

7
666
CAR.
p. 2.



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Industria Cerámica en el Ecuador: Evaluación de las Materias Primas No-Metálicas”

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Jorge Luis Cárdenas Muga

Guayaquil - Ecuador

Año - 2002



AGRADECIMIENTO

Dra. Cecilia Paredes, por su invaluable ayuda, colaboración y comprensión en el desarrollo de este trabajo.

Ing. José Pacheco, Director de Tesis por su apoyo.

Dra. Elizabeth Peña, por su colaboración para el desarrollo de esta tesis.



DEDICATORIA



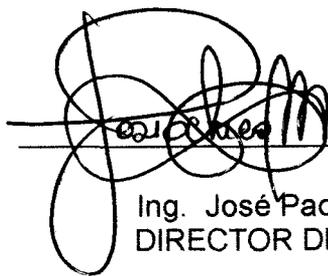
A DIOS

A MIS PADRES

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DELEGADO DEL DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. José Pacheco M.
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Cecilia Paredes V.
VOCAL PRINCIPAL

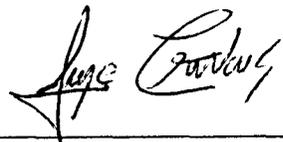


Dra. Elizabeth Peña C.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Jorge Luis Cárdenas Muga

RESUMEN

El presente trabajo consistirá en determinar el origen de las materias primas no-metálicas utilizadas en la industria cerámica ecuatoriana. Para esto como primer paso se procederá a clasificar las diferentes industrias cerámicas de acuerdo a su actividad. Luego se desarrollará una investigación sobre las tendencias de la industria cerámica en lo que respecta a la utilización de materias primas como la arcilla, feldespatos, sílice y talcos. Se determinará la procedencia de materia prima utilizada, para de esta manera poder indicar las características, propiedades y calidad de las mismas. Para cumplir con este objetivo se obtendrán muestras a las cuales se realizarán una caracterización completa físico-química que consistirá en lo siguiente: Distribución de tamaño de partículas, superficie de área, pH, densidad, análisis químico, análisis morfológico y análisis reológico de las arcillas. Una vez realizada la caracterización se realizará una comparación con las propiedades que poseen las materias primas utilizadas en el mercado.

Esta tesis servirá como base para desarrollar futuros proyectos, dentro del área de cerámicos de la FIMCP-ESPOL, debido a que nos permitirá conocer y tener un primer acercamiento con las principales industrias cerámicas del país, y con ello poder determinar necesidades y oportunidades que se presenten dentro de este campo para su desarrollo.



INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL	IV
ABREVIATURAS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES DE MATERIALES NO-METALICOS.....	3
1.1. Materiales No-Metálicos.....	3
1.2. Generalidades de los cerámicos.....	4
1.2.1. Definición	4
1.2.2. Historia de los cerámicos.....	7

1.2.3. Estructura y propiedades de los cerámicos.....	8
1.2.4. Tipos de industrias de cerámicos.....	32
1.2.5. Futuro y tendencias de la industria de cerámicos.....	35

CAPITULO 2

2. INDUSTRIA CERÁMICA DEL ECUADOR.....	59
2.1. Tipos de industrias cerámicas en el Ecuador.....	59
2.2. Recursos naturales utilizados.....	64
2.3. Procedencia de materias primas.....	66

CAPITULO 3

3. TRABAJO EXPERIMENTAL.....	78
3.1. Introducción.....	78
3.2. Distribución de tamaño de partículas.....	83
3.3. Determinación de superficie de área.....	85
3.4. Análisis químico.....	87
3.5. Determinación de pH.....	89
3.6. Determinación de densidad.....	90
3.7. Morfología.....	91
3.8. Análisis reológico de arcillas.....	93
3.9. Resumen de resultados.....	99

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....112

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....152

APENDICES.

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

TiC	Carburo de Titanio
SiC	Carburo de Silicio
BaTiO ₃	Titanato de Bario
SiO ₄	Silicatos
Si ₂ O	Sílice
Al ₂ O ₃	Oxido de Aluminio
Fe ₂ O ₃	Oxido de Hierro
MgO	Oxido de Magnesio
CaO	Oxido de Calcio
NaO	Oxido de Sodio
K ₂ O	Oxido de Potasio
TiO ₂	Oxido de Titanio
SO ₄	Sulfatos
Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Caolinita
(K,H ₃)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH)	Illita
NaAlSi ₃ O ₈	Albita
KAlSi ₃ O ₈	Silicato de Aluminio Potásico
NaAlSi ₃ O ₈	Silicato de Aluminio Sódico
CaAlSi ₃ O ₈	Silicato de Aluminio Cálcico
Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Silicato de Magnesio
CaCO ₃	Carbonato de Calcio y Magnesio
CaSO ₄ .2H ₂ O	Sulfato hidratado de Calcio
Na ₂ SiO ₃	Silicato de Sodio
CIU3	Clasificación Industria Internacional Uniforme. Revisión 3
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
DINAGE	Dirección Nacional de Geología
DINAMI	Dirección Nacional de Minería
L.O.I.	Pérdidas por Ignición
USA	Estados Unidos de Norteamérica

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Elementos procedentes de la corteza terrestre..... 12
Figura 1.2	Variación de volumen con la temperatura..... 19
Figura 1.3	Niveles estructurales e interacción de materiales cerámicos..... 45
Figura 1.4	Volumen total de mercado de cerámica avanzada en Estados Unidos en el año de 1997..... 53
Figura 3.1	Relación entre las principales caracterizaciones y los productos cerámicos obtenidos en el procesamiento secuencial..... 79
Figura 3.2	Trituradora de Mandíbulas..... 82
Figura 3.3	Beckman-Coulter LS230 Particle Size Analyzer..... 84
Figura 3.4	Beckman-Coulter SA3100..... 86
Figura 3.5	PHmetro Accumet 950..... 89
Figura 3.6	Macroscopio Wild PhotomaKroskop M400..... 92
Figura 3.7	Molino de Bolas..... 95
Figura 3.8	Tamizador Ro-Tap Model B..... 96
Figura 3.9	Viscosímetro Brookfield..... 98
Figura 4.1	Morfología de la arcilla AAS-04..... 119
Figura 4.2	Gráfico de Distribución de tamaño de partículas de las arcillas utilizando Método de Tamices..... 120
Figura 4.3	Gráfico de Distribución de tamaño de partículas de las arcillas utilizando el Método de Difracción por Láser..... 122
Figura 4.4	Gráfico de las Curvas de Defloculación de las arcillas..... 125
Figura 4.5	Morfología del caolín CDE-03..... 132
Figura 4.6	Gráfico de Distribución de tamaño de partículas de los caolines utilizando el Método de Difracción por Láser..... 133
Figura 4.7	Gráfico de las Curvas de Defloculación de los caolines..... 136
Figura 4.8	Morfología del feldespato FECH-56..... 142
Figura 4.9	Gráfico de Distribución de tamaño de partículas

	de los feldespatos utilizando el Método de Difracción por Láser.....	143
Figura 4.10	Morfología de la arena de sílice SPUG-01.....	149
Figura 4.11	Gráfico de Distribución de tamaño de partículas de las arenas de sílice utilizando el Método de Difracción por Láser.....	150

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Porcentaje de elementos más usuales en la corteza terrestre.....	13
Tabla 2	Coordinación de los elementos comunes en los silicatos, ordenados según su tamaño iónico decreciente.....	15
Tabla 3	Tipos de Industria Cerámica y sus productos.....	34
Tabla 4	Mercado de Estados Unidos de Cerámica Avanzada 1997-2002.....	54
Tabla 5	Participación Porcentual de Segmentos de Cerámica Avanzada en los Estados Unidos.....	56
Tabla 6	Número y porcentaje de industrias cerámicas por región.....	60
Tabla 7	Número y Porcentaje de Industrias Cerámicas por Provincia.....	61
Tabla 8	Número y porcentaje de Industria de acuerdo a su tipo.....	62
Tabla 9	Nombre de las Industrias de Cerámica Blanca y Roja con los productos que manufacturan.....	63
Tabla 10	Número de minas por tipo de minerales no metálicos.....	67
Tabla 11	Producción Nacional Minera reportada a la Dirección Nacional de Minería.....	69

Tabla 12	Número de códigos Nandina de minerales No-Metálicos.....	71
Tabla 13	Nombre de las industrias cerámicas que han estado importando minerales no metálicos desde 1990 hasta el 2000.....	72
Tabla 14	Ecuador: Importación de Arcillas (otras) para la industria 1990-2000.....	73
Tabla 15	Ecuador: Importación de Arcillas Refractarias para la industria 1990-2000.....	74
Tabla 16	Ecuador: Importación de Caolín y demás arcillas caoliníticas excepto calcinados para la industria 1990-2000.....	74
Tabla 17	Ecuador: Importación de Caolín y demás arcillas caoliníticas incluso calcinados para la industria 1990-2000.....	75
Tabla 18	Ecuador: Importación de Cuarzo para la industria 1990-2000.....	75
Tabla 19	Ecuador: Importación de Feldespato para la industria 1990-2000.....	76
Tabla 20	Ecuador: Importación de Talco Esteatita para la industria 1990-2000.....	77
Tabla 21	Ecuador: Importación de Yeso para la industria 1990-2000.....	77
Tabla 22	Procedencia de las Arcillas.....	113
Tabla 23	Tabla de Densidades de las arcillas.....	113
Tabla 24	Tabla de pH de las arcillas.....	114
Tabla 25	Tabla de Análisis Químico de las arcillas.....	115
Tabla 26	Tabla de Color al Ambiente y a 1000 °C.....	117

Tabla 27	Tabla de Diámetro de Partículas y Superficie de área de las arcillas.....	123
Tabla 28	Procedencia de los caolines.....	127
Tabla 29	Tabla de Densidades de los caolines.....	127
Tabla 30	Tabla de pH de los caolines.....	128
Tabla 31	Tabla de Análisis Químico de los caolines.....	129
Tabla 32	Tabla de Color al Ambiente y a 1000 °C de los caolines.....	131
Tabla 33	Tabla de Diámetro de Partículas y Superficie de área de los caolines.....	134
Tabla 34	Procedencia de los Feldespatos.....	137
Tabla 35	Tabla de Densidades de los feldespatos.....	137
Tabla 36	Tabla de pH de los feldespatos.....	138
Tabla 37	Tabla de Análisis Químico de los feldespatos.....	138
Tabla 38	Tabla de Color al Ambiente y a 1000 °C de los feldespatos	140
Tabla 39	Tabla de Diámetro de Partículas y Superficie de área de los feldespatos.....	143
Tabla 40	Procedencia de las arenas de sílice.....	145
Tabla 41	Tabla de Densidades de las arenas de sílice.....	145
Tabla 42	Tabla de pH de las arenas de sílice.....	146
Tabla 43	Tabla de Análisis Químico de las arenas de sílice.....	147
Tabla 44	Tabla de Color al Ambiente y a 1000 °C de las arenas de sílice.....	148

Tabla 45	Tabla de Diámetro de Partículas y Superficie de área de las arenas de sílice.....	150
----------	--	-----

INTRODUCCIÓN

El sector minero ecuatoriano representan solo el 1% del PIB, y este porcentaje no ha cambiado mucho en los últimos 20 años. De este valor el mayor porcentaje corresponde a los materiales metálicos. Los minerales no metálicos, con excepción de la cal y agregados para la construcción, se importan debido a la baja producción o a las especificaciones bajas de calidad.

El objetivo general de esta tesis es determinar la procedencia de los minerales no- metálicos que son adquiridos por la industria ecuatoriana en general y realizar una caracterización físico-química de las materias primas que estén siendo utilizadas dentro de la industria cerámica.

Para lograr estos objetivos se investigará el tipo de industrias cerámicas que se encuentran en el Ecuador y se las clasificara de acuerdo al segmento a la cual se pertenecen, dependiendo de su actividad. Además se realizara un estudio de lo que se ha producido e importado de minerales no-metálicos durante los últimos 10 años, para de esta manera determinar cual es la tendencia del país en este sentido.

Conociendo los nombres y localización de las industrias cerámicas nos centraremos sobre todo en aquellas que hayan estado realizando importaciones de estos minerales los últimos años, y les pediremos nos envíen muestras significativas para realizarles una caracterización física química.

Con los resultados obtenidos de estas ensayos y pruebas, realizaremos una comparación de la materia prima nacional que utilizan , con la materia prima que están importando, para determinar similitudes y/o diferencias. De ser necesario se recurrirá a información técnica de empresas extranjeras que se dedican a comercializar minerales no-metálicos.

Por último con este primer acercamiento con las industrias cerámicas, indicar posibles proyectos futuros, que se podrían realizar en conjunto con estas industrias, los cuales se podrían desarrollar como temas de tesis.

CAPITULO 1

1.GENERALIDADES DE MATERIALES NO-METALICOS

1.1. Materiales No-Metálicos

El Universo esta compuesto de elementos que consisten en neutrones, protones y electrones. Estos son alrededor de 112 y cada uno de ellos posee una configuración electrónica única determinada por su número atómico, distribución espacial y la energía de sus electrones.

Uno de los mayores triunfos de la teoría cuántica fue el diseño y explicación racional de la tabla periódica de los elementos, que han sido determinados por medio de una larga observación experimental y la ventaja de la mecánica cuántica. Los elementos que se encuentran horizontalmente ubicados en las filas de la tabla periódica, van

incrementado su número atómico, mientras que los de las columnas o grupos, nos muestran elementos con similares propiedades químicas.

Si partimos de la tabla periódica los elementos se los puede clasificar en metálicos, gaseosos o no metálicos.

La gran mayoría de elementos que se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente, son dúctiles, y buenos conductores del calor y la electricidad son considerados como metálicos. Una fracción de elementos, siendo los más notables Nitrógeno, Oxígeno, Helio, los haluros y los gases nobles, se encuentran en estado gaseoso a temperatura ambiente. Los restantes elementos tienen enlaces covalentes que a temperatura ambiente o son aisladores (B, P, S, C) o semiconductores (Si, Ge) a estos elementos se los denomina elementos no metálicos.

1.2. Generalidades de los cerámicos

1.2.1. Definición

Previamente se clasificó a los elementos en metálicos, gaseosos, y elementos no metálicos. Muy pocos elementos existen de manera pura, y la mayoría de ellos están

combinados con otros elementos para formar los materiales. Estos materiales a su vez, pueden ser clasificados en forma general como: metales, polímeros, semiconductores y cerámicos.

Cerámica es un término que tradicionalmente se ha referido solo al arte o técnica de producir artículos de barro. En la actualidad, su uso se ha expandido a artículos hechos de óxidos de metales como el aluminio, silicio, carburos, nitruros, o componentes de estos materiales. Etimológicamente la palabra cerámica proviene del griego Keramos que significa alfarero o alfarería. Sin embargo la palabra griega mencionada estaba relacionada con un antiguo sánscrito que significa "quemar", que fue usado por los mismos griegos con el significado simple de "cosas quemadas", o "tierra quemada". El concepto fundamental contenido dentro del término se refiere a productos obtenidos a través de la acción del fuego sobre materiales de la tierra.

Los cerámicos se los puede definir como compuestos sólidos que son formados por la aplicación de calor, y a veces calor y presión (3); consisten generalmente de la combinación

de al menos un metal y un elemento sólido no metálico o no-metal, una combinación de al menos dos elementos sólidos no metálicos, o la combinación de al menos dos elementos no-metálicos y un no-metal. Ejemplos de estas combinaciones se presentan a continuación:

- Carburo de Titanio: TiC (compuesto sólido de un metal, Ti, enlazado con un elemento sólido no metálico C).
- Oxido de magnesio (Magnesia): MgO (compuesto sólido de un metal, Mg, enlazado con un no-metal O_2).
- Oxido de silicio (Sílice): SiO_2 (compuesto sólido no metálico, Si, enlazado con un no-metal O_2)
- Carburo de Silicio, SiC (compuesto de dos elementos sólidos no metálicos).

Los elementos cerámicos no están limitados solo a componentes binarios: BaTiO_3 , $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, Ti_3SiC_2 , son un buen ejemplo de este tipo de componentes.

También todos los óxidos, nitruros, boratos, carburos y siliciuros de todos los metales y no metales son cerámicos. Los silicatos que son los minerales más abundantes de la naturaleza y constituyen el 95% de los minerales conocidos de

la corteza terrestre, son considerados también como cerámicos.

Se los encuentran en rocas, polvo, arcilla, lodo y arenas.

1.2.2. Historia de los cerámicos

Arqueólogos han descubierto restos de cerámica hechos por el hombre que datan por lo menos de hace 24000 A.C.. Estos cerámicos fueron descubiertos en Checoslovaquia y correspondían a figuras con forma de animales y humanos, además de pequeñas piezas y bolas. Estos cerámicos estaban hechos de grasa animal y huesos, mezclados con cenizas de huesos y arcilla fina. Después de formarlos estas piezas cerámicas fueron calentados a temperaturas entre 500-800 °C en hornos parcialmente sumergidos dentro de la tierra. Aunque no está claro en que fueron usados estos cerámicos, se piensa que no tenían un uso muy utilitario. El primer uso funcional de vasijas de barro se piensa que se realizó en el año 9000 A.C.. Estas fueron usadas para sostener y almacenar granos y otro tipo de alimentos.

Se estima que la antigua manufactura del vidrio está estrechamente relacionada con la alfarería, la cual se

desarrolló en Egipto cerca del año 8000 A.C. . Al quemar las piezas de barro, con la presencia de óxido de calcio (CaO) contenido en la arena combinado con la soda (NaO) y el sobrecalentamiento del horno, resultó en un esmalte de color en una pieza cerámica. Expertos creen que no fue sino hasta el año 1500 A.C. que el vidrio se produjo independientemente de los cerámicos y fue formado dentro de artículos diferentes.

Desde aquellos días, la tecnología y aplicaciones de los cerámicos se ha desarrollado firmemente, sobre todo los últimos 50 años donde a parte de la industria de cerámica tradicional, se ha desarrollado otro tipo de industria conocida con el nombre de industria de cerámicos avanzados. Estos tipos de industrias cerámicas se las definirán posteriormente.

1.2.3. Estructura y propiedades de los cerámicos

Las propiedades de los materiales cerámicos, como la de todos los materiales, están dictadas por los tipos de átomos que se presentan, el tipo de enlace entre átomos y la manera en que estos se encuentran distribuidos en la red cristalina. Esto se conoce como la estructura atómica.



La mayoría de cerámicos constan de dos o más elementos, llamados compuestos. Por ejemplo, óxido de aluminio Al_2O_3 , también conocido como alumina, es un compuesto de átomos de aluminio y átomos de oxígeno.

Generalmente, los átomos de los materiales cerámicos están unidos entre sí por enlaces covalente e iónico. En metales, el enlace químico se lo llama enlace metálico. El enlace entre átomos es mucho más fuerte en los enlaces covalentes e iónicos que en los enlaces metálicos. Por esta razón los metales son dúctiles y los cerámicos son frágiles.

Otra característica que juega un factor importante en las propiedades finales de los materiales es la microestructura. En general, la microestructura de los materiales es la estructura que puede ser observada usando un microscopio electrónico, y rara vez sólo a través de la vista. Para cerámicos la microestructura puede ser enteramente vidriosa solo en vidrios, enteramente cristalina, o una combinación de ambas. En el último caso la fase de vidrio usualmente esta alrededor de pequeños cristales, actuando como unión entre ellos.

La estructura atómica afecta primariamente las propiedades químicas, físicas, térmicas, eléctricas, magnéticas y ópticas, pero tiene un mayor efecto en sus propiedades mecánicas y en la tasa de reacción química. Debido a que los materiales cerámicos tienen un amplio rango de propiedades, estos son usados para un sin número de aplicaciones. En general la mayoría de los cerámicos son:

- Duros
- Resistentes al desgaste
- Frágiles
- Refractarios
- Aisladores térmicos
- Aisladores eléctricos
- No magnéticos
- Resistentes a la oxidación
- No soportan cambios bruscos de temperatura
- Químicamente estables

Existen algunas excepciones a estas generalizaciones. Por ejemplo los vidrios de silicato de boro (vidrios que contienen sílice y boro como mayores ingredientes), y ciertos vidrios cerámicos (vidrios que contienen fase cristalina) son muy

resistentes a los cambios térmicos y son utilizados en aplicaciones tales como accesorios de hornos caseros, de cocina y accesorios para hornos industriales. También algunos cerámicos son excelentes conductores de la electricidad y en el mercado comercial tienen conocimiento de que existen ciertos cerámicos denominados ferritas que son magnéticos.

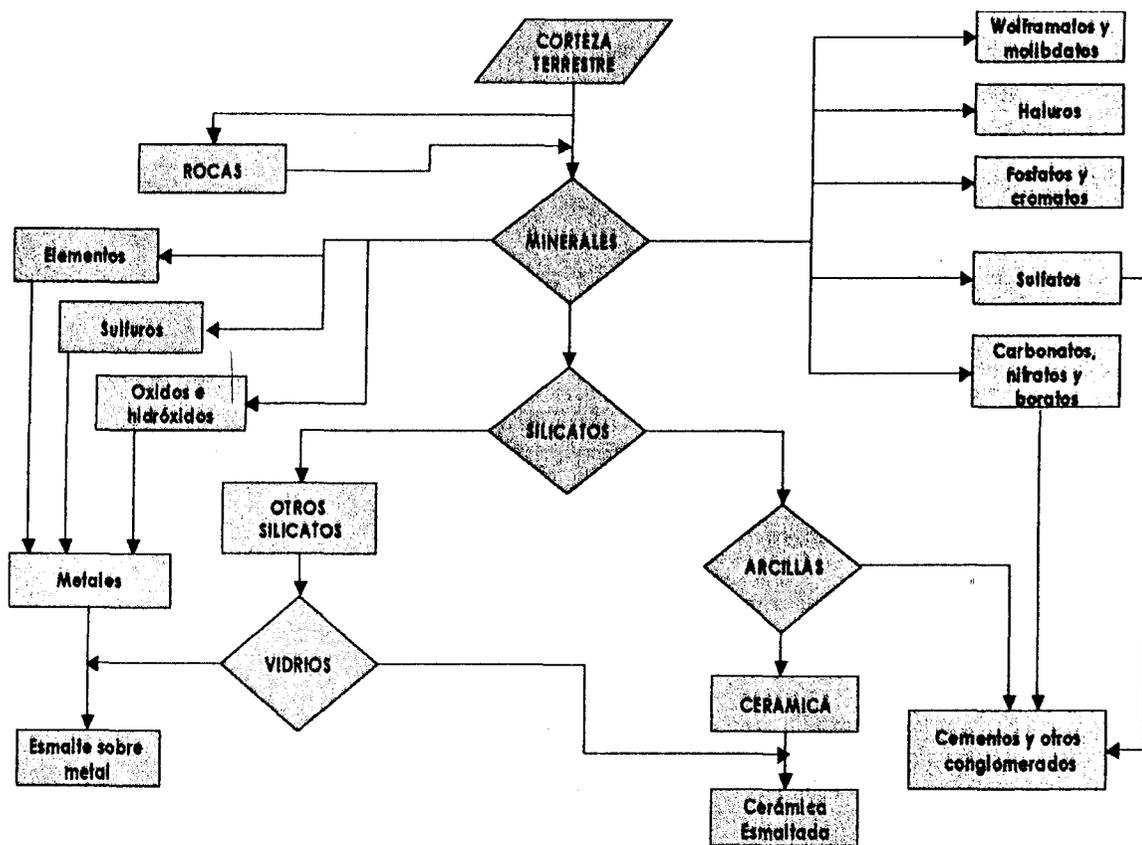
A continuación explicaremos de donde provienen estos materiales cerámicos, y daremos una breve explicación de las características y propiedades de los principales materiales cerámicos que son usados como materia prima dentro la industria cerámica.

Constitución de la Corteza Terrestre: Rocas y minerales:

Los materiales cerámicos provienen de la corteza terrestre la cual está formada básicamente por rocas y minerales como se puede observar en la figura 1.1.

Figura 1.1

Elementos Procedentes de la Corteza Terrestre (4)



Mineral es todo compuesto inorgánico, que se encuentra en estado natural en la tierra y que posee propiedades físicas y químicas características. Los minerales pueden encontrarse en estado puro o formando agregados con otros minerales (4).

"Roca es toda asociación natural y sólida de uno o más minerales, presente en la naturaleza en grandes cantidades (4)".

De análisis químicos realizados se ha determinado que existen 9 elementos químicos que se presentan en porcentajes dignos de considerar dentro de la corteza terrestre. Los elementos más usuales y sus porcentajes correspondientes se muestran en la tabla 1:

Tabla 1
Porcentaje de elementos más usuales
en la corteza terrestre (4)

Oxígeno	46%	Sodio	2.6%
Silicio	23%	Potasio	2.4%
Aluminio	7.4%	Magnesio	1.4%
Hierro	4.6%	Hidrógeno	0.9%
Calcio	3.4%	Titanio	0.6%

Clasificación de las rocas

Rocas Sedimentarias.- son rocas formadas por destrucción de otras debido a la acción de altas presiones, temperaturas elevadas o a la acción de agentes atmosféricos.

Rocas magmáticas o ígneas.- son aquellas que aparecieron por solidificación de las masas fundidas, es decir, por solidificación del magma.

Rocas metamórficas.- proceden de la transformación química de otras rocas, magmáticas o sedimentarias, por la acción de altas presiones y temperaturas.

Los silicatos son los minerales más abundantes en la naturaleza, porque constituyen aproximadamente el 95% de los minerales conocidos de la corteza terrestre, por este motivo se los considera a continuación.

Silicatos

Los silicatos se encuentran como constituyentes de las rocas magmáticas, en las que aparecen como resultado de las altas presiones y temperaturas. También se presentan en rocas sedimentarias, en donde están parcialmente destruidas y suelen estar hidratados.

Entre las propiedades más importantes, de carácter general pueden citarse:

- No poseen brillo metálico
- Son duros
- Por sí solos no poseen color, ya que éste se debe a otros elementos que entran en su composición

- Poseen elevada densidad

La unidad fundamental de la estructura de todos los silicatos consta de cuatro iones oxígeno situados en los vértices de un tetraedro regular que rodea al ion silicio tetravalente y coordinados por éste la relación de radios entre el silicio tetravalente (Radio=0.42 Å) y el ión oxígeno (Radio= 1.32 Å) es de 0.318 que indica que la coordinación cuatro será el estado estable de los Grupos silicio-oxígeno como se ve en la tabla 2.

Tabla 2

**Coordinación de los elementos comunes en los silicatos,
ordenados según su tamaño iónico decreciente**

	ión	Número de coordinación con oxígeno	Radio iónico Å
X	K ⁺	8-12	1.51 (8) - 1.64 (12)
X	Na ⁺	8-6	1.18 (8) - 1.02 (6)
	Ca ²⁺	8-6	1.12 (8) - 1.00 (6)
		Cúbico a octaédrico	
Y	Mn ²⁺	6	0.83 (6)
	Fe ²⁺	6	0.78 (6)
	Mg ²⁺	6	0.72 (6)
	Fe ³⁺	6	0.65 (6)
	Ti ⁴⁺	6	0.61 (6)
	Al ³⁺	6	0.54 (6)
		Octaédrico	
Z	Al ³⁺	4	0.39 (4)
	Si ³⁺	4	0.26 (4)
		Tetraédrico	

Empleando el concepto de electronegatividad de Pauling este enlace puede ser considerado como iónico en un 50% y covalente en otro 50%. Es decir, aunque el enlace es debido en parte a la atracción de unidades iónicas de cargas contrarias, también hay electrones compartidos. Esto da lugar a varias estructuras para los silicatos, según compartan uno, dos, tres o cuatro de sus vértices.

Así podemos clasificar los silicatos como sigue:

Nesosilicatos y ortosilicatos.- están formados por tetraedros SiO_4 independientes. Desde el punto de vista de los cerámicos los más importantes son: andalucita, sillinamita y cianita (Al_2SiO_4), circón (ZrSiO_4), y la forsterita (MgSiO_4).

Sorosilicatos.- comprenden los pirosilicatos y los metasilicatos. Se unen de dos a seis grupos SiO_4 por lo general formando anillos.

Inosilicatos o metasilicatos.- los grupos SiO_4 comparten dos a tres de sus vértices dando lugar a cadenas lineales o dobles.

Desde el punto de vista cerámico quizás la más importante es la espodumena $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$.

Filosilicatos o disilicatos.- los grupos SiO_4 comparten tres de sus vértices, formando capas. Estas capas pueden estar unidas entre sí mediante otros elementos (cationes) o por moléculas de agua como en la caolinita. En este grupo se encuentran la caolinita, montmorillonita, illita, pirofilita, talco y las micas.

Tectosilicatos o tridimensionales.- los grupos SiO_4 comparten sus cuatro vértices. En este grupo de compuestos encontramos la mayoría de materiales antiplásticos cerámicos: feldespato, cuarzo (sílice), nefelina y corderita entre otros. Las anteriores estructuras sólo aparecen como tales en el caso del cuarzo y otros minerales semejantes. Por lo general algunos de los oxígenos unidos al silicio se combinan con otros elementos, como el aluminio, hierro, magnesio, calcio, etc., dando lugar a los feldespato, o arcillas entre otros.

A continuación explicaremos las características, origen, propiedades y usos algunos de los silicatos más importantes (sílice, las arcillas, el feldespato, el talco) y de otros minerales

(caliza, yeso) que se utilizan dentro de la industrias cerámicas como materias primas .

Características, Origen, Propiedades y Usos de algunos

Silicatos importantes

A) Sílice (SiO₂)

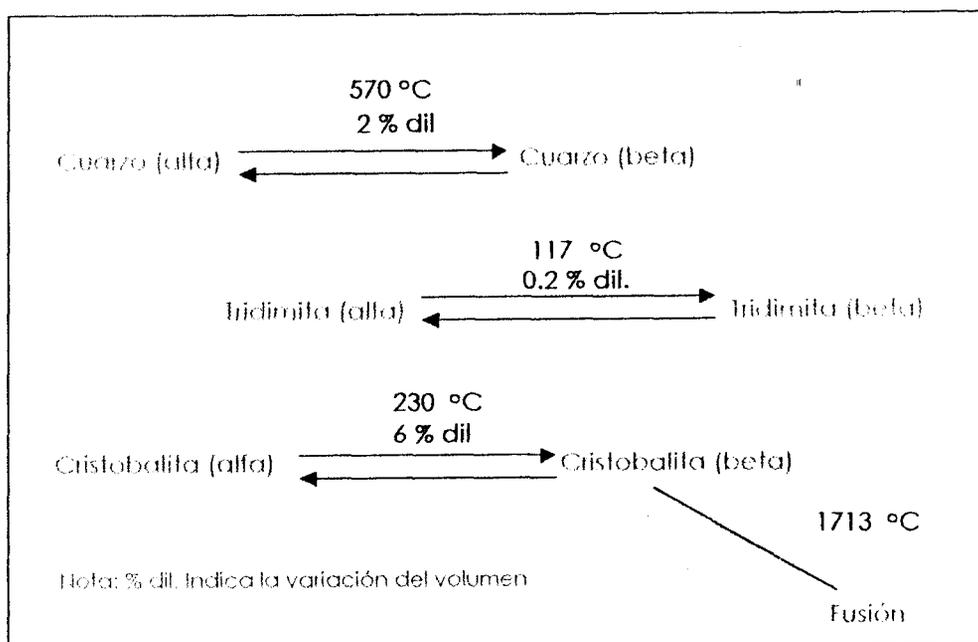
Dentro del grupo de la sílice (óxido de silicio), que pertenece a la clase de los silicatos, encontramos al cuarzo que es el mineral más común en la tierra, el cual usualmente es encontrado mezclado con otros minerales en las rocas. Proviene especialmente de las rocas magmáticas, pero también se los encuentran en las rocas sedimentarias y metamórficas. En la naturaleza se presenta en variedades cristalinas y amorfas. Entre las primeras tenemos al cristal de roca, cuarzo lechoso, amatista, etc., y entre las segundas tenemos al ópalo, el sílex, etc.

El sílice (SiO₂) está formado por 46.7% de Silicio (Si) y 53.3% de Oxígeno (O), si se dan o se cumplen estos porcentajes se lo conoce como cuarzo puro. Cuando se aumenta la temperatura, el sílice sufre unas transformaciones reversibles. Las tres

formas cristalinas (fases) son el cuarzo, la tridimita y la cristobalita. Cada una de estas fases posee a su vez dos formas o modificaciones diferenciadas por las letras α y β . Por lo general, cada una de ellas se distingue del resto por su estructura y también por su volumen. Desde el punto de vista de los cerámicos esta variación de las dimensiones tiene gran importancia ya que en algunos casos puede alcanzar hasta el 12 %. Las principales transiciones y las dilataciones correspondientes aparecen en la figura siguiente:

Figura 1.2

Variación de Volumen con la temperatura (2)



Observando la figura 1.2, podemos establecer que si el cuarzo es calentado hasta los 573 °C pasa de cuarzo (α) a cuarzo (β); luego si es calentado sobre los 870 °C pasa a tridimita, y si es calentado hasta los 1470 °C por un tiempo considerable, es gradualmente convertida a cristobalita. Cuando la tridimita es calentada a 117 °C pasa de tridimita (α) a tridimita (β), y lo mismo cuando la cristobalita es calentada a 230 °C se convierte de cristobalita (α) a cristobalita (β).

Estas formas de sílice de alta temperatura pueden ser convertidas a cuarzo con mucha dificultad, este es el motivo por el cual el cuarzo es más común en la naturaleza que las otras dos formas, que son formadas en su mayoría de manera artificial.

El cuarzo es uno de los materiales más usados como materia prima dentro de la industria de cerámicos, y tiene una variedad enorme de campos de utilización dentro de ésta, determinados por las especificaciones técnicas de cada una de las variedades existente. Por ejemplo es el material principal utilizado en la mayoría de las mezclas de vidrios (arenas para vidrios), y es el ingrediente principal de la mayoría de esmaltes

barnices y formulaciones de porcelana. Se lo emplea para formar ladrillos refractarios que se los utiliza para la fabricación de hornos que tengan que soportar altas temperaturas, como aquellos que se utilizan para la fabricación de acero. También se lo utiliza en la mayoría de pastas cerámicas, y para la fabricación de filtros de agua.

B) Arcillas

Las arcillas proceden de la descomposición de rocas magmáticas en particular de las feldespáticas, y también de la precipitación de sales disueltas de las rocas sedimentarias. Estas se encuentran en depósitos naturales en todo el mundo.

La arcilla es definida como un sistema disperso de minerales fragmentos de silicatos hidratados de aluminio cuyas partículas tienen un tamaño inferior a 2-5 micras (μm) de radio, los cuales son plásticos cuando están húmedos y permanecen duros cuando se queman. Es decir que desde el punto de vista químico esta compuesto en su mayoría de silicio (Si), aluminio (Al), oxígeno (O) e hidrógeno (H).

La arcilla puede ser clasificada de varias maneras debido a las distintas propiedades que éstas poseen. Según su origen geológico las arcillas se pueden clasificar en arcillas primarias o residuales, y en arcillas secundarias o sedimentarias.

Las arcillas primarias o residuales son aquellas las cuales después de su formación nunca han sido movidas de su lugar de origen. Estas se presentan producto de la descomposición de una roca simple o un grupo de rocas. Una de las arcillas primarias o residuales más comunes son las arcillas de china (china clays). Las arcillas sedimentarias son aquellas que han sido arrastradas o redepositadas por acción del agua, el viento o el hielo o por una combinación de todas ellas. Estas representan la acumulación de diferentes sedimentos provenientes de algunas rocas arrastradas a través del sistema de los ríos. Las arcillas de bola (ball clays) son el ejemplo más común de este tipo de arcillas.

Tipos de Arcillas

A continuación explicaremos los principales tipos de arcillas

Caolín

El caolín es una arcilla residual (primaria) derivada de las rocas compuestas por feldespato, y la caolinita es uno de los minerales que se los encuentra no solo en el caolín, sino también en otros tipos de arcillas. El caolín es un material de color blanco, amarillento o grisáceo, no son muy plásticos, tienen poca dureza de secado y es un material altamente refractario. Aunque la composición química del caolín suele ser compleja, por lo general se le asigna la fórmula correspondiente al mineral que en mayor proporción se encuentra, que es la caolinita cuya fórmula es $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, y esta formado por óxido de aluminio (Al_2O_3) en un 39,5%, óxido de silicio (SiO_2) en un 46,5%, y agua (H_2O) en un 14% aproximadamente. Pertenece a la subclase de los filosilicatos.

El nombre caolinita proviene de la palabra china Kau-Ling, que significa cumbre o cordillera alta, nombre del cerro de una región situada al norte de China de nombre Jauchu Fa, de donde se extraía esta arcilla desde el siglo VII D.C. para la fabricación de la porcelana.

Caolín es un término general también usado para describir a la arcilla de china (china clay) y a la arcilla de roca de china (china clay rock). La arcilla de china (china clay) es comparativamente la variedad comercial pura de caolín, la cual ha sido derivada de la roca de caolín por arrastre artificial y sedimentación. La arcilla de roca china (china clay rock) conocida como la roca de caolín es la mezcla alterada producida por el medio ambiente que consistente de caolín, cuarzo, mica y otros minerales accesorios que son encontrados en la naturaleza.

Uno de las confusiones se da entre los términos Caolín y Caolinita. La caolinita es el mineral formado por $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Tiene forma cristalina definida y una composición definida. Esta ocurre en pequeñas cantidades como cristal microscópico en las arcillas puras, no son plásticas. Mientras que el caolín es la arcilla que esta compuesta por el mineral caolinita, más otros minerales.

El caolín se usa en la cerámica para la fabricación de porcelanas, lozas, pastas de porcelana (industrias de cerámica blanca), también se la usa como material refractario, material

plástico, y para facilitar la suspensión de esmaltes. También se lo utiliza para la fabricación de cementos y hormigones, y en la industria de papel como material de relleno y revestimiento, etc.

Arcilla de bola (Ball Clay)

Las arcillas de bolas (ball clays) llamadas también arcillas grasas, son arcillas sedimentarias (secundarias) que adquieren su nombre porque están originalmente enterrados en la tierra en bloques o bolas. El principal material de las arcillas de bola es la caolinita con impurezas que incluyen al cuarzo y mica en mayor cantidad, y materia orgánica, óxido de hierro y titanio en menor cantidad.

Por lo general tienen colores oscuros debido al contenido en materias orgánicas y carbonatos. Tienen grano fino, lo que les otorga gran plasticidad, alta fuerza en el secado y tienen punto de fusión alto.

Pueden utilizarse directamente para la obtención de productos cerámicos o pueden adicionarse a otras arcillas a fin de mejorar su plasticidad. Por ejemplo la arcilla de bola es siempre agregadas a las pastas de loza blanca para mejorar sus

condiciones de moldeado, más debido a que reducen o perjudican a la translucidez se usan raramente en pastas de porcelana.

Arcillas de Loza (Stone ware)

La arcilla de loza (stone ware) conocida también como arcilla compacta, es una arcilla plástica que varía mucho de color desde tonos de blanco puro hasta gris pardo, y negro rojizo. Tiene buena trabajabilidad, pero no es de grano tan fino como la arcilla de bola.

Se usan generalmente con otros materiales como feldespatos y arcilla de bola para ajustar la temperatura y la plasticidad respectivamente. El alfarero las usa ampliamente debido a que no presenta dificultad al ser torneadas en la rueda o al ser trabajadas a presión en los moldes.

Arcillas Rojas

Sus características son muy variables, ya que dependerán del tipo de yacimiento del que procedan. Así pues, aunque no sean propiedades específicas, se puede decir que su coloración natural es variable, pueden presentarse con colores grises,

rojos, amarillos, el tamaño de grano es pequeño y en muchos casos de gran finura.

Son empleadas en la fabricación de ladrillos. Estas arcillas se usan también como agregados de pasta de quema a baja temperatura.

Arcillas Refractarias (Fire Clay)

Compuestos por varias clases de arcillas tienen como principal característica su resistencia a las altas temperaturas. Tienen un tamaño de grano grueso y poseen poco encogimiento en el secado.

Aunque se han propuesto varias clasificaciones para las arcillas refractarias, una de las más usadas es la que distingue entre arcillas refractarias plásticas y arcillas refractarias esquitosas.

Las primeras poseen un elevado punto de fusión y contienen un gran porcentaje de caolinita, lo que le permite poder resistir los choques térmicos. Son lo bastante plásticas para que les permita recibir una gran cantidad de chamota (arcilla refractaria

cocida y molida) la cual tiene un color blanquecino o gris. Estas arcillas se emplean sobre todo en la fabricación de productos refractarios como por ejemplo los ladrillos refractarios.

Las segundas son de aspecto pétreo, grises o negras y están completamente desprovistas de plasticidad, también poseen un elevado punto de fusión debido a su gran contenido de caolinita. Estas arcillas son utilizadas después de su cocción en forma de chamota y entran muchas veces en la composición de pastas para productos refractarios. Pulverizadas muy finamente e hidratadas pueden adquirir una cierta plasticidad.

Bentonita

La bentonita es una arcilla de origen volcánica, es extremadamente plástica, su grano es extremadamente fino y al contacto con el agua absorbe gran cantidad de ésta y con ello aumenta su volumen hasta 15 veces. Tienen bajo punto de fusión, es muy pegajosa (grasa al tacto), y su principal componente es el mineral denominado montmorillonita.

Se emplea para aumentar la plasticidad de ciertas arcillas o pastas y también para facilitar la suspensión de esmaltes o

barbotinas.. Una parte de bentonita sustituye a cuatro partes de arcilla de bolas. Por sí solo no se usa porque posee gran contracción al secado

C) Feldespato

Conocidos también como espatos son un constituyente importante de las rocas magmáticas. Son una serie de compuestos cuya composición oscila entre la de la ortoclasa (silicato aluminio potásico) $KAlSi_3O_8$, la albita (silicato aluminio sódico) $NaAlSi_3O_8$ y la anortita (silicato aluminio cálcico) $CaAl_2Si_2O_8$ que pertenecen a la subclase de los tectosilicatos, por lo que podríamos concluir que se tratan de silicatos de aluminio con presencia de cationes de sodio (Na^+), potasio (K^+), y calcio (Ca^{2+}). Pertenecen a la subclase de los tectosilicatos.

Los feldespatos se emplean generalmente en la industria cerámica para la fabricación de porcelana, lozas, en la industria de vidrios, de esmaltes (molido muy fino, se mezcla con caolín y cuarzo), y en la industria de abrasivos.

D) TALCO

EL talco pertenece a la clase de los silicatos y a la subclase de los filosilicatos. Se deriva probablemente de la palabra árabe "talk". Es un silicato de magnesio hidratado cuya formulación química es $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$. Contiene el 31.7 % de MgO, el 63.5% de SiO_2 y el 4.8 % de H_2O aproximadamente, puede contener impurezas como el cuarzo, calcita, dolomita , óxido de hierro y níquel.

El talco es un mineral de origen secundario formado cuando una capa de magnesia (óxido de magnesio) se condensa con dos de sílice. Grandes cantidades de talco se emplean en pintura, cerámica, tejas, papel e industrias de goma. También como polvo de talco, jaboncillo para los sastres. Básicamente en la industria de sanitarios se usa para la confección de moldes.

A parte de los silicatos que mencionamos tenemos los siguientes minerales que también se usan como materia prima dentro de la industria de cerámicos estos son la caliza y el yeso.

OTROS MINERALES IMPORTANTES

Calizas

La caliza o carbonato de calcio, CaCO_3 , pertenece a la clase de los carbonatos que constituyen las grandes masas rocosas. Son rocas sedimentarias químicas del tipo carbonáticas que contienen por lo menos 50% de minerales de calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), predominando la calcita, que como podemos observar sus minerales esenciales son los carbonatos.

Por su importancia comercial, los principales derivados de las calizas son: la cal, el carbonato de calcio y el cemento.

Yeso

El yeso pertenece a la clase de los sulfatos y pertenece a la subclase de los sulfatos hidratados. Frecuentemente se lo encuentra en las rocas sedimentarias, muchas veces formando capas delgadas, en calizas y pizarras y formando capas bajo los depósitos de sal. Es un material de color incoloro, blanco, gris, de diversas tonalidades de amarillo a rojo castaño por causas de impurezas. Su formulación química es $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

de los cuales 35.5 % de CaO, 46.5 % de SO₃ y 18 % de H₂O aproximadamente.

El yeso se utiliza como material de construcción en edificios, para el enyesado de paredes, moldes y fundiciones de toda clase; se emplea para decorar interiores, mezclado con arcilla se utiliza como fertilizante. El yeso sin calcinar se emplea como un retardador en el cemento portland. El yeso en sus variedades denominadas espato satinado y alabastro se tallan y pulen con diversos ornamentales, aunque su empleo es bastante restringido debido a ser blanco.

1.2.4. Tipos de industrias de cerámicos

La industria cerámica puede ser clasificada en dos grandes segmentos o categorías:

- Industrias de Cerámica Tradicional
- Industrias de Cerámica Avanzada

A su vez las industrias que se dedican a la cerámica tradicional podemos clasificarlas en:

- ◇ Cerámica Roja (Structural clay products)
- ◇ Cerámica Blanca (Whitewares)
- ◇ Refractarios
- ◇ Vidrios
- ◇ Abrasivos
- ◇ Cementos

y a las industrias que se dedican a la elaboración de cerámica avanzada las podemos clasificar en:

- ◇ Cerámica para aplicaciones Estructurales
- ◇ Cerámica para aplicaciones Eléctricas y Electrónicas
- ◇ Cerámica para aplicaciones Ópticas y Magnéticas
- ◇ Cerámica para aplicaciones de Recubrimiento
- ◇ Cerámica para aplicaciones Químicas y Ambientalista

En la siguiente tabla se indicará cuales son los tipos de productos más comunes que se elaboran en estos tipos de industrias.

Tabla 3

Tipos de Industrias Cerámicas y sus Productos

Tipo de Industria	Productos más comunes
CERAMICA TRADICIONAL	
Cerámica Roja (Structural clay Products)	Ladrillos, Tejas, baldosas de arcilla para pisos, y paredes, adoquines, etc.
Cerámica Blanca (Whiteware)	Vajillas, sanitarios, porcelana eléctrica, baldosas para pisos, azulejos para paredes, cerámica decorativa y artística.
Refractarios	Ladrillos, bloques, losetas (aisladores) y productos monolíticos utilizados en la industria del acero, metales no ferrosos, vidrios, cementos, cerámicos, petróleo y químicos.
Vidrios	Vidrios gruesos (para ventanas), envases de vidrios (botellas), fibra de vidrio (aislamiento en las casas) y vidrios especiales avanzados (fibra óptica)
Abrasivos	Naturales (pastas de diamante, etc.), y sintéticos (silicona, carburos, etc.) Los abrasivos usados para la molienda, corte, pulida, y sandblasting
Cementos	Usado para construir vías de concreto, puentes, edificios, etc.
CERAMICA AVANZADA	
Cerámica para aplicaciones Estructurales	Partes con resistencia al desgaste, intercambiadores de calor, biocerámicos, herramientas de corte, componentes de motores, etc.
Cerámica para aplicaciones Eléctricas y Electrónicas	Capacitores, aisladores eléctricos, componentes para paquetes de circuitos integrados, semiconductores, superconductores, etc.
Cerámica para aplicaciones de recubrimiento	Recubrimientos cerámicos para los motores de automóviles, barcos, aeronaves, y aeroespaciales, etc.
Cerámica para aplicaciones Ópticas y Magnéticas	Espejos, Magnetos, protectores de sensores infrarrojos, etc.
Cerámica para aplicaciones Química y Ambiental	Filtros, membranas, catalizadores, soportes para catalizadores, etc.

1.2.5. Futuro y tendencia de la industria de cerámicos

Como en casi la mayoría de las industrias, la industria de cerámica no es la excepción al gran desarrollo ingenieril y tecnológico que se ha dado en los últimos años, para poder satisfacer la demanda de clientes cada vez más exigentes en recibir productos y servicios de calidad. Es así como dentro de la industria de cerámica tradicional y avanzada, se siguen realizando esfuerzos continuos para desarrollar investigación y mejorar la productividad, para de esta manera lograr ser más competitivos que otros segmentos de mercado que ofrezcan los productos similares.

Debido a la amplitud de este tema, en lo que se refiere al segmento de cerámica tradicional nos centraremos solo en la industria de cerámica blanca y refractarios. Además, como la industria de cerámica avanzada es en donde se viene realizando los mayores progresos de los últimos años en el campo cerámico, le daremos una mayor cobertura.

En este capítulo se dará primero una breve explicación de cada tipo de industria cerámica, las características y

propiedades que deben tener los productos manufacturados, los progresos y tendencias que se han dado hasta el presente.

INDUSTRIA DE CERAMICA TRADICIONAL

Cerámica Blanca

Cerámica blanca es el nombre que se le da a un grupo de productos cerámicos basados en arcilla, que se caracterizan por la coloración blanca o clara de sus cuerpos con una estructura de tamaño de grano fino. La mayoría de sus productos son esmaltados en su totalidad o parcialmente, con un rango de coloración desde el claro hasta completamente opaco, ya sea en blanco o en colores. Algunos productos de cerámica blanca, tales como las vajillas, son decorados con diseños que realzan su belleza y apariencia. Ejemplos de productos de cerámica blanca se los indica en la tabla 3.

La mayoría de productos de cerámica blanca son hechos en base a una combinación de materiales plásticos como las arcillas (caolines, arcilla de bola), de materiales no-plásticos como la sílice y alumina, y de materiales fundibles como el

feldespato, arenas feldespáticas, y dependiendo de su aplicación otros materiales como talco, cenizas de huesos, etc.

Los productos que se fabrican dentro de la cerámica blanca deben tener ciertas propiedades, por ejemplo en los sanitarios los requerimientos básicos en esta área son que sean de fácil limpieza, tener baja o ninguna porosidad, resistencia mecánica a la compresión y al impacto, resistencia a los choques térmicos.

Hace aproximadamente 100 años los sanitarios eran considerados artículos de lujo. A finales de los años 80 el proceso de vaciado fue introducido en la industria y se convirtió en la tecnología estándar para la producción de sanitarios, a comienzo de la década de los noventa. Esto permitió a las industrias realizar largos tirajes de piezas sanitarias a escala industrial a un costo moderado y como resultado éstas pudieron ofrecer sus productos al mercado a precios razonables. En el presente, los consumidores pueden permitirse instalar baños en sus casas y por eso hoy en día en el mundo occidental el tener sanitarios y baños ya no es considerado un lujo.

Otras mejoras se han dado como el computarizado y optimizado del proceso de control de calidad de materias primas, así como del proceso en general, en el cual existen softwares desarrollados para monitorear y analizar fácilmente todos los aspectos del proceso de manufactura de cerámicos.

Por ejemplo para hacer que la administración de datos sea más fácil y el control de numerosas variables que tienen influencia en las propiedades de vaciado en el tiraje o producción de sanitarios, la empresa IBM ha desarrollado un software en el cual cada lote de materia prima es controlado a su arribo y sus resultados son trazados como gráficos. De los gráficos, se pueden observar las correlaciones entre las diferentes propiedades. Es también posible controlar las propiedades de vaciado utilizando hojas de cálculo. Gráficos de defectos pueden ser comparados fácilmente con los gráficos de materia prima y las propiedades de vaciado. Por instantes el trazado de un gráfico muestran como el módulo de ruptura de una arcilla de bola decrece, el número de fisuras se incrementa.

La tendencia de hoy en los sanitarios además de seguir mejorando su apariencia y generar nuevos diseños, esta



también la de mejorar su utilización. Es así que se están realizando continuos esfuerzos para seguir bajando el consumo de agua que se realizan en los lavaderos, urinarios, retretes, etc., mediante la utilización de dispositivos que ayuden en esta labor. Por ejemplo hace algunos años atrás el consumo de agua en los inodoros residenciales era de 4 a 5 galones. Esto fue reducido por la industria dejando un rango de 3 a 3.5 galones. En este momento en los Estados Unidos existe una regulación sobre la cantidad de agua que se debe consumir por cada uso del inodoro, la cual no debe exceder de 1.6 galones. Este nuevo estándar ha requerido que se realicen cambios en los diseños geométricos del reservorio y en el mecanismo de salida de aguas.

En vajillas o artículos de cocina las propiedades esenciales son el ser resistente al impacto, de fácil limpieza, y de razonable finura y peso. A pesar de la creciente competencia de la industria de plásticos en el área de artículos de cocina, debido a la ventaja que tienen de ser irrompibles, ellos tienen la desventaja de que objetos punzantes como los cuchillos y tenedores dañen la superficie de los artículos plásticos, además de la dificultad en la limpieza y esterilización, por lo

que no tienen mayor durabilidad. Las vajillas y artículos de cocina hechos en la industria de cerámica tienen mejor apariencia, mayor durabilidad, mejor decoración en sus productos y su costo es accesible para todos, por lo que todavía tienen la preferencia del mercado.

Aunque se siguen realizando investigaciones para mejorar la productividad, ningún cambio radical en los procesos de manufactura se ha anticipado todavía.

Refractarios

Los refractarios son materiales que son capaces de soportar altas temperaturas, cambios bruscos de temperatura y ataques químicos.

Estos son usados en el mercado de la construcción en las estructuras de edificios, para que puedan resistir choques térmicos y el desgaste físico. También son usados en hornos, calderos y secadores, en procesos de manufactura tales como los procesos de producción del hierro y acero, de esmaltes de cobre y aluminio, de vidrios y cerámicos, etc. Dependiendo de su aplicación estos deben ser resistentes a ataques químicos,

al metal fundido y a la escoria que se forma de erosión, a los choques térmicos, al impacto físico, al calor catalítico y demás condiciones adversas, todo esto dentro de un ambiente de alta temperatura.

La gran mayoría estos productos son bloques refractarios. Los restantes toman la forma de materiales monolíticos, esto es, compuestos que se lo utilizan en mezclas para moldeo, y crisoles para fundición. Los materiales monolíticos son directamente colocados en hornos para formar un revestimiento refractario antes de la quema. Los morteros (mezclas) que consiste de granos y plastificantes son también considerados refractarios monolíticos y son usados para el trabado de ladrillos refractarios. Los materiales refractarios aisladores, son usualmente usados para reducir la pérdida de calor y utilización del combustible. Estos pueden ser hechos en forma de ladrillos aisladores y fibras refractarias.

Los refractarios son generalmente categorizados como productos hechos en base de arcilla y los no-arcillosos. Los tipos primarios de arcilla refractaria son la arcilla roja y la de alta alumina. Cada uno de estos tipos de arcillas es usado para

la fabricación de ladrillos, así como también de aislantes refractarios. La arcilla roja que generalmente consiste de caolinita, con porcentajes menores de otros minerales arcillosos e impurezas, a su vez puede ser clasificada como arcilla roja baja, media, alta o de súper rendimiento, basada en su resistencia a las elevadas temperaturas o su alto punto de fusión. Los ladrillos hechos de arcilla roja tienen en su composición alumina dentro de un rango de 25 a 45%, y ofrecen una moderada resistencia al esfuerzo térmico, una expansión térmica baja y un adecuado aislamiento térmico. Ellos también ofrecen una resistencia al ataque de ácidos de materiales, pero fallan instantáneamente a temperaturas elevadas cuando son expuestos a materiales químicos básicos.

Los refractarios de le alumina generalmente están compuestos de bauxita y otros minerales que contengan del 50 al 87.5% de alumina en su composición. La bauxita se la encuentra en la naturaleza y consiste principalmente del mineral gibsita (hidróxido de aluminio), y también contiene cantidades variadas de caolinita e impurezas. Dependiendo de su composición e impurezas los refractarios de alta alumina son multipropósito y ofrecen una excelente resistencia a no

astillarse y una estabilidad algo más alta de volumen que otras arcillas refractarias.

Todos los minerales que contienen en su composición niveles más altos de 87.5% alumina se los denomina refractarios de alumina extra elevada y se encuentran dentro de la categoría de los denominados refractarios no-arcillosos. Estos ofrecen una buena estabilidad de volumen a temperaturas por encima de los 1815 °C.

Otros tipos de refractarios no arcillosos son los denominados refractarios básicos que son usados para hacer ladrillos y en están compuestos de magnesia, dolomita o cromo, o también de una combinación de ellas.

La industria metalúrgica en Estados Unidos (2) consume el 72% de todo el mercado de refractarios, y dentro de esta industria el 63% corresponde a aplicaciones que se dan en el proceso de producción del acero y hierro. La industria del vidrio tiene el 6.2%, y la industria cerámica el 11.8%.

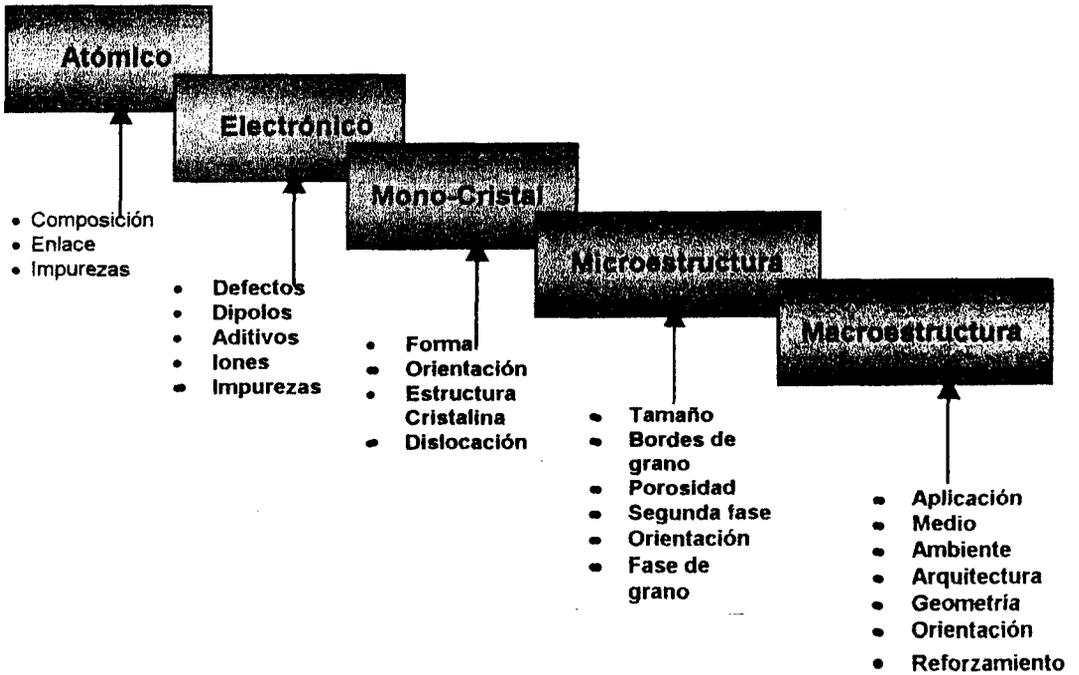
INDUSTRIA DE CERÁMICA AVANZADA

Como se mencionó anteriormente, en los últimos años se han desarrollado una serie de materiales cerámicos conocidos con el nombre de Cerámicos Avanzados, sobre todo en países que poseen un gran nivel tecnológico como Estados Unidos, Japón, Alemania, Reino Unido y Francia. Estos materiales presentan propiedades mecánicas superiores, son resistentes a la corrosión y oxidación, y también existen aquellos que tienen propiedades, eléctricas, ópticas y magnéticas. Estos materiales tienen un enorme potencial para ser usados en un amplio rango de aplicaciones en diferentes áreas, como la médica, comunicaciones, eléctrica, electrónica, química, ambiental, militar y espacial (ver tabla 3).

Los cerámicos avanzados se han desarrollado usando un número de principios básicos, que relacionan algunos diferentes niveles de estructura que incluyen la atómica, electrónica, bordes de grano, microestructura y macroestructura, como se muestra en la figura 1.3.

Figura 1.3

**Niveles estructurales e interacción
de materiales cerámicos (2)**



La interacción entre estos niveles estructurales resulta en materiales que tienen propiedades adecuadas para aplicaciones específicas. El desarrollo exitoso que tienen estos materiales y sus requerimientos sucesivos, se debe al profundo conocimiento y uso que se da a éstos en la termodinámica, cinética, fase de equilibrio y estructura cristalina.

Como podemos observar en la tabla 3 los cerámicos avanzados pueden ser categorizados en cerámicos estructurales, cerámicos eléctricos y electrónicos, recubrimientos cerámicos, cerámicos ópticos y magnéticos, cerámicos para procesos químicos y cerámicos relacionados para mejorar el medio ambiente.

Propiedades de los cerámicos avanzados y su aplicación

La cerámica estructural avanzada constituye aquellos materiales que son usados por su alto rendimiento en aplicaciones estructurales o en aplicaciones donde se requiera una alta capacidad de carga, donde una combinación de propiedades tales como: resistencia al desgaste, resistencia a la deformación (rigidez) y daños (dureza), resistencia a la corrosión y baja densidad son importantes. En adición a estas propiedades también tienen una alta resistencia a las altas temperaturas.

Se los utiliza debido a sus excelentes propiedades mecánicas en aplicaciones de capacidad de carga tales como la fabricación de herramientas de corte como por ejemplo las

tijeras, cuchillos, etc. Se los usa también en la fabricación de partes resistentes al desgaste tales como las poleas, cojinetes, boquillas, tapas, válvulas, etc.

Los cerámicos estructurales avanzados también tienen su participación en la industria de defensa militar, mediante la fabricación de armaduras cerámicas, que permitan proteger a las tropas tanto en aire como en tierra. Por ejemplo estas armaduras pueden ser empleadas tanto en la parte exterior de vehículos livianos de asalto, como en la parte integral de las armaduras en los blindados pesados. La función de estas armaduras es la de romper los proyectiles en pequeños fragmentos y deflectarlos, para que no alcancen al personal que se encuentra en el interior.

También tenemos que algunos cerámicos son biocompatibles y se los puede usar como substitutos de huesos y de articulaciones como las de la rodilla, codos, cadera, etc., mediante la fabricación de prótesis. Además se los utiliza en implantes dentales y materiales de estética dental.

El mercado de los cerámicos electrónicos y eléctricos se ha incrementado más que las predicciones iniciales que se tenían, debido a la demanda de capacitadores, cerámicos piezoeléctricos/dieléctricos, cerámicos piroeléctricos, semiconductores cerámicos, superconductores de alta temperatura, paquetes de circuitos integrados, etc. La demanda de estos componentes es consecuencia del creciente uso que se le da a éstos en el sector de la computación y telecomunicaciones, contribuyendo de esta manera a la consolidación y crecimiento de este sector cerámico. En este último sector la fibra de vidrio ha reemplazado los alambres metálicos, debido a su bajo peso, tamaño microscópico, y a su gran habilidad de llevar un gran número de señales a una gran velocidad.

Las propiedades cerámicas que son importantes para poder darles uso dentro de aplicaciones electrónicas y eléctricas, resultan de una variedad de mecanismos que dependen del material en bruto, propiedades del borde de grano y efectos superficiales. Importantes propiedades de este tipo de cerámicos incluyen la constante dieléctrica, el esfuerzo dieléctrico, conductividad eléctrica, la tangente de pérdida

dieléctrica y pérdida de energía, temperatura de emanación (curie) y la constante piezoeléctrica. La constante dieléctrica es la cantidad de medida de carga que un material puede soportar. El esfuerzo dieléctrico es la medida de gradiente de voltaje que un material puede resistir antes de fallar. La temperatura crítica es la temperatura a la cual el material se convierte en superconductor, esto es que no oponga resistencia al paso de la corriente eléctrica. La corriente crítica de un superconductor es la cantidad máxima de corriente que puede transmitir antes de convertirse en un no-superconductor. Para algunas aplicaciones el material debe ser capaz de conducir el calor lejos de los elementos de circuitos electrónicos, de aquí que los cerámicos tengan que tener una buena conductividad térmica.

Los recubrimientos cerámicos son usados en donde se requiere trabajar a temperaturas elevadas, proveer ahorro de energía, extender la vida útil de componentes e incrementar la producción, por este motivo se los utiliza para proteger y lubricar materiales como los metales, en el campo de desarrollo de motores de automóviles, barcos, aeronaves, y en

aplicaciones aeroespaciales, en partes resistentes al desgaste, etc.

Los cerámicos ópticos y magnéticos dentro sus principales aplicaciones se los usa en las pantallas de tubos de rayos catódicos, luces fluorescentes, espejos, en componentes para radio y televisión, componentes para microondas, debido a que incluyen propiedades específicas como la absorción, la apariencia (color), transmisión, magnéticas, índice de refractividad, reflectividad, y emisividad.

Los cerámicos para aplicaciones químicas y ambientales, tienen aplicaciones dentro del sector automotor, debido a que casi todos los automóviles modernos utilizan convertidores catalíticos cerámicos. Automóviles de última generación están utilizando sensores cerámicos de oxígeno en conjunto con controles de computadoras que permitan optimizar la combustión y reducir el nivel de emisiones. También los cerámicos son usados para encapsular de manera segura desechos radioactivos, y desperdicios dañinos son reciclados con materiales cerámicos para producir productos que no sean contaminantes, como por ejemplo pisos y paredes. También se

utiliza catalizadores y soportes para catalizadores en aplicaciones de procesos químicos.

Tendencias del mercado de cerámicos avanzados en Estados Unidos y Europa

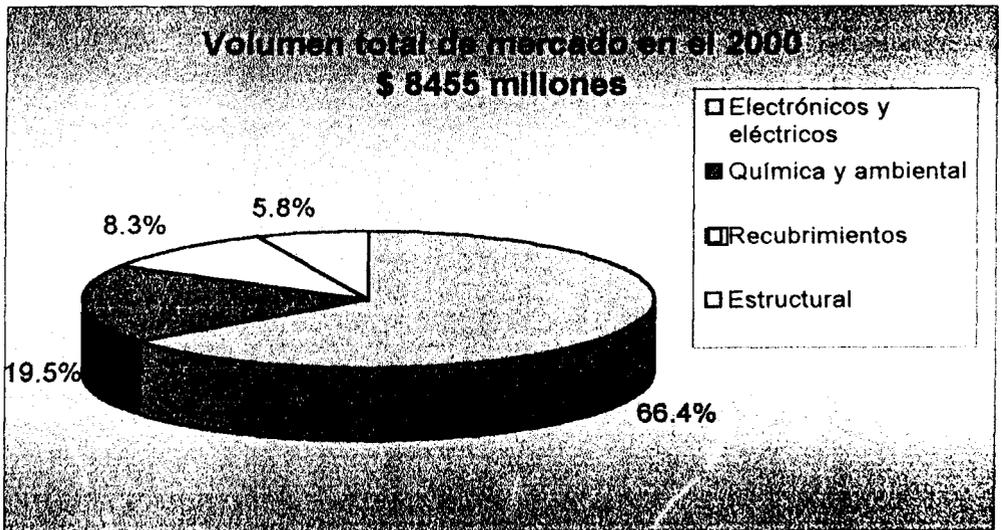
En Estados Unidos el rápido crecimiento proyectado en los ochenta en el mercado de cerámicos avanzados, particularmente en los cerámicos estructurales no se materializó. Esto se debió en parte a los recortes de gastos efectuados en los programas militares de defensa de este país, y al deseo de las compañías de reducir sus costos de operación afectando en algo la demanda pronosticada para esa década. Sin embargo, a pesar de estos recortes, en la década de los noventa si hubo un crecimiento global del mercado de cerámica avanzada, sobre todo en los últimos años de los noventa donde se registro una tasa de crecimiento de 8% por año (1). Esto ocurrió debido a que algunos segmentos industriales, tales como los de herramientas de corte, partes resistentes al desgaste, biocerámicos y recubrimientos cerámicos, tuvieron un crecimiento positivo. El valor total del

mercado de cerámicos avanzados en Estados Unidos en el año 2000 esta estimado aproximadamente en \$8.5 billones (1).

La industria de cerámicos electrónicos y eléctricos se ha mantenido y es así como en el año 2000 tiene una participación en el segmento de mercado de cerámicos avanzados del 66.7 %, que corresponde aproximadamente las 2/3 partes de todo el mercado de cerámicos avanzados, siguiéndole el mercado de cerámicos aplicaciones químicas y ambientales con el 18.7% el de revestimiento cerámico con el 10.2 % y el de cerámica estructural con el 6.4 % de participación, como se muestra en la figura 1.4.

Figura 1.4

Volumen total de mercado (\$8455 millones) de cerámica avanzada en Estados Unidos en el año de 1997 (1)



Se prevé un crecimiento de mercado que llegue a aproximadamente \$11.2 billones hasta el 2005, lo que representa una tasa de crecimiento anual de 5.7%, la cual es inferior que la obtenida a finales de la década de los noventa como se observa en la tabla 4. Esto se debe a la actual recesión económica que atraviesa los Estados Unidos*.

*Las predicciones de crecimiento del mercado cerámico estadounidense son tomadas de investigaciones que fueron realizadas antes de los acontecimientos sucitados el 11 de Septiembre del 2001 en los Estados Unidos, que son de conocimiento público.

Tabla 4
Mercado de Estados Unidos de Cerámica Avanzada
2000-2005 (\$ millones) (1)

Segmento de cerámica avanzada	2000	2005	Porcentaje de tasa de crecimiento anual 2000-2005
Cerámica Estructural	541	736	6.3%
Cerámica Electrónica y Eléctrica	5470	7236	5.8%
Recubrimiento Cerámico	866	1159	6.0%
Aplicaciones Químicas y Ambientales	1578	2036	5.3%
Total	8455	11167	5.7%

De la tabla 5, podemos determinar la proyección de participación de mercado para el año 2005 que tendrán la cerámica estructural, electrónica y eléctrica, recubrimientos cerámicos, y de uso para aplicaciones químicas y ambientales. Se puede observar que existe un muy pequeño crecimiento en la participación de los cerámicos electrónicos y eléctricos con relación a la del año 2000, a pesar de una predicción baja de crecimiento en el segmento de mercado de los capacitadores. En contraposición se prevé un crecimiento en el segmento de mercado de los imanes o magnetos de ferrita y en los cerámicos piezoeléctricos.

Existe también una proyección de un pequeño incremento en la participación de mercado de los cerámicos estructurales con respecto al año 2000, a pesar de ciertos problemas técnicos y económicos que se encuentran todavía sin resolver tales como su alto costo, fragilidad y requerimientos estrictos de procesamiento para obtener polvos puros con un tamaño de distribución adecuado. Esta proyección pudo haber sido mayor de no ser por el poco crecimiento proyectado que se dan a segmentos tales como en el de motores para automóviles y blindajes. En contra posición tenemos que los segmentos de mercados tales como biocerámicos, herramientas de cortes y partes resistentes al desgaste son las de mejor proyección de mercado de los cerámicos estructurales, tal como se dio en la década de los noventa.

Las proyecciones muestran un pequeño crecimiento en la participación del mercado de cerámica avanzada para el año 2005 con relación al año 2000, de parte de los recubrimientos cerámicos. A pesar del decaimiento de su principal mercado que es el de la industria militar específicamente el de maquinaria para aviones de guerra y de la aeroespacial, otras

nuevas aplicaciones industriales han compensado esta declinación.

El segmento de aplicaciones químicas y ambientales muestra una pequeña declinación, en lo que se refiere a participación de mercado. A pesar de esto se tiene una expectativa mayor de crecimiento en los cerámicos para aplicaciones químicas y ambientales que sobrepase las proyecciones dadas para el año 2005, sobre todo debido a la demanda creciente de catalizadores y soportes para catalizadores por parte de la industria química.

Tabla 5
Participación Porcentual de Segmentos de
Cerámica Avanzada en Estado Unidos (1)

Segmento de cerámica avanzada	Porcentaje de participación de Mercado en 2000	Porcentaje de participación de mercado en el 2005
Cerámica Estructural	6.4%	6.6%
Cerámica Electrónica y Eléctrica	64.7%	64.8%
Recubrimiento Cerámico	10.2%	10.4%
Aplicaciones Químicas y Ambientales	18.7%	18.2%
Total	100%	100%

El principal competidor de la industria de cerámica avanzada de Estados Unidos es Japón, que domina el negocio de los componentes cerámicos electrónicos y eléctricos. En ésta área Estados Unidos importa entre un 20% y 30% de capacitadores cerámicos, cerámicos piezoeléctricos y cerámicos magnéticos a Japón y a países asiáticos (1). En el campo de los cerámicos estructurales, compañías japonesas han colocado sus propias plantas en Europa y Estados Unidos. Estas compañías también distribuyen en estos mercados componentes de cerámicos terminados o semi-terminados traídos de Japón. Esto se debe a la producción económica en masa de estos componentes que se realiza en este país, los cuales resultan caros de manufacturar en Estados Unidos por su elevado costo de producción. Sin embargo en el área de desarrollo tecnológico en los Estados Unidos siguen siendo los líderes, algunos componentes electrónicos de alto rendimiento continúan siendo manufacturados solo en este país.

Los principales países proveedores dentro del mercado de cerámica avanzada en Europa en el año de 1995 (10) fueron Estados Unidos con aproximadamente un 40%, Alemania con el 33% de éste mercado, seguido del Reino Unido, Francia con

el 20% y otros países con el 27%. Para este siglo se estima una tasa de crecimiento del 10% por año, siendo el de mejor pronóstico de crecimiento de mercado durante los primeros años del presente siglo, la industria de cerámica estructural, específicamente dentro del campo de herramientas y partes resistentes al desgaste.

CAPITULO 2

2. INDUSTRIA CERÁMICA DEL ECUADOR

2.1. Tipos de industrias cerámicas en el Ecuador

Según la última encuesta de Manufactura y Minería realizada en el año 1999 por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC (6), en el país existen 1502 industrias de manufactura en el país y 45 mineras.

El INEC ha tomado en cuenta para sus estadísticas solo aquellos establecimientos que en el año de investigación emplearon diez o más personas.

Estas industrias se encuentran registradas dentro de la base de datos del INEC, de acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme

revisión III (CIIU3)*.

Para poder identificar las compañías que pertenecen a la Industria Cerámica Ecuatoriana, nos remitimos al Sistema Armonizado de Nomenclaturas de Carácter Económico y a la Clasificación Ampliada de las Actividades Económicas de Acuerdo a la CIIU3 (5), de donde se seleccionó aquellos códigos que de están relacionados a los grupos de actividad económica de la industria cerámica. El resultado de esta investigación se lo puede ver en el apéndice A en donde se muestra los nombres de las empresas, con la actividad individual económica que realizan cada una de ellas según el CIIU3.

Una vez obtenidos los nombres de las empresas se procedió a determinar el número por región, como lo muestra la tabla 6.

Tabla 6

Número y Porcentaje de Industrias Cerámicas por Región

REGION	NUMERO DE EMPRESAS	PORCENTAJE
COSTA	6	15%
SIERRA	33	85%

* Es una estructura de códigos establecida por la organización de la Naciones Unidas, con la finalidad de establecer una clasificación uniforme de todas las actividades económicas productivas.

Se determina entonces que la mayoría de las industrias cerámicas se encuentran en la sierra ecuatoriana (85%) y el resto (15%) en la costa, no registrándose ni en el Oriente, ni en Galápagos esta clase de industria.

La Tabla 7 nos muestra el número de industrias cerámicas por provincia.

Tabla 7

Número y Porcentaje de Industrias Cerámicas por Provincia

PROVINCIA	NUMERO DE EMPRESAS	PORCENTAJE
AZUAY	15	37%
PICHINCHA	8	21%
GUAYAS	5	13%
LOJA	4	10%
CHIMBORAZO	2	5%
CAÑAR	2	5%
IMBABURA	1	3%
TUNGURAHUA	1	3%
MANABI	1	3%

Como podemos observar el mayor porcentaje de la industria cerámica se encuentra radicada en la provincia del Azuay (37%) y en la provincia de Pichincha (21%). La provincia del Guayas (13%) es la tercera en porcentaje y la principal de la región costa.

De acuerdo a la clasificación dada en el subcapítulo 1.2.4, se procede a clasificar a éstas industrias según su tipo como se puede ver en el apéndice B, dando como resultado la tabla 8:

Tabla 8

Número y Porcentaje de Industrias Cerámicas de acuerdo al Tipo

TIPO DE INDUSTRIA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Cerámica Blanca	15	35%
Cerámica Roja	15	35%
Cemento	8	19%
Vidrios	4	9%
Refractarios	1	2%

Analizando la Tabla 8 se puede concluir que en el país solo se ha desarrollado la Industria de Cerámica Tradicional, y dentro de este segmento de industria cerámica el mayor porcentaje corresponde a la Industria de Cerámica Blanca (35%) y Cerámica Roja (35%). Este es uno de los motivos principales por el cual en el desarrollo de la tesis versará en estos 2 tipos de industrias cerámicas.

Las industria de cerámica blanca y roja del Ecuador manufacturan los siguientes productos que se señalan en la tabla 9.

Tabla 9

**Nombres de las Industrias de Cerámica Blanca y Roja con los
productos que manufacturan**

NOMBRE DE LA INDUSTRIA	PRODUCTOS
CERÁMICAS ARSILCO CIA. LTDA.	Vajillas de porcelana
EDESA S.A.	Porcelana Sanitaria y accesorios para baños
FRANZ VIEGENER S.A.	Porcelana Sanitaria y accesorios para baños.
SILICATOS Y OXIDOS S.A.	Tejas, baldosas, baldosas de gres
C.A. ECUATORIANA DE CERÁMICA	Baldosas de gres, baldosas y bloques para pisos, bloques y azulejos para paredes.
GRAIMAN CIA LTDA	Baldosas y losas para pisos y azulejos para paredes
CERÁMICA ANDINA C.A.	Vajillas de porcelana
CERÁMICA ALFARERO	Adornos decorativos
ARTESA S.A.	Vajillas y azulejos decorativas para baño y cocina
CERÁMICA YAPACUNCHI S.A.	Vajillas y adornos cerámicos
CERÁMICA MONTE-TURI	Accesorios para baños
HEGAGRES	Baldosas de gres
LADRILLOS Y CERÁMICA S.A. LACESA	Ladrillos, bloques de arcilla
CEVICERAMICA	Adornos decorativos
CERAMICA YANUNCAY	Tejas, ladrillos, bloques de arcilla
IPORSAN	Porcelana Sanitaria
CERÁMICA CUENCA S.A.	Baldosas y azulejos para paredes
CERÁMICA RIALTO	Baldosas y bloques para pisos
ITALPISOS S.A.	Baldosas y azulejos decorativos
CERÁMICA SININCAY	Tejas
INDUSTRIA LADRILLOSA	Ladrillos y bloques
FCA DE LADRILLO Y TEJA DE LUIS TUZA	Ladrillos, bloques y tejas
ARTEJA	Baldosas de gres y tejas
DECORTEJA	Bloques para pisos y paredes
INDUSTRIA CERÁMICA PIONERO	Ladrillos y bloques
ALFADOMUS	Tejas, bloques para paredes y losa, baldosas de gres, bloques para paredes vistas, baldosas y adoquines

De las 26 industrias cerámicas arriba mencionadas, 8 pertenecen al Grupo Eljuri dentro de las cuales se encuentran: C.A. Ecuatoriana de Cerámica, Industria de Porcelana Sanitaria S.A., Cerámica Andina C.A., Artesa Cía. Ltda., Cerámica Monte Turi Cía. Ltda., Italpisos S.A., Cerámica Cuenca S.A. y Cerámica Rialto S.A., esta última se encuentra absorbiendo a Cerámica Cuenca S.A. Además, las compañías cuentan con la empresa Explominas que es la encargada de la concesión, exploración y explotación de minas que permita abastecer de materia prima a sus industrias y a terceros.

2.2. Recursos Naturales utilizados

Potencial Minero de los Minerales no Metálicos

Los resultados de los estudios geológicos y mineros del país confirman que el Ecuador posee un indudable potencial minero, cuyos recursos minerales están integrados a la gran reserva mineralizada de Sudamérica, presentada a lo largo de la cordillera de los Andes. En lo referente al potencial de minerales no-metálicos, la Dirección Nacional de Geología (DINAGE)* ha establecido la magnitud de estos recursos

* Dependencia del ministerio de Energía y Minas encargada de producir información geológico minera y riesgos geológicos

en 20 de las 22 provincias del país, excepto las provincias de Francisco de Orellana y Galápagos, los cuales suman 1326 ocurrencias de materias primas que abarcan 23 clases de materiales. En el apéndice C se puede observar el cuadro de ocurrencias de materias primas minerales no metálicas, asociadas a las formaciones geológicas del Ecuador (18).

En el país existen importantes depósitos de caliza, arcillas, yesos, caolín, feldespatos, sílice, piedra pómez entre otros como se puede observar en el apéndice D, el cual nos muestra el potencial de los minerales no metálicos en el país (18). Respecto a materiales de construcción y arcillas comunes, se presentan: arcillas para cerámica, arenas, gravas, rocas duras, rocas ornamentales, arena silícea, puzolana, caliza y yeso. Dentro de estos materiales mencionados, la caliza y la puzolana, que se utiliza en la industria del cemento, constituyen el rubro más importante dentro de la producción minera no metálica. En la zona subandina y región oriental, se cuenta con grandes yacimientos de arena silícea. Importantes minas se hallan actualmente en explotación para abastecer pequeñas fábricas de envases de vidrio, cerámica y como correctores del pH de la caliza destinada a la producción de cemento. La explotación del yeso esta concentrada en la zona sur del país, en la provincia de Loja, en la

zona de Malacatos y Bramaderos, de donde se abastece parcialmente los requerimientos de la industria del cemento y parte de la construcción. El yacimiento de piedra pómez más grande del país, se localiza en la provincia de Cotopaxi. El aprovechamiento de este mineral como material de construcción y producto de exportación ha incidido positivamente en la economía provincial.

2.3 Procedencia de materias primas

La materia prima utilizada por la industria cerámica ecuatoriana proviene de la explotación de recursos naturales que existen en el país y de importaciones realizadas por estas industrias.

Producción nacional

En el país la oferta de materias primas de minerales no metálicos para la industria, está en manos de las propias empresas usuarias como de terceros, ya que las concesiones mineras son solicitadas al Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección Nacional de Minería (DINAMI)* o a las Direcciones Regionales.

* Es la dependencia del Ministerio de Energía y Minas, encargada de administrar los procesos de otorgamiento, conservación y extinción de Derechos Mineros.

En el apéndice E muestra información general obtenida de este organismo referente a las minas de minerales no metálicos que se encuentran en fase de concesión, exploración o explotación. Según esta información oficial obtenida el mes de Julio del 2001 tenemos los siguientes resultados, que se muestran en la tabla 10.

Tabla 10

Número de minas por tipo de mineral no metálico

TIPO DE MATERIAL	NUMERO DE MINAS
CALIZA	24
ARCILLA	10
SÍLICE	8
CAOLIN	7
FELDESPATO	6
YESO	2
BARITINA	1
BENTONITA	1

A pesar de los esfuerzos de la DINAMI existen en el país todavía irregularidades en el sector minero, lo que hace que las estadísticas existentes sobre la explotación de estos minerales no reflejen la verdadera situación sobre las minas que están en funcionamiento, al menos en el sector de los minerales no metálicos.

Tendencia histórica de la producción nacional

El Ecuador no ha sido un país tradicionalmente minero, pero las iniciativas particulares de exploración y búsqueda de minerales a ser utilizados como materias primas para los diferentes sectores industriales usuarios, ha permitido conocer la existencia de excelentes reservas, promoviéndose de esta forma la explotación y utilización de estos insumos.

De la Dirección Nacional de Minería (DINAMI) que entre una de sus principales funciones esta la de elaborar y difundir la estadística minera nacional, obtuvimos información directa para determinar la producción de minerales no metálicos de los últimos 10 años que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 11

Producción Nacional Minera reportada a la Dirección Nacional de Minería

MINERAL/AÑO	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
CALIZA (Tm)	3,659,901	3,159,770	1,822,145	4,306,665	4,088,941	3,490,754	4,510,515	2,803,661	2,864,857	3,147,015
MAT. CONST.(M3)	0	362,673	163,899	1,034,235	2,264,458	1,324,796	1,873,780	2,411,429	2,459,207	2,595,542
ARCILLA (Tm)	283,141	277,929	131,238	279,439	53,822	835,867	185,234	811,951	412,598	324,671
FELDESPATO (Tm)	2,253	3,249	2,015	5,691	10,297	10,321	60,328	69,318	33,142	47,041
CAOLIN (Tm)	12,014	6,379	507	6,622	45,054	86,542	7,345	5,600	20,652	11,022
BENTONITA (Tm)	135	392	0	1,118	511	432	205	0	0	41
SILICE (Tm)	10,489	35,507	18,750	33,534	26,486	24,070	43,240	25,926	21,978	27,500
MARMOL (Tm)	1,711	1,961	8,620	2,572	10,948	1,556	1,089	19,693	2,508	1,680
YESO (Tm)	0	0	0	0	2,430	2,038	1,510	1,672	1,456	1,443
POMEZ (Tm)	0	0	0	0	0	231,875	368,269	0	275,274	344,850
ANTIMONIO(Tm)	0	0	0	0	0	0	507,872	0	0	0
PUZOLANA(Tm)	0	0	0	0	0	0	0	5,266	13,978	27,687
BARITINA (Tm.)	0	0	0	0	0	0	0	0	2,532	1,476
ZEOLITA (Tm)	0	0	0	0	0	0	0	0	1,237	1,291

La producción nacional de caliza y materiales de construcción representan el volumen de producción más alto dentro de los minerales no metálicos, manteniéndose la tendencia de producción en la primera y teniendo una tendencia positiva de crecimiento en la segunda como se puede observar en el apéndice F.

En menor volumen de producción, pero manteniendo una tendencia positiva de producción como lo muestra el apéndice G, tenemos a las arcillas, sílice, feldespato, caolín y yeso, que son minerales utilizados como materia prima en la industria cerámica blanca y roja.

Importaciones

Para poder determinar las importaciones de minerales no metálicos que se realizan en el país, se obtuvo del Banco Central los códigos Nandina de estos productos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12

Número de Códigos Nandina de minerales no metálicos

CODIGOS NANDINA	DENOMINACIÓN
250700900	Caolín y demás arcillas caoliníticas, incluso calcinados
250700000	Demás arcillas caoliníticas, excepto calcinados
2508300000	Arcillas Refractarias
2508400000	Arcillas (otras)
2529100000	Feldespatos
2506100000	Cuarzo
2526200000	Talco Esteatita-Pulverizado
2520200000	Yeso fraguable

Con las partidas arancelarias ingresamos a la página web del Banco Central (15) y en esta se puede determinar los países de donde se han estado importando los materiales señalados en la tabla 12 desde 1990 hasta el 2000, cuyo resultado se lo puede ver en el apéndice H.

Además en esta misma página web podemos observar los nombres de las empresas cerámicas que han estado importado estos minerales desde 1990 hasta el 2000. Los nombres de estas industrias cerámicas se muestran en la tabla 13.

Tabla 13

**Nombres de las industrias cerámicas que han estado importando
minerales no metálicos desde 1990 hasta el 2000**

Nombre de la Industria Cerámica	Minerales No metálicos que han importado en el periodo 1990-2000						
	1	2	3	4	5	6	7
Franz Viegener S.A.	✓	✓	✓	✓	✓		✓
C.A. Ecuatoriana de Cerámica	✓	✓	✓		✓		
Graiman Cía. Ltda.	✓		✓	✓			
Edesa S.A.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Italpisos S.A.	✓		✓			✓	
Cerámica Cuenca S.A.		✓		✓			
Cerámica Yapacunchi C.L.		✓	✓			✓	✓
Cerámicas Arsilco Cía Ltda..		✓	✓				
Artesa Cía. Ltda.			✓				✓
Industria de Cerámica Melisa Incerme S.A.			✓			✓	
Industria de Porcelana Sanitaria S.A.			✓			✓	✓
Ceramicarma Cía. Ltda..				✓	✓	✓	✓
Cerámica Alfarero							✓
Cerámica Andina C.A.							✓
Silicatos y Oxidos Silióxidos S.A.							✓

1= Cuarzo

2= Caolín y demás arcillas incluso calcinados

3= Caolín y demás arcillas excepto calcinados

4= Arcillas (otras)

5= Arcillas Refractarias

6= Talco (esteatita)

7= Yeso fraguable

De este cuadro se concluye que del sector de la industria cerámica tradicional del país, son las industrias de cerámica blanca y roja las que han estado importado estos minerales no metálicos. Este es otro motivo de importancia, por el cual en esta tesis nos centraremos en estos 2 tipos de industrias cerámicas.

De la página web del Banco Central (15) también obtuvimos información referente a la serie histórica de las importaciones de los minerales no metálicos señalados en la tabla 12 (de partidas nandinas), para el período 1990-2000 dando como resultado las siguientes tablas:

Tabla 14

Ecuador: Importación de Arcillas (otras) para la industria 1990-2000

(Cantidad de Material en toneladas métricas y
valores en miles de US\$)

Año	Volumen (TM)	FOB	CIF
1990	182.685	18.644	48.220
1991	346.289	121.973	191.450
1992	546.844	114.615	207.863
1993	606.824	134.857	223.785
1994	597.370	119.011	217.281
1995	555.769	117.470	238.408
1996	494.307	117.462	215.917
1997	283.524	88.734	138.994
1998	434.193	106.320	178.977
1999	434.098	91.177	150.298
2000	194.728	81.923	109.849

Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

Tabla 15**Ecuador: Importación de Arcillas Refractarias****para la industria 1990-2000**

(Cantidad de Material en toneladas métricas y valores en miles de US\$)

Año	Volumen (TM)	FOB	CIF
1990	20.233	3.515	6.825
1991	163.100	19.705	27.209
1992	41.625	13.779	19.342
1993	21.576	5.992	9.552
1994	59.221	36.005	47.96
1995	19.064	5.909	8.997
1996	37.179	13.427	19.707
1997	11.759	24.591	27.956
1998	14.150	3.681	5.034
1999	0	0	0
2000	1.516	1.72	2.213

Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

Tabla 16**Ecuador: Importación de Caolín y demás arcillas caoliníticas****excepto calcinados para la industria 1990-2000**

(Cantidad de material en toneladas métricas y valores en miles de US\$)

Año	Volumen (TM)	FOB	CIF
1990-1995	0	0	0
1996	392.240	48.940	89.280
1997	525.860	136.720	202.460
1998	587.800	141.080	187.720
1999	303.290	77.920	100.970
2000	827.610	95.650	157.070

Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

Tabla 17

**Ecuador: Importación de Caolín y demás arcillas caoliníticas
incluso calcinados para la industria 1990-2000**

(Cantidad de material en toneladas métricas y valores en miles de US\$)

Año	Volumen (TM)	FOB	CIF
1990	2283.950	393.520	748.320
1991	4053.990	632.860	993.320
1992	3916.590	441.570	730.750
1993	1936.610	544.810	886.000
1994	7729.340	762.270	1289.020
1995	7899.670	879.180	1459.500
1996	1772.210	132.650	295.300
1997-2000	0	0	0

Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

Tabla 18

Ecuador: Importación de Cuarzo para la industria 1990-2000

(Cantidad de material en toneladas métricas y valores en miles de US\$)

Año	Volumen (TM)	FOB	CIF
1990	125.600	10.360	16.670
1991	0.400	0.060	0.070
1992	230.000	18.200	28.620
1993	0	0	0
1994	239.320	55.870	85.960
1995	0	0	0
1996	77.710	16.760	26.620
1997	289.490	35.480	61.160
1998	642.580	42.330	71.640
1999	567.880	69.330	103.380
2000	1132.610	131.270	188.400

Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

Tabla 19**Ecuador: Importación de Feldespato para la industria 1990-2000**

(Cantidad de material en toneladas métricas y valores en miles de US\$)

Año	Volumen (TM)	FOB	CIF
1990	65.042	10.410	12.842
1991	102.400	18.133	23.976
1992	160.049	30.885	38.465
1993	300.033	42.301	56.143
1994	122.042	175.342	272.333
1995	105.092	264.783	407.391
1996	2390.890	212.225	329.427
1997	2984.197	313.231	466.797
1998	2325.484	224.756	341.310
1999	8831.452	820.140	1122.920
2000	2263.947	279.806	456.807

Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

Tabla 20**Ecuador: Importación de Talco Esteatita para la industria 1990-2000**

(Cantidad de material en toneladas métricas y valores en miles de US\$)

Año	Volumen (TM)	FOB	CIF
1990	0	0	0
1991	549.833	4625.403	7448.088
1992	1120.939	291.674	412.254
1993	581.517	155.05	247.125
1994	1228.333	310.949	497.125
1995	1713.426	365.986	648.478
1996	1411.085	337.55	556.988
1997	2066.52	523.227	803.745
1998	2254.143	602.31	856.014
1999	1395.093	298.65	430.649
2000	2015.662	385.437	573.252

Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

Tabla 21

Ecuador: Importación de Yeso para la industria 1990-2000

(Cantidad de material en toneladas métricas y valores en miles de US\$)

Año	Volumen (TM)	FOB	CIF
1990	186.051	84.368	130.352
1991	186.051	84.368	130.352
1992	915.096	211.502	290.852
1993	863.607	209.208	302.287
1994	1966.194	637.777	868.581
1995	2152.473	382.456	547.366
1996	2010.33	402.08	531.516
1997	2747.398	548.339	684.137
1998	3195.752	505.684	707.259
1999	3127.138	406.952	547.103
2000	5791.022	753.315	1027.641

Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

De estas tablas se puede concluir que existe una tendencia ascendente a seguir importando materiales como el cuarzo, feldespatos, caolín y demás arcillas caoliníticas excepto calcinados, talco y yeso por parte de la industria ecuatoriana en general. Existe una tendencia estable en la importación de arcillas (otras), y una tendencia decreciente en la importación de caolín y demás arcillas caoliníticas, incluso calcinados y de las arcillas refractarias. Estas tendencias se las puede observar en el apéndice I

CAPITULO 3

3. TRABAJO EXPERIMENTAL

3.1. Introducción

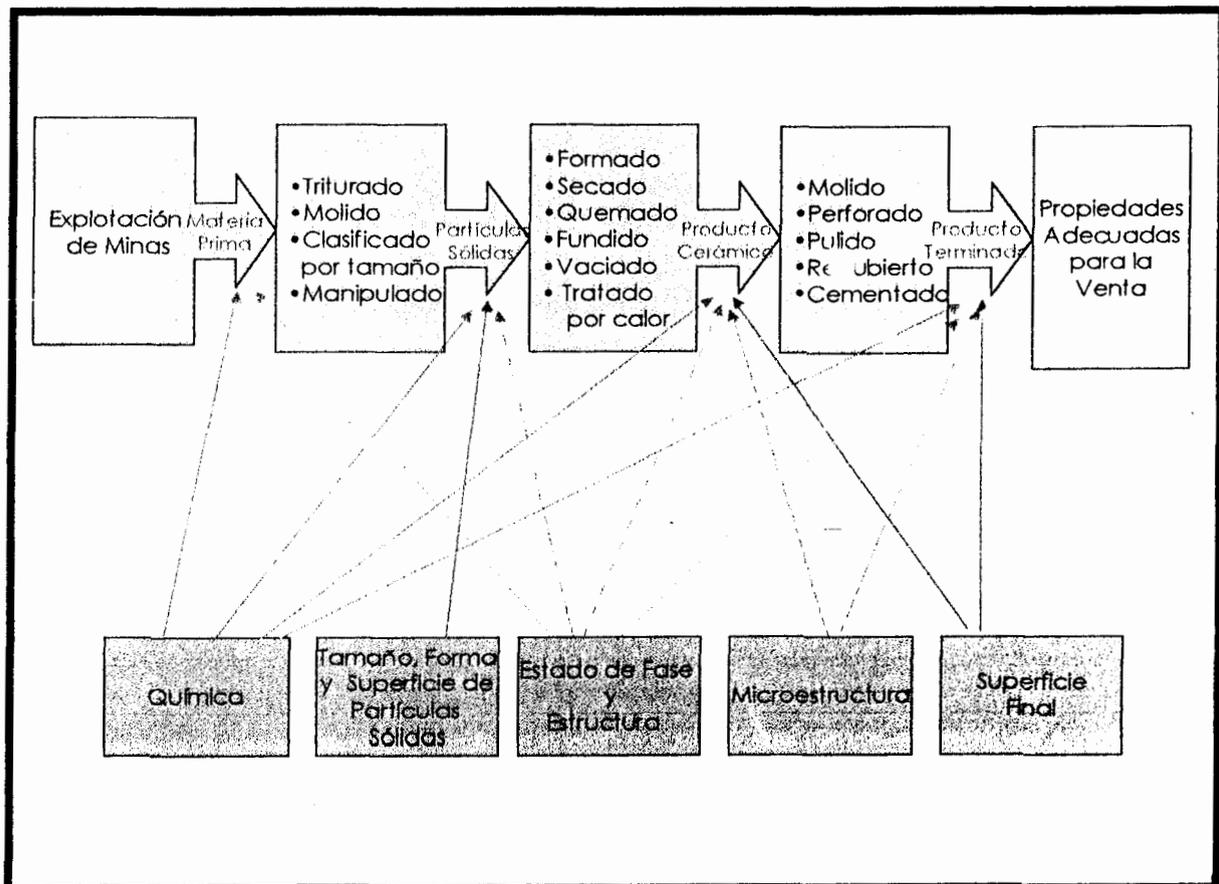
Caracterización se denomina a la descripción de aquellas características de la composición y estructura (incluyendo a los defectos) del material que son significativas para una preparación particular, estudio de las propiedades, o uso, y es suficiente para la reproducción del material (12).

Para poder caracterizar un material cerámico es necesario evaluar su composición y estructura lo suficiente, para que el material y sus propiedades puedan ser reproducidos.

Existen varias etapas de la caracterización de los cerámicos, las cuales corresponden a la secuencia de pasos de procesamiento por la cual el producto cerámico deberá pasar. La figura 3.1 ilustra un diagrama de flujo general del procesamiento de los cerámicos y el resultado de salida que se da en cada paso del procesamiento, además nos muestra la relación con las cinco principales caracterizaciones.

Figura 3.1

Relación entre las principales caracterizaciones y los productos cerámicos obtenidos en el procesamiento secuencial



Es importante enfatizar dos puntos. Primero que cada caracterización puede ser evaluada cuantitativamente, y segundo la caracterización se la realiza directamente a la salida de los pasos del proceso, y no al método de procesamiento en sí.

Muestras Caracterizadas

Para poder realizar este trabajo de investigación, a las empresas señaladas en la tabla 9 se les envió una carta con un cuestionario adjunto, para indicarles el alcance del proyecto, y también para tratar de obtener información más específica del sector. Sin embargo solo obtuvimos respuesta de tres empresas EDESA, ALFADOMUS, y EXPLOMINAS, a pesar de que se insistió con el resto de compañías.

Las empresas arriba mencionadas que representan aproximadamente el 70% del mercado cerámico ecuatoriano, nos entregaron muestras significativas de algunas de sus principales materias primas que están usando actualmente en sus procesos, para realizarles una caracterización físico- química.

La caracterización físico-química consistirá en lo siguiente:

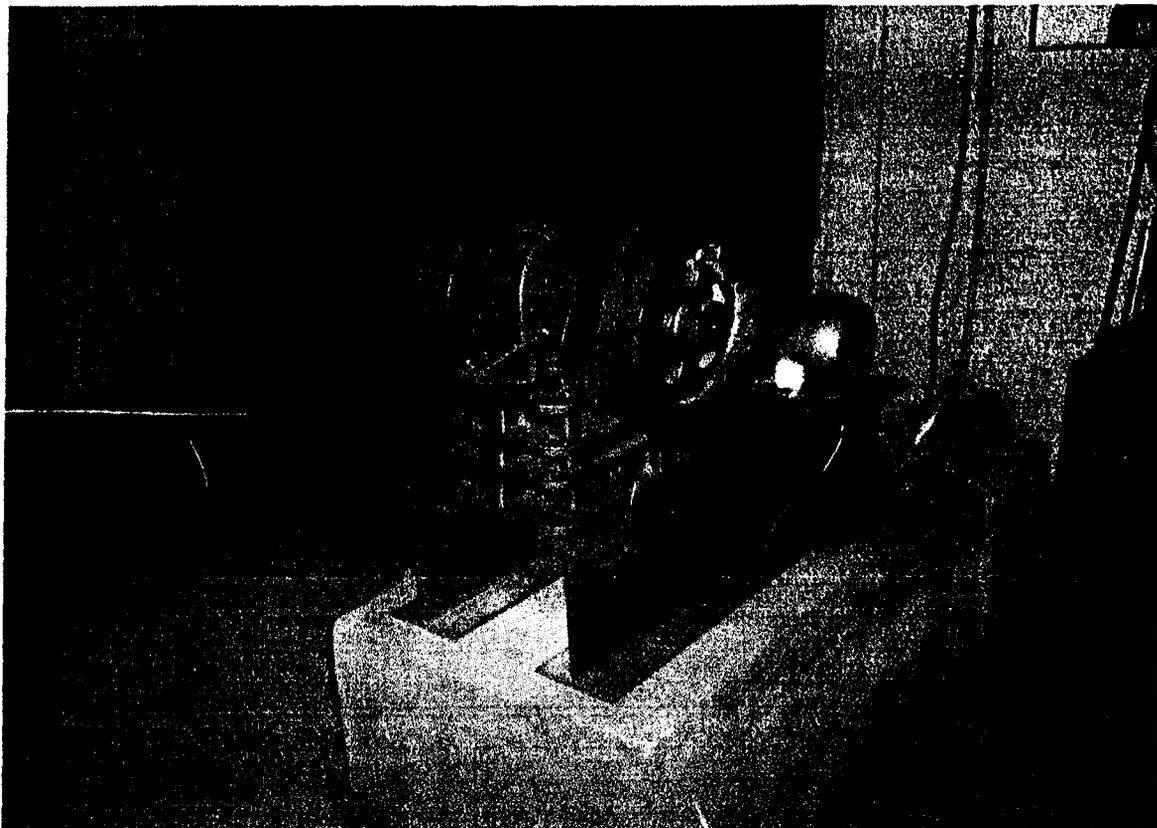
- Distribución de tamaño de partículas
- Determinación de Superficie de área

- Análisis Químico
- Determinación de PH
- Determinación de Densidad
- Morfología
- Análisis Reológico de Arcillas

Obtención de muestras significativas para los ensayos y análisis

Equipo y material utilizado:

- Trituradora de Mandíbulas. Denver Equipment Division Joy Manufacturing Company. Modelo 201659 (Figura 3.2)
- Tamiz de la serie americana ASTM de malla #18
- Fondo ciego
- Balanza

FIGURA 3.2**Trituradora de Mandíbulas**Procedimiento:

1. Moler dentro de la trituradora de mandíbulas cada muestra, y tamizarla mediante un movimiento elipsoidal horizontal y un movimiento de balanceo superpuesto, ayudándose de ligeros golpes laterales que se le dan al tamiz número 18 para hacer vibrar el material y facilitar el paso del mismo. Se sigue realizando

este procedimiento hasta que no quede casi ningún residuo en el tamiz.

2. Luego se homogeniza la muestra, y se obtienen muestra significativas para cada uno de los análisis mencionados anteriormente.

3.2. Distribución de tamaño de partículas

Se determino la distribución de tamaño de partículas por el método de difracción por láser

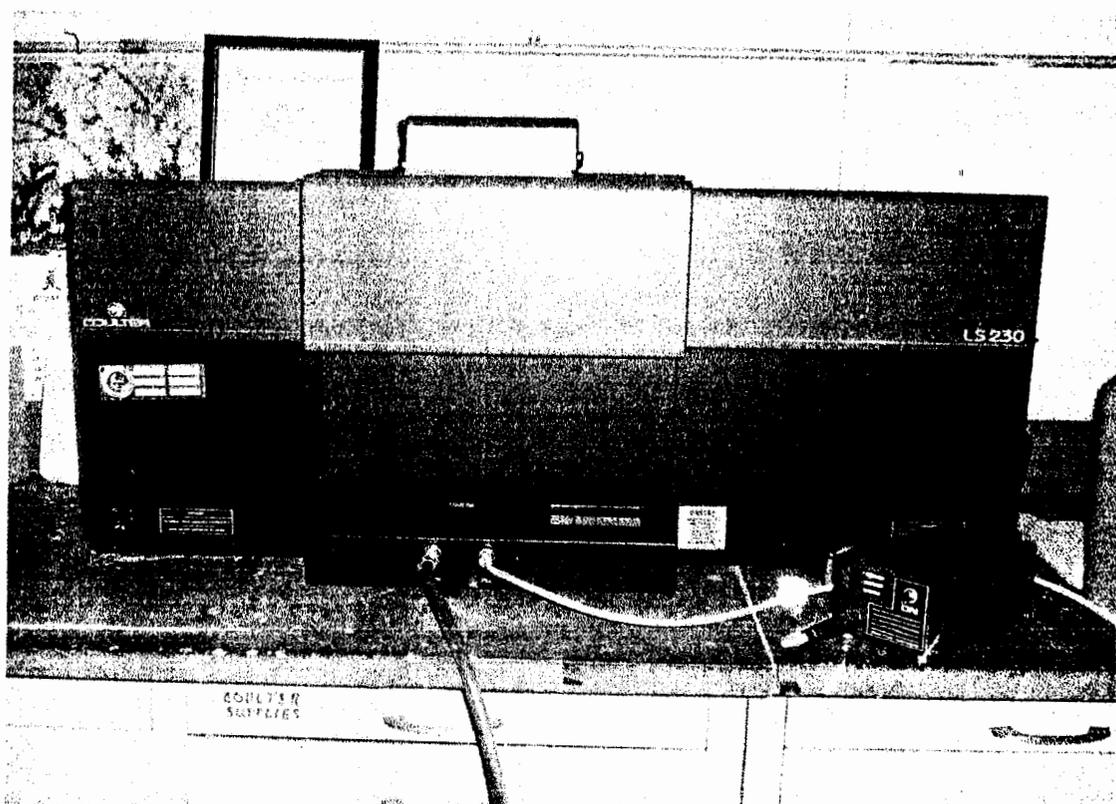
Equipo y material utilizado:

- Beckman-Coulter LS230 Particle Size Analyzer (Fig 3.3)
- Recipiente de 60 ml
- Dispersante (Silicato de Sodio)
- Tamiz de la serie americana ASTM de malla # 100
- Sonificador
- Balanza
- Gotero
- Agua destilada
- Muestra significativa (10 gramos)

Los resultados de este análisis se los encuentra en la hoja de resultados de cada muestra.

FIGURA 3.3

Beckman-Coulter LS230 Particle Size Analyzer



Procedimiento:

1. Homogenizar la muestra, pesar 10 g. de la misma, y pasarla a través del tamiz de malla #100.

2. Obtener y pesar de 1-2 g. de muestra que haya pasado por el tamiz #100.
3. Colocar la muestra dentro de un recipiente de 60 ml.
4. Añadir dispersante silicato de sodio (5-7 gotas de dispersante 50/50 agua/dispersante).
5. Colocar el recipiente en un sonificador (sonicator) para ayudar a la dispersión por 1 minuto.
6. Se introdujo la solución en el Beckman-Coulter LS230 Particle Size Analyzer.
7. Se registra los resultados señalados por el analizador de tamaño de partículas.

Los resultados de este análisis se los encuentra en la hoja de resultados de cada muestra.

3.3 Determinación de superficie de área

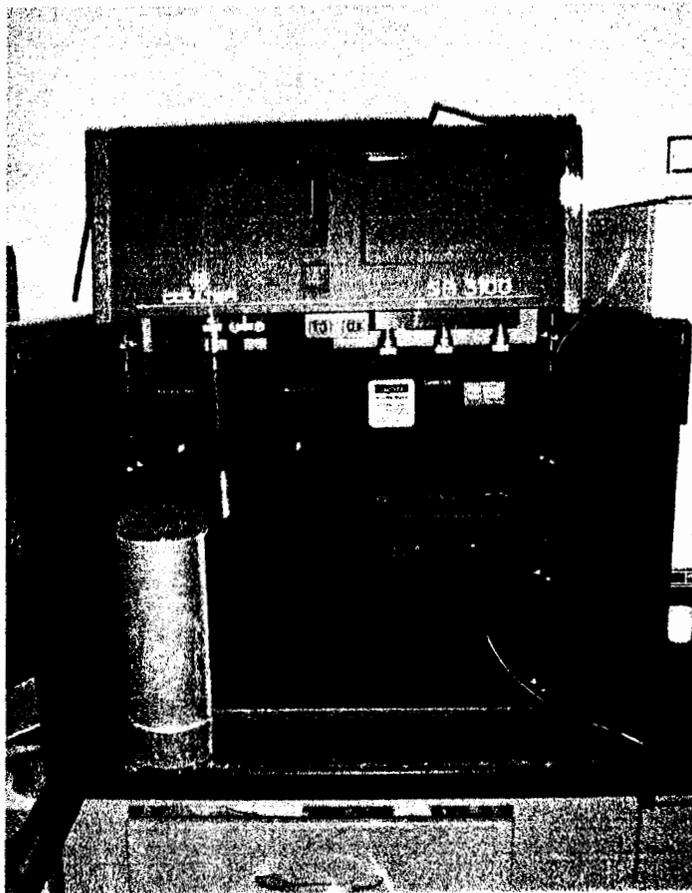
Se determino superficie de área por medio del método de adsorción de Nitrógeno a baja temperatura.

Equipo utilizado:

- Beckman-Coulter SA3100 (Figura 3.4)
- Horno y Disecador
- Balanza
- Muestra significativa (2-3 gramos)

FIGURA 3.4

Beckman-Coulter SA3100



Procedimiento:

1. Secar la muestra dentro del horno a 100 °C por 24 horas, y luego permitir que llegue a temperatura ambiente dentro del desecador.
2. Homogenizar la muestra y pesar de 2-3 gr. de la misma.
3. Introducir la muestra dentro del Coulter-Beckman SA3100

Los resultados de este análisis se los encuentra en la hoja de resultados de cada muestra.

3.4. Análisis químico

Los resultados fueron proporcionados por un laboratorio particular, y estos se encuentran en la hoja de resultado de cada muestra. Se midieron los porcentajes de los siguientes parámetros: Si_2O , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , SO_4 .

Las pérdidas por ignición se las realizo en el Laboratorios de Química de la ESPOL. A continuación se detalla los equipos utilizados y el procedimiento.

Equipo utilizado:

- Mufra
- Horno

- Disecador
- Balanza
- Crisoles
- Muestra significativa (5 gramos)

Procedimiento:

1. Secar la muestra dentro del horno a 100 °C por 24 horas y luego permitir que llegue a la temperatura ambiente dentro del disecador.
2. Pesar el crisol y registrar lectura.
3. Agregar 5 g. de muestra en el crisol.
4. Pesar y registrar la lectura con la muestra.
5. Colocar el crisol con la muestra dentro de la mufla, que debe estar a 1000 °C, por 15 minutos.
6. Después de 15 minutos sacar la muestra de la mufla, colocarla en el disecador, y esperar hasta que alcance la temperatura ambiente.
7. Volver a pesar y registrar el peso.

Los resultados de este análisis se los encuentra en la hoja de resultados de cada muestra.

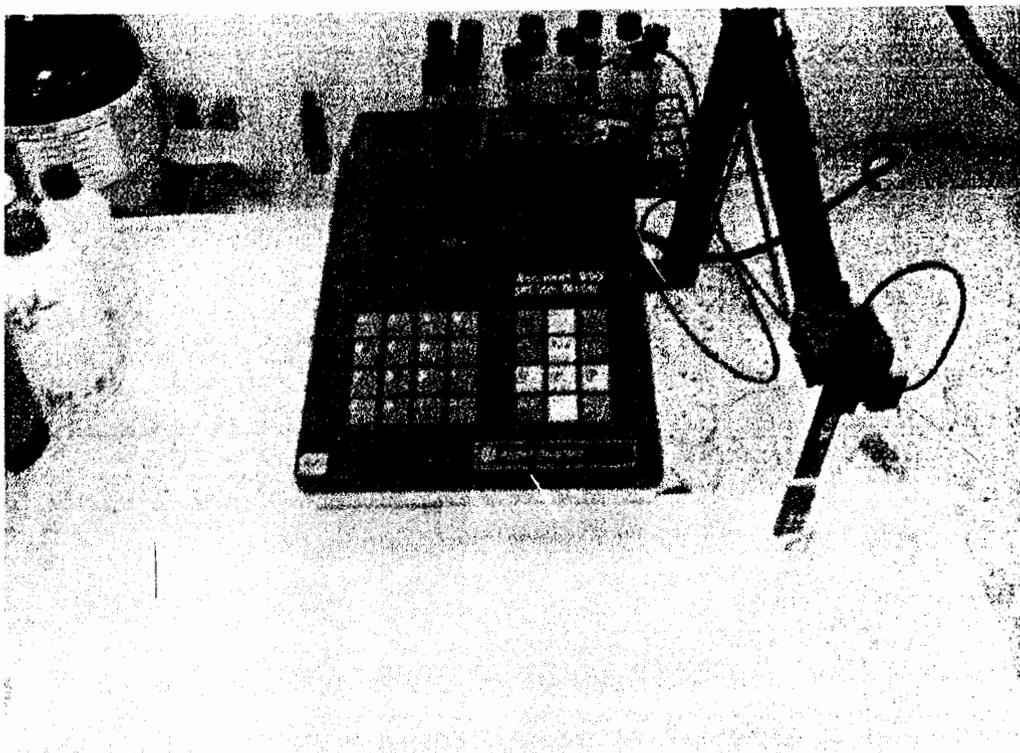
3.5. Determinación de pH

Equipo y material utilizado:

- pHmetro Accumet 950 (Figura 3.5)
- Electrodo
- Mezclador de velocidad variable
- Recipiente de 500 ml
- Agua destilada
- 100 gramos de muestra significativa seca

Figura 3.5

pHmetro Accumet 950



Procedimiento:

1. Colocar 100 g. de la muestra seca dentro del recipiente de 500 ml, y añadir 400 ml de agua destilada dentro del mismo.
2. Agitar el contenido a alta velocidad dentro del mezclador durante 10 minutos.
3. Después de la mezcla, colocar el electrodo del pHmetro y obtener la lectura del pH.

Los resultados de este análisis se los encuentra en la hoja de resultados de cada muestra.

3.6. Determinación de densidad

Equipo y material utilizado:

- Micromeritics Helium Pycnometer Model 1320
- Horno
- Disecador
- Balanza
- Muestra significativa (2-3 g.)

Procedimiento:

1. Secar la muestra a 100 °C por 24 horas, y luego permitir que alcance la temperatura ambiente dentro de un desecador.
2. Homogenizar la muestra y pesar de 2-3 g. de la misma.
3. Introducir la muestra dentro del Picnómetro de Helio Micrométrico.

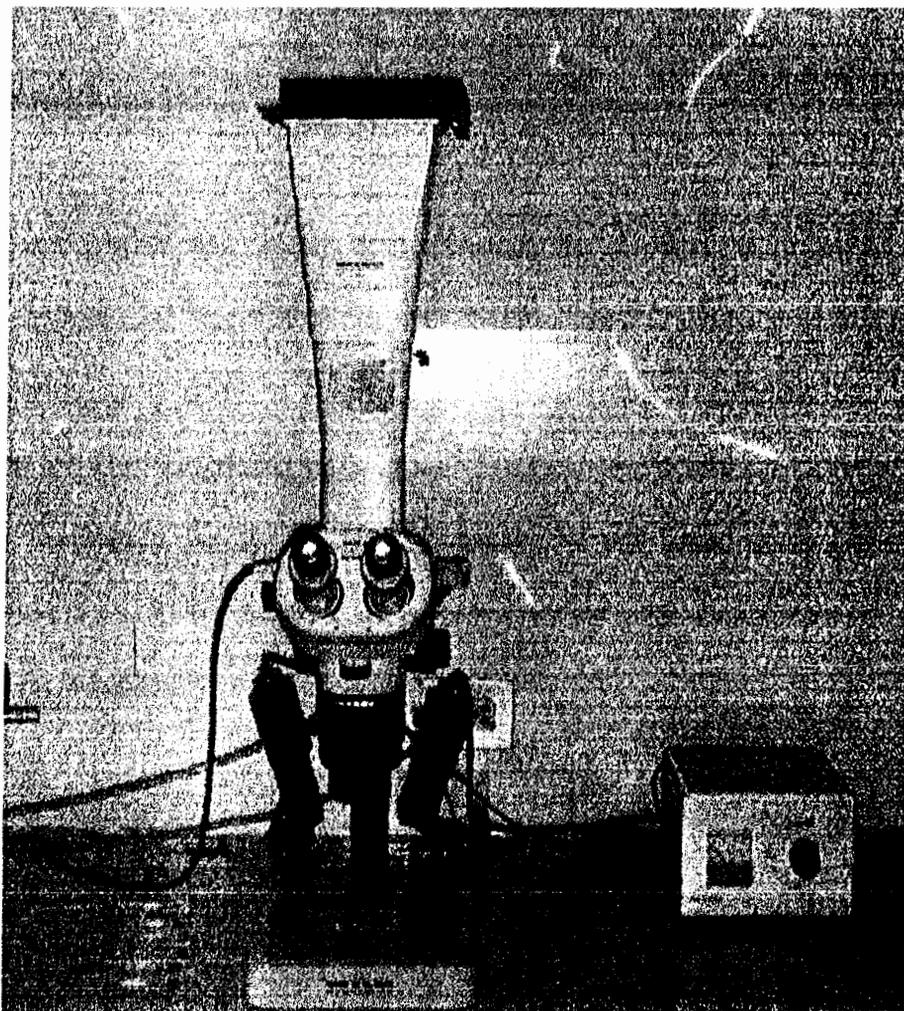
Los resultados de este análisis se los encuentra en la hoja de resultados de cada muestra.

3.7. Morfología

Equipo y material utilizado:

- Macroscopio Wild Photomakroskop M400
- Muestra significativa (1-2 g.)
- Cámara digital Sony

FIGURA 3.6

Macroscopio Wild Photomakroskop M400Procedimiento:

1. Colocar de 1-2 gramos de muestra en el macroscopio
2. Examinar la muestra.

3. Registrar los minerales encontrados.

Los resultados de este análisis se los encuentra en la hoja de resultados de cada muestra.

Para poder identificar la presencia de minerales arcillosos que no pueden ser identificados por medio del análisis morfológico, se realizó un análisis mineralógico cualitativo mediante la utilización de un difractor de rayos X. Los resultados de este análisis se encuentran en la hoja de resultados de cada muestra y en el apéndice J, se muestra los gráficos de intensidad resultantes de este análisis.



3.8. Análisis Reológico de Arcillas

Equipo y material utilizado:

- Molino de Bolas (Figura 3.8)
- Tamizador Mecánico ROT-AP Testing Sieve Sharkes. Model B (Fig.3.9)
- Viscosímetro Brookfield (Figura 3.10)
- Spindles (areómetro) (#5, #4, #3, #2, #1)
- Mezclador de velocidad variable

- Balanza
- Espátula
- Tamiz de la serie americana ASTM de malla #100
- Recipiente de 600 ml
- Dispersante (Silicato de Sodio)
- Gotero
- Agua Destilada
- 385 g. de muestra significativa pasada por malla # 100

Figura 3.7

Molino de Bolas

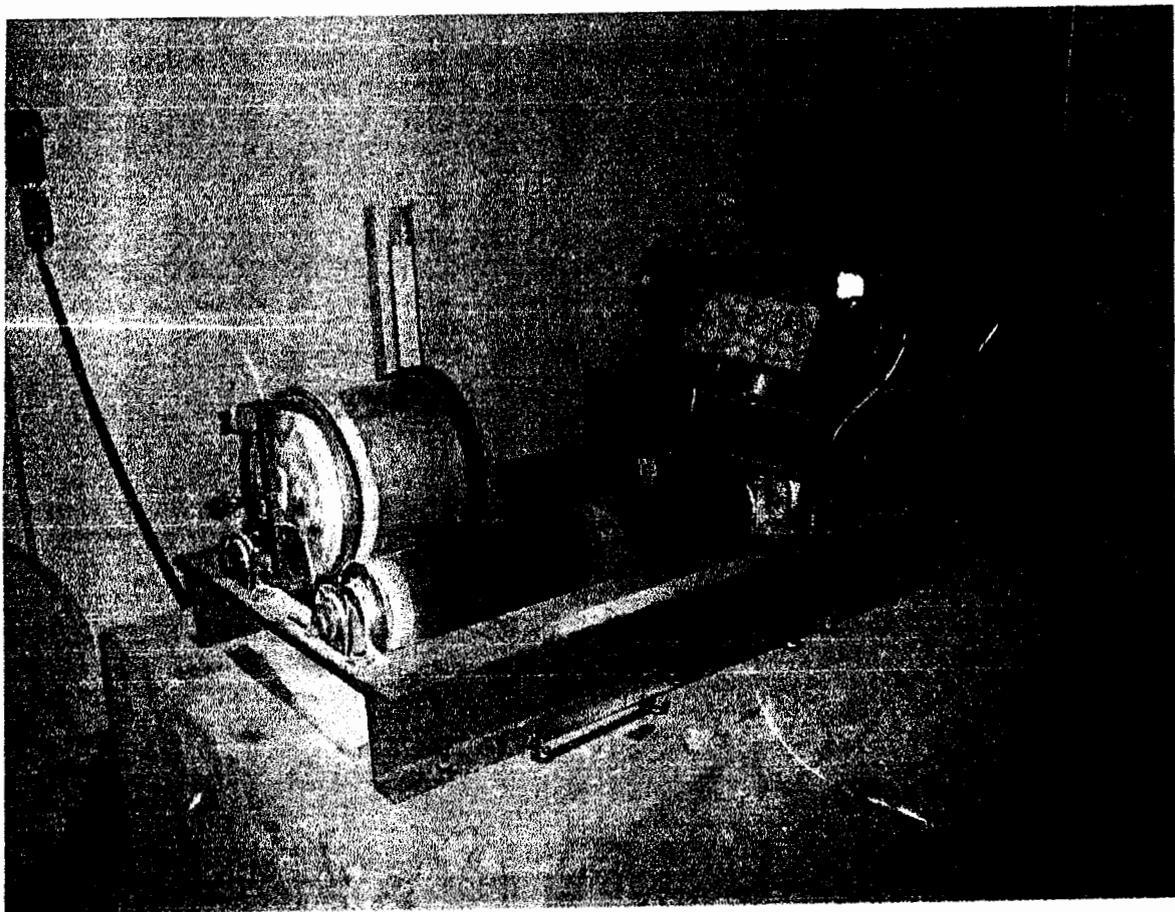
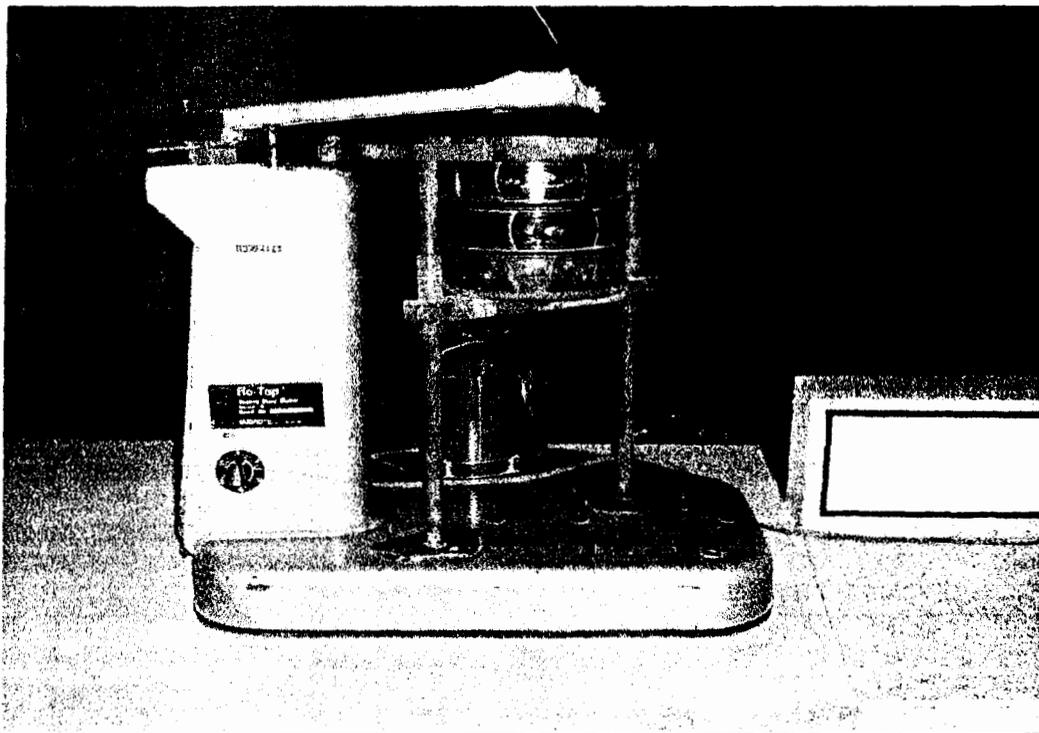


Figura 3.8**Tamizador Ro-Tap Model B**Procedimiento:

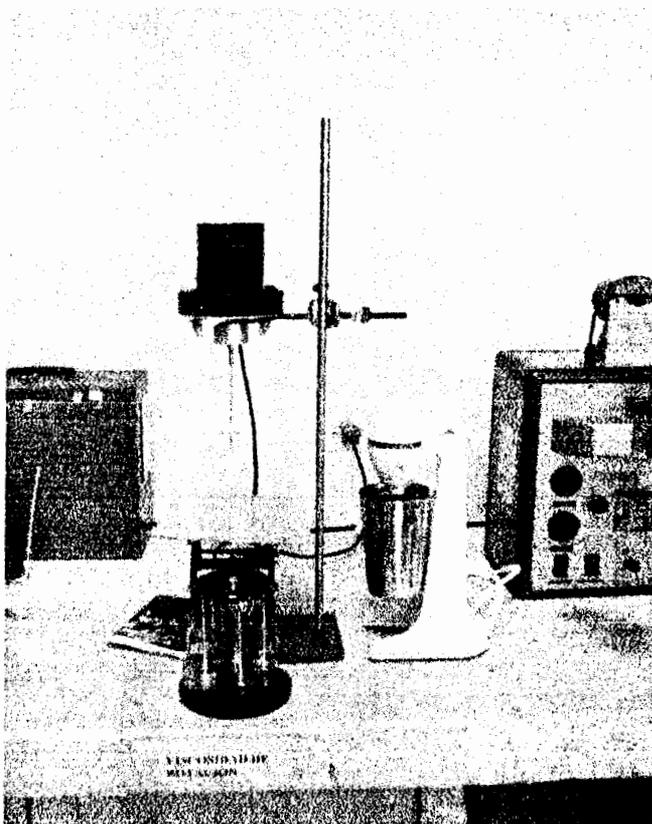
1. Homogenizar la muestra y colocarla dentro del molino de bolas, hasta obtener 385 g. de muestra que pasen por la malla #100 utilizando el Tamizador Mecánico RO-TAP.
2. Pesar 255 g. de agua destilada dentro del recipiente de 600 ml y colocar esta cantidad dentro del vaso metálico del mezclador.

3. Añadir poco a poco los 385 g. de muestra significativa dentro del vaso metálico y poner en funcionamiento el mezclador de velocidad variable.
4. Al notar que la mezcla se comienza a poner espesa conforme se añade la muestra, se va añadiendo el dispersante (silicato de sodio).
5. Seguir este procedimiento hasta que se termine de añadir toda la muestra, y agitarla con el mezclador a alta velocidad hasta que la misma no presente grumos.
6. Tomar nota de la cantidad de dispersante que se uso.
7. Colocar el spindle en el viscosímetro. Comenzar con el de número mayor.
8. Colocar el vaso con la mezcla y elevarlo hasta que el spindle este sumergido en la línea indicadora.
9. Prender el viscosímetro durante 15 segundos y tomar nota de la lectura que señala en el mismo. Si la lectura que señala el Brookfield esta en el rango de 10-90 se anota, caso contrario cambiar el spindle por el inmediato inferior, agitar nuevamente la mezcla durante 20 segundos, y repetir el procedimiento desde 8.
10. Añadir más dispersante a la mezcla (registrar cantidad que se coloca) y prender el mezclador a alta velocidad durante 20 segundos.

11. Registrar la nueva lectura, siempre que se cumpla lo indicado en el paso 9.
12. Seguir el procedimiento hasta que exista 3 lecturas iguales o comience a incrementarse el valor de la lectura.

Figura 3.9

Viscosímetro Brookfield



Los resultados finales de este análisis se los encuentra en la hoja de resultados de cada muestra y en el apéndice K, se muestra los datos obtenidos de estas pruebas.

3.9. Resumen de Resultados

Los resultados finales obtenidos de los análisis y ensayos realizados, se encuentran registrados en la hoja de resultado de cada muestra que se presentan a continuación.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS

DATOS GENERALES

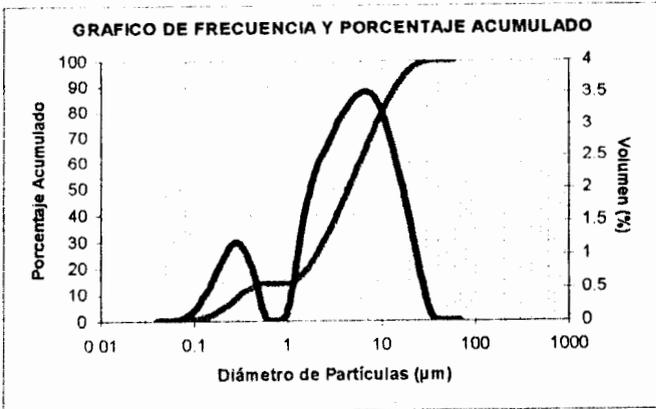
DESIGNACION:	ARLM-05
No.DE MUESTRA:	1
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	USA
COLOR:	GRIS CLARO

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm ³):	2.69
PH:	5.2
SUPER. DE AREA (m ² /g):	13.63
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	BLANCO CREMA

ANALISIS QUIMICO	
%	
SiO ₂	65.82
Al ₂ O ₃	22.78
Fe ₂ O ₃	0.91
CaO	-
MgO	0.08
K ₂ O	1.38
Na ₂ O	0.13
SO ₄	0.11
L.O.I.	8.9

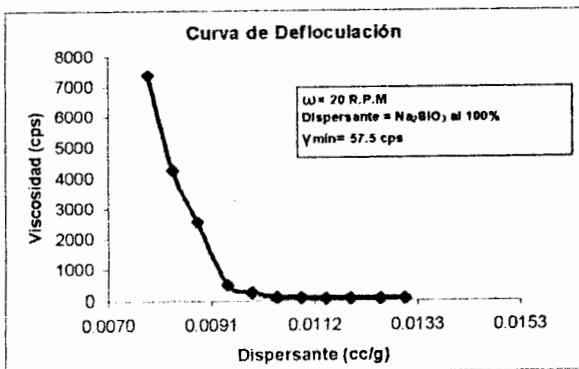
DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	0.349 µm
D25	2.207 µm
D50	4.939 µm
D75	9.701 µm
D90	15.87 µm

Media = 6.836 µm
Mediana = 4.939 µm
Desv. Stand. = 6.342 µm

ANALISIS REOLOGICO DE ARCILLAS



ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:

Feldespatos
Caolinita
Cuarzo

ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Illita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₄ AlO ₁₀ (OH) ₂

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
 CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS

DATOS GENERALES

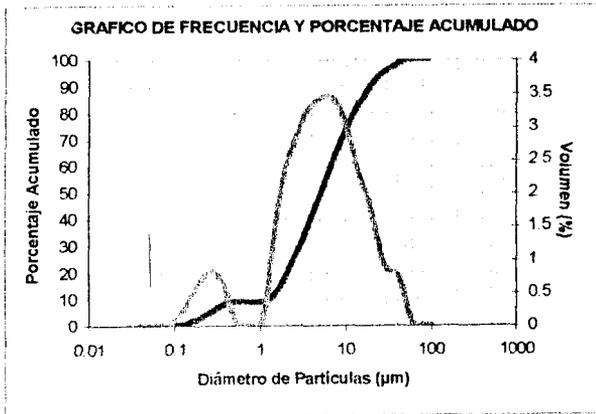
DESIGNACION:	AAS-04
No. DE MUESTRA:	2
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	ECUADOR
COLOR:	GRIS OSCURO

ANALISIS QUIMICO	
	%
iO ₂	68.65
Al ₂ O ₃	19.63
Fe ₂ O ₃	2.06
CaO	-
MgO	0.41
K ₂ O	2.19
Na ₂ O	0.9
SO ₄	0.01
L.O.I.	7

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm ³):	2.77
PH:	6.1
SUPER. DE AREA (m ² /g):	10.61
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	CANELA

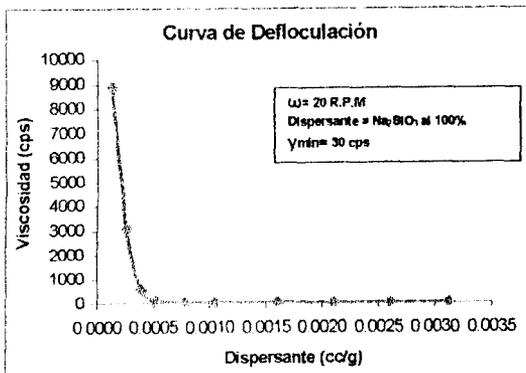
DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	1.389 µm
D25	2.741 µm
D50	5.645 µm
D75	11.47 µm
D90	21.19 µm

Media = 9.006 µm
 Mediana = 5.645 µm
 Desv. Stand. = 9.814 µm

ANALISIS REOLOGICO DE ARCILLAS



ANALISIS MORFOLOGICO
Minerales encontrados:
Feldspatos
Cuarzo
Micas

ANALISIS MINERALOGICO CUALITATIVO	
Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Illita	(K,H,O)Al ₃ Si ₃ AO ₇ (OH) ₂

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS

DATOS GENERALES

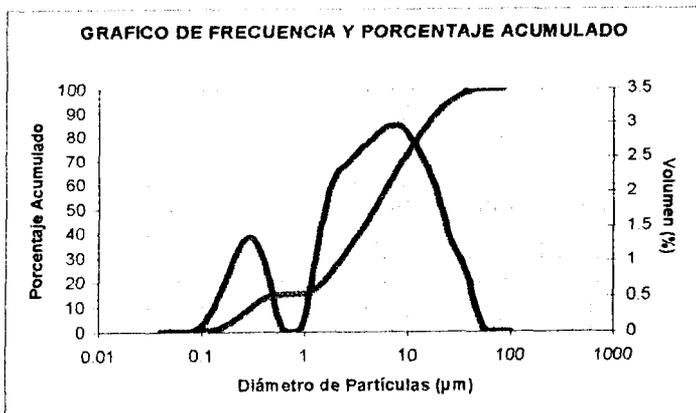
DESIGNACION:	AFL-01
No.DE MUESTRA:	3
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	USA
COLOR:	GRIS

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm ³):	2.68
PH:	5.1
SUPER. DE AREA (m ² /g):	17.77
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	BLANCO

ANALISIS QUIMICO	
%	
SiO ₂	67.12
Al ₂ O ₃	21.67
Fe ₂ O ₃	0.85
CaO	-
MgO	0.14
K ₂ O	0.92
a ₂ O	0.11
SO ₄	0.11
L.O.I.	9.97

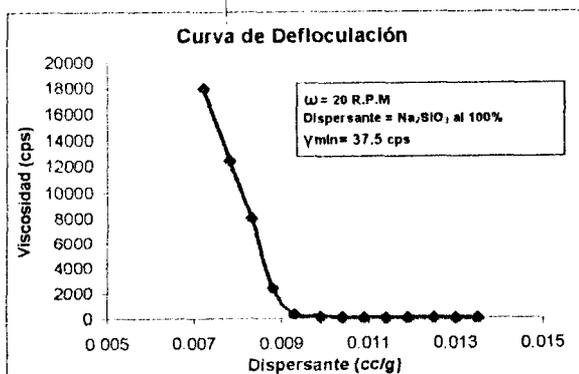
DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	0.343 µm
D25	2.109 µm
D50	5.275 µm
D75	11.77 µm
D90	21.40 µm

Media = 8.589 µm
Mediana = 5.275 µm
Desv. Stand. = 9.416 µm

ANALISIS REOLOGICO DE ARCILLAS



ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:

Feldspatos
Caolinita
Cuarzo

ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS**

DATOS GENERALES

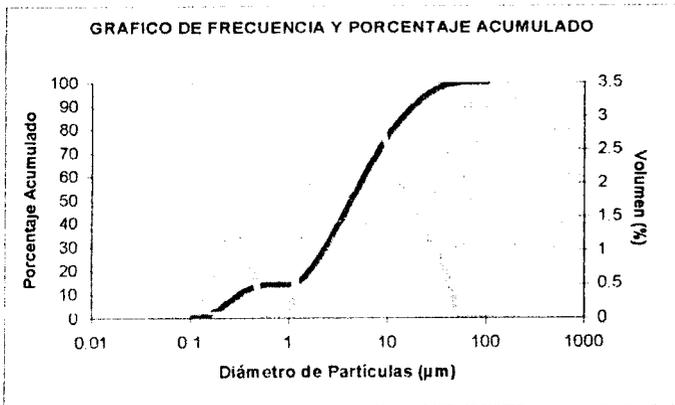
DESIGNACION:	ACH-58
No.DE MUESTRA:	4
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	ECUADOR
COLOR:	CREMA

ANALISIS QUIMICO	
%	
SiO ₂	73.81
Al ₂ O ₃	16.26
Fe ₂ O ₃	0.99
CaO	-
MgO	0.17
K ₂ O	2.2
Na ₂ O	0.73
SO ₄	0.02
L.O.I.	5.84

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm³):	2.85
PH:	4.8
SUPER. DE AREA (m²/g):	12.73
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	CANELA CLARO

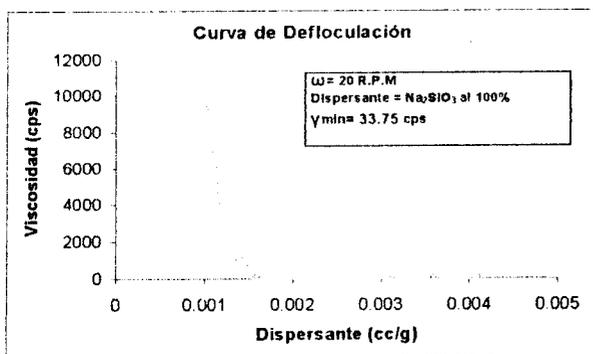
DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	0.354 µm
D25	2.201 µm
D50	4.758 µm
D75	10.25 µm
D90	20.18 µm

Media - 8.032 µm
Mediana = 4.758 µm
Desv. Stand. = 9.165 µm

ANALISIS REOLOGICO DE ARCILLAS



ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:
Feldspatos
Cuarzo
Micas

**ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO**

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Illita	(K,H ₂ O)Al ₂ Si ₄ AlO ₁₀ (OH)

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS**

DATOS GENERALES

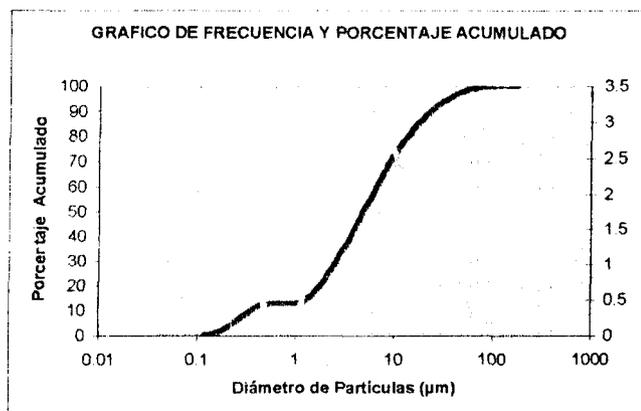
DESIGNACION:	ADR-01
No. DE MUESTRA:	5
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	ECUADOR
COLOR:	CREMA

ANALISIS QUIMICO	
%	
SiO ₂	69.48
Al ₂ O ₃	18.04
Fe ₂ O ₃	1.58
CaO	-
MgO	0.09
K ₂ O	2.69
Na ₂ O	0.74
SO ₄	0.01
L.O.I.	7.32

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm ³):	2.87
PH:	5.1
SUPER. DE AREA (m ² /g):	11.97
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	CANELA

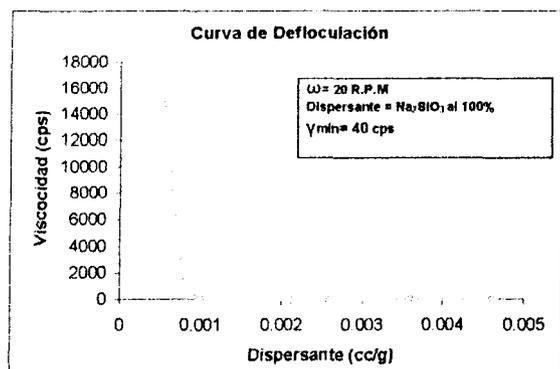
DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	0.384 µm
D25	2.370 µm
D50	5.332 µm
D75	11.99 µm
D90	25.38 µm

Media = 10.27 µm
Mediana = 5.332 µm
Desv. Stand. = 14.06 µm

ANALISIS REOLOGICO DE ARCILLAS



ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:
Feldspatos
Cuarzo
Micas

**ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO**

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Otros materiales arcillosos en menores proporciones	

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS

DATOS GENERALES

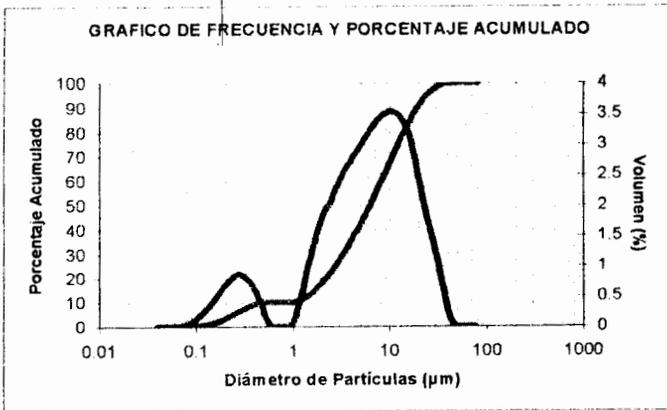
DESIGNACION:	ARC-00
No. DE MUESTRA:	6
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	COLOMBIA
COLOR:	GRIS CLARO

ANALISIS QUIMICO	
	%
SiO ₂	71.98
Al ₂ O ₃	18.95
Fe ₂ O ₃	0.67
CaO	-
MgO	0.08
K ₂ O	2.39
Na ₂ O	0.51
SO ₄	0.02
L.O.I.	5.42

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm ³):	2.73
PH:	7.4
SUPER. DE AREA (m ² /g):	15.87
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	BLANCO

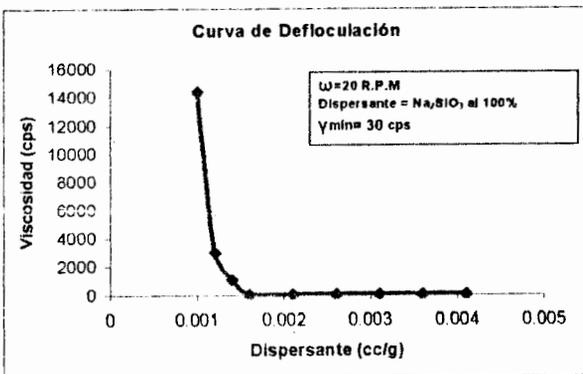
DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	0.516 µm
D25	2.976 µm
D50	6.809 µm
D75	13.36 µm
D90	21.15 µm

Media = 9.266 µm
Mediana = 6.809 µm
Desv. Stand. = 8.331 µm

ANALISIS REOLOGICO DE ARCILLAS



ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:

Feldespatos
Caolinita
Cuarzo

ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Illita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₄ AlO ₁₀ (OH) ₂

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS

DATOS GENERALES

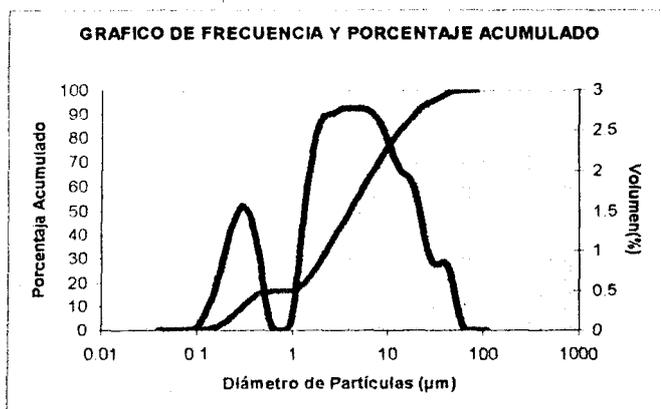
DESIGNACION:	CAC-07
No. DE MUESTRA:	7
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	ECUADOR
COLOR:	BLANCO

ANALISIS QUIMICO	
%	
SiO ₂	49.22
Al ₂ O ₃	36.22
Fe ₂ O ₃	0.30
CaO	-
MgO	0.01
K ₂ O	0.12
Na ₂ O	0.2
SO ₄	0.2
L.O.I.	13.93

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm ³):	2.68
PH:	6.6
SUPER. DE AREA (m ² /g):	11.73
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	BLANCO

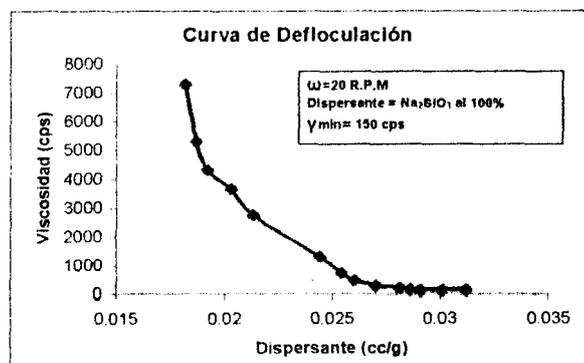
DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	0.332 µm
D25	1.844 µm
D50	4.373 µm
D75	10.45 µm
D90	20.87 µm

Media = 8.186 µm
Mediana = 4.373 µm
Desv. Stand. = 10.16 µm

ANALISIS REOLOGICO DE ARCILLAS



ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:

Feldespatos
Caolinita
Cuarzo

ANALISIS MINERALOGICO
QUALITATIVO

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Montmorillonita	Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS**

DATOS GENERALES

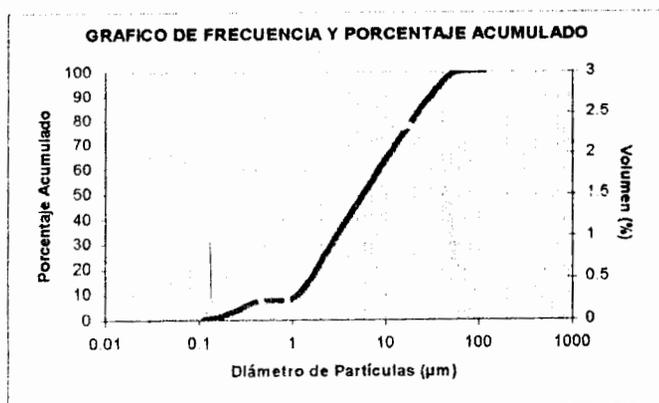
DESIGNACION:	JCA-56
No. DE MUESTRA:	8
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	ECUADOR
COLOR:	BLANCO HUESO

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm ³):	2.83
PH:	6.23
SUPER. DE AREA (m ² /g):	9.49
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	BLANCO HUESO

ANALISIS QUIMICO	
%	
SiO ₂	76.11
Al ₂ O ₃	14.85
Fe ₂ O ₃	0.79
CaO	-
MgO	0.05
K ₂ O	3.01
Na ₂ O	0.14
SO ₄	0.01
L.O.I.	5.05

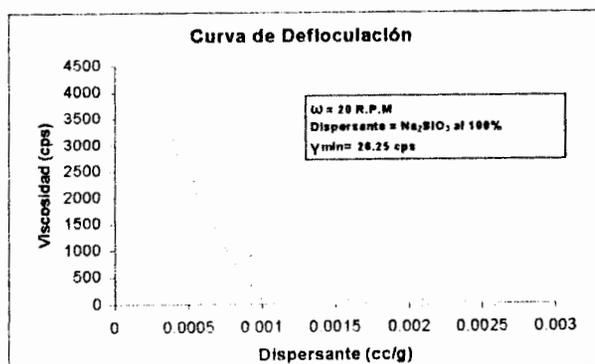
DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	1.252 µm
D25	2.414 µm
D50	6.361 µm
D75	17.14 µm
D90	33.16 µm

Media = 12.04 µm
Mediana = 6.361 µm
Desv. Stand. = 13.49 µm

ANALISIS REOLOGICO DE ARCILLAS



ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:
Feldespatos
Caolinita
Cuarzo

**ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO**

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS**

DATOS GENERALES

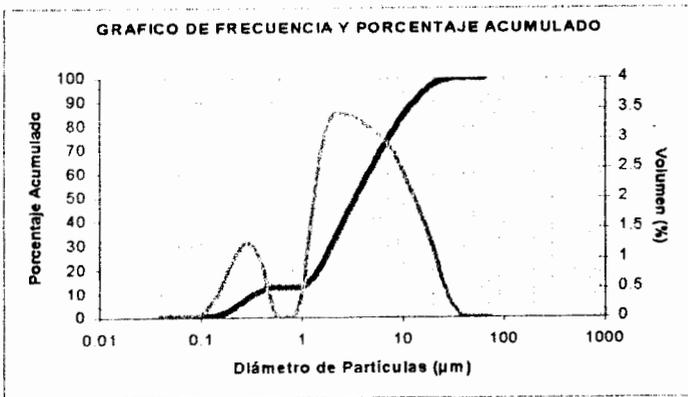
DESIGNACION:	CDE-03
No. DE MUESTRA:	9
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	ECUADOR
COLOR:	CREMA CLARO

ANALISIS QUIMICO	
	%
SiO ₂	54.79
Al ₂ O ₃	30.05
Fe ₂ O ₃	1.25
CaO	-
MgO	0.11
K ₂ O	0.7
Na ₂ O	0.16
SO ₄	0.01
L.O.I.	12.94

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm³):	2.61
PH:	5.94
SUPER. DE AREA (m²/g):	33.22
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	CREMA CLARO

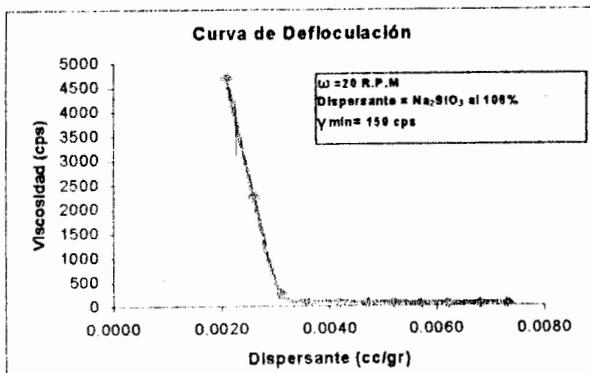
DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	0.376 µm
D25	1.870 µm
D50	3.740 µm
D75	7.919 µm
D90	14.13 µm

Media = 5.850 µm
Mediana = 3.740 µm
Dev. Stand. = 5.954 µm

ANALISIS REOLOGICO DE ARCILLAS



ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:
Feldspatos
Caolinita
Cuarzo

**ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO**

Mineral	Comp. Quimica
Cuarzo	Si ₂ O
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS**

DATOS GENERALES

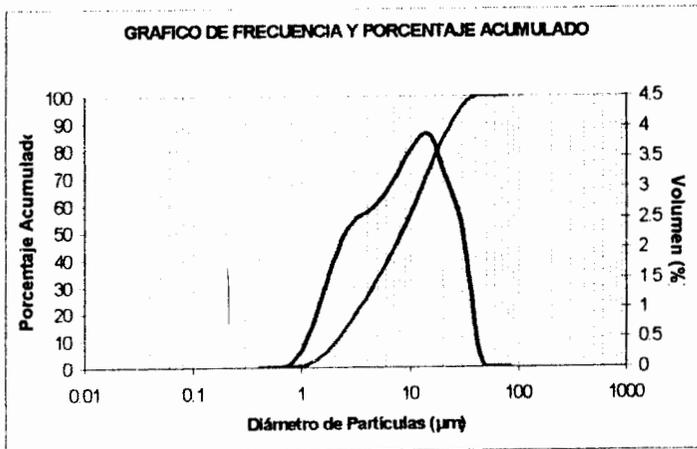
DESIGNACION:	FECH-56
No.DE MUESTRA:	10
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	ECUADOR
COLOR:	BLANCO

ANALISIS QUIMICO	
	%
SiO ₂	78.64
Al ₂ O ₃	13.58
Fe ₂ O ₃	0.4
CaO	-
MgO	0.11
K ₂ O	0.13
Na ₂ O	5.49
SO ₄	0.01
L.O.I.	3.11

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm³):	2.72
PH:	5.8
SUPER. DE AREA (m²/g):	6.4
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	BLANCO

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	2.339 µm
D25	4.204 µm
D50	9.300 µm
D75	17.37 µm
D90	26.72 µm

Media = 12.06 µm
 Mediana = 9.300 µm
 Dev. Stand. = 9.635 µm

ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:

Feldespato
 Sulfuro de Hierro

**ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO**

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Albita	NaAlSi ₃ O ₈

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS**

DATOS GENERALES

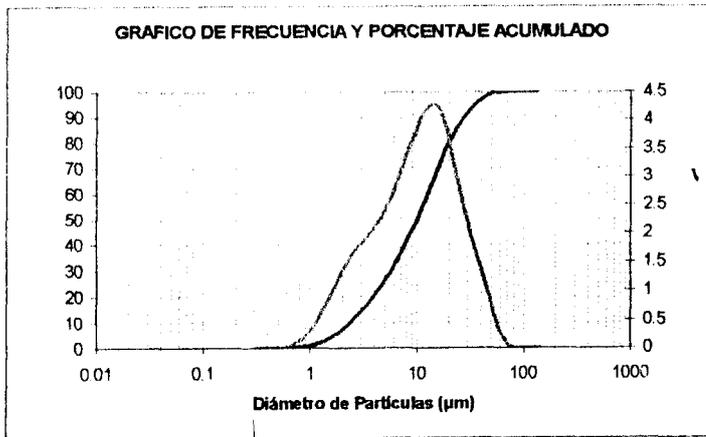
DESIGNACION:	FECH-58
No.DE MUESTRA:	11
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	ECUADOR
COLOR:	BLANCO

ANALISIS QUIMICO	
%	
SiO ₂	79.08
Al ₂ O ₃	13.52
Fe ₂ O ₃	0.66
CaO	-
MgO	0.23
K ₂ O	0.08
Na ₂ O	3.07
SO ₄	0.01
L.O.I.	3.31

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm³):	2.74
PH:	5.4
SUPER. DE AREA (m²/g):	4.6
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	BLANCO

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	2.627 µm
D25	5.326 µm
D50	11.11 µm
D75	19.49 µm
D90	30.63 µm

Media = 14.28 µm

Mediana = 11.11 µm

Desv. Stand. = 11.93 µm

ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:

Feldespato

**ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO**

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Albita	NaAlSi ₃ O ₈

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CARACTERIZACION FISICA/QUÍMICA DE MUESTRAS**

DATOS GENERALES

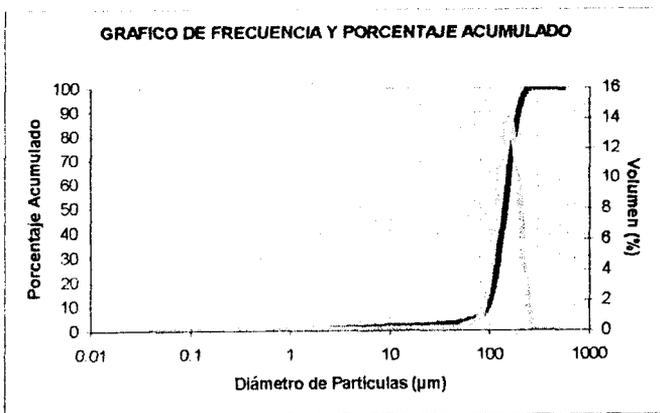
DESIGNACION:	SPUG-01
No.DE MUESTRA:	12
PROVEEDOR:	CONFIDENCIAL
PROCEDENCIA:	ECUADOR
COLOR:	AMARILLO CLARO

ANALISIS QUIMICO	
	%
SiO ₂	98.6
Al ₂ O ₃	0.16
Fe ₂ O ₃	0.09
CaO	-
MgO	-
K ₂ O	0.06
Na ₂ O	0.09
SO ₄	0.01
L.O.I.	0.30

ENSAYOS

DENSIDAD (g/cm ³):	2.75
PH:	6.1
SUPER. DE AREA (m ² /g):	0.78
COLOR AL QUEMADO (1000 °C)	CANELA

DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS



D10	1.252 µm
D25	2.414 µm
D50	6.361 µm
D75	17.14 µm
D90	33.16 µm

Media = 12.04 µm
 Mediana = 6.361 µm
 Desv. Stand. = 13.49 µm

ANALISIS MORFOLOGICO

Minerales encontrados:

Cuarzo
 Micas

**ANALISIS MINERALOGICO
CUALITATIVO**

Mineral	Comp. Química
Cuarzo	Si ₂ O
Impurezas	

CAPITULO 4

4. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se analizará los resultados obtenidos de los diferentes ensayos efectuados , realizando una comparación entre las materias primas nacionales y las importadas proporcionadas por las compañías ecuatorianas. En caso de los caolines, feldespatos y cuarzo debido a la falta de muestras importadas por dichas compañías, la comparación se la realizará con muestras de compañías extranjeras utilizando parámetros que se dan en las hojas técnicas de las mismas.

ARCILLAS

En la tabla 22, se observa la procedencia de las materias primas que se va analizar y a comparar.

Tabla 22

Procedencia de las Arcillas

DESIGNACION	No. DE MUESTRA	PROCEDENCIA
ARLM-01	1	USA
AAS-04	2	Ecuador
AFL-01	3	USA
ACH-58	4	Ecuador
ADR-01	5	Ecuador
ARC-00	6	Colombia

Densidad

Tabla 23

Tabla de Densidades de las arcillas

ENSAYO	ARCILLAS					
	ARLM-05	AAS-04	AFL-01	ACH-5°	ADR-01	ARC-00
Densidad (g/cm ³)	2.69	2.77	2.68	2.85	2.87	2.73

La densidad teórica encontrada en diferentes referencias (9) y (13), esta entre 2.6 y 2.8 g/cm³. Las arcillas importadas de USA las cuales tienen una densidad muy parecida y la de Colombia, son más bajas en su densidad, en comparación con las arcillas nacionales, y se encuentran dentro del rango de densidad teórico. La densidad de las arcillas nacionales se encuentra por

encima de este rango, a excepción de AAS-04. Esto se debe a la presencia de impurezas dentro de su composición.

pH

Tabla 24

Tabla de pH de las arcillas

		ARCILLAS					
Ensayo	ARLM-05	AAS-04	AFL-01	ACH-58	ADR-01	ARC-00	
pH	5.2	6.1	5.1	4.8	5.1	7.4	

El pH teórico de las arcillas, según la referencia (9), está dentro del rango de 4.2 a 7. Las arcillas importadas de USA presentan un nivel de pH similar, y por el resultado dado en el ensayo se puede determinar que son ácidas. Las arcillas nacionales ACH-58, ADR-01 y AAS-04 presentan también pH ácido, siendo la ACH-58 la más ácida. La arcilla colombiana ARC-00 muestra tener un pH neutro.

Análisis Químico

Tabla 25

Tabla de Análisis Químico de las arcillas

PARÁMETROS (%)	ARCILLAS					
	ARLM-05	AAS-04	AFL-01	ACH-58	ADR-01	ACR-00
SiO ₂	65.82	68.65	67.12	73.81	69.48	71.98
Al ₂ O ₃	22.78	19.63	21.67	16.26	18.04	18.95
Fe ₂ O ₃	0.91	2.06	0.85	0.99	1.58	0.67
CaO	-	-	-	-	-	-
MgO	0.08	0.41	0.14	0.17	0.09	0.08
K ₂ O	1.38	2.19	0.92	2.20	2.69	2.39
Na ₂ O	0.13	0.90	0.11	0.73	0.74	0.51
SO ₄	0.11	0.01	0.11	0.02	0.01	0.02
L.O.I.	8.90	6.16	9.19	5.84	7.32	5.42

Las arcillas nacionales y la de Colombia presentan un mayor porcentaje de óxido de silicio que las arcillas americanas. En teoría, el sílice libre en la arcilla reduce la plasticidad, el encogimiento al secado y al quemado, la refractoriedad y esfuerzos de tensión y de compresión, propiedades que en esta tesis no se han realizado.

Las arcillas ARLM-05 y AFL-01 de USA tienen en su composición química un mayor porcentaje de óxido de aluminio en comparación con las demás arcillas, lo que haría que las arcillas e USA tengan mejores propiedades

mecánicas tales como la resistencia a altas temperaturas, mayor resistencia al choque térmico entre otros.

El porcentaje de óxido de hierro es mayor en las arcillas nacionales AAS-04, ACH-58 y ADR-01, lo cual tendrá un efecto de alteración en el color al quemar las arcillas, como se lo analizará posteriormente.

El porcentaje de óxidos de calcio, magnesio, sodio y potasio en conjunto es menor en las arcillas ARLM-05 y AFL-01 en comparación con el resto. Lo cual reduciría el efecto de los diferentes cationes en el intercambio con otras especies en suspensiones, lo que afecta el comportamiento reológico de las mismas.

El porcentaje teórico por pérdidas por ignición va desde un 4% hasta 15% de acuerdo a la referencia (14). Las pérdidas por ignición (L.O.I.) de las arcillas ARLM-05 y AFL-01 de USA son mayores que las de las otras arcillas, lo cual infiere que contienen un mayor porcentaje, componentes orgánicos (impurezas), y carbón libre, esto lo podemos confirmar por la coloración al ambiente que tenían estas arcillas.

Color al quemado a 1000 °C.

Tabla 26

Tabla de Color al Ambiente y a 1000 °C de las arcillas

	ARCILLAS					
COLOR	ARLM-05	AAS-04	AFL-01	ACH-58	ADR-01	ARC-00
Color al ambiente	Gris Claro	Gris Oscuro	Gris	Crema	Crema	Gris Claro
Color a 1000 °C	Blanco Hueso	Canela	Blanco	Canela Claro	Canela	Blanco

Como se observa en la tabla 26, las arcillas importadas ARLM-05, AFL-01 y ARC-00 tienen una coloración gris al ambiente, también la arcilla nacional AAS-04 tiene este tipo de coloración. Esto ocurre debido a la presencia de componentes orgánicos dentro de su composición. Las arcillas nacionales ACH 58 y ADR-01 tienen una coloración crema, esto es debido a la presencia de material orgánico y de porcentajes significativos de óxido de hierro en su composición química.

Las arcillas importadas ARLM-01, AFL-01 y ARC-00, luego del quemado presentan una coloración blanca, debido a la evaporación de los compuestos orgánicos de su composición. Las demás arcillas, después de quemadas presentan un color canela debido al contenido significativo de óxido de hierro.

Es necesario anotar que las arcillas importadas generalmente pasan por un proceso de beneficiamiento (limpieza y mejoramiento del material) de

acuerdo a su posible utilización, es probable que estas arcillas sean utilizadas en la industria de cerámica blanca donde es importante que tengan colores claros, lo cual explicaría el tipo de coloración final al quemado.

Análisis Mineralógico

En todas las arcillas encontramos la presencia bien definida del mineral cuarzo (Si_2O).

En el caso de las arcillas ARLM-05 y AFL-01 de USA, y la ARC-00 de Colombia se observa la presencia bien definida del mineral caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5$), en las nacionales no se encuentran este mineral, a excepción de la arcilla nacional AAS-04, donde no se encuentra bien definida.

Se determina la presencia del mineral Illita ($((\text{K},\text{H}_3)\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH}))$) en las arcillas ARLM-05, AAS-04, ACH-58, ARC-00

Análisis Morfológico

En las arcillas importadas ARLM-05, AFL-01 de USA y la ARC-00 de Colombia se observo a través del macroscopio la presencia de cristales de feldespato, caolinita y cuarzo.

En las arcillas nacionales AAS-04, ACH-58, y ADR-01, se observó la presencia de cristales de feldspatos, cuarzo y micas

En la figura 4.1 se observa la presencia de los cristales arriba mencionados, dentro de la arcilla AAS-04.

Figura 4.1

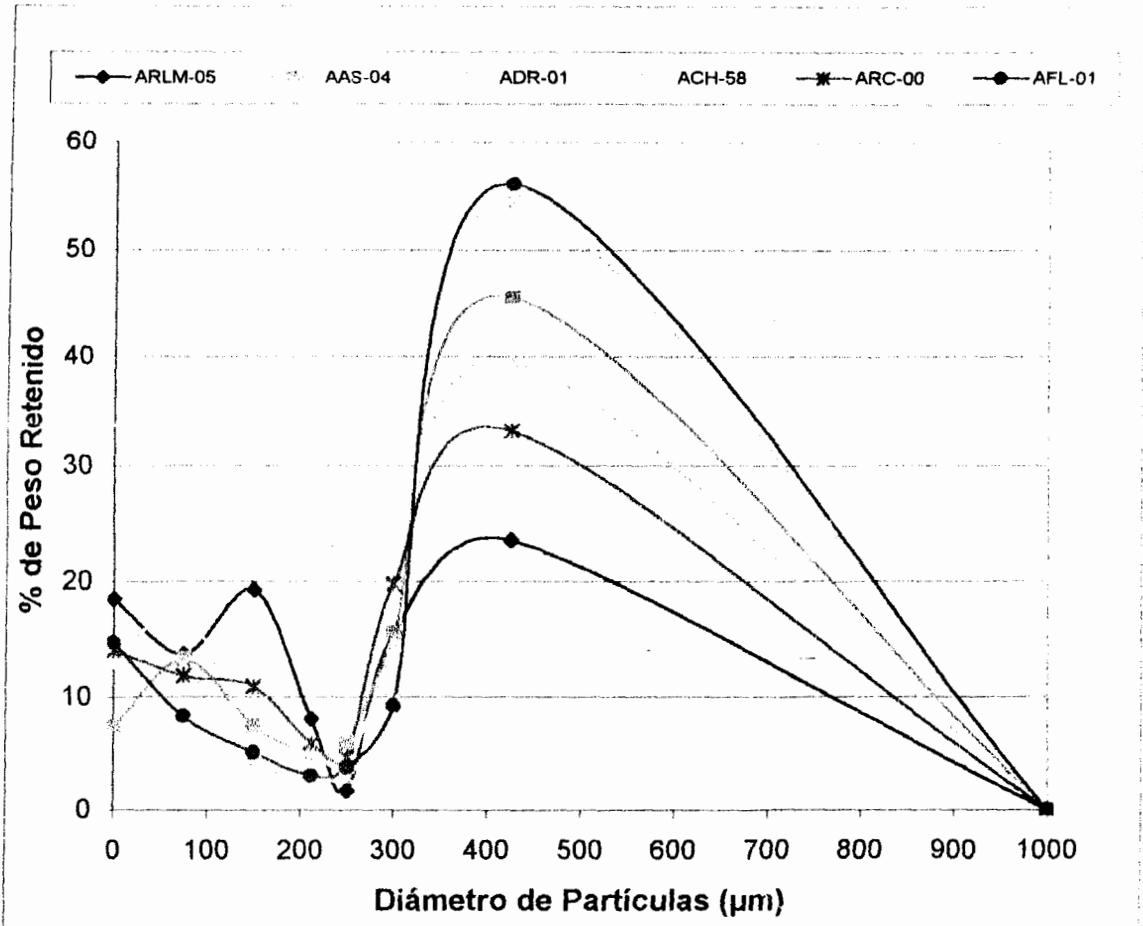
Morfología de la arcilla AAS-04



Análisis de Distribución de tamaño de partículas y Superficie de área

Gráfico 4.2

Gráfico de Distribución de tamaño de partículas de las arcillas
utilizando el Método Tamices



Al inicio todas las arcillas se las trituro y se las llevo a un tamaño de grano inferior a 1mm (se las hizo pasar por malla 18). Como se puede observar en el gráfico 4.2, hay realizar el análisis por este método la función de distribución de tamaño de partículas de las arcillas no queda bien definida, y

también no se puede determinar que porcentaje de partículas coloidales están presentes en las mismas, esto se debe a que esta técnica solo permite medir tamaño de partículas mayores a $44\ \mu\text{m}$ (malla 375). Sin embargo en algunos procesos cerámicos como el de vaciado utilizado en la industria de cerámica blanca, se necesita que las partículas tengan un tamaño inferior al arriba mencionado, debido a que se requiere que la mezcla de arcilla, agua y otros componentes de cómo resultado una suspensión homogénea y estable, lo cual no se lograría con un tamaño de partículas muy grande.

Determinar el porcentaje de partículas coloidales es importante porque tiene influencia en las propiedades mecánicas y reológicas entre otras en los productos basados en arcillas. Para esto se necesitaría recurrir a otros tipos de análisis que nos permitan determinar la presencia de estas partículas, como el análisis por láser de tamaño de partículas y de superficie de área.

Gráfico 4.3

Gráfico de la Distribución de tamaño de partículas de las arcillas
utilizando el método de Difracción por Láser

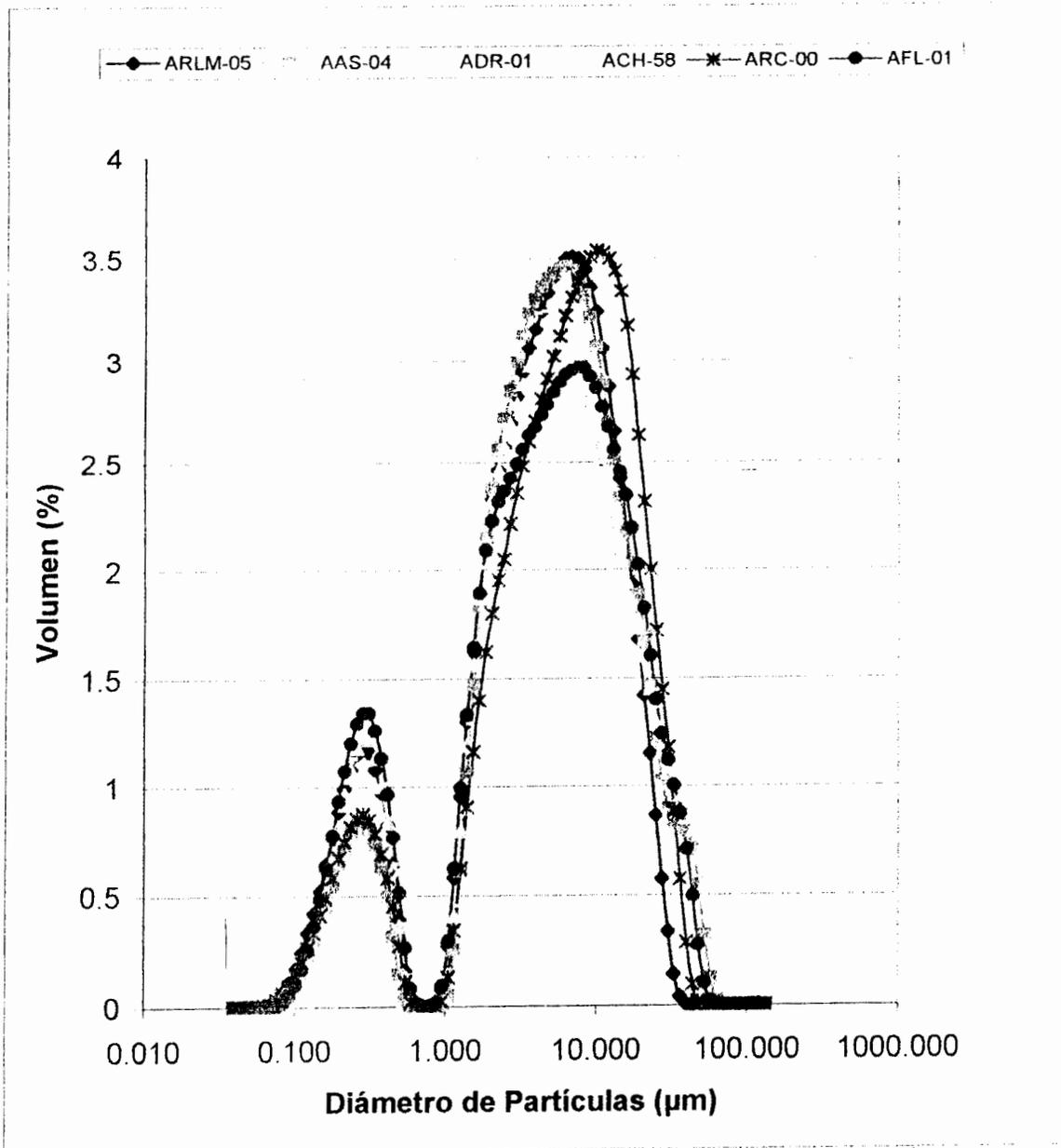


Tabla 27

Tabla del Diámetro de partículas y Superficie de área de las arcillas

ENSAYO	ARCILLAS					
	ARLM-05	AAS-04	AFL-01	ACH-58	ADR-01	ARC-00
Media (x)	6.836	9.006	8.589	8.032	10.27	9.266
D75<	9.701	11.47	11.77	10.25	11.99	13.36
Superficie de área (m ² /g)	13.63	10.61	17.77	12.73	11.99	10.87

Las partículas de las arcillas tienen un tamaño promedio entre a 4-10 μm de diámetro (8). Como se observa en la tabla 27 el valor de la media del tamaño de distribución de partículas de la arcilla ARC-00 es la más alta y la de la ARLM-05 la más baja.

En el gráfico 4.3 se puede ver el comportamiento de la distribución de tamaño de partículas de las arcillas que han pasadas por tamiz 100 (0.150 mm), dan como resultado una función Bimodal en la que se encuentra bien definida la parte coloidal y de polvos de la muestra.

Como se observa en este gráfico la arcilla AFL-01 de USA es la que contiene mayor cantidad de partículas coloidales, la ARLM-05 de USA, y las nacionales ACH-58 y ADR-01, tienen un porcentaje parecido de partículas coloidales, la ARC-00 de Colombia y la nacional AAS-04 son las que tienen menor porcentaje de partículas coloidales.

La presencia de material coloidal en las arcillas lo pudimos determinar porque se utilizó el método de difracción por láser, el cual permite analizar tamaño de partículas que estén dentro de un rango de 0.4 –100 μm .

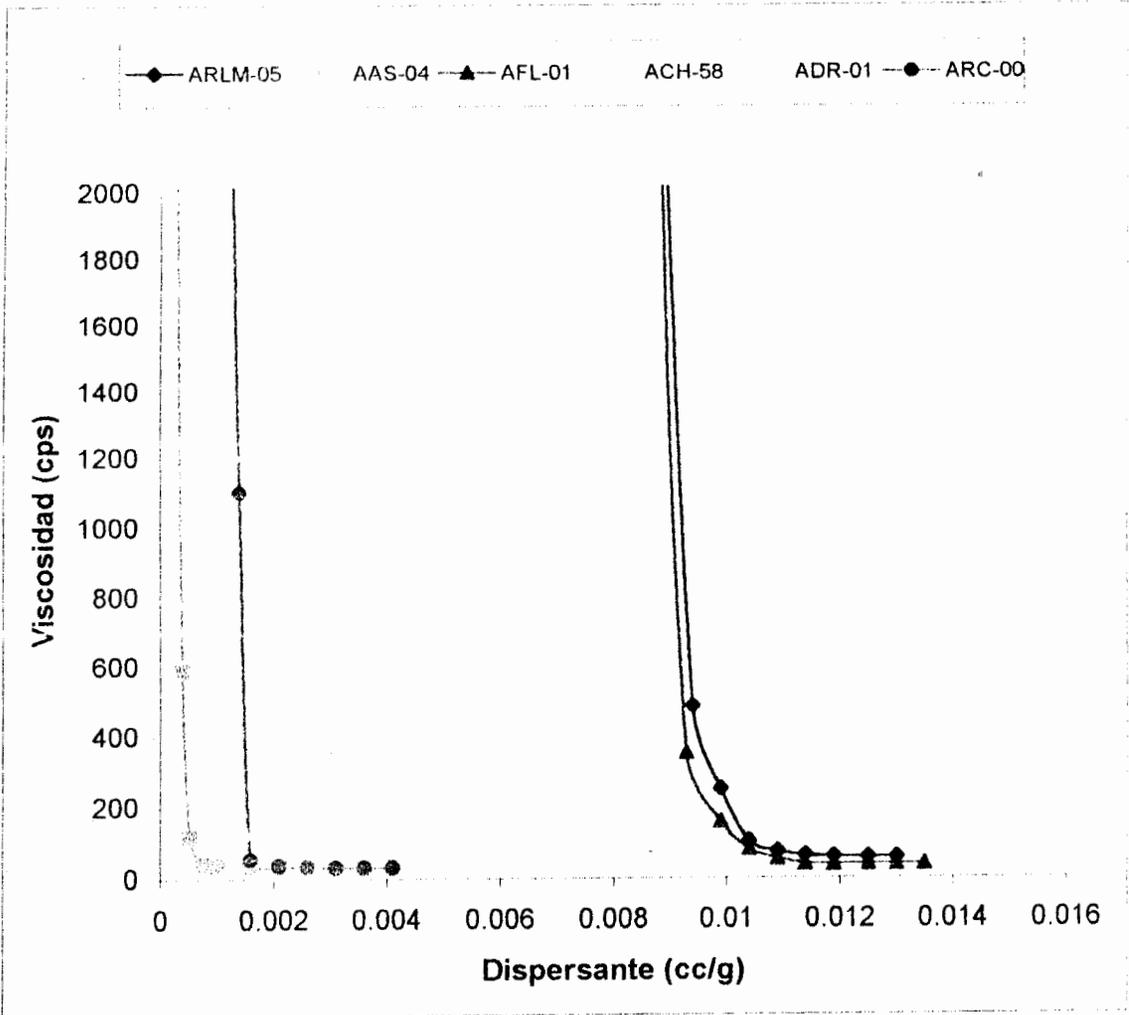
Al analizar los resultados del análisis de superficie de área señalados en la tabla 27, se observa que las arcillas ARLM-05 y AFL-01 de USA son las que tienen los mayores valores superficie de área, y esto se lo puede corroborar debido a que los valores promedio del tamaño y la distribución de partículas son menores en las restantes. La superficie de área tiene una relación inversamente proporcional al valor medio del tamaño de partículas de acuerdo a la referencia (8).

Si comparamos los resultados obtenidos en el análisis de distribución de partículas por el método de difracción por láser y el análisis de superficie de superficie área, se obtiene resultados congruentes con el valor promedio del tamaño de distribución de partículas.

Análisis Reológico

Gráfico 4.4

Gráfico de las Curvas de Defloculación de las arcillas



Como se puede observar en el gráfico 4.4 las arcillas ARLM-05 y la AFL-01 de USA, son las que necesitaron mayor cantidad de dispersante para poder deflocular, esto se debe a que estas presentan dentro de su composición química la mayor cantidad de sulfatos (ver tabla 25), los cuales incrementan la viscosidad de la suspensión de acuerdo a la referencia (7), haciendo que estas necesitan mayor porcentaje de dispersante para llegar a la viscosidad mínima. Los sulfatos en general, pueden ayudar o impedir un comportamiento adecuado en la reología de las suspensiones de arcilla. Por un lado, si se encuentra un alto porcentaje de sulfatos, no es beneficioso para la industria puesto que tendrían que utilizar además de dispersante un aditivo como el carbonato de bario para contra restar el efecto de los sulfatos presentes en la arcilla, lo cual incide en los costos de producción. Por otro lado, se necesita que la viscosidad de la suspensión sea la adecuada dentro de un tiempo de trabajo relativamente corto, y los sulfatos de diferentes iones ayudan a llegar a esta viscosidad.

Sin embargo esta no es la única variable que afecta la reología de las suspensiones de arcilla. Una vez que se ha determinado la cantidad de dispersante que se requiere agregar a la solución para que alcance una viscosidad de trabajo aceptable, la cual es un poco más alta que la mínima viscosidad que se puede obtener con un determinado contenido de sólidos, hay que tomar en cuenta el efecto de gelación de las arcillas. Este es el

tiempo y la forma como la suspensión de arcilla alcanza una viscosidad constante.

CAOLINES

En la tabla 28, podemos observar la procedencia de las materias primas que se van analizar. Las arcillas obtenidas en el Ecuador serán comparadas con los datos técnicos de uno de los caolines comercializados por la compañía WBB Devon Clays Ltd. que es una de las principales distribuidoras de caolines a nivel mundial.

Tabla 28

Procedencia de los caolines

DESIGNACIÓN	No. DE MUESTRA	PROCEDENCIA
CAC-07	7	Ecuador
JCA-56	8	Ecuador
CDE-03	9	Ecuador
WBB-HPC	-	USA

Densidad

Tabla 29

Tabla de densidades de los caolines

ENSAYO	CAOLINES		
	CAC-07	JCA-56	CDE-03
Densidad(g/cm ³)	2.68	2.83	2.61

La densidad teórica de la caolinita pura encontrada en la referencia (9) se encuentra entre 2.60 y 2.80 g/cm³. Si tomamos como referencia este rango de densidades y sabiendo que uno de los principales componentes minerales de los caolines es la caolinita, podemos señalar que los resultados de densidad señalados en la tabla 29 están dentro de los parámetros.

pH

Tabla 30

Tabla de pH de los caolines

	CAOLINES			
ENSAYO	CAC-07	JCA-56	CDE-03	WWB-HPC
pH	6.59	6.23	5.94	5.1

Los caolines nacionales presentan un nivel de pH muy poco ácidos, en comparación con el caolín WWB-HPC, recordando que la materia prima que tomamos como referencia, ha pasado por un proceso de beneficiamiento, dentro del cual se utiliza soluciones ácidas.

Análisis Químico**Tabla 31****Tabla de Análisis Químico de los caolines**

PARÁMETROS (%)	CAOLINES			
	CAC-07	JCA-56	CDE-03	WWB-HCP
SiO ₂	49.22	76.11	54.79	47.9
Al ₂ O ₃	36.22	14.85	30.05	36.3
Fe ₂ O ₃	0.30	0.79	1.25	0.8
CaO	-	-	-	0.3
MgO	0.01	0.05	0.11	0.4
K ₂ O	0.12	3.01	0.70	2.8
Na ₂ O	0.20	0.14	0.16	0.1
SO ₄	0.20	0.01	0.010	-
L.O.I.	13.93	5.05	12.94	11.3

EL caolín nacional JCA-56 presenta un mayor porcentaje de óxido de silicio que el resto de caolines. Este caolín tiene un porcentaje de sílice mas alto que los caolines en general, de acuerdo a la referencia (2).

Los caolines nacionales CAC-07 y CDE-03 y la arcilla de referencia de WWB-HCP de USA tienen en su composición química un mayor porcentaje de óxido de aluminio en comparación con el caolín JCA-56 , lo que en teoría haría que estos caolines tengan mejores propiedades mecánicas tales como la resistencia a altas temperaturas, mayor resistencia al choque térmico entre otros.

El porcentaje de óxido de hierro que se da en el caolín nacional CDE-03 determina la coloración del mismo como se analizaré posteriormente

El porcentaje de óxidos de calcio, magnesio, sodio y potasio en conjunto es menor en los caolines CAC-07 y CDE-03 en comparación con el resto. Lo cual en teoría reduciría el efecto de los diferentes cationes en el intercambio con otras especies en suspensiones, que afectará la reología de las mismas.

El porcentaje teórico por pérdidas por ignición va desde un 10% hasta 15% de acuerdo a la referencia (16). Las pérdidas por ignición (L.O.I.) de los caolines nacionales CAC-07 y CDE-03 y la arcilla de referencia de USA, son mayores que las de el caolín JCA-56, lo cual puede ocurrir debido a que la caolinita a 450 °C, pierde el agua que se encuentra cristalizada en su composición, lo que haría que caolines que tengan un alto porcentaje de caolinita tendrán un mayor porcentaje de pérdidas por ignición producto de la evaporación del agua a esa temperatura.

Color al quemado a 1000 °C**Tabla 32****Tabla de color al ambiente y a 1000 °C de los caolines**

COLOR	CAOLINES		
	CAC-07	JCA-56	CDE-03
Color al ambiente	Blanco	Blanco Hueso	Crema Claro
Color a 1000 °C	Blanco	Blanco Hueso	Crema Claro

Como podemos observar en la tabla 32, los caolines nacionales CAC-07 y JCA-56 tienen una coloración blanca al ambiente y al quemado, esto es debido al poco % de óxido de hierro que tiene en su composición (ver tabla química 31), en cambio el CDE-03 tiene una coloración de crema claro al ambiente y al quemado esto es debido al mayor porcentaje de óxido de hierro en su composición.

Análisis Mineralógico Cualitativo

En todos los caolines encontramos la presencia bien definida de los minerales cuarzo (Si_2O) y caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5$).

Se determina la presencia del mineral montmorilonita en el caolín CAC-07.

En la hoja técnica del caolín WWB-HCP, se determina la presencia de caolinita, cuarzo, micas y material carbónico

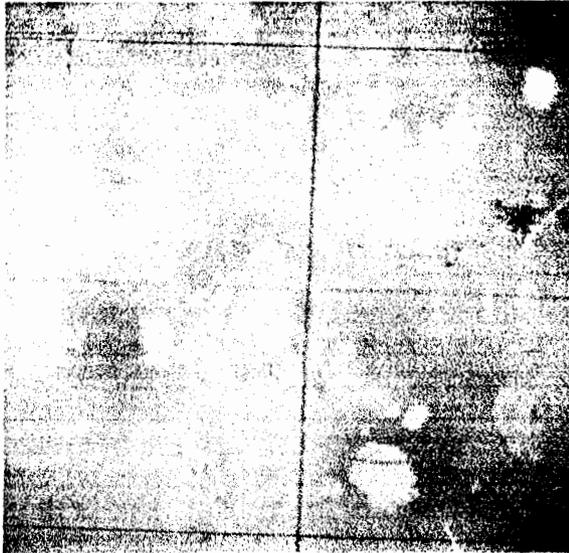
Análisis Morfológico

En los caolines nacionales CAC-07, JCA-56, y CDE-03, se observo a través del macroscopio la presencia de cristales de feldespato, caolinita y cuarzo.

En la figura 4.5 se observa la presencia de los cristales arriba mencionados, dentro del caolín CDE-03.

Figura 4.5

Morfología del caolín CDE-03



Análisis de Distribución de tamaño de partículas y Superficie de área

Al principio al igual que en las arcillas se realizó el análisis de distribución de tamaño de partículas por el método de tamices, pero se presentaron los mismos resultados que en las arcillas, por lo que se realizó este análisis por el método de difracción por láser.

Gráfico 4.6

Gráfico de la Distribución de tamaño de partículas de los caolines utilizando el método de Difracción por Láser

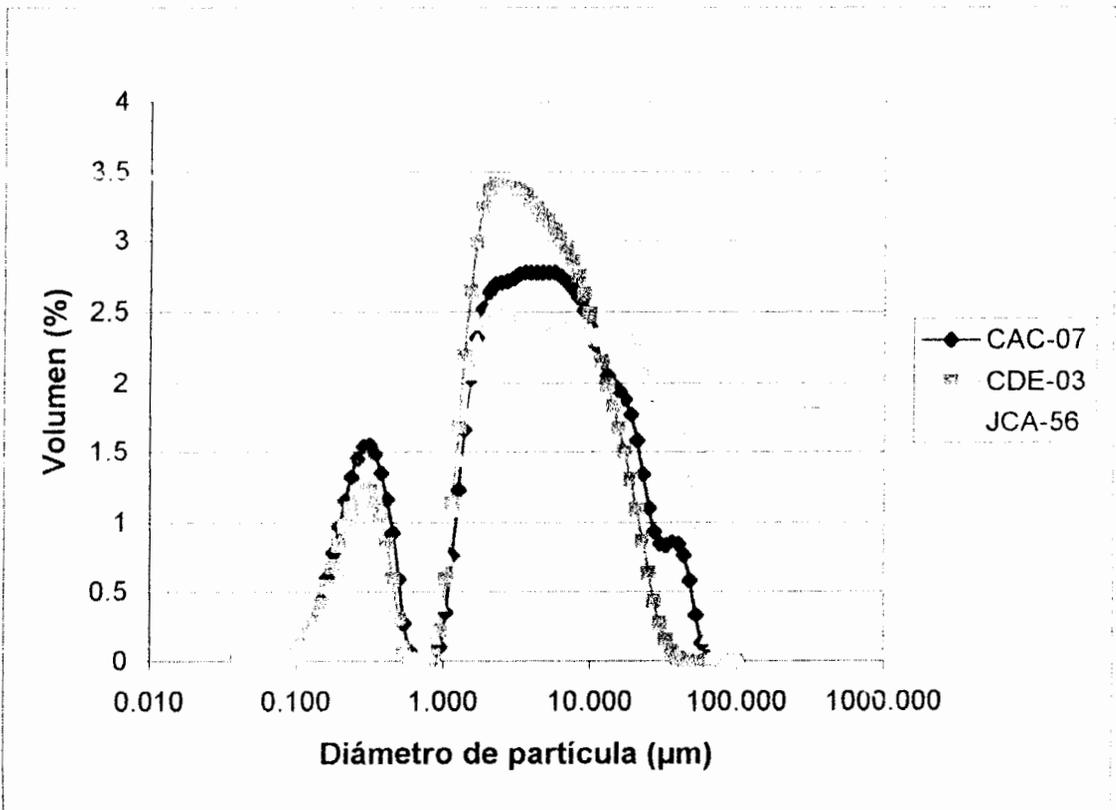


Tabla 33**Tabla del Diámetro de partículas y Superficie de área de los Caolines**

Ensayo	CAOLINES			
	CAC-07	JCA-56	CDE-03	WWB-HCP
Media (μm)	8.186	12.04	5.850	-
D75 _{<} (μm)	10.45	17.14	7.919	6.5
Superficie de área (m^2/g)	11.73	9.49	33.22	9

Las partículas de los caolines tienen también un tamaño promedio entre a 4-10 μm de diámetro (8). Como podemos observar en la tabla 33 el valor promedio de la distribución de tamaño de partículas del caolín JCA-56 es la más alta y la del CDE-03 es la más baja.

En el gráfico 4.6 se puede ver el comportamiento de la distribución de tamaño de partículas de los caolines que han sido pasada por un tamiz 100 (0.150 mm) dando como resultado una función Bimodal en la que esta bien definida la parte coloidal y de polvos de la muestra.

Como se observa en este gráfico el caolín JCA-56, es el que contiene la menor cantidad de partículas coloidales, y los caolines CAC-07 y CDE-03 tienen un porcentaje parecido de partículas coloidales.

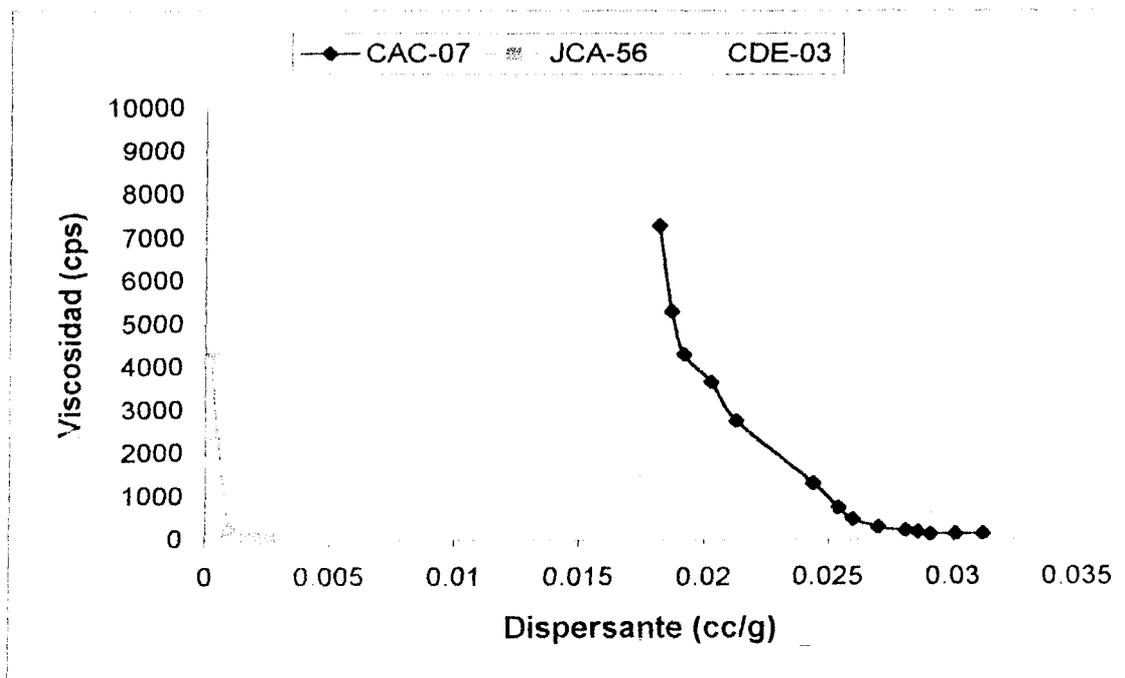
Al analizar los resultados del análisis de superficie de área señalados en la tabla 33, se determina que el caolín CDE-03 es el que registra el mayor valor de superficie de área, por lo que se concluye que tienen el menor valor promedio de distribución de tamaño de partículas, tal como lo podemos corroborar con el valor señalado en la tabla. El caolín JCA-56 es el que tiene el menor valor de superficie de área, por lo que tendrá un valor promedio mayor de tamaño de partículas.

Como se observa si comparemos los resultados obtenidos en el análisis de distribución de partículas por el método de difracción por láser y el análisis de superficie de superficie área, que se realizaron a los caolines nacionales, obtendremos las mismas conclusiones de cuales tienen un mayor o menor porcentaje de partículas coloidales.

Análisis Reológico

Gráfico 4.7

Gráfico de las Curvas de Defloculación de los caolines



Como se puede observar en el gráfico 4.7 el caolín CAC-07, es la que necesita mayor cantidad de dispersante para poder deflocular, esto se debe a que estas presentan dentro de su composición química la mayor cantidad de sulfatos (ver tabla 31), los cuales hacen que la solución sea más viscosa.

FELDESPATOS

En la tabla 34, podemos observar la procedencia de las materias primas que vamos a analizar y la compararemos con los datos técnicos tomados de la referencia (2).

Tabla 34

Procedencia de los feldespatos

DESIGNACIÓN	No. DE MUESTRA	PROCEDENCIA
FECH-56	10	Ecuador
FECH-58	11	Ecuador
FELD-A	-	USA

Densidad

Tabla 35

Tabla de densidades de los feldespatos

ENSAYO	FELDESPATOS		
	FECH-56	FECH-58	FELD-A
Densidad(g/cm ³)	2.72	2.74	-

La densidad teórica de los feldespatos que se señala en la referencia (19) se encuentra entre 2.55 a 2.76 g/cm³. Como se observa en la tabla 35 la densidad de los feldespatos nacionales esta dentro de este rango.

pH

Tabla 36

Tabla de pH de los feldespatos

ENSAYO	FELDESPATOS		
	FECH-56	FECH-58	FELD-A
pH	5.8	5.4	-

Los feldespatos nacionales presentan un nivel de pH ácidos, lo cual se podría dar por la presencia de minerales ácidos en su composición, como por ejemplo la albita (ver análisis mineralógico)

Análisis Químico

Tabla 37

Tabla de análisis químico de los feldespatos



PARAMETROS (%)	FELDESPATOS		
	FECH-56	FECH-58	FELD-A
SiO ₂	78.64	79.08	66.8
Al ₂ O ₃	13.58	13.52	19.6
Fe ₂ O ₃	0.40	0.66	0.04
CaO	-	-	1.70
MgO	0.11	0.23	-
K ₂ O	0.13	0.08	4.80
Na ₂ O	5.49	3.07	6.90
SO ₄	0.01	0.01	-
L.O.I.	1.65	3.31	0.20

Los feldespatos nacionales FECH-56 y FECH-58 presentan un mayor porcentaje de SiO_2 en comparación con el FELD-A de USA. Esto se debe a que en el mineral albita (ver análisis mineralógico cualitativo) el contenido de ácido silícico es alto.

El porcentaje de óxido de hierro que se da en los feldespatos nacionales FECH-56 y FECH-58 es mayor que el FELD-A de USA. Esto es debido a que este último ya pasó por un proceso de beneficiamiento en donde se redujo este porcentaje.

El porcentaje de óxidos de calcio, magnesio, sodio y potasio en conjunto es menor en los feldespatos FECH-56 y FECH-58 en comparación con la FELD-A. Los feldespatos son minerales que actúan como fundentes dentro de algunos procesos cerámicos de la industria de cerámica blanca. La cantidad de los óxidos fundentes (óxidos de calcio, magnesio, sodio y potasio) que se presenten en los feldespatos, podrían determinar un mejor nivel de fundición del producto cerámico (producto final).

El porcentaje teórico por pérdidas por ignición va desde un 0% hasta un 1% de acuerdo a la referencia (2). Las pérdidas por ignición (L.O.I.) de los feldespatos nacionales son mayores que las del feldespato de USA, lo cual

podría se debería a la presencia de un mayor porcentaje de componentes orgánicos (impurezas), y carbón libre.

Color al quemado a 1000 °C

Tabla 38

Tabla de Color al Ambiente y a 1000 °C de los feldespatos

COLOR	FELDESPATOS		
	FECH-56	FECH-58	FELD-A
Color al ambiente	Blanco	Blanco	-
Color a 1000 °C	Blanco	Blanco	-

Como se observa en la tabla 38, los feldespatos nacionales FECH-56 y FECH-58 tienen una coloración blanca al ambiente y al quemado, esto es debido a poco % de óxido de hierro que tiene en su composición (ver tabla 37) y también a que el mineral albita (ver análisis mineralógico cualitativo) presenta por lo general una coloración blanca.

No se encuentra dentro de los datos técnicos, el color al ambiente y al quemado del feldespato FELD-A de USA.

Análisis Mineralógico Cualitativo

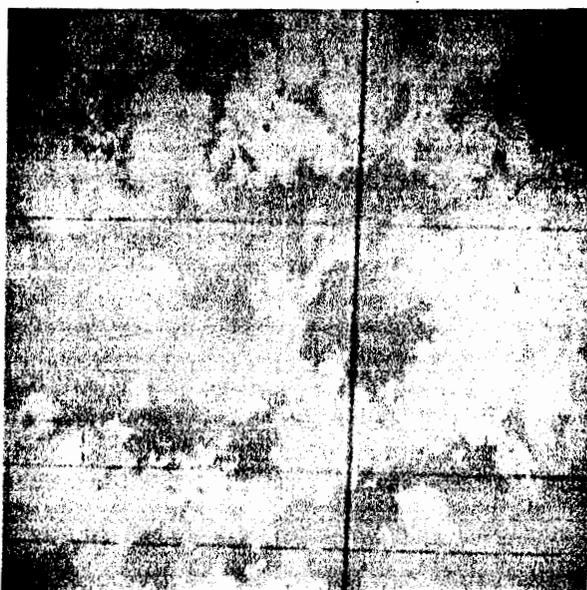
En los feldespatos nacionales FECH-56 y FECH-58 encontramos la presencia bien definida de los minerales albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) y cuarzo (Si_2O).

En la hoja técnica del FELD-A de USA se determina la presencia de, feldespato, cuarzo y micas. Aunque en la hoja técnica no indica el tipo de feldespato por su composición química podríamos decir que se trata de un feldespato alcalino.

Análisis Morfológico

En el feldespato nacional FECH-56, se observó la presencia de cristales de feldespatos, y un cristal de sulfuro de hierro. En el otro feldespato nacional solo se observó la presencia de cristales de feldespato.

En la figura 4.8 se observa la presencia de los cristales feldespato y de sulfuro de hierro, dentro del feldespato FECH-56.

Figura 4.8**Morfología del Feldespato FECH-56****Análisis de Distribución de tamaño de partículas y Superficie de área**

Se realizó este análisis por el método de difracción por láser dando los resultados que se muestran en el gráfico 4.9

Gráfico 4.9

Gráfico de la Distribución de tamaño de partículas de los feldespatos utilizando el método de Difracción por Láser

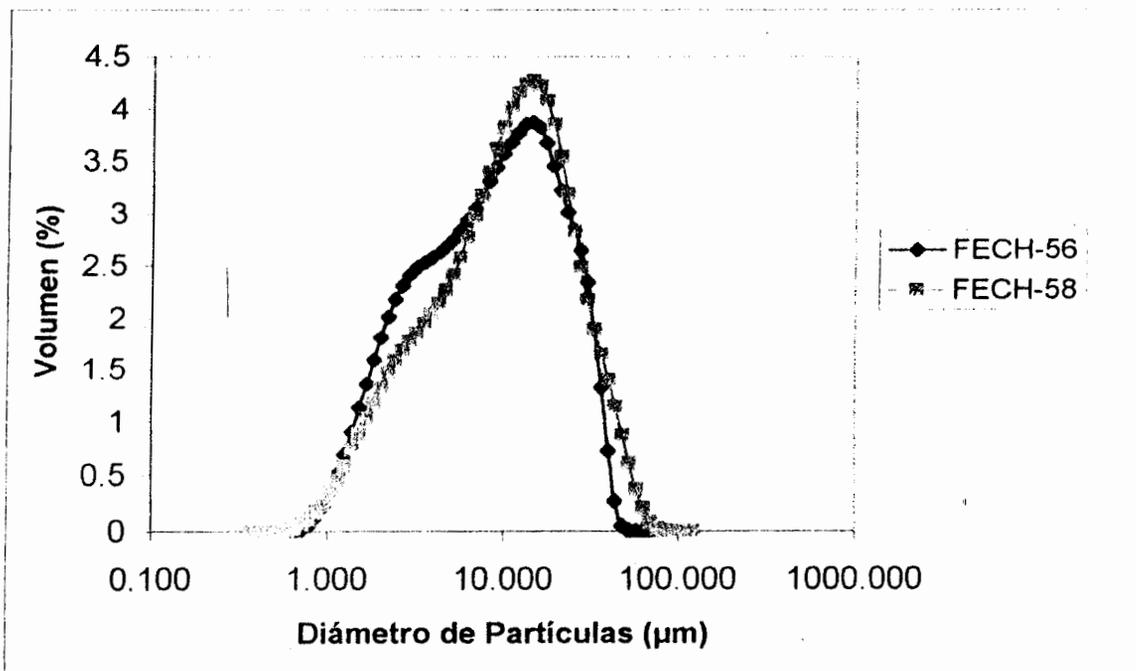


Tabla 39

Tabla del Diámetro de partículas y Superficie de área de los feldespatos

Ensayo	FELDESPATO		
	FECH-56	FECH-58	FELD-A
Media (µm)	12.06	14.28	-
D75< (µm)	17.37	19.49	-
Superficie de área (m ² /g)	6.4	4.6	-

En el gráfico 4.9 se puede observar el comportamiento de la distribución de tamaño de partículas de los feldespatos la cual ha sido pasada por un tamiz 100 (0.150 mm), dando como resultado una función con una función uniforme en la que no aparecen partículas coloidales y en la que esta bien definida la parte de polvos de la muestra.

La tabla 39 nos muestra el valor promedio de la distribución de tamaño de partículas de los feldespatos nacionales, siendo el FECH-56 el que presenta un valor más bajo en relación al FECH-58, lo cual concuerda con los valores obtenidos de superficie de área, en el cual el FECH56 tiene el mayor valor de superficie de área de los dos. Recordemos que la superficie de área es inversamente proporcional al tamaño promedio de partículas (8).

La hoja técnica del FELD-A, no señala estos valores.

Análisis Reológico

Este análisis no se realizó a los feldespatos debido a que la reología de las suspensiones basadas en arcillas son regidas por las arcillas y caolines, y no por los componentes plásticos, que aunque si afectan el comportamiento de la suspensión, estos no reaccionan con el agua de la misma manera que lo hacen los materiales arcillosos.

ARENA DE SILICE

En la tabla 40, podemos observar la procedencia de la arena de sílice que vamos a analizar con la que se va a comparar. Los datos técnicos de uno de las arenas finas de sílice (Fine ground silica) fueron tomados de la compañía U.S. Silica.

Tabla 40

Procedencia de las arenas de sílice

DESIGNACIÓN	No. DE MUESTRA	PROCEDENCIA
SPUG-01	12	Ecuador
MIN-U-SIL 40	-	USA

Densidad

Tabla 41

Tabla de densidades de las arenas de sílice

ENSAYO	ARENAS DE SILICE	
	SPUG-01	MIN-U-SIL 40
Densidad(g/cm ³)	2.75	2.65

La densidad teórica del cuarzo puro encontrado en diferentes referencias (9) y (13) es de 2.65 g/cm³. La arena de sílice nacional tiene una densidad más

más alta que el valor de densidad teórico del cuarzo puro, esto se debe a la presencia de impurezas dentro de su composición.

La arena de sílice MIN-U-SIL 40WWB de USA , como ya ha sido beneficiada presenta una densidad de 2.65g/cm^3 , igual a la del valor del cuarzo puro.

pH

Tabla 42

Tabla de pH de las arenas de sílice

ENSAYO	ARENAS DE SÍLICE	
	SPUG-01	MIN-U-SIL 40
pH	6.1	6.7

La arena de sílice nacional presentan un nivel de pH ligeramente ácido, en comparación con la arcilla de USA WWB-HPC, la cual es casi neutra. Debemos nuevamente recordar que la arena de sílice que tomamos como referencia de comparación, ya ha pasado por un proceso de beneficiamiento, lo cual determina que no exista componentes orgánicos ácidos que afecten su pH.

Análisis Químico

Tabla 43

Tabla de análisis químico de las arena de sílice

Parámetros (%)	ARENAS DE SILICE	
	SPUG-01	MIN-U-SIL 40
SiO ₂	98.60	99.75
Al ₂ O ₃	0.16	0.17
Fe ₂ O ₃	0.09	0.19
CaO	-	0.017
MgO	-	0.007
K ₂ O	0.06	0.018
Na ₂ O	0.09	0.002
SO ₄	0.01	-
L.O.I.	0.30	0.12

La arena de sílice nacional SPUG-01 presenta un menor porcentaje de óxido de silicio en comparación con la MIN-U-SIL 40 de USA y además esta última presenta porcentajes muy bajos del resto de óxidos. Esto es debido a que este último ya tuvo que haber pasado por un proceso de beneficiamiento en donde se redujo estos componentes.

Las pérdidas por ignición (L.O.I.) de la arena de sílice nacional es ligeramente mayor que la de USA, lo cual podría ser debido a la presencia de un mayor porcentaje de componentes orgánicos (impurezas), y carbón libre. Estas impurezas pueden reaccionar en el proceso de quemado, causando defectos en el producto terminado

Color al quemado a 1000 °C

Tabla 44

Tabla de color al ambiente y a 1000 °C de las arenas de sílice

COLOR	ARENAS DE SÍLICE	
	SPUG-01	MIN-U-SIL 40
Color al ambiente	Amarillo Claro	-
Color a 1000 °C	Canela	-

Como se observa en la tabla 44 , la arena de sílice nacional SPUG-01 tiene en una coloración amarilla clara al ambiente y al quemado tiene una coloración canela, lo cual es debido a las impurezas existentes.

No se encuentra dentro de los datos técnicos, el color al ambiente y al quemado de la arena de sílice MIN-U-SIL 40 de USA.

Análisis Mineralógico Cualitativo

En la arena de sílice nacional SPUG-01 encontramos la presencia bien definida del mineral cuarzo (Si_2O), pero también existen impurezas , que no han podido ser determinadas en el análisis mineralógico.

En la hoja técnica del MIN-U-SIL 40 de USA se determina la presencia solamente de cuarzo.

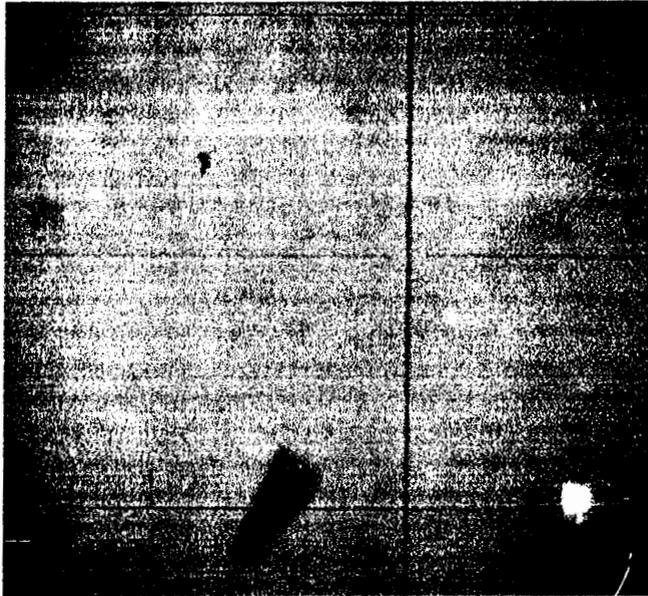
Análisis Morfológico

En la arena de sílice nacional SPUG-01, se observo la presencia de cristales de cuarzo un poco redondeados y micas.

En la figura 4.10, se observa la presencia de los cristales arriba mencionados, dentro de esta arena de sílice.

Figura 4.10

Morfología de la arena de sílice SPUG-01



Análisis de Distribución de tamaño de partículas y Superficie de área

Gráfico 4.11

Gráfico de la Distribución de tamaño de partículas de las arenas de sílice utilizando el método de Difracción por Láser

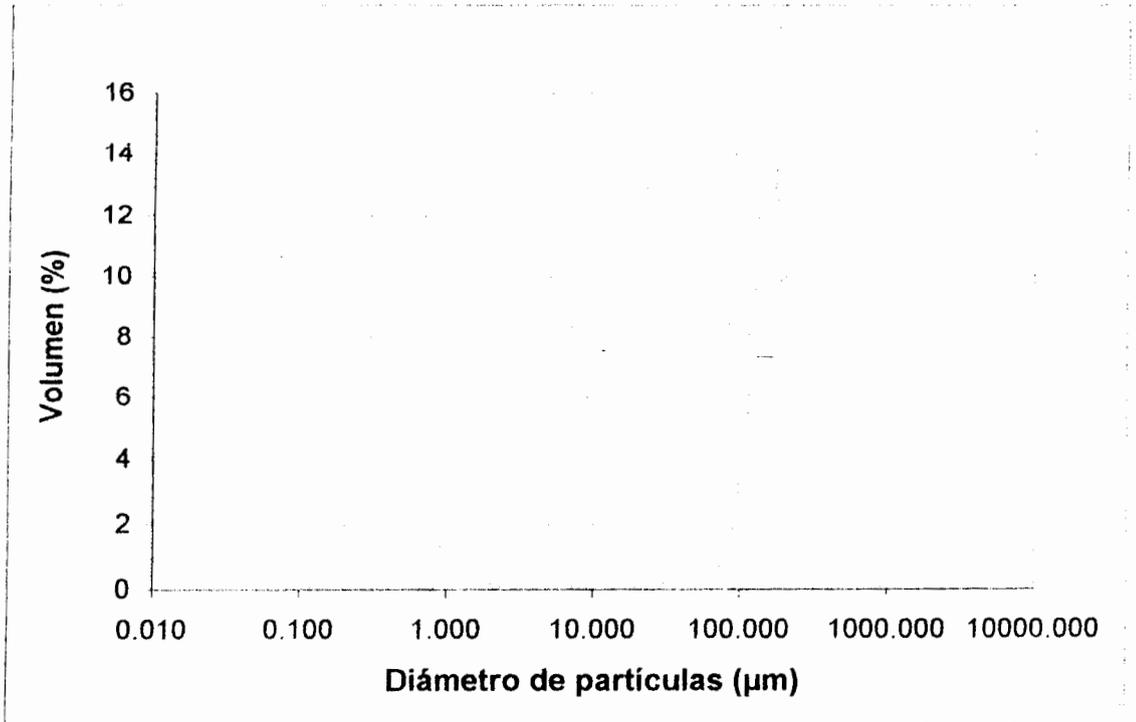


Tabla 45

Tabla del Diámetro de partículas y Superficie de área de las arenas de sílice

ENSAYO	ARENAS DE SÍLICE	
	SPUG-01	MIN-U-SIL 40
Media (µm)	12.04	-
D75< (µm)	17.14	18
Superficie de área (m ² /g)	0.78	2.65

En el gráfico 4.11, se puede ver el comportamiento de la distribución de tamaño de partículas de las arenas de sílice que han sido pasadas por tamiz 100 (0.150 mm) dando como resultado una distribución uniforme de partículas.

En la tabla 45 se muestra los valores promedio de tamaño de partículas de las arenas de sílice, que si la comparamos con las de las arcillas resultan mayores. Esto se debe a que estas por lo general tienen un tamaño de grano mas grueso que el de las arcillas.

Los resultados del análisis de superficie de área de la tabla 45, se observa que el valor de superficie de área de la arena de sílice nacional, es más pequeña que la de arena de sílice de USA y las encontradas en otras referencias (9). Esta diferencia se debe nuevamente a que la arena de sílice nacional no ha pasado por un proceso de beneficiamiento.

Análisis Reológico

Este análisis no se realizo debido a que también las arenas de sílice son materiales plásticos, y como ya se explico la reología de las suspensiones basadas en arcilla están regidas por las arcillas y los caolines.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se identifico a las industrias cerámicas del Ecuador y se las clasifíco de acuerdo al tipo de productos que manufacturan, llegando a la conclusión de que solo se ha desarrollado la industria de cerámica tradicional (cerámica basada en arcilla) dentro del país.
2. Las industrias cerámicas que han estado importando materiales no metálicos al Ecuador, son las industrias de cerámica blanca y roja. No se pudo obtener información referente al volumen de importación que realizan exclusivamente estas industrias, debido a que tanto estas, como los organismos de control consideran esta información como confidencial. Sin embargo se logro obtener información general del volumen total de importaciones de minerales no metálicos que

han estado realizando todas las industrias del país los últimos 10 años.

3. Existe mucha controversia en cuanto a datos del sector minero en el área de los no metálicos, a pesar de los esfuerzos realizados por la DINAMI, la cual señala que solo existen 59 minas de minerales no metálicos en fase de concesión, exploración o explotación a Julio del 2001, estos valores no son los correctos debido a las conversaciones sostenidas con las diferentes industrias cerámicas del Ecuador, a quienes por medio de un formulario se les solicito información más al detalle referente a este y otros temas, que nos permitieran evaluar mejor el sector cerámico, pero no se obtuvo una respuesta favorable a este requerimiento.
4. Las arcillas importadas de USA y de Colombia tienen diferentes propiedades que las nacionales que pueden ser observadas claramente con los diferentes experimentos realizados en esta tesis, lo cual se debe a que estas han pasado por un proceso de beneficiamiento.
5. Las arcillas de USA son más viscosas que las nacionales y la de Colombia, esto ocurre por la presencia significativa de sulfatos

dentro de su composición. Al importar las materias primas de países generalmente se lo hace en grandes cantidades para ahorrar costos, aumentando así el tiempo de permanencia de las arcillas en la bodega, lo que ayuda a que el material se oxide, aumentando de esta manera el porcentaje de sulfatos.

6. Las arcillas importadas de USA y de Colombia de acuerdo al análisis mineralógico cualitativo realizado, presentan dentro su composición el mineral caolinita de manera bien definida, este resultado se da cuando las arcillas tienen una estructura cristalina ordenada. En la arcilla nacional AAS-04, se presenta de manera no muy definida el mineral caolinita, esto se da cuando tienen una estructura cristalina no ordenada. El resto de arcillas nacionales no presentan dentro de su composición este mineral de acuerdo a este análisis.
7. Las arcillas importadas de USA y de Colombia presentan al quemado una coloración blanca debido al bajo porcentaje de óxido de hierro que presentan en su composición. Esto es debido a que ya han pasado por el proceso de beneficiamiento.
8. Los caolines presentan por lo general un mayor porcentaje de pérdidas por ignición que las arcillas, lo cual se da debido a la

presencia de mayor cantidad del mineral caolinita, el cual al llegar a una temperatura superior a los 450 °C , evapora el agua que se encuentra cristalizada en su composición.

9. Los feldespatos son agregados a los materiales basados en arcilla como fundentes, debido a que en su composición se presentan óxidos alcalinos como el K_2O , Na_2O , MgO y CaO , que son óxidos fundentes. En los feldespatos nacionales dentro de su composición mineralógica se presentó el mineral albita que es una variedad del feldespato sódico.
10. La arena de sílice nacional presenta un porcentaje menor de óxido de silicio con respecto a la extranjera que tomamos como referencia, esto se debe a que no ha sido beneficiada.
11. El presente trabajo demuestra que la ESPOL puede realizar un análisis de los minerales no metálicos utilizados en la industria cerámica del país, debido a que posee el material humano (conocimiento), y además porque cuenta con el apoyo de universidades del exterior, para realizar algunos análisis importantes (distribución de tamaño de partículas por el método de difracción por láser, análisis de superficie de área por el método de absorción de

nitrógeno a baja temperatura, análisis mineralógico cualitativo por el método de difracción de rayos X), que no se pueden realizar en la ESPOL por la falta de estos equipos.

RECOMENDACIONES

1. De entrevistas realizadas directamente con algunas industrias cerámicas que están importando materia prima, nos manifestaron su real interés de desarrollar investigación, que les permita utilizar en sus procesos de producción materia prima 100% ecuatoriana, por lo que se recomienda realizar una segunda fase de investigación que consistiría en la reformulación o beneficiamiento de la materia prima nacional con la que cuentan las industrias.
2. Las materias primas caracterizadas fueron proporcionadas por la industria cerámica ecuatoriana , de este primer acercamiento podrían surgir proyectos que resuelvan problemas específicos que se presenten dentro de las mismas.
3. Se recomienda completar esta primera caracterización con otros experimentos que permitan determinar propiedades mecánicas y reológicas, además de analizar la materia prima al fundirse.

APENDICES

Nombre de las Industrias con su respectiva descripción de la actividad económica que realizan según la CIIU3

PROVINCIA	CANTON	CIIU3	DESCRIPCION SEGUN CIIU3 HASTA NIVEL DE ACTIVIDAD INDIVIDUAL (6 DIGITOS)	NOMBRE DE LA INDUSTRIA
		6 Digitos		
Imbabura	Otavalo	D269400	Fabricación de cementos hidráulicos, incluso portland, cemento aluminoso, cemento de escorias y cemento hipersulfatado, en forma de cinca o en otras formas	C.E.M. CEMENTOS SELVA ALEGRE
Pichincha	Quito	D261000	Fabricación de vidrio colado, estirado, soplado, laminado o templado o fabricado por otros procesos	VIDRIO - AUTO
Pichincha	Quito	D261010	Fabricación de vidrios para el tocador para el tocador u otros usos: espejos de vidrios con o sin marco, espejos retrovisores para vehículos, etc	VID.Y ESP.ARCOS-CALIXTO ARCAL CIA.LTDA
Pichincha	Quito	D269104	Fabricación de vajilla y otros utensilios domésticos de cerámica no refractaria	CERAMICAS ARSILCO CIA.LTDA.
Pichincha	Quito	D261017	Fabricación de recipientes de vidrio, incluso tapas y tapones	EDAFA ECUATORIANA DE AMPOLLETAS Y FRASCOS
Pichincha	Quito	D269101	Fabricación de artefactos higiénicos de cerámica, porcelana, marmol sintético y otros artículos para uso no estructural	EDESA S.A.
Pichincha	Quito	D269101	Fabricación de artefactos higiénicos de cerámica, porcelana, marmol sintético y otros artículos para uso no estructural	FRANZ VIEGENER S.A.
Pichincha	Quito	D269201	Fabricación de artículos para la construcción: ladrillos, bloques, losetas y otros de cerámica refractaria	SILICATOS Y OXIDOS SILOXYDOS S.A.
Pichincha	Rumiñahui	D261001	Fabricación de vidrio de distintas características físicas, incluso vidrio con armado de alambre y vidrio coloreado, teñido, endurecido o laminado y de diversa composición química, incluso cuarzo fundido y otros silices fundidos.	CRISTALES LAMINADOS Y TEMPER.S.A. CRILAM
Chimborazo	Riobamba	D269400	Fabricación de cementos hidráulicos, incluso portland, cemento aluminoso, cemento de escorias y cemento hipersulfatado, en forma de cinca o en otras formas	EMPRESA CEMENTO CHIMBORAZO C A
Chimborazo	Riobamba	D269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica esmaltados o no	C.A.ECUATORIANA DE CERAMICA
Tungurahua	Ambato	D261002	Fabricación de vidrio en masa o en otros estados, labrado o no, incluso láminas, planchas, tubos o varillas	FAIRIS CIA LTDA
Azuay	Cuenca	D269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica, esmaltados o no	GRAIMAN CIA. LTDA.
Azuay	Cuenca	D269104	Fabricación de vajilla y otros utensilios domésticos de cerámica no refractaria	CERAMICA ANDINA C.A.
Azuay	Cuenca	D269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	CERAMICA ALFARERO
Azuay	Cuenca	D269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	ARTESA CIA. LTDA.
Azuay	Cuenca	D269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	CEVICERAMICA
Azuay	Cuenca	D269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	YAPACUNCHI S.A.
Azuay	Cuenca	D269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	CERAMICA MONTE TURI CIA. LTDA.

PROVINCIA	CANTON	CIIU3	DESCRIPCION SEGUN CIIU3 HASTA NIVEL DE ACTIVIDAD INDIVIDUAL (6 DIGITOS)	NOMBRE DE LA INDUSTRIA
		6 Dígitos		
Azuay	Cuenca	D269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica, esmaltados o no	HEGAGRES
Azuay	Cuenca	D269300	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: Ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc	LADRILLOS Y CERAMICA S.A. LACESA
Azuay	Cuenca	D269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	CERAMICA YANUNCAY
Azuay	Cuenca	D269101	Fabricación de artefactos higiénicos de cerámica, porcelana, marmol sintético y otros artículos para uso no estructural	IPORSAN S.A.
Azuay	Cuenca	D269104	Fabricación de vajilla y otros utensilios domésticos de cerámica no refractaria	CERAMICA CUENCA S.A.
Azuay	Cuenca	D269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica, esmaltados o no	CERAMICA RIALTO S.A.
Azuay	Cuenca	D269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica, esmaltados o no	ITALPISOS S.A.
Azuay	Cuenca	D269300	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: Ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc	FABRICA SININCAY
Cañar	Azoguez	D269400	Fabricación de cementos hidráulicos, incluso portland, cemento aluminoso, cemento de escorias y cemento hipersulfatado, en forma de cinca o en otras formas	EMPRESA INDUSTRIAS GUAPAN S.A.
Cañar	Azoguez	D269300	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: Ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc	INDUSTRIAS LADRILLOSA
Loja	Catamayo	D269300	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: Ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc	FCA. DE LADRILLO Y TEJA DE LUIS TUZA
Loja	Catamayo	D269300	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: Ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc	ARTEJA
Loja	Catamayo	D269300	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: Ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc	DECORTEJA
Loja	Saraguro	D269300	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: Ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc	INDUSTRIA CERAMICA PIONERO
Guayas	Guayaquil	D269300	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: Ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc	DOLMEN S.A.
Guayas	Guayaquil	D261020	Fabricación de fibras de vidrio y artículos de fibra de vidrio (incluso lana de vidrio)	FIBREX CIA. LTDA.
Guayas	Guayaquil	D261017	Fabricación de recipientes de vidrio, incluso tapas y tapones	CRISTALERIA DEL ECUADOR S. A. CRIDESA
Guayas	Guayaquil	D269300	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: Ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc	AGRICOLA INDUSTRIAL ALFADOMUS C. L.
Guayas	Guayaquil	D269400	Fabricación de cementos hidráulicos, incluso portland, cemento aluminoso, cemento de escorias y cemento hipersulfatado, en forma de cinca o en otras formas	LA CEMENTO NACIONAL C. A.
Manabi	Manta	D261020	Fabricación de fibras de vidrio y artículos de fibra de vidrio (incluso lana de vidrio)	TALLER MANTAFIBRA

APENDICE B

Clasificación de las Industrias Cerámicas Ecuatorianas de acuerdo a su tipo

PROVINCIA	NOMBRE DE LA INDUSTRIA	POR TIPO DE INDUSTRIA
Imbabura	C.E.M. CEMENTOS SELVA ALEGRE	Cemento
Pichincha	VIDRIO - AUTO	Vidrio
Pichincha	VID.Y ESP.ARCOS-CALIXTO "ARCAL"CIA.LTDA	Vidrio
Pichincha	CERAMICAS ARSILCO CIA.LTDA.	Cerámica Blanca
Pichincha	EDAFA ECUATORIANA DE AMPOLLETAS Y FRASCOS	Vidrio
Pichincha	EDESA S.A.	Cerámica Blanca
Pichincha	FRANZ VIEGENER S.A.	Cerámica Blanca
Pichincha	SILICATOS Y OXIDOS SILOXYDOS S.A.	Cerámica Roja
Pichincha	CRISTALES LAMINADOS Y TEMPER.S.A. CRILAM	Vidrio
Chimborazo	EMPRESA CEMENTO CHIMBORAZO C A	Cemento
Chimborazo	C.A.ECUATORIANA DE CERAMICA	Cerámica Blanca/Roja
Tungurahua	FAIRIS CIA LTDA	Vidrio
Azuay	GRAIMAN CIA. LTDA.	Cerámica Blanca/Roja
Azuay	CERAMICA ANDINA C.A.	Cerámica Blanca
Azuay	CERAMICA ALFARERO	Cerámica Blanca
Azuay	ARTESA CIA. LTDA.	Cerámica Blanca
Azuay	YAPACUNCHI S.A.	Cerámica Blanca
Azuay	CERAMICA MONTE TURI CIA. LTDA.	Cerámica Blanca
Azuay	HEGAGRES	Cerámica Roja
Azuay	LADRILLOS Y CERAMICA S.A. LACESA	Cerámica Roja
Azuay	CEVICERAMICA	Cerámica Blanca
Azuay	CERAMICA YANUNCAY	Cerámica Roja
Azuay	IPORSAN S.A.	Cerámica Blanca
Azuay	CERAMICA CUENCA S.A.	Cerámica Blanca/Roja
Azuay	CERAMICA RIALTO S.A.	Cerámica Blanca/Roja
Azuay	ITALPISOS S.A.	Cerámica Blanca
Azuay	FABRICA SININCAY	Cerámica Roja
Cañar	EMPRESA INDUSTRIAS GUAPAN S.A.	Cemento
Cañar	INDUSTRIAS LADRILLOSA	Cerámica Roja
Loja	FCA. DE LADRILLO Y TEJA DE LUIS TUZA	Cerámica Roja
Loja	ARTEJA	Cerámica Roja
Loja	DECORTEJA	Cerámica Roja
Loja	INDUSTRIA CERAMICA PIONERO	Cerámica Roja
Guayas	DOLMEN S.A.	Refractarios
Guayas	FIBREX CIA. LTDA.	Vidrio
Guayas	CRISTALERIA DEL ECUADOR S. A. - CRIDESA	Vidrio
Guayas	AGRICOLA INDUSTRIAL ALFADOMUS C. L.	Cerámica Roja
Guayas	LA CEMENTO NACIONAL C. A.	Cemento
Manabí	TALLER MANTAFIBRA	Vidrio

APENDICE C

Ocurrencias de materias primas minerales no metálicas, asociadas a las formaciones geológicas del Ecuador (Investigadas por la DINAGE)

REGION COSTA

ZONA SUR: CUENCA DE PROGRESO

ERA	PERIODO	EPOCA	SERIE	PISO	FORMACIONES	NO-METALICOS
TERCIARIO	CUATERNARIO	HOLOCENO			Qs Sedimt. Cuat.	Si, A/G, RM, Ap
		PLEISTOCENO			Qt Tablazo	Ca, A/G, Ar
	NEOGENO	PLIOCENO			Pip Puná	
					Mplz Zarumilla	
		MIOCENO	SUPERIOR		Mp Progreso	(Y), Ca
			MEDIO		MTv Villingota (Tosagua) (OMT)	DI
			INFERIOR		MTb Dos Bocas (Tosagua) (OMT), OMTz Zapotal (Tosagua) (OMT)	Y, (Ar) Ca, A/G
	PALEOGENO	OLIGOCENO	SUPERIOR			
			INFERIOR			
		EOCENO	SUPERIOR		Es Santa Elena	
			MEDIO		Las Masas	Ar
					E San Eduardo (+Játiva)	Ca, RM, RO
			INFERIOR			
		PALEOCENO	SUPERIOR			
			INFERIOR			
MESOZOICO	CRETACEO		SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	Guayaquil	RM
				SENONIANO	Kk Cayo	Ar, RM

				TURONIANO		
				CENOMANIANO		
			INFERIOR	ALBIANO	Kp Pinón	RM
				APTIANO	Kp Pinón	RM
	JURASICO		SUPERIOR			
			MEDIO		?	
			INFERIOR			
	TRIASICO					
PALEOZOICO	SUPERIOR	PERMICO				
		CARBONIFERO				
		DEVONICO				
	INFERIOR	SILURICO			?Pmzp Punta Piedra	
		ORDOVISICO				
		CAMBRICO				

SIMBOLOGÍA: SI: Sílice, arena silícea A/G: Arena/grava RM: Roca Macisa Ap: Arenas de minerales pesados Ca: Rocas calcáreas(caliza,travertino) Ar: Arcilla Y: Yeso/anhidrita Di: Diatomita RO: Roca ornamental Es: Esmeclita (arcilla esmeclítica) PP:Piedra pómez Ps: Piedra semipreciosa S: Azufre Gy: Geyserrita Tr: Tripoli Gr: Grafito.

FUENTE: Unidad de Minerales No Metálicos- **DINAGE**

ZONA CENTRAL: CUENCA DE MANABI (DAULE)

ERA	PERIODO	EPOCA	SERIE	PISO	FORMACIONES	NO-METALICOS
TERCIARIO	CUATERNARIO	HOLOCENO			Qs Sedimt. Cuat.	
					Qp Pichilingue	
		PLEISTOCENO			Pst San Tadeo	
	NEOGENO	PLIOCENO			PIPc Canoa	
					PIb Balzar	
		MIOCENO	SUPERIOR		Mplds Borbón Daule (Mpld)	
			MEDIO		MDo Onzole Daule (Mpld) MDA	

			INFERIOR		MTv Villingota Tosagua (MT) Mtb Dos Bocas Tosagua (MT)	(Di) Es
	PALEOGENO	OLIGOCENO	SUPERIOR			
			INFERIOR			
		EOCENO	SUPERIOR		EA San Mateo Punta Blanca	
			MEDIO		Eo San Eduardo	Ca
			INFERIOR			
		PALEOCENO	SUPERIOR			
			INFERIOR			
MESOZOICO	CRETACEO		SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	Kk Cayo	
				SENONIANO	Kk Cayo	
				TURONIANO		
				CENOMANIANO		
			INFERIOR	ALBIANO	Kp Pinón	RM
				APTIANO	Kp Pinón	RM
	JURASICO		SUPERIOR	?	?	?
			MEDIO			
			INFERIOR			
	TRIASICO					
PALEOZOICO	SUPERIOR	PERMICO				
		CARBONIFERO				
		DEVONICO				
	INFERIOR	SILURICO				
		ORDOVISICO			?	
		CAMBRICO				

SIMBOLOGÍA: SI: Sílice, arena silícea A/G: Arena/grava RM: Roca Macisa Ap: Arenas de minerales pesados Ca: Rocas calcáreas (caliza, travertino) Ar: Arcilla Y: Yeso/anhidrita Di: Diatomita RO: Roca ornamental Es: Esmeclita (arcilla esmeclítica) PP: Piedra pómez Ps: Piedra semipreciosa S: Azufre Gy: Geyserrita Tr: Tripoli Gr: Grafito.

FUENTE: Unidad de Minerales No Metálicos- DINAGE

ZONA NORTE: CUENCA DE ESMERALDAS-BORBON

TERCIARIO	CUATERNARIO	HOLOCENO			Gr Sedim	
		PLEISTOCENO			Pst San Tadeo	
	NEOGENO	PLIOCENO			PIPc Cachabí	
		MIOCENO	SUPERIOR		MDIR Borbón	
			MEDIO		MDc Ozola	
			INFERIOR		Mv Viche	
	PAI FOGENO	OLIGOCENO	SUPERIOR		Omo Pambila	
			INFERIOR			
		EOCENO	SUPERIOR		EA Zapallo	
			MEDIO		Eo Ostiones	Ca
			INFERIOR			
		PALEOCENO	SUPERIOR		?	
			INFERIOR		?	
MESOZOICO	CRETACEO		SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	? KM	
				SENONIANO	? KM	
				TURONIANO	? KM	
				CENOMANIANO	? KM	

					Kp Piñón	
			INFERIOR	ALBIANO	Kp Piñón	
				APTIANO	Kp Piñón	
	JURASICO		SUPERIOR	?	?	?
			MEDIO	?	?	?
			INFERIOR	?	?	?
	TRIASICO			?	?	?
PALEOZOICO	SUPERIOR	PERMICO		?	?	?
		CARBONIFERO		?	?	?
		DEVONICO		?	?	?
	INFERIOR	SILURICO		?	?	?
		ORDOVISICO		?	?	?
		CAMBRICO		?	?	?

SIMBOLOGÍA: SI: Sílice, arena silicea A/G: Arena/grava RM: Roca Macisa Ap: Arenas de minerales pesados Ca: Rocas calcáreas(caliza,travertino) Ar: Arcilla Y: Yeso/anhidrita Di: Diatomita RO: Roca ornamental Es: Esmeclita (arcilla esmeclítica) PP:Piedra pómez Ps: Piedra semipreciosa S: Azufre Gy: Geyserrita Tr: Tripoli Gr: Grafito.

FUENTE: Unidad de Minerales No Metálicos- **DINAGE**

REGION SIERRA

ZONA NORTE-CENTRAL: TULCAN-QUITO-RIOBAMBA

ERA	PERIODO	EPOCA	SERIE	PISO	FORMACIONES	NO-METALICOS
TERCIARIO	CUATERNARIO	HOLOCENO			Qvx COTOPAXI	Di,RM,A/G
					Qc Cangagua	Ar,PP
		PLEISTOCENO			Qc Cangagua	Ar,PP
					PL LATACUNGA	Di,PP,RM,A/G
	NEOGENO	PLIOCENO			PvA ALTAR	RM

					Pivs SICALPA	RM
		MIOCENO	SUPERIOR		MPID Pis yambo	
			MEDIO			
			INFERIOR		Ngch CHOTA	
	PALEOGENO	OLIGOCENO	SUPERIOR			
			INFERIOR			
		EOCENO	SUPERIOR			
			MEDIO		Eu Unacota	Ca
			INFERIOR			
		PALEOCENO	SUPERIOR			
			INFERIOR			
MESOZOICO	CRETACEO		SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	Kpcy Yunquilla Cayo Rumi	Ca
				SENONIANO	Ks Silante Kmch Chontal	
				TURONIANO	Kmch Chontal	
				CENOMANIANO	Km Macuchi	
			INFERIOR	ALBIANO	?	
				APTIANO	?	
	JURASICO		SUPERIOR		?	
			MEDIO		?	
			INFERIOR		?	
	TRIASICO				?	
PALEOZOICO	SUPERIOR	PERMICO			?	
		CARBONIFERO			?	
		DEVONICO			?	
	INFERIOR	SILURICO			PZL LLANGANATES	
		ORDOVISICO			Pza AMBUQUI	
		CAMBRICO				

SIMBOLOGÍA: SI: Sílice, arena silícea A/G: Arena/grava RM: Roca Macisa Ap: Arenas de minerales pesados Ca: Rocas calcáreas(caliza,travertino) Ar: Arcilla Y: Yeso/anhidrita Di: Diatomita RO: Roca ornamental Es:

Esmectita (arcilla esmectítica) PP: Piedra pómez Ps: Piedra semipreciosa S: Azufre Gy: Geysersita Tr: Tripoli Gr: Grafito.

FUENTE: Unidad de Minerales No Metálicos- DINAGE

ZONA CENTRAL-SUR: PALLATANGA(CUENCA) PASAJE(NABON)

ERA	PERIODO	EPOCA	SERIE	PISO	FORMACIONES	NO-
TERCIARIO	CUATERNARIO	HOLOCENO			Q Cuaternario	A/G
		PLEISTOCENO			PT Tarqui	
	NEOGENO	PLIOCENO			PL PT Turi	
		MIOCENO	SUPERIOR		MPLA	(Di),Y
			MEDIO		MAZ AZOGUES	
			INFERIOR		MAZ AZOGUEZ	
	PALEOGENO	OLIGOCENO	SUPERIOR		Omvs	Ca,Y,PS
			INFERIOR		Omvs	Ca,Y,PS
		EOCENO	SUPERIOR		Alausi	S,Gy,Y
			MEDIO			
			INFERIOR		Mzp PAUTE	
		PALEOCENO	SUPERIOR			
			INFERIOR			
MESOZOICO	CRETACEO		SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	Ingapirca	
				SENONIANO	KPCy Yunguilla	
				TURONIANO	MacuchiCelica	
				CENOMANIANO	MacuchiCelica	
			INFERIOR	ALBIANO	MacuchiKc	Y,(Tr)
				APTIANO	Ke Celica	
	JURASICO		SUPERIOR			
			MEDIO			

			MEDIO			
			INFERIOR			
	TRIASICO					
PALEOZOICO	SUPERIOR	PERMICO				
		CARBONIFERO				
		DEVONICO				
	INFERIOR	SILURICO			Pzz Zamora	RM, RO, GR
		ORDOVISICO			Pzz Zamora	RM, RO, GR
		CAMBRICO				

SIMBOLOGÍA: SI: Sílice, arena silícea A/G: Arena/grava RM: Roca Macisa Ap: Arenas de minerales pesados Ca: Rocas calcáreas(caliza, travertino) Ar: Arcilla Y: Yeso/anhidrita Di: Diatomita RO: Roca ornamental Es: Esmectita (arcilla esmectítica) PP: Piedra pómez Ps: Piedra semipreciosa S: Azufre Gy: Geyserrita Tr: Tripoli Gr: Grafito.

FUENTE: Unidad de Minerales No Metálicos- DINAGE

SUR-SURORIENTE

ERA	PERIODO	EPOCA	SERIE	PISO	FORMACIONES SARAGURO MACARA (ZAMORA) (TAHUIN	NO-METALICOS
TERCIARIO	CUATERNARIO	HOLOCENO			Q Cuaternario indef.	A/G,Ar
		PLEISTOCENO			PT Tarqui	RM,Ar
	NEOGENO	PLIOCENO				
		MIOCENO	SUPERIOR		MPL(A YANCAY) Quillollaco Incluye Sa..CAYETANO	Y,(Di)
			MEDIO			
			INFERIOR			
	PALEOGENO	OLIGOCENO	SUPERIOR			
			INFERIOR		Omvs (Saraguro) Loma Blanca	PS,RM
		EOCENO	SUPERIOR			
			MEDIO			
			INFERIOR			

		PALEOCENO	SUPERIOR		PCS SACAPALTA Incluye GONZANAMA	Y,Ca,Ar
			INFERIOR			
MESOZOICO	CRETACEO		SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	KPYunguilla(RíoPlayas)	
				SENONIANO	ALAMOR KAZ ZAPOTILLOCIANO Kc Celica KAC Casaderos	Ca Ar Ca
				TURONIANO	ALAMOR KAZ ZAPOTILLOCIANO Kc Celica KAC Casaderos	Ca Ar Ca
				CENOMANIANO	ALAMOR KAZ ZAPOTILLOCIANO Kc Celica KAC Casaderos	Ca Ar Ca
			INFERIOR	ALBIANO	ALAMOR KAZ ZAPOTILLOCIANO Kc Celica KAC Casaderos	Ca Ar Ca
				APTIANO	Kc Celica KAC Casaderos Kr Raspas	Ar
	JURASICO		SUPERIOR		Kr Raspas	Fs,RM,Ar
			MEDIO		Kr Raspas	Fs,RM,Ar
			INFERIOR		Kr Raspas	Fs,RM,Ar
	TRIASICO				Kr Raspas	Fs,RM,Ar
PALEOZOICO	SUPERIOR	PERMICO			Kr Raspas	Fs,RM,Ar
		CARBONIFERO			Kr Raspas	Fs,RM,Ar
		DEVONICO			Kr Raspas	Fs,RM,Ar
	INFERIOR	SILURICO			Pzz ZAMORA Capiro PzTc(TAHUIN (PZT)	RM
		ORDOVISICO			PZTR San Roque TAHUIN (PZT)	
		CAMBRICO				
PRECAMBRICO					PCP PIEDRAS	RM

SIMBOLOGÍA: SI: Sílice, arena silícea A/G: Arena/grava RM: Roca Macisa Ap: Arenas de minerales pesados Ca: Rocas calcáreas(caliza,travertino) Ar: Arcilla Y: Yeso/anhidrita Di: Diatomita RO: Roca ornamental Es: Esmeclita (arcilla esmeclítica) PP: Piedra pómez Ps: Piedra semipreciosa S: Azufre Gy: Geyserrita Tr: Tripoli Gr: Grafito.

FUENTE: Unidad de Minerales No Metálicos- **DINAGE**

ORIENTE

ERA	PERIODO	EPOCA	SERIE	PISO	FORMACIONES	NO-
TERCIARIO	CUATERNARIO	HOLOCENO			QA Aluviones	A/G,RM
		PLEISTOCENO			QM Mera	A/G,RM
	NEOGENO	PLIOCENO			PLPM Mesa (Rotuno)	A/G,RM
		MIOCENO	SUPERIOR		MPCH Chambira (Ushpa)	D r
			MEDIO		MA Araujo Mc Curaray	U F
			INFERIOR			POST
	PALEOGENO	OLIGOCENO	SUPERIOR			C D
			INFERIOR		Omch Chalcaná (Mid)	T A
		EOCENO	SUPERIOR			C E
			MEDIO			RM R
			INFERIOR			A
		PALEOCENO	SUPERIOR		PCET Tiyuyacu(Cuzutca)	N
			INFERIOR		PMZM MARGAJITAS	I
MESOZOICO	CRETACEO		SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	KP Tena (Panguil) KI LIMON	AR T
				SENONIANO	KM NAPO KL LIMON	FO O S
				TURONIANO	KM NAPO KL LIMON	CA,RO
				CENOMANIANO	KM NAPO KL LIMON	CA,RO Y
			INFERIOR	ALBIANO	KM NAPO KL LIMON	R C
				APTIANO	KM HOLLIN KI LIMON	SI,RM A
	JURASICO		SUPERIOR		JKCh Chapiza	RM,Y,DO S
			MEDIO		Js Santiago	CA
			INFERIOR			FS D E

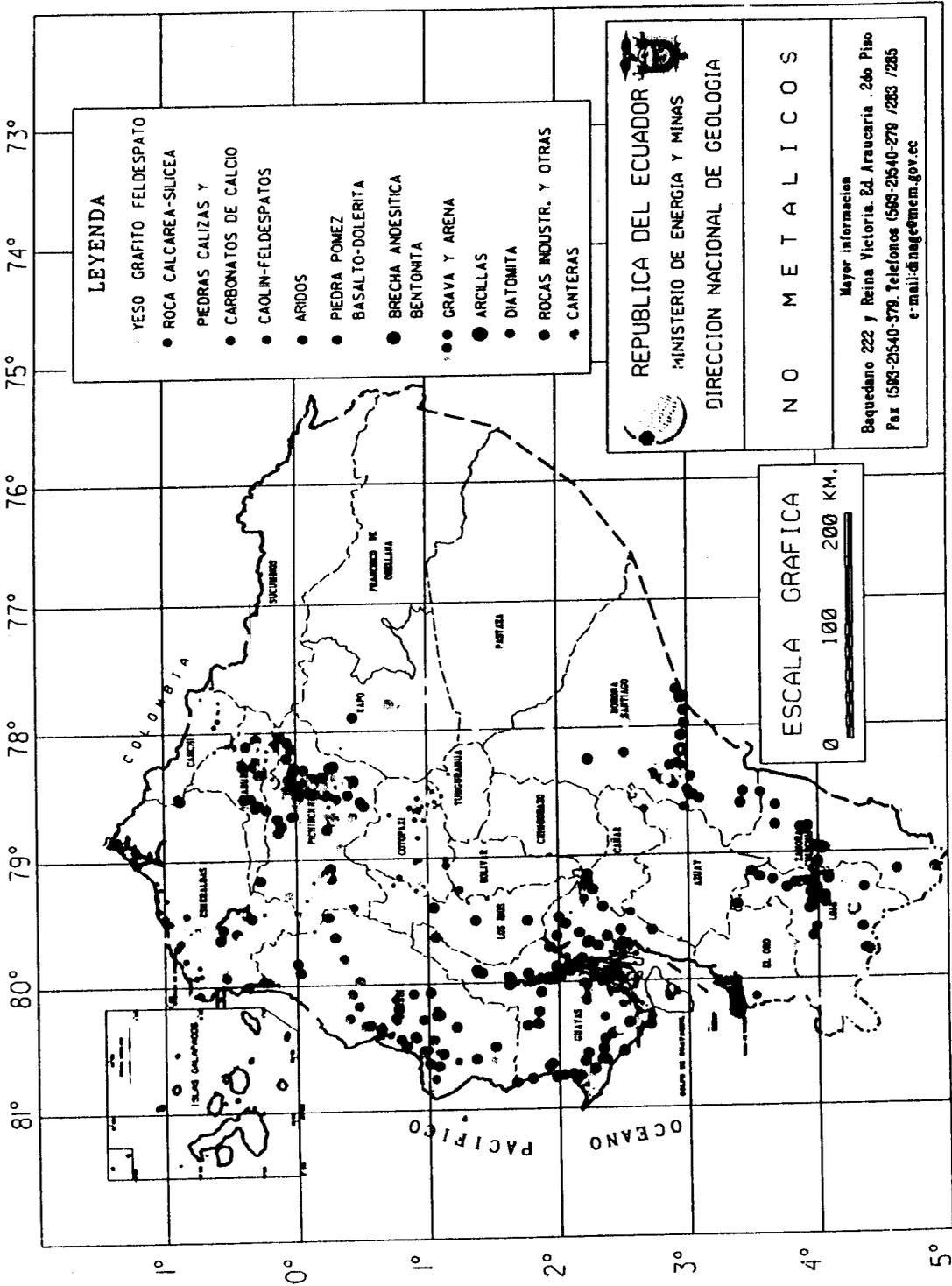


			INFERIOR			FS	D E
	TRIASICO					CN	D
PALEOZOICO	SUPERIOR	PERMICO			CM Macuma		E S
		CABONIFERO			PZP Pumbuiza		C O
		DEVONICO			PZP Pumbuiza		M P
	INFERIOR	SILURICO					O S
		ORDOVISICO					I C
		CAMBRICO					I O
PRECAMBRICO							N ?

SIMBOLOGÍA: SI: Sílice, arena silíceas A/G: Arena/grava RM: Roca Macisa Ap: Arenas de minerales pesados Ca: Rocas calcáreas(caliza, travertino) Ar: Arcilla Y: Yeso/anhidrita Di: Diatomita RO: Roca ornamental Es: Esmeclita (arcilla esmeclítica) PP:Piedra pómez Ps: Piedra semipreciosa S: Azufre Gy: Geyserrita Tr: Tripoli Gr: Grafito.

FUENTE: Unidad de Minerales No Metálicos- DINAGE

APENDICE D



APENDICE E

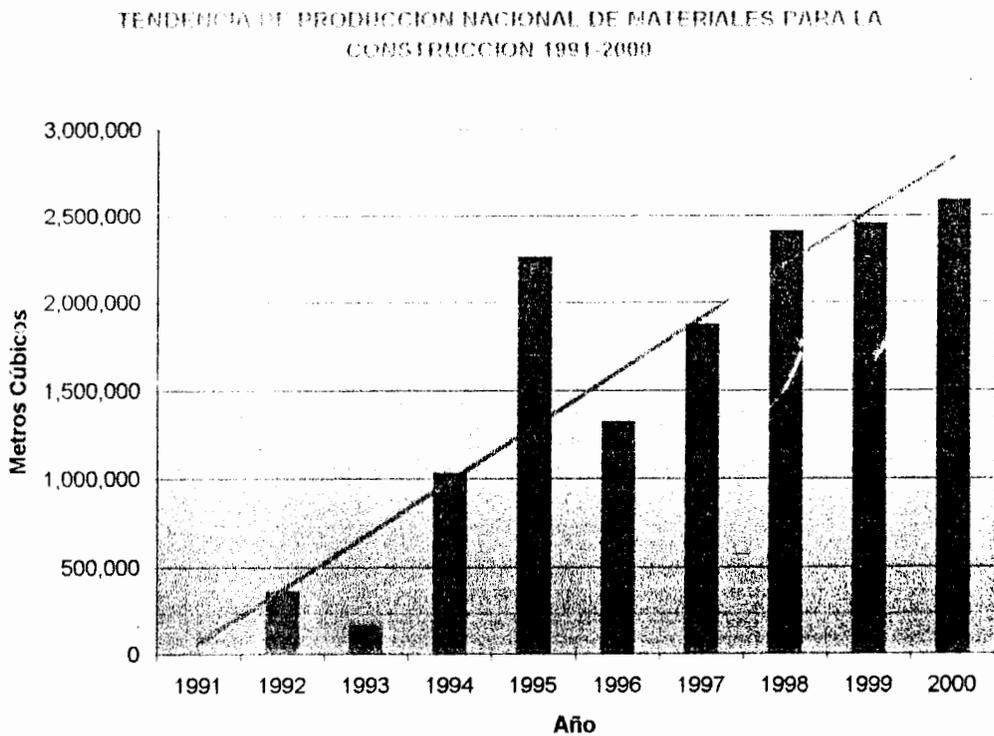
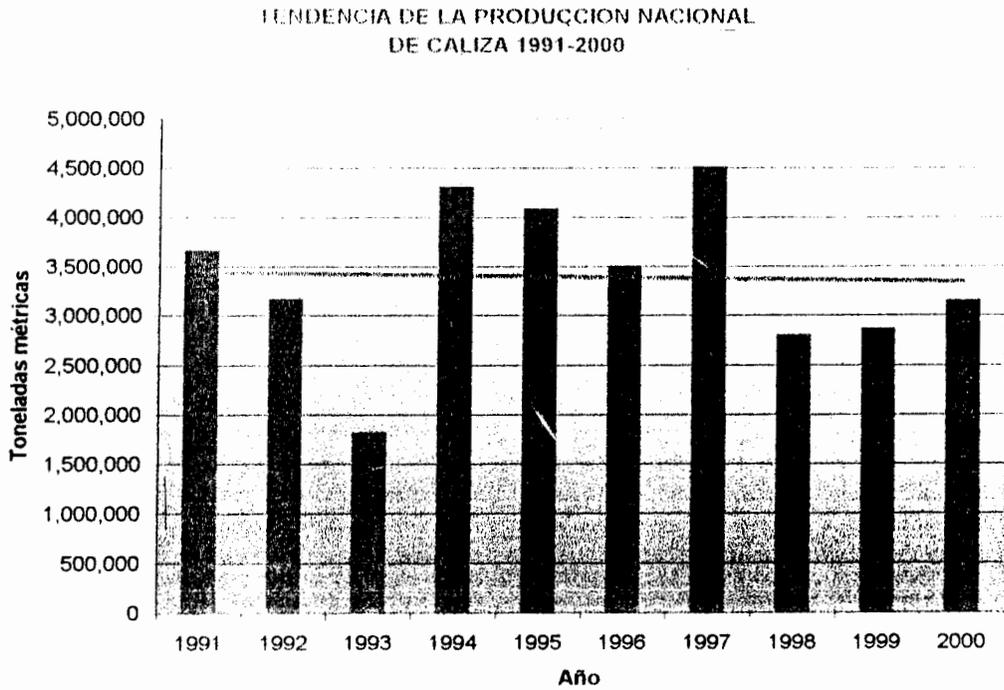
Nombre de las Minas de minerales no-metálicos registradas en la DINAMI

Mineral No Metálico	Provincia	Nombre de la Mina	Peticionario	Ciudad Peticionario
Arcilla	Guayas	Cenaca	Industria Rocacem S.A.	Guayaquil
Arcilla	Morona Santiago	Chone	Graiman Cia Ltda	Cuenca
Arcilla	Morona Santiago	Delia Rosa	Edesa S.A.	Cuenca
Arcilla	Chimborazo	Lican	Empresa Cemento Chimborazo	Riobamba
Arcilla	Bolívar	Masma II	Cía de Investig. Explominas S.A.	Riobamba
Arcilla	Imbabura	Pastavi	Cementos Selva Alegre	Quito
Arcilla	Morona Santiago	Primaveral 3	Explominas S.A.	Cuenca
Arcilla	Morona Santiago	Renacer	Compañía Minera del Sur Explosur C.A.	Cuenca
Arcilla	Los Ríos	Ventanas	Geoaplica C.A.	Guayaquil
Arcilla	Azuay	Victoria	Peralta Jara Luis	Cuenca
Baritina	Zamora Chinchipe	Quimi	Flupesa	Zamora
Bentonita	Manabí	Pajonal	Meyers Cook Willian	
Caliza	Chimborazo	Calerita Shobol	Empresa Cemento Chimborazo C.A.	Riobamba
Caliza	Guayas	Decal	Guzmán Maspons Jaime	Guayaquil
Caliza	Guayas	España	España Jimenez Andres	Guayaquil
Caliza	Guayas	Esrod	España Fajardo Lauro	Guayaquil
Caliza	Guayas	Fraga	Terraplein S.A.	Guayaquil
Caliza	Cañar	Guapan	Compañía Industrias Guapan	Cuenca
Caliza	Carchi	La Calera	Agroindustria La Calera	Quito
Caliza	Guayas	La Condora	Armas Cabrera César	Guayaquil
Caliza	Azuay	La Cría	Compañía Industrias Guapan	Cuenca
Caliza	Chimborazo	Loma la Tronera	Remache Yaguachi Luis	Riobamba
Caliza	Guayas	Perla del Pacífico	Gaibor Solorzano Jaime	Guayaquil
Caliza	Guayas	Precal	Compañía Estancias Cerro Azul	Guayaquil
Caliza	Guayas	Progransa	Productos de Granito S.A. Progransa	Guayaquil
Caliza	Guayas	Ruano Cañas	Ruano Azua Jose	Guayaquil
Caliza	Guayas	San Antonio	Potes Lazaro Víctor	Guayaquil
Caliza	Chimborazo	Shobol Bajo	Rojas Buenaño Víctor	Riobamba
Caliza	Chimborazo	Shobol Central	Zarate Inga Juan	Riobamba
Caliza	Guayas	Terraplein	Productos de Granito S.A. Progransa	Guayaquil
Caliza	Napo	Amazonas	Empresa Cemento Chimborazo	Quito
Caliza	Imbabura	Selva Alegre	Cementos Selva Alegre	Quito
Caliza	Guayas	Yolanda	Guerrero Criollo Pedro	Guayaquil
Caolín	Azuay	Belén	Compañía Minera del Sur Explosur C.A.	Cuenca
Caolín	Morona Santiago	El Descanso	Edesa S.A.	Cuenca
Caolín	Loja	El Valle	Cabrera Rodríguez Angel	Loja
Caolín	Azuay	Inés María	Ortega Toledo Yadira	Quito
Caolín	El Oro	Juan	Edesa S.A.	Machala
Caolín	Cañar	Mercedes	Abad Izquierdo César	
Caolín	Azuay	Samael	Quezada Vasquez Blanca	Cuenca
Feldespató	Azuay	Aldeberan III	Graiman Cia Ltda	Cuenca
Feldespató	El Oro	Jerusalen	Cía Explotadora de Minas Oriente	Machala
Feldespató	Bolívar	La Ercilia	Chemin S.A.	Riobamba
Feldespató	Azuay	San Juan	Compañía Zamicom C.A.	Cuenca
Feldespató	Azuay	Tierras Blancas	Sellers Smith Chester	Cuenca
Feldespató	Chimborazo	Yaruquies	Ecuatoriana de Cerámica C.A.	Riobamba
Sílice	Zamora Chinchipe	Camiva	Gordillo Ocampo Franklin Manuel	Zamora

Mineral No Metálico	Provincia	Nombre de la Mina	Peticionario	Ciudad Peticionario
Silice	Morona Santiago	Clam	Clam Cía Ltda.	Cuenca
Silice	Morona Santiago	Clam II	Clam Cía Ltda.	Cuenca
Silice	Zamora Chinchipe	Daniela	Ortega Gonzalez Walter	Zamora
Silice	Zamora Chinchipe	Danny	Ortega Gonzalez Walter	Zamora
Silice	Morona Santiago	Elizabeth	Italpisos S.A.	Cuenca
Silice	Zamora Chinchipe	La Esperanza	Gaibor Solorzano Jaime	Zamora
Silice	Zamora Chinchipe	Palacios	Palacios Moreno Eliceo	Zamora
Yeso	Loja	Yeso Bramaderos	Armijos Armijos Francisco	Loja
Yeso	Loja	Yunga	Yunga Medina jose	Loja

APENDICE F

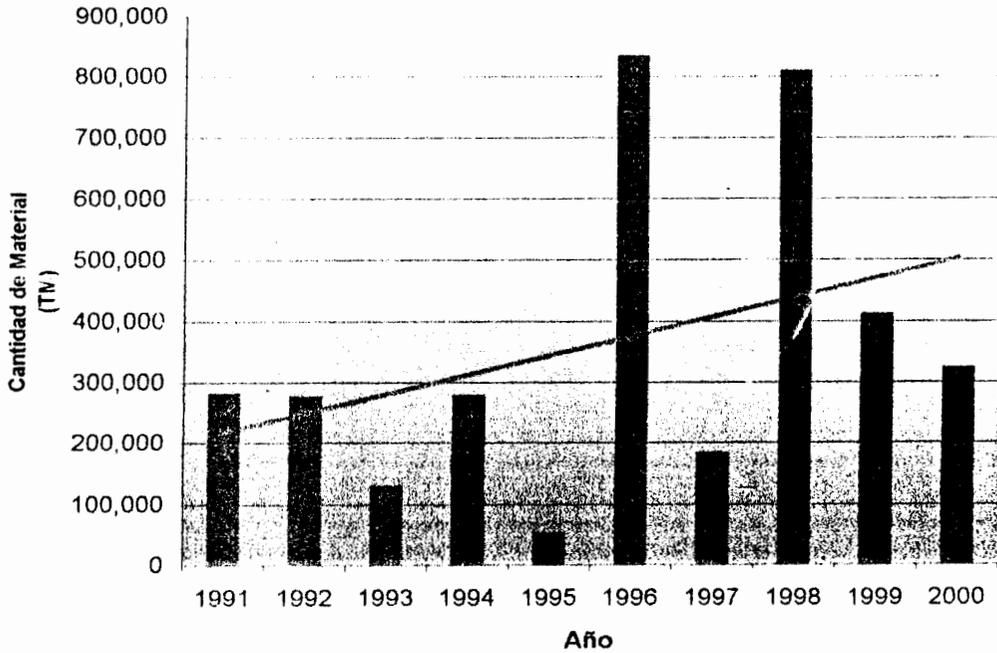
Tendencias de crecimiento de la producción nacional de caliza y materiales de construcción



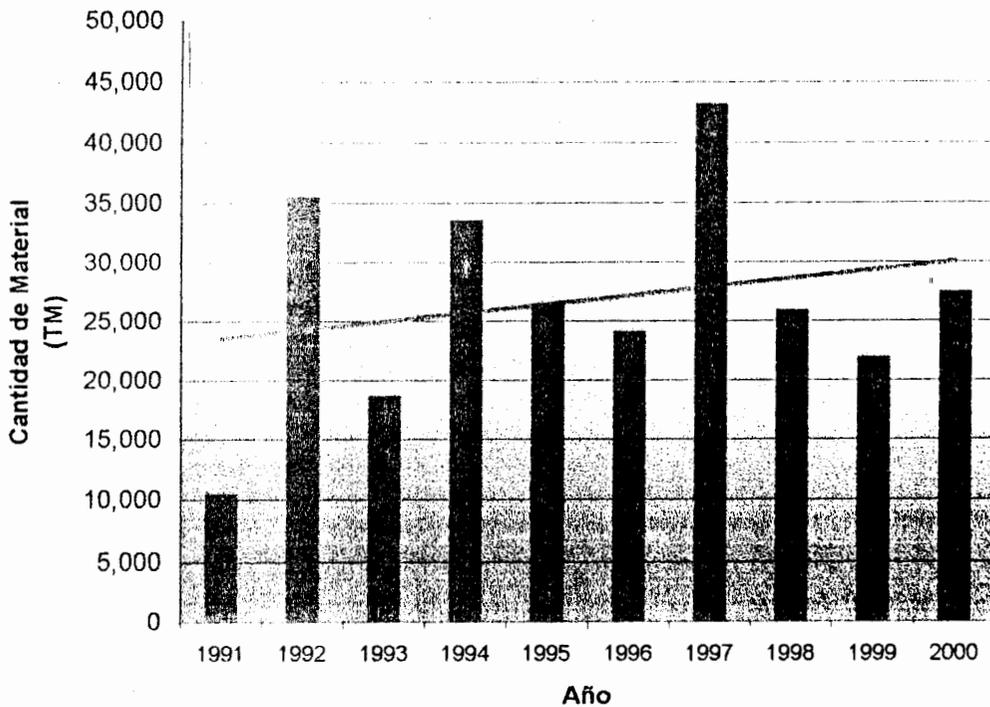
APENDICE G

Tendencias de crecimiento de la producción nacional de la arcilla, sílice, feldespato, caolín y yeso

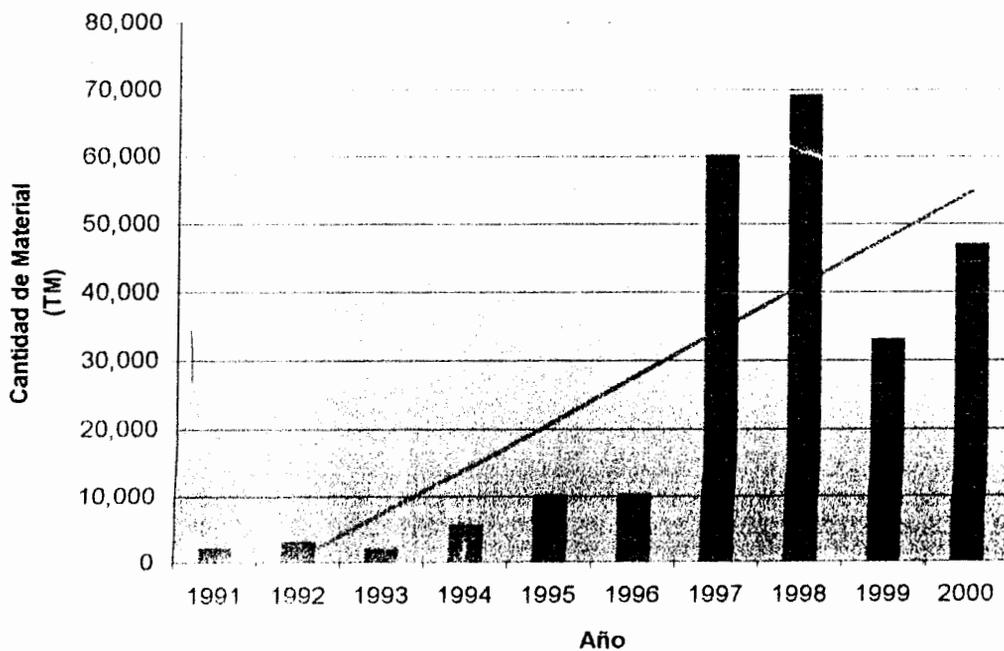
TENDENCIA DE PRODUCCION NACIONAL DE ARCILLAS 1991-2000



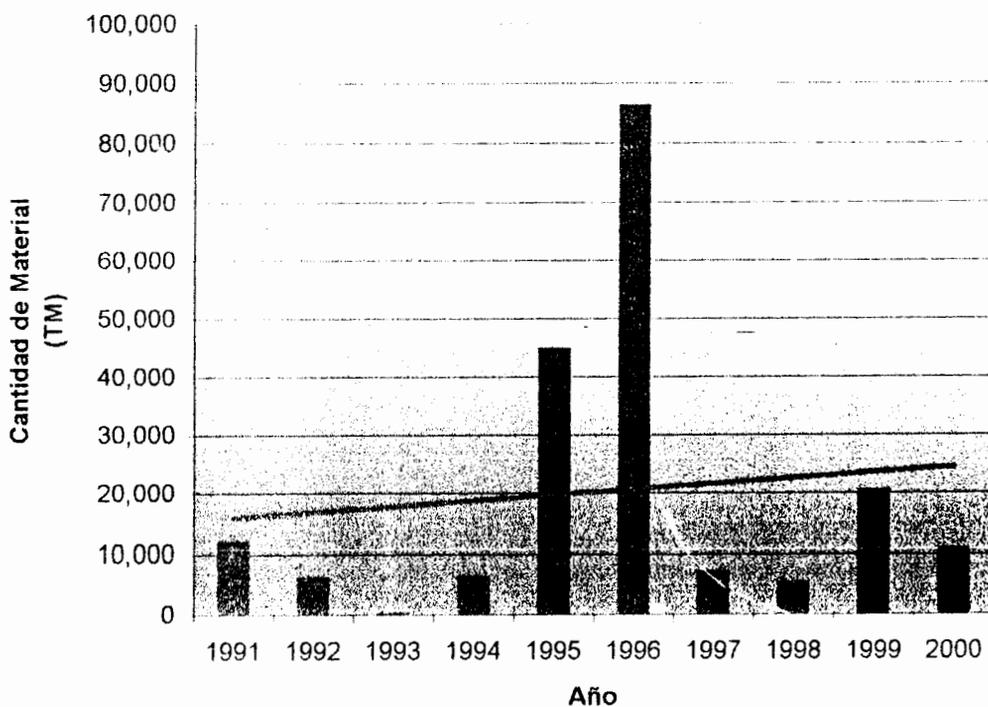
TENDENCIA DE LA PRODUCCION NACIONAL DE SILICE 1991-2000



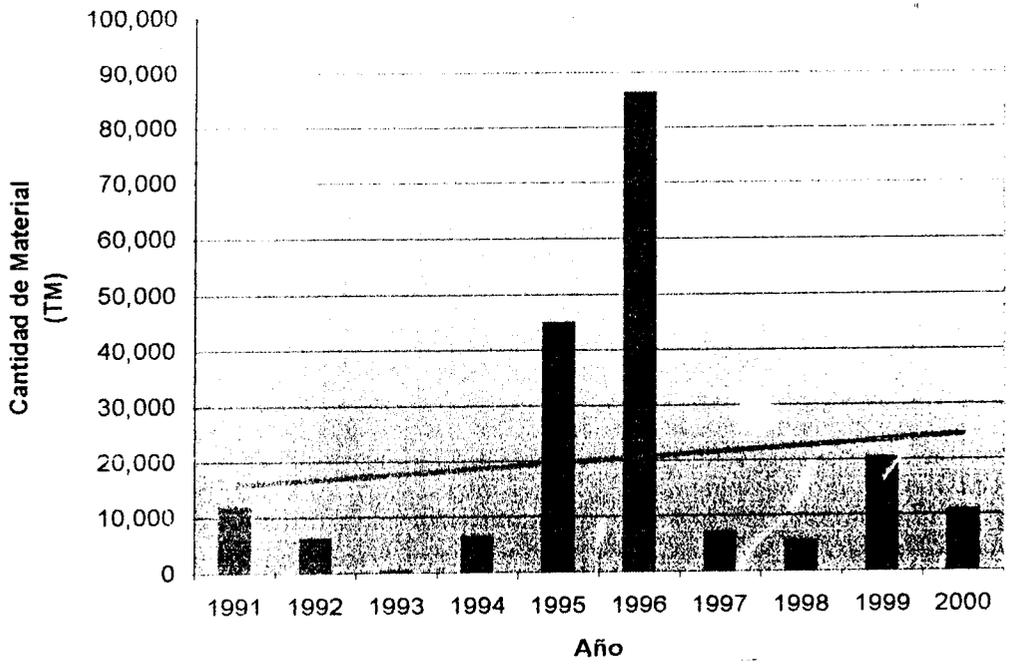
TENDENCIA DE PRODUCCION NACIONAL
DEL FELDESPATO 1991-2000



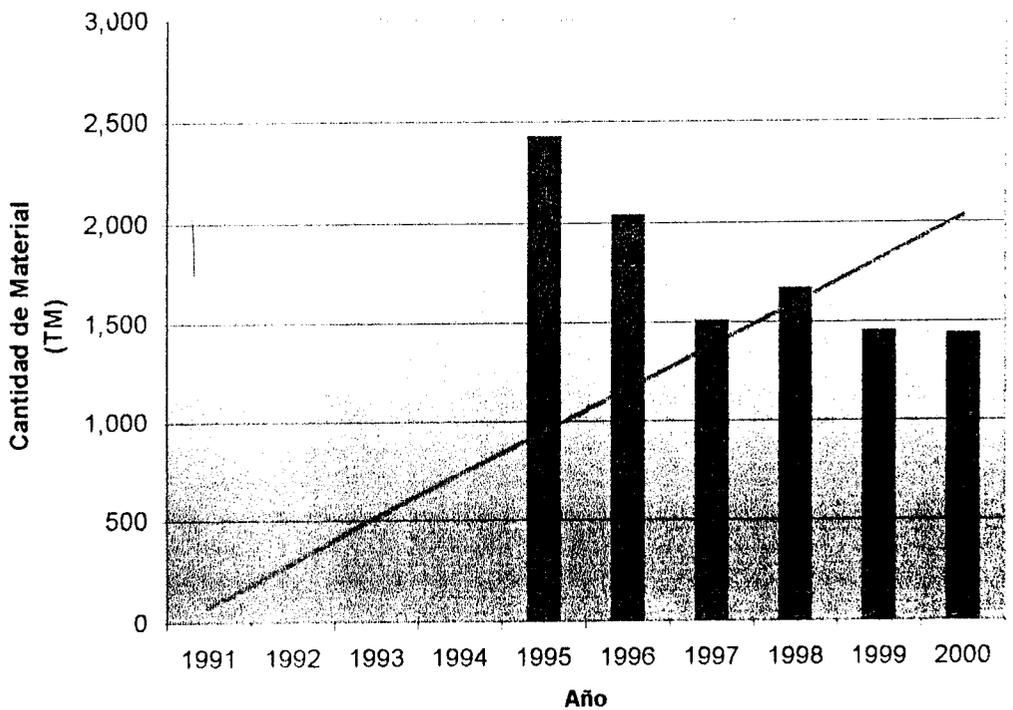
TENDENCIA DE LA PRODUCCION NACIONAL
DE CAOLIN 1991-2000



TENDENCIA DE LA PRODUCCION NACIONAL
DE CAOLIN 1991-2000



TENDENCIA DE LA PRODUCCION NACIONAL
DE YESO 1991-2000



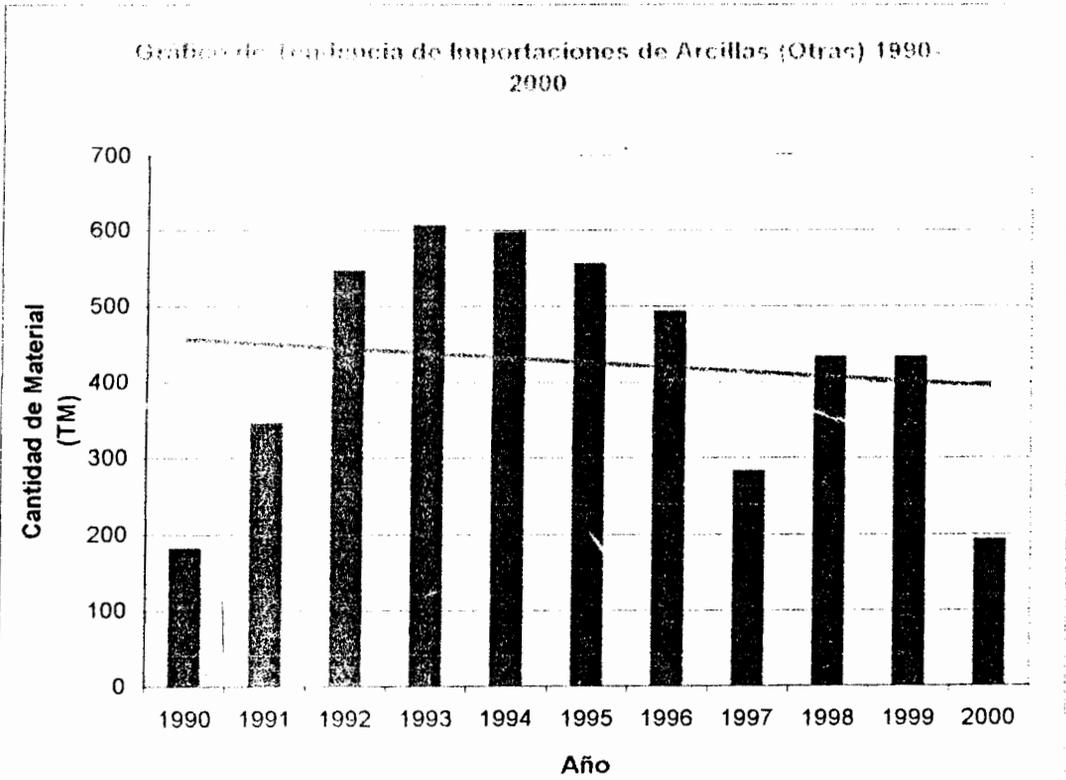
**ECUADOR: PAISES DE DONDE SE IMPORTA MINERALES NO METALICOS POR PARTE DE LA
INDUSTRIA ECUATORIANA 1990-2000**

PAIS DE PROCEDENCIA	CUARZO			CAOLIN Y DEMAS ARCILLAS CAOLINITICAS INCLUSO CALCINADOS			CAOLIN Y DEMAS ARCILLAS CAOLINITICAS EXCEPTO CALCINADOS			ARCILLAS REFRACTARIAS		
	TM	FOB	CIF	TM	FOB	CIF	TM	FOB	CIF	TM	FOB	CIF
AFGANISTAN							0.083	0.244	0.341			
ALBANIA												
ALEMANIA				44.219	50.464	65.911	3.34	7.424	11.292	34.459	28.046	32.961
ARGENTINA	1646.006	196.537	331.408	88	5.788	13.829	20	4.764	6.68			
AUSTRIA				0.2	0.178	0.217						
BELGICA				0.123	0.295	0.316						
BIELORRUSIA												
BOLIVIA												
BRASIL				6.065	5.555	6.406				2.166	3.605	4.319
CANADA							0.012	0.012	0.124	4.773	4.326	5.932
COLOMBIA	0.4	0.057	0.065	5328.34	146.341	419.397	1015	86.047	149.039			
COREA (NORTE)												
COREA (SUR)				65.975	8.481	16.595						
CHILE	4.793	1.01	1.255	0.078	0.005	0.208	3.4	0.703	0.858			
CHINA												
DINAMARCA				3.1	0.962	1.905						
EL SALVADOR												
EMIRATOS ARABES UNIDOS												
ESLOVAQUIA												
ESPAÑA	0.206	0.03	0.055	0.96	0.047	0.186	17.83	3.887	6.198			
ESTADOS UNIDOS	36.725	12.651	19.846	23476.711	3404.198	56226.83	445.673	172.91	258.733	261.2	67.423	95.914
FRANCIA				22.25	5.158	7.646						
HOLANDA				17.657	9.193	17.254						
ITALIA				1	0.342	0.383	0.005	0.01	0.115	0.025	0.26	0.36
JAMAICA												
JAPON				17.642	5.786	9.37						
MEXICO				20	4.91	6.396	1.35	0.516	0.753	13.5	1.796	2.928
PANAMA							0.015	0.019	0.027	17.2	11.4	14.6
PERU	1547.035	197.294	268.279	150	24.93	31.817	1033.168	126.073	155.563	0.1	0.2	0.225
REINO UNIDO				348.507	112.834	175.52	1097.335	231.587	309.827	56	11.268	17.556
SUIZA				1.49	1.378	1.909						
TAIWAN (FORMASA)							39.01	5.461	8.784			
TAIWAN (HONG KONG)												
VENEZUELA				0.05	0.01	0.118	0.52	0.047	0.112			
VIETNAM												
YEMEN							60	12.3	16.825			

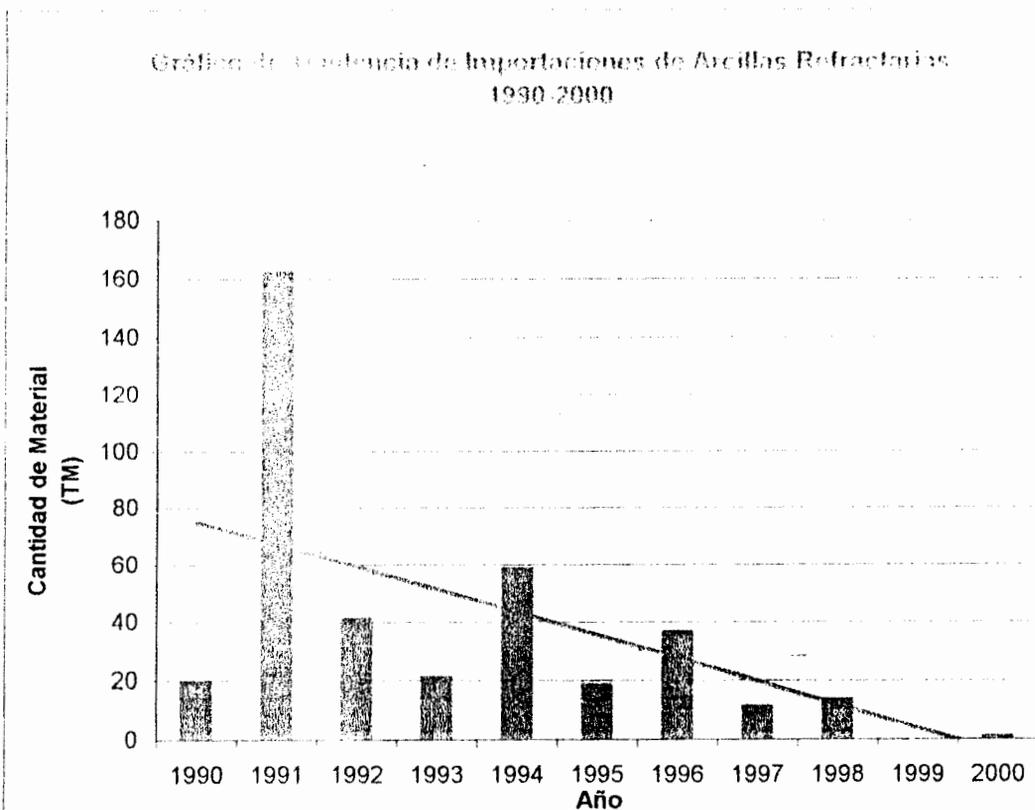
PAIS DE PROCEDENCIA	ARCILLAS (OTRAS)			FELDESPATO			TALCO ESTEATITA PULVERIZADO			YESO		
	TM	FOB	CIF	TM	FOB	CIF	TM	FOB	CIF	TM	FOB	CIF
AFGANISTAN												
ALBANIA							1.549	1.46	2.906			
ALEMANIA	10.76	36.249	42.319	0.116	14.101	14.533	421.918	317.617	419.028	13.018	38.155	42.367
ARGENTINA				4578.407	574.39	959.633	0.325	0.257	1.138	106.454	23.252	33.309
AUSTRIA												
BELGICA				0.2	0.164	0.186	156.665	70.63	86.929	0.004	0.12	0.191
BIELORRUSIA							19.69	5.729	7.177			
BOLIVIA							18.14	4.237	6.477			
BRASIL				0.192	0.001	0.497	1554.505	141.823	172.655	2336	257.473	455.202
CANADA	16.963	4.019	7.43				36.288	5.888	9.837			
COLOMBIA				0.4	0.073	0.083	1047.25	208.818	265.146	946.864	254.887	269.409
COREA (NORTE)							479.775	57.148	134.4			
COREA (SUR)							62	9.125	17.17			
CHILE	0.07	0.031	0.034	33	4.248	5.75	80	12.6	23.954	126654.606	2006.928	2516.096
CHINA							3181.525	407.674	684.635	0.223	0.153	0.309
DINAMARCA	0.09	17.64	18.862				4.037	2.623	2.697			
EL SALVADOR	0.03	0.045	0.216									
EMIRATOS ARABES UNIDOS							0.062	0.12	0.952			
ESLOVAQUIA							4.003	5.558	3.123			
ESPAÑA	0.8	9.19	9.582	0.169	0.033	0.053						
ESTADOS UNIDOS	4467.84	1019.98	1800.3	8263.932	1118.91	1693.39	6960.112	1649.011	2681.144	4775.409	1369.388	2020.33
FRANCIA	0.013	0.017	0.02				10.8	6.647	9.301	21.175	5.699	8.093
HOLANDA							89.455	44.004	57.753			
ITALIA	0.013	0.05	0.055	12	7.08	8.803				4.094	4.71	5.049
JAMAICA				5534.618	494.44	635.754						
JAPON												
MEXICO										4787.59	493.007	721.928
PANAMA							55.568	27.453	38.982	20	4.22	6.417
PERU	0.035	0.004	0.004	2041.151	259.988	333.325	420.18	57.992	79.928	99.85	28.76	33.627
REINO UNIDO	120	27.167	35.931									
SUIZA	64.653	12.036	20.798	11.576	23.249	28.35	92.341	60.865	79.544			
TAIWAN (FORMASA)												
TAIWAN (HONG KONG)												
VENEZUELA	108.32	22.559	35.301	38.819	4.808	5.73	163.55	57.327	75.673			
VIETNAM							18.064	5.057	6.406			
YEMEN							0.001	0.003	0.024			
TERRITORIOS NO DET							6.887	2.341	3.383	49.966	8.989	13.777

APENDICE I

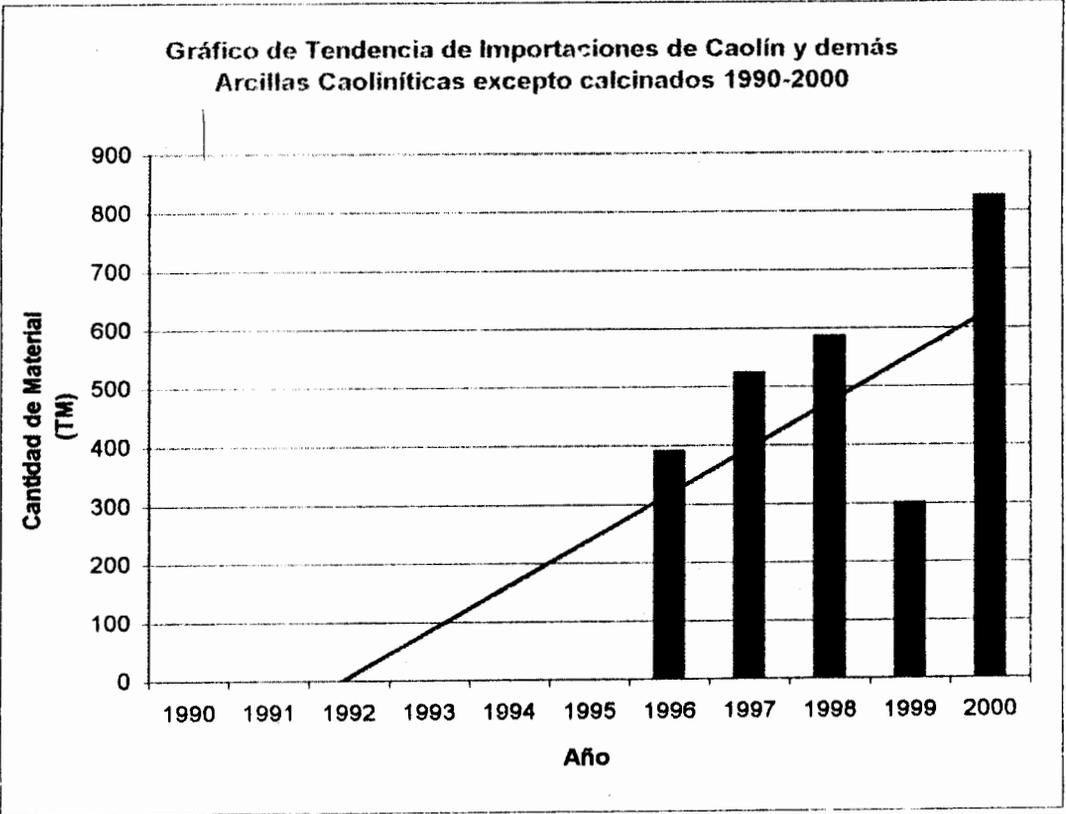
Tendencias de crecimiento de las importaciones de las arcillas, arcillas refractarias, caolín y demás arcillas calcinadas, cuarzo, feldespato, talco y yeso



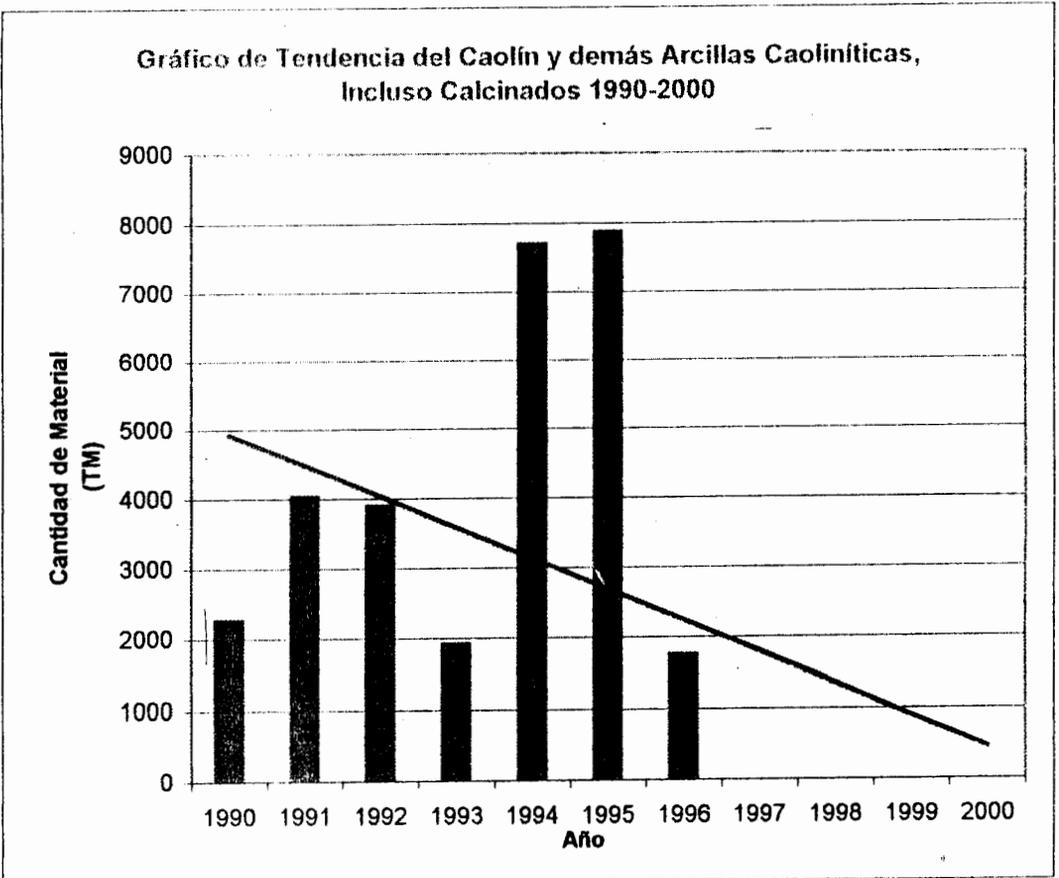
Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales



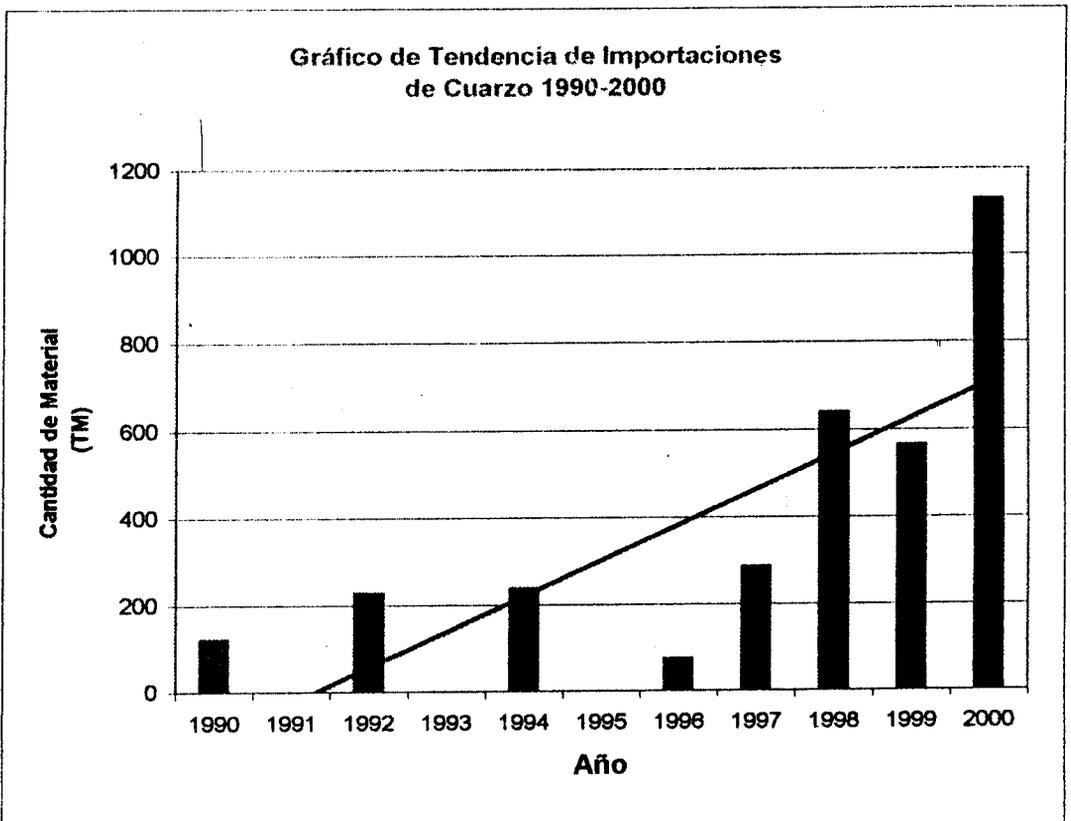
Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales



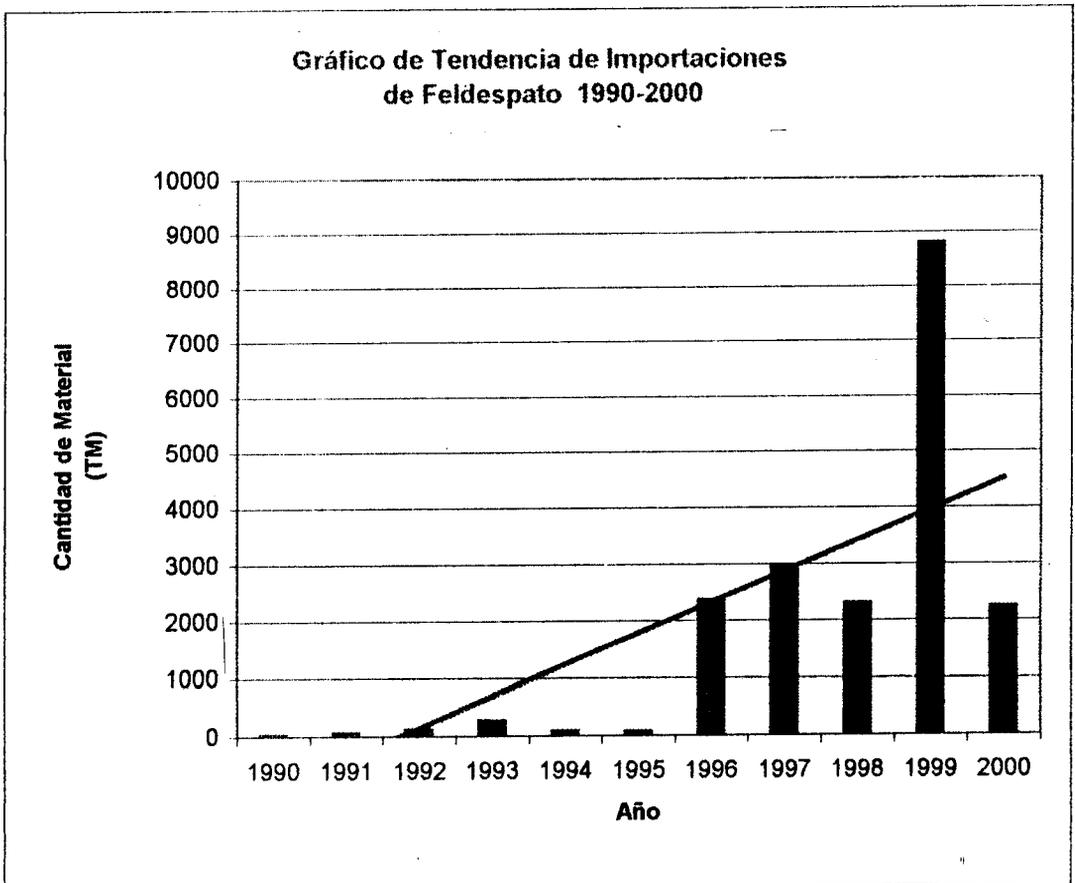
Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales



Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

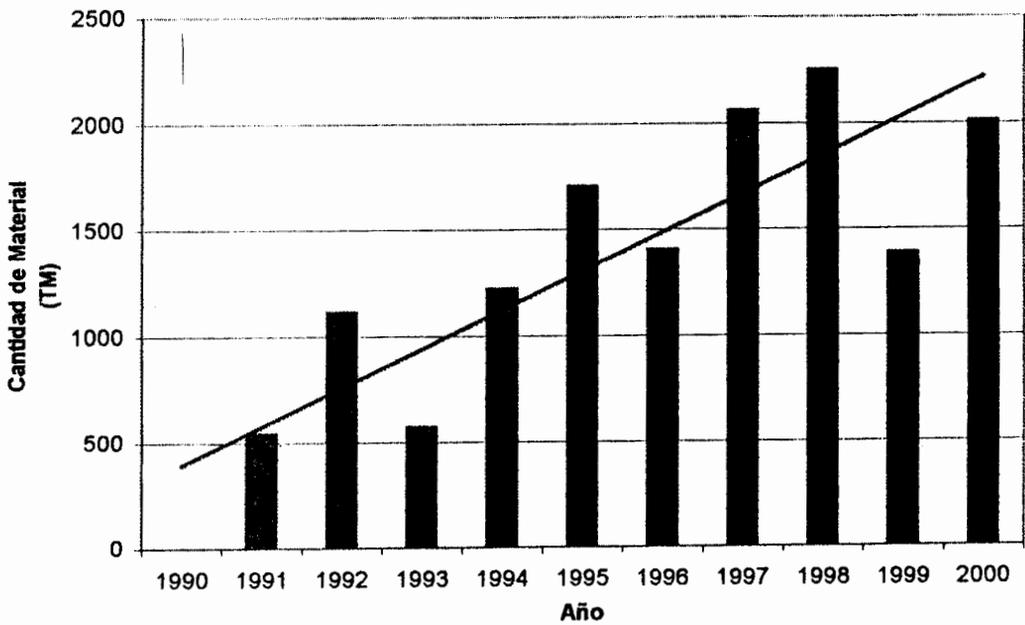


Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales



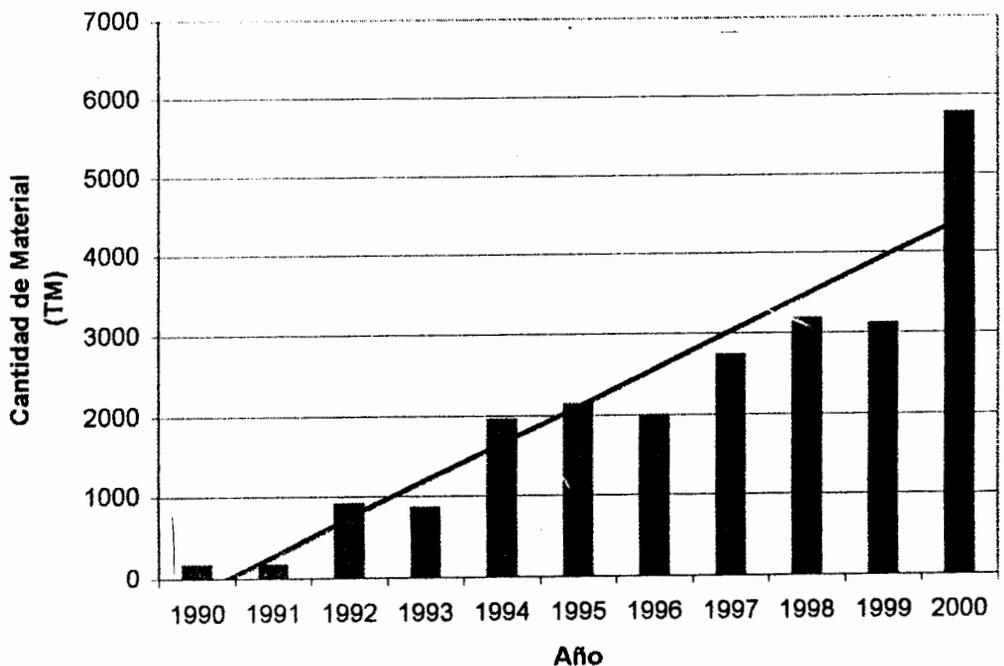
Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

Gráfico de Tendencia de Importaciones de Talco (Esteatita) 1990-2000



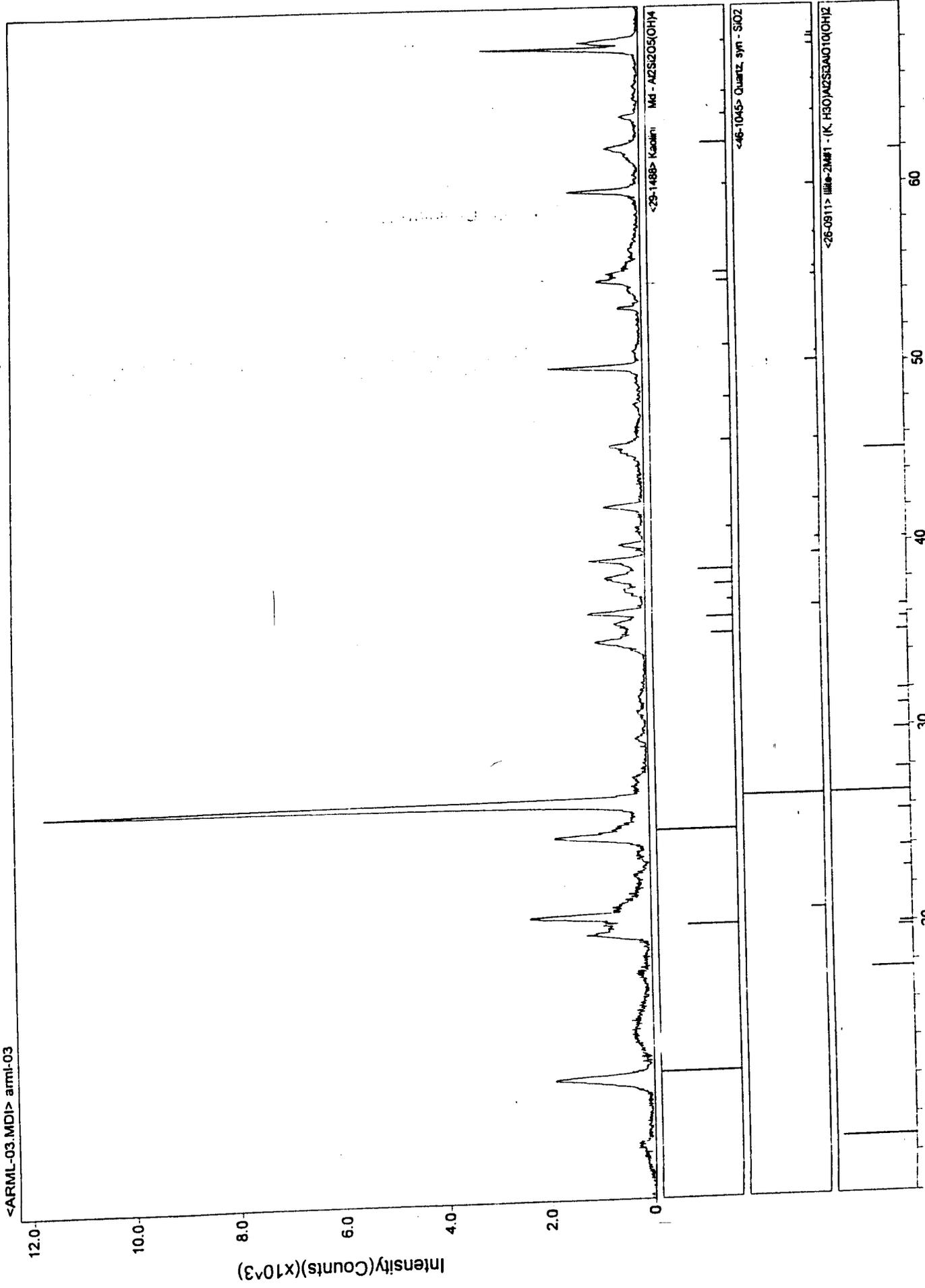
Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

Gráfico de Tendencia de Importaciones de Yeso 1990-2000

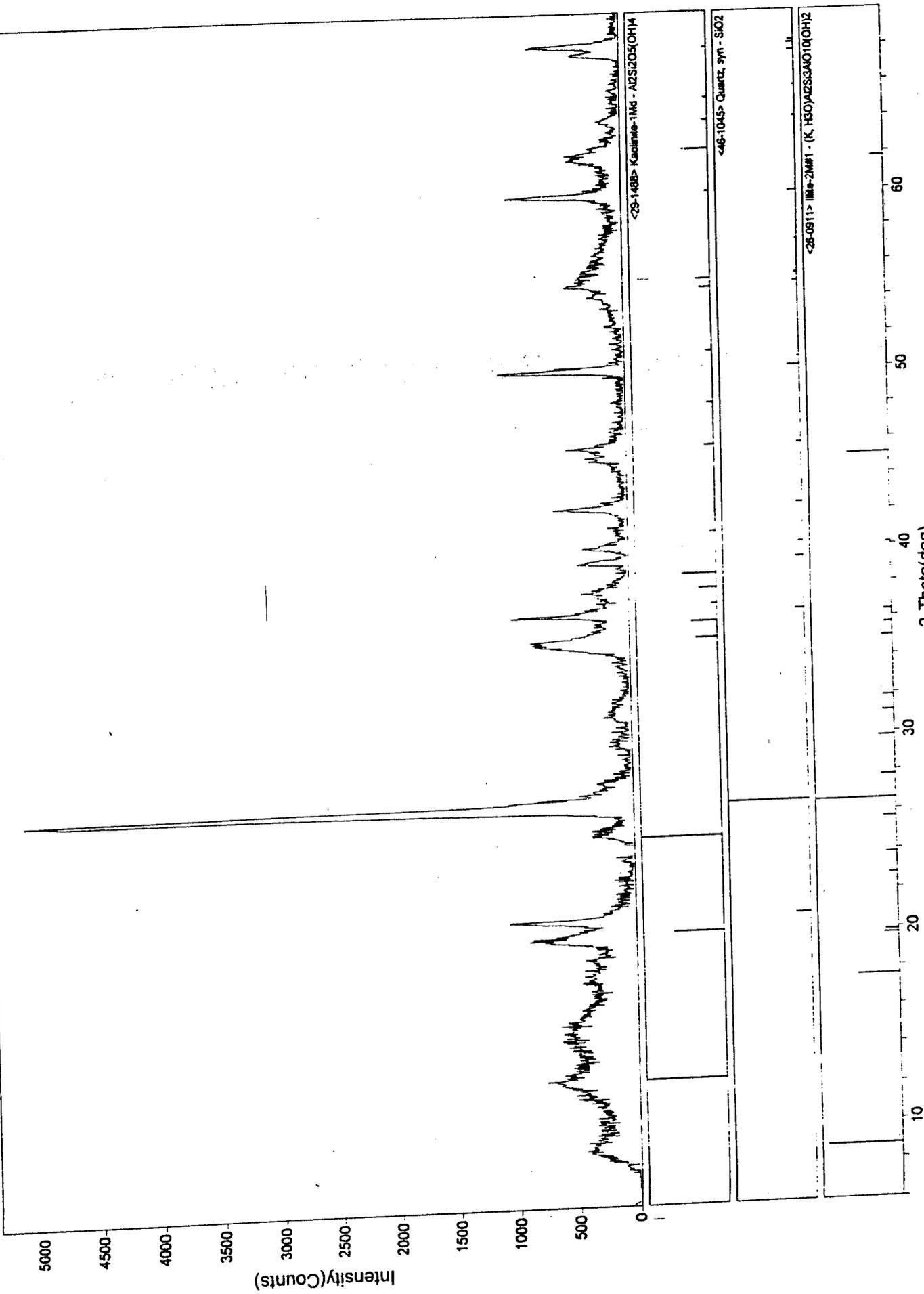


Nota: Hasta 1998 las cifras son definitivas, las de 1999 y 2000 son provisionales

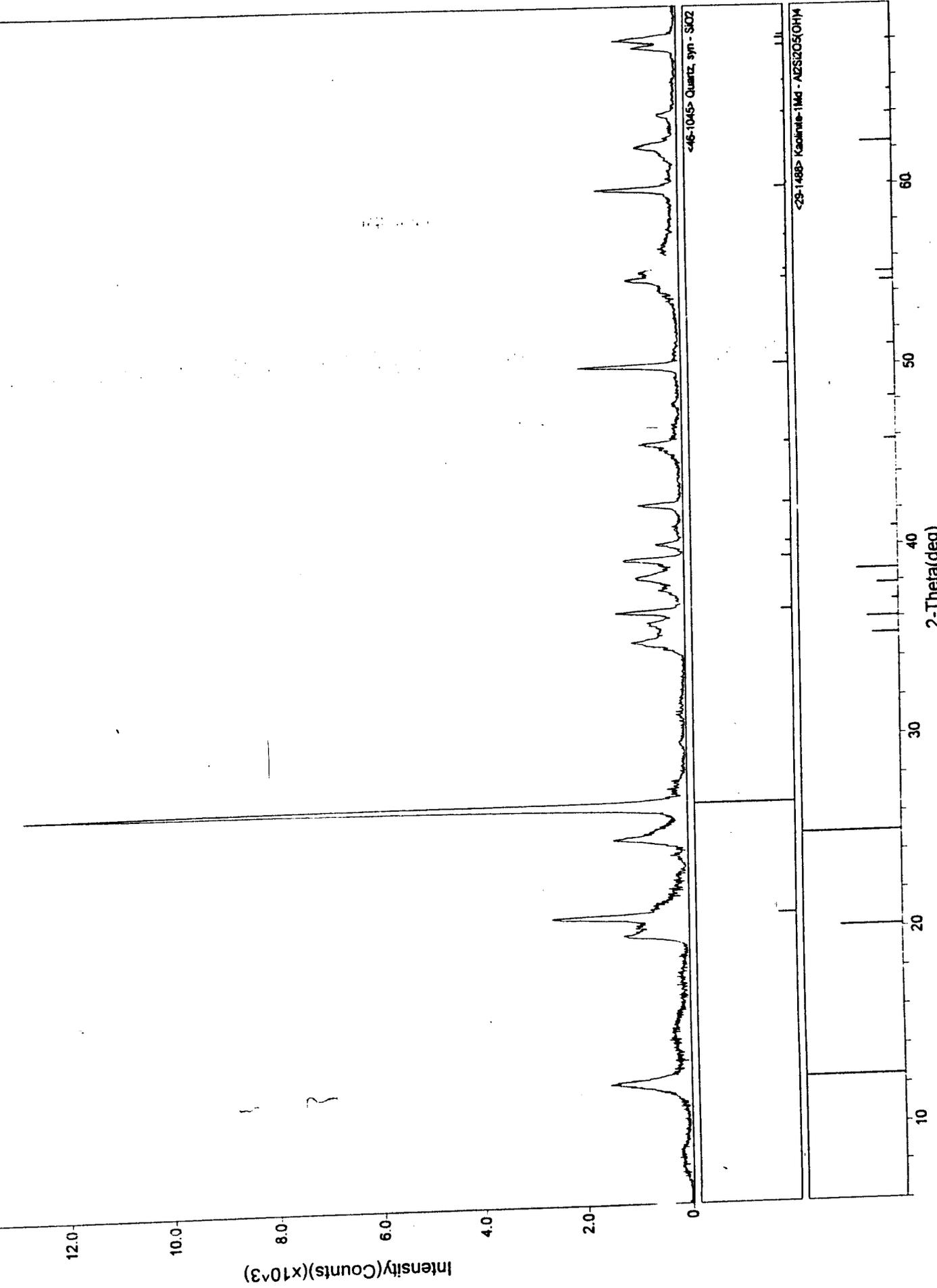
APENDICE J



<AAS-04.MDI> aas-04



<AFL-01.MDI> afl-01



46-1045 Quartz, syn - SiO₂

29-1488 Koolhaite-1M4 - AGS205(OH)₄

<ACH-58.MDI> ALF-03

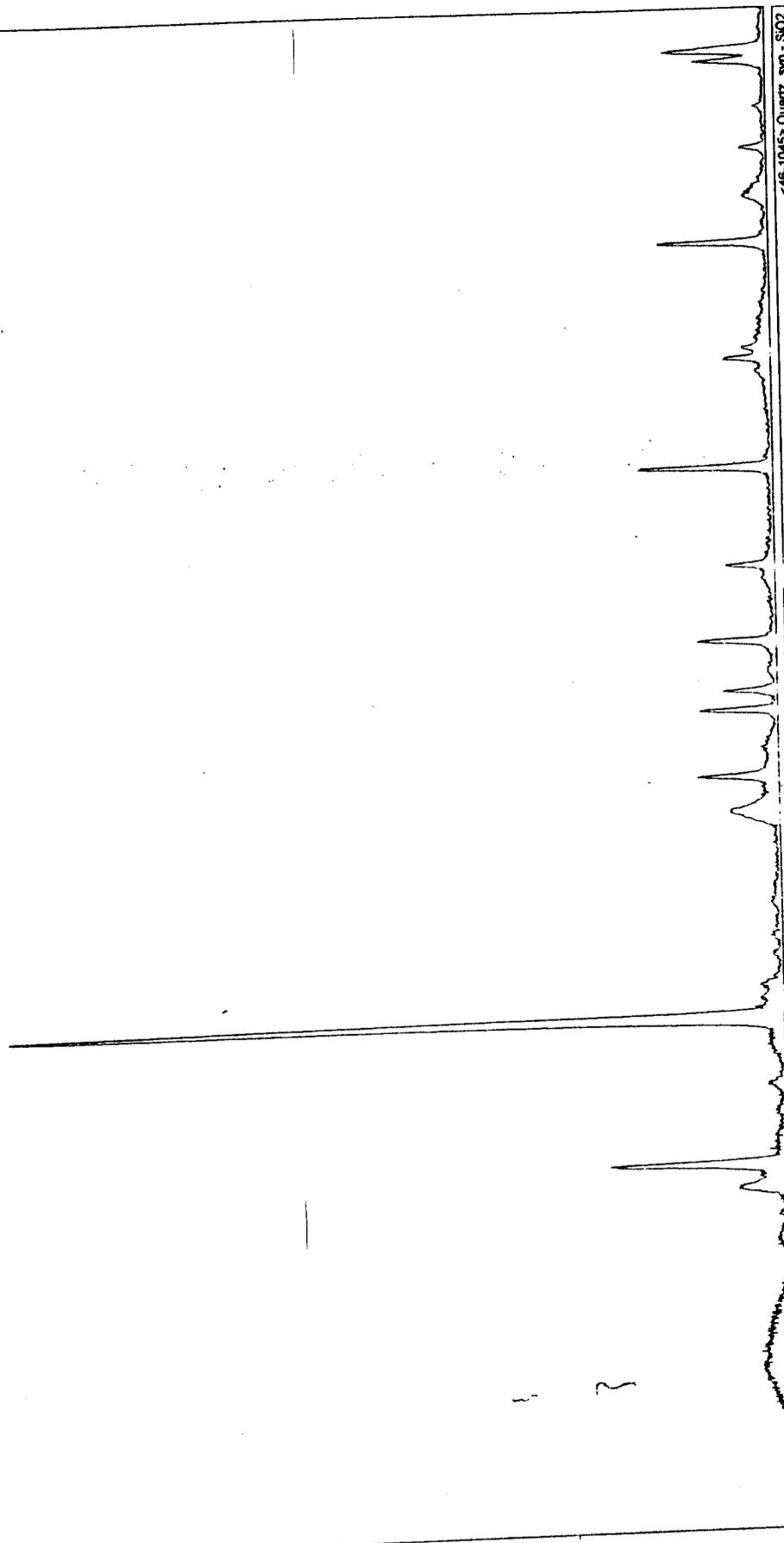
15.0

Intensity(Counts)(X10³)

10.0

5.0

0



<46-1045> Quartz, syn - SiO2

<74-0345> Muscovite - KAl2(Si3Al)O10(OH)2

<20-0452> Gismondine - CaAl2Si2O8H2O

10

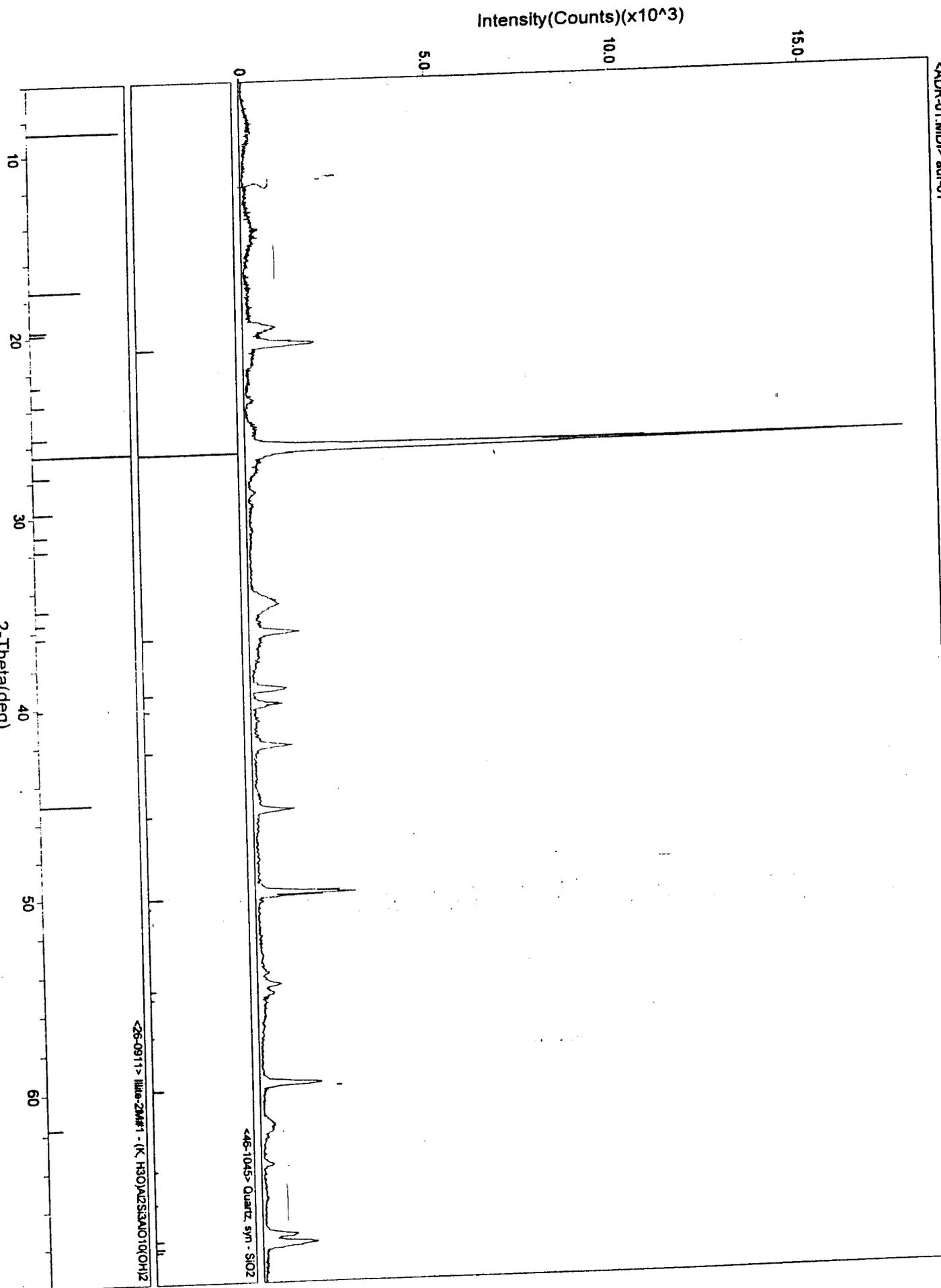
20

30

40

50

60



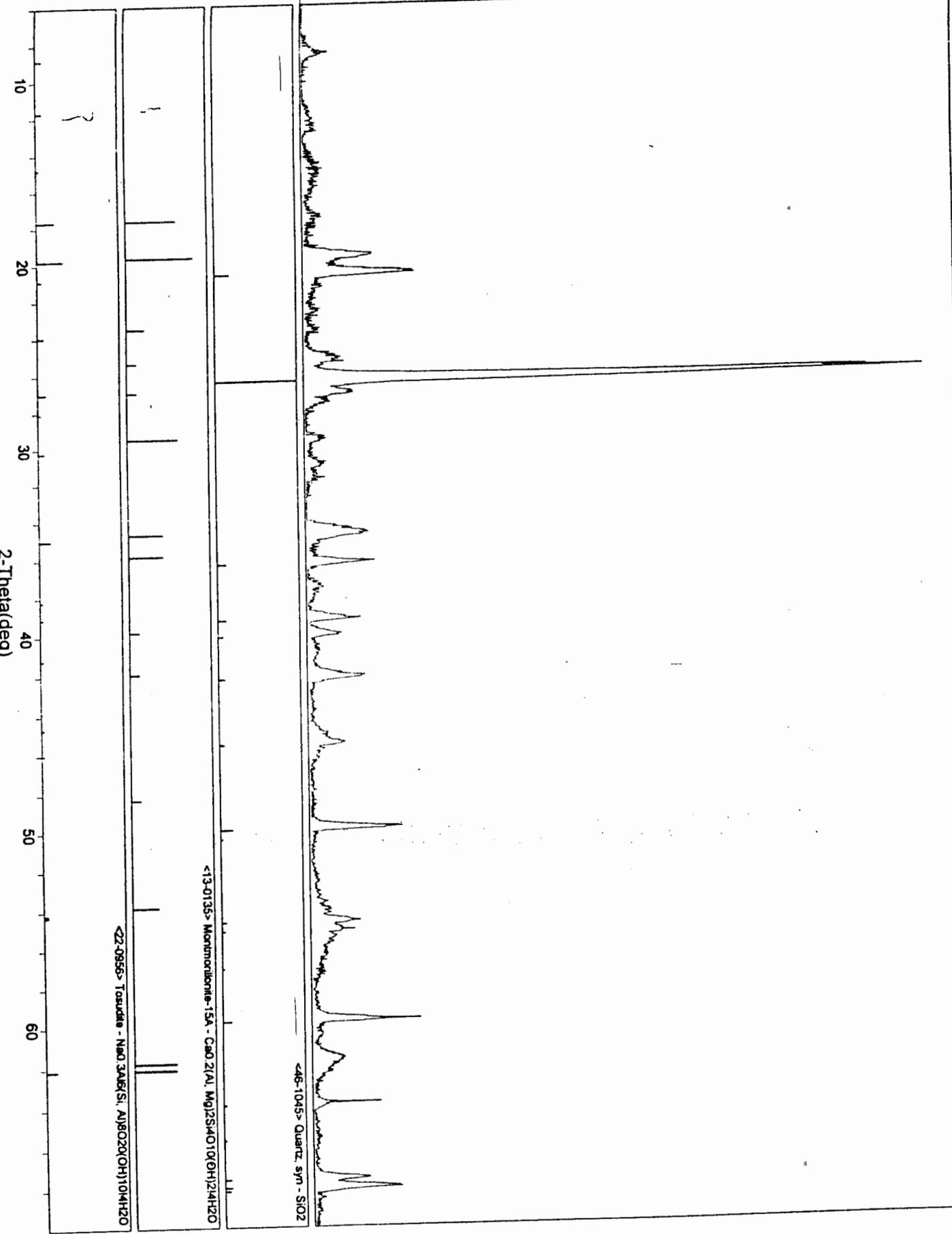
Intensity(Counts)

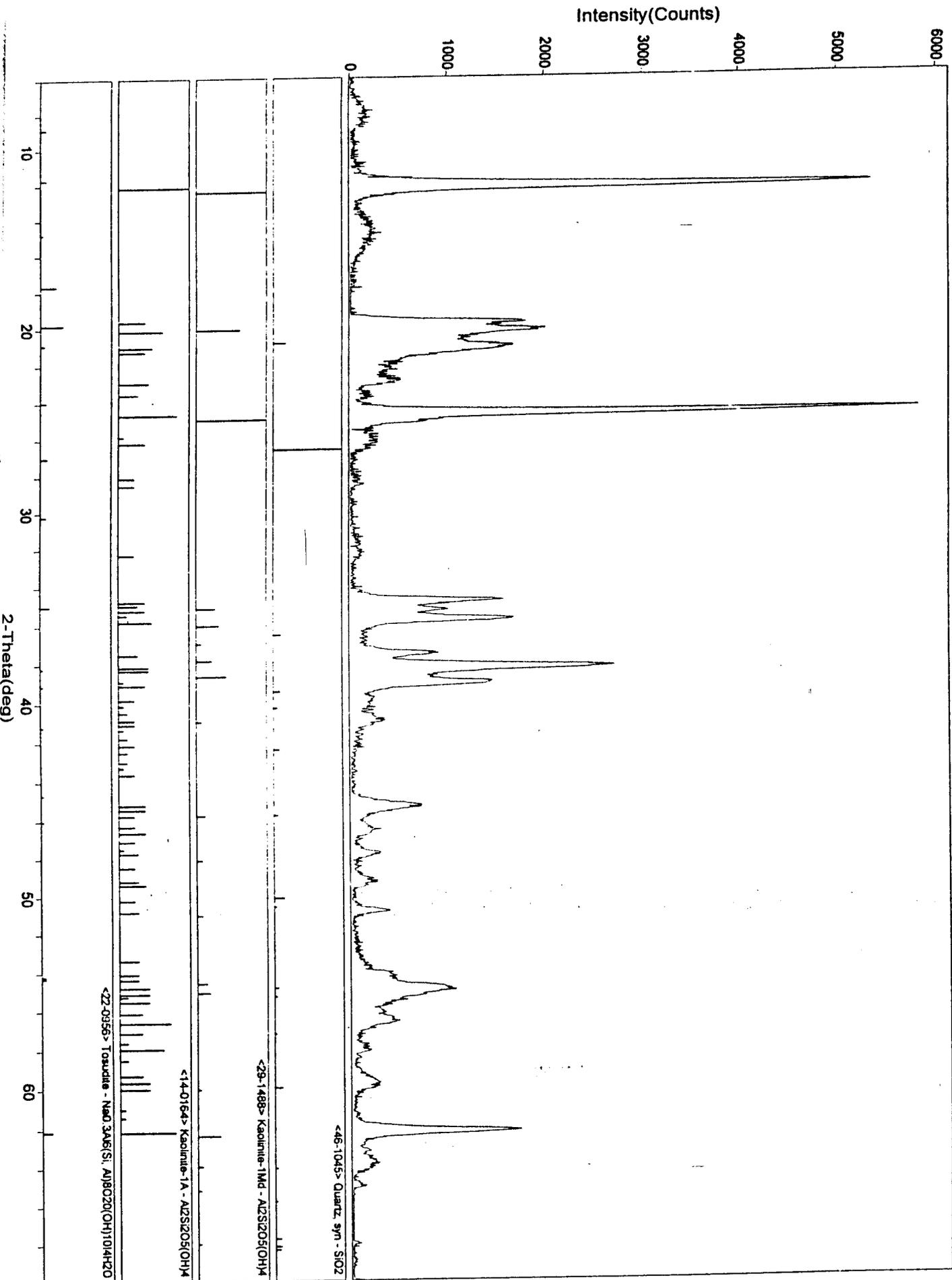
7500

5000

2500

0





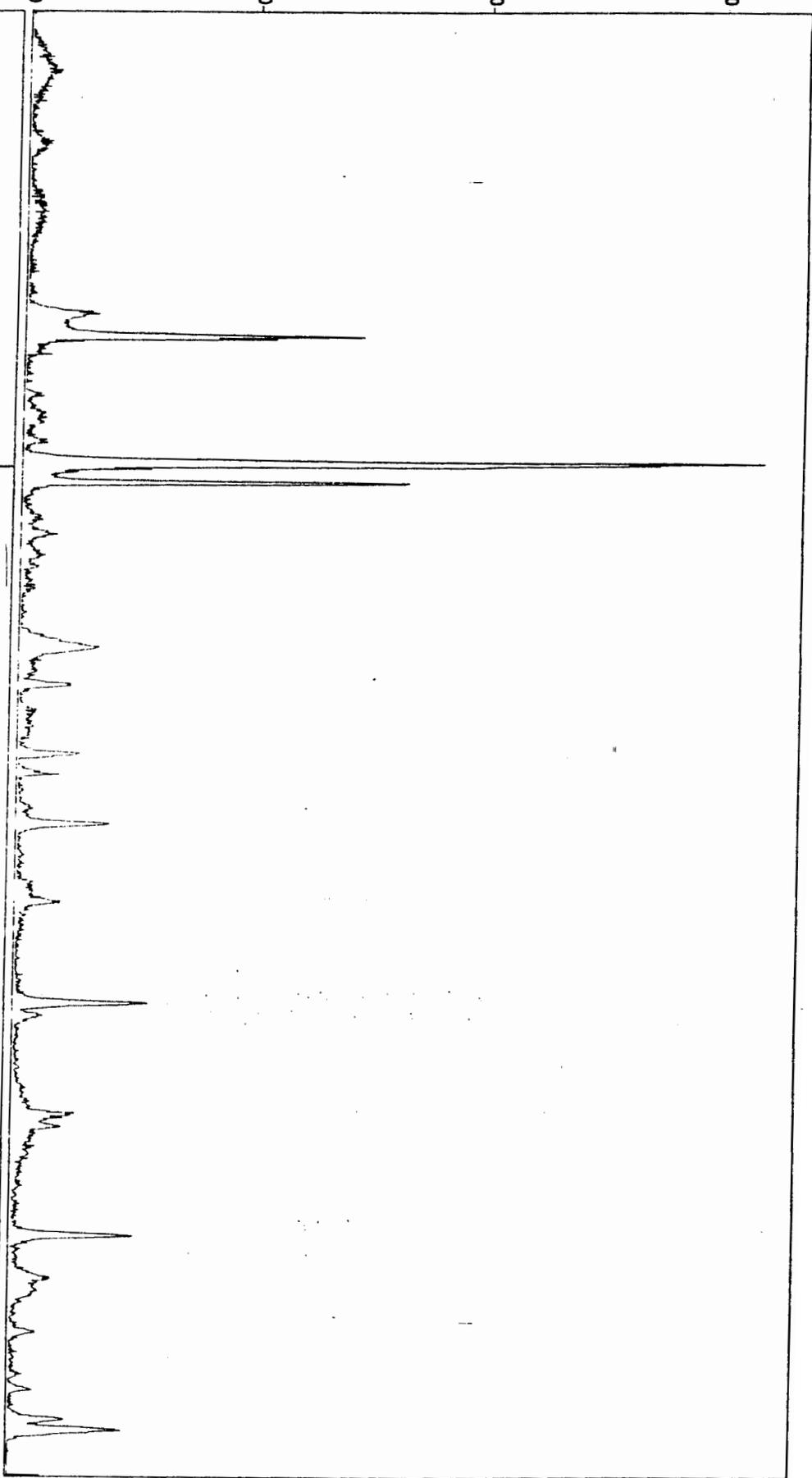
Intensity(Counts)

7500

5000

2500

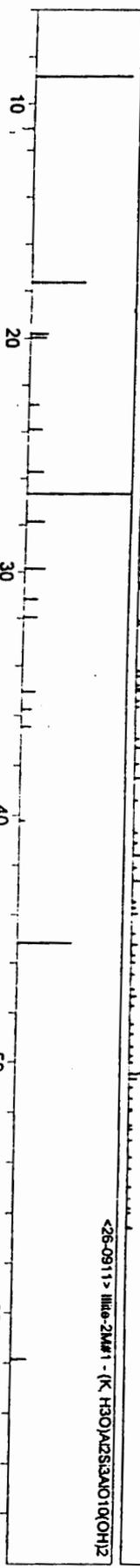
0



<46-1045> Quartz, syn - SiO2

<19-0933> Microcline, intermediate - KAIS308

<26-0911> Illite-2M#1 - (K, H3O)Al2Si3AlO10(OH)2



2-Theta(deg)

10

20

30

40

50

60

APENDICE K
RESULTADOS DEL ANALISIS REOLOGICO

ARCILLA ARLM-05	
Dispersante (cc/gr)	Viscosidad (cps)
0.0078	7400
0.0083	4250
0.0088	2550
0.0094	485
0.0099	250
0.0104	102.5
0.0109	75
0.0114	62.5
0.0119	58.75
0.0125	57.5
0.0130	57.5

ARCILLA AAS-04	
Dispersante (cc/gr)	Viscosidad (cps)
0.00013	8900
0.00026	3100
0.00039	587.5
0.0005	118.75
0.0008	42.5
0.0010	37.5
0.0016	32.5
0.0021	30
0.0026	30
0.0031	30

ARCILLA AFL-01	
Dispersante (cc/gr)	Viscosidad (cps)
0.0072	18000
0.0078	12500
0.0083	8000
0.0088	2375
0.0093	350
0.0099	157.5
0.0104	80
0.0109	53.75
0.0114	40
0.0119	38.75
0.0125	37.5
0.0130	37.5
0.0135	37.5

ARCILLA ACH-58	
Dispersante (cc/gr)	Viscosidad (cps)
0.0010	10700
0.0012	3300
0.0014	1200
0.0016	122.5
0.0021	41.25
0.0026	36.9
0.0031	33.75
0.0036	33.75
0.0041	33.75

ARCILLA ARC-00	
Dispersante (cc/gr)	Viscosidad (cps)
0.0010	14400
0.0012	3000
0.0014	1100
0.0016	52.5
0.0021	36.25
0.0026	32.5
0.0031	30
0.0036	30
0.0041	30

ARCILLA ADR-01	
Dispersante (cc/gr)	Viscosidad (cps)
0.0005	16400
0.0008	1900
0.0010	82.5
0.0016	52.5
0.0021	48.75
0.0026	45
0.0031	41.25
0.0036	40
0.0041	40
0.0046	40

CAOLIN CAC-07	
Dispersante (cc/gr)	Viscosidad (cps)
0.0182	7300
0.0187	5300
0.0192	4300
0.0203	3650
0.0213	2750
0.0244	1312.5
0.0254	740
0.026	480
0.027	290
0.0281	208.75
0.0286	166.25
0.0291	132.5
0.0301	132.5
0.0312	132.5

CAOLIN CDE-03	
Dispersante (cc/gr)	Viscosidad (cps)
0.0016	9000
0.0021	4700
0.0026	2275
0.0031	260
0.0036	115
0.0042	88.75
0.0047	75
0.0052	70
0.0057	65
0.0062	61.25
0.0068	61.25
0.0073	61.25

CAOLIN JCA-56	
Dispersante (cc/gr)	Viscosidad (cps)
0.00026	4200
0.0005	2350
0.0010	195
0.0016	26.25
0.0021	26.25
0.0026	26.25

BIBLIOGRAFÍA

1. Abraham Thomas, Industrial Ceramics, Growth Prediction Lowered for U.S. Advanced Ceramics Industry, Agosto 2001, pp. 24, 26,27
2. ASM International, Ceramics and Glasses, Volume 4, First Printing, USA 1991
3. Barsoum Michel, Fundamentals of ceramics, Editorial Board, USA 1997
4. Bruguera Jordi, Manual Práctico de Cerámica, Ediciones Omega, Barcelona 1986.
5. INEC, Clasificación Ampliada de las Actividades Económicas de Acuerdo a la CIIU-Tercera Revisión. Sistema Armonizado de Nomenclaturas de Carácter Económico, Tomo I, Talleres gráficos del INEC.

6. INEC, Encuesta de Anual de Manufactura y Minería, Tomo 1. Talleres gráficos del INEC, 1999
7. Phelps G.W., Maguire S.G., Kelly W.J., Wood R.K, Rheology and Rheometry of Clay-Water Systems, Printed in USA
8. Reed James S, Principles of Ceramic Processing, First Edition, Printed in USA by John Wiley & Sons, Inc, 1988
9. Rex W. Grimshaw, The Chemistry and Physics of clays, Fourth Edition, Printed in Great Britain by John Wiley & Sons, Inc , 1980
10. Van Marcel H., The American Ceramic Society, Market Trend for Advanced Ceramics in Western Europe, by, Bulletin. Vol. 75, No.12, pp. 48
11. Vittel Claude ,Cerámica (pastas y vidriados), Segunda Edición, Edición Española Paraninfo, Impreso en España 1985.
12. Wachtman John, Ceramics and Glass : Science and Technology, Volume 3 (Characterization of Ceramics), Printed in USA, 1971.

13. Worrall W. E., Ceramic Raw material, Second Revision Edition, Printed in Great Britain, 1982
14. WWB Group, Summary of Technical Data of Ceramic Clays, 1996
15. <http://www.bce.fin.ec/>
16. <http://www.ceramics.org/>
17. <http://www.inec.gov.ec/>
18. <http://www.mineriaecuador.com/>
19. www.uned.es/cristamine/min_descr/grupos/feldespatos/feldespatos_gr.htm

