracción, es el estudio del comportamiento de los rayos X en un sistema cristalino. Análisis de compuestos.

c) Fluorescencia de rayos X.

En la fluorescencia de rayos X la muestra es excitada con rayos X primarios o rayos X secundarios y su aspecto de emisión, es analizada por medio de un cristal - analizador, o por medio de un contador de pulso. La radiación primaria es obtenida por medio de un tubo de rayos X, y su ener

gia depende del voltaje utilizado para acelerar los electrones y del elemento del que esté construido el ánodo del tubo. (fig.3)

Tubo de rayos X.- Este genera a partir de electrones acelerados una radiación continua con sus correspondientes líneas de emisión discretas que son de mayor intensidad que el resto de las emisiones. El tubo es un sistema cerrado en donde se ha practicado el vacío para permitir el movimiento acelerado de los electrones. Los rayos X generados en la placa, se emiten en todas direcciones y pueden salir del tubo por medio de ventanas de materiales como berilo o polipropileno. El material del ánodo genera calor durante el bombardeo de electrones por lo que es necesario un sistema de enfriamiento que evite que el material pueda fundirse. Las variables en un tubo son básicamente el voltaje aplicado para acelerar los electrones, y la corriente en el filamento que aumenta la intensidad en el rayo emitido. Cuando se aumenta el voltaje, que es de orden de 10 a 50 KV, se puede obtener radiaciones de alta energía capaces de excitar a los electrones de los átomos mas pesados. En fluorescencia de rayos X los tubos mas utilizados son de ánodo de oro, platino, y tungsteno.

Cristal analizador.- Es el sistema de dispersión del espectrómetro de rayos X, y utiliza el fenómeno de difracción para discriminar la longitud de onda de una radiación, en donde se encuentran mezcladas las diferentes longitudes de onda, provenientes de los diferentes elementos de la --

muestra. La difracción es un fenómeno de interferencia que puede ser estudiado con la ley de Bragg. Cuando dos ondas se encuentran en fase, pueden sumarse para aumentar su intensidad y cuando no se encuentran en fase, presentan interferencia destructiva. En el caso de los rayos X, el cristal analizador refleja los rayos incidentes en el mismo ángulo con el que los recibe, por medio de diferentes planos cristalinos según las sustancias de que se trate.

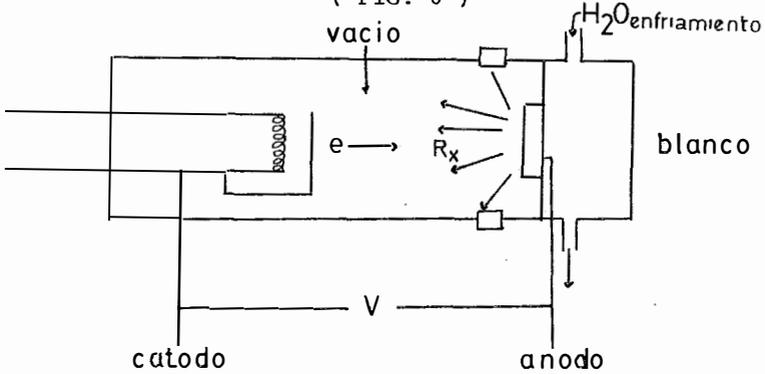
El poder de difracción de los diferentes cristales está limitado por la distancia interplanar. Un cristal podrá difractar radiaciones que cumplan con la condición $\lambda < 2d$.

		Plano de reflexión	2d o (Å)
Fluoruro de litio	LiF	220	2.712
Fluoruro de litio	LiF	200	2.848
Cloruro de sodio	NaCl	200	4.028
Grafito	C	002	6.708

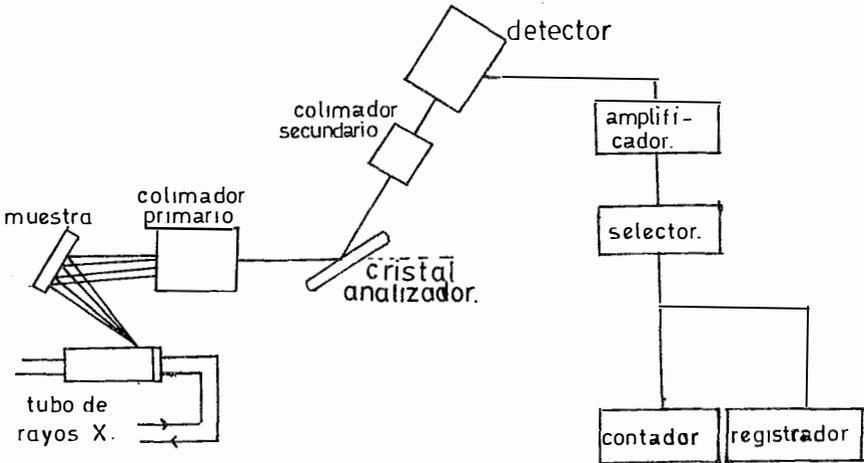
Detector.- Existen básicamente tres tipos de detectores de rayos X, que son; Tubos Geiger, contadores de destello o centelleo y contadores proporcionales. Los dos últimos son los más utilizados por su eficiencia y rapidez.

GENERACION DE RAYOS X.

(FIG. 6)



FLUORESCENCIA DE RAYOS X.



FAC. QUIM. U.N.A.M.

CARMEN LICEAGA G.

LEONEL TAMAYO R.

T E S I S 1 9 8 0 .

Los detectores del tipo Geiger y proporcionales están basados en el principio de la cámara de ionización, que consiste en un tubo cerrado, en donde existen dos electrodos con una diferencia de potencial. La cámara está sellada y llena con un gas, al entrar cualquier radiación que pueda ionizar el gas se formarán partículas cargadas que serán atraídas por los electrodos, y se establecerá una corriente. - Los detectores de centelleo, están basados en el hecho de que algunas sustancias pueden fluorecer en el rango UV - VIS. Cuando son excitadas por rayos X. La radiación emitida puede ser amplificada por un fototubo y medida posteriormente.

Aplicaciones de la fluorescencia de rayos X.

La fluorescencia de rayos X es utilizada para el análisis elemental, y su aplicación está basada en el estudio de las diferentes longitudes de onda que emite una muestra cuando es excitada con rayos X . En muestras sólidas o líquidas, se pueden efectuar análisis por fluorescencia de rayos X, prácticamente de casi todos los elementos, con excepción de los elementos primeros de la tabla periódica, cuyas longitudes de onda son demasiado grandes para los cristales -- analizadores existentes. El análisis puede ser cualitativo y cuantitativo. Las aplicaciones mas importantes de la fluorescencia de rayos X pueden considerarse en el análisis elemental de aleaciones metálicas, minerales y trazas de elementos en materiales orgánicos.

El análisis de una muestra se realiza,

seleccionando el tipo de tubo que proporcione los rayos X con suficiente energía para excitar los átomos mas pesado de la muestra, bien sea en el nivel K o en otro nivel cuya excitación requiere menos energía. El cristal analizador se selecciona de tal manera que pueda difractar la radiación de los átomos mas ligeros de la muestra y que tenga buena reflexión en el plano cristalino utilizado.

En el análisis cualitativo se presentan algunas interferencias que en ocasiones causan confusión, pero pueden ser eliminadas combinando las condiciones de operación del aparato, o bien, seleccionando otras líneas de identificación.

El analisis cuantitativo en rayos X es la aplicación mas importante por su exactitud y rapidez. El rango de concentración analizable por Rayos X, es desde ppm hasta 100 %, y es aplicable a los elementos libres o combinados en cualquier tipo de muestra sólida o líquida. En el Análisis cuantitativo, se requiere de una calibración del equipo -- para establecer la respuesta que tiene a los diferentes elementos, y para conocer las variaciones en la intensidad del rayo emitido por la muestra, las cuales son causadas por absorción de la radiación emitida, por los mismos átomos de la muestra. Cada elemento tiene un diferente coeficiente de absorción por lo que el análisis cuantitativo se complica cuando se analizan muestras diferentes, por lo cual es necesario efectuar -

calibraciones con estándares similares a la muestra o bien aplicar correcciones matemáticas a los valores obtenidos en función de la composición de la muestra y de los diferentes coeficientes de absorción de los elementos existentes.

d) Difracción de rayos X.

En la difracción de Rayos X, se utilizan un sistema similar al de la fluorescencia. La diferencia entre ambas técnicas es la siguiente; En fluorescencia se analiza una radiación formada por diferentes longitudes de onda desconocidas con un cristal analizador de distancia interplanar conocida. En difracción se analiza con una radiación de longitud de onda conocida, las diferentes distancias interplanares existentes en un cristal desconocido.

Una muestra cristalina difractará a una radiación determinada en diferentes ángulos dependientes de los diferentes planos cristalinos que presente. De hecho esta técnica mide las diferentes distancias interplanares existentes en una muestra, así como su intensidad de reflexión. Para una sustancia con estructura definida, existirán diferentes planos cristalinos, con los cuales es posible identificar la sustancia. Cuando una muestra es amorfa, se presentan prácticamente todas las distancias interplanares por lo cual no se puede analizar sustancias amorfas.

e) Interpretación.

La interpretación en difracción de Ra-

X, resulta mas complicada que en fluorescencia, debido a la gran cantidad de combinaciones de distancias interplanares que se pueden presentar en una muestra, sobre todo cuando es una mezcla de varias sustancias. Comunmente se hace la interpretaci3n por la asignaci3n de las bandas mas importantes y se compara contra tablas publicadas en las que se enlistan los diferentes compuestos con sus bandas mas importantes. Una vez seleccionados los compuestos posibles, se comparan los resultados del difractograma con una tarjeta en donde se encuentran todas las bandas que aparecen en un compuesto con sus diferentes intensidades relativas.

VII) RESULTADOS Y DISCUSIONES.

En este capítulo se tiene como objetivo presentar los resultados de las pruebas realizadas, las cuales son presentadas en forma de tablas y gráficas.

Los resultados que se presentan se refieren a las siguientes pruebas:

- Selección de la materia prima.
- Análisis morfológico.
- Análisis granulométrico.
- Superficie específica.
- Coeficiente de angulosidad.
- Porcentaje de humedad.
- Porcentaje de pérdidas por calcinación.
- Punto de sinterización,
- Contenido de finos.
- Análisis químico.

Posteriormente se obtubieron los promedios de los mismos y finalmente se hace un análisis de éstos últimos con respecto a los requisitos mínimos que presentaría una arena para ser considerada como "TIPO".

Datos y resultados del análisis granulométrico.

Tabla b.1

muestra 1

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido.	Peso acumulado.	Factor	Producto
0.850	20	-	-	10	-
0.600	30	0.3800	0.3800	20	11.40
0.425	40	20.0293	20.4093	30	600.87
0.300	50	38.8559	59.2652	40	1554.20
0.212	70	38.3881	97.6533	50	1919.405
0.150	100	2.2716	99.9249	70	159.32
0.106	140	0.0136	99.9385	100	1.36
0.075	200	-	99.9385	140	-
0.053	270	-	99.9385	200	-
total			99.9385		4246.655

$$AFS = 4246.65/99.938 = 42.48$$

$$AFS = 42$$

Tabla b.2

Muestra 2

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido.	Peso acumulado.	Factor.	Producto
0.850	20	-	-	10	-
0.600	30	0.999	0.999	20	19.80
0.425	40	21.600	22.599	30	648.00
0.300	50	39.475	62.074	40	1582.80
0.212	70	35.481	97.555	50	1774.05
0.150	100	2.291	99.846	70	160.37
0.106	140	0.064	99.910	100	6.40
0.075	200	-	99.910	140	-
0.053	270	-	99.910	200	-
total			99.910		4191.42

$$AFS = 4191.42/99.910 = 41.91$$

$$AFS = 42$$

Tabla b.3

Muestra 3

Abertura (mm)	Malla.	Peso retenido	Peso acumulado	Factor	Producto
0.850	20	-	-	10	-
0.600	30	0.679	0.679	20	13.56
0.425	40	19.326	20.004	30	579.78
0.300	50	38.471	58.475	40	1538.84
0.212	70	38.493	96.968	50	1924.65
o.150	100	3.022	99.990	70	211.54
o.106	140	0.005	99.995	100	0.50
0.075	200	-	99.995	140	-
0.053	270	-	99.995	200	-
total			99.995		4268.87

$$AFS = 4268.87/99.995 = 42.68$$

$$AFS = 43$$

Tabla b.4

Muestra 4.

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido	Peso acumulado	Factor	Producto
0.850	20	-	-	10	-
0.600	30	0.981	0.981	20	19.62
0.425	40	21.840	22.821	30	655.20
0.300	50	39.376	62.197	40	1575.20
0.212	70	35.180	97.377	50	1759.00
0.150	100	2.597	99.974	70	181.79
0.106	140	0.004	99.978	100	0.4
0.075	200	-	99.978	140	-
0.053	270	-	99.978	200	-
total			99.978		4191.05

$$AFS = 4191.05/99.97 = 41.93$$

$$AFS = 42$$

Tabla b.5

Muestra 5.

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido	Peso acumulado	Factor	Producto
0.850	20	-	-	10	-
0.600	30	0.681	0.681	20	13.62
0.425	40	23.710	24.291	30	711.30
0.300	50	40.107	64.498	40	1604.28
0.212	70	33.190	97.688	50	1659.50
0.150	100	2.297	99.985	70	160.30
0.106	140	0.006	99.985	100	0.60
0.075	200	-	99.985	140	-
0.053	270	-	99.985	200	-
Total			99.985		4140.60

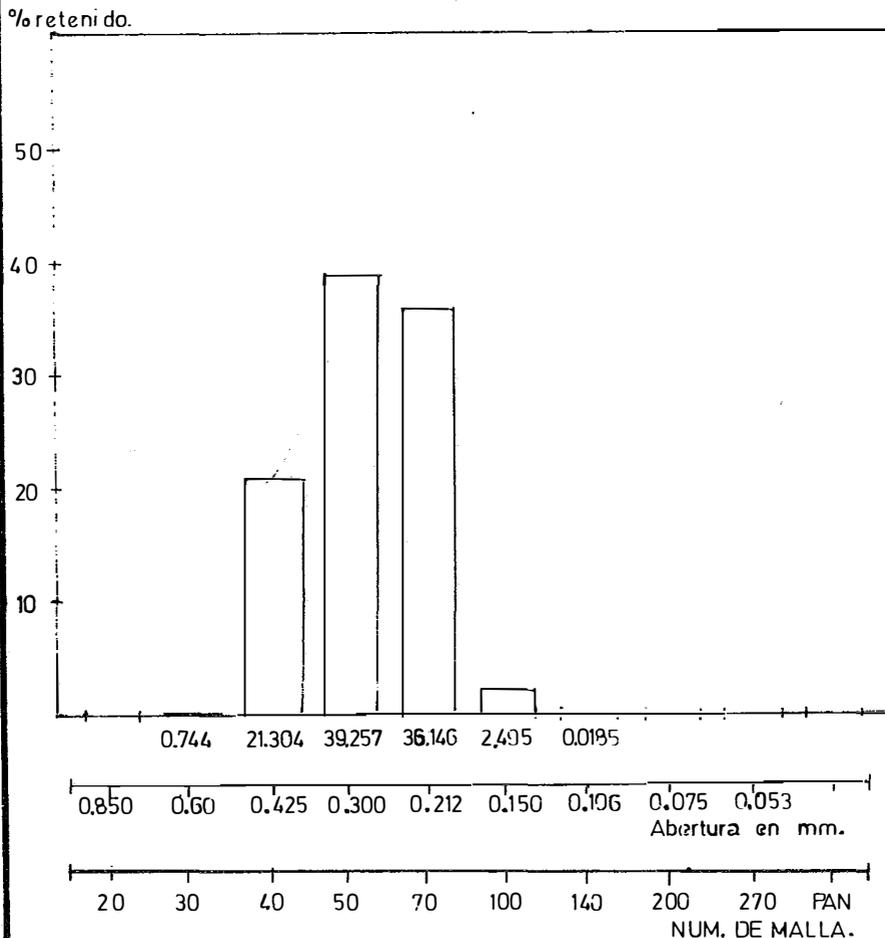
$$\text{AFS} = 4140.60/99.985 = 41.51$$

$$\text{AFS} = 42$$

Valor promedio del AFS ----- 42

ANALISIS GRANULOMETRICO.

(FIG. 1)



FAC. QUIM. U.N.A.M.

CARMEN LICEAGA G.

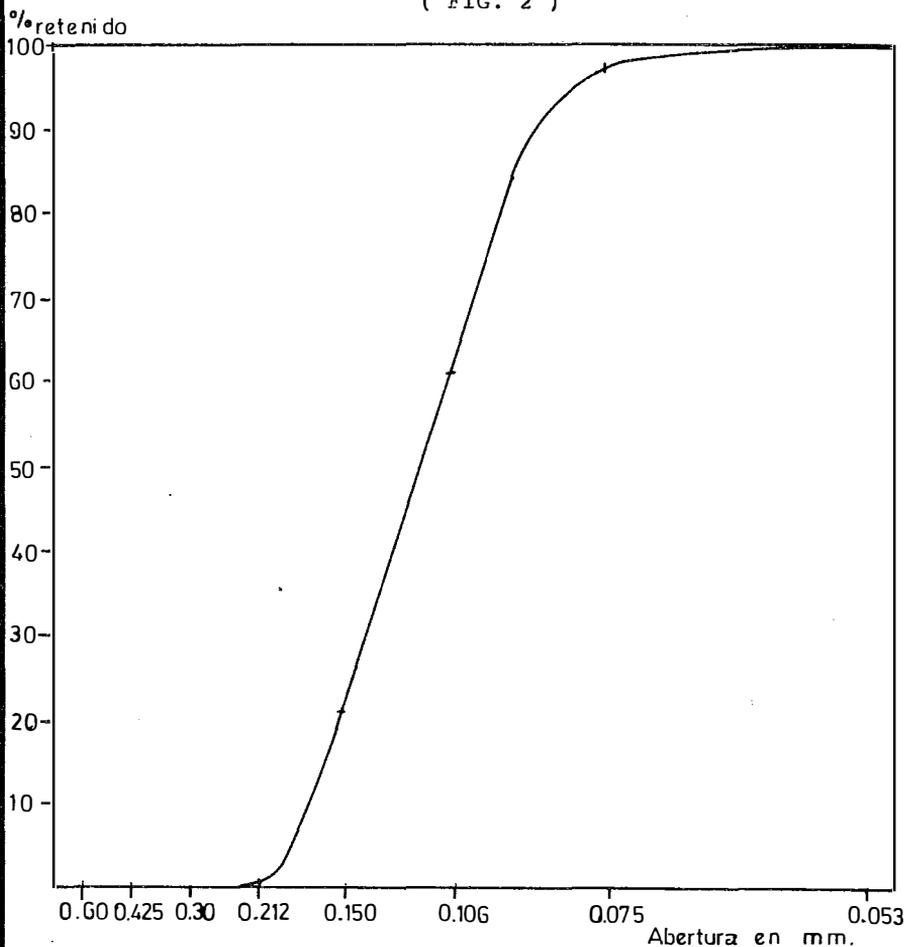
LEONEL TAMAYO R.

TESIS 1980.

ANALISIS GRANULOMETRICO.

CURVA ACUMULATIVA.

(FIG. 2)



FAC. QUIM. U.N.A.M.

CARMEN LICEAGA G.

LEONEL TAMAYO R.

TESIS 1980.

Datos y resultados de superficie específica.

Tabla c.1.

Peso de la muestra ----- 50 g.
Volumen de la cama de arena--- 31.8 cm³.
Tiempo----- 18.12 seg.

De la gráfica (fig.4) se puede obtener -
directamente, la superficie específica real en cm²/g de arena.

$$S_w = 110 \text{ cm}^2/\text{g}$$

De la misma manera se obtendrá S_w en las siguientes tablas
Realizando un análisis granulométrico a la misma muestra
se obtiene la superficie específica teórica.

mallá	Peso retenido.	Peso acumulado.	% retenido.	Factor.	Producto
20	-	-	-	18.2	-
30	0.190	0.190	0.380	31.8	12.084
40	10.020	10.210	20.040	45.2.	905.808
50	19.440	29.650	38.880	63.9	2484.432
70	19.200	48.850	38.400	90.0	3476.000
100	1.140	49.990	2.280	127.6	290.928
140	-	49.990	-	180.4	-
200	-	49.990	-	254.4	-
total		49.990			7169.250

$$S_w = 110 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$S_{th} = 7169.25/100 = 71.69 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$E = S_w/S_{th} = 110/71.69 = 1.52$$

E= Coeficiente de angulosidad.

Tabla c.2

Muestra número 2.

Peso de la muestra ----- 50 g.

Volumen de la cama de arena ----- 31.9 cm³

Tiempo ----- 17.2 seg.

$$S_w = 108 \text{ cm}^2/\text{g}$$

Malla.	Peso retenido.	Peso acumulado.	% Retenido.	Factor.	Producto.
20	-	-	-	18.2	-
30	0.499	0.499	0.998	331.8	31.736
40	10.805	11.304	21.610	45.2	976.772
50	19.737	31.041	39.474	63.9	2522.388
70	17.780	48.821	35.560	90.0	3200.400
100	1.145	49.966	2.290	127.6	292.204
140	-	49.966	-	180.4	-
200	-	49.966	-	254.4	-
Total		49.966			7023.50

$$S_{th} = \frac{7023.50}{100} = 70.23, \text{cm}^2/\text{g}.$$

$$S_w = 108 \text{ cm}^2/\text{g}.$$

$$E = \frac{108}{70.23} = 1.53$$

Tabla c.3

Muestra número 3.

Peso de la muestra ----- 50 g.

Volumen de la cámara de arena ----- 31.9 cm³

Tiempo ----- 16.8 seg.

$$S_w = 106 \text{ cm}^2 / \text{g.}$$

Malla.	Peso retenido.	Peso acumulado.	Retenido.	Factor.	Producto
20	-	-	-	18.2	-
30	0.339	0.339	0.678	31.8	21.560
40	9.664	10.003	19.328	45.2	875.976
50	19.235	29.238	38.470	63.9	2458.233
70	19.247	48.485	38.494	90.0	2464.460
100	1.511	49.996	3.022	127.6	385.607
140	-	49.996	-	180.4	-
200	-	<u>49.996</u>	-	254.4	<u>-</u>
Total		49.996			7205.836

$$S_{th} = \frac{7205.83}{100} = 72.05 \text{ cm}^2 / \text{g.}$$

$$S_w = 106 \text{ cm}^2 / \text{g.}$$

$$E = \frac{106}{72.05} = 1.47$$

Tabla c.4

Muestra número 4.

Peso de la muestra ----- 50 g.

Volumen de la muestra----- 31.7 cm³

Tiempo ----- 16.7 seg.

$$S_w = 105 \text{ cm}^2/\text{g}.$$

Malla.	Peso retenido.	Peso acumulado	% Retenido.	Factor	Producto
20	-	-	-	18.2	-
30	0.490	0.490	0.980	31.8	31.164
40	10.930	11.420	21.196	45.2	988.072
50	19.688	31.108	39.376	63.9	2516.126
70	17.590	48.698	35.180	90.0	3166.200
100	1.298	49.996	2.596	127.6	331.249
140	-	49.996	-	180.4	-
200	-	<u>49.996</u>	-	254.4	<u>-</u>
Total		49.996			7032.801

$$S_{th} = \frac{7032,80}{100} = 70.32 \text{ cm}^2/\text{g}.$$

$$S_w = 105 \text{ cm}^2/\text{g}.$$

$$E = \frac{105}{70.32} = 1.49$$

Tabla c. 5

Muestra número 5.

Peso de la muestra ----- 50 g.

Volumen de la cama de arena ----- 31.6 cm³

Tiempo ----- 16.8 seg.



$$S_w = 104 \text{ cm}^2/\text{g.}$$

Malla	Peso retenido.	Peso acumulado	% Retenido.	Factor.	Producto.
20	-	-	-	18.3	-
30	0.340	0.340	0.680	31.8	21.620
40	11.856	12.196	23.712	45.2	1071.782
50	18.053	30.249	36.106	63.9	2307.173
70	18.596	48.855	37.192	90.0	3347.280
100	1.138	49.993	27.276	127.6	290.417
140	-	49.993	-	180.4	-
200	-	<u>49.993</u>	-	254.4	-
Total		49.993			7038.272

$$S_{th} = \frac{7038.27}{100} = 70.38 \text{ cm}^2/\text{g.}$$

$$S_w = 104 \text{ cm}^2/\text{g.}$$

$$E = \frac{104}{70.38} = 1.47$$

A continuación, se explica el procedimiento utilizado para obtener los valores promedio correspondientes a la tabla c.6

Se suman los resultados de las cinco pruebas anteriores y se dividen entre el número de pruebas, obteniendo de este modo, el valor promedio de cada variable.

Tabla c-6

Peso promedio de la muestra-----	50 g.
Volumen promedio de arena-----	31.8 cm ³
Tiempo promedio -----	17.09 seg.
Superficie específica teórica promedio ---	70.95 cm ² /g.
Superficie específica real promedio -----	106.0 cm ² /g.
Coefficiente de angulosidad promedio-----	1.492

Tabla III (e).

Resultados de la determinación de humedad.

Las determinaciones de humedad se realizaron en diferentes días y se observó que los datos obtenidos no siempre coincidían; No se obtenían iguales resultados. Esto ocurre debido a que la humedad ambiental no es siempre la misma, ya que generalmente varía de acuerdo a la época del año, lo que ocasiona que la arena también varíe con respecto a su contenido de humedad.

Por tal motivo, al realizar las pruebas de determinación de humedad de la arena tipo se obtuvieron valores que van desde 0.2% hasta 0.42% de humedad. Consecuentemente no se dará como resultado una cifra o un dato concreto, sino que se prefirió dar mejor un límite máximo de humedad que corresponde a:

Humedad de la arena ----- $< 0.5 \%$.

Datos y resultados de pérdidas por calcinación.

Tabla III (f). 1.

Muestra número 1.

Peso del crisol (a peso constante)	-----	44.5633 g
Peso de la muestra	-----	10 g
Peso del crisol con la muestra calcinada	-----	54.5456 g
Peso de la arena calcinada	-----	9.9823 gr
	10 g -----	100%
	0.018 g -----	X
		X = 0.18 %
		Pérdidas por calcinación --- 0.18 %

Muestra número 2.

Peso del crisol (a peso constante)	-----	44.5633 g
Peso de la muestra	-----	10 g
Peso del crisol con la arena calcinada	-----	9.9810 g
	10 g -----	100%
	0.019 g -----	X
		X = 0.19 %
		Pérdidas por calcinación --- 0.19%

Muestra número 3.

Peso del crisol (a peso constante)	-----	44.5614 g
Peso del crisol con la muestra calcinada	-----	54.5409 g
Peso de la arena calcinada	-----	9.9779 g
	10 g -----	100 %
	0.0205 g -----	X
		X = 0.205 %

Pérdidas por calcinación ----- 0.205 %

Muestra número 4.

Peso de la muestra ----- 10 g
Peso del crisol (a peso constante) ----- 44.5647 g
Peso del crisol con la muestra calcinada - 54.5426 g
Peso de la arena calcinada ----- 9.9779 g
10 g ----- 100 %
0.0221 g ----- X
X = 0.221 %

Pérdidas por calcinación ----- 0.221 %

Muestra número 5.

Peso de la muestra ----- 10 g
Peso del crisol (a peso constante) ----- 54.5505 g
Peso del crisol con la muestra calcinada - 9.9779 g
10 g ----- 100 %
0.0144 ----- X
X = 0.142 %

Resultados promedio de las pérdidas por calcinación.

$$\sum X = 0.18 + 0.19 + 0.205 + 0.221 + 0.142 = 0.938$$

Ecuación para calcular la media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$
$$X = \frac{0.938}{5} = 0.187$$

Promedio de pérdidas por calcinación = 0.187 %

Datos y resultados del punto de sinterización.

(tabla g.1)

Muestra 1.

Temperatura. (°C)	Tiempo (seg.)	Respuesta
1300	5	negativo
1350	5	negativo
1400	5	negativo
1450	5	positivo

Positivo indica fusión incipiente o punto de sinterización

Negativo indica que el grano mantiene su forma o estructura cristalina.

Muestra 2.

Temperatura. (°C)	Tiempo (seg.)	Respuesta.
1300	5	negativo
1350	5	negativo
1400	5	negativo
1450	5	positivo

Muestra 3.

Temperatura. (°C)	Tiempo. (min.)	Respuesta.
1300	5	negativo
1350	5	negativo
1400	5	negativo
1450	5	positivo

Muestra 4.

Temperatura. (°C)	Tiempo. (min.)	Respuesta.
1300	5	negativo
1350	5	negativo
1400	5	negativo
1450	5	positivo

Muestra 5.

Temperatura. (°C)	Tiempo. (min.)	Respuesta.
1300	5	negativo
1350	5	negativo
1400	5	negativo
1450	5	positivo

Datos y resultados de la determinación de finos.

Tabla h.1

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido	Peso acumulado	Factor	Producto
0.106	140	0.0136	0.0136	100	1.36
0.075	200	-	-	140	-
Total de finos en % = 0.013					

Tabla h.2

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido	Peso acumulado	Factor	Producto
0.106	140	0.060	0.060	100	6.40
0.075	200	-	-	140	-
Total de finos en % = 0.064					

Tabla h.3

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido	Peso acumulado	Factor	Producto
0.106	140	0.005	0.005	100	0.5

0.75	200	-	-	140	-
Total de finos en % = 0.005					

Tabla h,4

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido	Peso acumulado	Factor	Producto
0.106	140	0.004	0.004	100	0.4
0.075	200	0.00	-	140	-
Total de finos en % = 0.004					

Tabla h.5

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido	Peso acumulado	Factor	Producto
0.106	140	0.006	0.006	100	0.6
0.075	200	-	-	140	-
Total de finos en % = 0.006					

Promedio de los valore anteriores

Abertura (mm)	Malla	Peso retenido	Peso acumulado	Factor	Producto
0.106	140	0.018	0.018	100	1.8
0.075	200	-	-	140	-
Total de finos en % = 0.018					

Los resultados obtenidos en el analisis químico se dan en la siguiente tabla:

Tabla número IV (a)

Muestra 1.

Compuesto.	Cantidad (%)
SiO ₂	97.3
R ₂ O ₃	1.06
MgO	0.8
CaO	0.0

Muestra 2.

Compuesto.	Cantidad (%)
SiO ₂	97.0
R ₂ O ₃	1.1
MgO	0.75
CaO	0.0

Muestra 3.

Compuesto.	Cantidad (%)
SiO ₂	97.2
R ₂ O ₃	1.10
MgO	0.6

Tabla IV. (b)

Los resultados obtenidos durante la determinación de la demanda de ácido, fueron obtenidos realizando 2 pruebas a diferentes muestras, obteniéndose los siguientes resultados:

Muestra 1.

Peso de la muestra de arena	= 50 gr
Volumen de ácido clorhídrico	= 50 ml 0.1 N
Volumen de sosa (NaOH)	= 50.8 0.1 N
Volumen consumido por la muestra	= 0.8 ml/50 gr
Demanda de ácido	= 1.6/100 g.

Muestra 2.

Peso de la muestra de arena	= 50 gr
Volumen de ácido clorhídrico	= 50 ml 0.1 N
Volúmen de sosa (NaOH)	= 50.5 0.1 N
Volumen consumido por la muestra	= 0.5 ml/50 g
Demanda de ácido	= 1.0 ml/100g.

Promedio.

Peso de la muestra de arena	= 50 g
Volumen de ácido clorhídrico	= 50 ml 0.1 N
Volumen de sosa (NaOH)	= 50.63 0.1 N
Volumen consumido por la muestra	= 0.63 ml/50 g
Demanda de ácido	= 1.3 ml/100 g

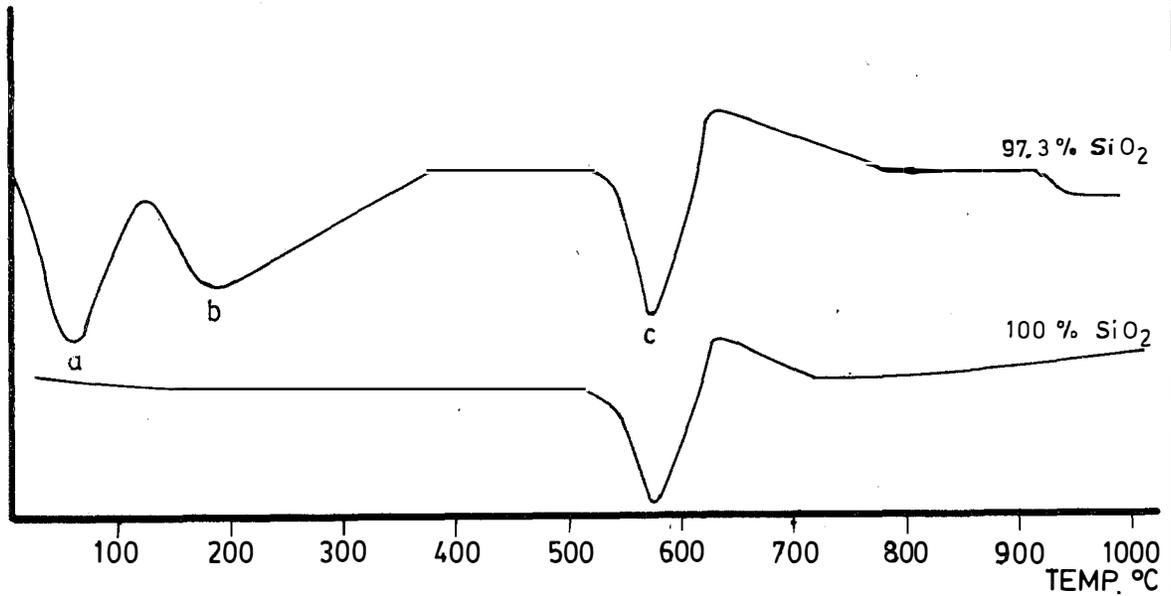
Resultados del análisis térmico diferencial.

Temperatura. (°C)	Lectura del galvanómetro.
40	1
60	3
80	2.5
100	1
120	0.5
140	1
160	1.5
180	2
200	2
220	2
240	2
260	1.5
280	1
300	1
320	1
340	1
360	0.5
380	0
400	0
420	0
460	0

Temperatura. (°C)	Lectura del galvanómetro.
480	0
500	0
520	0
540	0
560	1
580	1
600	2.5
620	-1
640	-1
660	-1
680	-1
700	-1
720	-0.5
740	-0.5
760	-0.5
780	0
800	0
820	0
840	0
860	0
880	0
900	0
920	0

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL.
(FIG. 7)

-92-



FAC. QUIM. U. N. A. M.
CARMEN LICEAGA G.
LEONEL TAMAYO R.
T E S I S 1 9 8 0 .

Temperatura. (°C)	Lectura del galvanómetro.
940	0.5
960	0.5
980	0.5

El análisis térmico diferencial se realizó hasta una temperatura de 980 °C debido a que el aparato proporcionado para realizar esta prueba, no alcanzó mayores -- temperaturas, por lo que las transformaciones existentes a tem peraturas mayores, como son la Tridimita y la Cristovalita, no pudieron ser detectadas en este análisis.

En base a los valores dados anteriormente, se realizó la figura.II.

La interpretación de la figura II se des cribe a continuación:

Punto a.- La inflexión representada en este punto nos indica - la pérdida de humedad que sufre la muestra analizada, esta inflexión es endotérmica.

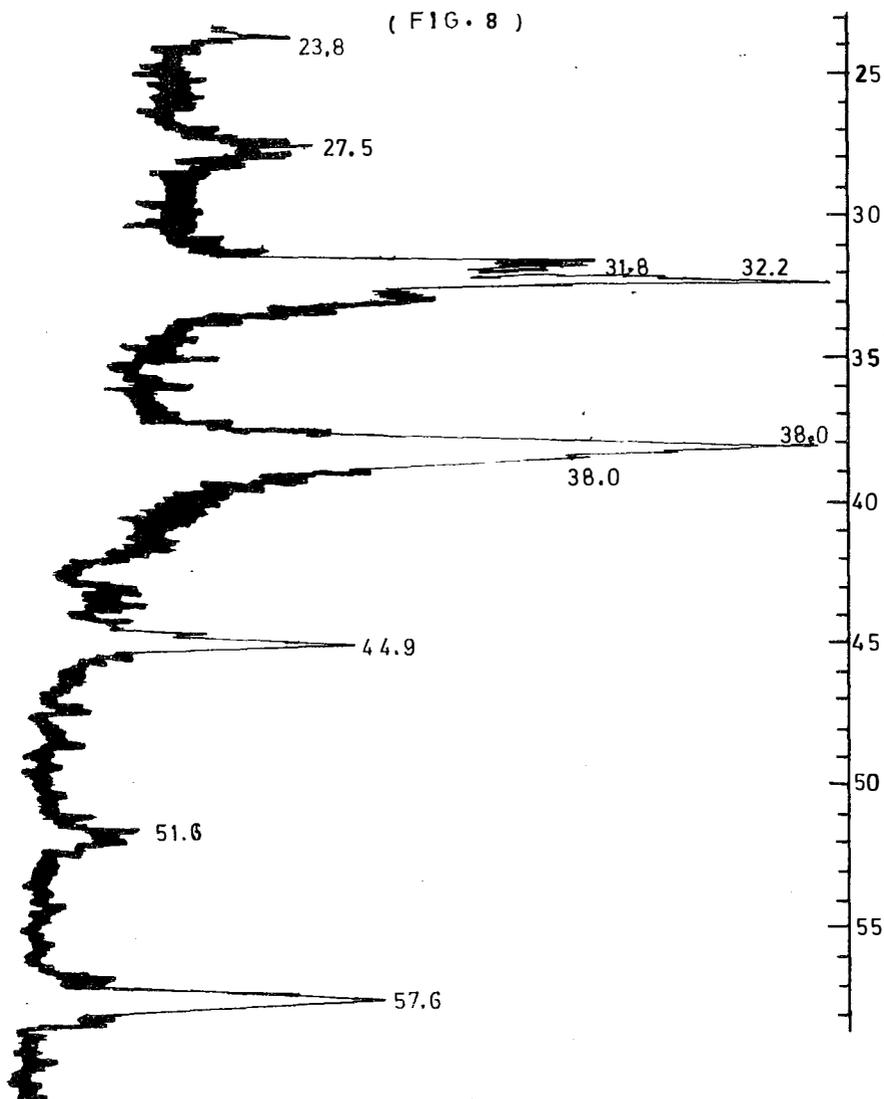
Punto b.- Este punto no fue interpretado con exactitud, pero - se puede considerar como las reacciones de las impurezas pre - sentes en la muestra.

Punto c.- Este punto representa la transformación de la fase α de la arena silicea a la fase β . Este punto también se locali za a la misma temperatura en la curva del cuarzo 100 %, por lo

que es posible considerar que la arena utilizada en este trabajo presenta propiedades térmicas muy semejantes al cuarzo puro. La inflexión presentada en este punto es endotérmica.

FLUORESCENCIA DE RAYOS X.

(FIG. 8)



FAC. QUIM. U.N.A.M.

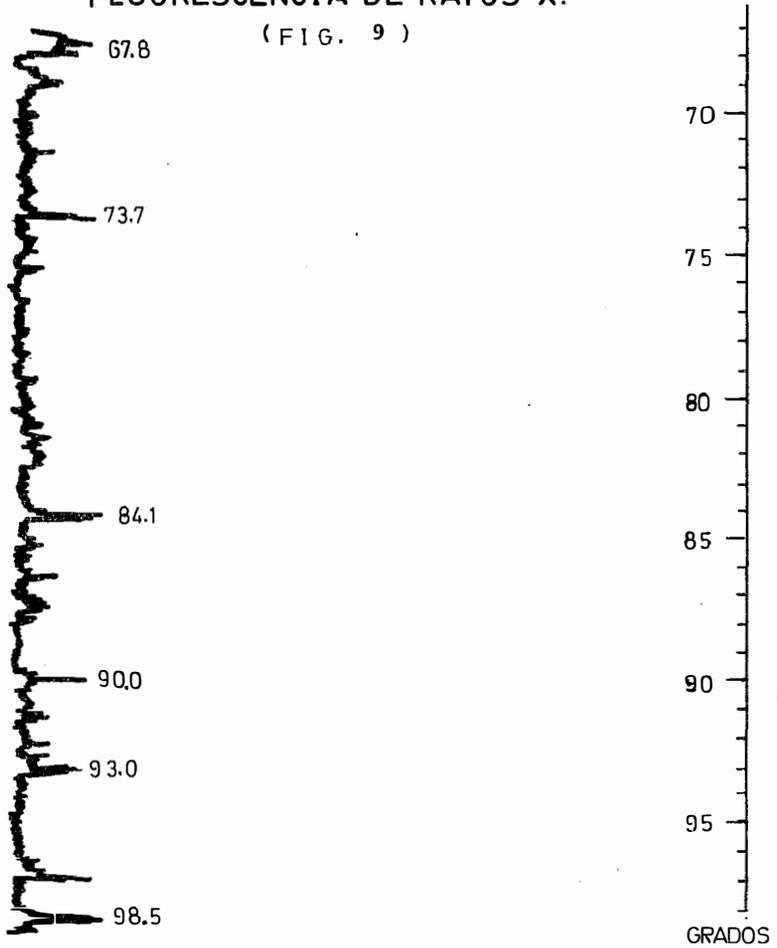
CARMEN LICEAGA G.

LEONEL TAMAYO R.

TESIS 1980.

FLUORESCENCIA DE RAYOS X.

(FIG. 9)



FAC. QUIM. U.N.A.M.

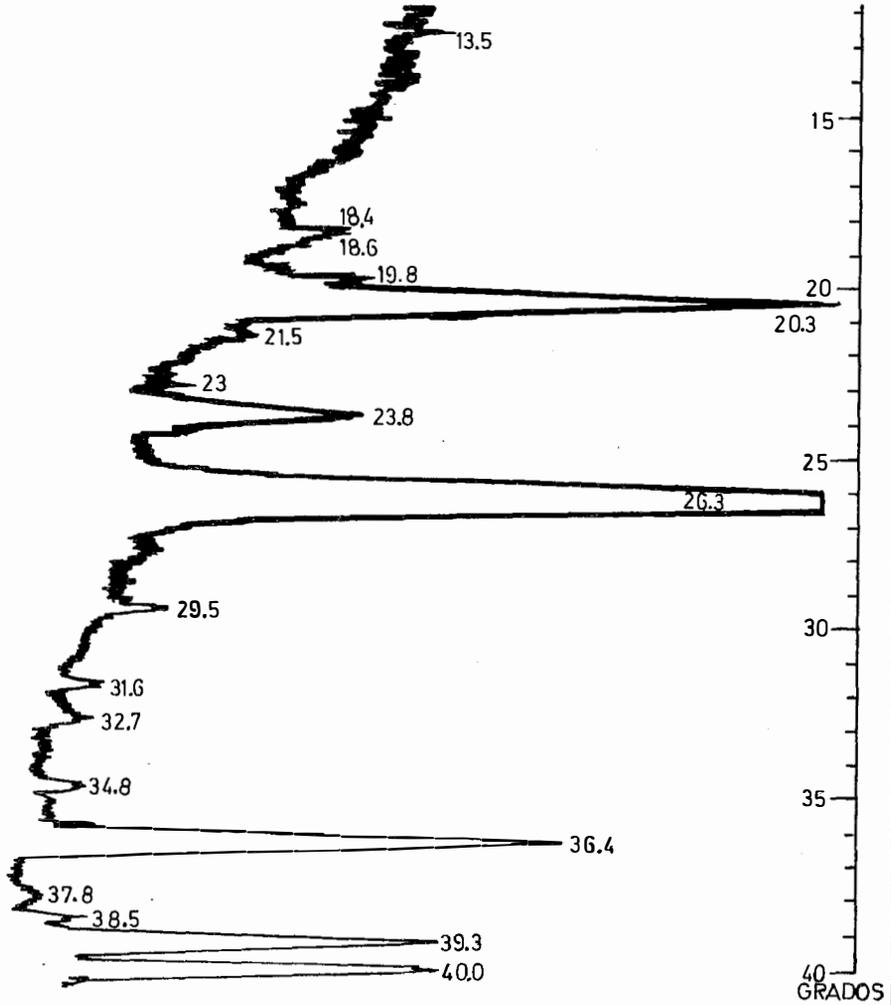
CARMEN LICEAGA G.

LEONEL TAMAYO R.

TESIS 1980.

DIFRACCION DE RAYOS X.

(FIG. 10)



FAC. QUIM. U.N.A.M.

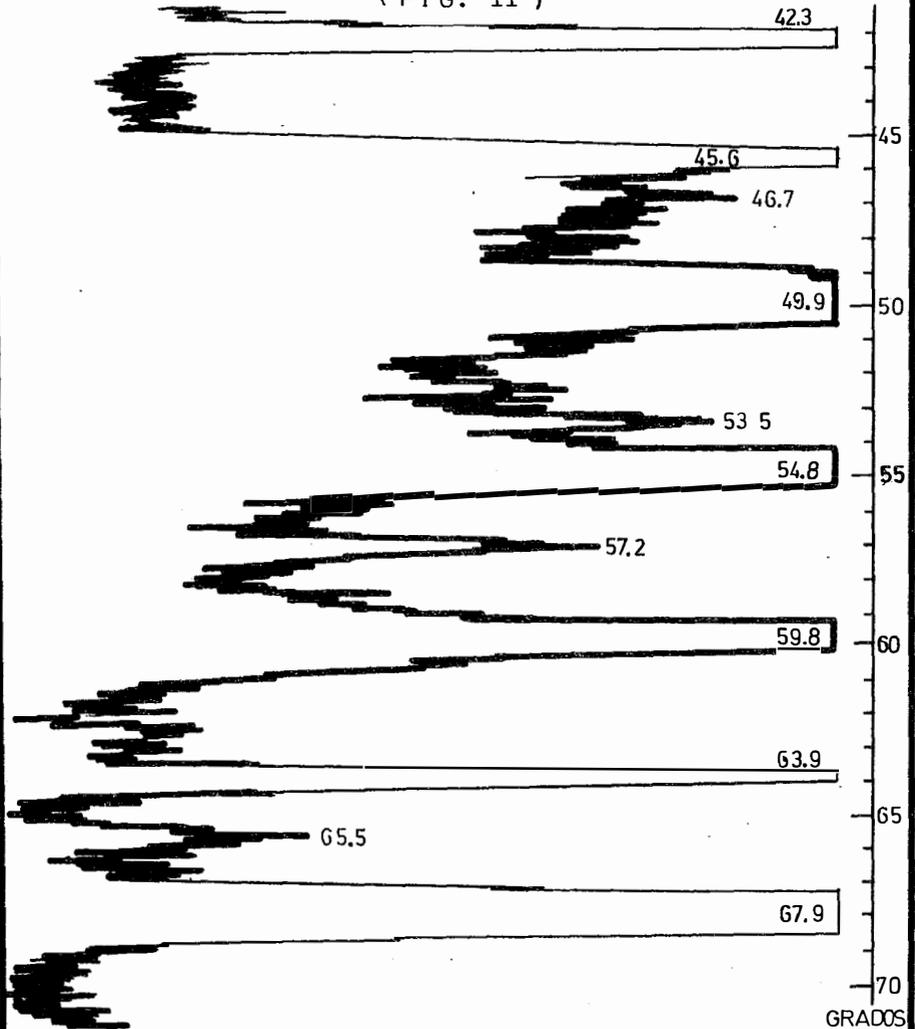
CARMEN LICEAGA G.

LEONEL TAMAYO R.

TESIS 1980

DIFRACCION DE RAYOS X.

(FIG. 11)



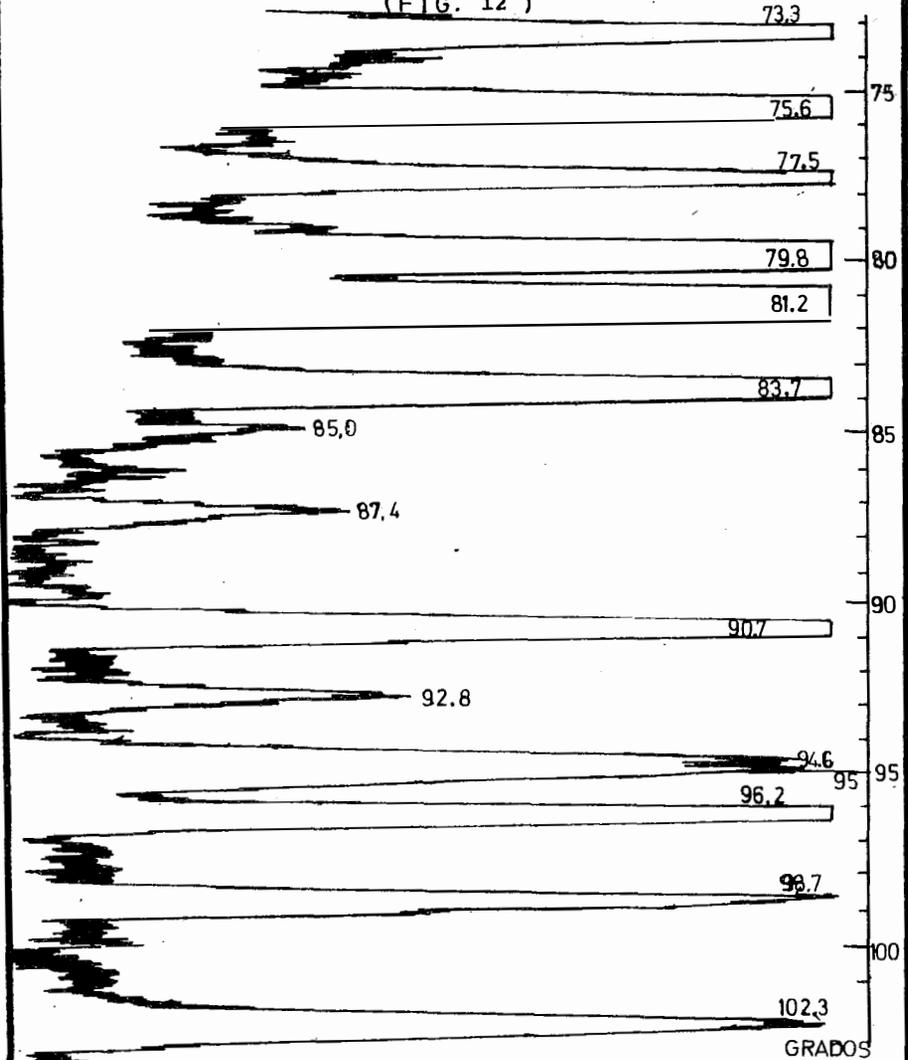
FAC. QUIM. U. N. A. M.

CARMEN LICEAGA G.

LEONEL TAMAYO R.

TESIS 1980.

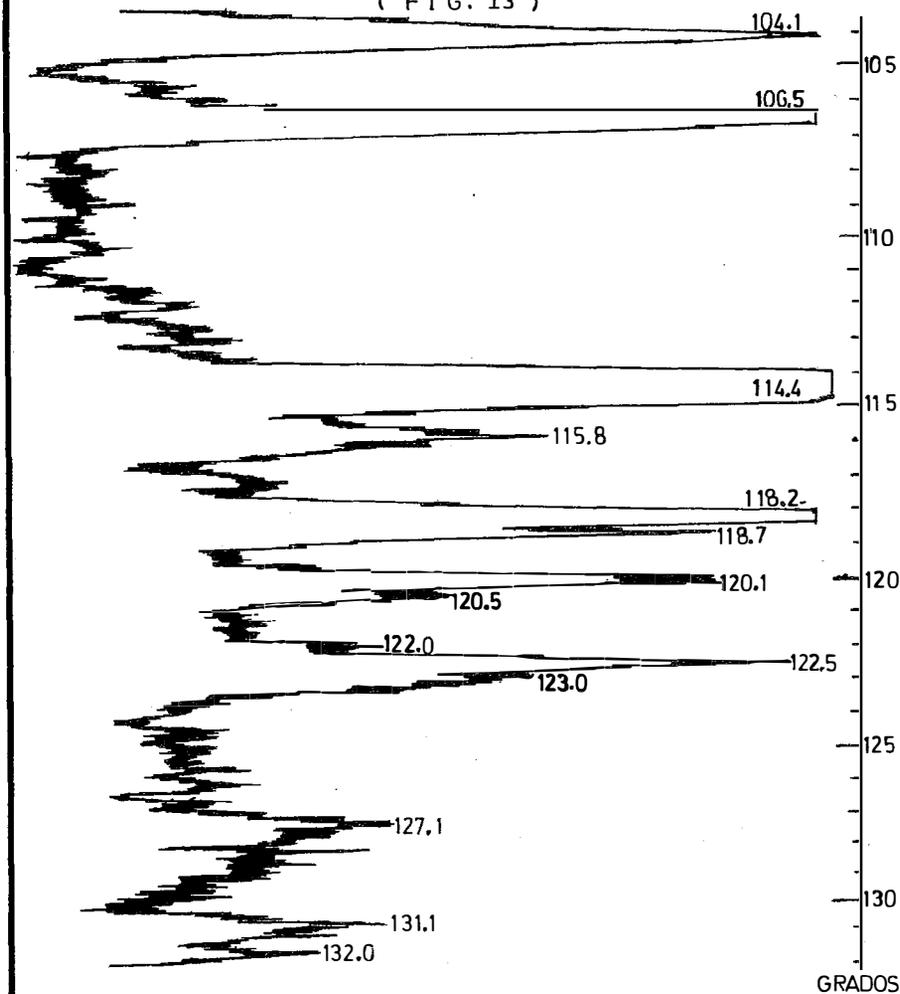
DIFRACCION DE RAYOS X. (FIG. 12)



FAC, QUIM. U.N.A.M.
CARMEN LICEAGA G.
LEONEL TAMAYO R.
T E S I S 1 9 8 0.

DIFRACCION DE RAYOS X.

(FIG. 13)



FAC. QUIM. U.N.A.M.

CARMEN LICEAGA G.

LEONEL TAMAYO R.

TESIS 1980.

INTERPRETACION DE LAS GRAFICAS DE RAYOS X. FLUORESCENCIA.

Es importante mencionar que el método de fluorescencia es útil unicamente para elementos cuyo número atómico sea mayor o igual a 19, dependiendo del número atómico, estos pueden presentar espectros correspondientes a los niveles K o L, el espectro K es emitido cuando los electrones de las órbitas mas cercanas al núcleo son excitadas conforme va aumentando el número atómico la energía necesaria para excitar este nivel es mayor por lo que el espectro correspondiente al nivel de energía L es predominante.

Dentro de los mismos niveles de energía K y L existen subniveles denominados con diferentes letras y números en orden de importancia según la energía de emisión para lograr interpretar las gráficas descritas por el aparato es necesario conocer la importancia de los subniveles mencionados y a continuación se muestra una tabla que describe el orden de importancia de cada subnivel.

Espectro K.

Designación.	Intensidad relativa.
$K\alpha_1$	100
$K\alpha_2$	50
$K\beta_1$	40

Todas las demás señales débiles; $K < 1.0$

Espectro L.

<u>Designación</u>	<u>Intensidad relativa.</u>
$L\alpha_1$	100
$L\beta_1$	60
$L\alpha_2$	30
$L\alpha'_1$	10
$L\alpha_2$	10
L L	8
$L\alpha'_2$	2
L_n	2
$L\beta_s$	1

Todas las líneas débiles K (< 1.0)

En base a la información de la tabla anterior es posible interpretar las gráficas obtenidas en el aparato.

Condiciones del Aparato para realizar Fluorescencia de Rayos X

Sensibilidad = 1 000 cuentas por segundo (cps)
miliamperes = 12.5
voltaje = 39 KV
Multiplicador = 1
Operación = Manual
Contador = 1 K
Función = X_1

Elementos Identificados;

Cobre (Cu)

$$K\alpha_1 = 44.9^\circ - 99.04^\circ$$

$$K\alpha_2 = 45.10^\circ - 100.18^\circ$$

$$K\beta_1 = 40.45^\circ - 87.49^\circ$$

Fierro (Fe)

$$K\alpha_1 = 57.47^\circ$$

$$K\alpha_2 = 57.60^\circ$$

$$K\beta_1 = 57.73^\circ$$

Interpretación de la Difracción de Rayos X.

Tabla. I.

Carburo de Silicio

α SiC_{II}

Sistema. Hexagonal

λ 1.54054

a_0 3.073

c_0 15.08

Z=60

C 4.907

$D_x = 3.127$

λ	I/I_1
1.679	30
0.84	100
0.89	90
1.54	80
1.424	50
1.31	80

λ	I/I_1
1.29	30
1.25	30
1.22	20
1.14	20
1.09	40
1.06	10
1.04	40
0.99	50
0.98	40
0.88	90
0.97	50

Conversión de los grados correspondientes a los picos graficados.

GRADOS.	λ
11.5	7.6880
13.5	6.5532
18.4	4.8176
18.6	4.7663
19.8	4.4801
20.3	4.3708
21.5	4.2630
23.8	3.7354
26.05	3.4212
26.25	3.3482
29.5	3.0253

GRADOS

λ

31.6	2.8289
32.7	2.7362
34.8	2.5757
36.4	2.4661
39.25	2.2930
40.00	2.3521
42.30	2.0878
45.60	1.9870
46.70	1.9430
49.90	1.8260
53.50	1.7100
54.80	1.6740
57.20	1.6090
58.50	1.5764
59.8	1.5450
62.4	1.4870
63.9	1.455
65.5	1.424
67.8	1.381
71.7	1.315
73.3	1.290
75.5	1.258
77.7	1.228
79.8	1.201

GRADOS	λ
81.2	1.184
83.7	1.155
85.0	1.140
79.2	1.850
87.4	1.115
90.7	1.083
92.7	1.064
94.6	1.048
94.9	1.046
96.2	1.035
98.7	1.015
102.3	0.9808
104.1	0.9768
105.5	0.9676
106.5	0.9613
114.45	0.9164
115.8	0.9093
118.2	0.8977
118.7	0.8953
120.1	0.8890
120.5	0.8872
122.0	0.8807
122.5	0.8785
122.9	0.8769

GRADOS	λ
127.1	0.8603
128.0	0.8569
131.1	0.8471
134.3	0.8358
135.5	0.8322
136.4	0.8296
137.7	0.8259
138.5	0.8237
140.5	0.8184
141.1	0.8164
143.2	0.8117
144.0	0.8099

Interpretación de difracción de rayos X.

La difracción de los rayos X es un método para identificar compuestos basandose en la estructura cristalina de la muestra, los grados que se presentan en la gráfica representan el ángulo al cual es desviado el rayo al chocar con el plano de difracción.

Los ángulos en los cuales aparecen en la gráfica picos deberán ser señalados y posteriormente transformados a longitudes de onda, y de ésta manera será posible identificar las señales correspondientes a los diferentes compuestos que la muestra analizada pueda tener, si un compuesto presenta 20 señales, todas éstas deberán aparecer en la gráfica para poder asegurar que los compuestos se encuentran presentes en la

muestra analizada. En el libro correspondiente a las longitudes de onda de los compuestos, cada elemento presenta únicamente tres señales con importancia correspondiente, una -- vez identificadas éstas tres señales, se consulta un targete ro correspondiente a el mismo aparato, cada targeta contiene una información completa del compuesto y todas las señales que éste presenta, los compuestos encontrados se describen a continuación, uno de ellos se describe en la tabla. I. con toda la información que la targeta presenta.

Condiciones del aparato durante la Difracción:

Sensibilidad = 1000 cps.
Voltaje = = 39 KV.
Amperaje = 12.5 mA.
Operador = Manual
Multiplicador = 1
Contador = 1 K
Función = X_1

Se corrió la gráfica desde los 144° hasta los 6° .

Compuestos identificados.

Carburo de Silicio III (Si - C_{III})

Sistema Cristalino: Hexagonal Rad. λ 1.5405

a_0 3.073Å b_0 c_0 10.053Å

$D_x = 3.214$ c 3.217 $\alpha \beta \gamma$ $z = 4$

Carburo de Silicio II (Si - C)

Sistema Cristalino: Hexagonal Rad. λ 1.541

a_0 3.073Å c_0 15.08Å

$\alpha \beta \gamma$

$D_x = 3.217$

C 4.907

Z = 60

Oxido de Titanio y Fierro (δ Fe - Ti)

d	2.3018	2.2521	2.1396
	100	90	80

Rad. $\lambda 0.7909$

Silico Aluminato de Fierro y Magnesio ($Al_2O_3, 3[Fe, Mg] 0.3SiO_2$)

d	2.58	1.54	1.07
I/I ₁	100	90	90

Rad. 0.709

Sistema Cristalino. Cúbico

S.G. O_H^{10}

a 11.52

b₀
 β

c₀
 γ

A

Z = 8

Color Rojo

Variedad del granate; Piropo

Analisis en porciento (%)

42.30	SiO ₂
10.08	FeO
19.75	MgO
19.50	Al ₂ O ₃
0.30	MnO
0.30	TiO ₂

Cuarzo α (SiO₂)

3.34	4.26	1.82	4.26
100	35	17	35

Rad. Cu

$\lambda 1.5404$

Sist. Hexagonal.

S.G.

$D_3^4 - C_{3.2}$

a₀ 13

c₀ 5.404
 γ

A

C_{1.10}

Z=3

$\eta\omega\theta$ 1.5448
 < 0.01 %

δ' 1.553
 < 0.001 % Ca Cu Fe Mg

Cuarzo (SiO₂)

d	3.42A	1.85	1.57	4.42
I/I ₁	100	90	80	60

Sist. Hexagonal

a _o 5.11	b _o	c _o 5.37	A	C
α	β	δ'	Z	D _X

Ferro Aluminio 1 : 3 (Fe₃Al)

d	2.04	1.18	1.45	3.34
I/I ₁	100	90	80	60
Radiación	FeK α	1.9373		

Sistema: Cúbico centrado en el cuerpo.

a _o	b _o	c _o	A	C
α	β	δ'	Z=4	

De los compuestos anteriores, los óxidos de silicio representan un 97 %, los silicoaluminatos de Fe y Mg representan el 1.5 % y los carburos de silicio representan menos del 1 %, por medio de fluorescencia de rayos X y difracción se detectó Titanio, este lo contiene la arena en muy pequeñas cantidades.

Cabe mencionar que el análisis cuantitativo se realizó por vía húmeda.

a) Discusión de los resultados.

(II) En cuanto a la materia prima, la selección de esta fue adecuada, siendo esta una de las arenas mas utilizadas en la industria de la fundición.

(III) En lo referente a las propiedades físicas, la arena presenta las características siguientes:

(a) Análisis Morfológico. La arena presentó forma subangular, siendo su coeficiente de angulosidad $E = 1.49$, el cual es considerado como el valor máximo aceptable establecido por estudios realizados en otros países, * presenta granos monolíticos debido a su alto contenido de SiO_2 .

(b) Análisis Granulométrico. El índice de finura AFS que presenta la arena es de 42, este tamaño de partícula presenta una buena permeabilidad, evita la formación de defectos internos y superficiales en la pieza.

La distribución de grano en los 3 tamaños constituye un 97.6% en peso de la muestra total de arena. Esta distribución es adecuada, tomando en consideración los efectos negativos que presentan las partículas de tamaños extremos, además de concordar con las establecidas en estudios realizados en otros países que demuestran su beneficio.

(c) Contenido de humedad. El contenido de humedad máximo establecido por otros investigadores con el que se obtienen máximas propiedades físicas es menor de 0.5%, la arena caracterizada presenta un contenido menor de 0.5% por lo que consideramos que es aceptable.

(e) Superficie específica. La arena estu

diada presenta un valor de $106 \text{ m}^2/\text{g}$. el cual queda comprendido dentro de los límites establecidos ($87 \text{ cm}^2/\text{g}$ ■ $130 \text{ cm}^2/\text{g}$) con siderandolos como óptimos en la industria para garantizar homoge neidad en el tamaño de grano y buena permeabilidad.

(f) Pérdidas por calcinación. La cantidad de materia volátil que la arena presenta es de 0.18%, este va lor es bajo de tal manera que nos impide una evolución de gases excesiva.

(g) Punto de sinterización. Se obtuvo un valor promedio de 1450°C , este valor proporciona un amplio ran go de trabajo, disminuyendo los defectos en el acabado final de - la pieza.

(h) Contenido de finos. El valor máxi- mo establecido de cantidad de finos en una arena tipo es de 0.1% la arena estudiada en este trabajo está exenta de ellos, por lo que la arena en este aspecto presenta muy buenas cualidades.

(IV) Las propiedades químicas que p en ta la arena estudiada son las siguientes:

(a) Análisis químico. La arena contiene un 97.3% de SiO_2 y las impurezas que la misma presenta constituyen el 2.7% restante, que se distribuyen de la siguiente manera; 0.8% de MgO , menos de 0.5% de H_2O , 0.18% de materia volátil, y el resto lo constituyen compuestos complejos de Fe, Al, Na y Ti.

Las impurezas que contiene la arena, como TiO_2 y MgO aumentan sus propiedades de refractariedad.

(b) Demanda de ácido. Debido a la alta pureza de esta arena su neutralidad química es aceptable ya que únicamente se disuelven 1.3 ml de HCl 0.1 M.

(V) Pruebas especiales, estas pruebas se realizaron a la arena, con el objeto de reafirmar y complementar algunos conceptos.

(a) Análisis térmico diferencial. Este tipo de prueba no es aplicado en la industria, pero la información que esta proporciona a nivel investigación es de gran utilidad, debido a que nos da la información necesaria para detectar las transformaciones de fase que presenta la arena por efectos de temperatura y que ciertamente se llevan a cabo, sobre todo en el vaciado de metales de alto punto de fusión.

(IV) Espectroscopía de Rayos X. Tanto la fluorescencia de rayos X como la difracción de los mismo, fueron utilizados en éste trabajo para completar y reafirmar que elementos forman parte de la arena en estudio. También se realizaron con el objeto de dar a conocer las aplicaciones y ventajas que las mismas nos proporcionan, ya que estas pruebas generalmente no son realizadas para el control de arenas.

La difracción de rayos X, nos permitió conocer el tipo de compuesto y la estructura cristalina que éste presenta, también fue posible identificar el Titanio en forma de óxido, y al mismo tiempo reafirmar los compuestos que se determinan en el análisis químico.

La fluorescencia de rayos X nos permitió reafirmar la presencia del Hierro en forma de elemento.

* Ver artículos referentes a las arenas TIPO en la bibliografía.

VIII) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En base a los resultados obtenidos en las pruebas realizadas se concluye lo siguiente:

- La selección de la materia prima fue correcta, ya que cumple con los objetivos establecidos.
- Siendo la forma de la arena subangular y su coeficiente de angulosidad aceptable, puede ser utilizada sin riesgo de presen--tar defectos en las piezas.
- Debido a que el AFS de la arena es 42, la granulometría es adecuada principalmente para el colado de Fierro y sus aleaciones presentando una buena permeabilidad y evitando la formación de defectos internos en la pieza.
- - Debido a que la arena utilizada en este trabajo no presenta tamaños extremos podemos considerar que sus propiedades no se verán afectadas por este factor.
- El valor de superficie específica que la arena presenta proporciona, homogeneidad en el tamaño de grano y buena permeabilidad.
- La arena estudiada presenta excelentes propiedades de refractariedad, debido a su alto punto de sinterización y su comportamiento térmico.
- De las impurezas que presenta la arena el TiO y el MgO benefician sus propiedades refractarias.

A continuación se presentan los valores finales obtenidos en las pruebas realizadas.

CARACTERISTICAS GENERALES QUE PRESENTA LA ARENA.

1.- Índice de finura AFS	42
2.- Materiales impalpables.....	No presenta
3.- Finos (inferiores a 0.125 mm)	0.018 %
4.- Gruesos (superiores a 0.71 mm)	No presenta
5.- Distribución en 3 tamices	97.704 %
6.- Punto de sinterización	1450°C
7.- Coeficiente de angulosidad	1.49
8.- Humedad	< 0.5 %
9.- Pérdidas por calcinación	0.18 %
10.- Superficie específica	106 cm ² /gr
11.- Demanda de ácido	1.3 ml/100gr
12.- Estructura de los granos	Monolíticos

ANALISIS QUIMICO DE LA FRACCION EN PORCIENTO.

SiO ₂	(Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃)	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O
97.3	1.08	< 0.01	---	0.8	< 0.01

EN BASE A LOS RESULTADOS Y LAS DISCUSIONES REALIZADAS EN EL CAPITULO ANTERIOR, PODEMOS CONSIDERAR A ESTA ARENA COMO " TIPO ", CUMPLIENDO DE ESTE MODO LOS OBJETIVOS QUE AL INICIARSE ESTE TRABAJO SE PRETENDIAN ALCANZAR.

S U G E R E N C I A S .

Se recomienda continuar el desarrollo de éste trabajo utilizando mezclas de arena con aglomerantes de diversos orígenes, con el fin de lograr un estudio mas completo, de mayor utilidad e información mas amplia para la industria. Logrando de esta manera realizar otros objetivos que se pretenden al establecer una arena tipo, siendo uno de ellos el utilizar la arena como organismo de control para hacer posibles y comparables los juicios sobre la calidad de los aglomerantes así como los controles de uniformidad de la resistencia de las mezclas de arena.

BIBLIOGRAFIA

- "Molding methods and materials"
American Foundrymen's Society
First edition 1962.
- Marc Bujor y Alfred Maquet
"Difracción de rayos X y microscopia electrónica"
División de estudios superiores, Facultad de Química
U.N.A.M. 1970.
- "Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial"
Espectroscopia de rayos X.
- "Jorge Fernandez de Lizardi"
Identificación de minerales por termoanálisis
I.P.N.
- "Dr. Juan Luis del Valle P"
Difracción de electrones y rayos X
Departamento de Ingeniería Eléctrica
C.I.E.A. I.P.N.
- Data sheets on foundry sands
First published, march 1974.
- Guía de minerales y rocas fósiles
Enciclopedia monográfica de ciencias naturales.
Ediciones Aguilar S.A.
- Arena tipo ATF
CENIM Madrid febrero 1970.

- "Alberto Obregón P."

Métodos de análisis químico de rocas y materiales similares

Instituto de Geología, UNAM.

México, 1970

- "Dana E.S. y Ford W.E."

Tratado de mineralogía

CECSA primera edición español. Cuarta edición ingles.

México 1969

- "E.J. Ash and E.O. Lissell"

Rammability and density of foundry sands

U.S.A. 1952

- "T.E. Barlow and W.H. Adams"

Pressure molding and standard synthetic sand

AFS. U.S.A. 1960

- "Fernando Orozco D."

Análisis Químico Cuantitativo

México 1970.

- "Comisión de fomento minero"

Métodos químicos para el análisis de minerales.

México 1977.