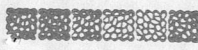


T
671.25
537
C2



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica



"EVALUACION DE ARENAS SILICEAS PARA EL SECTOR
DE LA FUNDICION"

PROYECTO DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de
INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Irma Victoria Jara Iñiguez



Guayaquil

Ecuador

1991

AGRADECIMIENTO

AL ING. JOSE PACHECO M.
Director del Proyecto
de Grado, por su ayuda
y colaboración para la
realización de este
trabajo.

DEDICATORIA

A MI MADRE

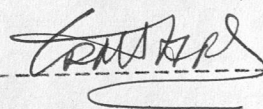
A MI HERMANA

A MI ABUELA

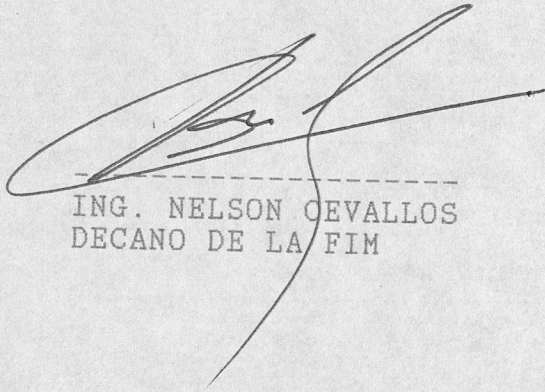
DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo, corresponde a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

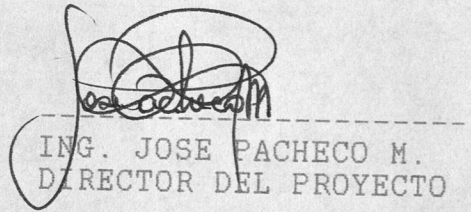
(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la
ESPOL)



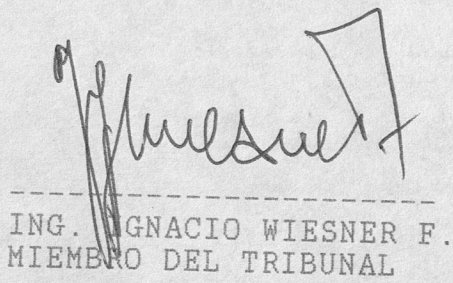
IRMA JARA INIGUEZ.



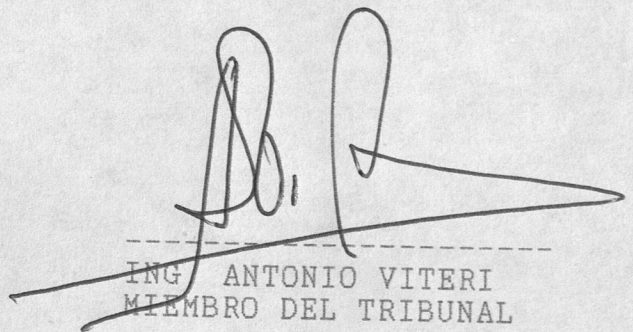
ING. NELSON CEVALLOS
DECANO DE LA FIM



ING. JOSE PACHECO M.
DIRECTOR DEL PROYECTO



ING. IGNACIO WIESNER F.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. ANTONIO VITERI
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



RESUMEN

El desarrollo de la industria de la fundición representa un rol muy importante en el desarrollo industrial del país.

Entre los problemas que impiden dar un mayor impulso a esta industria se encuentran la baja productividad y baja calidad de los productos obtenidos.

La productividad y calidad son influenciados por : la composición del metal, técnicas fusión y técnicas de moldeo. Entre las técnicas de moldeo usadas, el moldeo en arena es una de las más importantes en el país puesto que representa aproximadamente el 90% de las técnicas usadas.

En este trabajo se realiza la evaluación de arenas síliceas para el sector de la fundición, como una manera de controlar la calidad de la materia prima usada para moldeo.

Esta evaluación se realiza mediante ensayos seleccionados para determinar las características principales de las arenas síliceas. Luego se comparan con los valores límites dados por la AFS (AMERICAN FOUNDRYMEN'S SOCIETY) para

determinar si estas arenas son aptas para su uso en fundición.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	V
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	XI
ANTECEDENTES	XIII
I. ARENAS SILICEAS PARA EL SECTOR DE LA FUNDICION	16
1.1 Características y propiedades principales	16
1.2 Arenas usadas	19
1.3 Metodos de obtención	21
II. TRABAJO EXPERIMENTAL	25
2.1 Análisis granulométrico	25
2.2 Análisis químico	45
2.3 Determinación de la arcilla AFS	46
2.4 Determinación del pH	48
2.5 Determinación del valor de demanda acida	49
2.6 Determinación de la densidad	51
2.7 Pérdidas por ignición	52
2.8 Determinación de la forma de grano	53
2.9 Resumen de los resultados obtenidos	57

	Pag.
ANALISIS DE RESULTADOS	62
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
ANEXOS	68
BIBLIOGRAFIA	74



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
1. ARENA SILICEAS, ESTADO NATURAL	22
2. LAVADO DE ARENA	22
3. LAVADO Y CERNIDO	23
4. DEPOSITO DE ARENA	23
5. TAMIZADO FINAL	24
6. RESERVORIO	24
7. CURVAS GRANULOMETRICAS, ARENA ZAMORA	33
8. CURVAS GRANULOMETRICAS, ARENA LIMON	34
9. CURVAS GRANULOMETRICAS, ARENA ZAMORA 2	35
10. CURVAS GRANULOMETRICAS, ARENA LIMON 2	36
11. CURVAS GRANULOMETRICAS, ARENA LIMON BLANCA	37
12. DISTRIBUCION DE PORCENTAJE RETENIDO, ARENA ZAMORA	38
13. DISTRIBUCION DE PORCENTAJE RETENIDO, ARENA LIMON	39
14. DISTRIBUCION DE PORCENTAJE RETENIDO, ARENA ZAMORA 2	40
15. DISTRIBUCION DE PORCENTAJE RETENIDO,	

	Pag.
ARENA LIMON 2	41
16. DISTRIBUCION DE PORCENTAJE RETENIDO.	
ARENA LIMON BLANCA	42
17. FORMA DE GRANO, ARENA ZAMORA	54
18. FORMA DE GRANO, ARENA LIMON	54
19. FORMA DE GRANO, ARENA ZAMORA 2	55
20. FORMA DE GRANO, ARENA LIMON 2	55
21. FORMA DE GRANO, ARENA LIMON BLANCA	56

INDICE DE TABLAS

	Pag.
I. TAMIZACION/ ARENA ZAMORA	27
II. TAMIZACION/ ARENA LIMON	27
III. TAMIZACION/ ARENA ZAMORA 2	28
IV. TAMIZACION/ ARENA LIMON 2	28
V. TAMIZACION/ ARENA LIMON BLANCA	29
VI. INDICE DE FINURA/ ARENA ZAMORA	30
VII. INDICE DE FINURA/ ARENA LIMON	30
VIII. INDICE DE FINURA/ ARENA ZAMORA 2	31
IX. INDICE DE FINURA/ ARENA LIMON 2	31
X. INDICE DE FINURA/ ARENA LIMON BLANCA	32
XI. INDICE DE FINURA	32
XII. PORCENTAJE RETENIDO/ ARENA ZAMORA	43
XIII. PORCENTAJE RETENIDO/ ARENA LIMON 2	43
XIV. PORCENTAJE RETENIDO/ ARENA LIMON BLANCA	44
XV. RETENIDO EN MALLA 200	44
XVI. MATERIAS IMPALPABLES	45
XVII. ANALISIS QUIMICO	45
XVIII. CONTENIDO DE ARCILLA AFS	48
XIX. PH	49

	Pag.
XX. VALOR DE DEMANDA ACIDA	50
XXI. DENSIDAD	51
XXII. PERDIDAS POR IGNICION	53
XXIII. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS	57
XXIV. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS	58
XXV. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS	59
XXVI. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS	60
XXVII. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS	61



ANTECEDENTES

La situación del sector de la fundición en cuanto a técnicas de producción de partes puede resumirse de la siguiente manera:

Con respecto a la etapa de fusión el proceso más utilizado en las plantas de fundición para la obtención de hierro gris de baja y mediana resistencia es mediante el horno de cubilote. El uso de hornos de crisol para la producción de fundición gris es práctica común en talleres pequeños. La producción de hierro nodular y hierros aleados es muy limitada. Existen dos o tres fundiciones que producen aceros fundidos en hornos eléctricos de arco e inducción. La fusión de materiales no ferrosos se realiza generalmente en hornos de reverbero y crisol.

Arenas naturales y sintéticas son utilizadas para moldeo en verde y seco. Moldeo con proceso de silicato de sodio/CO₂ y con resinas de curado en frío o caliente son empleados con menor frecuencia. Generalmente el moldeo es realizado a mano o mediante pisones neumáticos, utilizando modelos de madera. El uso de placas modelo y modelos metálicos es más limitado debido a la producción de partes

misceláneas. La preparación de las arenas para moldeo es simple, ya sea mediante palas o molinos mezcladores tipo abiertos (tipo chileno).

Operaciones de desmoldeo y limpieza son realizadas generalmente a mano y salvo pocas excepciones se aplica inspección no destructiva para detección de discontinuidades, control de composición química y evaluación de propiedades mecánicas. En resumen, el nivel tecnológico en promedio de las plantas existentes es bajo.

El presente proyecto representa una parte muy importante dentro de los esfuerzos que realiza "La Red Latinoamericana de Investigación y Desarrollo en Fundición" que pretende promover un medio de contacto efectivo entre industriales, ingenieros y profesionales del sector, así como promover investigación científica sobre problemas que afecten a la mediana y pequeña industria de la fundición.

Así la caracterización de la materia prima utilizada en las fundiciones es el inicio para la solución de problemas existentes en la calidad de los productos de fundición, los resultados aquí obtenidos servirán directamente al fundidor, pues se ha establecido ya comunicación con las industrias fundidoras, y algunas de ellas han aceptado

incorporar a sus procedimientos las técnicas que se recomienden, así como sugerencias y recomendaciones en cuanto al tipo de materia prima que se encuentren usando.

CAPITULO I

ARENAS SILICEAS PARA EL SECTOR DE LA FUNDICION

1.1 CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES PRINCIPALES

Los granos son de sílice (cuarzo), con pequeñas cantidades de feldespato, mica, arcillas, oxido de hierro u otros materiales que a veces colorean ligeramente los granos, incluso después de un buen lavado y clasificación.

Las características que definen una arena siliciosa lavada y clasificada prescindiendo del agua que pueda contener en el estado de suministro, son:

Granulometría: tamaño de granos, distribución granulométrica y porcentaje de finos.

En granulometría uno de los factores de más importancia es el tamaño de grano, ya que de él depende el aspecto superficial de las piezas fundidas. Además, mientras más grueso es el grano mayor es la permeabilidad del molde. Entre varias arenas que den

una permeabilidad adecuada y teniendo en cuenta el acabado superficial de la pieza, debe escogerse la arena de módulo de finura más elevada, esto es, la de granos más finos.

Una arena es considerada gruesa, cuando su módulo de finura es inferior a 50 y generalmente superior a 30. Es considerada media entre 50 y 70. Fina para módulos entre 70 y 100. Muy fina de módulo entre 100 y 150, y finísima de módulo superior a 150. La práctica a ser adoptada con las diversas arenas, en aplicaciones diferentes basadas en la granulometría, es un tanto arbitraria. Así por ejemplo es generalmente admitido que las piezas grandes de acero exigen granos de arena gruesa (módulo 40-50) por ofrecer mayor permeabilidad.

La distribución granulométrica debe ser tal que la arena tenga alta permeabilidad y baja expansión. Esto se obtiene de mejor forma con una distribución granulométrica con más del 50% y menos del 70% de granos retenidos en tres tamices consecutivos de una serie patrón. La arena con más del 70% de concentración presenta tendencia a la expansión.

Los finos, denominados así por el porcentaje de material retenido en los dos últimos tamices y más los

que pasan el último tamíz de la serie patrón, por lo tanto es el material con malla menor que 140. Estos se colocan entre los espacios dejados por los granos grandes, separándolos y reduciendo así la expansión de la arena. Contribuyen a bajar sensiblemente la permeabilidad.

Arcilla AFS: El contenido de arcilla en la arena base es un obstáculo, ya que posee un poder aglomerante deficiente y contribuye a disminuir la permeabilidad de la arena.

Análisis químico: La exigencia en el análisis de una arena depende, como es lógico, de su utilización. La pureza de la arena depende de la presencia de minerales extraños, los minerales nocivos son los de bajo punto de fusión y que actúan como fundentes, que a altas temperaturas funden y sueldan entre sí los granos de cuarzo contiguos.

Forma de grano: La forma de grano de la arena se presentan en cuatro tipos, redondos, angulares, subangulares y compuestos.

Los granos angulares no se usan en arena para corazones, por no ofrecer aceptable permeabilidad para un grado dado de compactación; los granos

subangulares, se usan en arena para corazones, y son los mas aconsejados como arena de contacto de arenas sinteticas; los granos redondos son los mas aconsejados como arena de relleno, tiene gran permeabilidad y más durabilidad; los granos compuestos no son aconsejados por su poca durabilidad y dificultad de control granulométrico.

Valor de demanda acida: Esta propiedad es principalmente importante si la arena sera usada con un aditivo químico: si el ADV es mayor que 5, la alcalinidad de la arena neutralizará parcialmente el acido catalizador y disminuirá el proceso de polimerización.

pH: Las arenas silíceas, son generalmente neutras o ligeramente acidas.

1.2 ARENAS USADAS

De acuerdo a las investigaciones realizadas, básicamente son usadas dos tipos de arenas silíceas, la arena Zamora y la arena Limón.

De la provincia Zamora se analizarán dos tipos de arenas que pertenecen a la misma mina pero que son de diferente granulometría, puesto que sirven para

nuestro estudio, así se denominará arena Zamora a aquella que es de grano fino y arena Zamora 2 a aquella que es de grano grueso y se obtiene luego de la clasificación, estas arenas se obtienen de la mina La Esperanza.

La arena Limón, se obtiene de la provincia de Morona Santiago en el cantón Limón Indanza, de la mina EL CLAM

Del Cantón Limón Indanza se obtienen además dos tipos de arenas diferentes que aunque provienen del mismo sector presentan diferente granulometría, por lo tanto serán también analizadas, puesto que son usadas aunque en menor cantidad en las provincias de la Sierra Ecuatoriana, estas arenas han sido denominadas para esta investigación como arena Limón 2 y arena Limón blanca.

Las arenas que serán objeto de estudio a continuación serán :

Arena Zamora

Arena Limón

Arena Limón 2

Arena Limón blanca

Arena Zamora 2

Es necesario indicar que las arenas serán analizadas

en el estado en que éstas son entregadas al fundidor, para de esta forma determinar la calidad de las mismas, así como la calidad de las fundiciones realizadas (ver Mapa mineralógico Anexo #1).



1.3 METODOS DE OBTENCION

En la mina situada en el cantón Limón-Indanza en la Provincia Morona Santiago, la explotación de la arena se realiza en forma totalmente rudimentaria puesto que la arena que se obtiene de esta mina no tiene mucha demanda por falta de conocimiento por parte de los fundidores.



El proceso se realiza de la siguiente manera: desde la mina la arena es lavada por medio de mangueras por lo que es obligada a descender, a continuación esta arena es cernida en un tamiz para clasificarla al tamaño deseado y finalmente es transportada a estantes de recepción.

Este procedimiento es similar en la mayoría de las minas existentes en el país, a continuación se muestra el proceso antes descrito:



FIG. # 1

ARENA SILICEA, ESTADO NATURAL

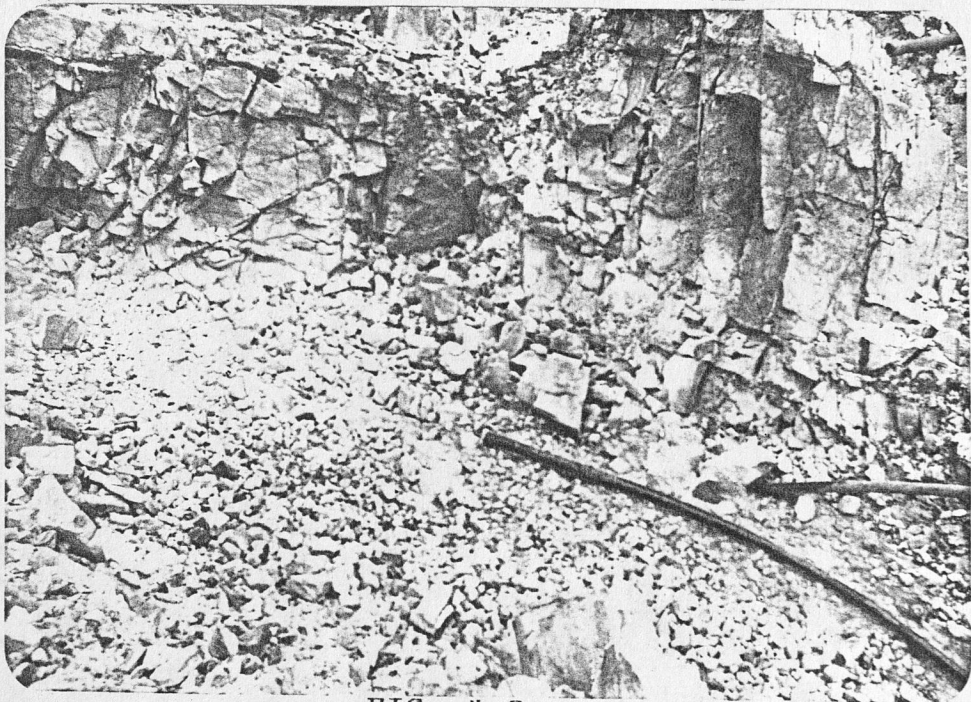


FIG. # 2

LAVADO DE ARENA



BIBLIOTECA

FIG. # 3

LAVADO Y CERNIDO



BIBLIOTECA

FIG. # 4

DEPOSITO DE ARENA



FIG. # 5

TAMIZADO FINAL

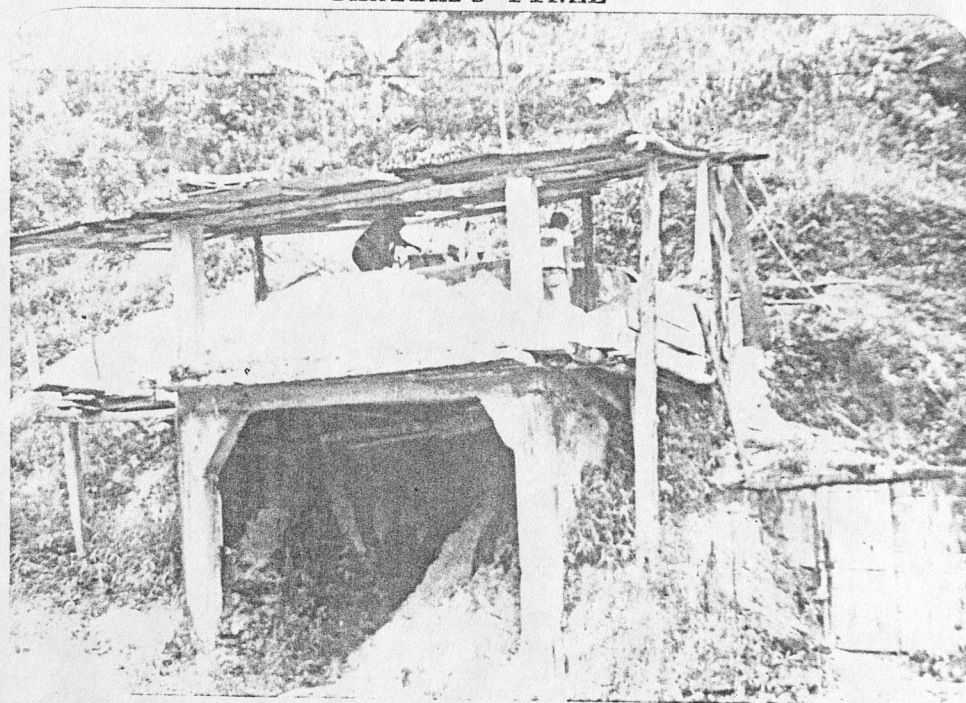


FIG. # 6

RESERVORIO



CAPITULO II
TRABAJO EXPERIMENTAL

2.1 ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZACION :
PROCEDIMIENTO (AFS 105-87-S)

1. Obtener una muestra representativa de material seco de acuerdo a los procedimientos de la AFS (ANEXO # 2).
2. Reducir la muestra a 100 (+/- 5) gramos, usando los procedimientos de la AFS.
3. Seleccionar las mallas requeridas para el análisis.
4. Colocar las mallas en orden decreciente del tamaño de apertura de las mallas.
5. Colocar la muestra pesada en la malla superior. En este procedimiento si alguna de las mallas retiene más de 35 gramos, el análisis debe repetirse usando 50 gramos de muestra total, en vez de 100 gramos.

6. Colocar todas las mallas en el agitador (Ro-Tap), y agitarlas por 15 minutos.
7. Después de la agitación, retirar las mallas y cuidadosamente remover la arena de las mallas y con un cepillo adecuado retirar las partículas más pequeñas.
8. El total de los pesos retenidos en cada una de las mallas debe ser igual del peso total original. Si el peso total está entre +/- 5% del peso original, el análisis puede ser aceptado.
9. Si el peso total retenido en todas las mallas está fuera del rango del paso 8, entonces el análisis deberá repetirse desde el paso 2.
10. Calcular el porcentaje retenido en cada malla.
11. Obtener los porcentajes acumulativos.

TABLA I
TAMIZACION / ARENA ZAHORA

MALLA #	PESO RETENIDO (GR)	% PESO RETEN.	% PESO ACUMU- LADO.
30	0.95	1.90	1.90
50	8.35	16.70	18.60
70	19.18	38.36	56.96
100	16.23	32.46	89.42
140	4.65	9.30	98.72
200	0.48	0.96	99.68
PAN	0.16	0.32	100.00

TABLA II
TAMIZACION / ARENA LIMON

MALLA #	PESO RETENIDO GR	% PESO RETEN.	% PESO ACUMU- LADO
30	4.40	8.80	8.80
50	23.60	47.20	56.00
70	16.70	33.40	89.40
100	4.80	9.60	99.00
140	0.30	0.60	99.60
200	0.05	0.10	99.70
PAN	0.15	0.30	100.00

TABLA III
TAMIZACION / ARENA ZAMORA 2

MALLA #	PESO RETENIDO (GR)	% PESO RETEN.	% PESO ACUMU- LADO.
30	37.80	75.60	75.60
50	11.00	22.00	97.60
70	0.90	1.80	99.40
100	0.10	0.20	99.60
140	0.05	0.10	99.70
200	0.00	0.00	99.70
PAN	0.15	0.30	100.00

TABLA IV
TAMIZACION / ARENA LIMON 2

MALLA #	PESO RETENIDO (GR)	% PESO RETEN.	% PESO ACUMU- LADO.
30	1.80	3.60	3.60
50	9.90	19.80	23.40
70	19.40	38.80	62.20
100	13.70	27.40	89.60
140	4.10	8.20	97.80
200	0.70	1.40	99.20
PAN	0.40	0.80	100.00

TABLA V
TAMIZACION / ARENA LIMON BLANCA

MALLA #	PESO RETENIDO (GR)	% PESO RETEN.	% PESO ACUMU- LADO.
30	0.70	1.40	1.40
50	11.00	22.00	23.40
70	23.00	46.00	69.40
100	11.00	22.00	91.40
140	2.00	4.00	95.40
200	0.70	1.40	96.80
PAN	1.60	3.20	100.00

INDICE DE FINURA

PROCEDIMIENTO (AFS 106-87-S)

1. Determinar la distribución de grano (2.1)
2. Multiplicar el porcentaje en cada malla por el correspondiente multiplicador.
3. Sumar los productos de la multiplicación para dar un producto total y dividir por 100, el resultado es el número de finura de grano AFS.

TABLA VI
INDICE DE FINURA / ARENA ZAMORA

MALLA #	% PESO RETENIDO	MULTIPL.	PRODUCTO
30	1.90	20	38.00
50	16.70	40	668.00
70	38.36	50	1918.00
100	32.46	70	2272.20
140	9.30	100	930.00
200	0.96	140	134.40
PAN	0.32	300	96.00

$$\text{NUMERO DE FINURA} = \frac{\text{PRODUCTO TOTAL}}{\text{PORCENTAJE TOTAL}}$$

FINURA A.F.S = 60.56

TABLA VII
INDICE DE FINURA / ARENA LIMON

MALLA #	% PESO RETENIDO	MULTIPL.	PRODUCTO
30	8.80	20	176.00
50	47.20	40	1888.00
70	33.40	50	1670.00
100	9.60	70	672.00
140	0.60	100	60.00
200	0.10	140	14.00
PAN	0.30	300	90.00

DE FINURA A.F.S = 46.70

TABLA VIII
INDICE DE FINURA / ARENA ZAMORA 2



BIBLIOTECA

MALLA #	% PESO RETENIDO	MULTIPL.	PRODUCTO
30	75.60	20	1512.00
50	22.00	40	880.00
70	1.80	50	90.00
100	0.20	70	14.00
140	0.10	100	10.00
200	0.00	140	00.00
PAN	0.30	300	90.00

DE FINURA A.F.S = 25.96

TABLA IX
INDICE DE FINURA / ARENA LIMON 2



BIBLIOTECA

MALLA #	% PESO RETENIDO	MULTIPL.	PRODUCTO
30	3.60	20	72.00
50	19.80	40	792.00
70	38.80	50	1940.00
100	27.40	70	1918.00
140	8.20	100	820.00
200	1.40	140	196.00
PAN	0.80	300	240.00

DE FINURA A.F.S = 59.78

TABLA X
INDICE DE FINURA / ARENA LIMON BLANCA

MALLA #	% PESO RETENIDO	MULTIPL.	PRODUCTO
30	1.40	20	28.00
50	22.00	40	880.00
70	46.00	50	2300.00
100	22.00	70	1540.00
140	4.00	100	400.00
200	1.40	140	196.00
PAN	3.20	300	960.00

DE FINURA A.F.S = 63.04

TABLA XI
INDICES DE FINURA

TIPO	# DE FINURA A.F.S.
ARENA ZAMORA	60.56
ARENA LIMON	46.70
ARENA ZAMORA 2	25.80
ARENA LIMON 2	59.78
ARENA LIMON BLANCA	63.04

FIG. # 7
CURVAS GRANULOMETRICAS, ARENA ZAMORA

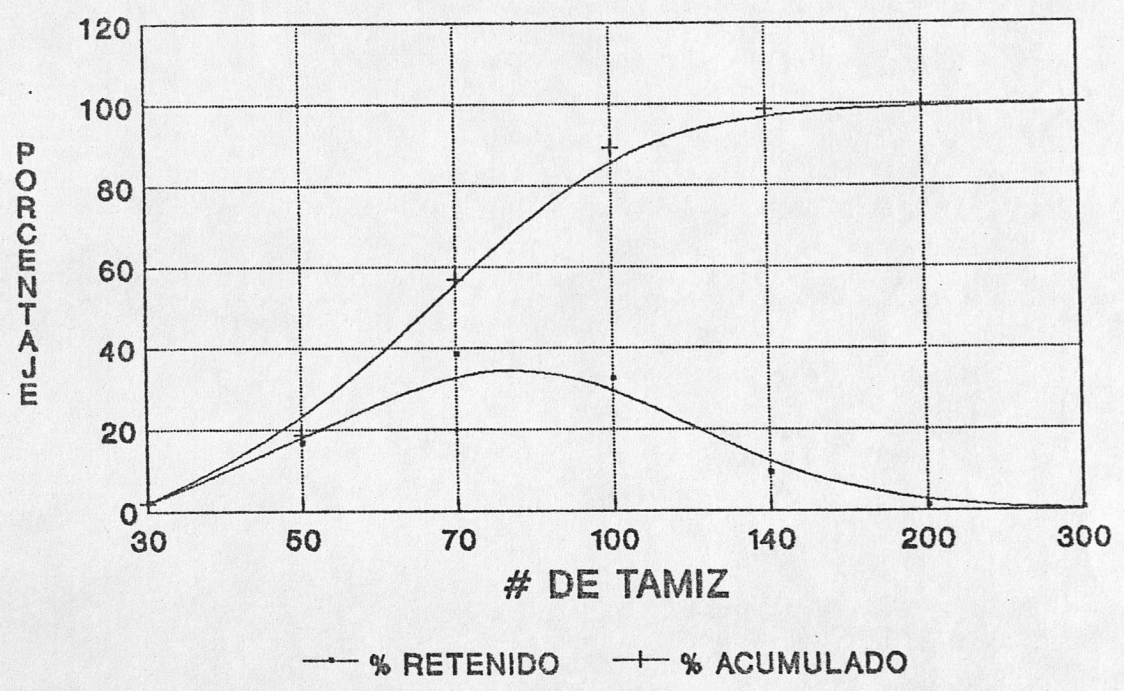


FIG. # 8
CURVAS GRANULOMETRICAS, ARENA LIMON

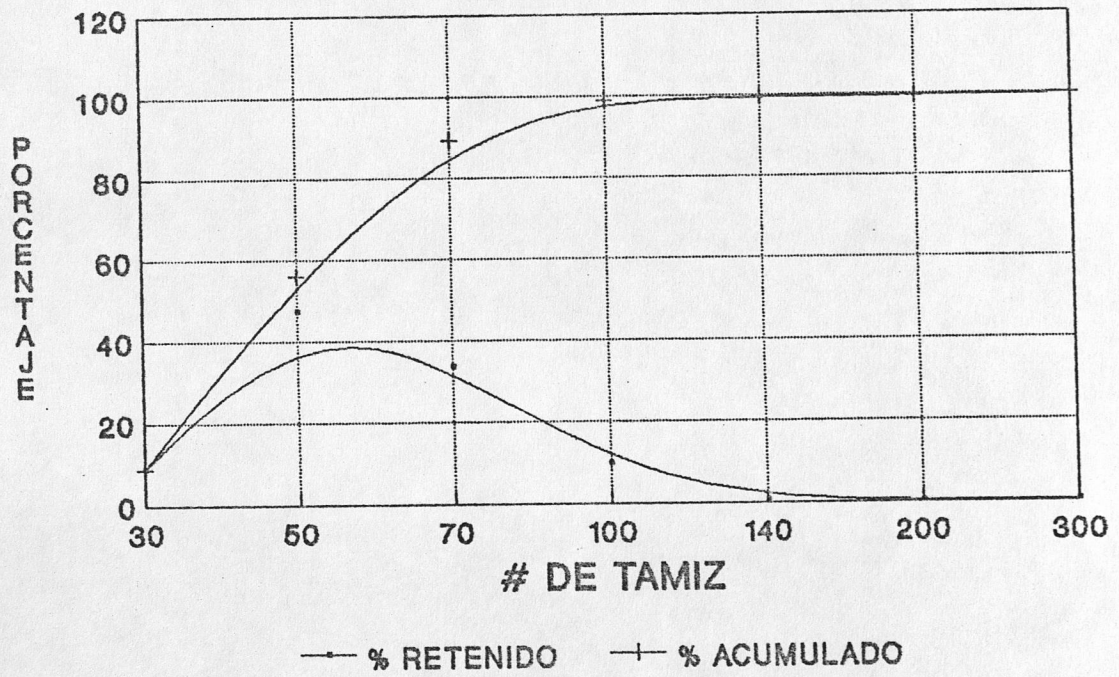




FIG. # 9
CURVAS GRANULOMETRICAS, ARENA ZAMORA 2

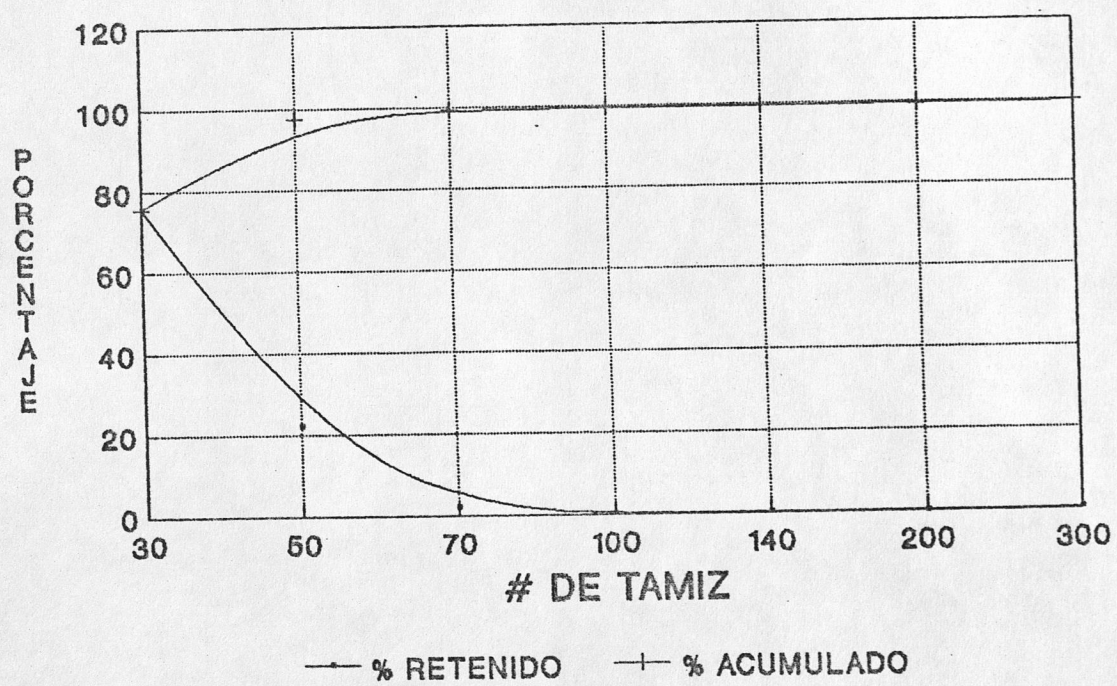


FIG. # 10
CURVAS GRANULOMETRICAS, ARENA LIMON 2

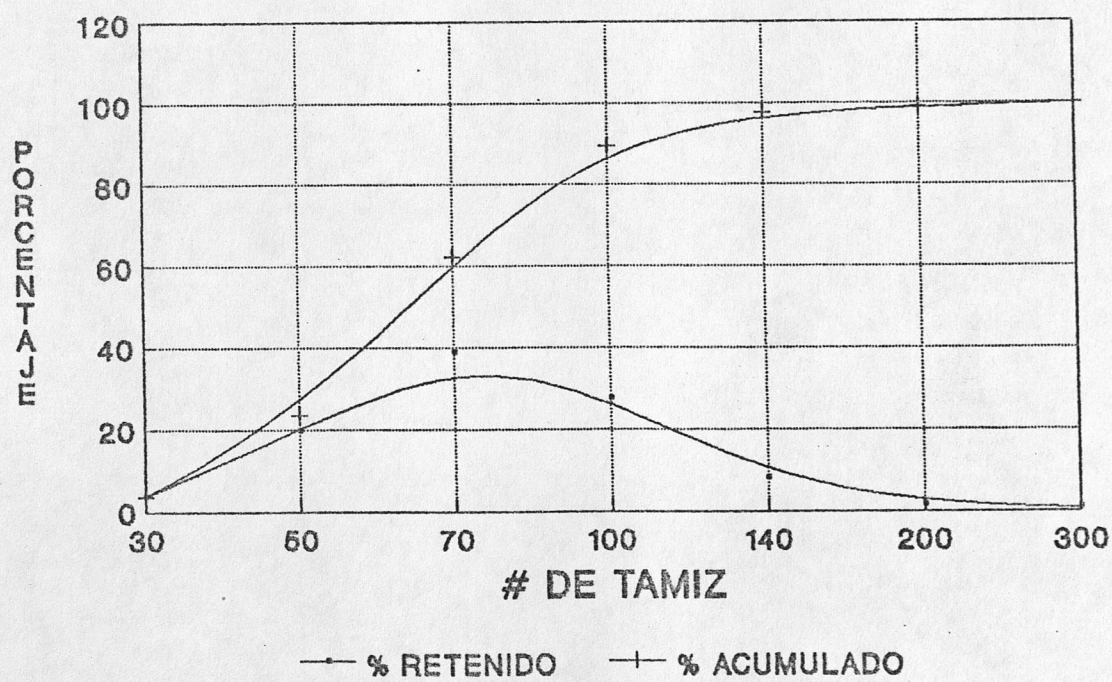




FIG. # 11
CURVAS GRANULOMETRICAS, A. LIMON BLANCA

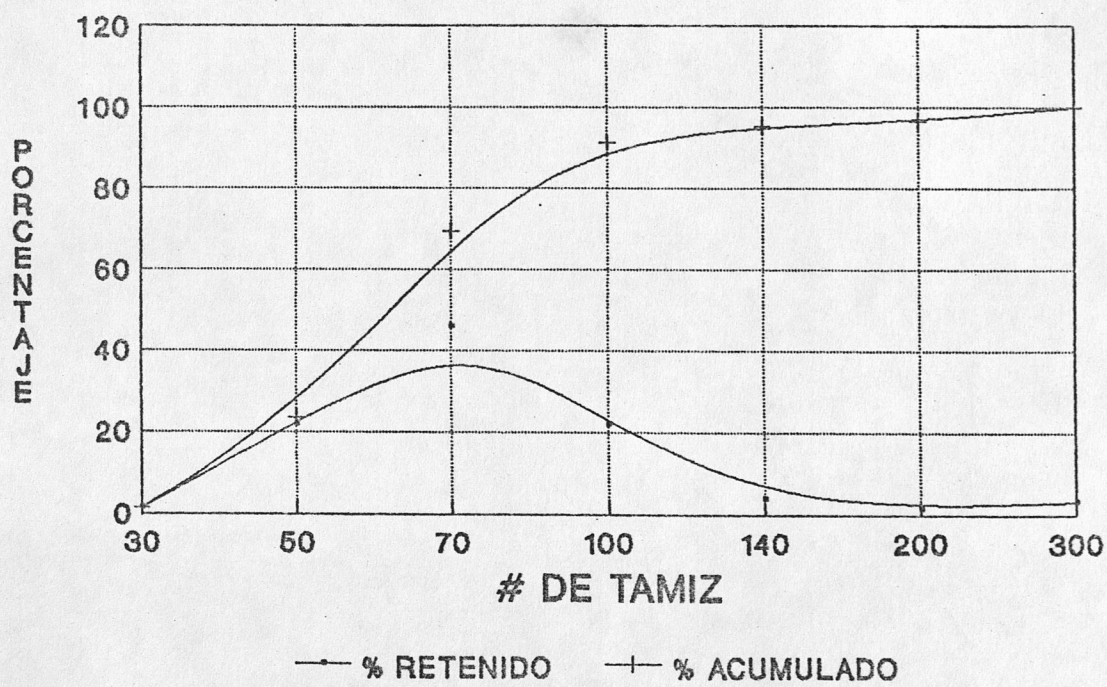


FIG. # 12
DISTRIBUCION, ARENA ZAMORA

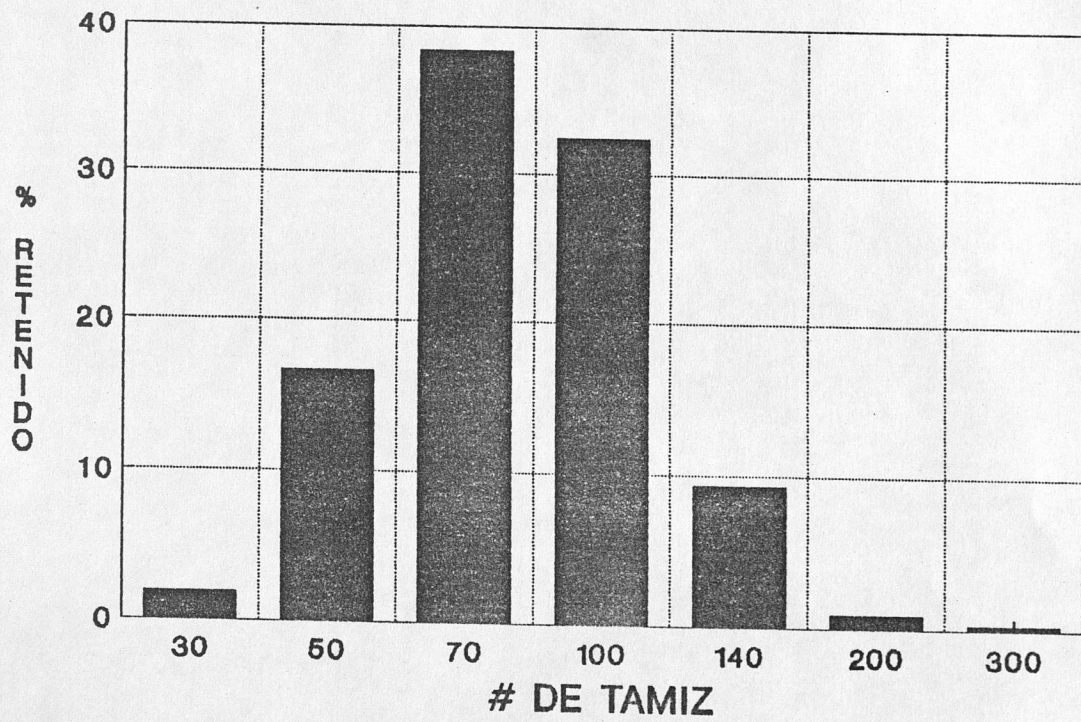


FIG. # 13
DISTRIBUCION, ARENA LIMON

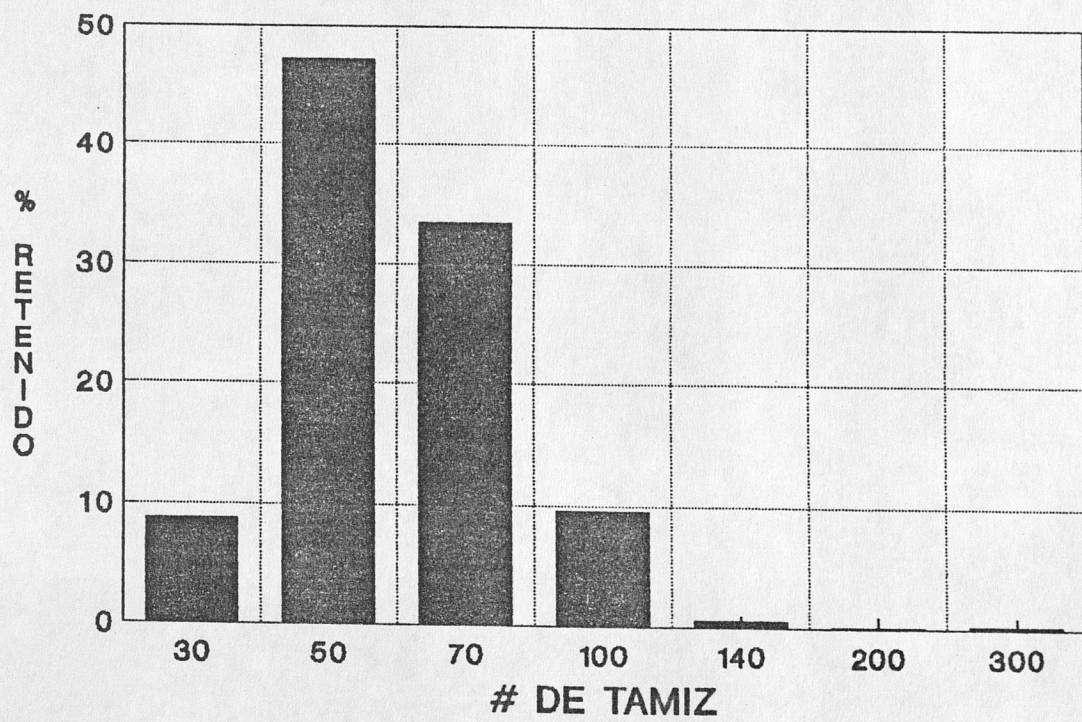


FIG. # 14
DISTRIBUCION, ARENA ZAMORA 2

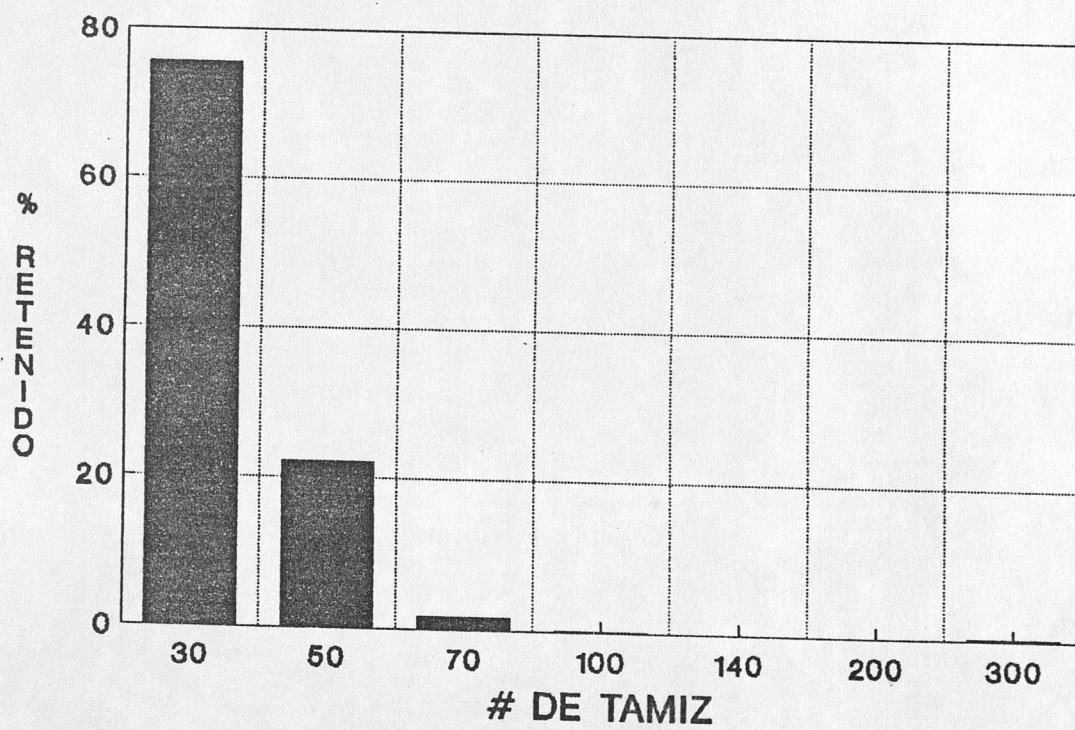


FIG. # 15
DISTRIBUCION, ARENA LIMON 2

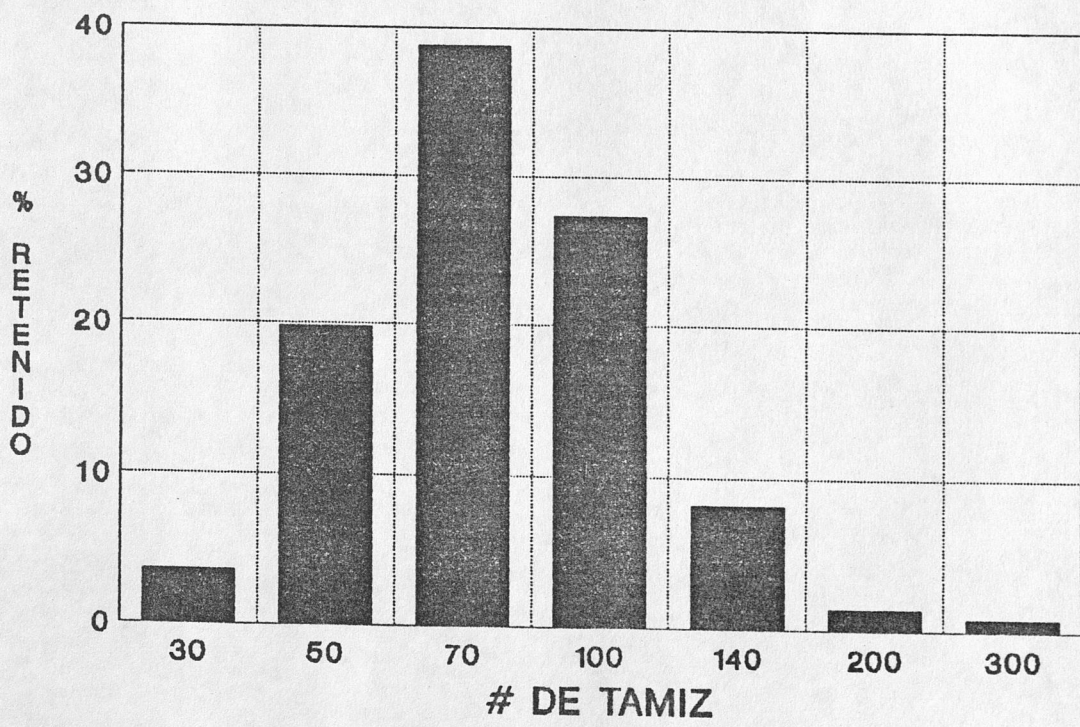
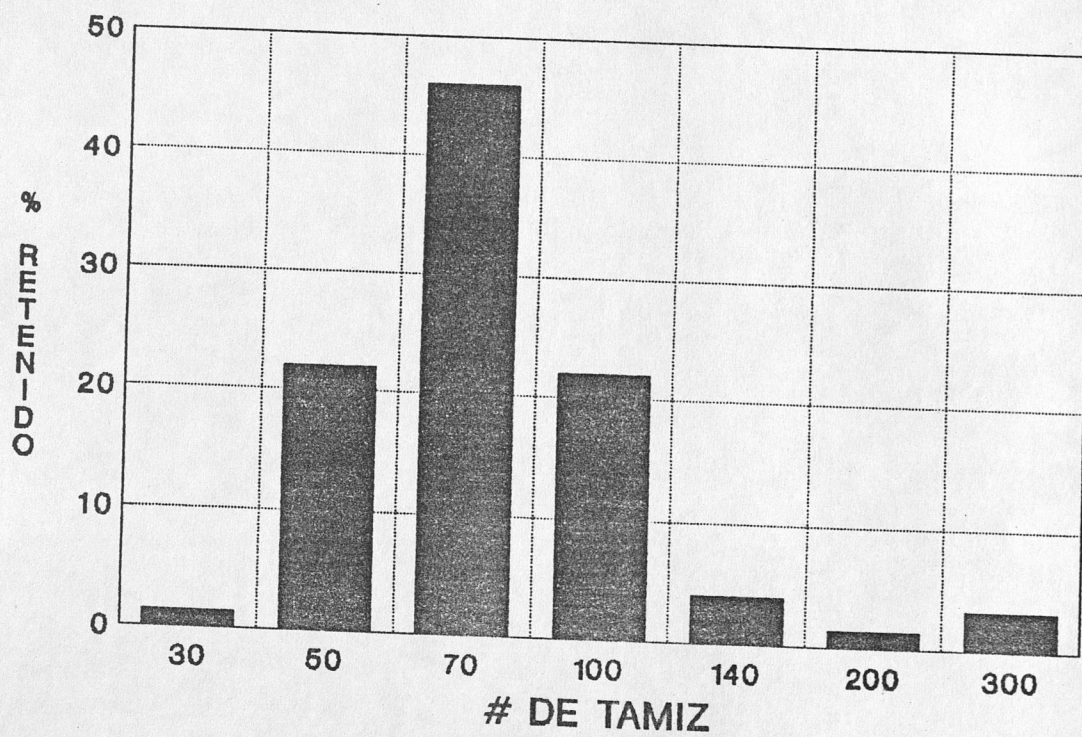


FIG. # 16
DISTRIBUCION, ARENA LIMON BLANCA



PORCENTAJE RETENIDO EN TRES TAMICES

Este es el número de mallas que retiene cada una al menos 10% de la arena.

TABLA XII

PORCENTAJE RETENIDO / ARENA ZAMORA

MALLA #	%
50	16.70
70	38.36
100	32.46
TOTAL	87.52

TABLA XIII

PORCENTAJE RETENIDO / ARENA LIMON 2

MALLA #	%
50	19.80
70	38.80
100	27.40
TOTAL	86.00

TABLA XIV
PORCENTAJE RETENIDO/ ARENA LIMON BLANCA

MALLA #	%
50	22.00
70	46.00
100	22.00
TOTAL	90.00

NUMERO DE FINOS

Tiene un importante efecto en la arena, con más finos el area de superficie aumenta y más agua y arcilla se necesitará para dar las propiedades adecuadas a la mezcla.

TABLA XV
RETENIDO EN MALLA 200

TIPO	%
ARENA ZAMORA	0.96
ARENA LIMON	0.1
ARENA ZAMORA 2	0.0
ARENA LIMON 2	1.4
ARENA LIMON BLANCA	1.4

TABLA XVI
MATERIAS IMPALPABLES
RETENIDO EN EL FONDO

TIPO	%
ARENA ZAMORA	0.32
ARENA LIMON	0.30
ARENA ZAMORA 2	0.30
ARENA LIMON 2	0.80
ARENA LIMON BLANCA	3.20

2.2 ANALISIS QUIMICO

Los resultados fueron proporcionados por el instituto de química.

TABLA XVII
ANALISIS QUIMICO

PARAMETROS	ARENA ZAMORA	ARENA LIMON	ARENA ZAMORA 2
SiO ₂	97.15	97.07	97.76
Al ₂ O ₃	0.42	0.79	0.78
Fe ₂ O ₃	0.15	0.47	0.12
MgO	0.009	0.008	0.008
NaO	0.007	0.004	0.006
K ₂ O	0.005	0.003	0.004
Cr ₂ O ₃	0.0007	0.0007	0.0007
CaO	-	-	-
SO ₃	-	-	-

2.3 DETERMINACION DE LA ARCILLA AFS

PROCEDIMIENTO (AFS 110-87-S)

1. Obtener una muestra representativa de arena usando los procedimientos AFS (ANEXO # 2).
2. Todas las muestra deben ser secadas hasta que toda la humedad sea eliminada.
3. Reducir la muestra, usando el procedimiento AFS hasta obtener 50 gramos (ANEXO # 2).
4. Pesarse la muestra y colocarla en un lavador de arenas.
5. Agregar 475 ml de agua destilada y 25 ml de 1.5% de solución normal de pirofosfato de tetrasodio, a la arena en el lavador de arenas.
6. Agitar la arena por 5 minutos en el lavador de arenas.
7. Retirar el agitador del recipiente y remueva los granos de arena con agua destilada, dentro del recipiente. Llenar el recipiente con agua destilada hasta 15.2 cm.

8. Reposar la mezcla durante 10 minutos y después sifonar el agua hasta 2.54 cm.
9. Agregar agua destilada hasta 15.2 cm. Dejar descansar la mezcla por 10 minutos y sifonar el agua como antes.
10. Agregar agua destilada hasta 15.2 cm. Dejar descansar la mezcla por 5 minutos y sifonar el agua como antes.
11. Repetir el paso 10 hasta que el agua este clara a una profundidad de 12.7cm, después de un periodo de 5 minutos de reposo.
12. Sacar todos los granos de arena restantes en un papel filtro.
13. Secar los granos de arena y pesarlos.
14. El porcentaje de arcilla AFS se obtiene:

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

TABLA XVIII
CONTENIDO DE ARCILLA A.F.S

TIPO	%
ARENA ZAMORA	0.3
ARENA LIMON	0.2
ARENA ZAMORA 2	0.3
ARENA LIMON 2	1.4
ARENA LIMON BLANCA	2.8

2.4 DETERMINACION DEL pH

PROCEDIMIENTO (AFS 113-87-S)

1. Obtener una muestra representativa (ANEXO # 2).
2. Reducir la muestra a 25 gramos.
3. Colocar la arena en un beaker de 250ml y coloque 100ml de agua destilada dentro del beaker.
4. Agitar la muestra durante 5 minutos usando un agitador magnético.
5. Despues de la agitación, coloque el electrodo del pHmetro y obtenga la lectura del pH.

TABLA XIX

pH

TIPO	pH
ARENA ZAMORA	5.88
ARENA LIMON	5.65
ARENA ZAMORA 2	5.32
ARENA LIMON 2	5.95
ARENA BLANCA L.	5.70

2.5 DETERMINACION DEL VALOR DE DEMANDA ACIDA

PROCEDIMIENTO (AFS 114-87-S)

1. Obtener una muestra representativa (ANEXO # 2).
2. Reducir la muestra a 50 gramos y colocarla en un beaker de 250 ml.
3. Colocar 50 ml de agua destilada dentro del beaker y colocar un agitador.
4. Agitar cuidadosamente, para que el material no salga del vaso.
5. Colocar 50 ml de solución 0.1 N de HCl dentro del beaker y continuar la agitación durante 5 minutos.
6. Al final del periodo de agitación colocar el

pHmetro dentro de la solución y continuar agitando mientras el ácido es neutralizado con la solución de 0.1 N de NaOH hasta alcanzar el pH 7. Registrar la cantidad de 0.1N de NaOH requerida para alcanzar el pH 7

7. Una solución de referencia (50 ml de agua destilada y 50 ml de 0.1N de HCl sin arena) debe ser preparada para cada prueba para corregir la neutralización. Registrar la cantidad de 0.1N de NaOH requerida para neutralizar la solución de referencia.

8. Calcular el ADV de la siguiente manera:

$[50.0 \text{ ml HCl} - (\text{AJ. REF})] - \text{ml de NaOH requeridos para alcanzar pH 7} = \text{ADV}$

$\text{AJ. REF} = 50.0 \text{ ml HCl} - \text{ml NaOH requeridos para alcanzar pH 7 en la solución de referencia.}$

TABLA XX
VALOR DE DEMANDA ACIDA

TIPO	ADV
ARENA ZAMORA	5
ARENA LIMON	6
ARENA ZAMORA 2	5
ARENA LIMON 2	5
ARENA BLANCA L.	5

2.6 DETERMINACION DE LA DENSIDAD

PROCEDIMIENTO (AFS 115-87-S)

1. Obtener una muestra representativa (ANEXO # 2)
2. Llenar un frasco de 100 ml con arena, pesar y registrar la densidad.
3. Presione suavemente la arena con una espátula
4. Continúe taponeando y añadiendo material hasta que el volumen ya no disminuya.
5. Determine el peso para 100 ml de material. Para obtener la densidad en seco divida el peso por 100.

TABLA XXI
DENSIDAD (APRETADO)

TIPO	DENS. (Lb/P ³)
ARENA ZAMORA	86.40
ARENA LIMON	82.38
ARENA ZAMORA 2	87.00
ARENA LIMON 2	84.00
ARENA BLANCA L.	85.00

2.7 PERDIDAS POR IGNICION

PROCEDIMIENTO (AFS 117-87-S)

1. Obtener una muestra representativa usando procedimientos AFS (ANEXO # 2).
2. Reducir la muestra seca hasta 50 gramos (ANEXO #3).
3. Pesar los crisoles
4. Colocar la muestra de arena en el crisol y registrar el peso.
5. Colocar los crisoles en un horno precalentado a 1800°F.
6. Después de dos horas sacar los crisoles del horno y enfriar.
7. Después de retirar del secador, pesar el crisol con la arena y calcular las pérdidas por ignición de la siguiente manera:

Peso del crisol = W1

Peso inicial del crisol con la arena = W2

Peso final del crisol con la arena = W3

$$\text{LOI}\% = \frac{W2 - W3}{W2 - W1} \times 100$$

TABLA XXII
PERDIDAS POR IGNICION

TIPO	LOI %
ARENA ZAMORA	~ 0
ARENA LIMON	~ 0
ARENA LIMON 2	~ 0
ARENA LIMON BLANCA	~ 0
ARENA ZAMORA 2	~ 0

2.8 DETERMINACION DE LA FORMA DE GRANO

PROCEDIMIENTO (AFS 107-87-S)

1. Obtener una muestra representativa y reducirla segun procedimientos de la AFS (ANEXO #2).
2. Examinar la muestra de arena al macroscopio (20X)
3. Comparar la muestra examinada con las ilustraciones de las formas de grano, determinar la forma de grano.
4. Registrar la forma encontrada

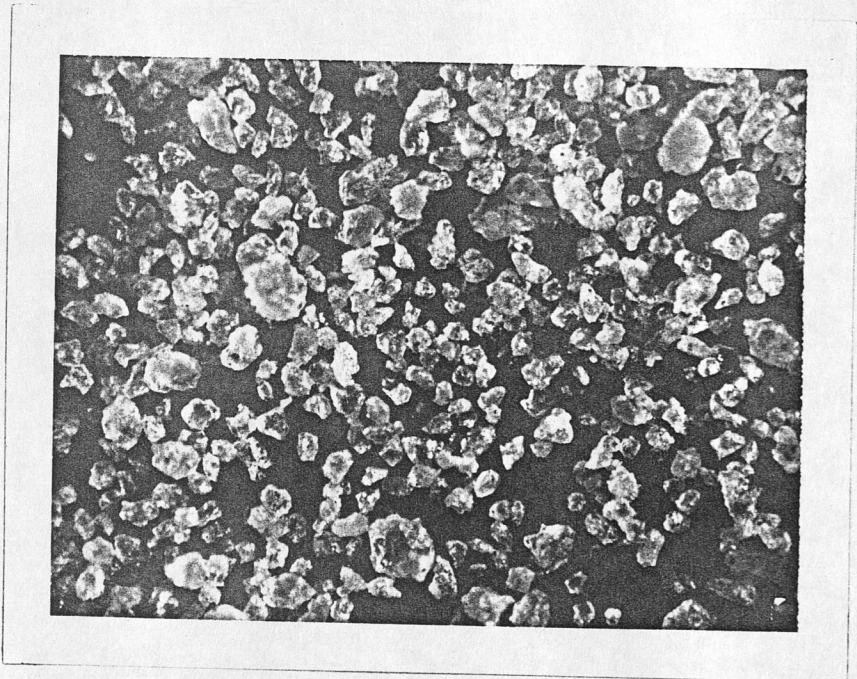


FIG. # 17

FORMA DE GRANO, ARENA ZAMORA

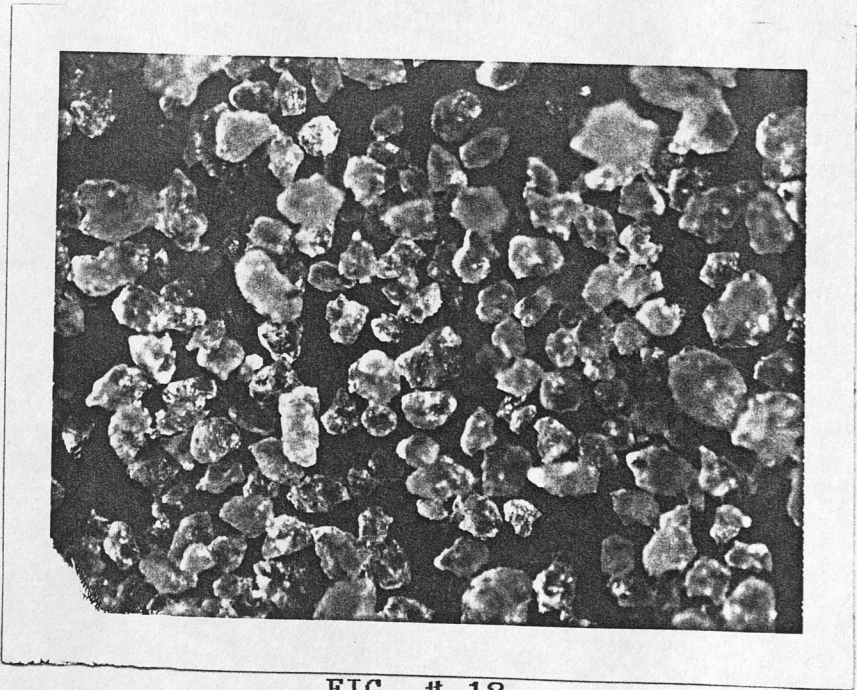


FIG. # 18

FORMA DE GRANO, ARENA LIMON

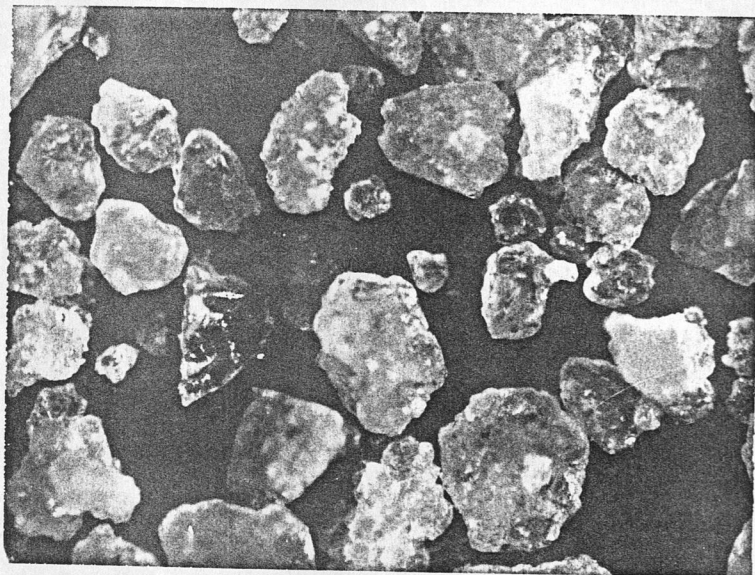


FIG. # 19

FORMA DE GRANO, ARENA ZAMORA 2

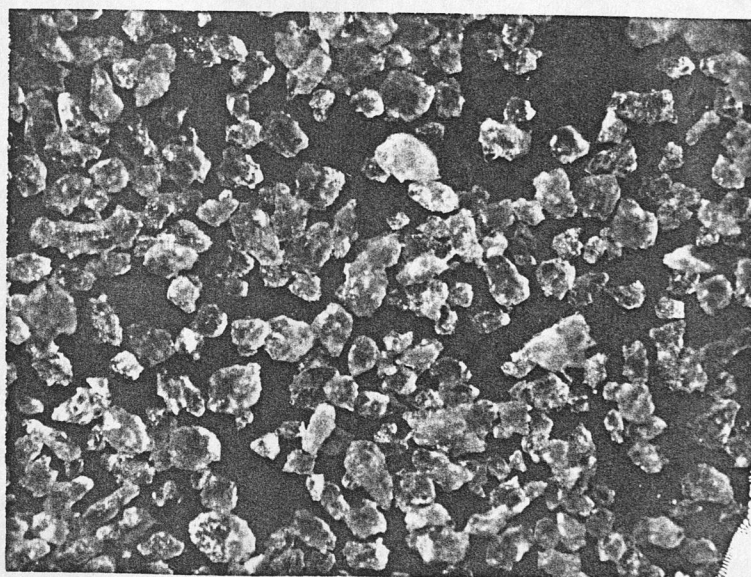


FIG. # 20

FORMA DE GRANO, ARENA LIMON 2

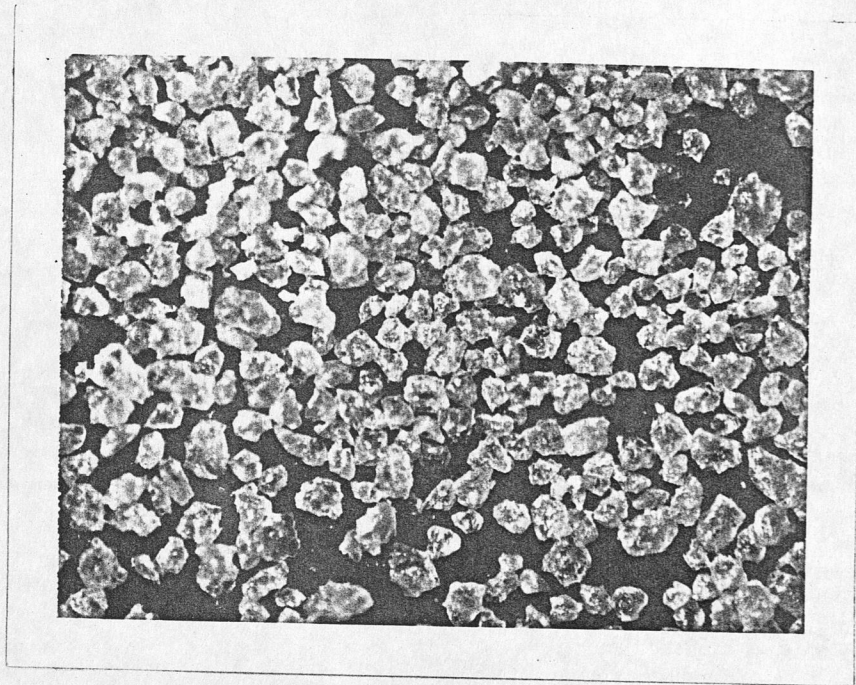


FIG. # 21
FORMA DE GRANO, ARENA LIMON BLANCA

2.9 RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

TABLA XXIII

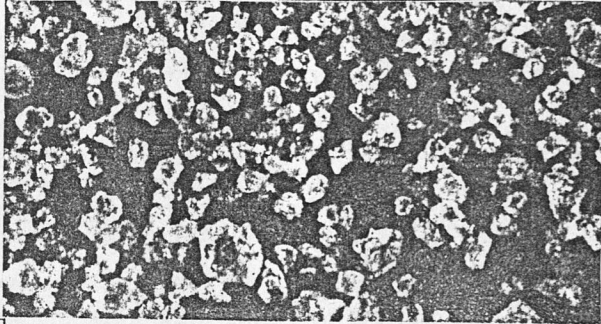
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION																								
DESIGNACION: ARENA ZAMORA																								
PROVEEDOR: SR. GAIBOR PROCEDENCIA: ZAMORA - CHINCHIPE																								
EXAMEN DE RECEPCION																								
ESTADO DE LLEGADA: HUMEDA HUMEDAD: 0.014 %					COLOR: AMARILLA																			
ENSAYOS				FORMA DE GRANO:																				
ARCILLA AFS: 0.3% MATERIAS IMPALPABLES: 0.3% PH: 5.88 ADV: 6 DENSIDAD(Lb/FT ³): 86.4 PERDIDAS POR IGNICION: 0%																								
ANALISIS GRANULOMETRICO				AUMENTO 20 X																				
TAMIZ	RET.	RET.	ACUM.	<table border="1"> <caption>Data for Granulometric Analysis Bar Chart</caption> <thead> <tr> <th># DE TAMIZ</th> <th>% RETENIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>30</td><td>0.95</td></tr> <tr><td>50</td><td>8.35</td></tr> <tr><td>70</td><td>19.18</td></tr> <tr><td>100</td><td>16.23</td></tr> <tr><td>140</td><td>4.65</td></tr> <tr><td>200</td><td>0.48</td></tr> <tr><td>300</td><td>0.16</td></tr> </tbody> </table>					# DE TAMIZ	% RETENIDO	30	0.95	50	8.35	70	19.18	100	16.23	140	4.65	200	0.48	300	0.16
# DE TAMIZ	% RETENIDO																							
30	0.95																							
50	8.35																							
70	19.18																							
100	16.23																							
140	4.65																							
200	0.48																							
300	0.16																							
#	GR	%	%.																					
30	0.95	1.9	1.9																					
50	8.35	16.70	18.60																					
70	19.18	38.36	56.96																					
100	16.23	32.46	89.42																					
140	4.65	9.30	98.72																					
200	0.48	0.96	99.68																					
PAN	0.16	0.32	100.00																					
INDICE DE FINURA AFS:60.56																								
ANALISIS QUIMICO																								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	CaO	SO ₃																
97.15	0.42	0.15	0.009	0.007	0.005	0.0007	-----																	

TABLA XXIV

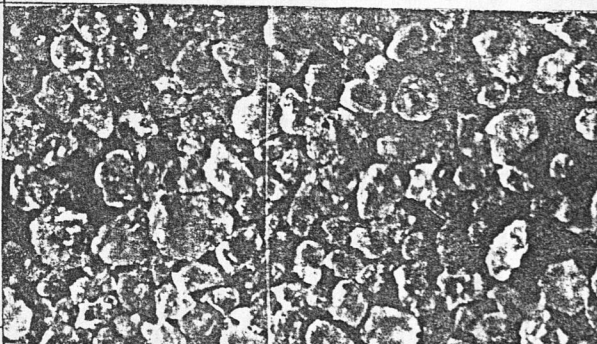
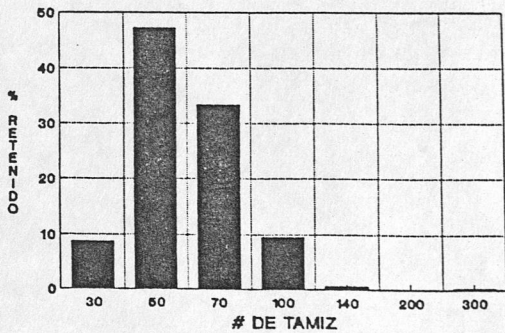
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION								
DESIGNACION: ARENA LIMON								
PROVEEDOR: CRIDESA PROCEDENCIA: EL CLAM								
EXAMEN DE RECEPCION								
ESTADO DE LLEGADA: HUMEDA HUMEDAD: 0.076 %						COLOR: CREMA		
ENSAYOS					FORMA DE GRANO:			
ARCILLA AFS: 0.2% MATERIAS IMPALPABLES: 0.3% PH: 5.65 ADV: 7 DENSIDAD(Lb/FT ³): 82.38 PERDIDAS POR IGNICION: 0%								
ANALISIS GRANULOMETRICO					AUMENTO 20 X			
TAMIZ	RET.	RET.	ACUM.					
#	GR	%	%					
30	4.40	8.80	8.80					
50	23.60	47.20	56.00					
70	16.70	33.40	89.40					
100	4.80	9.60	99.00					
140	0.30	0.60	99.60					
200	0.05	0.10	99.70					
PAN	0.15	0.30	100.00					
INDICE DE FINURA AFS:46.70								
ANALISIS QUIMICO								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	CaO	SO ₃
97.07	0.79	0.47	0.008	0.004	0.003	0.0007	-----	

TABLA XXV

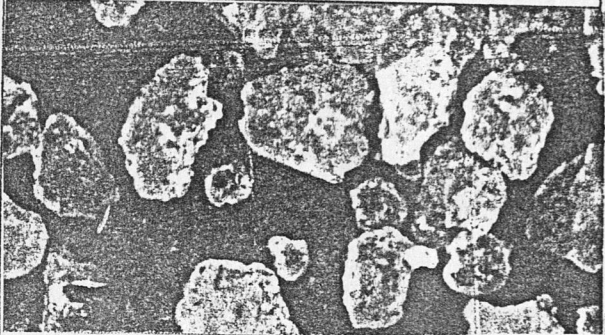
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION								
DESIGNACION: ARENA ZAMORA 2								
PROVEEDOR: SR. GAIBOR PROCEDENCIA: ZAMORA - CHINCHIPE								
EXAMEN DE RECEPCION								
ESTADO DE LLEGADA: HUMEDA					COLOR: AMARILLENTA			
HUMEDAD: 0.014 %								
ENSAYOS				FORMA DE GRANO:				
ARCILLA AFS: 0.3% MATERIAS IMPALPABLES: 0.3% PH: 5.32 ADV: 6 DENSIDAD(Lb/FT ³): 87.00 PERDIDAS POR IGNICION: 0%								
ANALISIS GRANULOMETRICO				AUMENTO 20 X				
TAMIZ	RET.	RET.	ACUM.					
#	GR	%	%.					
30	37.80	75.60	75.60					
50	11.00	22.00	97.60					
70	0.90	1.80	99.40					
100	0.10	0.20	99.60					
140	0.05	0.10	99.70					
200	0.00	0.00	99.70					
PAN	0.15	0.30	100.00					
INDICE DE FINURA AFS:25.80								
ANALISIS QUIMICO								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	CaO	SO ₃
97.76	0.78	0.12	0.008	0.006	0.004	0.0007	-----	

TABLA XXVI

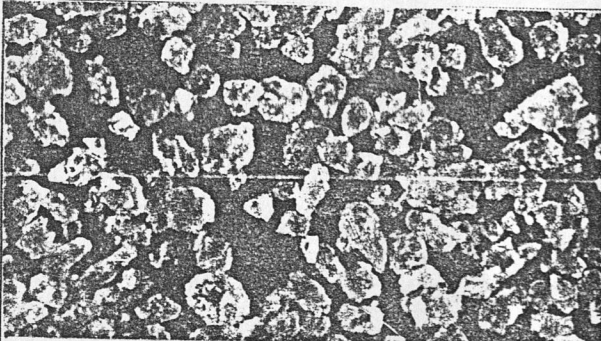
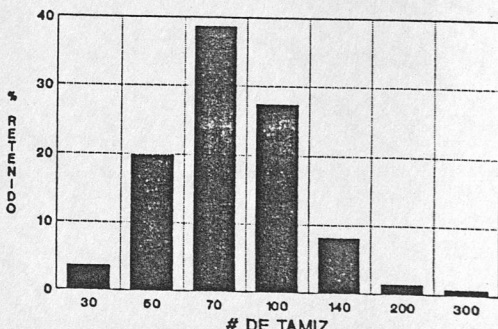
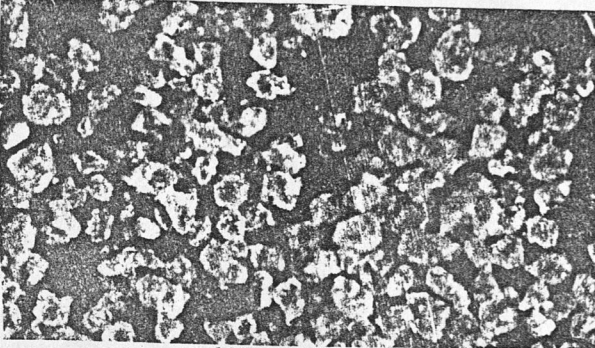
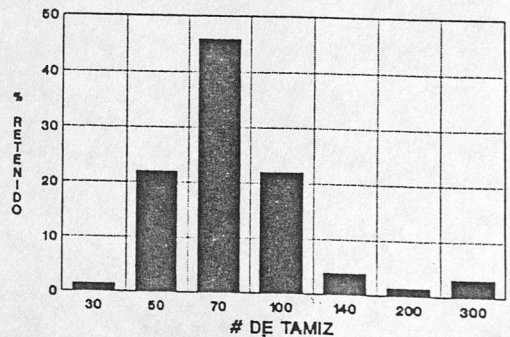
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION			
DESIGNACION: ARENA LIMON 2			
PROVEEDOR: SR. SEGUNDO PUNIN PROCEDENCIA: MORONA - SANTIAGO			
EXAMEN DE RECEPCION			
ESTADO DE LLEGADA: HUMEDA		COLOR: CREMA	
ENSAYOS		FORMA DE GRANO:	
ARCILLA AFS: 1.46% MATERIAS IMPALPABLES: 0.8% PH: 5.95 ADV: 5 DENSIDAD(Lb/FT ³): 84.00 PERDIDAS POR IGNICION: 0%			
ANALISIS GRANULOMETRICO		AUMENTO 20 X	
TAMIZ #	RET. GR	RET. %	ACUM. %
30	1.80	3.60	3.60
50	9.90	19.80	23.40
70	19.40	38.80	62.20
100	13.70	27.40	89.60
140	4.10	8.20	97.80
200	0.70	1.40	99.20
PAN	0.40	0.80	100.00
INDICE DE FINURA AFS: 59.78			
			

TABLA XXVII

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION			
DESIGNACION: ARENA LIMON BLANCA			
PROVEEDOR: SR. SEGUNDO PUNIN PROCEDENCIA: MORONA - SANTIAGO			
EXAMEN DE RECEPCION			
ESTADO DE LLEGADA: HUMEDA		COLOR: BLANCA	
ENSAYOS		FORMA DE GRANO:	
ARCILLA AFS: 2.80% MATERIAS IMPALPABLES: 3.2% PH: 5.7 ADV: 5 DENSIDAD(Lb/FT ³): 85.00 PERDIDAS POR IGNICION: 0%			
ANALISIS GRANULOMETRICO		AUMENTO 20 X	
TAMIZ #	RET. GR	RET. %	ACUM. %
30	0.70	1.40	1.40
50	11.00	22.00	23.40
70	23.00	46.00	69.40
100	11.00	22.00	91.40
140	2.00	4.00	95.40
200	0.70	1.40	96.80
PAN	1.60	3.20	100.00
INDICE DE FINURA AFS:63.04			
			

ANALISIS DE RESULTADOS

De los ensayos realizados a las arenas silíceas se obtiene que de acuerdo al análisis granulométrico las arenas que se encuentran dentro de los límites establecidos por la AFS son: las arenas Zamora, Limón 2, Limón blanca, ya que estas presentan un índice de finura AFS comprendido entre 50 y 65, lo que las hace apropiadas para moldeo en verde de partes de aleaciones ferrosas, de mediano y gran tamaño, así como también para corazones.

La distribución granulométrica de estas arenas es también muy adecuada puesto que presenta una distribución uniforme, con distribución en tres tamices malla # 50, malla # 70, malla # 100.

El contenido de finos es en general bajo lo cual es recomendable, porque un alto contenido de finos disminuiría la permeabilidad.

Las arenas que se han seleccionado para los análisis son arenas lavadas por lo tanto el porcentaje de arcilla AFS que contienen es menor del 1%, excepto la arena Limón

blanca que no es lavada y por esto presenta un porcentaje de arcilla AFS mayor de 2%. Los valores obtenidos son muy buenos ya que son mínimos.

El análisis de pH realizado demuestra que las arenas son ligeramente ácidas pues tienen un pH menor que 7, lo cual esta dentro de los límites normales para una arena silícea y no influye en el proceso de moldeo.

Los análisis de la densidad para arenas silíceas están dentro de los límites establecidos que son: de 85 - 100 lb/cu.ft

El análisis químico demuestra que el contenido de silicio en las arenas analizadas está entre el 97% y 98%, es decir está entre los límites establecidos por la AFS (95%-99%), al igual que el contenido de impurezas.

El ensayo de pérdidas por ignición demuestra que las arenas analizadas no contienen materias orgánicas, es necesario indicar que en estos resultados influyó el hecho de que las arenas son lavadas.

Los resultados obtenidos con las arenas silíceas nacionales se pueden comparar con los valores obtenidos para un tipo de arena silícea utilizada en Canada la cual

da muy buenos resultados para el moldeo de piezas de aleaciones ferrosas.

Los resultados para esta arena son los siguientes:

# finura AFS	52.6, 51.8
# de mallas	3
% < 140:	0.1, 0.2
% Arcilla AFS	0.45
Forma de grano	subangular
Perdidas por ignicion	0.14%
pH	7.2

Analisis quimico

SiO ₂	99.783
Fe ₂ O ₃	0.022
Al ₂ O ₃	0.052
TiO ₂	0.023
CaO	< 0.01
MgO	< 0.01

Asi podemos darnos cuenta que la arena silicea nacional utilizada, no difiere mucho de la calidad de otras arenas utilizadas con éxito en Países extranjeros.

La arena canadiense presenta una granulometría semejante a la nacional, sin embargo la pureza de la arena nacional no es excelente como en el caso de la extranjera.

CONCLUSIONES

- 1.- La calidad de las arenas silíceas existentes en el País es adecuada para su uso en fundición de partes de aleaciones ferrosas.
- 2.- Los defectos de fundición ocasionados por la arena utilizada, se deben al pésimo control de la arena recibida, o a la mala utilización de las mismas, es necesario realizar el control de calidad de la arena recibida y la selección de los ensayos a realizar debe ser de acuerdo al tipo de producto que se desee obtener
- 3.- El proceso de obtención de la arena silícea es muy deficiente y prácticamente no recibe ningún beneficio, en estas condiciones es entregada al fundidor y por lo general este no realiza ningún proceso adicional de beneficio, usando algunas veces arena con un alto porcentaje de finos lo cual es perjudicial para la calidad de moldeo.

4.- Es fundamental el control de calidad de las materias primas para el moldeo, así dependiendo de las características de las materias primas utilizadas se podrá determinar eficazmente cual es la formula mas adecuada de la mezcla para obtener un molde óptimo.

RECOMENDACIONES

- Para cada pieza que se produzca se deben determinar límites de calidad de las materias primas, así al tener un patrón a seguir se puede realizar un mejor control del proceso.
- Para las fundiciones en las que los análisis de las materias primas no se pueden realizar por falta de equipo, pueden solucionar este problema teniendo contacto con la red de fundidores a través de la cual se puede obtener información acerca de equipos más sencillos o más económicos.
- A través también de la red de fundidores se puede obtener información acerca de proveedores de materia prima, así como la calidad de sus productos.
- Para fundiciones que deseen tener arena silíceo con diferente granulometría, podrían solucionar este problema realizando un proceso de beneficio adicional a la arena recibida.

A N E X O S

ANEXO # 2

METODOS DE MUESTREO DE ARENAS

ARENAS RECLICLADAS

A los métodos de muestreo de arenas, tal como se usan en las fundiciones, debe dárseles una atención esmerada para lograr resultados significativos. El primer paso es el de enumerar o nominar cada arena de cancha o del sistema de transporte. Cada lote de arena de contacto debe poderse identificar convenientemente. Muestras de aproximadamente un litro en volumen deben ser recogidas y guardadas, sin envolver, en depósitos que pueden cerrarse convenientemente para impedir pérdidas de humedad.

ARENAS EN CANCHAS

Tómese 3 muestras de un litro, cada uno del frente, del medio y de atrás respectivamente, de la pila a profundidades no menores de 6 pulgadas (15cm). Las muestras se colocarán sin envolverse en depósitos cerrados.

En las fundiciones donde la arena está apilada sobre el suelo, las muestras se recogen y ensayan inmediatamente después de haber sido acondicionada, para determinar si la arena debe acondicionarse nuevamente debido a un contenido errado de humedad, mala permeabilidad o resistencia. Si las muestras se extraen posteriormente, deben tomarse los

testigos de operaciones de acondicionamiento posteriores con los mismos intervalos de tiempo después de su preparación para asegurar resultados comparables.

Para fines de investigación es deseable de pasar la muestra por un tamíz de 1/4" de abertura antes del ensayo para obtener resultados reproducibles.

Para ensayos rutinarios en muchas fundiciones se prefiere llenar el tubo de muestra en las mismas condiciones que se usa la arena.

Es importante que se ensaye la muestra lo antes posible después de ser tomada con el objeto de asegurar una buena correlación de las propiedades físicas entre la muestra y la pila. Ya que la humedad afecta a las propiedades físicas de la arena, es importante que la muestra sea ensayada al mismo nivel higroscópico de la pila en el momento de usarse.

CARGAMENTO DE ARENAS NUEVAS

OBJETIVO DEL MUESTREO

El requisito primario del muestreo en un envío de arena es el asegurar que será representativo, lo más exacto posible, del conjunto completo cualquiera sea su tamaño. El ensayo no es más importante que la muestra.

MOMENTO DEL MUESTREO

Las muestras deben retirarse cuando se carga o descarga desde el medio de transporte como ser carros de

ferrocarril, barcos o camiones. Cuando la muestra debe tomarse desde plas, tolvas, carros, barcos o camiones descártese la parte superior de unas 3". Elija una cantidad necesaria de puntos de muestreo de diversas profundidades y ubicaciones para obtener una muestra general y representativa del lote completo. Palas pequeñas o tubos de muestreo se pueden usar para sacar las muestras.

TAMAÑO Y NUMERO DE MUESTRAS

El número de muestras parciales que hacen la muestra global varían con el tipo y condición, como también con la cantidad de material a ser ensayado. Estas muestras parciales deben seleccionarse de modo que la muestra global sea representativa del embarque completo.

El ensayo de una muestra global seleccionada deficientemente es peor que no hacer ningún test.

En casi todos los embarques de arena existe generalmente una cierta cantidad de terrones de arena aglomerada. Una arena así, particularmente cuando está seca, contiene a menudo terrones que son las partes más duras. Mientras la muestra global no contenga una proporción correcta de estos terrones, no será representativa del lote.

MEZCLA DE MUESTRAS

Los terrones incluidos en las muestras deben molerse y la arena debe mezclarse sistemáticamente.

REDUCCION DE MUESTRAS DE ARENA AGLOMERADA NATURALMENTE O HUMEDA. Muestras globales grandes deben reducirse por el método de cuarteo con pala. La muestra resultante, de unos 5Kg. debe mezclarse rigurosamente y colocarse en un depósito para ser llevada al laboratorio.

REDUCCION DE MUESTRAS DE ARENA FLUIDA

La muestra se cuarteo según el mismo método anterior hasta llegarse a unos 15 Kg. o menos y después se reduce con un cuarteador hasta llegar a 5 Kg.

Debido a segregación, por los métodos de carga y por las vibraciones durante el viaje, es difícil obtener una muestra representativa de arena antes de la descarga. Se recomienda que el usuario ensaye parte de una muestra representativa tomada por el proveedor.

La muestra global del proveedor es tomada antes de cargar.

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN FOUNDRYMEN'S SOCIETY INCORPORATE. *Foundry Sand Handbook*, Edición 6, Chicago Illinois, 1952.
2. COELLO PORRAS, GERARDO. *Ensayos de Arenas y Arcillas para Fundición*, ESPOL, 1983.
3. DIETERT, H.W. *Processing Molding Sand*, AFS
4. FERNANDEZ DE AGUIRRE, IGNACIO Y MURO, ALBERTO. *Arenas de Moldeo*, Editecna, Madrid.
5. ORTIZ, HOMERO. *Arenas Nacionales para la Elaboración de Moldes por el Proceso de Cáscara (SHELL)*, ESPOL, 1979.
6. SANDERS, CLYDE A. *Foundry Sand Practice*, American Colloid Company, Skokie, Illinois, Edición 5.
7. TAPIA, MARCOS. *Arenas nacionales para la elaboración de corazones por proceso de caja caliente para la industria de la Fundición*, Espol, 1979

8. VITERI MOSQUERA, ANTONIO. *Estudio y analisis de las condiciones y ventajas de utilizacion de una arena lavada y carente de finos, para la fabricacion de noyos de caja caliente*, Buenos aires, Argentina, 1969.