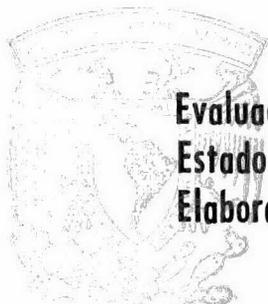


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**Evaluación de Minerales Localizados en el
Estado de México para su Utilización en la
Elaboración de Productos Cerámicos**

257

T E S I S

Que para obtener el título de :

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a :

JORGE OCAMPO NAVA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Test 1
ADQ. 1975
FECHA _____
PROC. HL 246 245



ADM.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: PROF. LIBERTO DE PABLO GALAN
VOCAL: PROF. ALBERTO OBREGON PEREZ
SECRETARIO: PROF. DARIO RENAN PEREZ PRIEGO
1er. SUPLENTE: PROF. GUILLERMO ALCAYDE LACORTE
2o. SUPLENTE: PROF. ARMANDO VALDEZ TAMEZ

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES, UNAM

SUSTENTANTE: JORGE OCAMPO NAVA

ASESOR DEL TEMA: DARIO RENAN PEREZ PRIEGO

A MIS PADRES:

Que gracias a sus consejos, ejemplo
y amor, hicieron posible mi formación
profesional.

Atanacio Ocampo M.

Evodia N. de Ocampo

A MIS HERMANOS:

Que con su esfuerzo y cariño hicieron
posible la realización de mis estudios.

Guillermina

Carlos

Rufino

Antonio

Emilia

Amando

Austrebertha

Isidora

Lucrecia

A MIS SOBRINOS

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al Físico Alberto Díaz González, al Ingeniero Químico José Antonio García Pinedo, al Químico Metalúrgico Armando Valdez Tamez y al Químico Darío Renán Pérez Priego, por su valiosa asesoría y colaboración.

A la Dirección de Promoción Industrial, Comercial y Artesanal del Estado de México, por la aportación de los fondos de apoyo para realizar este estudio.

Al personal del Centro de Investigación y Desarrollo Artesanal del Estado de México por su colaboración y valiosas sugerencias.

Al Instituto de Geografía de la UNAM por sus valiosas recomendaciones.

CONTENIDO	Pág.	
CAPITULO 1	Introducción	1
CAPITULO 2	Generalidades	3
	2.1 La arcilla como materia prima básica de los productos cerámicos	3
	2.2 Clasificación de arcillas	5
CAPITULO 3	Localización de los recursos naturales cerámicos en el Estado de México	10
	3.1 Criterios de selección de las zo- nas exploradas	10
	3.2 Exploración y trabajos de campo	11
	3.3 Localización de muestras	17
CAPITULO 4	Evaluación de los minerales localiza- dos	20
	4.1 Estudios de laboratorio	20
	a) Estudios preliminares	20
	b) Estudios complementarios	24
	4.2 Resultados de laboratorio	27
	a) Resultados preliminares	27
	b) Resultados complementarios	38
	4.3 Evaluación de resultados y selec- ción de muestras	60
	a) Evaluación de resultados	60
	b) Selección de muestras	67
CAPITULO 5	Conclusiones y recomendaciones	71
CAPITULO 6	Bibliografía	79

INTRODUCCION

✓ El desarrollo acelerado de la industria cerámica en México, plantea la necesidad de elaborar productos de mejor calidad y más bajo costo. Por otro lado la creciente demanda de artículos cerámicos requiere un aumento en la productividad, lo que se refleja en una mayor demanda de materias primas.

El Estado de México presenta una alta densidad industrial y en particular en lo que se refiere a artículos cerámicos, es uno de los principales productores. Este Estado elabora, materiales de construcción, vidrio, muebles sanitarios, loza de mesa, refractarios, abrasivos, aislantes eléctricos, alfarería tradicional, etc.

✓ En la mayor parte de estas industrias se utiliza un alto porcentaje de materias primas de importación, por ejemplo en lo que se refiere a refractarios, muebles sanitarios, productos de alfarería tradicionales y materiales de construcción de pastas blancas, en promedio utilizan 75% de materiales de importación o bien de fuera del Estado.

✓ El Estado de México posee recursos naturales cerámicos que por falta de información adecuada no han sido aprovechados. *¿es no de las principales de México?*

Encuestas directas han mostrado que existen en el Estado de México alrededor de 25000 personas dedicadas a la alfarería y materiales artesanales para la construcción. (1) No obstante de lo numeroso de este grupo de artesanos, es uno de los núcleos de trabajadores más marginados, esto se refleja en el hecho de que su ingreso per cápita se estima en \$1,200.00 anuales. Esta situación permite establecer que este ramo de la industria cerámica es el más afectado por la falta de recursos, lo que le impide realizar labores de investigación y de asimilación de tecnologías.

Las materias primas básicas utilizadas en la alfarería tradicional son en un 95 % arcillas.

El gobierno del Estado ha iniciado la creación de centros piloto de cerámica artesanal con objeto de impulsar esta actividad, las materias primas que utilizan actualmente estos centros, son en su mayoría de importación o en su mejor caso de fuera del estado.

Con objeto de coadyuvar con el gobierno del estado a mejorar la situación del sector alfarero, se llevó a cabo un estudio de los recursos naturales cerámicos en algunas regiones del Estado, con el objeto de localizar y evaluar yacimientos de arcillas que pudieran utilizarse como sustituto parcial o total de los materiales de importación y de fuera del Estado, en la elaboración de productos cerámicos en lo que se refiere primordialmente en la rama artesanal.

2. GENERALIDADES

2.1 La arcilla como materia prima básica de los productos cerámicos.

La definición de arcilla no puede establecerse en forma única, ya que las diferentes disciplinas in volucradas en su estudio, como la geología, mineralogía, química, física, etc., la definen en base a las propiedades que son más relevantes en ca da área.

En el sentido popular una arcilla tiene el significado de un material terroso, que al humedecerse puede ser modelado y cuando esta agua agregada se evapora adquiere resistencia mecánica, la cual se incrementa cuando la pieza es sometida a una cocción. Esta definición es análoga a la dada por la American Ceramic Society (4), y es la siguiente:

La arcilla es un material constituido de partículas muy finas, ya sea en forma natural o por procesos de selección y/o molienda, que al agregarle una cantidad adecuada de agua adquiere plasticidad. Cuando se seca, se endurece la pasta modela da; su dureza y resistencia mecánica aumentan notablemente al ser sometida a un proceso de cocción.

Para el propósito de este trabajo esta definición es la más conveniente.

Las arcillas son el resultado de un proceso de in temperismo sobre las rocas, principalmente crista linas, como el granito y el gneis que contienen aproximadamente entre 60 y 90% de feldespato (3).

El granito es una roca granulada no estratificada y el gneis es una roca laminada. Ambas están com puestas de cuarzo, mica y feldespato principalmente.

La formación de estas rocas se origina por la acción volcánica del magma fundido bajo la corteza terrestre. Este se enfría lentamente sujeto a altas presiones (790 a 1580 Kg/cm²), formándose rocas plutónicas en el interior de la tierra. Cuando por fenómenos de erosión estas rocas quedan expuestas a la superficie y carentes de las altas presiones, pierden su estabilidad. En estas condiciones la acción de la intemperie las disgrega en mayor o menor grado de acuerdo al tamaño de sus cristales.

Los principales procesos de intemperismo que favorecen la disgregación de estas rocas son:

Físicos.- Fracturas, acción mecánica del viento, gravedad, etc.

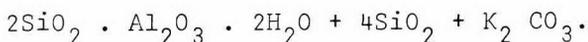
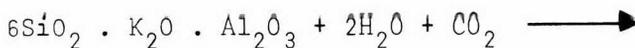
Químicos.- Oxidación, hidratación, carbonatación, hidrólisis, etc.

Biológicos.- Disgregación por crecimiento de raíces, acción química de bacterias, etc.

Como ya se mencionó, el feldespato se encuentra formando parte de las rocas, pero en ocasiones se presenta en depósitos prácticamente puros.

El feldespato es un compuesto constituido por almina (Al₂O₃), óxido de silicio (SiO₂) y un óxido alcalino, este último, es el que nos determina el tipo de feldespato. Por ejemplo el feldespato potásico 6SiO₂ . K₂O . Al₂O₃ o bien el feldespato sódico 6SiO₂ . Na₂O . Al₂O₃.

El feldespato bajo la acción de la intemperie, se descompone de la siguiente manera:



La arcilla pura o caolín corresponde a la fórmula $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, sin embargo en la naturaleza se encuentran con un determinado Porcentaje de impurezas, esto se debe principalmente al proceso natural que han seguido para su formación. Esto se refleja en sus propiedades, que dependen en -- gran parte del tipo y cantidad de estas impurezas.

2.2 Clasificación de arcillas

De acuerdo a la identificación mineralógica (8) y en base a su composición química (7), los minerales arcillosos se pueden clasificar como se muestra en el Cuadro No. 1.

Una de las principales propiedades que caracterizan a las arcillas, es su plasticidad. Esto es debido a dos factores fundamentales:

- a) Estructura laminar de la arcilla.
- b) Tamaño de las partículas de arcilla.

La estructura laminar o foliacea del cristal de arcilla permite que estos cristales se unan por fuerzas de valencia de dos dimensiones. Ya que sus características son casi bidimensionales. Cuando se agrega una cantidad adecuada de agua a la arcilla, las capas laminares se acomodan con moléculas de agua entre ellas y aunque no existe enlace químico como en el caso de materiales orgánicos polimerizados, la atracción de tipo eléctrico y gravitacional es suficiente para lograr una buena cohesión. Esto puede visualizarse mediante un modelo sencillo. La atracción es mayor en cristales bidimensionales ya que sus áreas de contacto son mayores que en el caso de esferas o cristales tridimensionales.

CUADRO No. 1

Arcilla	Caolínica	{ Caolín Dickita, Nacrita	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
		{ Arcilla Refractaria	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$
		{ Anauxita Alófana	$3SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ $2SiO_2 \cdot xAl_2O_3 \cdot 2H_2O \times 1$
	Haloesítica	{ Haloesita	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O + 2H_2O$
		{ Metahaloesita	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$
	Montmorillonítica	{ Montmorillonita (Bentonita)	$Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O + z H_2O$ (MgO)
		{ Nontronita	$Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O + z H_2O$ (FeO)
		{ Beidellita	$Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O + z H_2O$ MgO
	Illítica ó Bravaisítica	{ Illita	$Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O + 2H_2O$ (Fe, Mg, Ca, K, Na)
	Sepiolítica	{ Sepiolitas	$(MgH_2)_9 (Si_4O_{11})_3 \cdot 3H_2O + 2H_2O$
	Paligorskita	{ Paligorskitas (Atapulgitas)	$(MgAl_{3/2})_9 (Si_4O_{11})_3 \cdot 3H_2O + 2H_2O$

Todos los minerales adquieren un cierto grado de plasticidad al ser finamente molidos. Por ejemplo si la arena sílica, se muele en un molino de bolas durante varias horas, al agregar agua adquiere cierta plasticidad pero nunca comparable con la de las arcillas, ya que los materiales no plásticos presentan una red tridimensional. Por lo tanto la plasticidad de una arcilla será mayor en cuanto menor sea el tamaño de sus cristales, por ejemplo la arcilla de China o Caolín es menos plástica que las encontradas en Devon y Dorset, Inglaterra, ya que el diámetro de sus partículas es inferior a 0.01 mm que es menor que en el primer caso. El Cuadro No. 2 puede ilustrar esto; usando comparativamente el tamaño de la molécula de hidrógeno con el diámetro de las partículas.

CUADRO No. 2

	Tamaño típico relativo
Molécula de Hidrógeno	1
Molécula de Almidón	50
Bentonita (tipo de arcilla muy plástica)	1,000
Arcilla (caolín)	10,000
Baritas de malla 800 (mineral no plástico)	250,000
Límite de la visión sin ayuda de instrumentos	500,000

La arcilla seca no es plástica, por lo que es necesario agregar agua para obtener la consistencia deseada. Para minerales muy plásticos esta cantidad de agua requerida es menor que para aquellos de no plásticos.

El Cuadro No. 3 ilustra los porcentajes de agua requeridos para obtener diferentes grados de consistencia en una arcilla promedio.

CUADRO No. 3

	% Agua
Pasta "seca"	7 - 18
Dura o semiseca	10 - 20
Pasta plástica semidura o dura	12 - 25
Pasta plástica (consistencia normal para moldear)	15 - 30
Pasta con exceso de agua	17 - 35
Pasta líquida	20 - 50

A esta agua agregada se le llama "agua de formación", la cual se evapora gradualmente en una atmósfera seca. Además como puede observarse en las composiciones químicas de las arcillas en el Cuadro No. 1, contienen agua químicamente combinada. Esta agua forma parte integral de la sustancia de arcilla y representa en una arcilla típica aproximadamente el 14%.

Si el material es sometido a una temperatura entre 450 y 500°C esta agua químicamente combinada se evapora y en el caso del caolín, pasa a formar metacaolín ($2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$).

A medida que la temperatura es incrementada se continúan realizando cambios en la estructura cristalográfica, de tal forma que la porosidad disminuye y la resistencia mecánica aumenta.

Las propiedades finales de la arcilla cocida dependen en gran medida de la temperatura alcanzada y el tiempo empleado en el cocimiento.

La gran abundancia de las arcillas en la corteza terrestre y sus propiedades, han permitido elaborar productos cerámicos a través de cientos de -- años. Siendo en la actualidad muy amplia la gama de aplicaciones debido entre otras razones al - - gran desarrollo tecnológico de los últimos años (5).

3. LOCALIZACION DE LOS RECURSOS NATURALES CERAMICOS EN EL ESTADO DE MEXICO

3.1 Criterios de selección de las zonas exploradas.

Como ya se mencionó, tanto el granito como el, gneis dan lugar a arcillas del tipo caolinítico y por otro lado, la actividad volcánica produce cenizas que posteriormente se transforman en arcillas montmorilloníticas. En base al plano geológico del Estado de México se seleccionaron las regiones que corresponden a los periodos cenozoico y cuaternario reciente ya que en ellas existen -- las condiciones en las que se forman las arcillas antes mencionadas.⁽¹⁰⁾

Por otro lado se utilizó como criterio adicional la accesibilidad de las regiones, con objeto de que la extracción y transporte de los materiales encontrados fuera económicamente viable. (Ver Mapa No. 3).

En general, es difícil encontrar arcillas que sean más antiguas que el periodo mesozoico, pero en cambio se encuentran en abundancia en los periodos cenozoico y cuaternario reciente. El Estado de México presenta a grandes rasgos las características anteriores, ya que, en su mayoría está formado por rocas ígneas y rocas sedimentarias. Dentro de las rocas ígneas predominan las extrusivas o volcánicas, las cuales pueden dar origen a arcillas del tipo montmorillonítico. De las rocas sedimentarias se pueden dividir para el Estado de México en calizas y material de descomposición de rocas ígneas extrusivas. Las calizas tienen poca importancia en la elaboración de productos cerámicos y en ocasiones pueden perjudicar -- los procesos de producción, por lo que este mate-

rial no es de interés particular para este estudio.

En base al plano geológico del estado, las zonas seleccionadas tienen las siguientes características:

Periodo cuaternario reciente y pleistoceno.

Rocas sedimentarias: aluviones, suelos residuales y tobas alteradas. (Ver Mapa No. 1).

3.2 Exploración y trabajos de campo

De acuerdo a los estudios preliminares efectuados directamente sobre las zonas de exploración, se dividió el estado en 3 importantes regiones. En el Mapa No. 4 se indican éstas, denominadas:

Región Noroeste

Región Central

Región Suroeste

y que a continuación se describen.

REGION NOROESTE

La zona estudiada forma parte de la zona llamada "Orígenes del Lerma" de la cuenca del sistema Lerma-Chapala-Santiago que abarca un área de 125,555 Km² hasta la desembocadura con el Océano Pacífico. El recorrido que se hizo abarcó una superficie de 1,000 Km² toda comprendida en el Estado de México.

En esta región es difícil señalar unidades fisiográficas, es decir unidades que muestren la evolución de la corteza terrestre, debido a que ha existido una gran cantidad de formas volcánicas que van desde el cenozoico hasta el cuaternario, las cuales han sufrido varios ciclos de erosión. Al oeste de la zona estudiada se encuentran las Sierras de Catedral y Las Cruces formadas princi-

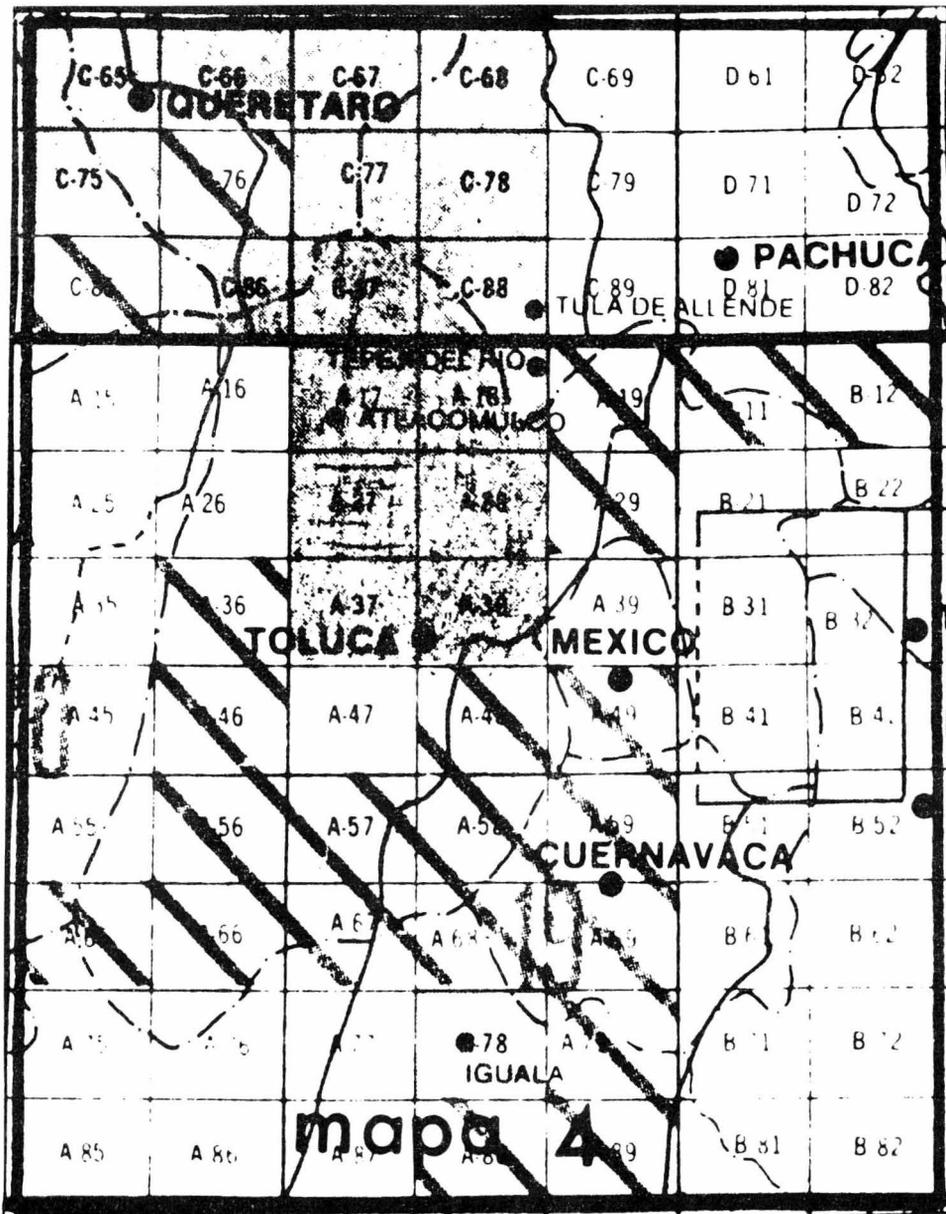
palmente por rocas andesíticas y conos basálticos; al Sur se encuentra la Serranía del Ajusco, también de rocas andesíticas y basálticas; más al Sur se encuentra el Nevado de Toluca (Xinaltécatl) de donde se desprende la Serranía del Ajusco, y otras Serranías que se internan en los Estados de Morelos y Guerrero. En la región occidental de la zona estudiada, se presenta un sistema montañoso complicado que al continuar hacia el norte desemboca en el distrito del Oro y Tlalpujahua.

El clima de la región está relacionado con la altura de esta parte del territorio nacional que es en su mayor parte, la más elevada de México, esto ocasiona un tipo de clima especial que algunos autores llaman "clima Mexicano" o "clima de altura tipo Mexicano". El periodo de heladas abarca por lo general de fines de Octubre hasta fines de Marzo; la estación de lluvias se inicia en Abril y termina en Octubre.

El área estudiada se localiza en la llamada zona neovolcánica de la República y más del 95% se encuentra cubierta por rocas volcánicas del Mioceno al Plioceno (de 1 a 20 millones de años).

Estratigrafía. Las rocas más antiguas son esquistos presentes en la región del Oro y arriba de ellos se encuentran filitas y calizas.

Existen depósitos lacustres muy importantes en el valle de Toluca y de Ixtlahuaca que probablemente se formaron al fin del plioceno o principios del cuaternario (menos de 1 millón de años). Actualmente se caracteriza por unidades permeables que forman capas delgadas y laminares de limos, arcillas, cenizas volcánicas y diatomitas. En algunos pozos perforados principalmente por la Secretaría de Recursos Hidráulicos se han alcanzado --



profundidades mayores de 200 m, sin encontrar la base. Los depósitos de diatomitas comprueban las características lacustres de estos depósitos. Probablemente estos lagos fueron cubetas muy profundas a más de 500 m de su nivel actual que fueron rellenadas poco a poco tanto por los sedimentos aluviales arrancados a las montañas circundantes, como por las escorias y cenizas de los volcanes que erupcionaron. Las dimensiones y formas de las cuencas lacustres sufrieron numerosos cambios y posiblemente en épocas pasadas el valle de Toluca y el de Ixtlahuaca formaban cuencas separadas como se infiere de la disposición actual del Cerro de la Campana y de los cerros al Sureste de Ixtlahuaca. La unión de ambos lagos pudo haber sido anterior a la formación del Río Lerma, río muy moderno puesto que en donde atraviesa el cerro de San Pedro al noroeste de Atlacomulco las aguas corren sobre derrames basálticos muy modernos.

Debido a todo lo anteriormente expuesto, podemos esperar a los valles de Toluca y de Ixtlahuaca como sitios probables para la localización de yacimientos de arcillas ya sea superficiales o a pequeña profundidad.

En las exploraciones que se efectuaron, se localizaron arcillas de buena calidad. (Ver Mapa No. 3). Además se localizaron nuevos afloramientos de tierra de diatomeas a lo largo de una zona de 50 Km de longitud por 5 Km de ancho. Otros afloramientos importantes de arcilla en la zona de Jiquipilco y Temoaya.

REGION CENTRAL

Geográficamente el área ocupa una extensión de -- aproximadamente 50 Km² y está limitada por los pa

ralelos $19^{\circ} 05'$, $19^{\circ} 20'$ y los meridianos $99^{\circ}20'$, $99^{\circ} 30'$. La altura sobre el nivel del mar de esta región es variable dentro de 2,700 y 3,300 m. La zona tiene una densidad de población de 25 habitantes por Km^2 .

El clima según la clasificación de W. Koeppen, es lluvioso templado de intemperie húmeda. La lluvia es periódica y el invierno seco.

Desde el punto de vista hidrológico, la región pertenece a la cuenca del Alto Lerma.

Los suelos predominantes son suelos de montaña con pendientes de más de 25%, dominando los suelos podsólicos y en las partes bajas, castaños. La vegetación está formada por coníferas, pinos, oyameles y pastos. En los lugares desforestados por el hombre se cultivan maíz y maguey principalmente.

La geomorfología de la zona es sencilla debido a la semejanza de las rocas que afloran, en su mayoría de tipo igneo que forman acumulaciones de altura y corrientes de lava de poco espesor. Existen tres tipos de estructuras principales, todas de rocas ígneas; sierras sin forma especial, compuestas principalmente por andesitas que difícilmente se erosionan; como volcánicos formados por basaltos de olivino y augita similares a los que afloran en el Xitle y Ajusco y que pertenecen a la misma zona. En las partes bajas se encuentra una región formada por tobas no consolidadas o semiconsolidadas y además material de depósito debido a la erosión de las partes altas.

Los agentes de intemperismo que actúan en estas zonas son: corrientes fluviales, el viento y la vegetación. La zona pasa dentro del ciclo geomor

fológico por una etapa de juventud avanzada, es decir las corrientes erosionan fuertemente debido a las pendientes, cortando las montañas en valles estrechos, que ocasiona una serie de montañas jóvenes en estado de juventud avanzada, un conjunto de pequeñas cuencas con desagüe al oeste, relleños con material aluvial y un conjunto de conos volcánicos en estado de juventud primaria, dando al paisaje en general un aspecto de juventud.

Tectónica - De acuerdo con F. Mooser todas las rocas volcánicas de la región estudiada salieron a la superficie a partir de grandes fallas y fracturas debido a esfuerzos tensionales que se iniciaron en el cenozoico inferior (hace 70 millones de años), orientado de Este a Oeste, dando origen al fracturamiento Chapala-Acambay.

En todo esfuerzo tensional se producen fracturas transversales aproximadamente a 45° de las primeras; por eso el fracturamiento Chapala-Acambay -- tiene fracturas transversales que dan origen a la Sierra de las Cruces y la Sierra Nevada en el -- plioceno medio (hace 5 millones de años). Los movimientos no cesaron y posteriormente en el plioceno superior (hace 1 millón de años) se creó una nueva zona de fracturamiento cuyo eje principal es la fractura conocida con el nombre de Clarión, la cual es de gran tamaño y atraviesa el territorio Mexicano de Oeste a Este sobre el paralelo 19° . Esta fractura causó las grandes emanaciones volcánicas de la zona durante el cuaternario, precisamente en el paralelo 19° por donde se encuentra la región estudiada. Debido a que las arcillas -- son minerales que se producen por intemperismo -- prolongado sobre otros minerales, es de esperarse que la zona descrita no contenga o casi no contenga depósitos de arcillas importantes para alfare-

ría de calidad, lo cual fue confirmado por las -- pruebas de laboratorio que se hicieron en las - - muestras que se colectaron en este territorio. Se localizó una muestra de "limonita" $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ producto de un pequeño cono volcánico en donde -- los vapores ácidos atacaron al fierro. El producto puede usarse como pigmento.

REGION SUROESTE

Hacia el sur del Estado de México la topografía se vuelve abrupta a medida que se acerca al Estado de Guerrero. En esta última zona empiezan a aparecer rocas metamórficas, lo cual indica rocas "más viejas"; estas rocas están compuestas principalmente por gneises y esquistos y también se encuentran rocas sedimentarias que han sufrido procesos de metamorfismo principalmente pizarras arcillosas, margas, areniscas, etc. Estas formaciones que sirven de basamento a otras rocas sedimentarias y a las volcánicas han sido plegadas y dislocadas por presiones y esfuerzos.

Debido a esto, en la región se debe esperar arcillas de mucho mejor calidad que las de las otras exploraciones, ya que los procesos de intemperismo han tomado mayor tiempo en esta zona también hay posibilidad de encontrar arcillas a cierta -- profundidad no mayor de 10 m. Las pruebas de laboratorio efectuadas en muestras de arcillas co--lectadas en esta región, confirmaron esta suposición.

Una vez elegidas las regiones de exploración, se procedió a localizar sus vías de acceso y programar un itinerario de viajes.

Estas exploraciones tuvieron como objeto el obtener muestras representativas de dichas zonas para

posteriormente estos minerales someterlos a estudios de laboratorio para evaluar y conocer sus -- propiedades, métodos de beneficio tendientes a lograr una materia prima de la mejor calidad, así como también para determinar sus usos más adecuados en la industria cerámica. Los resultados se reportan en el Capítulo 4 de este trabajo.

3.3 Localización de muestras

Un total de 56 muestras representativas fueron recolectadas en las exploraciones. Con objeto de facilitar la localización de las muestras y sim--plificar la nomenclatura se dividió al Estado de México en áreas de la siguiente forma:

C - 87	Polotitlán
A - 16	Temascalcingo
A - 17	Atlacomulco
A - 18	Tepeji del Río
A - 19	Zumpango de Ocampo
B - 11	Tizayuca
A - 26	Palizada
A - 27	Ixtlahuaca de Rayón
A - 28	Jiquipilco
A - 29	Cuautitlán
B - 21	Texcoco
A - 36	S. José de Allende
A - 37	Almoloya de Juárez
A - 38	Toluca
B - 31	Chalco
A - 46	Valle de Bravo
A - 47	Tequisquiápan
A - 48	Tenango de Arista
B - 41	Amecameca
A - 56	Tejupilco de Hidalgo
A - 57	Ixtapan de la Sal

A - 58 Tenancingo

A - 67 Zacualpan

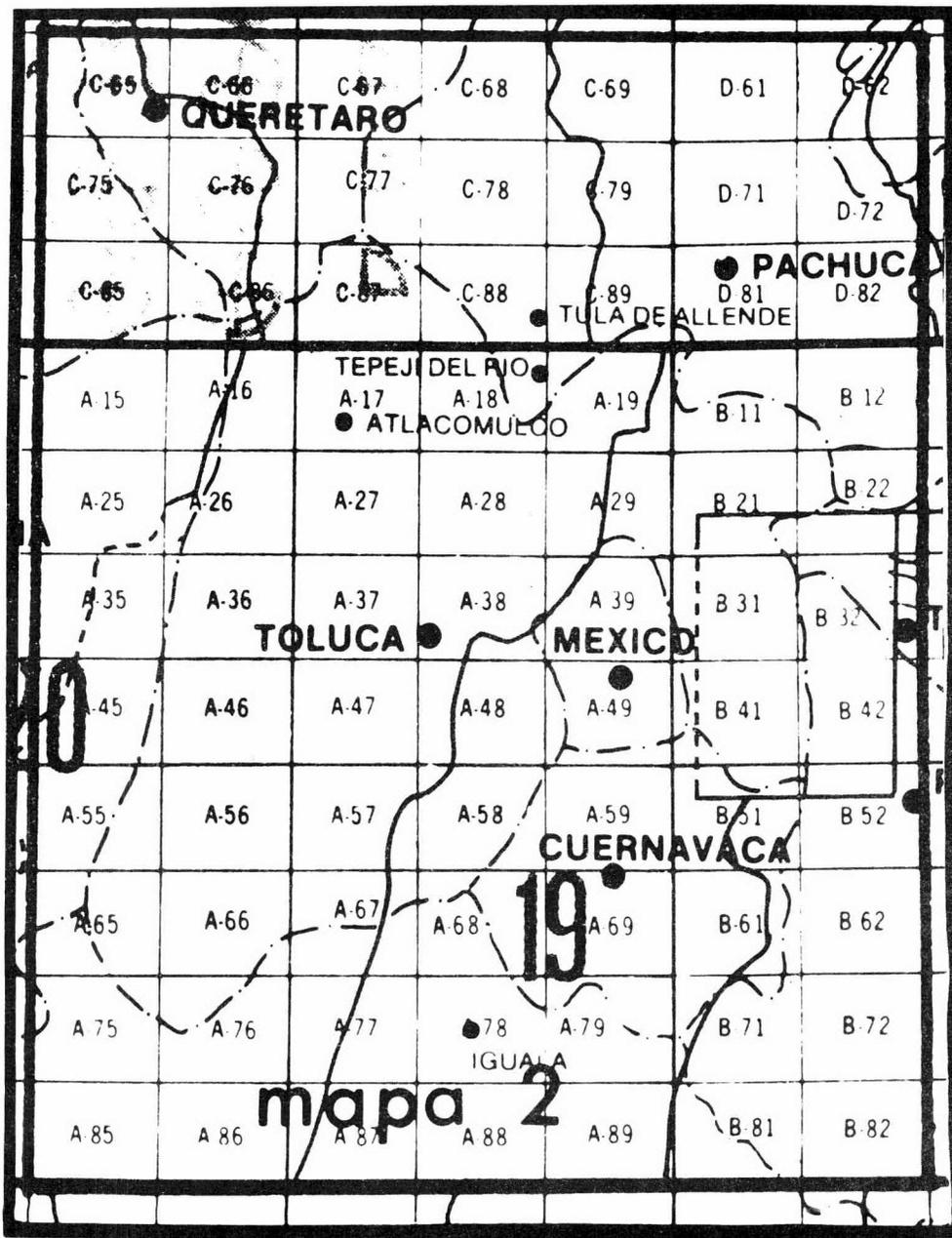
La anterior división se hizo con apoyo a los trabajos que realiza la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL).

Para la ubicación de una muestra se da como referencia la clave de la zona en donde se encuentra, de acuerdo a la nomenclatura del Mapa No. 2. Por ejemplo:

A - 38 - XI significa que la muestra XI se localiza en la zona de Toluca (A - 38).

La lista completa de las muestras se da en el Cuadro No. 4.

La localización geográfica de cada uno de estos materiales, aparece en el Mapa No. 3.



CUADRO No. 4

CLAVE	PRIORIDAD		CLAVE	PRIORIDAD		CLAVE	PRIORIDAD	
A-38	I	D	A-38	II	D	A-48	III	C
A-48	IV	C	A-48	V	C	A-38	VI	C
A-38	VII	C	A-38	VIII	C	A-38	IX	C
A-38	X	C	A-38	XI	A	A-37	XII	D
A-27	XIII	C	A-27	XIV	C	A-17	XV	C
A-17	XVI	D	A-18	XVII	C	A-48	XVIII	D
A-48	XIX	C	A-48	XX	C	A-48	XXI	C
A-53	XXII	C	A-58	XXIII	D	A-58	XXIV	C
A-58	XXV	A	A-57	XXVI	D	A-57	XXVII	A
A-57	XXVIII	A	A-57	XXIX	A	A-37	XXX	A
A-36	XXXI	D	A-46	XXXII	C	A-36	XXXIII	C
A-36	XXXIV	C	A-37	XXXV	C	A-37	XXXVI	C
A-47	XXXVII	C	A-47	XXXVIII	C	A-46	XXXIX	C
A-46	XL	D	A-46	XLI	B	A-37	XLII	D
A-36	XLIII	C	A-26	XLIV	C	A-16	XLV	C
A-17	XLVI	C	A-27	XLVII	D	A-27	XLVIII	D
A-29	XLIX	C	A-29	L	B	A-29	LI	C
A-19	LII	D	B-11	LIII	C	B-11	LIV	C
B-11	LV	D	B-41	LVI	C	A-16	LVII	A
A-48	LVIII	A	A-16	LIX	A			

NOTA: Las muestras con prioridad D fueron eliminadas debido a que las pruebas preliminares mostraron una baja calidad.

4.

EVALUACION DE LOS MINERALES LOCALIZADOS

4.1 Estudios de laboratorio

a) Estudios preliminares

Los estudios preliminares tuvieron por objeto determinar las propiedades físicas fundamentales que indican si los minerales pueden ser utilizados como materias primas en la elaboración de productos cerámicos.

Los principales aspectos considerados en este estudio corresponden a:

Tamaño de partícula

Contenido de carbonatos

Plasticidad

Defectos de secado

Defectos de quemado

Fusibilidad

A continuación se presenta un resumen de las pruebas de laboratorio efectuadas. Este resumen tiene como objeto ayudar al análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio para la evaluación de las arcillas.

No. de Atterberg. Es el porcentaje de agua, en masa para llevar una arcilla seca y tamizada a - 35 mallas hasta el punto plástico.

Plasticidad. Capacidad de deformación de las arcillas sin que se produzcan fracturas en el cuerpo de la pasta.

Trabajabilidad. Capacidad de modelado de la arcilla.

Compacidad. Es una medida de la fuerza de cohesión entre las partículas de arcilla en estado plástico, esto se reflejará en el acabado de las piezas, sobre todo en el grado con que

queden definidos los bordes angulosos.

Arenosidad. Es una medida del grado de pureza de la arcilla, refleja la cantidad de arena contenida en la pasta que puede tener granos finos o gruesos. La arenosidad es un factor importante que influye disminuyendo la tersura de las piezas, la plasticidad y trabajabilidad. Asimismo disminuye la compacidad.

Tersura. Una tersura alta influye de manera determinante en el buen acabado de las piezas.

Tixotropía. Es la capacidad de la pasta para desalojar agua por sí misma al contacto con una superficie. (Vidrio en este caso).

Pegajosidad. Nos indica qué tan adherible es la pasta a una superficie pulida. Afecta directamente el proceso de extrusión, ya que si ésta es alta puede producirse una deformación de las piezas o bien dificultar el trabajo con la pasta.

No. de Briquetas. En base a 100g de la arcilla seca llevada al estado plástico y aunado al No. de Atterberg es un indicador de la naturaleza de la materia prima durante la identificación preliminar, así como del rendimiento de ésta.

Contracción al secado. Nos indica el porcentaje de contracción lineal de una pieza cuando ésta se seca ya moldeada en estado plástico.

Es importante considerar este factor conjuntamente con la contracción al quemado para obtener correctamente las dimensiones deseadas de una pieza.

Características al quemado. El quemado se llevó a cabo con una elevación de temperatura de 0 a 900°C en una hora y sucesivos aumentos de 900 a 1000°C de 1000 a 1100°C y de 1100 a 1200°C en 20 minutos cada uno.

Tersura. Como su nombre lo indica denota qué tan rugosa es la superficie de una pieza después del quemado.

Hinchamiento. Indica si existen protuberancias no deseadas que deformen la pieza en el quemado.

Sinterización. Nos indica hasta que temperatura es conveniente quemar una pasta antes de que ésta se funda.

Fracturas. Indica si se producen agrietamientos o ruptura de la pieza durante el quemado.

Color. Indica de qué color se obtienen las piezas quemadas a diferentes temperaturas.

Dureza. La dureza se midió tomando como referencia la dureza del acero; nos indica la dureza de la pasta cuando se ha quemado a diferentes temperaturas.

Efluorescencia. Esta característica se presenta en forma de puntos o manchas blancas en las piezas originadas por la presencia de carbonatos y sales solubles.

Pasta se quema a diferentes temperaturas.

Deformaciones. Esta prueba consiste en observar si después del quemado de las piezas se produjeron deformaciones.

Contracción al quemado. Es una medida de la contracción lineal que sufren las piezas al someterlas al proceso de quemado. Este factor es importante cuando se producen piezas esmal-

tadas, ya que con el objeto de evitar el craquelado del esmalte, este debe tener el mismo coeficiente de contracción que la pasta.

Peso seco. Representa el peso en gramos de las piezas quemadas a diferentes temperaturas y en estado seco.

Peso saturado. Representa el peso de las piezas quemadas a diferentes temperaturas y después de someterlas a un proceso de máxima absorción de agua.

Peso suspendido. Es el peso de las piezas quemadas sumergidas en agua. Este peso será siempre menor que el peso seco, debido al empuje ascendente del agua.

Peso Específico aparente. Este peso es el peso de las piezas por unidad de volumen de las mismas; se calcula de la siguiente manera

P.e.a.: Peso específico aparente

Ps : Peso seco

Psusp : Peso suspendido

$$P.e.a. = \frac{Ps}{Ps - Psusp} \times 100$$

Porcentaje de Absorción. Representa el porcentaje máximo de agua que pueden absorber las piezas quemadas a diferentes temperaturas, es un indicador de la porosidad de la pieza. Se calcula en la siguiente forma.

Ps : Peso seco

Psat : Peso saturado

% Ab : Porcentaje de absorción

$$\% Ab = \frac{Psat - Ps}{Ps} \times 100$$

Cono Pirométrico Equivalente. De la temperatura de fusión de la pasta, tomando como referencia los conos Orton.

EQUIVALENTES DE LA TEMPERATURA DE LOS CONOS ORTON

Cono No.	°C	Cono No.	°C
022	585	1	1125
021	595	2	1135
020	625	3	1145
019	630	4	1165
018	670	5	1180
017	720	6	1190
016	735	7	1210
015	770	8	1225
014	795	9	1250
013	825	10	1260
012	840	11	1285
011	875	12	1310
010	890	13	1350
09	930	14	1390
08	945	15	1410
07	975	16	1450
06	1005	17	1465
05	1030	18	1485
04	1050	19	1515
03	1080	20	1520
02	1095	23	1580
01	1110	26	1595

b) Estudios complementarios

Estos estudios tuvieron por objeto completar la información de las propiedades de las arcillas simples o con mezclas y/o agregados, que

pasaron satisfactoriamente los estudios preliminares.

Estos estudios comprendieron:

Rayos X

Análisis térmico diferencial

Análisis químicos

Pruebas físicas completas

Las técnicas de rayos X son un valioso auxiliar en el estudio de cristales. La mayor parte de los minerales poseen estructura cristalina, siendo éstas, características específicas de cada mineral. Es decir, cada mineral posee una o varias estructuras cristalinas definidas por la forma geométrica y parámetros de la red cristalina.

Para estructuras y parámetros definidos existen ciertos ángulos entre la dirección de incidencia de los rayos X y los planos cristalinos, para los cuales se satisfacen las condiciones de Bragg, produciéndose la difracción de los rayos X. Estos ángulos son característicos para un mineral determinado, de tal manera que si estos ángulos se logran medir experimentalmente, es posible identificar un mineral que se encuentre presente en una muestra.

En el caso particular de este estudio se utilizó la difracción de rayos X sobre las muestras de los minerales en polvo. Los resultados gráficos permitieron obtener información cualitativa de los componentes de los minerales.

El análisis térmico diferencial, es una técnica en la cual se miden las diferencias de temperatura debidas a efectos caloríficos asocia-

dos con cambios físicos, químicos y fisicoquímicos, en función de la temperatura.

El mineral a estudiar es calentado simultáneamente con un mineral inerte que sirve de referencia. Durante este calentamiento el mineral está sujeto a diversos cambios que producen reacciones exotérmicas o endotérmicas.

Generalmente, la reducción, deshidratación, transiciones de fase, producen efectos endotérmicos y la oxidación y algunas reacciones de descomposición producen efectos exotérmicos (11).

La mayor parte de las arcillas manifiestan reacciones exotérmicas y endotérmicas a temperaturas características de cada material (4). Por lo que pueden identificarse por comparación.

4.2 Resultados de Laboratorio

a) Resultados preliminares

Esta primera información permitió desechar algunas de las arcillas, ya que presentabañ un alto grado de dificultad en su utilización. Sin embargo se procesaron con mezclas y/o agregados para neutralizar los efectos nocivos que aparecieron en este primer estudio.

Por ejemplo, en el caso de arcillas de alta --contracción, se mezclaron con diferentes porcentajes de materiales no plásticos, o bien cuando el mineral presentaba un bajo punto de fusión, se le agregó arcilla refractaria. En algunos de estos casos los resultados fueron satisfactorios como se muestra en el Cuadro No. 6 con los materiales de los renglones 2o. y 6o. respectivamente.

Parte de las arcillas sometidas a el estudio preliminar presentaron buenas características, como se muestra en el Cuadro No. 5 y cuyos resultados se dan a continuación.

CARACTERISTICAS FISICAS

Muestra	A-37 XXX
Localización	vecindad de Metepec
Tipo y color	arcilla caolinítica gris
No. de Atterberg	28
Plasticidad	baja
Trabajabilidad	alta
Compacidad	mediana
Arenosidad	mediana
Tersura	mediana
Tixotropía	nula
Pegajosidad	nula
No. de briquetas	6 1/2
Contracción al secado	7.5 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Tersura	alta	mediana	ligera	baja
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	nulo
Sinterización	nula	nula	nula	nula
Fracturas	nulas	nulas	nulas	nulas
Color	crema	crema	anaranjado	café oscuro
Acabado	bueno	bueno	bueno	bueno
Dureza (respecto al acero)	menos	más	más	más
Eflorescencia	nula	nula	nula	ligera
Deformaciones	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna
Contracción	2%	3%	4%	7%
Peso seco	13.13	12.81	12.58	12.55
Peso saturado	15.7	15.29	14.59	13.61
Peso suspendido	8.08	7.90	7.74	7.63
% de Absorción	19.57%	19.35%	16.1%	8.42%
Peso específico aparente	2.6	2.6	2.5	2.5
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 13			

Muestra	A-57 XXVII
Localización	vecindad de Tecomatepec
Tipo y color	arcilla montmorillonítica, gris claro
No. de Atterberg	30
Plasticidad	ligera
Trabajabilidad	mediana
Compacidad	alta
Arenosidad	mediana
Tersura	mediana
Tixotropía	mediana
Pegajosidad	mediana
No. de briquetas	6 1/2
Contracción al secado	8 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	nulo
Tersura	alta	alta	alta	alta
Sinterización	nula	nula	nula	nula
Fracturas	nulas	nulas	nulas	nulas
Color	café claro	ladrillo	café	café
Acabado	bueno	bueno	bueno	bueno
Dureza (respecto al acero)	menos	más	más	más
Eflorescencia	nula	nula	nula	nula
Deformaciones	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna
Contracción	2%	2%	2%	6%
Peso seco	13.20	13.75	13.59	13.39
Peso saturado	15.24	15.70	15.24	14.22
Peso suspendido	8.16	8.44	8.42	8.10
% de Absorción	19.56%	18.68%	12.91%	9.96%
Peso específico aparente	2.6	2.5	2.6	2.5
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 13			

Muestra	A-38 XI
Localización	vecindad de Zolotepec
Tipo y color	arcilla caolinítica, café claro
No. de Atterberg	44.5
Plasticidad	baja
Trabajabilidad	mediana
Compacidad	mediana
Arenosidad	alta
Tersura	mediana
Tixotropía	mediana
Pegajosidad	mediana
No. de briquetas	6 1/2
Contracción al secado	3 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Tersura	mediana	mediana	baja	baja
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	nulo
Sinterización	nula	nula	baja	baja
Fracturas	nulas	nulas	nulas	nulas
Color	crema	crema	ladrillo	café obscuro
Acabado	bueno	bueno	regular	regular
Dureza (respecto al acero)	menos	menos	más	más
Eflorescencia	nula	nula	ligera	mediana
Deformaciones	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna
Contracción	4%	4%	10%	10%
Peso seco	11.38	11.37	11.64	11.35
Peso saturado	14.72	14.36	13.89	13.37
Peso suspendido	7.11	7.16	7.21	7.05
% de Absorción	29%	26%	20%	16%
Peso específico aparente	2.6	2.6	2.6	2.6
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 13			

Muestra	1
Localización	San Juan de los Jarros
Tipo y color	arcilla caolinítica, café claro
No. de Atterberg	26.5
Plasticidad	mediana
Trabajabilidad	alta
Compacidad	baja
Arenosidad	mediana
Tersura	mediana
Tixotropía	nula
Pegajosidad	nula
No. de briquetas	6 3/4
Contracción al secado	6 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Tersura	mediana	mediana	mediana	baja
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	nulo
Sinterización	nula	nula	nula	nula
Fracturas	nulas	nulas	nulas	nulas
Color acabado	rosa bueno	rosa bueno	café bueno	café obscuro bueno
Dureza (respecto al acero)	menos	menos	más	más
Eflorescencia	nula	nula	nula	nula
Deformaciones	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna
Contracción	2%	4%	7%	8%
Peso seco	12.25	12.08	12.35	12.0
Peso saturado	14.37	14.12	13.51	12.67
Peso suspendido	7.44	7.35	7.45	7.18
% de Absorción	17.30%	16.88%	9.39%	5.58%
Peso específico aparente	2.6	2.5	2.5	2.4
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 13			

Muestra	A-16 LVII
Localización	vecindad de Coachochitlán
Tipo y color	arcilla caolinítica, gris claro
No. de Atterberg	27
Plasticidad	mediana
Trabajabilidad	mediana
Compacidad	mediana
Arenosidad	mediana
Tersura	mediana
Tixotropía	nula
Pegajosidad	mediana
No. de briquetas	6 2/3
Contracción al secado	5.5 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Tersura	ligera	ligera	nula	nula
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	alto
Sinterización	nula	nula	nula	alta
Fracturas	nulas	nulas	nulas	altas
Color	beige	beige	ladrillo	ocre
Acabado	regular	regular	regular	malo
Dureza (respecto al acero)	menos	menos	más	más
Eflorescencia	nula	nula	nula	alta
Deformaciones	ninguna	ninguna	ninguna	alta
Contracción	4.3%	6.2%	8.1%	8.1%
Peso seco	12.38	12.37	12.02	12.11
Peso saturado	15.66	15.92	14.47	
Peso suspendido	7.67	7.73	7.55	
% de Absorción	26.49%	28.69%	20.38%	
Peso específico aparente	2.62	2.66	2.68	
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 01			

Muestra	2
Localización	El Rosal
Tipo y color	arcilla caolinítica, marfil
No. de Atterberg	56
Plasticidad	baja
Trabajabilidad	baja
Compacidad	mediana
Arenosidad	ligera
Tersura	alta
Tixotropía	mediana
Pegajosidad	nula
No. de briquetas	9 1/4
Contracción al secado	4.5 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Tersura	mediana	mediana	mediana	mediana
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	nulo
Sinterización	nula	nula	nula	nula
Fracturas	nulas	nulas	nulas	nulas
Color	rosa	marfil	marfil	marfil
Acabado	bueno	bueno	bueno	bueno
Dureza (con respecto al acero)	menos	menos	más	más
Eflorescencia	nula	nula	nula	ligera
Deformación	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna
Contracción	9.2%	9.4%	8.5%	11.9%
Peso seco	8.58	8.51	8.53	8.6
Peso saturado	12.34	11.35	11.26	10.24
Peso suspendido	5.05	5.0	5.0	4.75
% de Absorción	43.8%	33.4%	32.0%	18.82%
Peso específico aparente	2.43	2.42	2.41	2.23
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 20			

Muestra	A-57 XXVIII
Localización	vecindad de Llano Grande
Tipo y color	arcilla montmorillonítica, marfil
No. de Atterberg	49
Plasticidad	mediana
Trabajabilidad	mediana
Compacidad	mediana
Arenosidad	nula
Tersura	alta
Tixotropía	alta
Pegajosidad	nula
No. de briquetas	8 1/2
Contracción al secado	5.5 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Tersura	alta	alta	mediana	ligera
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	nulo
Sinterización	nula	nula	nula	ligera
Fracturas	nulas	nulas	nulas	nulas
Color	marfil	marfil	crema	ocre
Acabado	bueno	bueno	malo	malo
Dureza (respecto al acero)	menos	menos	más	más
Eflorescencia	nula	nula	ligera	mediana
Deformación	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna
Contracción	2.65%	4.24%	8.47%	15.35%
Peso seco	10.16	9.85	10.55	10.15
Peso saturado	13.31	12.96	12.85	10.35
Peso suspendido	5.84	5.68	6.10	5.56
% de Absorción	31.0%	31.5%	21.8%	1.97%
Peso específico aparente	2.35	2.36	2.37	2.21
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 9			

Muestra	A-48 LVIII
Localización	vecindad de Capulhuac
Tipo y color	arcilla caolinítica impurificada, café
No. de Atterberg	37.5 rojizo
Plasticidad	mediana
Trabajabilidad	alta
Compacidad	alta
Arenosidad	nula
Tersura	mediana
Tixotropía	mediana
Pegajosidad	alta
No. de briquetas	7 1/2
Contracción al secado	8 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Tersura	alta	mediana	mediana	nula
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	mediano
Sinterización	nula	nula	nula	nula
Fracturas	nulas	nulas	nulas	nulas
Color	ladrillo	ladrillo	ladrillo	ocre
Acabado	bueno	bueno	bueno	malo
Dureza (respecto al acero)	menos	más	más	más
Eflorescencia	nula	nula	ligera	alta
Deformación	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna
Contracción	1%	4.2%	4.2%	5.3%
Peso seco	13.39	13.10	12.86	13.09
Peso saturado	15.65	14.99	14.78	14.58
Peso suspendido	7.88	7.91	7.63	7.17
% de Absorción	30.08%	14.42%	14.93%	11.38%
Peso específico aparente	2.43	2.52	2.45	2.21
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 9			

Muestra	A-16 LIX
Localización	vecindad de San Juanico
Tipo y color	arcilla caolinítica impurificada
No. de Atterberg	32.5
Plasticidad	mediana
Trabajabilidad	alta
Compacidad	alta
Arenosidad	ligera
Tersura	mediana
Tixotropía	mediana
Pegajocidad	alta
No. de briquetas	7
Contracción al secado	6.5 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Tersura	ligera	ligera	nula	nula
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	nulo
Sinterización	nula	nula	nula	nula
Fracturas	nulas	nulas	ligeras	ligeras
Color	ladrillo	ladrillo	ladrillo	café
Acabado	regular	regular	malo	malo
Dureza (respecto al acero)	menos	menos	más	más
Eflorescencia	nula	nula	ligera	ligera
Deformación	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna
Contracción	3.81%	3.81%	9.24%	6.53%
Peso seco	10.53	10.53	10.51	10.63
Peso saturado	13.02	13.08	11.95	12.08
Peso suspendido	6.07	6.75	6.74	6.76
% de Absorción	23.64%	24.21%	13.70%	13.64%
Peso específico aparente	2.36	2.78	2.78	2.74
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 8			

Muestra	A-58 XXV
Localización	vecindad de Tenancingo
Tipo y color	arcilla caolinítica impurificada
No. de Atterberg	45.5
Plasticidad	mediana
Trabajabilidad	mediana
Compacidad	mediana
Arenosidad	ligera
Tersura	mediana
Tixotropía	baja
Pegajocidad	baja
No. de briquetas	7 3/4
Contracción al secado	11 %

Características al Quemado:

Temperatura °C	900	1000	1100	1200
Tersura	mediana	mediana	ligera	ligera
Hinchamiento	nulo	nulo	nulo	nulo
Sinterización	nula	nula	nula	nula
Fracturas	nulas	nulas	ligeras	nulas
Color	ladrillo	ladrillo	café claro	café oscuro
Acabado	bueno	bueno	regular	regular
Dureza (respecto al acero)	menos	menos	más	más
Eflorescencia	nula	nula	ligera	ligera
Deformaciones	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna
Contracción	4%	4%	11%	11%
Peso seco	10.06	10.0	9.55	9.78
Peso saturado	12.22	12.25	10.63	10.47
Peso suspendido	6.37	6.34	6.03	6.09
% de Absorción	21.3%	22.5%	11.2%	7%
Peso específico aparente	2.7	2.6	2.7	2.6
Cono pirométrico equivalente	Orton No. 13			

b) Resultados complementarios

Las muestras que presentaron mayor interés debido a sus buenas características, se seleccionaron en orden de prioridad y se sometieron a estudios complementarios cuyos resultados son los siguientes.

Muestra A - 37 XXX

Localización: vecindad de Metepec

Corresponde a un material arcilloso de color gris con algunas tonalidades amarillas, producto de la alteración de una roca.

El análisis químico dió el siguiente resultado:

SiO ₂	-	59.06
TiO ₂	-	0.98
Al ₂ O ₃	-	22.22
Fe ₂ O ₃	-	4.58
FeO	-	1.08
MnO	-	0.14
MgO	-	0.00
CaO	-	2.00
Na ₂ O	-	1.40
K ₂ O	-	1.00
P ₂ O ₅	-	0.00
SO ₃	-	1.41
CO ₂	-	0.68
H ₂ O ⁺	-	2.61
H ₂ O ⁻	-	3.20

Microscópicamente se observó que está constituida principalmente por caolín mezclado con cantidades menores de limonita y cuarzo.

El análisis térmico diferencial mostró que a los 550°C presenta la máxima reacción endotérmica y a los 960°C la máxima exotérmica, por lo que se concluye que corresponde a un material caolinítico.

Muestra A-57 XXVII

Localización: vecindad de Tecomatepec

Es un material arcilloso de color gris claro.

El análisis químico dió el siguiente resultado:

SiO ₂	-	65.15
TiO ₂	-	0.86
Al ₂ O ₃	-	15.48
Fe ₂ O ₃	-	6.06
FeO	-	1.22
MnO	-	0.07
MgO	-	0.00
CaO	-	1.90
Na ₂ O	-	0.95
K ₂ O	-	1.35
P ₂ O ₅	-	0.00
SO ₃	-	0.23
CO ₂	-	0.87
H ₂ O ⁺	-	4.35
H ₂ O	-	2.07

La muestra fue sometida a análisis de rayos X y los resultados permiten llegar a la siguiente composición mineralógica aproximada.

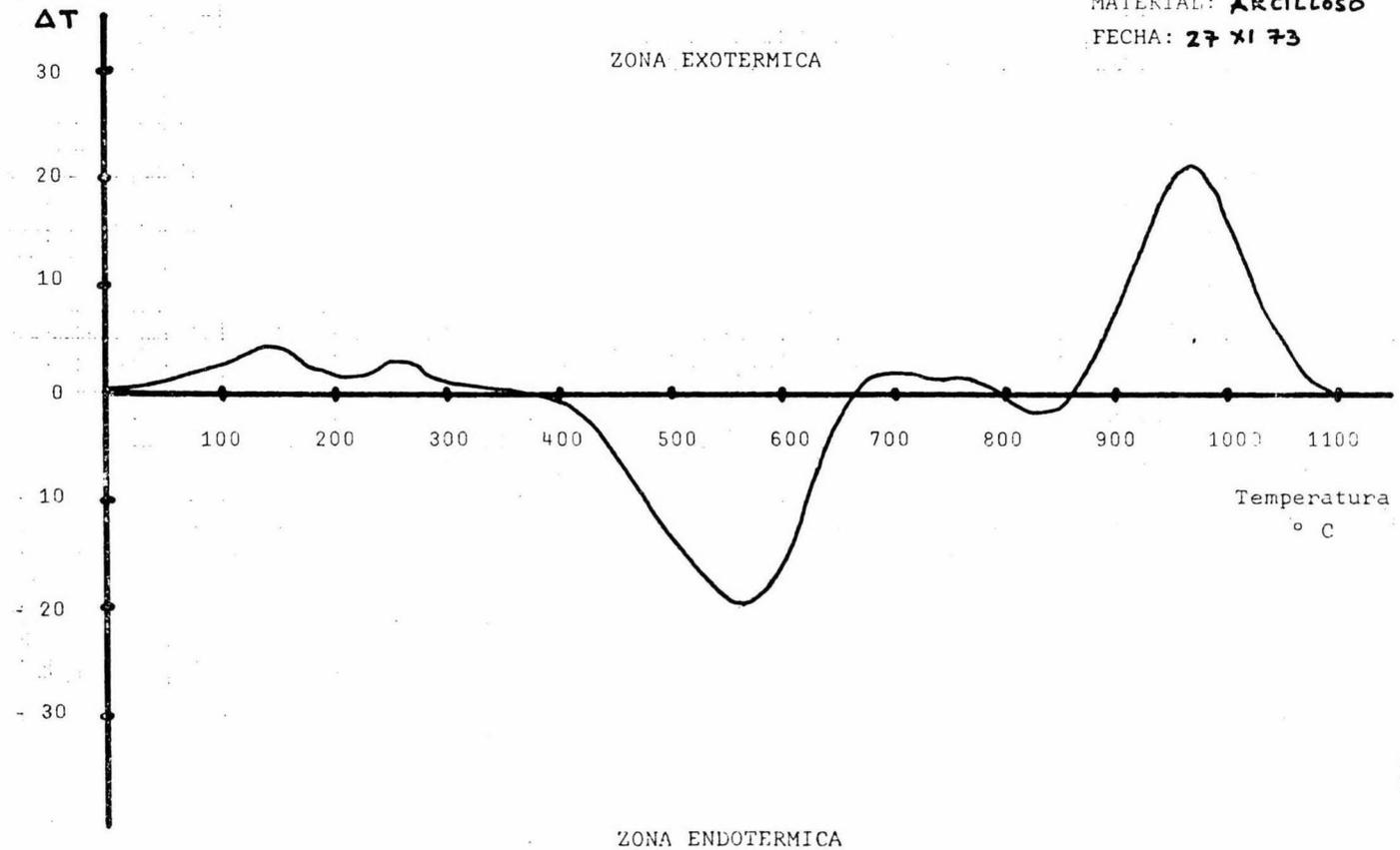
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

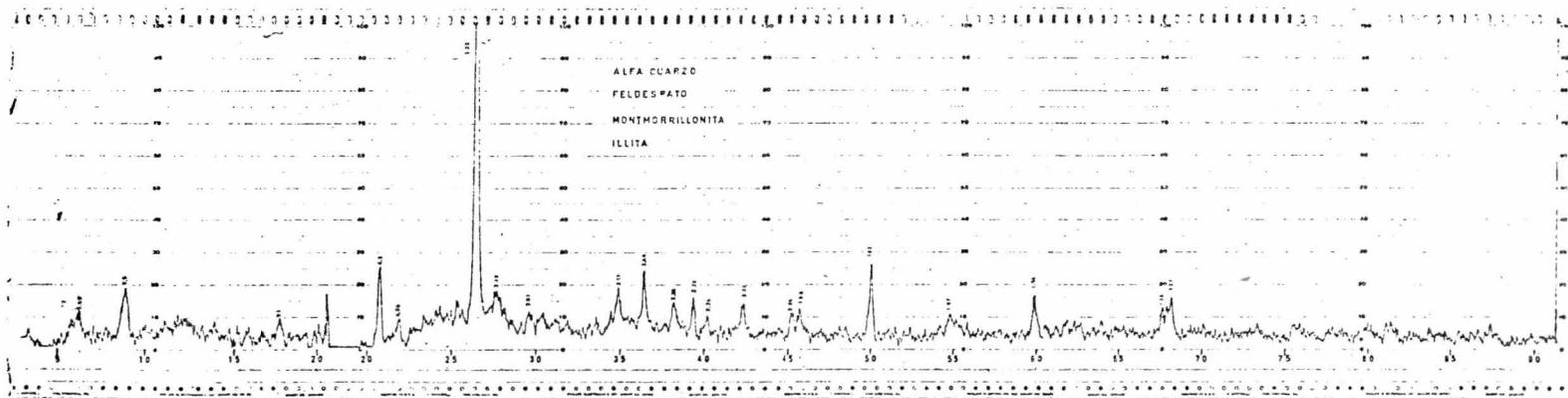
MUESTRA: A-37 XXX

PROCEDENCIA: MEXTEPEC

MATERIAL: ARCILLOSO

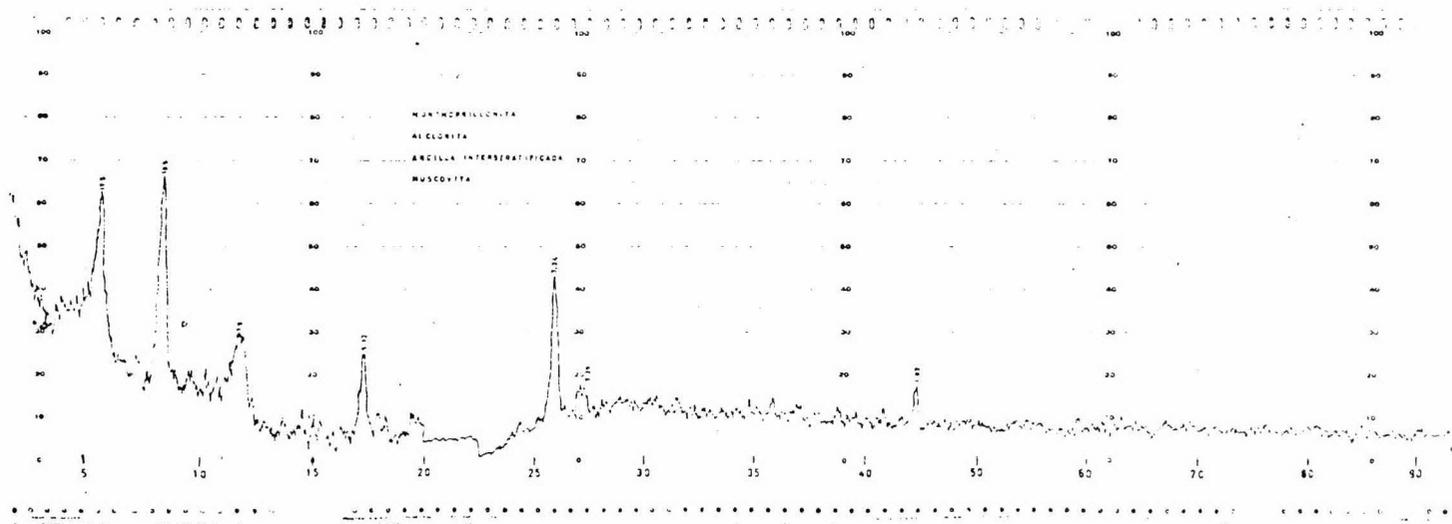
FECHA: 27 XI 73





RAYOS X

A-57 X XVII

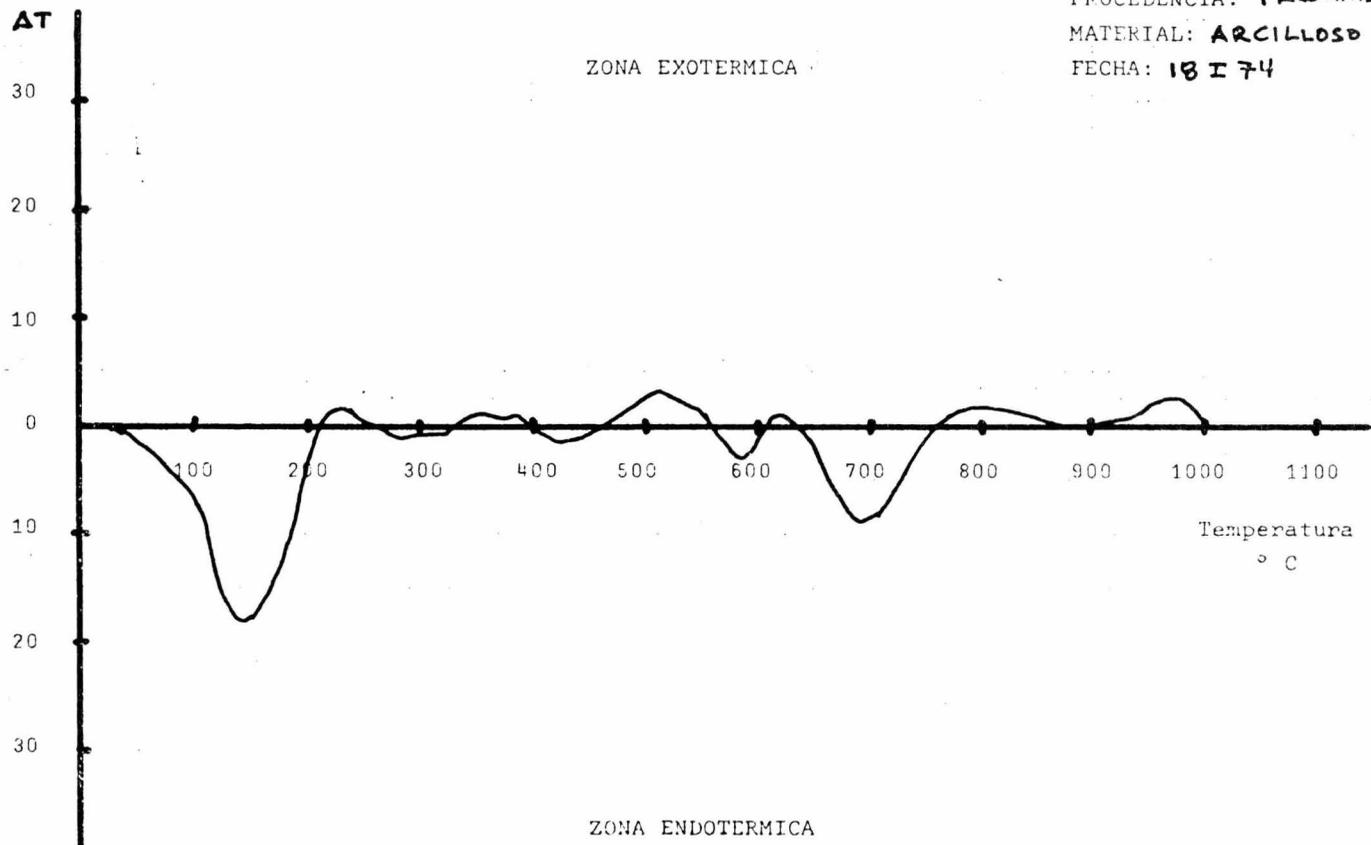


RAYOS X

A-57 XXVII

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: A-57 XXVII
PROCEDENCIA: TECONATEPEC
MATERIAL: ARCILLOSO
FECHA: 18 I 74



Montmorillonita	70 %
Feldespato	5 %
Cuarzo	10 %
Illita	5 %
Muscovita	5 %
Alclorita	5 %

El análisis térmico diferencial identifica al material como una arcilla montmorillonítica.

Muestra A - 38 XI

Localización: vecindad de Zolotepec

Corresponde a un material arcilloso de color café claro.

El análisis químico dió el siguiente resultado:

SiO ₂	-	53.95
TiO ₂	-	0.85
Al ₂ O ₃	-	24.00
Fe ₂ O ₃	-	6.94
FeO	-	0.64
MnO	-	0.12
MgO	-	0.00
CaO	-	1.87
Na ₂ O	-	1.58
K ₂ O	-	0.85
P ₂ O ₅	-	0.00
SO ₃	-	0.31
CO ₂	-	0.73
H ₂ O ⁺	-	5.71
H ₂ O ⁻	-	2.42

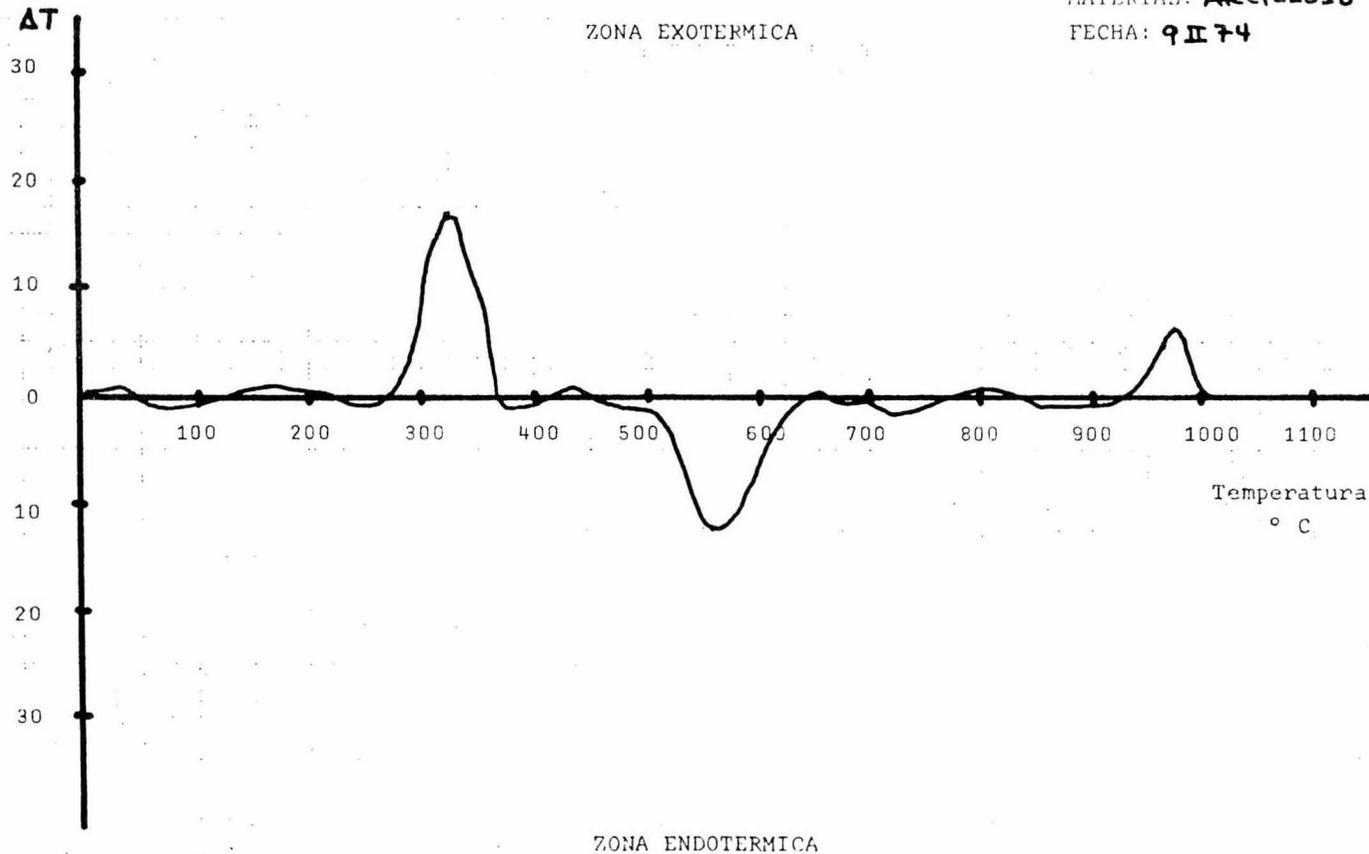
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: A-38 XI

PROCEDENCIA: ZOLOTEPEC

MATERIAL: ARCILLOSO

FECHA: 9 II 74



El análisis térmico diferencial muestra una fuerte reacción exotérmica a los 320°C debido a la presencia de materia orgánica. Hay pequeñas reacciones endotérmicas a los 500°C y exotérmicas a los 970°C, por lo que el material cae dentro del grupo de los caolínes.

Muestra 1

Localización: San Juan de los Jarros; no aparece su ubicación en el mapa, ya que este material fue proporcionado por el personal del C.I.D.A.

Corresponde a un material arcilloso de color café claro.

El análisis químico de esta muestra dió el siguiente resultado:

SiO ₂	-	57.02
TiO ₂	-	0.77
Al ₂ O ₃	-	21.08
FeO ₃	-	5.12
FeO	-	1.98
MnO	-	0.08
MgO	-	0.00
CaO	-	2.13
Na ₂ O	-	1.94
K ₂ O	-	0.95
P ₂ O ₅	-	0.00
SO ₃	-	0.78
CO ₂	-	0.93
H ₂ O ⁺	-	3.07
H ₂ O ⁻	-	2.07

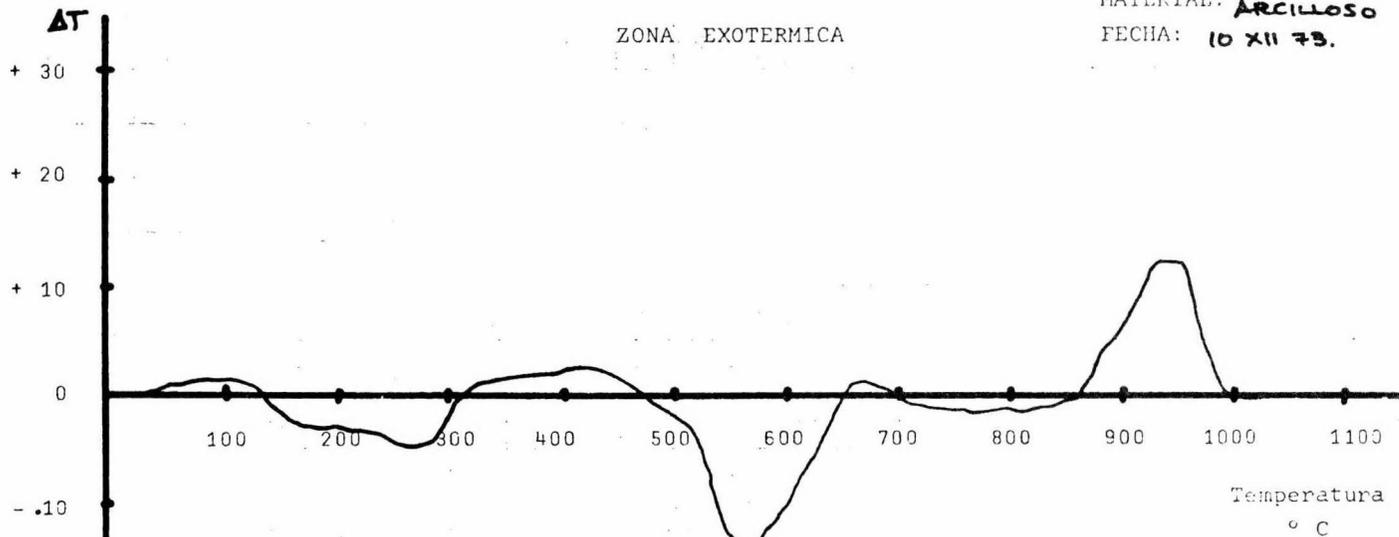
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: 1

PROCEDENCIA: S. JUAN DE LOS
JARROS

MATERIAL: ARCILLOSO

FECHA: 10 XII 73.



El análisis térmico diferencial mostró que el material está compuesto por una arcilla caolínica con gibbsita.

Muestra A - 16 LVII

Localización: vecindad de Santiago Cochochitlán.

Es un mineral de color gris, que presenta un tamaño de grano muy uniforme.

El análisis químico dió el siguiente resultado:

SiO ₂	-	57.03
TiO ₂	-	1.18
Al ₂ O ₃	-	19.43
Fe ₂ O ₃	-	7.14
FeO	-	5.03
MnO	-	0.08
MgO	-	0.00
CaO	-	0.97
Na ₂ O	-	1.12
K ₂ O	-	0.83
P ₂ O ₅	-	0.00
SO ₃	-	1.39
CO ₂	-	0.57
H ₂ O ⁺	-	3.72
H ₂ O ⁻	-	2.76

La composición mineralógica aproximada de este material es:

Caolín	70 %
Limonita	20 %
Cuarzo	10 %

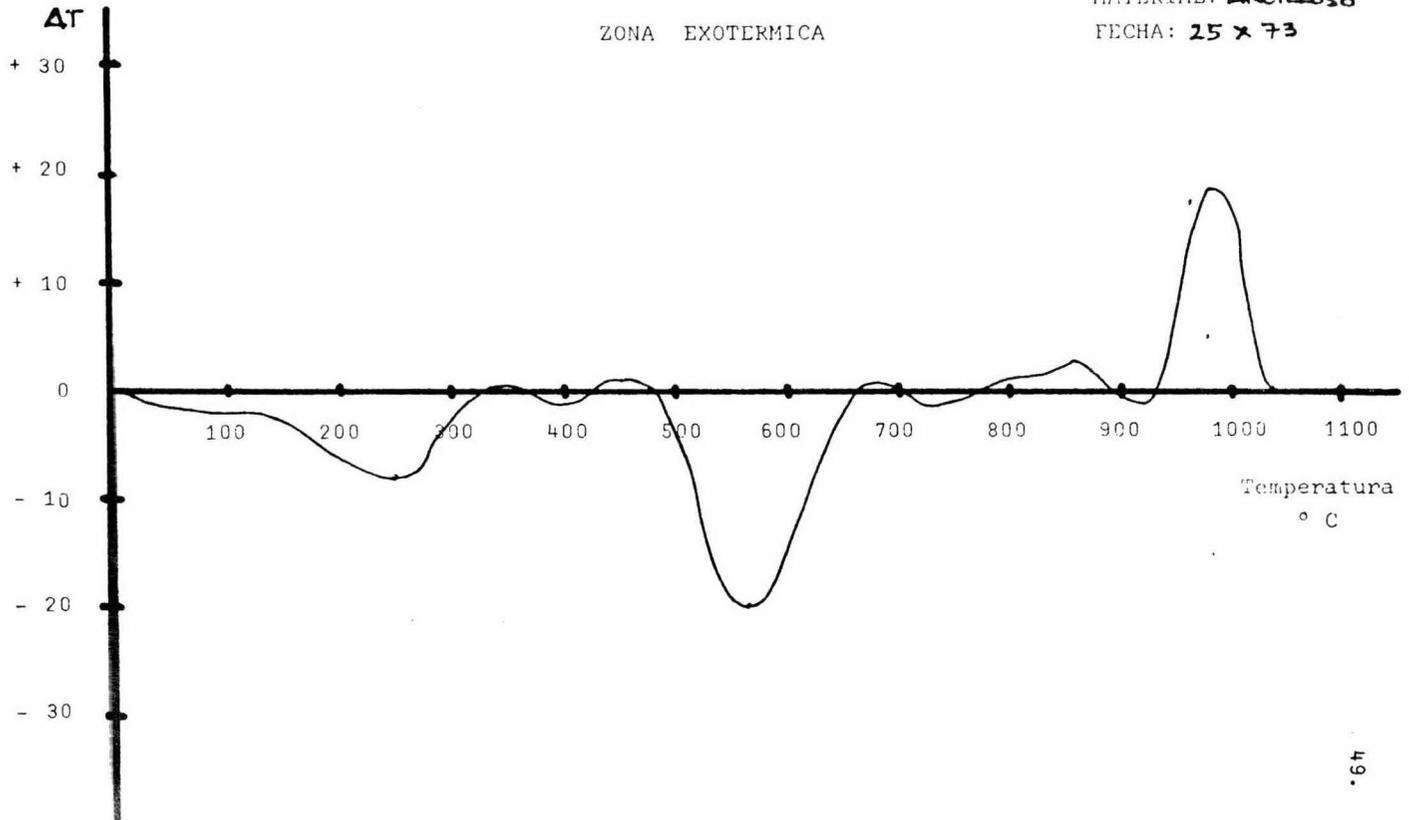
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: A-16 LVII

PROCEDENCIA: COACHOCHITL

MATERIAL: ARCILLOSO

FECHA: 25 x 73



Los resultados del análisis térmico diferencial corroboran este resultado.

Muestra 2

Localización: El Rosal; no aparece su ubicación en el mapa, ya que este material fue proporcionado por el personal del C.I.D.A.

Corresponde a un material arcilloso de color marfil.

Su análisis químico mostró lo siguiente:

SiO_2	-	45.58
TiO_2	-	1.46
Al_2O_3	-	38.26
Fe_2O_3	-	0.70
FeO	-	0.08
MnO	-	0.04
MgO	-	0.00
CaO	-	0.18
Na_2O	-	0.11
K_2O	-	0.33
P_2O_5	-	0.02
SO_3	-	0.16
H_2O^+	-	8.14
H_2O^-	-	4.02

Tanto los análisis químico como térmico diferencial identifican al material como un caolín.

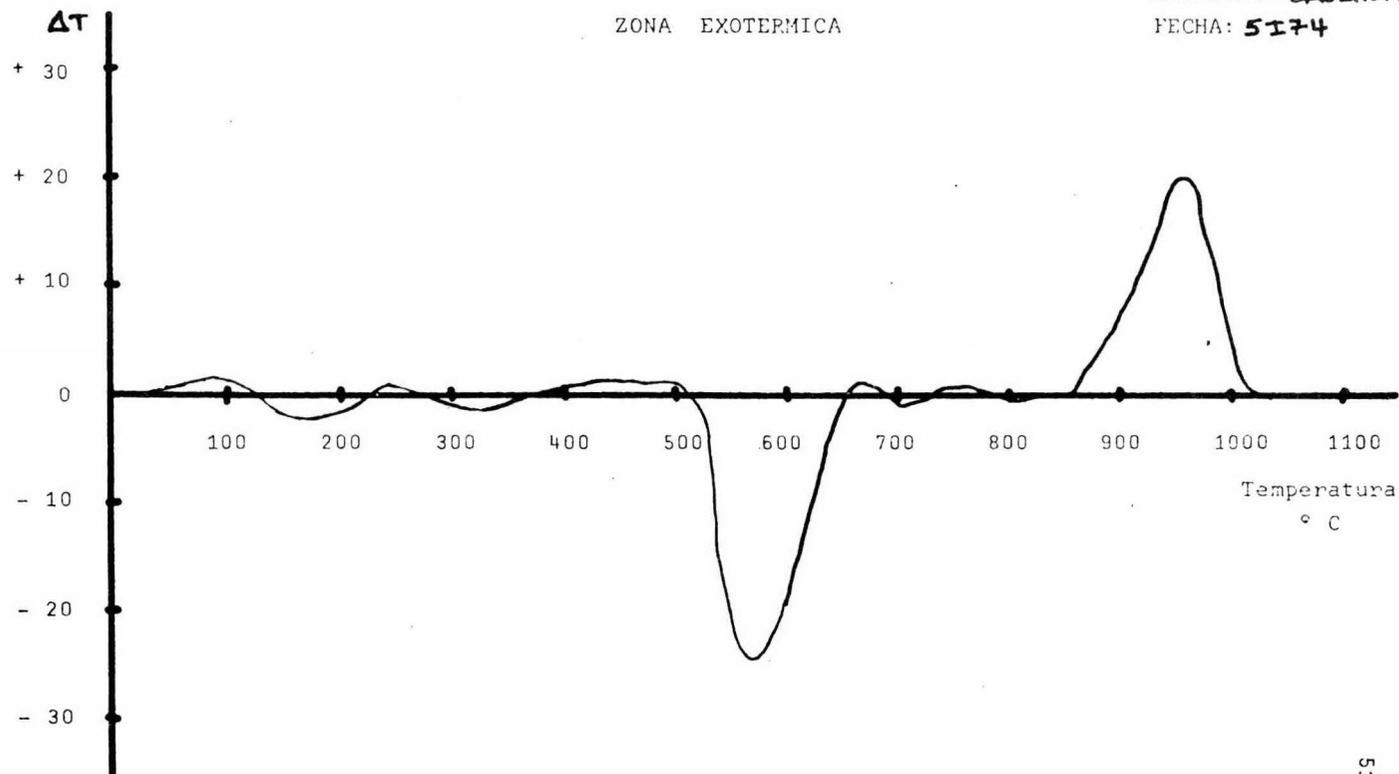
Muestra A - 57 XXVIII

Localización: vecindad de Llano Grande

Corresponde a un material arcilloso color mar-

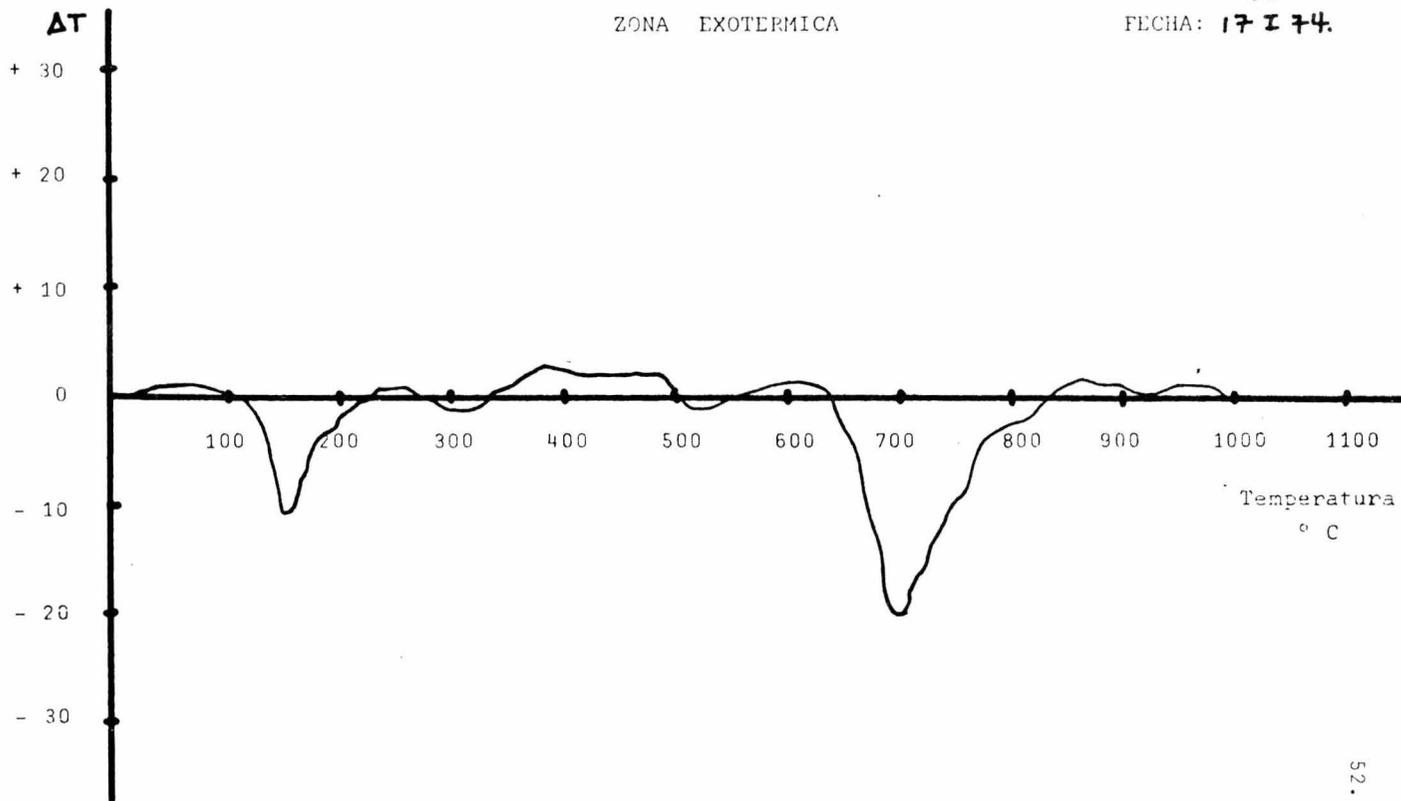
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: 2
PROCEDENCIA: EL ROSAL
MATERIAL: CAOLINITICO
FECHA: 5174



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: A-57 XXIX
PROCEDENCIA: LLANO GRA
MATERIAL: ARCILLOSO
FECHA: 17 I 74.



fil, producto de la alteración de una roca.

El análisis químico dió el siguiente resultado:

SiO ₂	-	63.04
TiO ₂	-	1.12
Al ₂ O ₃	-	17.24
Fe ₂ O ₃	-	5.03
FeO	-	0.98
MnO	-	0.16
MgO	-	0.04
CaO	-	2.07
Na ₂ O	-	1.03
K ₂ O	-	0.85
P ₂ O ₅	-	0.00
SO ₃	-	0.14
CO ₂	-	0.92
H ₂ O ⁺	-	5.05
H ₂ O ⁻	-	1.97

El análisis térmico diferencial muestra dos máximos endotérmicos a 150°C y 700°C, por lo que se concluye que corresponde a un material de tipo montmorillonítico.

Muestra A - 48 LVIII

Localización: vecindad de Capulhuac

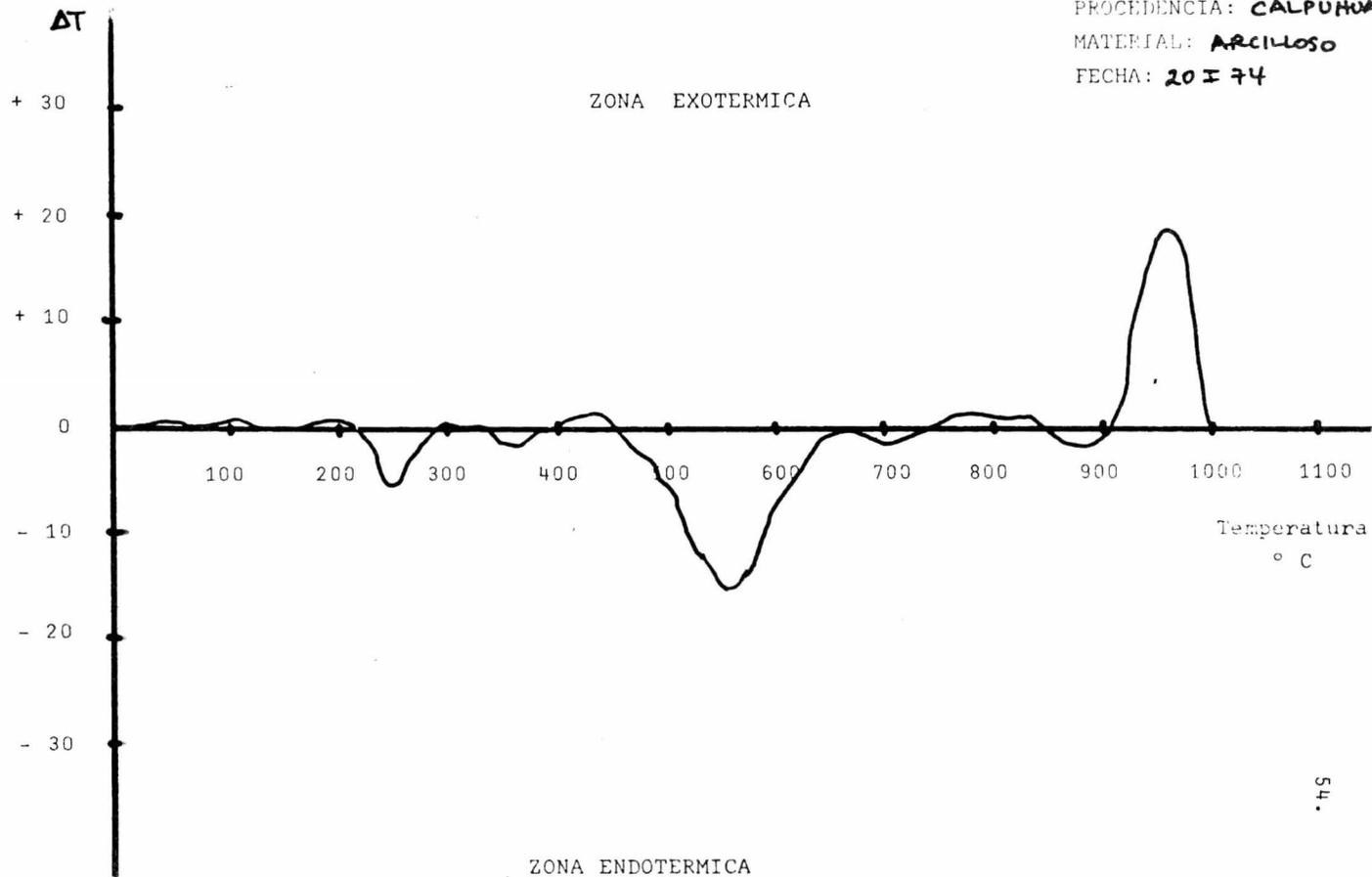
Es un material arcilloso de color café rojizo.

El análisis químico muestra los siguientes resultados:

SiO ₂	-	54.42
TiO ₂	-	1.92

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: A-48 LVIII
PROCEDENCIA: CALPUHUA...
MATERIAL: ARCILLOSO
FECHA: 20 I 74



Al_2O_3	-	17.03
Fe_2O_3	-	8.19
FeO	-	3.05
MnO	-	0.12
MgO	-	0.05
CaO	-	0.87
Na_2O	-	0.74
K_2O	-	1.12
P_2O_5	-	0.00
SO_3	-	0.33
CO_2	-	0.54
H_2O^+	-	3.75
H_2O^-	-	2.03

De acuerdo a este análisis químico y los datos del análisis térmico diferencial, se concluye que este mineral corresponde a una arcilla del tipo caolinítico impurificada con limonita y gibbsita.

Muestra A - 57 XXVIII*

Localización: vecindad de Llano Grande

Corresponde a un material arcilloso de color rosa, fue molido y tamizado en húmedo a - 60 mallas. El análisis térmico diferencial identifica a esta muestra dentro del grupo de las montmorillonitas.

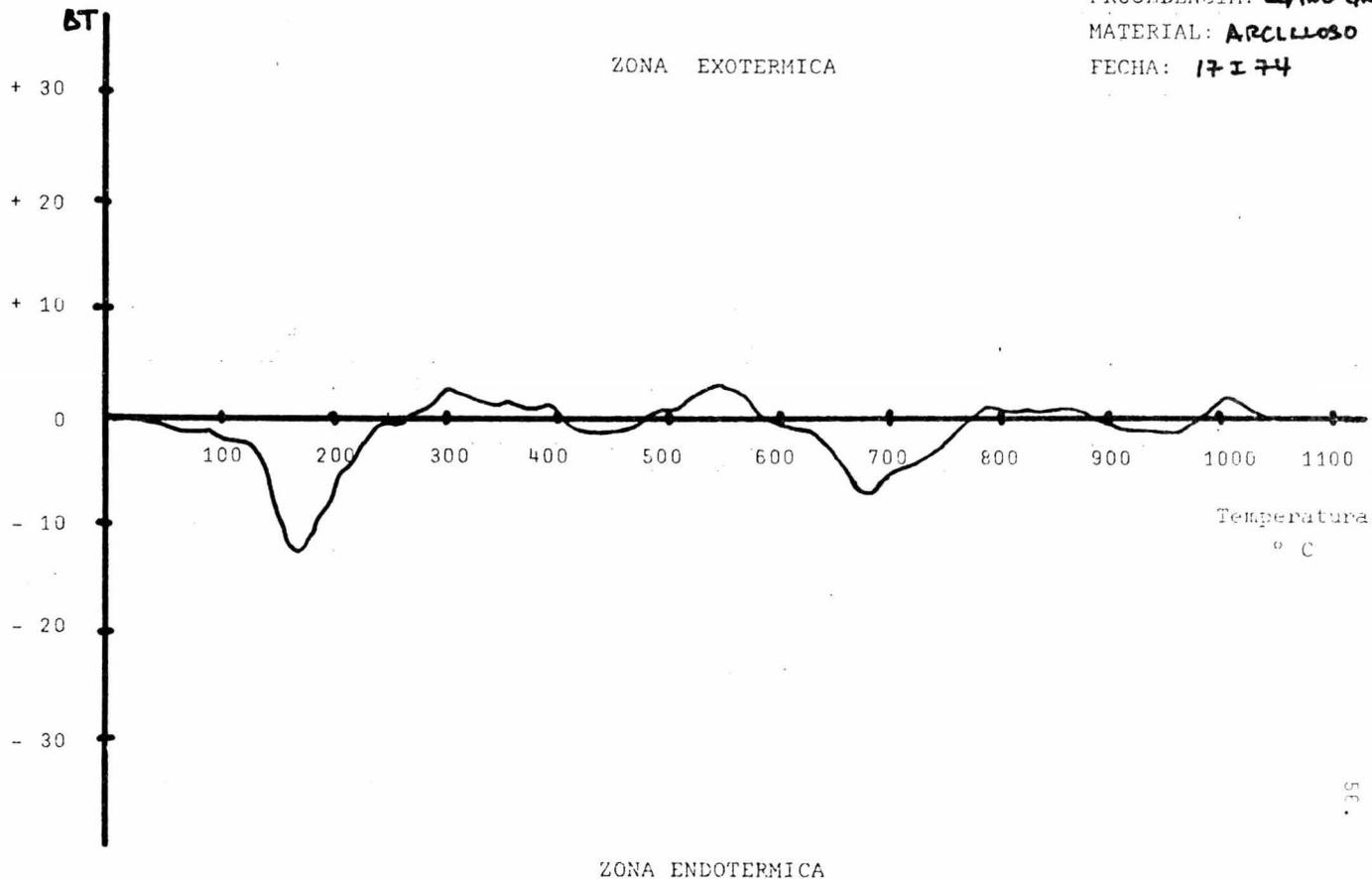
Muestra A - 16 LIX

Localización: vecindad de San Juanico

Este mineral corresponde a un material arcilloso de color marfil.

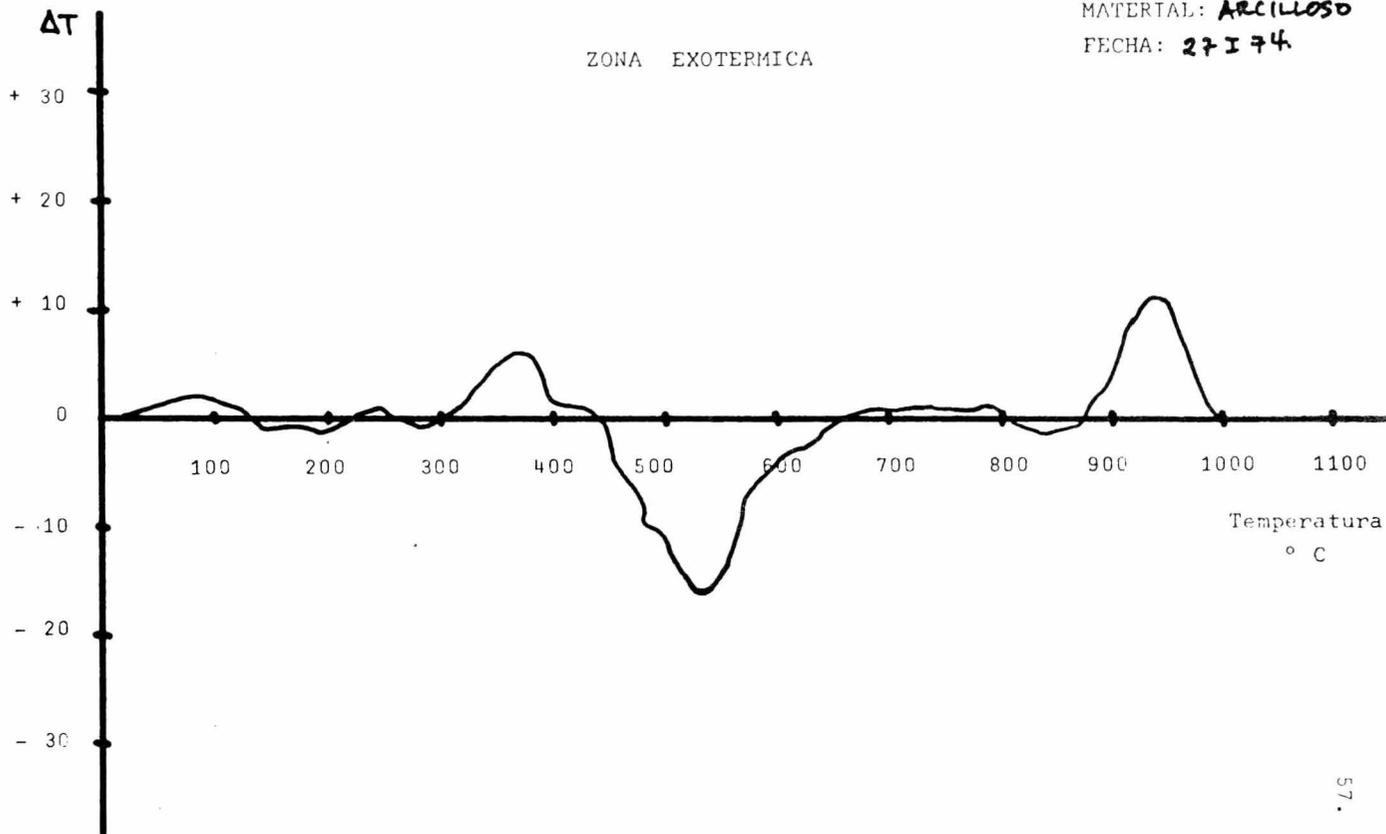
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: A-57 XXVIII*
PROCEDENCIA: LLANO GRANDE
MATERIAL: ARCILLOSO
FECHA: 17 I 74



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: A-16 LIX
PROCEDENCIA: S. JUANICO
MATERIAL: ARCILLOSO
FECHA: 27 I 74



El análisis químico mostró el siguiente resultado:

SiO ₂	-	56.07
TiO ₂	-	1.02
Al ₂ O ₃	-	19.78
Fe ₂ O ₃	-	3.75
FeO	-	1.08
MnO	-	0.07
MgO	-	0.00
CaO	-	3.13
Na ₂ O	-	0.78
K ₂ O	-	1.23
P ₂ O ₅	-	0.08
SO ₃	-	2.27
CO ₂	-	1.75
H ₂ O ⁺	-	3.48
H ₂ O ⁻	-	2.74

De acuerdo a los resultados del análisis térmico diferencial podemos concluir que corresponde a caolinita con gibbsita.

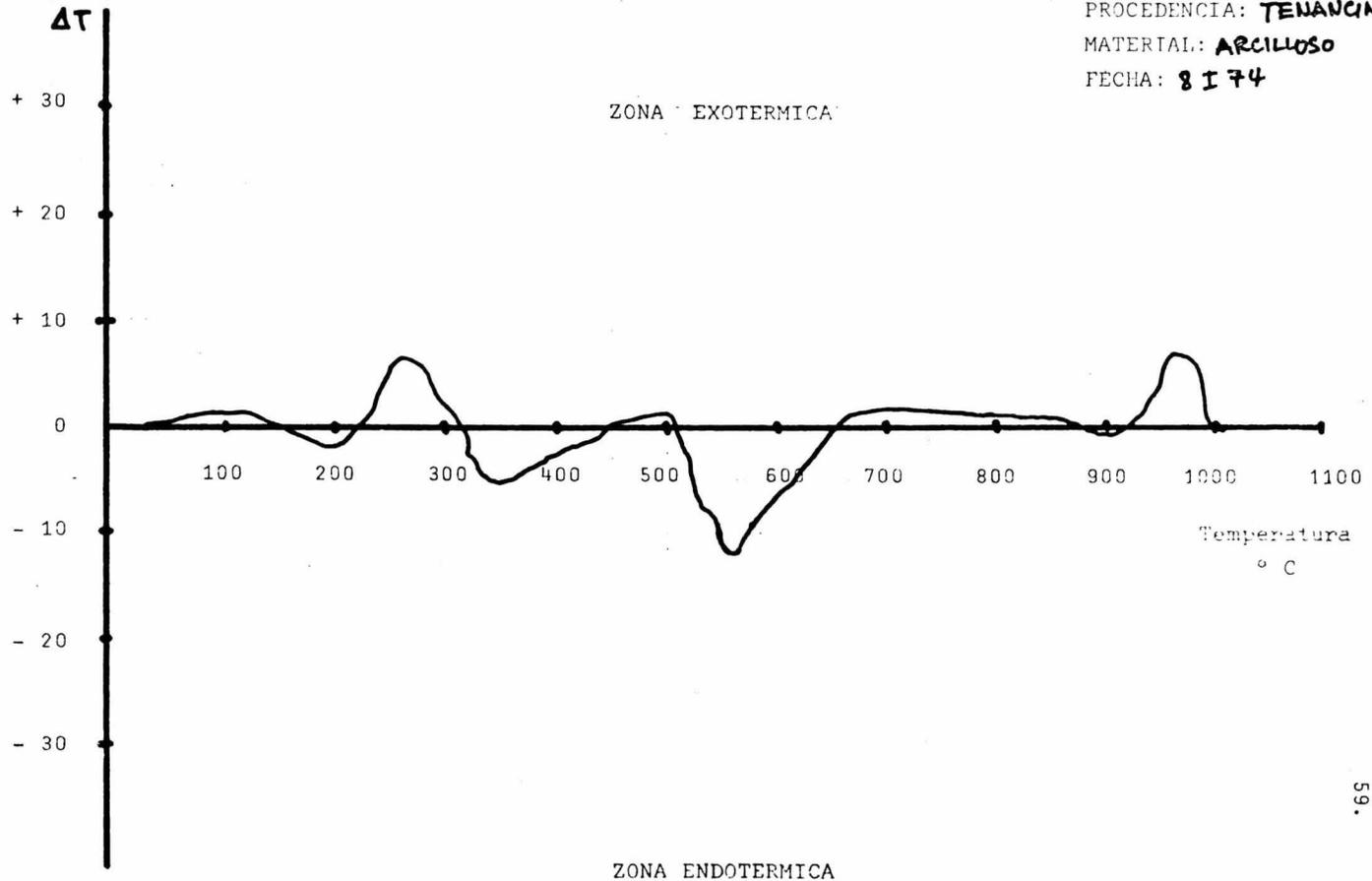
Muestra A - 58 XXV

Localización: vecindad de Tenancingo

Corresponde a un material arcilloso de color crema. El análisis térmico diferencial mostró que corresponde a un mineral caolinítico impurificado con limonita y materia orgánica.

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

MUESTRA: A-58 XXV
PROCEDENCIA: TENANCIINGO
MATERIAL: ARCILLOSO
FECHA: 8 I 74



4.3 Evaluación de resultados y selección de muestras

Los resultados de los estudios de laboratorio preliminares y complementarios, proporcionan la información completa que permitió hacer la siguiente evaluación.

Muestra A - 37 XXX

Localización: vecindad de Metepec

Las pruebas físicas mostraron que este material puede ser utilizado para usos cerámicos.

Temperatura óptima de quemado	1000°C
Color	Crema
Contracción total	10 %
Absorción	19.35 %
Cono pirométrico equivalente	13
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 57 XXVII

Localización: vecindad de Tecomatepec

Los resultados de las pruebas físicas enmarcan a este mineral dentro de los materiales de uso cerámico.

Temperatura óptima de quemado	1100°C
Color	Café
Contracción total	10 %
Absorción	12.91 %
Cono pirométrico equivalente	13
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 38 XI

Localización: vecindad de Zolotepec

Las pruebas físicas permiten recomendar este material para usos cerámicos. No se recomienda elimi

nar la materia orgánica, ya que ésta aumenta la plasticidad y no afecta al quemado de las briquetas.

Temperatura óptima de quemado	1000°C
Color	Crema
Contracción total	7 %
Absorción	26 %
Cono pirométrico equivalente	13
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 57 XXVII *

Localización: vecindad de Tecomatepec

Este material es el mismo que el A - 57 XXVII, y el asterisco indica que la granulometría es más fina ya que fue tamizado a - 60 mallas, con lo que se logra mejores características que se reflejan en las pruebas físicas:

Temperatura óptima de quemado	1200°C
Color	Ladrillo
Contracción total	10.7 %
Absorción	10.3 %
Cono pirométrico equivalente	15
Granulometría	-60 mallas

Muestra 1

Localización: San Juan de los Jarros; no aparece su ubicación en el mapa, ya que este material fue proporcionado por el personal del C.I.D.A.

Sus propiedades físicas indican que este mineral puede ser usado en cerámica.

Temperatura óptima de quemado	1000°C
Color	Rosa
Contracción total	10 %

Absorción	16.88 %
Cono pirométrico equivalente	13
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 16 LVII

Localización: Santiago Coachochitlán

Las propiedades físicas permiten recomendar este material para usos cerámicos.

Temperatura óptima de quemado	1000°C
Color	ladrillo
Contracción total	9.7 %
Absorción	14.42 %
Cono pirométrico equivalente	9
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 38 XI*

Localización: vecindad de Zolotepec

Esta muestra corresponde a la A - 38 XI, y sólo se ha tamizado a - 60 mallas para obtener una granulación más fina.

En general, sus características son ligeramente más pobres que la muestra tamizada a - 35 mallas; sin embargo, resulta un material recomendable para usos cerámicos.

Temperatura óptima de quemado	1000°C
Color	Café claro
Contracción total	10 %
Absorción	21.2 %
Cono pirométrico equivalente	12
Granulometría	-60 mallas

Muestra 2

Localización: El Rosal; no aparece su ubicación en el mapa, ya que este material fue proporcionado

do por el personal del C.I.D.A.

Sus propiedades físicas permiten llegar a la misma conclusión.

Temperatura óptima de quemado	1100°C
Color	marfil
Contracción total	14 %
Absorción	32 %
Cono pirométrico equivalente	20
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 57 XXVIII

Localización: vecindad de Llano Grande

Sus propiedades físicas lo enmarcan dentro de los minerales de uso cerámico.

Temperatura óptima de quemado	1000°C
Color	marfil
Contracción total	9.74 %
Absorción	31.5 %
Cono pirométrico equivalente	9
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 48 LVIII

Localización: Capulhuac

De acuerdo a sus propiedades físicas, este material puede usarse para cerámica de baja temperatura.

Temperatura óptima de quemado	950°C
Color	ladrillo
Contracción total	11.8%
Absorción	24.2 %
Cono pirométrico equivalente	8
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 57 XXVIII*

Localización: vecindad de Llano Grande

Las propiedades físicas muestran que este mineral puede ser usado en cerámica.

Temperatura óptima de quemado	1000°C
Color	rosa
Contracción total	9.4 %
Absorción	14.7 %
Cono pirométrico equivalente	6
Granulometría	-60 mallas

Muestra A - 16 LIX

Localización: vecindad de SanJuanico

Sus propiedades físicas la enmarcan dentro de los materiales de uso cerámico.

Temperatura óptima de quemado	1100°C
Color	café claro
Contracción total	18.3 %
Absorción	2.73 %
Cono pirométrico equivalente	13
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 58 XXV

Localización: vecindad de Tenancingo

Por sus propiedades físicas se recomienda para uso cerámico.

Temperatura óptima de quemado	1000°C
Color	ladrillo
Contracción total	15 %
Absorción	22.5 %
Cono pirométrico equivalente	13
Granulometría	-35 mallas

Muestra 1 A - 57 XXVII

Corresponde a una mezcla de 40% de la muestra 1 y 60% de la muestra A - 57 XXVII. Presenta buenas características para usos cerámicos como lo demuestran sus propiedades físicas.

Temperatura óptima de quemado	1100°C
Color	ladrillo
Contracción total	9 %
Absorción	16.4 %
Cono pirométrico equivalente	2
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 57 XXVII 72

Es una mezcla de color gris que contiene 90% de la arcilla A - 57 XXVII y 10% del material 72. Sus propiedades físicas lo hacen recomendable para usos cerámicos.

Temperatura óptima de quemado	1050°C
Color	Rosa
Contracción total	6.1 %
Absorción	10.4 %
Cono pirométrico equivalente	13
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 48 XX, A - 46 XLI

Esta mezcla presenta color rosa y tiene 50% de A - 48 XX y 50% de A - 46 XLI. Estos dos materiales mezclados presentan mejores características físicas que usados en forma simple.

De acuerdo a sus características generales se recomienda para uso cerámico.

Temperatura óptima de quemado	1100°C
Color	beige
Contracción total	5.6 %

Absorción	25.04%
Cono pirométrico equivalente	13
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 57 XXVII, Talco

Es una mezcla de color café claro, conteniendo 90% de A - 57 XXVII y 10% de Talco. El punto de fusión baja ligeramente por el agregado de talco; sin embargo, se logra una tersura más aceptable.

Temperatura óptima de quemado	1050°C
Color	ladrillo
Contracción total	9 %
Absorción	8.9 %
Cono pirométrico equivalente	5
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 38 XI, Caolín

Corresponde a una mezcla color beige con 90% de A - 38 XI y 10% de caolín. Presenta buenas características en general para usos cerámicos.

Temperatura óptima de quemado	1050°C
Color	Rosa
Contracción total	9.5 %
Absorción	21.17 %
Cono pirométrico equivalente	4
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 29 L, Arcilla Refractaria

Esta mezcla es de color gris claro; contiene 90% de la muestra A - 29 L y 10% de arcilla refractaria A.P. Green. Se obtuvo una elevación sensible en el punto de fusión y además una disminución en la contracción, debido a la baja plasticidad de la arcilla refractaria. En general, la muestra

presenta buenas características para ser usada en cerámica.

Temperatura óptima de quemado	1100°C
Color	beige-
Contracción total	5.1 %
Absorción	23 %
Cono pirométrico equivalente	15
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 57 XXVII, Caolín

Corresponde a una mezcla de color café claro, con 90% de A - 57 XXVII y 10% de caolín. Se recomienda para uso cerámico.

Temperatura óptima de quemado	1000°C
Color	rosa
Contracción total	7.5 %
Absorción	16.01 %
Cono pirométrico equivalente	16
Granulometría	-35 mallas

Muestra A - 38 XI, Talco

Esta mezcla presenta color beige, tiene 90% de A - 38 XI y 10% de talco. Sinteriza a 1200°C y el agregado de talco mejora el acabado de las briquetas.

Los resultados de las pruebas físicas muestran que puede usarse para fines cerámicos.

Temperatura óptima de quemado	1100°C
Color	rosa
Contracción total	10 %
Absorción	24.7 %
Cono pirométrico equivalente	6
Granulometría	-35 mallas

A continuación se seleccionaron en orden de preferencia los materiales más importantes en base a

sus cualidades y abundancia, (ver Cuadro No. 5).
Se indican las temperaturas óptimas de quemado y
métodos de beneficio.

CUADRO No. 5

CLAVE	TEMPERATURA	BENEFICIO
A-37 XXX	1000°C	Molienda a -35 mallas
A-57 XXVII	1100°C	Molienda a -35 mallas
A-38 XI	1000°C	Molienda a -35 mallas
A-57 XXVII *	1200°C	Tamizado en húmedo a -60 mallas
A-37 XXX*	1200°C	Tamizado en húmedo a -60 mallas
(+) 1	1000°C	Molienda a -35 mallas
A-16 LVII	1000°C	Molienda a -35 mallas
A-38 XI*	1000°C	Tamizado en húmedo a -60 mallas
(+) 2	1100°C	Molienda a -35 mallas
A-57 XXIX*	1000°C	Molienda a -35 mallas
A-48 LVIII	950°C	Molienda a -35 mallas
A-57 XXVIII	1000°C	Tamizado en húmedo a - 60 mallas
A-16 LIX	1100°C	Molienda a -35 mallas
A-58 XXV	1000°C	Molienda a -35 mallas

(+) Materiales proporcionados por personal del
Centro de Investigación y Desarrollo Artesa-
nal de Lerma, Mex.

Es importante mencionar que la anterior clasificación sólo toma en cuenta a materiales simples, es decir sin agregados ni mezclas.

De acuerdo con los resultados obtenidos para mezclas y agregados, y haciendo una selección en base a sus cualidades tenemos en orden de prioridad la siguiente clasificación. (Cuadro No. 6).

CUADRO No. 6

CLAVE	TEMPERATURA	MEZCLAS Y/O AGREGADOS
1, A-57 XXVII	1100°C	40% 1, 60% A-57 XXVII
A-57 XXVII, 72 (+)	1050°C	90% A-57 XXVII, 10% 72 (+)
A-48 XX, A-46 XLI	1100°C	50% A-48 XX, 50% A-48 XLI
A-57 XXVII, Talco	1050°C	90% A-57 XVII, 10% Talco gris
A-38 XI, Caolín	1050°C	90% A-38 XI, 10% Caolín
A-29 L, Arcilla Refractaria	1100°C	90% A-29 L, 10% Arcilla Refractaria A.P. Green
A-57 XXVII, Caolín	1000°C	90% A-57 XXVII, 10% Caolín
A-38 XI, Talco	1100°C	90% A-38 XI, 10% Talco gris

(+) Materiales proporcionados por el personal del Centro de Investigación y Desarrollo Artesanal de Lerma, Mex.

Existen además algunos materiales que de acuerdo a las pruebas preliminares presentan algunas características que son susceptibles de mejorarse,

sin embargo, en general sus procesos de beneficio serán más costosos y elaborados que en el caso de los materiales de los Cuadros 5 y 6. Esto se comprobó al realizar las pruebas de beneficio y mezclas simplificadas y cuyos resultados finales no mostraron mejorías notables.

Estos materiales se presentan en el Cuadro No. 7.

CUADRO No. 7

CLAVE	TEMPERATURA	CARACTERISTICAS
A-46 XXXII	950°C	Baja contracción al quemado
A-26 LXIV	1000°C	Sinterización a 1200°C
A-48 V	1000°C	Presenta <u>efluorescencia</u> en tonos verdes y puntos oscuros
A-46 XLI	1000°C	Alta contracción al quemado
A-36 XXXIV	1000°C	Baja contracción al quemado
A-48 XX	1100°C	Dureza baja
A-37 XXXVI	1100°C	Sinterización a 1200°C

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con objeto de hacer un resumen de los resultados más relevantes obtenidos en este estudio, daremos a continuación las conclusiones más importantes.

- a) Las exploraciones y trabajos de laboratorio, mostraron que existen en el Estado de México, materiales que pueden ser explotados y utilizados en la elaboración de diversos artículos cerámicos. Los usos más apropiados de estos materiales se detallan en el inciso 3 del capítulo anterior.
- b) Se cuenta con información suficiente de los materiales estudiados, de tal manera que pueden ser utilizados en forma inmediata como materias primas o - - agregados cerámicos.
- c) Una aportación importante en este estudio, fue la creación o montaje de un laboratorio para pruebas cerámicas instalado en el Centro de Investigación y Desarrollo Artesanal ubicado en Lerma, Mex. El equipo con el que cuenta este laboratorio, permite realizar todos los estudios sobre arcillas que se reportan en este estudio, exceptuando los análisis químicos, y rayos X.
- d) Por otro lado un grupo de 5 técnicos alfareros del Estado de México, se han capacitado y conocen el funcionamiento completo del laboratorio de Lerma, de tal forma que su trabajo puede aprovecharse para controlar la calidad de las materias primas, investigar nuevos materiales, optimizar procesos de beneficio, etc.
- e) Se localizó un yacimiento de "limonita" ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), este material puede utilizarse como pigmento cerámico tanto en esmaltes como en pastas. Produce coloraciones amarillas, ocre y cafés de acuerdo a la cantidad agregada y al tipo de atmósfera dentro del

horno, cuando es oxidante adquiere coloraciones obscuras y en atmósfera reductora se producen colores más claros. Ver Anexo A.

- f) Existe un gran yacimiento de "tierra de diatomeas" que por su alto contenido de sílice es de particu--lar interés en cerámica, ya que puede usarse como:

Componente de esmaltes cerámicos

Polvo abrasivo

Fabricación de refractarios

Agregado a pastas y arcillas

Obtención de sílice pura

La ubicación de este material así como el estudio correspondiente aparece en el Anexo B.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo, se hacen las siguientes recomendaciones:

- i) Pueden aprovecharse los recursos naturales cerámicos reportados en este estudio, instalando una planta de beneficio de materias primas. Esta planta debe contar básicamente con: un laboratorio de control, una zona para almacenar materiales en bruto, equipo de molienda y tamizado, un sistema de empaque y un almacén para materias primas procesadas. Para garantizar la uniformidad de las características de las materias primas los técnicos de laboratorio -- pueden controlar la calidad tanto de los materiales en bruto como en las materias primas finales.
- ii) Aprovechando también los conocimientos del grupo de técnicos alfareros, se sugiere continuar con los trabajos de campo y exploraciones, para la localización y estudio de nuevos yaci--mientos. Con esto se lograrían 2 ventajas im-

portantes; por un lado se fortalece la experiencia de los técnicos y por otro lado se continúa con el estudio de recursos cerámicos en el Estado de México.

- iii) Se recomienda aprovechar los materiales de bajo punto de fusión para la fabricación de materiales de construcción como el tabique rojo ya que existen cantidades considerables de estos yacimientos en casi todo el territorio del Estado de México. En el Anexo C aparecen los datos y selección de materiales de la Tabla 1 que se sugieren para este uso.

ANEXO A

LIMONITA

La limonita se forma por la mezcla de arcillas con hematita parda ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), generalmente se encuentra en rocas sedimentarias. Esta mezcla adquiere una coloración amarilla.

La limonita es la forma hidratada del óxido férrico (Fe_2O_3) y esta hidratación se produce por factores atmosféricos.

El material encontrado tiene una densidad de 4.5 gr/cm^3 y el análisis químico mostró que corresponde a limonita.

El yacimiento se encuentra localizado en la población de Capulhuac, Mex. a 60 metros de la mina de Tezontle de esta localidad. El yacimiento de limonita no ha sido explotado y se encuentra fuera de los linderos de la mina.

La limonita fue molida y tamizada a - 100 mallas y posteriormente mezclada al 5 y 10% con esmalte transparente TSE de PROMACESA (cono 03). En ambos casos se obtuvieron coloraciones café oscuro casi sin diferencia, por lo que se recomienda utilizarlo a porcentajes no mayores de 5.

En la pasta cerámica 102 de PROMACESA se agregó la limonita al 10% y se obtuvo una coloración amarilla al cono 03 en atmósfera reductora y café rojizo en atmósfera oxidante.

Usos recomendados:

Se recomienda como colorante en esmaltes y pastas cerámicas.



Localización del yacimiento de "Limonita"

ANEXO B

TIERRA DE DIATOMEAS

La tierra de diatomeas es una roca silicificada de origen Sedimentario, la cual varía en el grado de consolidación, pero que consiste principalmente de fósiles de diatomea, que son algas microscópicas del orden Bacillaria.

La diatomita es una forma única de sílice que no tiene igual en la naturaleza y que no ha sido posible fabricarse, sus cualidades provienen de la estructura de la sílice que forman a las diatomeas.

Antiguamente se les denominaba también tierra de infusorios o tripolita, pero estos nombres han caído en desuso.

La diatomita pura, está compuesta de sílice hidratada u opalina, con pequeñas cantidades de componentes inorgánicos como: alúmina, fierro, tierras alcalinas, metales alcalinos y en menor proporción todos los constituyentes que pueden ocurrir en una solución sólida. Además la diatomita puede contener materia orgánica, sales solubles y las contaminaciones usuales de las formaciones sedimentarias. La densidad aparente es de 3.0 a 6.0 gr/cm³, el color varía desde blanco, gris, café, verdoso o casi negro. La dureza de las partículas es de 4.5 a 6 en la escala de Mohs pero la dureza aparente es de sólo 1.5 debido a su densidad aparente y a la pureza del material.

La fuente de suministro es el organismo viviente llamado diatomea; esta planta diminuta que no florea (mide alrededor de 50 micras) tiene la propiedad de extraer Sílice de su habital acuosa y formar una coraza o estructura de válvula, la cual consiste principalmente de Sílice amorfa precipitada biológicamente; cuando el organismo muere se hunde como Sedimento y su parte orgánica normalmente se des--

compone casi completamente; bajo condiciones favorables de depósitos de profundidad considerable son formados los cuales vienen a ser posteriormente los depósitos que se pueden explotar comercialmente.

Los depósitos importantes de tierra de diatomeas son o de origen marino o de origen lacustre y varía en edad, de los periodos cuaternario al cenozoico habiendo sido el mejor periodo para su formación el pleistoceno.

Los principales depósitos del mundo se encuentran en México, Canadá, Estados Unidos, Europa, Africa, Brasil, Rusia.

Usos.- La mayoría de los usos de la diatomita se basan en su estructura microscópica única. Sus usos principales son: para filtración, como mineral de relleno, como material aislante, como absorbente, como abrasivo medio, para procesos químicos, para obtención de Sílice, para materiales estructurales, para mezclas cementantes, para fabricar refractarios, etc.

El yacimiento localizado tiene las siguientes características:

Corresponde a una franja de 50 Km de longitud por 5 Km de ancho. Las propiedades identifican al material como tierra de diatomeas, lo cual fue confirmado por la observación al microscopio.

Propiedades:

Dureza aparente:	1.7 escala de Mohs
Dureza específica:	5.5 escala de Mohs
Densidad aparente:	4.7 gr/cm ³
Color:	marfil
Pérdida de peso por calcinación:	16.4 %
Contenido de Sílice aproximado:	94 %

Usos recomendados en Cerámica:

Dado que los esmaltes cerámicos están constituidos generalmente entre el 10 y el 35% de Sílice, este material puede usarse como componente de esmaltes vítreos.

En la fabricación de refractarios, utilizando como agregados arcillas plásticas, preferentemente aquéllas cuyo contenido de alúmina sea alto, como por ejemplo: caolín.

Como agregado en arcillas y pastas cerámicas.

ANEXO C

MATERIAS PRIMAS PARA LA FABRICACION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

En base a los estudios de laboratorio, se recomienda utilizar algunos de los materiales encontrados como materias primas para la fabricación de tabique, tejas y lozetas. La producción de estos materiales de construcción puede realizarse en la vecindad de los posibles centros de consumo, eliminándose así el problema de transporte a lugares alejados.

A continuación se enlistan en orden de preferencia estas arcillas indicándose la temperatura óptima de quemado:

Clave	Temperatura
A - 46 XXXII	1000 °C
A - 38 VI	900 °C
A - 38 VII	1000 °C
A - 48 V	1000 °C
A - 29 XLIX	1000 °C
A - 48 XXI	900 °C

Todos estos materiales son muy abundantes y de fácil explotación ya que son yacimientos superficiales.

Además existen otras regiones tradicionalmente tabiqueras, que explotan yacimientos locales y utilizan métodos de fabricación rudimentarios.

BIBLIOGRAFIA

1. Pedro Magaña González (Ing. Mecánico)
Anteproyecto de un Centro Piloto de Cerámica para el Estado de Michoacán.
Tesis profesional, Fac. de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Química; Instituto de Investigaciones Metalúrgicas.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Morelia, Mich. 1973.
2. Ing. Ramón García Leal
El Problema de la Toxicidad de la Loza Popular Mexicana.
Centro de Investigación del Zinc y Plomo México, D.F. 1970.
3. Ernest Rosenthal
Alfarería y Cerámica
Ed. Reverté
Barcelona, 1958.
4. Rex W. Grimshaw
The Chemistry and Physics of Clays
Ernest Benn Limited
London 1971.
5. Federico F. Costales
Delmar W. Olson
Cerámica para Escuelas y Pequeñas Industrias
C.E.C.S.A.
México, D.F. 1970.
6. F.H. Norton
Cerámica para el Artista Alfarero
C.E.C.S.A.
México, D.F. 1973.



QUIMICA

7. G. Bieler
Vingt Ans de Progrés Ceramiques
Dunod
Paris. 1952.
8. T.A. Klinefelter and H.P. Hamlin
Syllabus of Clay Testing
9. Maurice Chandler
Ceramics in the Modern World
Aldus books limited. 1967.
10. Darío Renán Pérez P.
Investigador del Instituto de Geología, UNAM.
Asesor Técnico en el desarrollo del Proyecto:
"Exploración de los Recursos Naturales Cerámicos
y Adiestramiento Técnico de personal en el Estado
de México.
Centro de Investigación de Materiales, UNAM.
Ciudad Universitaria. 1973.
11. Javier Horacio Echeverría Armendariz
"Estudio para Analizar el Caolín de la Mina la
Gloria.
Estado de Guerrero
Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM
México, D.F. 1969.
12. Jorge Fernández Lizardi
Identificación de Minerales por Termo-análisis
Tesis profesional. E.S.I.Q.I.E. Instituto Politécnico
Nacional
México, D.F. 1973.