



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**TESIS DONADA POR
D. G. B. - UNAM**

**"EVALUACION DE CALIZAS, ARCILLAS Y YESOS DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO PARA SU
APLICACION INDUSTRIAL"**

TESIS:

Que para obtener el Título de

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

Presenta:

LUIS CLEMENTE MENDEZ SANCHEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

INTRODUCCION		1
I.	GENERALIDADES	3
	I.1. CALIZAS	3
	I.2. ARCILLAS	5
	I.3. YESOS	6
II.	DESCRIPCION GEOGRAFICA	9
III.	LOCALIZACION DE DEPOSITOS Y TOMA DE MUESTRAS	12
	III.1. LOCALIZACION Y MUESTREO DE CALIZAS	12
	III.2. LOCALIZACION Y MUESTREO DE ARCILLAS	16
	III.3. LOCALIZACION Y MUESTREO DE YESOS	18
IV.	CARACTERIZACION	21
	IV.1. CALIZAS	21
	IV.1.1. ANALISIS QUIMICO	21
	IV.1.2. ANALISIS FISICO-MACROSCOPICO	26
	IV.2. ARCILLAS	27
	IV.2.1. ANALISIS QUIMICO	27
	IV.2.2. ANALISIS FISICO	33
	IV.2.2.1. MACROSCOPIA	33
	IV.2.2.2. ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL	33
	IV.2.2.3. CONO PIROMETRICO	74
	IV.3. YESOS	77
	IV.3.1. ANALISIS QUIMICO	77
	IV.3.2. PRUEBAS FISICAS	78
	IV.3.2.1. MACROSCOPIA	78
	IV.3.2.2. CALCINACION Y FRAGUADO	80
V.	CALCULO DE RESERVAS-	81
	V.1. RESERVAS DE CALIZAS	81
	V.2. RESERVAS DE ARCILLAS	84
	V.3. RESERVAS DE YESOS	85

VI.	INTERPRETACION DE RESULTADOS Y POSIBILIDAD DE APLICACION INDUSTRIAL	86
VI.1.	CALIZAS	86
VI.2.	ARCILLAS	87
VI.3.	YESOS	90
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
	BIBLIOGRAFIA	

INTRODUCCION.

El desarrollo de la industria de la construcción y su aumento en la demanda de materias primas, plantea la necesidad de explotar yacimientos que con anterioridad no eran utilizados, ya sea por que no era necesario o por no contar con los medios para explotar esta industria.

El estado de Quintana Roo presenta una gran variedad de recursos minerales, principalmente calizas, arcillas y yesos. Además en este estado, el auge de la construcción está viviendo sus mejores momentos con el crecimiento de ciudades, carreteras, puertos, etc.

Con objeto de coadyuvar con el gobierno del estado de Quintana Roo a mejorar la situación del sector industrial, se llevó a cabo un estudio de los recursos naturales minerales en algunas regiones del estado, con el objeto de localizar y evaluar yacimientos de calizas, arcillas y yesos que pudieran utilizarse como sustitutos de los materiales que tienen que traer de los otros estados, en la elaboración de productos básicamente para la construcción.

El conocimiento de los recursos naturales con los que cuenta el estado de Quintana Roo, son básicamente exploratorios, aunque se sabe que la calidad de estos materiales es buena por estudios hechos con anterioridad en el año de 1981 por

los ingenieros Mario Medina V. y Lisandro Castellano T., investigadores de los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial.

El presente trabajo corresponde al estudio efectuado a muestras de rocas que afloran en el estado de Quintana Roo. Dichas muestras recolectadas consisten en calizas, arcillas y yesos que están contenidas en gran parte en los suelos del estado. Este estudio tiene como finalidad, conocer la composición, así como las propiedades de los materiales con los que cuentan, para posteriormente aplicarlos industrialmente, principalmente en la construcción. Los resultados de los análisis químicos y de otros estudios aplicados a las muestras y las conclusiones que de ellos se derivan, indican que dichas muestras representan una gran posibilidad de explotación debido a los yacimientos evaluados.

Anteriormente a este estudio, se habían llevado a cabo exploraciones en el año de 1981, a través de todo el estado con el fin de conocer los diferentes yacimientos de calizas, arcillas y yesos. Después de estas exploraciones, se marcaron las diferentes zonas de mayor importancia y que son la base del presente estudio.

I. GENERALIDADES.

I.1 CALIZAS.

La piedra caliza está muy distribuida, encontrándose en abundancia en muchos períodos geológicos.

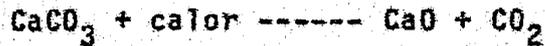
Las calizas son rocas carbonatadas, compuestas por lo general de calcita, aunque la dolomita puede a veces, ser un constituyente importante.

El carbonato en la gran mayoría de los casos se ha extraído del agua de mar por agencia de los organismos en donde la composición principal ya sea de su esqueleto, conchas, corales, etc., son principalmente carbonatos; éstos son depositados en capas que finalmente se consolidan en rocas. Estas rocas son por lo general, de estructura de grano fino y uniforme y algunas veces bastante densas. Algunas calizas son casi calcita pura, mientras que otras contienen materiales parecidos a la arcilla y varios óxidos como impurezas.

El color de una caliza es generalmente gris, aunque puede ser blanca, amarilla, rosa, morena hasta casi negra. Algunas calizas contienen considerable carbonato de magnesio y cuando éste alcanza el 45% del total de carbonatos, se conocen con el nombre de dolomitas.

Si se somete por procedimientos adecuados una piedra caliza

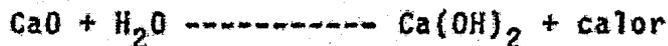
pura a la acción de una temperatura entre 800 y 900°C, se provoca la siguiente reacción endotérmica:



El procedimiento anterior recibe el nombre de calcinación y encierra las 3 operaciones siguientes:

- 1) La caliza pierde primeramente su agua de humedad entre 120 y 150°C.
- 2) Se provoca en la caliza su disociación en óxido de calcio (CaO) y bióxido de carbono (CO₂) a una temperatura entre 800 y 900°C.
- 3) El bióxido de carbono, en forma de gas, se pierde en la atmósfera, quedando como producto aprovechable el óxido de calcio.

Este óxido de calcio obtenido, conocido comercialmente como cal viva, es sólido, de color blanco, con peso específico entre 3.08 y 3.30 g/cm³, muy inestable por su gran avidez para el agua, con la que reacciona exotérmicamente produciendo el hidróxido de calcio o cal apagada.



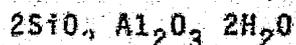
reacción que toma lugar no solo mediante un contacto directo del agua con el CaO, sino también espontáneamente, absorbiendo el vapor de agua de la atmósfera y de las sustancias vegetales y orgánicas que están en contacto con él. En la hidra-

tación o apagado, la temperatura se eleva a 160°C.

1.2 ARCILLAS.

Las arcillas son el resultado de la descomposición lenta, por la acción de la atmósfera y la acción química del anhídrido carbónico y el oxígeno del aire de numerosas rocas o minerales silico aluminosas, tales como los feldespatos, las micas, los granitos, los basaltos, etc.; por lo tanto están constituidos por varios silicatos aluminicos hidratados.

En su estado puro, recibe el nombre de caolinita o caolin y está representada químicamente por la fórmula:



Dada la diversidad de rocas que les dan origen, el estado más ó menos avanzado de su descomposición y el proceso de acarreo a que son sometidas, las arcillas en su estado mas general contienen impurezas tales como cuarzo, carbonato cálcico, sulfatos sódicos y cálcicos, hidroxido de hierro y sustancias orgánicas, comunicándoles propiedades que las hacen aptas para distintos usos y aplicaciones, y proporcionándoles distintas coloraciones.

Aunque las arcillas existen en grandes yacimientos en casi todas las partes del mundo, puede asegurarse que no existen dos arcillas absolutamente iguales en cuanto a su composición y a

todas sus propiedades, debido al efecto de tan variadas influencias a que están sometidas desde su origen hasta sus depósitos.

Una de las características de las arcillas, es formar cuando se mezcla con una adecuada proporción de agua, una pasta plástica capaz de adquirir cualquier forma deseada, exhalando un olor muy característico, cuya causa se ignora. Por estudios hechos se cree que la textura de las arcillas es en forma de laminillas que se entrelazan entre sí y que entre más pequeñas sean estas laminillas, más flexible será la masa y tanto mayor será su plasticidad. Se admite que las laminillas se mantienen en su posición por efecto de la atracción capilar que se ejerce entre ellas y las moléculas de agua interpuestas, alcanzando esta atracción su intensidad máxima cuando las laminillas llegan a ponerse en contacto.

I.3 YESO.

Con este nombre se conoce generalmente el sulfato cálcico hidratado natural. Sin embargo, se aplica muchas veces al resultado de su deshidratación térmica industrial, en su uso como mortero, aglutinante, etc.

Como mineral asociado se encuentra el yeso en la materia mineral de los lignitos y de las hullas, y es causa de la corrosión del hierro de los hogares y calderas lamidos por la gases.

quemados, cuando se emplean estos combustibles.

El yeso como material de construcción o como aglomerante, se define como el producto resultante de la deshidratación parcial o total de la piedra de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), compuesto casi exclusivamente de sulfato de calcio con dos moléculas de agua.

Como roca, el yeso, piedra de Algez o sulfato de calcio bihidratado, que en su estado natural y puro tiene 79.07% de sulfato de calcio anhidro y 20.93% de agua, abunda en los terrenos sedimentarios y es incolora o blanca, pero generalmente está acompañado de impurezas tales como arcillas, óxido de hierro, sílice, caliza, etc., que lo comunican coloraciones distintas.

El sulfato cálcico se conoce combinado con $2\text{H}_2\text{O}$ (yeso natural), $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (yeso de estuco) y anhidro.

Los usos del yeso son muchos y muy variados:

- En la construcción, como agregado en la fabricación del cemento y en la obtención de cal viva.
- Obtención de azufre a partir del yeso, pasando por sulfuro de calcio que es fácil de obtener mediante una reducción.
- Se emplea como carga para el caucho.
- Como enjalbegado para preservar objetos combustibles de la acción de las llamas.
- Entra en la composición de diversos plásticos.
- También lo contienen los superfosfatos empleados como abo-

no; él solo, apenas se emplea como abono, por superarle los abonos calizos.

- En la fabricación de sulfato de amonio.
- Se emplea en la fabricación de piedras artificiales y mortero de yeso.

II. DESCRIPCION GEOGRAFICA.

El área de estudio es el estado de Quintana Roo, situado hacia el oriente en la región mas alejada del país, tomando como referencia la ciudad de México.

El estado se encuentra situado entre las siguientes coordenadas geográficas: 86° 45' y 89° 25' de longitud oeste y los 18°49' y 21° 35' de longitud norte. (Ver Mapa No. 1)

Al noroeste limita con el estado de Yucatán; con el estado de Campeche al poniente; con Belice y Guatemala al sur; con el canal de Yucatán al norte y con el mar del Caribe al oriente,

Al estado de Quintana Roo se puede llegar por la carretera 186 que parte de Villahermosa, Tabasco, llega hasta la ciudad de Escárcega y de ahí a 173 Km. se encuentra el puerto de Chetumal, capital del estado. También existe comunicación por medio de la carretera 180 con la ciudad de Mérida, capital del vecino estado de Yucatán, esta carretera llega a Puerto Juárez y a Cancún. La comunicación entre Chetumal y Puerto Juárez se hace por la carretera 307 a través de 398 Km.

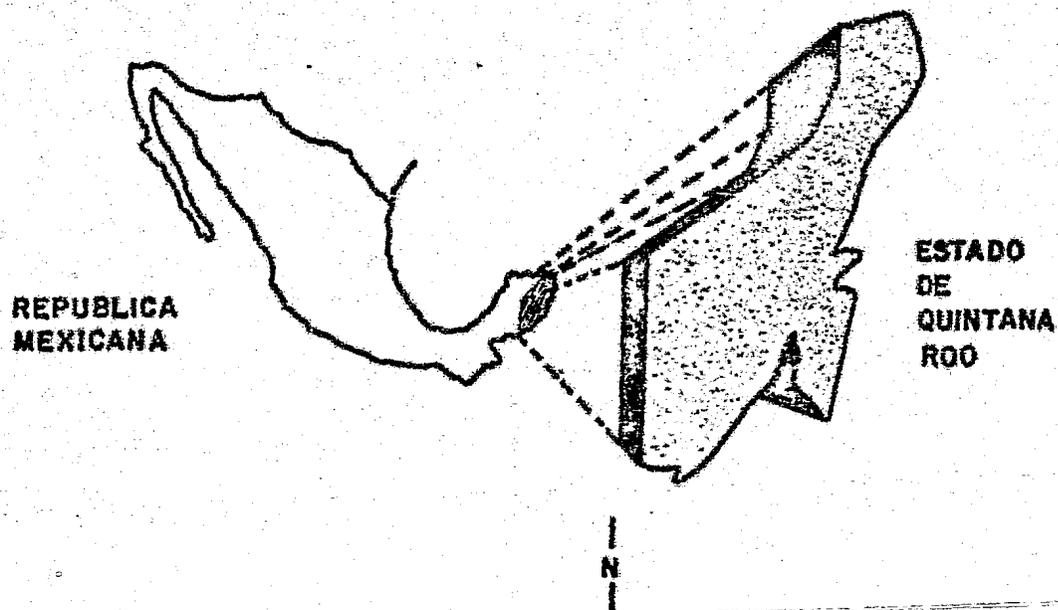
Existen varias carreteras pavimentadas y otras en proceso, debido a la gran expansión demográfica que se está llevando a cabo en el estado. Además la comunicación aérea con la capital de la República es muy buena.

En el estado de Quintana Roo no existen cuencas definidas y los ríos que lo irrigan recorren distancias muy cortas desapareciendo en sumideros para formar cenotes o pequeñas lagunas. Esta característica es el resultado de la ausencia de puentes que puede ser notado por quien viaje por sus vías terrestres de comunicación.

El clima, en las diferentes regiones del estado es el resultado de su posición geográfica y su conformación geológica (orografía). Desde la zona noroeste hasta Puerto Morelos le corresponde clima muy cálido subhúmedo, siendo la temperatura media del mes más frío mayor de 18 grados, lluvias abundantes en verano y las del invierno el 10.2% de la anual. La oscilación isotermal está entre 5 y 7 grados; las temperaturas más altas se registraron antes del mes de junio.

Los datos de la estación meteorológica de Valladolid, Yuc., indican que la precipitación pluviométrica anual es de 1158 mm registrando junio y septiembre como los meses más lluviosos y febrero y marzo como los menos. El mes más caluroso es mayo, con temperatura media diaria máxima de 27.5 grados.

MAPA I LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.



III. LOCALIZACION DE DEPOSITOS Y TOMA DE MUESTRAS.

El estado de Quintana Roo, en su inmensa mayoría está cubierto por selva, motivo por el cual la exploración se hace sumamente difícil y sólo se llevó a cabo en partes accesibles mediante carreteras, caminos y brechas cortas hechas por las brigadas y sus ayudantes.

Ahora bien, puede considerarse bastante representativo el muestreo que se efectuó, dado que los caminos penetran en todas direcciones y a la gran uniformidad geológica que presenta la región de la península de Yucatán en su parte correspondiente a Quintana Roo.

Los trabajos de campo, se dividieron por zonas:

- a) la zona norte, donde se tomaron muestra de calizas.
- b) ~~la zona central, donde tomaron muestras de arcillas y calizas~~
- c) la zona sur, donde se tomaron muestras de yeso, caliza y arcilla

III.1. LOCALIZACION Y MUESTREO DE CALIZAS (Ver Mapa No. 2)

Sitios

- 1.- Cercano al puerto de Chiquilá, sobre el camino que va a Eusebio, se tomaron 4 muestras de caliza con alto contenido de carbonato de calcio y muy bajo contenido de carbonato de magnesio. La característica de esta zona es que

casí no hay partes altas, por lo que hay que considerar el terreno plano; se observó en las antiguas pedreras que existen a la orilla de la carretera, que la explotación se hace cavando entre 3 y 4 metros, por lo que se obtiene un perfil en el que los primeros 1.5 metros son de roca maciza en bloques y después existe un material clástico de gravas calizas cuyo análisis químico indica también un alto contenido de carbonatos de calcio.

2.- Situado a 37.5 Km. de Chiquilá, se tomó una muestra de caliza, dando como resultado una caliza de buena calidad y muy poco contenido de carbonato de magnesio. También se tomó una muestra de estratos de caliza compacta de una dolina para hacer pruebas de pulimento.

3.- En la carretera a Chiquilá y a 25 Km del cruce con la carretera Cancún-Mérida, se encontró una muestra de dolomita que no sirve para la producción de cal, pero puede utilizarse como agregado pétreo para concreto y tabique.

4.- En la región de Leona Vicario, se muestreó una caliza de muy buena calidad y se tomó muestra de caliza compacta para hacer placa pulida y usarse en la construcción.

5.- La situación de este lugar es 3 Km dentro del camino de terracería que va a la zona agropecuaria de Leona Vicario y se tomó muestra de caliza de muy buena calidad y de caliza compacta para pruebas de placa.

- 6.- A 20 Km sobre la carretera a Puerto Juárez, la muestra que se tomó es de buena calidad, en donde la parte externa del piso es una cubierta de bloques de roca maciza recristalizada que pueden cortarse para fabricar placas de recubrimiento.
- 7.- En los terrenos experimentales del Centro de Investigaciones de Quintana Roo en Puerto Morelos, se tomaron 6 muestras de calizas de muy buena calidad. También se tomaron muestras de calizas compactas de las dolinas, de las cuales se hicieron placas para construcción que no resultaron muy buenas por ser porosas.
- 8.- A un lado de los terrenos del Centro de Investigaciones, como a 800 m de la desviación a Puerto Morelos, hay una pedrera de donde se tomaron 3 muestras que resultaron muy buenas. También la zona de caliza dura en bloques, resultó buena para usarse como placa de piso, fachadas, etc.
- 9.- Este lugar se encuentra a 2 Km del cruce de la carretera que va de Tulum a Coba. El análisis de roca nos indica que es propia para cal hidratada o cemento.
- 10.- Situado a 30 Km de la carretera Tulum-Coba, se tomó una muestra de caliza de buena calidad.
- 11.- A 15 Km de Carrillo Puerto rumbo a Puerto Morelos, se recolectó una muestra que resultó buena.

- 12.- Situado a 12 Km de Carrillo Puerto rumbo a Puerto Morelos se tomó una muestra que resultó buena en cuanto a análisis químico.
- 13.- A 8 Km de Carrillo Puerto rumbo a Puerto Morelos se muestreó calizas y los resultados fueron buenos.
- 14.- Este lugar es una pedrera a 6 Km de Polyuc rumbo hacia el pueblo de Morelos, donde se encontró una caliza dolomítica.
- 15.- Calizas del Ingenio Alvaro Obregón, que quedan por la carretera que va de Ucúm a la Unión; estas calizas presentan bastante pureza de carbonato de calcio.
- 16.- Lugar situado a 500 metros antes de llegar al sitio llamado "Botes" sobre la carretera Ucúm-La Unión; se trata de 5 colinas con material calizo conglomerado. El color de la caliza es rojiza y amarillenta. Las colinas de este material miden desde el nivel de la carretera, de 5 a 10 metros de alto, pero desde su desplante miden 40 metros.
- 17.- El lugar se encuentra a 300 metros antes de llegar al pueblo de Cacao viniendo de Botes hacia Pucté. La caliza es de color rosa y existen bloques de diferente tamaño; la calidad de la caliza es buena para cal y cemento.

- 18.- Se trata del gran banco de dolomitas del Km 21 de la carretera Chetumal-Escárcega cuya roca es impropia para producir cal, pero tiene gran utilidad como agregado pétreo y lleva aproximadamente 20 años de explotación.
- 19.- Este yacimiento de calizas conglomeráticas se encuentra localizado en el cerro del Pavo. Aunque la caliza es buena, se puede apreciar la existencia de sílice en forma de calcedonia, por lo que hay que seleccionar el material para no calcinar el cuarzo, ya que esto afectaría en el consumo excesivo de combustible al calcinar la caliza.

El tipo de muestreo que se llevó a cabo para las calizas fué dependiendo del terreno, ya que si el yacimiento se presentaba al nivel del suelo se hacía el muestreo por esquirra.

Si el yacimiento estaba alto, el muestreo era por canal, es decir, se tomaba muestra en la parte superior, en la parte media y en la parte inferior.

III.2 LOCALIZACION Y MUESTREO DE ARCILLAS. (Ver Mapa No.2)

- I.- Situado a 3.6 Km antes de llegar al pueblo de Dziuche por la carretera que viene de Polyuc hacia Mérida, se tomaron 3 muestras de arcilla. La muestra es color rojo.

- 2.- Este yacimiento se encuentra localizado a 6.2 Km antes de llegar al pueblo de Presumida viniendo de Polyuc; se tomaron un total de 7 muestras de color rojo, impurificadas con óxidos e hidróxidos de fierro.
- 3.- El lugar se localiza a 3.5 Km antes de llegar a Morelos viniendo de Polyuc y se tomaron 5 muestras de arcillas rojas. La presencia de una muestra con características refractarias, nos hace concluir, que existen pequeñas porciones de arcillas refractarias, en los lugares en los que aumenta el contenido de caolinita.
- 4.- En el lugar situado a 5.1 Km antes de llegar a Morelos viniendo de Polyuc, se tomaron 5 muestras de las cuales dos de ellas son refractarias, por lo que se cuenta con una cantidad mas ó menos de arcillas refractaria. Puede mejorarse la calidad de las arcillas refractarias mediante un proceso de deferrado, ya que los óxidos y los hidróxidos de fierro vuelven menos refractarias a las arcillas.
- 5.- Lugar situado a 7 Km de Polyuc en dirección a Morelos, de donde se tomaron 2 muestras de arcilla roja.
- 6.- En este sitio localizado a la salida del pueblo de Chuhunhub por la carretera que va a Valle Hermoso y Chetumal, se tomaron 8 muestras de arcilla roja, que contiene principalmente halloisita y cantidades variables de caolinita, lo que hace que existan manchones refractarios.

7.- Esta arcilla de color amarillo, fué colectada a 1.6 Km antes de llegar a Pucté. Existe en abundancia ya que es formadora de una extensión considerable de suelo que se siembra con caña.

El tipo de muestreo que se llevó a cabo para la recolección de arcillas, fué sistemático, combinando muestreo abierto y muestreo somero a profundidad con obra directa; se tomaron muestras superficiales a 1 metro aproximadamente y finalmente a 2 ó mas metros dependiendo de la profundidad del yacimiento.

III.3. LOCALIZACIÓN Y MUESTREO DE YESO. (Ver Mapa No. 2)

Sitios

1.- En el Km 235 de la carretera Escárcega-Chetumal, existe una desviación por un camino de terracería que llega al pueblo maderero de San Antonio Soda, con una extensión de 8 Km.

Un Km. antes de llegar a la población se localiza un magnífico afloramiento de yeso. A 5 Km. al sureste de San Antonio Soda, se encuentra un yacimiento virgen de yeso, consistente en una loma en la cual se puede observar el yeso tanto en las dolinas como en las barrancas; en la parte superior del yacimiento existen capas de calizas.

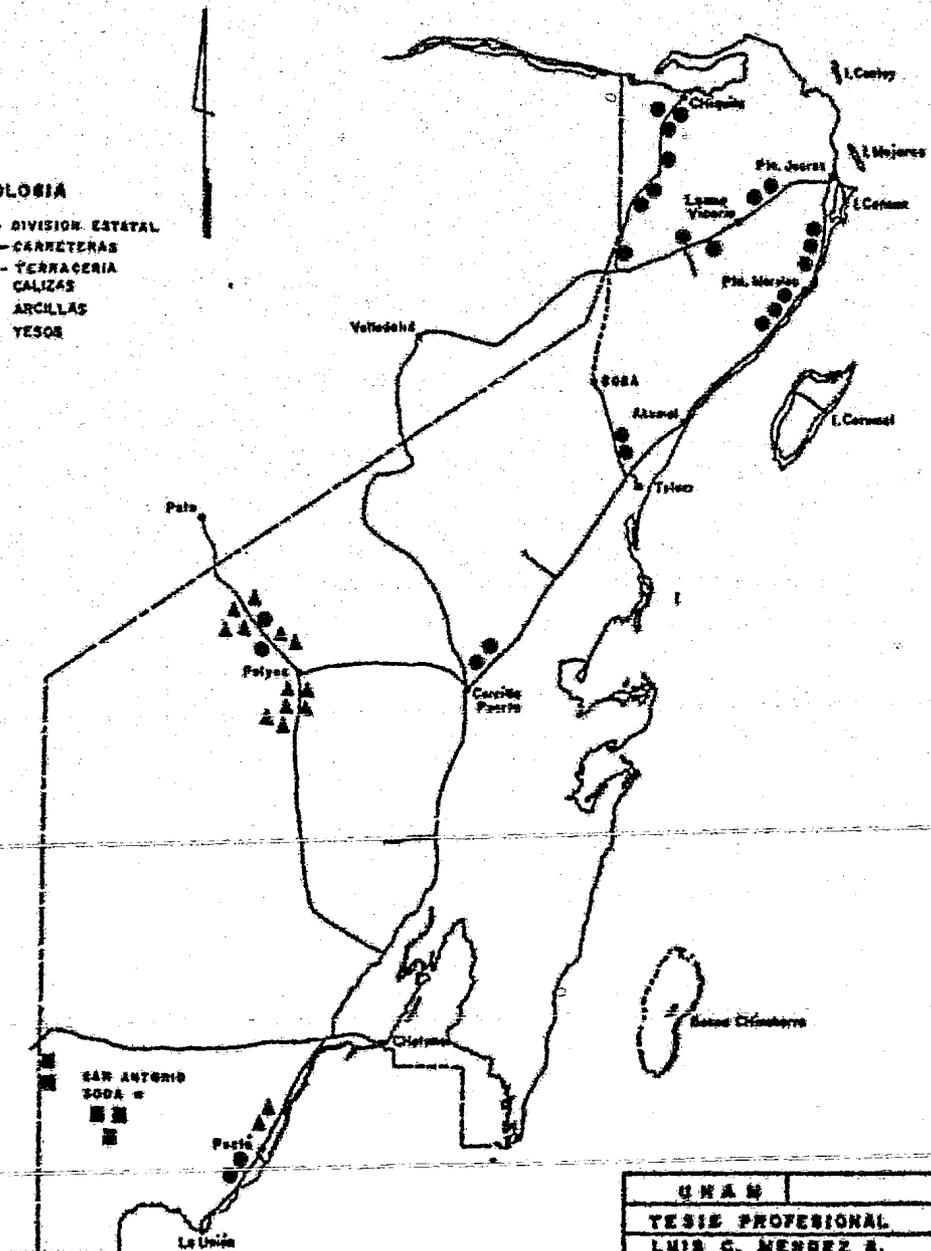
De este yacimiento se tomó una muestra de yeso y dado que el depósito yesífero es de estructura masiva, se optó por desarrollar un muestreo superficial por medio del cual se obtuvieron muestras homogéneas y representativas del depósito.

- 2.- En el Km 227 de la carretera Escárcega-Chetumal, pegado a la línea divisoria Campeche-Quintana Roo, se encuentra el yacimiento de yeso del cerro de la Mosa. Existe un enorme banco de yeso que tiene acceso por un antiguo camino invadido totalmente por la maleza. De este yacimiento se estuvo sacando yeso hace tiempo cuando se construyó la carretera, pero desde entonces no ha vuelto a ser explotado.

MAPA 2 PLANO DE LOCALIZACION
EDU. DE QUINTANA ROO

SIMBOLOGIA

- DIVISION ESTATAL
- CARRETERAS
- TERRACERIA
- CALIZAS
- ▲ ARCHILLAS
- YESOS



UNAM
TESIS PROFESIONAL
LUIS C. HERNANDEZ S.

Una vez que se tuvieron las muestras en el laboratorio, se procedió a prepararlas para análisis. De los fragmentos de roca, se tomó una parte para análisis químico y otra para análisis físico.

IV.1.1. ANALISIS QUIMICO. (Ver Cuadro No.1)

Después de triturar y moler las muestras a 100 mallas (149 micras ó .149 mm), se procedió a llevar a cabo los siguientes análisis:

- a) Pérdidas por Ignición a 910°C.- Se toman .5 g de muestra en crisol de platino (previamente tarado) con camisa y se coloca en la mufla a 910°C por espacio de 1 hora; se saca y se deja a que alcance peso constante en el desecador y se pesa.

Cálculos:

$$\text{pérdidas por ignición} = \frac{\text{pérdidas}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

- b) Determinación de SiO₂ + Insolubles.- Se pesa aproximadamente 1 g de muestra en un vaso de 600 ml, se diluye con 100 ml de agua, se tapa con vidrio de reloj y se ataca con 20 ml de HCl concentrado (hasta neutralizar el carbonato). Se lava el vidrio de reloj y las paredes del vaso, calentándose hasta sequedad.

Se diluye con 100 ml de agua y se agregan 20 ml de HCl concentrado, se calienta y se filtra en papel de poro abierto (whatman # 41 ó equivalente), se recibe el filtrado en matraz aforado de 250 ml y se lava el papel filtro con agua caliente en abundancia. Todos los insolubles se calcinan en crisol de porcelana.

Cálculos:

$$\% \text{SiO}_2 + \text{insolubles} = \frac{\text{peso del calcinado}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

- c) Determinación de R_2O_3 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$).- De la solución que se tiene en el matraz aforado de 250 ml, se toma una alícuota de 100 ml en un vaso de 600 ml y se calienta casi a ebullición. Ya caliente la solución, entonces se agregan 5 gotas de rojo de metilo y posteriormente se agrega hidróxido de amonio hasta el vire de color rojo a amarillo y con un exceso de 0.3 ml; se deja digerir durante 10 minutos y se procede a filtrar en papel whatman # 41, lavando abundantemente con agua caliente. El precipitado se calcina en crisol de porcelana a 910°C y se pesa como R_2O_3 .

Cálculos:

$$\% \text{R}_2\text{O}_3 = \frac{\text{cenizas} \times 2.5}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

d) Determinación de CaO.- Se toma el filtrado de R_2O_3 en un vaso de 600 ml y se calienta; una vez caliente se le agregan 5 gotas de rojo de metilo y se adiciona HCl concentrado hasta el vire de color amarillo a rojo, se le añade aproximadamente 1 g de oxalato de amonio y se agita hasta disolverlo, en seguida se le agrega hidróxido de amonio hasta el vire de rojo a amarillo con un exceso de 0.5 ml. El precipitado se filtra en gooch, cuidando que la solución sea alcalina y que esté bien caliente. Los lavados se hacen con agua caliente y en abundancia hasta asegurarse que el agua de lavado sea neutra (de 4 a 5 lavados).¹

El gooch se pasa al mismo vaso donde se realizó la precipitación, se diluye a 100 ml y se agregan 7 ml de H_2SO_4 concentrado (para tener una solución al 7%). Se calienta y con un gendarme se deshace el precipitado y el papel filtro. Una vez caliente se titula con solución de permanganato de potasio .1 N.

Cálculos:

$$\% \text{ CaO} = \frac{\text{me. CaO (VxN)}_{\text{KMnO}_4} \times \text{Aforo}}{\text{Peso Muestra} \times \text{Alícuota}} \times 100$$

$$\text{me. CaO} = .02804$$

CUADRO NO. 1
ANALISIS DE CALIZAS

SITIO	MUESTRA	PERDIDAS POR IGNICION 910°C	% SiO ₂ + INSOLUBLES	% CaO	% MgO	% R ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	%CO ₂	TOTAL
1	1	43.60	0.70	53.44	1.26	0.46	42.95	99.46
	2	43.70	0.90	52.51	1.11	0.75	42.10	98.97
	3	43.65	0.71	53.42	0.95	0.48	42.90	99.20
	4	43.75	0.92	52.49	1.05	0.49	42.10	98.70
2	1	43.64	0.16	52.74	0.42	2.59	39.01	99.54
	1	46.79	0.22	30.33	21.21	1.35	44.39	99.90
4	1	44.81	0.16	53.55	0.55	0.15	39.88	99.21
5	1	43.74	0.54	54.51	0.38	0.53	40.01	99.60
6	1	44.21	0.24	53.40	0.96	0.97	40.81	99.78
	1	44.30	0.15	54.56	0.31	0.53	39.98	99.65
7	2	44.72	0.17	49.03	0.19	5.25	40.16	99.65
	3	44.13	0.12	54.30	0.15	0.25	49.81	98.95
	4	44.20	0.11	54.63	0.13	0.23	39.99	99.30
	5	44.16	0.26	53.45	0.68	0.48	39.68	99.03
	6	44.28	0.14	54.58	0.16	0.18	36.96	99.34
	1	44.07	0.10	54.46	0.12	0.08	40.96	98.83
8	2	44.53	0.10	53.52	0.72	0.44	43.76	99.01
	3	44.28	0.14	54.58	0.16	0.18	36.96	99.34
	1	44.24	0.42	53.42	1.00	0.47	40.43	99.55
10	1	43.83	0.42	54.71	0.52	0.50	38.70	99.98
11	1	44.42	0.18	54.62	0.30	0.44	37.41	99.96
12	1	44.40	0.57	52.95	0.61	0.13	36.88	98.77
13	1	43.20	0.58	53.44	0.90	0.28	36.40	98.40
14	1	45.66	0.11	32.98	19.30	0.69	32.09	98.74
15	1	44.35	0.65	52.80	0.71	0.11	40.00	98.62
16	1	44.15	0.51	53.05	0.98	0.47	39.92	99.16
17	1	41.03	0.12	54.66	1.27	0.33	40.00	97.41
	2	43.02	0.53	55.23	0.55	0.65	40.52	99.98
18	1	45.70	2.10	36.30	13.60	1.80	43.30	99.50
19	1	42.30	1.00	54.71	0.10	1.50	42.98	99.61

- e) Determinación de MgO.- Se toma el filtrado del CaO en un vaso de 600 ml y se adicionan una gotas de rojo de metilo y se agregan HCl concentrado hasta el vire (amarillo a rojo) con un exceso de 0.5 ml, se adiciona entonces aproximadamente 1 g de fosfato de amonio, se agita el fosfato hasta disolverlo. Por último se agregan 10 ml de hidróxido de amonio por cada 100 ml de solución que se tenga y se deja reposar en frío durante varias horas. Se filtra y se calcina en crisol de porcelana.

Cálculos:

$$\% \text{ MgO} = \frac{\text{Peso del Calcinado} \times \text{Aforo} \times \text{Factor}}{\text{Peso de Muestra} \times \text{Alícuota}} \times 100$$

$$\text{Factor} = \frac{2 \text{ MgO}}{\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7} = .3623$$

IV.1.2. ANÁLISIS FÍSICO-MACROSCÓPICO.

- a) Se caracterizan por ser calizas masivas.
- b) La apariencia que presentan es variada, ya que algunas son compactas y otras son porosas.
- c) La coloración de las calizas es muy variable, ya que presenta tonalidades rojizas, cafés, gris, crema y blancas.
- d) Se puede observar que las calizas contienen fósiles incrustados y algunas estaban cubiertas por caliche.
- e) Hay calizas que presentan una apariencia de bandas de di-

ferentes tonalidades.

- f) Se hicieron pruebas sobre calizas, para producir placas de ornamento para la construcción. Los resultados en general fueron aceptables.
- g) La densidad promedio de las calizas es de 2.6 g/cm^3 .
- h) La dureza de las calizas está entre 3 y 4 en la escala de Mohs.

IV.2. ARCILLAS.

Las muestras de arcillas fueron tomadas por un muestreador Auger, ya que los yacimientos presentaban un material terroso, que era fácil de perforar con el escarbador.

IV.2.1. ANÁLISIS QUÍMICO. (Ver Cuadro No. 2)

Una vez que la muestra ha sido molida a -100 mallas se empezaron a hacer los siguientes análisis:

- a) Humedad y Pérdidas por Ignición.- Se toman 0.5 g de muestra en un crisol de porcelana (previamente tarado), se coloca en la estufa a 110°C por espacio de 1 hora. Se saca y se coloca en el desecador a que alcance peso constante.

Cálculos:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Pérdidas}}{\text{Peso de Muestra}} \times 100$$

Para las pérdidas por ignición, se coloca el mismo crisol en la mufla a 910°C por espacio de 1 hora. Se saca y se deja a que alcance peso constante en el desecador.

Cálculos:

$$\% \text{ Pérdidas por Ignición} = \frac{\text{Pérdidas}}{\text{Peso de Muestra}} \times 100$$

Después de determinar la humedad y pérdidas por ignición, se agregan aproximadamente 4 g de carbonato de sodio a un crisol de platino con la muestra. Se mezclan y se funden con soplete, tomando en cuenta las siguientes observaciones:

- El calentamiento del crisol debe hacerse por las paredes y tratando de que sea uniforme.
- Se procede así hasta que la muestra esté en estado líquido, después se sigue el calentamiento uniforme y agitando la muestra hasta que el líquido se aclare.
- Se quita del fuego y se resbala el líquido por las paredes para formar una capa delgada y se deja enfriar.

b) Determinación de SiO_2 .- Después de la fusión se coloca el crisol en un vaso de 600 ml y se agregan 100 ml de agua, se tapa y se calienta hasta desprender la muestra

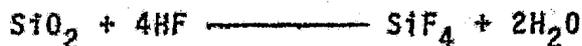
del crisol; una vez caliente y tapado se agregan 20 ml de HCl concentrado hasta neutralizar totalmente el carbonato de sodio; se saca el crisol del vaso con un gendarme y se lava perfectamente bien con agua. Se calienta hasta sequedad para que se deshidrate e insolubilice la sílice; una vez seca la muestra se agregan 25 ml de HCl 1:1 y se calienta. Se filtra en papel Whatman # 41 y se lava con agua caliente abundantemente; se calcina en crisol de platino (previamente tarado a 910°C) y se pesa como SiO₂ impura.

Cálculos:

$$\% \text{ SiO}_2 \text{ impura} = \frac{\text{Pérdidas}}{\text{Peso de Muestra}} \times 100$$

Para la determinación de SiO₂ pura, al calcinado se le humedece con agua y se agrega HF hasta un tercio del volumen del crisol y unas gotas de H₂SO₄ (esto con el objeto de que la reacción, como es reversible, no tienda a regresar a su estado original) dejándose a sequedad; posteriormente se pone a peso constante en el mechero.

Reacción:



Cálculos:

$$\% \text{ SiO}_2 = \frac{\text{cenizas Pt} - \text{pérdidas}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

cenizas Pt = residuo resultante de la reacción con HF y
 H_2SO_4

pérdidas = pérdidas obtenidas en la determinación de
 SiO_2 impura

- c) Determinación de R_2O_3 . - Del filtrado que se obtuvo de la determinación de SiO_2 , se toma una alícuota de 100 ml de un aforo de 250 ml y pasa a un vaso de 600 ml. Se calienta la solución agregando 5 gotas de rojo de metilo e hidróxido de amonio hasta el vire de color rojo a amarillo con un exceso de 0.3 ml y se deja digerir durante 10 minutos, filtrando posteriormente; se lava abundantemente con H_2O caliente moviendo el precipitado. Posteriormente este precipitado se disuelve con 10 ml de HCl 1:1 caliente, agregándolo lentamente y recibiendo el filtrado en el mismo vaso de precipitación anterior, lavando el papel filtro con agua caliente en abundancia.

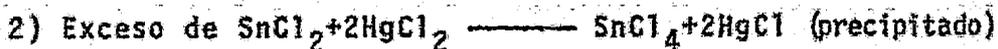
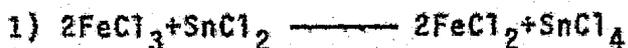
El R_2O_3 se vuelve a precipitar como se describió anteriormente, se filtra en papel Whatman # 41 y se lava abundantemente con agua caliente. Se calcina en crisol de porcelana a $910^\circ C$ y se pesa como R_2O_3 ($Fe_2O_3 + Al_2O_3 + TiO_2 + P_2O_5$).

Cálculos:

$$\% R_2O_3 = \frac{\text{cenizas} \times 2.5}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

d) Determinación de Fe_2O_3 .- Se toma una alícuota de 100 ml y se pasa a un vaso de 600 ml, se agregan 10 ml de HCl concentrado y se calienta en la parrilla. Una vez caliente, se agrega solución de cloruro estanoso gota a gota hasta que el Hierro III pase a Hierro II, indicándonos este cambio la decoloración de la solución. Una vez que se enfría la solución, se le agregan 5 ml de H_2PO_4 (esto se hace porque en la gráfica potenciométrica el cambio de coloración no coincide con el cambio de pendiente en la curva, y con el H_2PO_4 si coincide) y 10 ml de cloruro mercuríco, se agita y debe presentarse un precipitado lechoso; se agrega como indicador de 5 a 7 gotas de difenil amina y se titula con dicromato de potasio 0.1 N hasta el vire de coloración de azul a verde.

Reacciones:



Cálculos:

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{\text{m.e. Fe}_2\text{O}_3 \times V \times N \text{ (dicromato)} \times 2.5}{\text{Peso de Muestra}} \times 100$$

$$\text{m.e. Fe}_2\text{O}_3 = .07985$$

CUADRO NO. 2
ANALISIS DE ARCILLAS

SITIO	NUESTRA	%SiO ₂	%Fe ₂ O ₃	%Al ₂ O ₃	%CaO	%MgO	%H ₂ O ⁻	%H ₂ O ⁺	TOTAL %
1	1	40.72	8.68	30.95			3.62	15.96	99.93
	2	38.23	8.18	25.60	2.09		6.26	19.72	100.08
	3	40.07	8.18	29.79			4.05	17.51	99.60
2	1	40.30	10.26	28.38			4.47	15.72	99.13
	2	39.40	10.11	31.90	3.06		2.47	16.01	102.95
	3	42.61	12.35	21.38	3.41	0.04	4.48	16.27	100.54
	4	38.78	9.86	30.52			2.58	18.00	99.74
	5	39.09	9.63	31.02	2.08	1.98	3.49	13.14	100.43
	6	41.06	12.69	21.28	2.91	0.20	4.75	17.60	100.49
3	7	41.88	11.13	23.47	1.97		4.85	16.51	99.81
	1	41.65	12.65	28.22			4.43	12.91	99.86
	2	42.84	11.90	26.88	0.73	1.21	3.74	13.30	99.60
	3	41.23	9.50	29.85			3.96	15.18	99.72
	4	44.78	12.93	20.75	3.29	0.39	3.99	14.50	100.63
4	5	40.88	17.95	17.92	2.56	0.09	3.71	17.57	100.68
	1	40.01	8.93	29.81	2.02	0.80	4.75	14.51	100.83
	2	41.73	13.24	20.54	2.89	1.09	4.74	15.63	99.86
	3	43.13	8.18	34.03	0.99	0.91	4.21	10.30	101.75
	4	40.02	9.67	29.80	2.07	0.52	2.58	15.77	100.43
5	5	39.00	8.97	31.32	0.98	0.22	2.23	16.81	99.53
	1	42.12	9.54	31.00			4.91	12.83	100.50
6	2	41.76	12.82	27.59	0.53	0.73	4.76	11.49	99.68
	1	39.00	9.84	31.18	1.62	0.02	3.02	15.18	99.86
	2	40.43	10.53	29.06	3.11	0.07	4.08	13.77	100.95
	3	41.21	9.52	31.05	0.52	0.70	3.01	12.90	98.91
	4	41.72	13.25	20.60	0.84	0.95	4.51	14.80	98.67
7	5	42.10	12.41	16.78	1.45	1.85	4.21	17.52	96.32
	6	40.41	10.52	28.96	3.12	0.08	4.06	13.69	100.84
	7	42.09	12.37	16.88	1.40	1.88	6.32	17.58	98.52
	8	42.64	4.07	31.96	1.33		4.68	15.12	99.80
	1	42.38	8.82	28.60	1.78		2.48	15.59	99.65

e). Determinación de Al_2O_3 .- De los resultados de la determinación de R_2O_3 y Fe_2O_3 , podemos obtener los resultados del Al_2O_3 , siempre y cuando no exista TiO_2 en la muestra.

Cálculos:

$$\% Al_2O_3 = \% R_2O_3 - \% Fe_2O_3 - \% TiO_2$$

en este caso no existe Titanio en la muestra.

IV.2.2. ANALISIS FISICO.

IV.2.2.1. MACROSCOPIA.

- a) Las arcillas encontradas presentan una coloración que va del rojizo hasta el amarillo.
- b) Su aspecto es terroso y de fácil disgregación.

IV.2.2.2. ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL.

Este análisis consiste en la técnica con la cual se miden las diferencias de temperatura debidas a efectos caloríficos asociados con cambios físicos, químicos y físico-químicos, en función de la temperatura.

El método del análisis térmico diferencial determina, por medio de aparatos adecuados la temperatura a la cual las reacciones térmicas ocurren en un material, cuando es continuamente

te calentado a una temperatura elevada, y también la intensidad y carácter general de tal reacción. En el caso de minerales el análisis térmico diferencial muestra reacciones endotérmicas, debidas a la deshidratación y al cambio de estructura del cristal y reacciones exotérmicas, debidas a la formación de nuevas fases a temperaturas elevadas. El método es, por lo tanto útil, para la investigación de minerales y sus reacciones a alta temperatura. (Ver Cuadro No. 3).

Los resultados del térmico diferencial se trazan en forma gráfica, por medio de una curva continua; en la cual, las reacciones térmicas se trazan contra las temperaturas del horno, siendo las reacciones endotérmicas convencionalmente expuestas como deflecciones hacia abajo y las reacciones exotérmicas como deflecciones hacia arriba de una línea base horizontal. (Ver Cuadros y Gráficas Anexas).

La técnica para desarrollar el análisis térmico diferencial, es la siguiente:

Se muele la muestra a -100 mallas y se coloca en el crisol de níquel del aparato térmico diferencial portátil Eberbach. Posteriormente, se coloca la sustancia inerte en el otro crisol o portamuestras, en este caso se trata de alumina calcinada; las dos muestras se compactan muy bien en los crisoles, porque de lo contrario la prueba puede no salir muy bien, por lo que lleva dos perforaciones para evitar proyecciones en ca

CUADRO NO. 3

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL DE 19 MUESTRAS

SITIO	MUESTRA	ESPECIE MINERALOGICA
1	1	Halloisita
2	1	Halloisita
	2	Caolinita
	3	Caolinita
3	1	Halloisita
	2	Halloisita-Caolinita
	3	Caolinita
	4	Halloisita-Caolinita
	5	Caolinita
	6	Caolinita-Halloisita
4	1	Halloisita
	2	Caolinita-Halloisita
	3	Halloisita
	4	Halloisita-Caolinita
5	1	Caolinita-Halloisita
	2	Caolinita-Halloisita
6	1	Halloisita
	2	Halloisita
	3	Halloisita

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

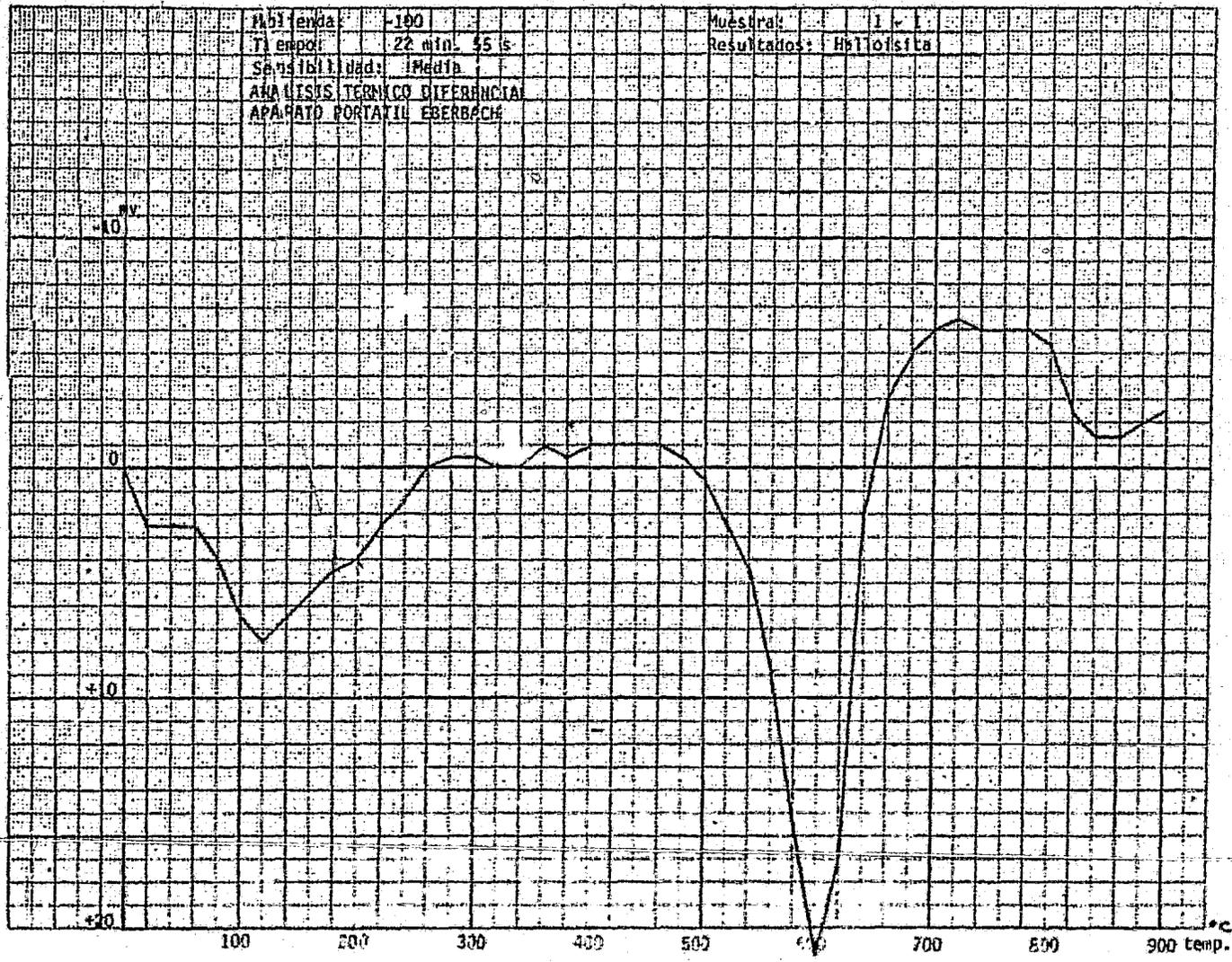
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 22 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 1 - 1
 Resultados Halloisita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	0.5
20	2.5	520	2.5
40	2.5	540	5.5
60	2.5	560	9.0
80	4.0	580	15.5
100	6.5	600	21.0
120	7.5	620	17.0
140	6.5	640	2.0
160	5.5	660	-3.0
180	4.5	680	-5.0
200	4.0	700	-6.0
220	2.5	720	-5.5
240	1.5	740	-6.0
260	0.0	760	-6.0
280	-0.5	780	-6.0
300	-0.5	800	-5.5
320	0.0	820	-2.5
340	0.0	840	-1.5
360	-1.0	860	-1.5
380	-0.5	880	-2.0
400	-1.0	900	-2.5
420	-1.0	920	-2.5
440	-1.0	940	-3.5
460	-1.0	960	-3.0
480	-0.5		

Muestra: -100
Tiempo: 22 min. 45 s.
Sensibilidad: Medib
ANALISIS TECNICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

Muestra: 1-1
Resultados: Hilitolita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

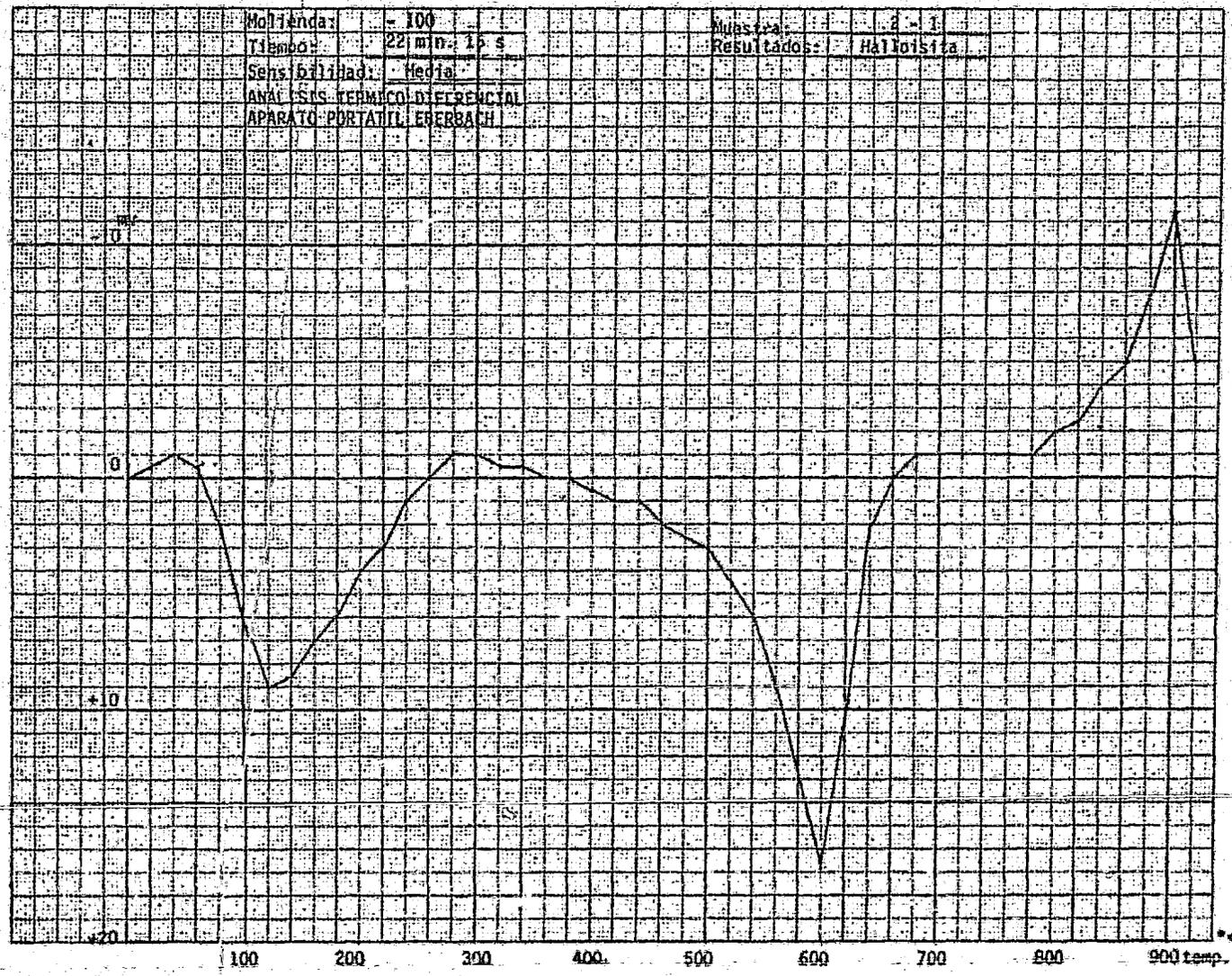
Molienda -100 Mallas -
 Tiempo 2'15"
 Sensibilidad Media

Muestra 2 - 1
 Resultados Halloisita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	3.0
20	-0.5	520	4.5
40	-1.0	540	6.0
60	-0.5	560	9.0
80	2.0	580	13.0
100	6.0	600	16.5
120	9.0	620	10.0
140	8.5	640	2.0
160	7.0	660	0.0
180	6.0	680	-1.0
200	4.0	700	-1.0
220	3.0	720	-1.0
240	1.0	740	-1.0
260	0.0	760	-1.0
280	-1.0	780	-1.0
300	-1.0	800	-2.0
320	-0.5	820	-2.5
340	-0.5	840	-4.0
360	0.0	860	-5.0
380	0.0	880	-8.0
400	0.5	900	-11.5
420	1.0	920	-5.0
440	1.0	940	-4.0
460	2.0	960	-3.0
480	2.5		

Molienda: - 100
Tiempo: 22 min. 1 p. s
Sensibilidad: Media
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

Muestra: 2 - 1
Resultados: Hallosita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

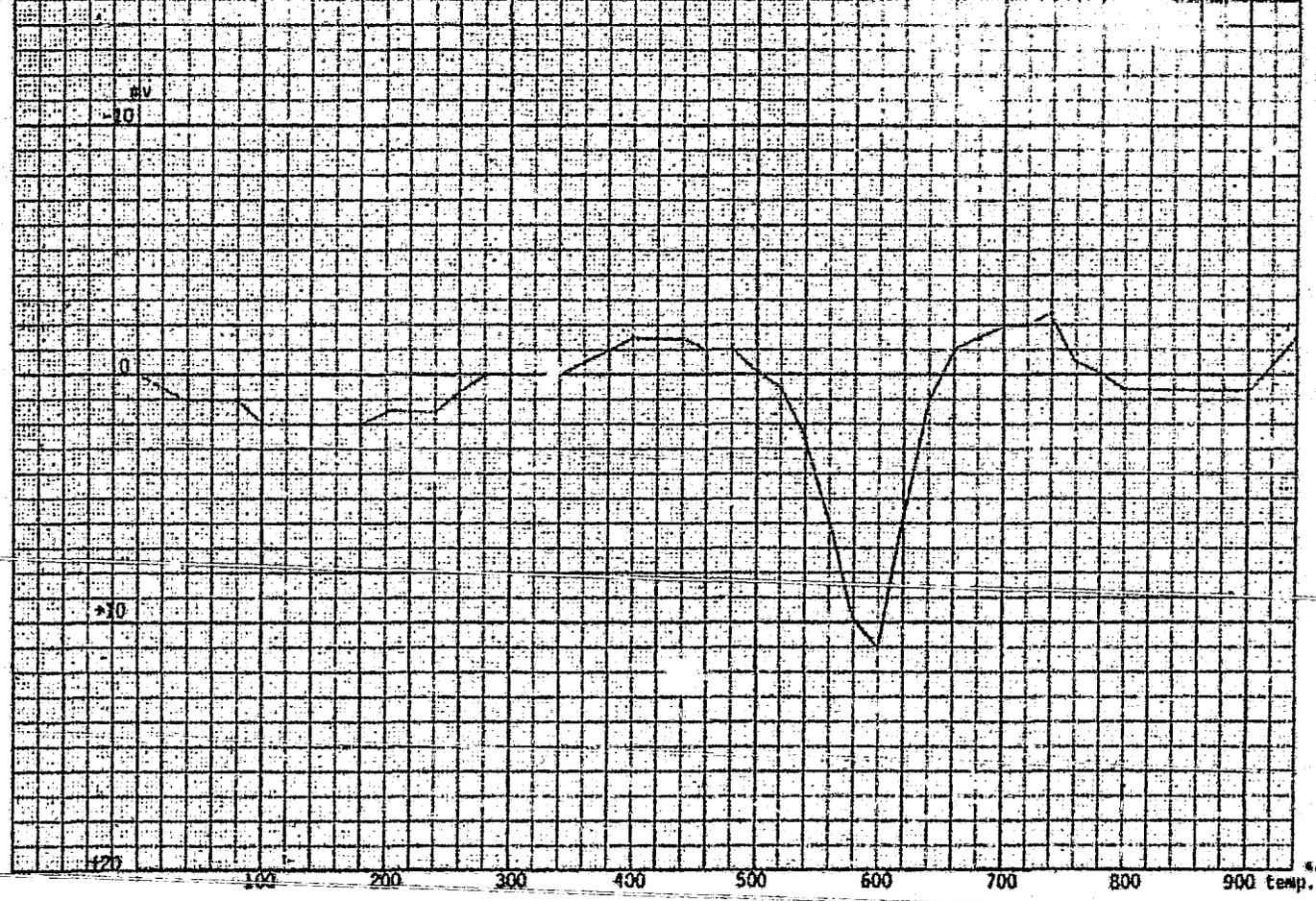
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 20.40 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 2 - 2
 Resultados Caolinita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	0.0
20	0.5	520	0.5
40	1.0	540	2.5
60	1.0	560	6.0
80	1.0	580	10.0
100	2.0	600	11.0
120	2.0	620	6.0
140	2.0	640	1.0
160	2.0	660	-1.0
180	2.0	680	-1.5
200	1.5	700	-2.0
220	1.5	720	-2.0
240	1.5	740	-2.5
260	0.5	760	-0.5
280	0.0	780	0.0
300	0.0	800	0.5
320	0.0	820	0.5
340	0.0	840	0.5
360	-0.5	860	0.5
380	-1.0	880	0.5
400	-1.5	900	0.5
420	-1.5	920	-0.5
440	-1.5	940	-1.5
460	-1.0	960	0.0
480	-1.0		

Molienda: 100
Tiempo: 22 min. 27 s
Sensibilidad: Media
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

Muestra: 2 - 2
Resultados: Caolinita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

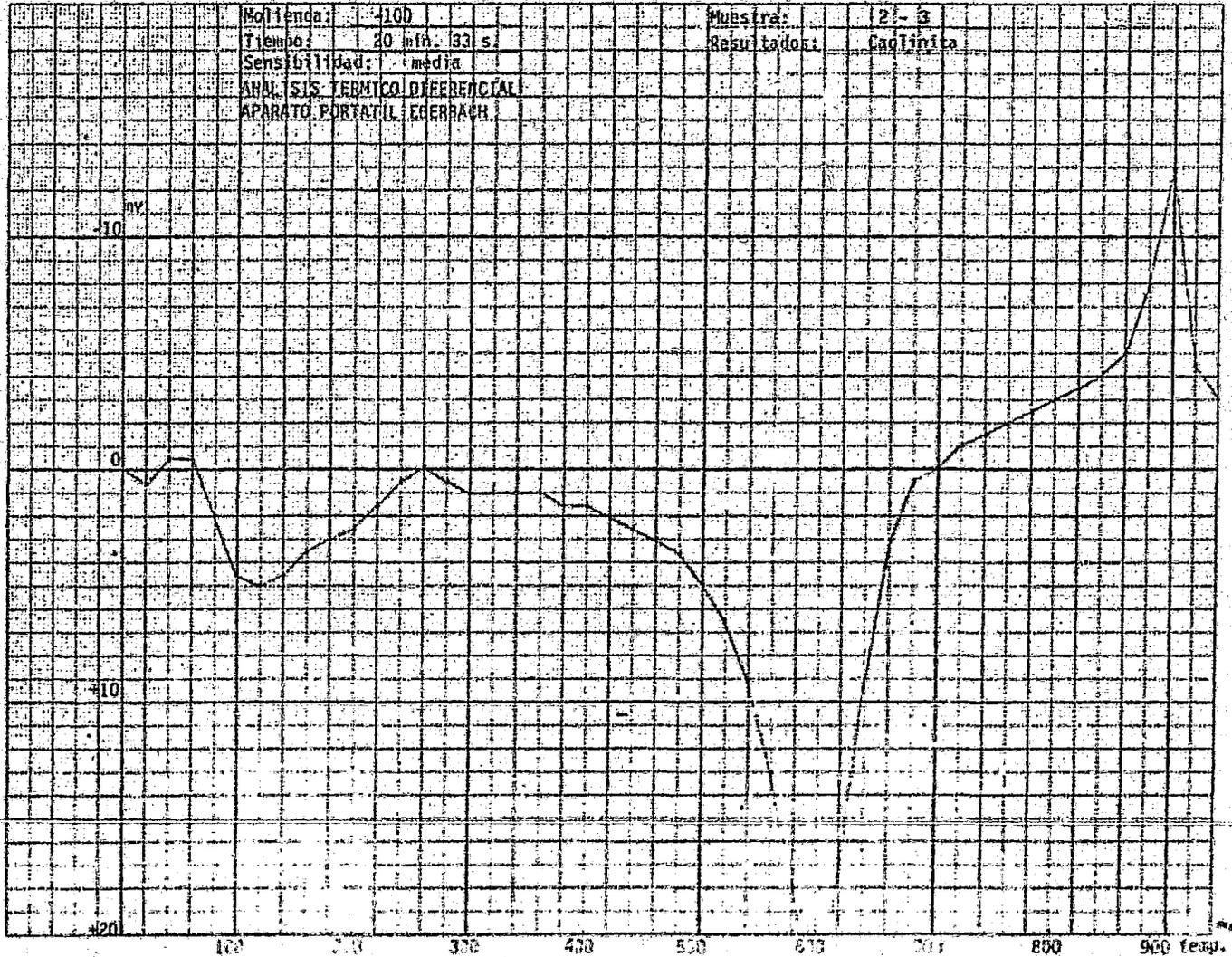
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 20.33 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 2 - 3
 Resultados Coalinita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	5.0
20	0.5	520	6.5
40	-0.5	540	9.0
60	-0.5	560	13.0
80	2.0	580	18.5
100	4.5	600	26.0
120	5.0	620	22.0
140	4.5	640	9.0
160	3.5	660	3.0
180	3.0	680	0.5
200	2.5	700	0.0
220	1.5	720	-1.0
240	0.5	740	-1.5
260	0.0	760	-2.0
280	0.5	780	-2.5
300	1.0	800	-3.0
320	1.0	820	-3.5
340	1.0	840	-4.0
360	1.0	860	-5.0
380	1.5	880	-8.0
400	1.5	900	-13.0
420	2.0	920	-4.5
440	2.5	940	-3.0
460	3.0	960	-2.5
480	3.5		

Molienda: 410
Tiempo: 20 min. 33 s
Sensibilidad: media
ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTÁTIL EBERRACH

Muestra: 21-3
Resultado: Cadlinita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

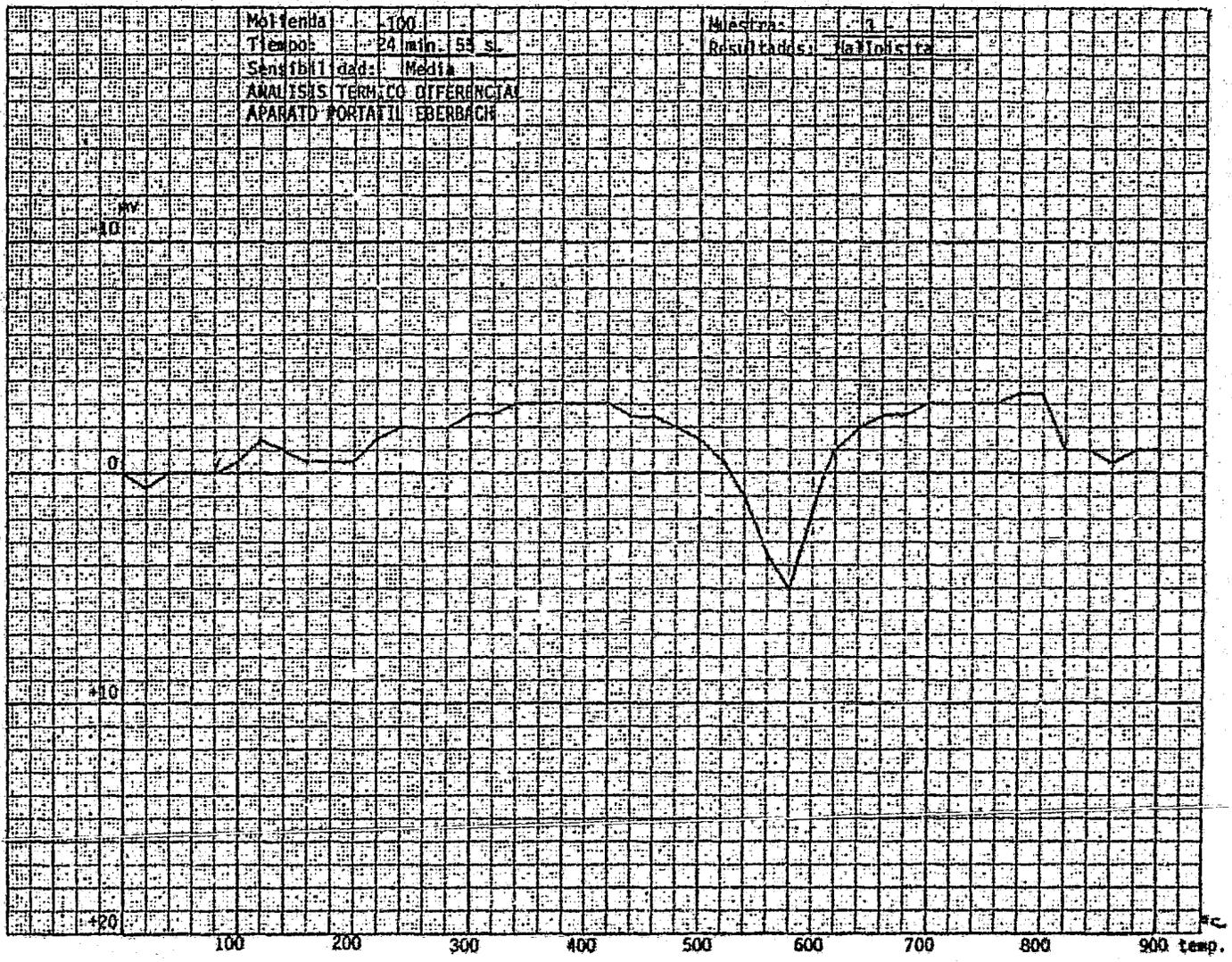
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 24 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 3 - 1
 Resultados Halloisita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	-1.5
20	0.5	520	-0.5
40	0.0	540	1.0
60	0.0	560	3.5
80	0.0	580	5.0
100	-0.5	600	1.5
120	-1.5	620	-1.0
140	-1.0	640	-2.0
160	-0.5	660	-2.5
180	-0.5	680	-2.5
200	-0.5	700	-3.0
220	-1.5	720	-3.0
240	-2.0	740	-3.0
260	-2.0	760	-3.0
280	-2.0	780	-3.5
300	-2.5	800	-3.5
320	-2.5	820	-1.0
340	-3.0	840	-1.0
360	-3.0	860	-0.5
380	-3.0	880	-1.0
400	-3.0	900	-1.0
420	-3.0	920	-1.5
440	-2.5	940	-1.0
460	-2.5	960	-1.0
480	-2.0		

Muestra: 100
Tiempo: 24 min. 53 s.
Sensibilidad: Media
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

Muestra: 1
Resultados: La Toluena



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

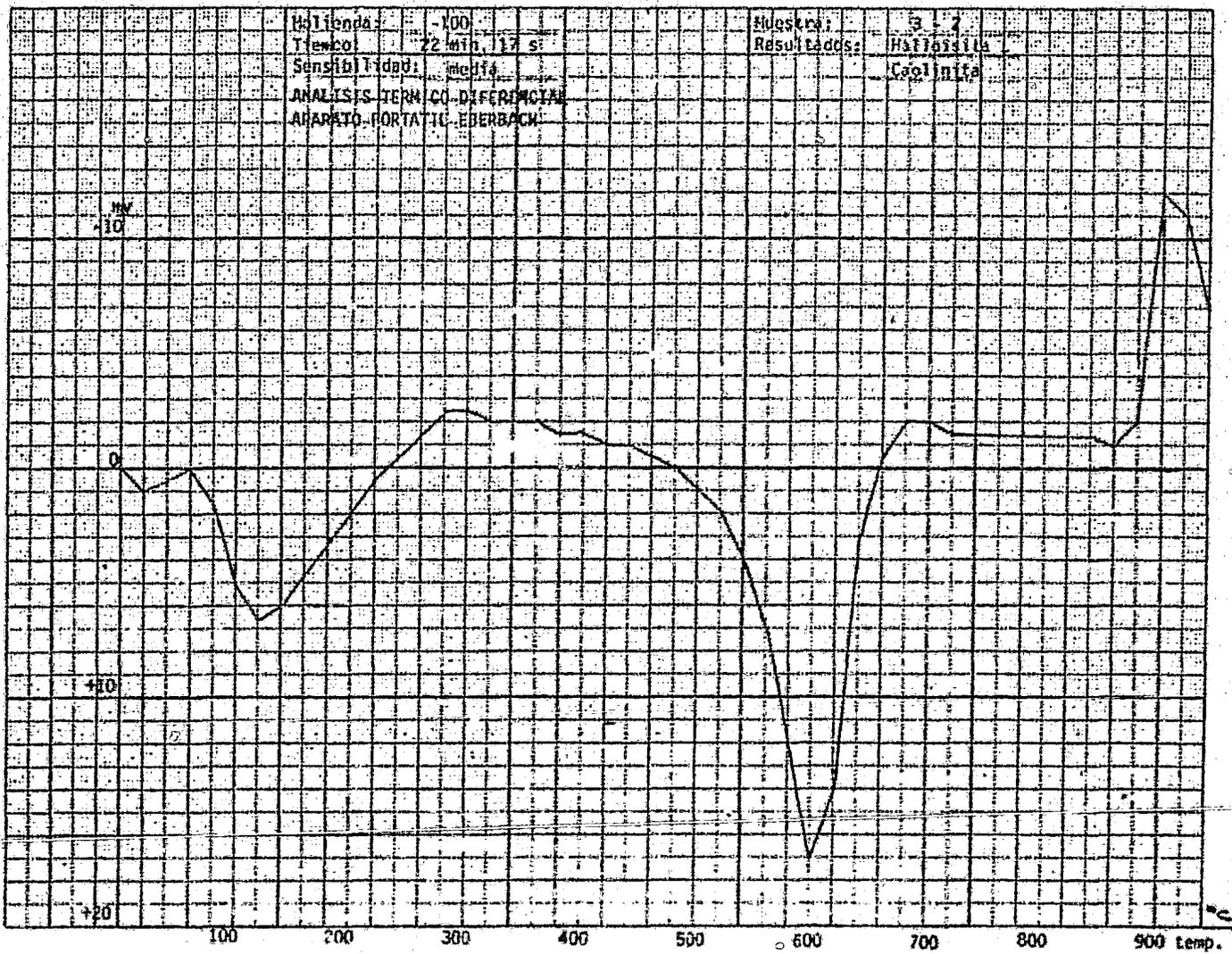
Molienda -100 Mallas
Tiempo 22.17 Min.
Sensibilidad Media

Muestra 3 - 2
Resultados Halloisita-
Caolinita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	1.0
20	1.0	520	2.0
40	0.5	540	4.0
60	0.0	560	7.0
80	1.5	580	12.0
100	5.0	580	17.0
120	6.5	620	14.0
140	6.0	640	3.0
160	4.5	660	-0.5
180	3.0	680	-2.0
200	2.0	700	-2.0
220	0.5	720	-1.5
240	-0.5	740	-1.5
260	-1.5	760	-1.5
280	-2.5	780	-1.5
300	-2.5	800	-1.5
320	-2.0	820	-1.5
340	-2.0	840	-1.5
360	-2.0	860	-1.0
380	-1.5	880	-2.0
400	-1.5	900	-12.0
420	-1.0	920	-11.0
440	-1.0	940	-7.0
460	-0.5	960	-5.0
480	0.0		

Hallenda: -100
Tiempo: 22 min, 17 s
Sensibilidad: medía
ANÁLISIS TÉRMICO-DIFERENCIAL
APARATO PORTÁTIL EBERBACH

Muestra: 5.7
Resultados: Hallandilla
Caolinita



**ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH**

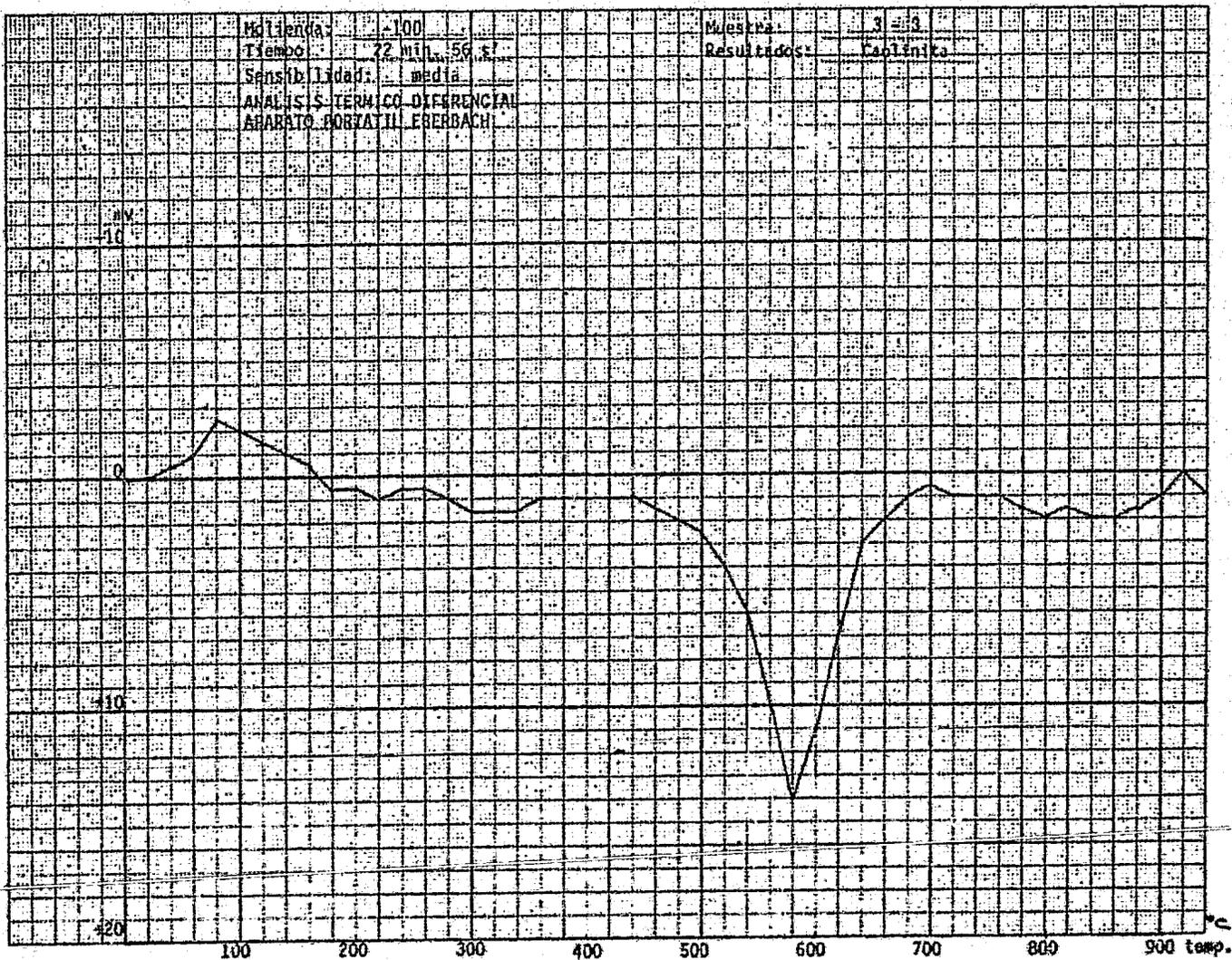
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 22 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 3 - 3
 Resultados Caolinita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	2.5
20	0.0	520	4.0
40	-0.5	540	6.0
60	-1.0	560	10.0
80	-2.5	580	14.10
100	-2.0	600	11.00
120	-1.5	620	7.00
140	-1.0	640	3.00
160	-0.5	660	2.00
180	0.5	680	1.00
200	0.5	700	0.5
220	1.0	720	1.0
240	0.5	740	1.0
260	0.5	760	1.0
280	1.0	780	1.5
300	1.5	800	2.0
320	1.5	820	1.5
340	1.5	840	2.0
360	1.0	860	2.0
380	1.0	880	1.5
400	1.0	900	1.0
420	1.0	920	0.0
440	1.0	940	1.0
460	1.5	960	1.0
480	2.0		

Molienda: 100
Tiempo: 22 min. 56 s.
Sensibilidad: media
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO ROBYATTII EBERBACH

Muestra: 3-59
Resultados: Caolinita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

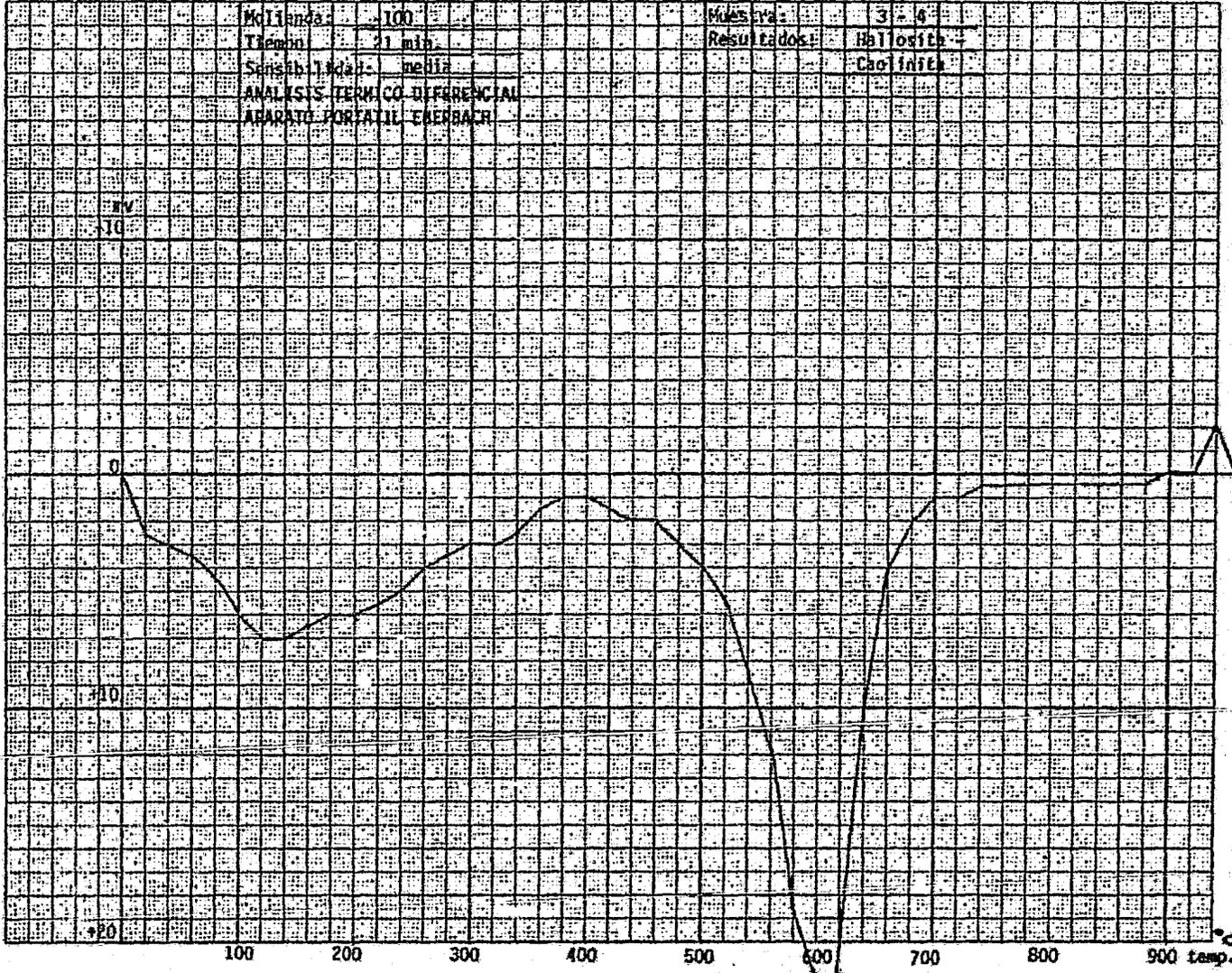
Molienda -100 Mallas
Tiempo 21 Min.
Sensibilidad Media

Muestra 3 - 4
Resultados Halloisita-
Caolinita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	4.0
20	2.5	520	5.5
40	3.0	540	8.5
60	3.5	560	12.0
80	4.5	580	18.5
100	6.0	600	27.0
120	7.0	620	22.0
140	7.0	640	10.0
160	6.5	660	4.0
180	6.0	680	2.0
200	6.0	700	1.0
220	5.5	720	1.0
240	5.0	740	0.5
260	4.0	760	0.5
280	3.5	780	0.5
300	3.0	800	0.5
320	3.0	820	0.5
340	2.5	840	0.5
360	1.5	860	0.5
380	1.0	880	0.5
400	1.0	900	0.0
420	1.5	920	0.0
440	2.0	940	-2.0
460	2.0	960	0.0
480	3.0		

Molienda: 100
Tiempo: 21 min.
Sangrado: medio
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EMBACH

Muestra: 3-6
Resultados: Halosita
Caolinita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

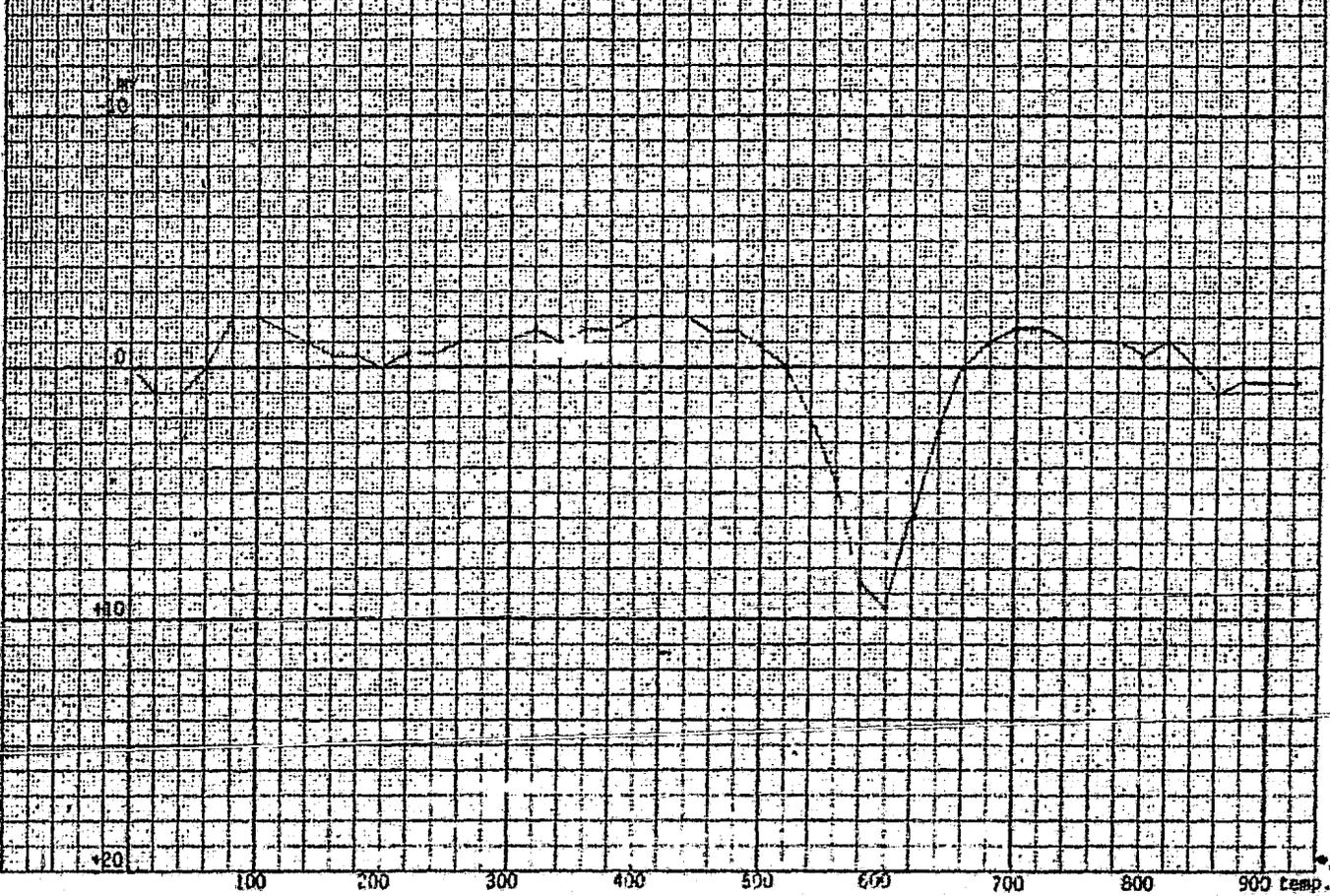
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 20.33 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 3 - 5
 Resultados Caolinita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	-1.0
20	1.0	520	0.0
40	1.0	540	2.0
60	0.0	560	4.5
80	-2.0	580	8.5
100	-2.0	600	9.5
120	-1.5	620	6.0
140	-1.0	640	2.5
160	-0.5	660	0.0
180	-0.5	680	-1.0
200	0.0	700	-1.5
220	-0.5	720	-1.5
240	-0.5	740	-1.0
260	-1.0	760	-1.0
280	-1.0	780	-1.0
300	-1.0	800	-0.5
320	-1.5	820	-1.0
340	-1.0	840	0.0
360	-1.5	860	1.0
380	-1.5	880	0.5
400	-2.0	900	0.5
420	-2.0	920	0.5
440	-2.0	940	-0.5
460	-1.5	960	0.5
480	-1.5		

Muestra: 100
Tiempo: 20 min. 51 s.
Sensibilidad: media
ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTÁTIL EBERBACH

Muestra: 3 + 5
Resultados: Caolinita



**ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH**

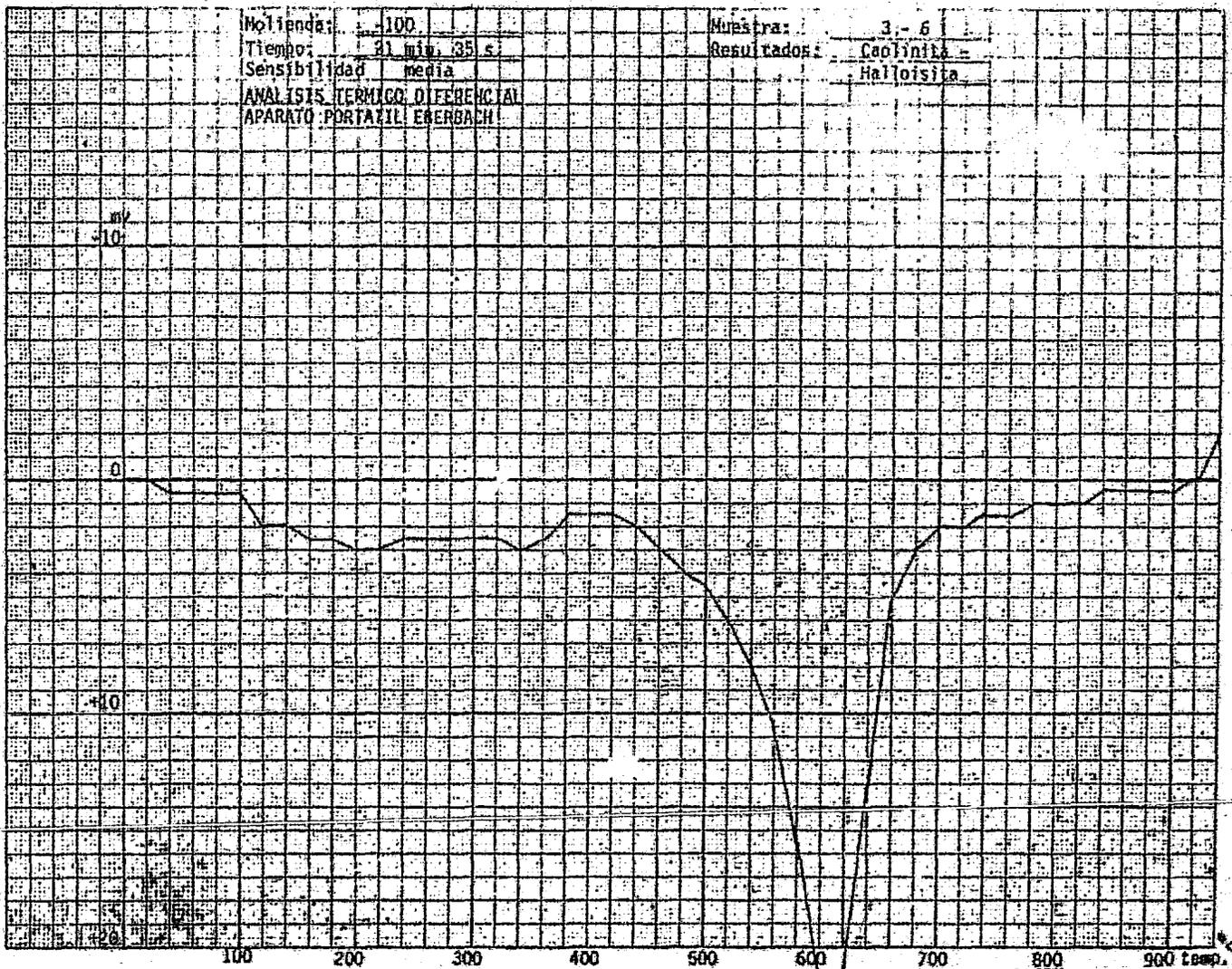
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 21.38 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 3 - 6
 Resultados Halloisita-
Caolinita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	4.5
20	0.0	520	6.0
40	0.5	540	8.0
60	0.5	560	10.5
80	0.5	580	15.5
100	0.5	600	23.0
120	2.0	620	26.0
140	2.0	640	13.0
160	2.5	660	5.0
180	2.5	680	3.0
200	3.0	700	2.0
220	3.0	720	2.0
240	2.5	740	1.5
260	2.5	760	1.5
280	2.5	780	1.0
300	2.5	800	1.0
320	2.5	820	1.0
340	3.0	840	0.5
360	2.5	860	0.5
380	1.5	880	0.5
400	1.5	900	0.5
420	1.5	920	0.0
440	2.0	940	-2.0
460	3.0	960	-2.5
480	4.0		

Molienda: 100
Tiempo: 31 min, 35 s
Sensibilidad: media
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

Muestra: 3 - 6
Resultados: Caolinita -
Halloysita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

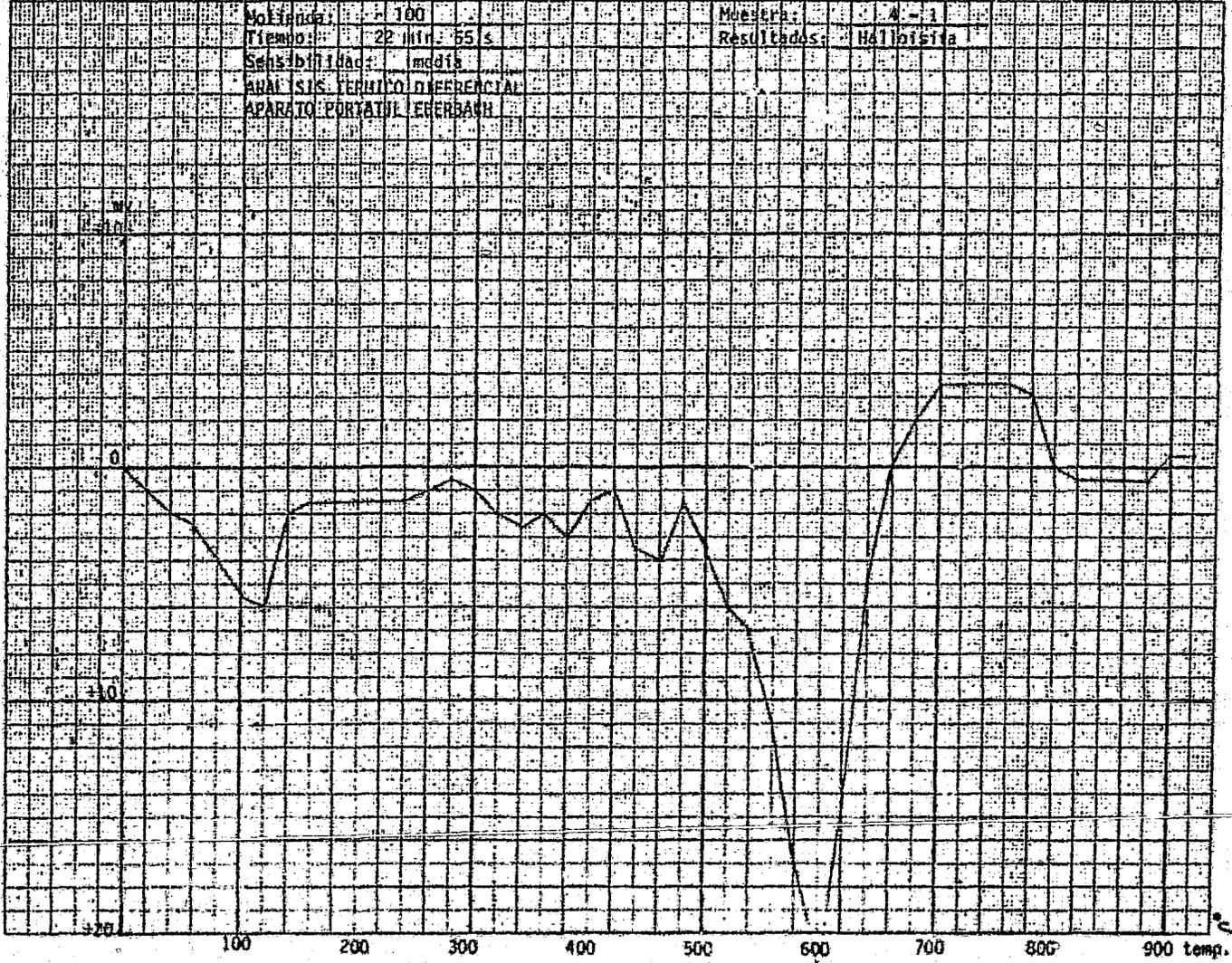
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 22.55 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 4 - 1
 Resultados Halloisita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	3.5
20	1.0	520	6.0
40	2.0	540	7.0
60	2.5	560	11.0
80	4.0	580	17.0
100	5.5	600	22.0
120	6.0	620	15.0
140	2.0	640	5.0
160	1.5	660	0.0
180	1.5	680	-2.0
200	1.5	700	-3.5
220	1.5	720	-3.5
240	1.5	740	-3.5
260	1.0	760	-3.5
280	0.5	780	-3.0
300	1.0	800	0.0
320	2.0	820	0.5
340	2.5	840	0.5
360	2.0	860	0.5
380	3.0	880	0.5
400	1.5	900	-0.5
420	1.0	920	-0.5
440	3.5	940	-1.5
460	4.0	960	-2.0
480	1.5		

Muestra: P-100
Tiempo: 22 min. 55 s
Sensibilidad: media
ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTÁTIL EGERBANH

Muestra: C.A.-1
Resultados: Halobisita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

Molienda -100 Maillas
 Tiempo 21 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 4 - 2
 Resultados Caolinita-
Halloisita

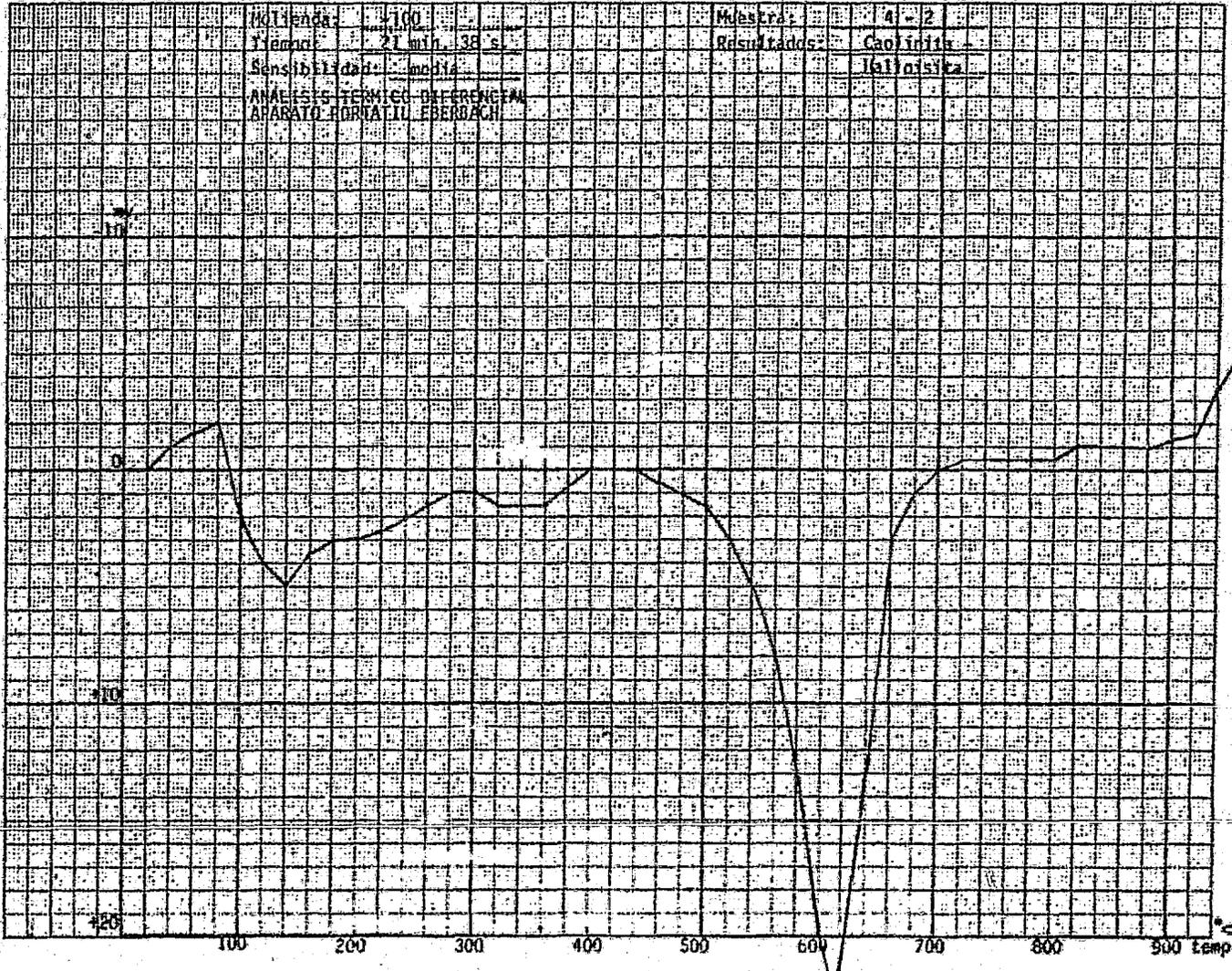
TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	1.5
20	0.0	520	3.0
40	-1.0	540	5.0
60	-1.5	560	8.0
80	-2.0	580	13.0
100	2.0	600	20.0
120	4.0	620	23.0
140	5.0	640	13.0
160	3.5	660	3.0
180	3.0	680	1.0
200	3.0	700	0.0
220	2.6	720	-0.4
240	2.0	740	-0.5
260	1.5	760	-0.5
280	1.0	780	-0.5
300	1.0	800	-0.5
320	1.5	820	-1.0
340	1.5	840	-1.0
360	1.5	860	-1.0
380	0.5	880	-1.0
400	0.0	900	-1.2
420	0.0	920	-1.5
440	0.0	940	-3.5
460	0.3	960	-5.0
480	1.0		

Muestra: 4-2
Resultado: Caolinita
Ialinosita

Muestra: 100
Tiempo: 21 min. 38 s.
Sensibilidad: media

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTÁTIL EBERDACH

Muestra: 4-2
Resultado: Caolinita
Ialinosita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

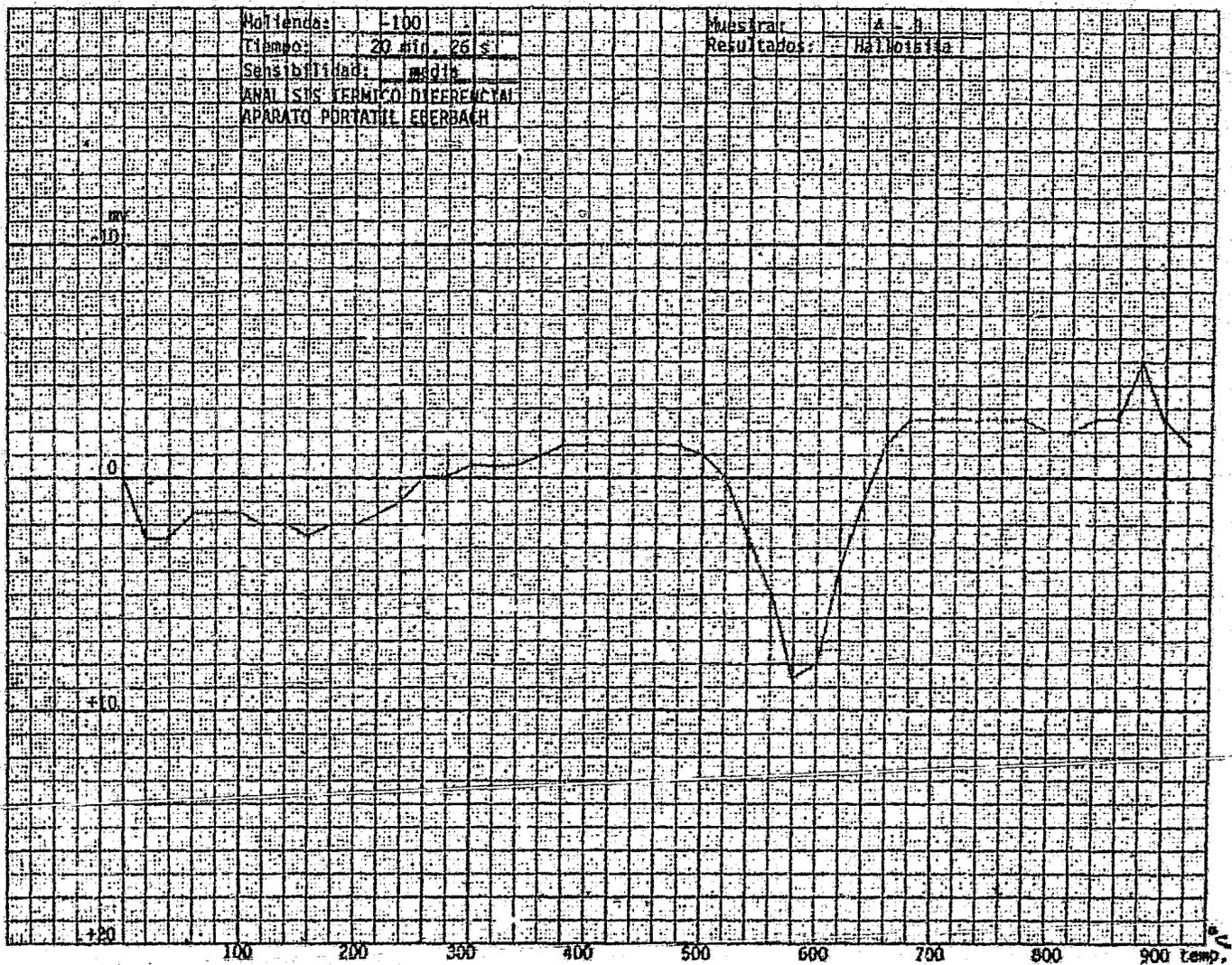
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 20.26 Min.
 Sensibilidad Medfa

Muestra 4 - 3
 Resultados Halloisita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	-1.0
20	2.5	520	0.0
40	2.5	540	2.5
60	1.5	560	5.0
80	1.5	580	8.5
100	1.5	600	8.0
120	2.0	620	4.0
140	2.0	640	1.0
160	2.5	660	-1.5
180	2.0	680	-2.5
200	2.0	700	-2.5
220	1.5	720	-2.5
240	1.0	740	-2.5
260	0.0	760	-2.5
280	0.0	780	-2.5
300	-0.5	800	-2.0
320	-0.5	820	-2.0
340	-0.5	840	-2.5
360	-1.0	860	-2.5
380	-1.5	880	-5.0
400	-1.5	900	-2.5
420	-1.5	920	-1.5
440	-1.5	940	-1.0
460	-1.5	960	-0.5
480	-1.5		

Molienda: L100
Tiempo: 20 min, 26 s
Sensibilidad: media
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

Muestra: A - J
Resultados: Halotibita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

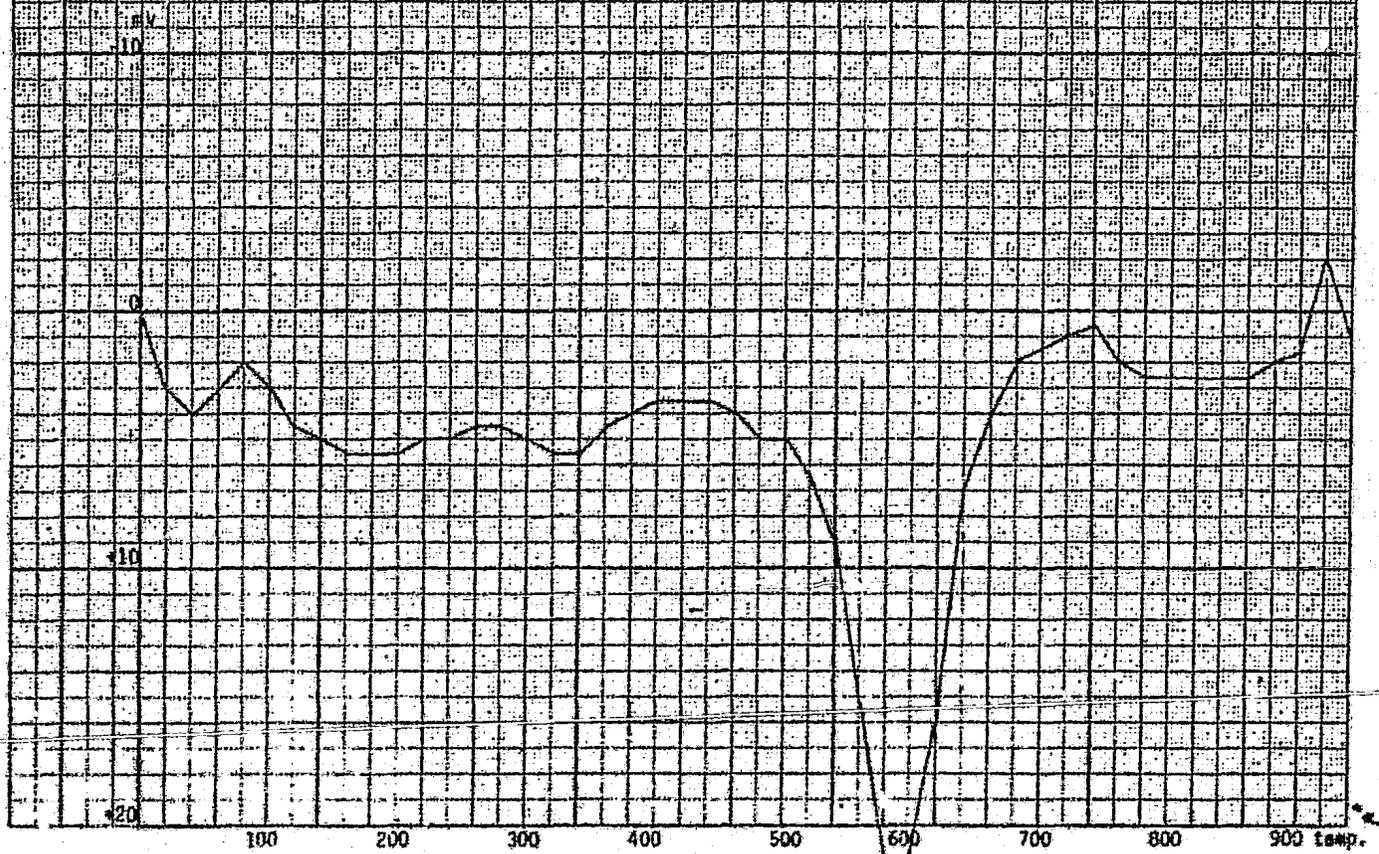
Molienda +100 Mallas
 Tiempo 23.21 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 4 - 4
 Resultados Halloisita-
Caolinita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	5.0
20	3.0	520	6.5
40	4.0	540	9.0
60	3.0	560	15.0
80	2.0	580	22.0
100	3.0	600	24.0
120	4.5	620	16.0
140	5.0	640	7.0
160	5.5	660	4.0
180	5.5	680	2.0
200	5.5	700	1.5
220	5.0	720	1.0
240	5.0	740	0.5
260	4.5	760	2.0
280	4.5	780	2.5
300	5.0	800	2.5
320	5.5	820	2.5
340	5.5	840	2.5
360	4.5	860	2.5
380	4.0	880	2.0
400	3.5	900	1.5
420	3.5	920	-2.0
440	3.5	940	1.0
460	4.0	960	2.0
480	5.0		

Muestra: -100
Tiempo: 23 min. 21 s.
Sensibilidad: media
ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTÁTIL EBERBACH

Medidas: 5 - 4
Resultados: Halógena -
Dio. Infr.



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

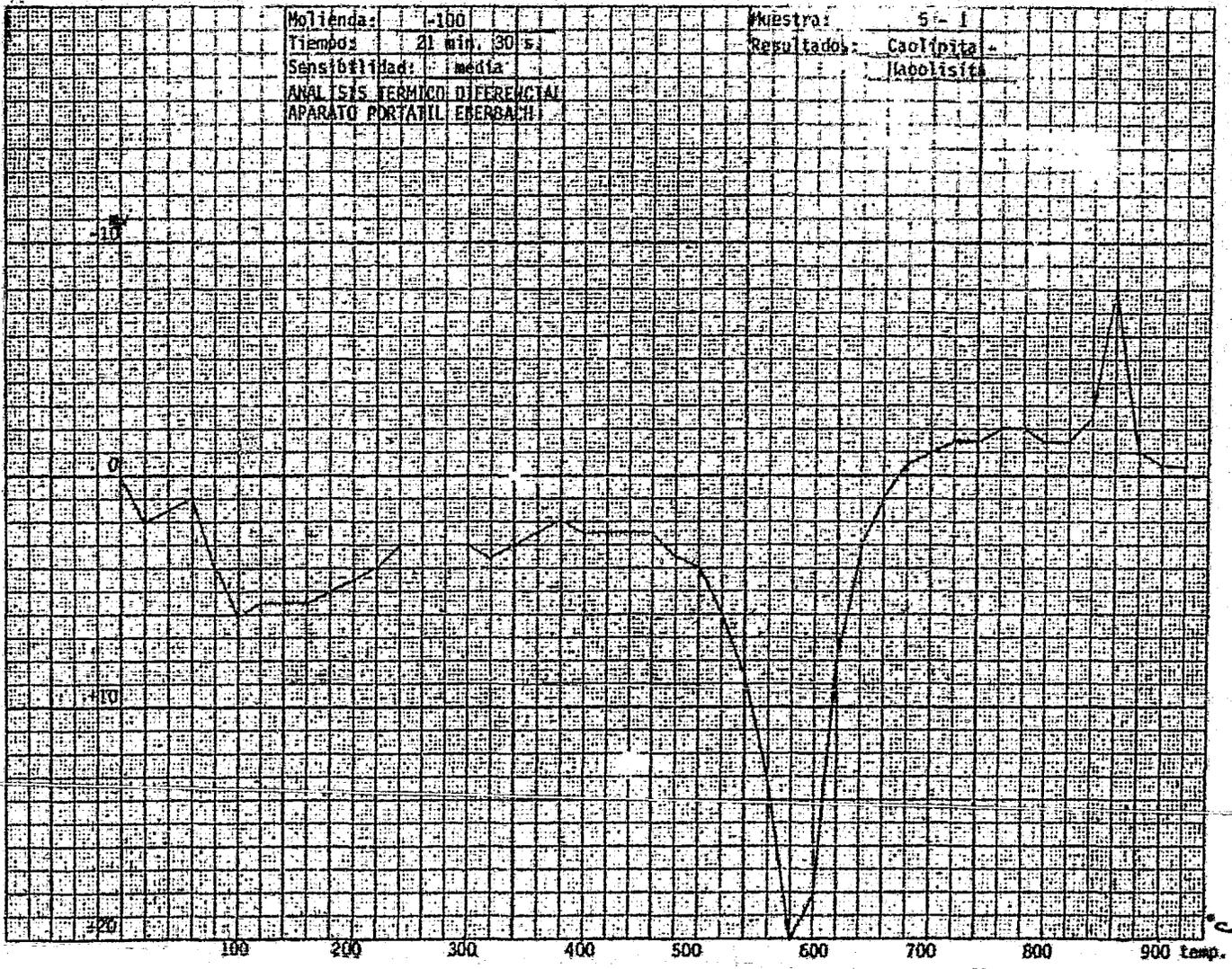
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 21.30 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 5 - 1
 Resultados Caolinita-
Halloisita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	4.0
20	2.0	520	6.0
40	1.5	540	8.5
60	1.0	560	14.5
80	4.0	580	20.0
100	6.0	600	18.0
120	5.5	620	8.0
140	5.5	640	3.0
160	5.5	660	1.0
180	5.0	680	-0.5
200	4.5	700	-1.0
220	4.0	720	-1.5
240	3.0	740	-1.5
260	3.0	760	-2.0
280	3.0	780	-2.0
300	4.0	800	-1.5
320	4.5	820	-1.5
340	3.0	840	-2.5
360	2.5	860	-8.0
380	2.0	880	-1.0
400	2.5	900	-0.5
420	2.5	920	-0.5
440	2.5	940	0.0
460	2.5	960	0.0
480	3.5		

Molienda: -100
Tiempo: 21 min. 30 s.
Sensibilidad: media
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

Muestra: 5-1
Resultado: Caolinita
Ilabollita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

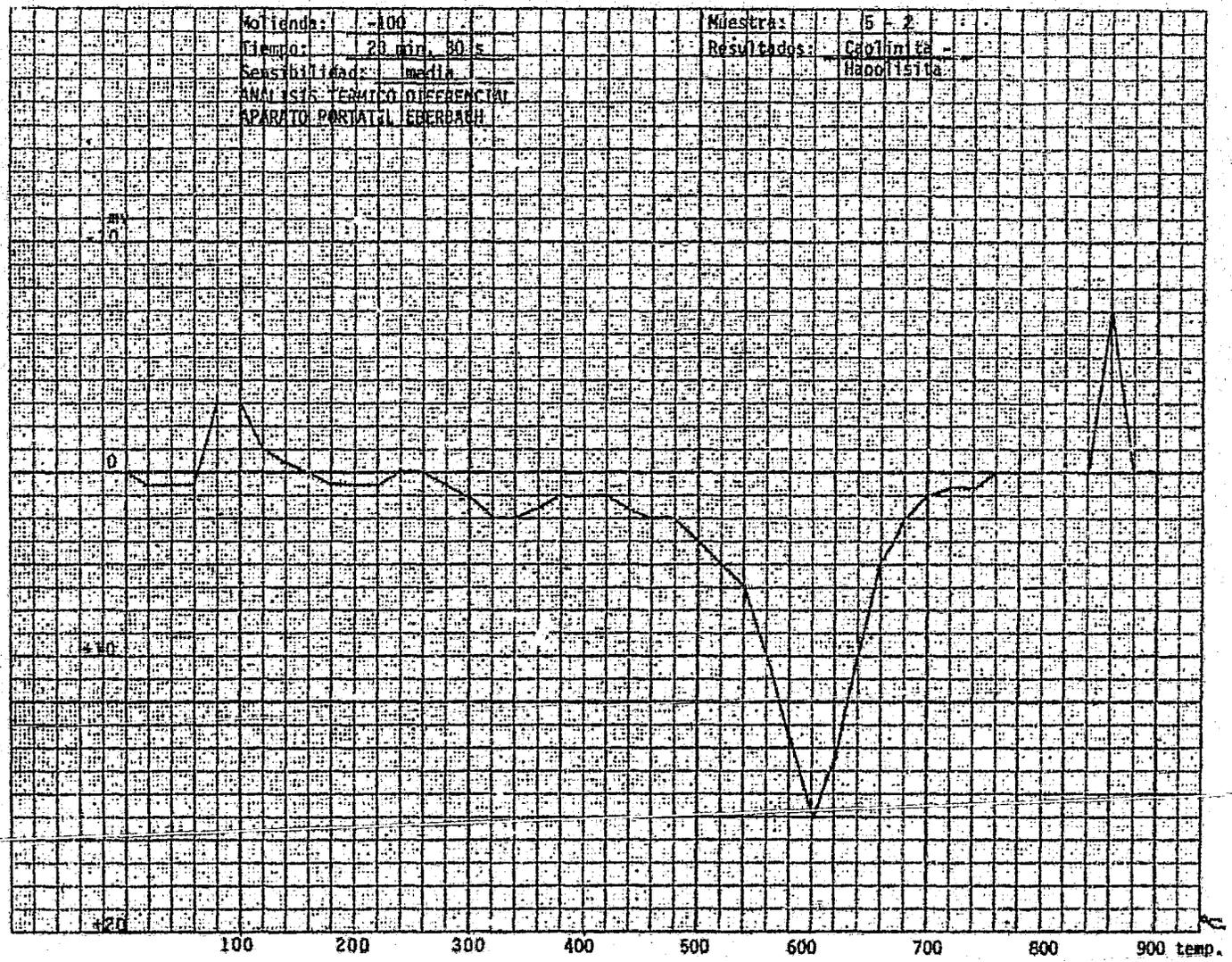
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 23.30 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 5 - 2
 Resultados Caolinita-
Halloisita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	3.0
20	0.5	520	4.0
40	0.5	540	5.0
60	0.5	560	8.0
80	-3.0	580	11.5
100	-3.0	600	15.0
120	-0.1	620	13.5
140	-0.5	640	8.0
160	0.0	660	4.0
180	0.5	680	2.0
200	0.5	700	1.0
220	0.5	720	1.0
240	0.0	740	0.5
260	0.0	760	0.5
280	0.5	780	0.0
300	1.0	800	0.0
320	2.0	820	0.0
340	2.0	840	0.0
360	1.5	860	0.0
380	1.0	880	-7.0
400	1.0	900	0.0
420	1.0	920	0.0
440	1.5	940	0.0
460	2.0	960	0.0
480	2.0		

Molienda: -100
Tiempo: 20 min, 30 s
Sensibilidad: media
ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTÁTIL EBERPACH

Muestra: 5 - 2
Resultados: Caolinita -
Hapollisita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

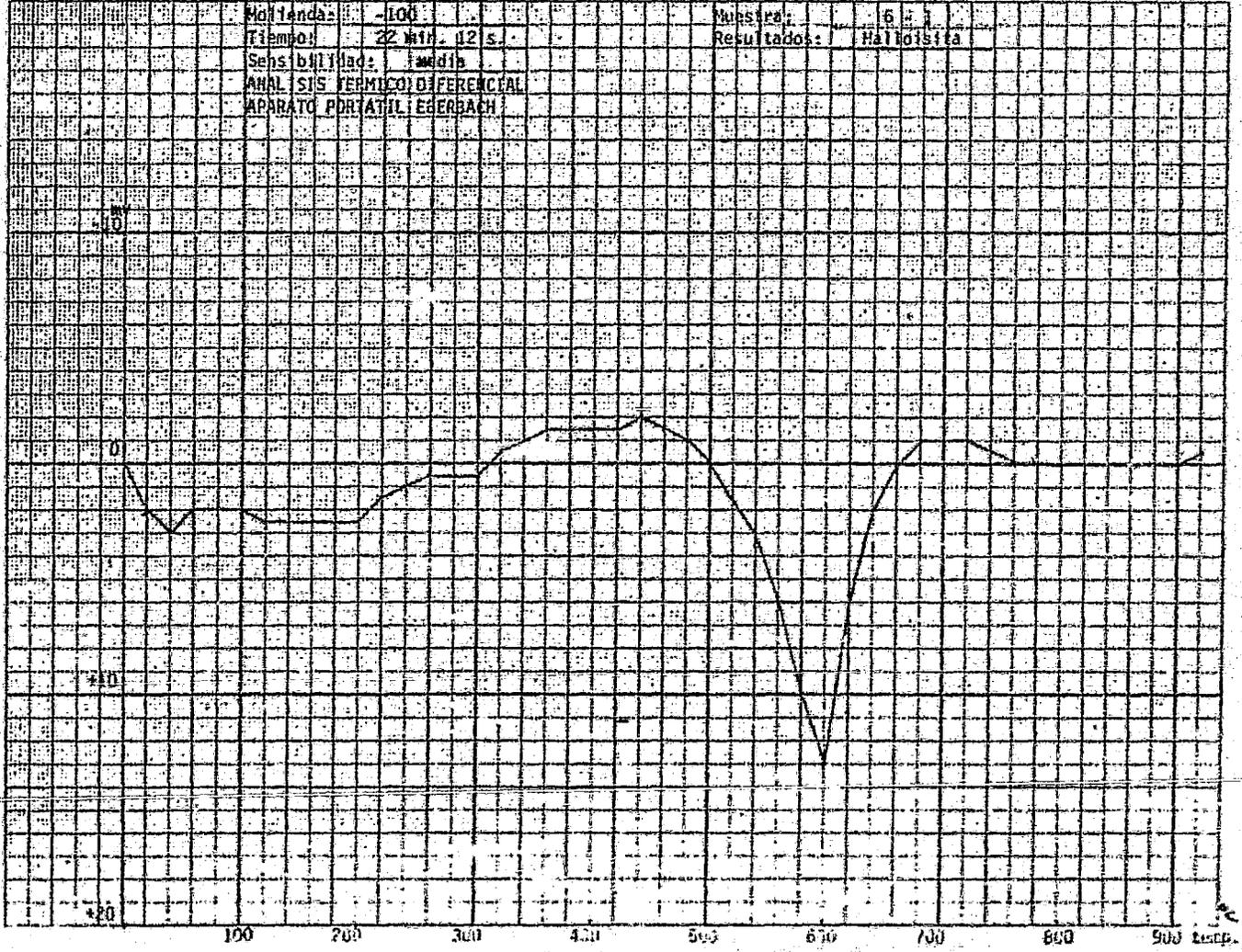
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 22.12 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 6 - 1
 Resultados Hallaosita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	0.0
20	2.0	520	1.5
40	3.0	540	3.0
60	2.0	560	6.0
80	2.0	580	10.0
100	2.0	600	13.0
120	2.5	620	6.0
140	2.5	640	2.0
160	2.5	660	0.0
180	2.5	680	-1.0
200	2.5	700	-1.0
220	1.5	720	-1.0
240	1.0	740	-0.5
260	0.5	760	0.0
280	0.5	780	0.0
300	0.5	800	0.0
320	-0.5	820	0.0
340	-1.0	840	0.0
360	-1.5	860	0.0
380	-1.5	880	0.0
400	-1.5	900	0.0
420	-1.5	920	-0.5
440	-2.0	940	-2.0
460	-1.5	960	-0.5
480	-1.0		

Molienda: -100
Tiempo: 22 min. 12 s.
Sensibilidad: 1 mV/div
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTATIL EBERBACH

Muestra: 6
Resultado: Hallosita



ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH

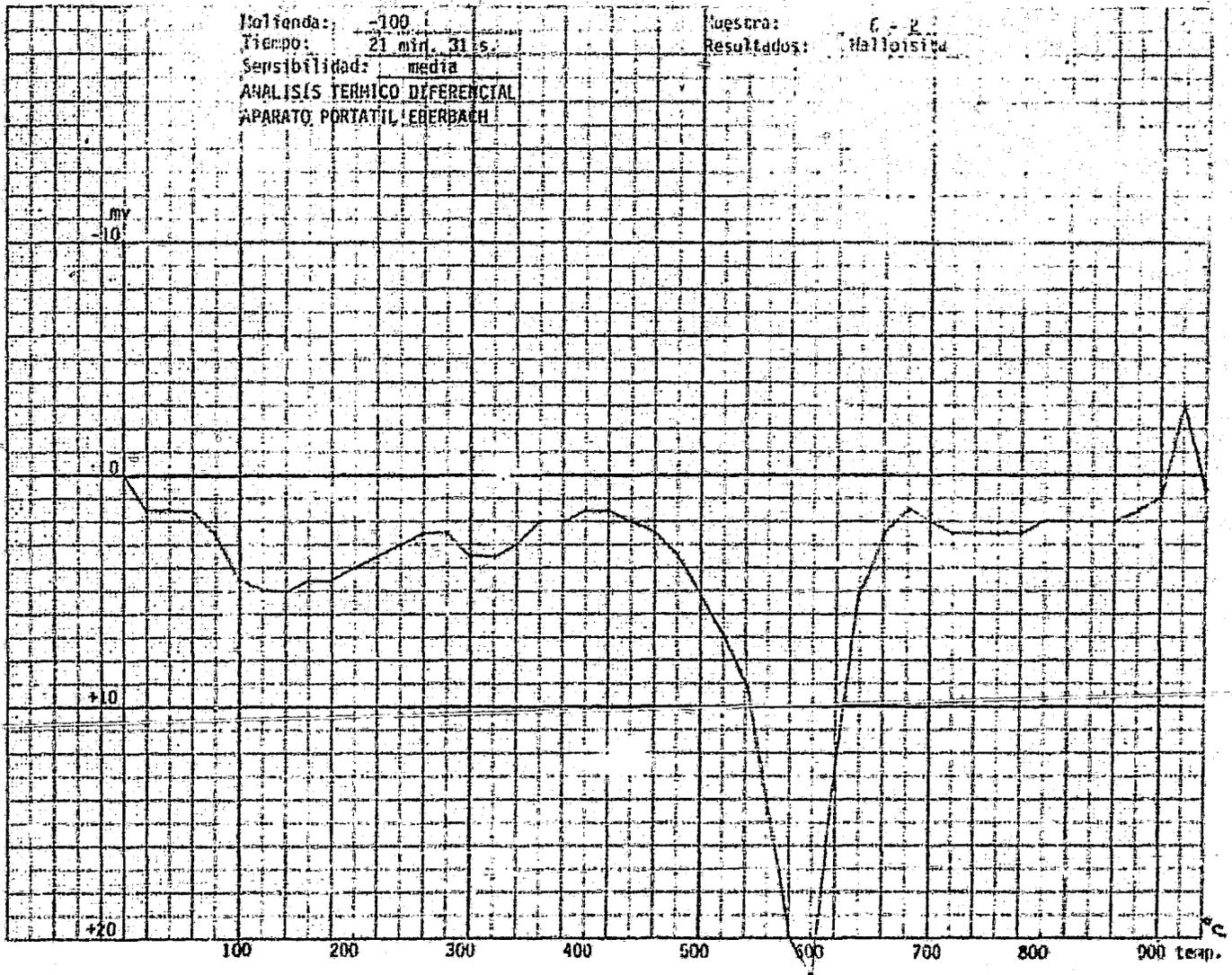
Molienda -100 Mallas
 Tiempo 21.31 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 6 - 2
 Resultados Halloisita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	5.0
20	1.5	520	7.0
40	1.5	520	9.0
60	1.5	560	14.0
80	2.5	580	20.0
100	4.5	600	22.0
120	5.0	620	12.0
140	5.0	640	5.0
160	4.5	660	2.5
180	4.5	680	1.5
200	4.0	700	2.0
220	3.5	720	2.5
240	3.0	740	2.5
260	2.5	760	2.5
280	2.5	780	2.5
300	3.5	800	2.0
320	3.5	820	2.0
340	3.0	840	2.0
360	2.0	860	2.0
380	2.0	880	1.5
400	1.5	900	1.0
420	1.5	920	3.0
440	2.0	940	0.5
460	2.5	960	0.5
480	3.5		

Deflexión: -100
Tiempo: 21 min. 31 s.
Sensibilidad: media
ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL
APARATO PORTÁTIL LEIBERBACH

Muestra: C-2
Resultados: Halonitrilo



**ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL
 APARATO PORTATIL EBERBACH**

Molienda -100 Mallas
 Tiempo 22.0 Min.
 Sensibilidad Media

Muestra 6 - 3
 Resultados Halloisita

TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO	TEMPERATURA °C	GALVANOMETRO
0		500	6.5
20	1.0	520	9.0
40	1.5	540	11.0
60	1.0	560	15.0
80	4.0	580	20.0
100	6.0	600	22.0
120	6.5	620	13.0
140	6.0	640	8.0
160	6.0	660	9.0
180	6.0	680	3.0
200	5.5	700	2.5
220	5.0	720	2.0
240	5.0	740	2.0
260	4.5	760	1.5
280	5.0	780	1.0
300	5.5	800	1.0
320	5.5	820	1.0
340	5.0	840	0.5
360	5.0	860	-4.0
380	4.5	880	0.0
400	4.5	900	1.5
420	5.0	920	1.0
440	5.0	940	1.5
460	5.0	960	2.0
480	6.0		

Molienda: -100

Tiempo: 22 min.

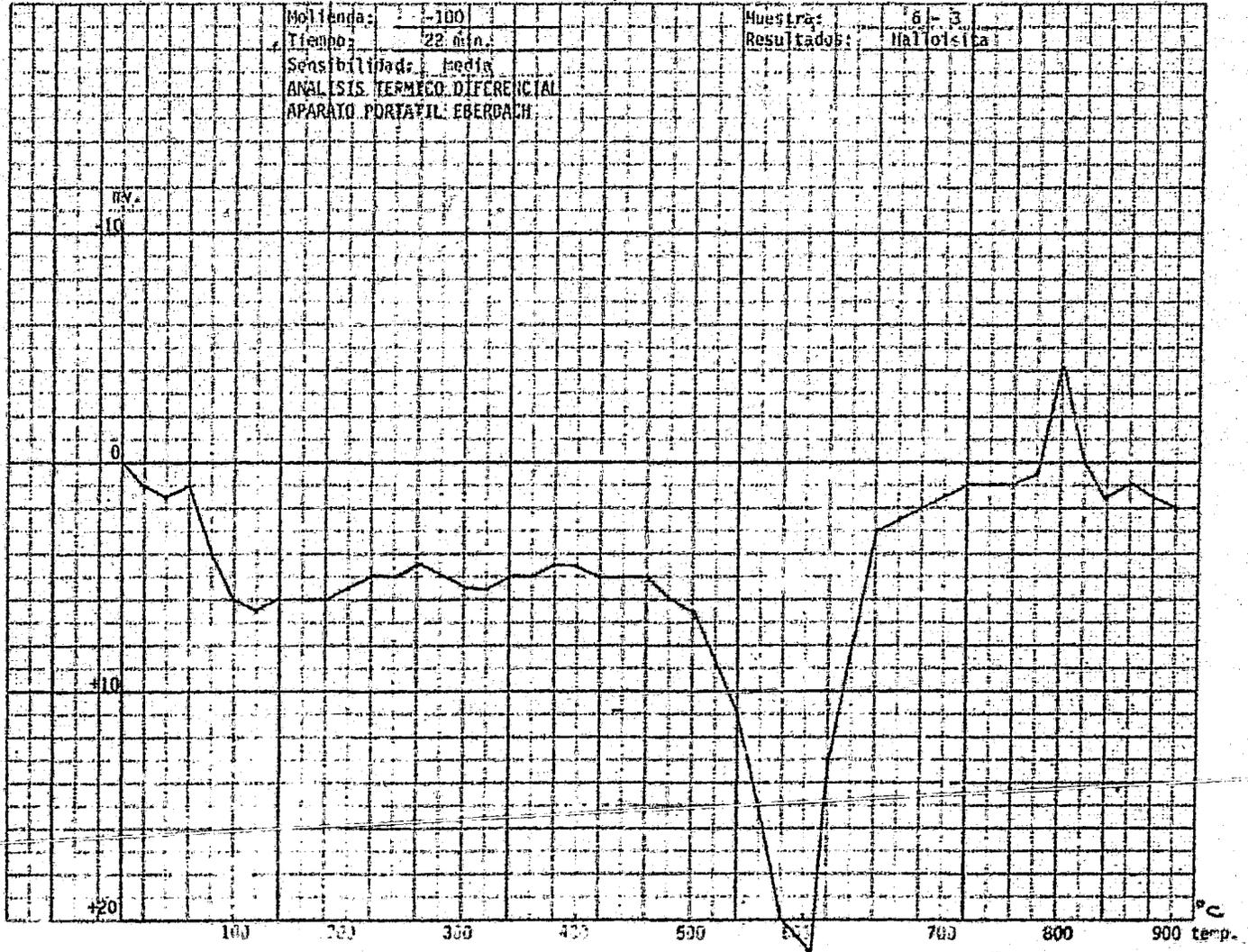
Sensibilidad: Media

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

APARATO PORTATIL EBERDACH

Muestra: 6-3

Resultados: Na₂SO₄



so de desprendimiento de vapor de agua ó de CO_2 .

Cuando todo está listo, se empieza a elevar la temperatura aproximadamente a $20^{\circ}C$ por minuto y se toman las lecturas en el galvanómetro por minuto. La prueba llega a su fin a los $900^{\circ}C$ aproximadamente; después se grafica temperatura vs. mili volts y de acuerdo a las curvas observadas se puede interpretar el tipo de compuesto de que se trate.

IV.2.2.3. CONO PIROMETRICO.

El objeto de estas pruebas es determinar el punto de maduración de una arcilla sometida a altas temperaturas. Una vez conociendo este punto se puede determinar mas que nada, la refractabilidad de las arcillas.

La técnica usada para estas pruebas, fué la siguiente:

Por una parte se toman 20 g. de muestra de arcillas y se muelen en mortero a -80 mallas, calcinándose en crisol de porcelana a $900^{\circ}C$; por otra parte se hace una mezcla de goma arábiga con agua al 10%, agitándola bien hasta que desaparezcan los grumos formados y se adquiera una tersura y elasticidad buenas.

Una vez que se tienen las dos partes, se mezclan muy bien la goma y la arcilla, se vacían a un molde con la forma del cono pirométrico; ya que está formado el cono se seca en la estufa

a 100°C durante 24 horas. El objeto de este tratamiento previo es lograr que el cono sea rígido y evitar aunque sea en parte, hinchamiento durante la prueba propiamente dicha. Se coloca el cono en una base de alumina (90%) y caolín (10%), previamente hecha, en la cual también se montan unos conos pirométricos estandar que actúan como testigos en el ensaye.

Los conos estandar que son utilizados como testigos son de material conocido (alumina, caolín) y por lo tanto, se conoce su punto de reblandecimiento y su temperatura de fusión. Los conos pirométricos estandar utilizados para estas pruebas, son los conos Orton del número 29, 30 y 31, que tienen una equivalencia de 1659, 1665 y 1683°C respectivamente.

Posteriormente, la base con el cono pirométrico muestray con los conos testigos, se introducen a un horno especial para conos pirométricos, ya que la atmósfera es oxidante y de temperatura controlada. Una vez que se ha alcanzado la temperatura donde uno de los conos se ha empezado a reblandecer, la prueba ha llegado a su fin. En caso de que el cono muestra se haya doblado primero, se reporta como un material con menor punto de fusión que el cono testigo; en caso contrario, se reporta como un material con un punto de fusión mayor al del cono testigo.

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro No. 4.

CUADRO NO. 4

CONO PIROMETRICO DE 25 ARCILLAS

SITIO	MUESTRAS	CONO PIROMETRICO
1	1	menor de 30
	2	menor de 30
	3	menor de 30
2	1	menor de 30
	2	menor de 30
	3	menor de 30
	4	menor de 30
	5	menor de 30
3	1	mayor de 30
	2	menor de 30
	3	menor de 30
	4	menor de 30
	5	menor de 30
4	1	mayor de 30
	2	menor de 30
	3	mayor de 30
	4	menor de 30
5	1	menor de 30
	2	menor de 30
	3	menor de 30
6	4	mayor de 30
	1	menor de 30
	2	menor de 30
7	3	mayor de 30
	1	mayor de 30

IV.3. YESO.

Se tomaron 2 muestras de yeso en el sur del estado, en el Cerro de Mosa y en San Antonio Soda. Estas muestras fueron preparadas para análisis químico y para pruebas físicas; después de triturarlas, se molieron a -100 mallas.

IV.3.1. ANÁLISIS QUÍMICO. (Ver Cuadro No. 5)

- a) Determinación de Pérdidas por Calcínación.- Se pesa 1 g. de muestra en un crisol de porcelana (previamente tarado), se coloca en la estufa entre 215 y 230°C durante 1 hora. Se saca y se deja enfriar en el desecador hasta que alcance peso constante.

Cálculos:

$$\% \text{ Pérdidas por Calcínación} = \frac{\text{Pérdidas}}{\text{Peso de Muestra}} \times 100$$

- b) Determinación de SO_3 .- Después de atacar la muestra con HCl y separar la sílice + insolubles, se afora el filtrado en un matraz de 250 ml y se toma 1 alícuota de 100 ml en un vaso de 600 ml. Se calienta la solución y se agregan de 5 a 7 gotas de rojo de metilo, se adiciona hidróxido de amonio hasta el virre de color de rojo a amarillo, posteriormente agregar HCl hasta poner la solución ligeramente ácida, indicando con la coloración roja. Posteriormente se agregan 10 ml de solución de BaCl_2 al 10% y se calienta durante

1 hora para hacer crecer el grano del precipitado de $BaSO_4$. Se filtra en papel Whatman # 41 y se lava abundantemente con agua caliente para eliminar totalmente el $BaCl_2$ restante. Es muy importante verificar si no hay $BaCl_2$, ya que es muy pesado y puede influir en los resultados finales, por lo que se puede comprobar precipitando las aguas de lavado con $AgNO_3$ y si no precipita $AgCl$ ya no hay $BaCl_2$. Se calcina y se pesa como $BaSO_4$.

Cálculos:

$$\% SO_3 = \frac{\text{cenizas} \times 2.5 \times \text{factor}}{\text{Peso de Muestra}} \times 100$$

$$\text{factor} = 0.3428$$

Las otras determinaciones fueron descritas con anterioridad para los demás minerales, con las mismas técnicas.

IV.3.2. PRUEBAS FISICAS.

Las pruebas que se llevaron a cabo con las muestras de yeso, fueron las siguientes:

IV.3.2.1. MACROSCOPIA.

- El yeso presenta una apariencia masiva, con transición de ca liza en los cambios de litología del yacimiento.
- La coloración de los yesos es blanca.

CUADRO NO. 5
ANALISIS DE YESOS

SITIO	MUESTRA	%SiO ₂ INSOLUBLES	%R ₂ O ₃ (Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃)	%CaO	%H ₂ O	%SO ₃	%CO ₂	PERDIDAS POR CALCINACION 215°C-230°C	TOTAL
1	LA MOSA	0.52	0.12	32.86	0.12	45.30	0.44	20.34	99.70
2	SAN ANTONIO SODA	0.42	0.10	32.93	0.16	45.00	0.12	20.95	99.68

- La densidad de las muestras es de 2.28 g/cm^3 .

IV.3.2.2. CALCINACION Y FRAGUADO.

Se hizo una prueba de fraguado, arrojando los siguientes resultados:

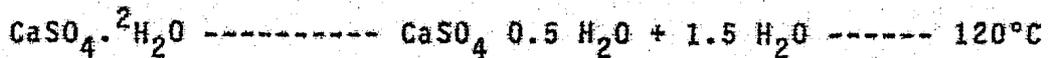
Tamaño de la muestra: -20 + 40 mallas

Temperatura de Calcinación: 180 grados centígrados

Tiempo de Permanencia: 4 horas

Tiempo de Fraguado: aproximadamente 10 minutos

Las reacciones ocurridas son las siguientes:



Al calentarse a la presión atmosférica, el yeso, según muestran los termogramas, comienza a perder el agua a los $80-90^\circ\text{C}$ y a los $120 - 140^\circ\text{C}$ se transforma totalmente en semi-hidrato.

V. CALCULO DE RESERVAS.

Esta operación se lleva a cabo con el objeto de conocer el potencial del yacimiento y debe obedecer al tipo de yacimiento del cual se trata. En este caso se trata de yacimientos calcáreos y arcillosos.

V.1. RESERVAS DE CALIZAS.

En el caso de yacimientos calcáreos, se encuentran a flor de tierra en superficies casi horizontales de estratos sedimentarios con profundidad conocida en el fondo de las dolinas. El método empleado fué el geométrico, es decir, por medio de secciones transversales a través de zonas delimitadas en forma de cuerpos regulares, con lo cual se obtiene el área; la profundidad de los estratos muestreados y la densidad relativa (p.e.) de los materiales. Con estos datos se puede calcular el volumen y posteriormente las reservas.

Cálculos:

$$\text{Area} = \text{nm}^2$$

$$\text{Volumen} = \text{nm}^2 \times \text{profundidad de estratos} = \text{m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = \text{volumen} \times \text{densidad}$$

$$\text{Por lo tanto: Reservas} = \text{Tonelaje}$$

Sitio 1.- En este lugar, se consideró 3 metros mínimo de espesor en el yacimiento y nos dió un total de 25,000 m³ de caliza, equivalente a 67,000 toneladas.

- Sitio 2.- La cuantificación de 50 x 50 metros y considerando 3 m de espesor, nos dió 7,500 m³, equivalentes a 19,500 toneladas.
- Sitio 3.- Se evaluó una extensión de 56,000 m² por 3 m de espesor, obteniéndose 168,000 m³ que son 436,800 ton.
- Sitio 4.- Se midió una hectárea y se calculó un espesor de 3 metros, dando un volumen de 30,000 m³ con un tonelaje de 78,000 ton/ha. De este yacimiento, se pueden utilizar aproximadamente 10,000 m³ para fabricar placa sin pulir.
- Sitio 5.- Se evaluó una superficie de 10,000 m² por 3 m. de espesor, lo que dió un volumen de 30,000 m³, equivalente a 78,000 ton/ha. Aproximadamente se puede utilizar una tercera parte para la fabricación de placa mate.
- Sitio 6.- La evaluación se hizo sobre 1 hectárea y 3 m de espesor, considerándose una tercera parte del volumen como propia para la obtención de placa de ornato.
- Sitio 7.- Se hizo la evaluación, calculándose un volumen de 366,247 m³, equivalente a 953,137 toneladas considerando un espesor de 3 m. en el yacimiento.
- Sitio 8.- En este sitio se evaluaron 300,000 m³ de caliza propia para cal hidratada.

Sitio 9.- Se evaluaron un total de 78,000 toneladas.

Sitio 10.- Se evaluó una hectárea obteniéndose 30,000 m³ con un tonelaje de 78,000.

Sitio 11.- Se cubicaron 30,000 m³ por hectárea equivalente a 78,000 ton.

Sitio 12.- Se midieron 30,000 m³ de lo que una cuarta parte puede utilizarse para fabricar placa mate.

Sitio 13.- En este sitio también se midieron 30,000 m³ que equivalen a 78,000 ton/Ha.

Sitio 16.- Las colinas de este material, miden desde el nivel de la carretera de 5 a 10 m. de alto, pero desde su desplante miden 40 m. aproximadamente; se estimó un volumen considerando un diámetro de 100 m., de 104,710 m³ por colina, de las cuales se considera explotable una tercera parte o sea 35,000 m³, siendo 5 colinas se tiene una cantidad de 175,000 m³.

Sitio 19.- En este lugar se evaluaron solo 20,000 m³ de calizas conglomeráticas.

V.2. RESERVAS DE ARCILLAS.

En el caso de yacimientos de arcillas el método empleado también es el geométrico, solo que en este caso los cuerpos muestreados son irregulares, por lo que el terreno debe de ser cuadrículado, en cuyas intersecciones se perforaron pozos tomando las muestras con escarbadores Auger a diferentes profundidades.

Cálculos:

Volumen = Area x altura media (profundidad media)

Toneladas = Volumen x densidad

Por lo tanto: Reservas = Toneladas

La altura media que se toma, es el promedio de las diferentes profundidades en que se toman las muestras.

Sitio 1.- Se midieron en este lugar $24,000 \text{ m}^3$ equivalente a ~~46,000 toneladas~~ donde el espesor del suelo es escaso, como máximo 1 m.

Sitio 2.- Se midió un volumen de $2,268 \text{ m}^3$ equivalente a 4,082 ton.

Sitio 3.- En este sitio se evaluaron $4,665.5 \text{ m}^3$ equivalente a 8,398 ton.

Sitio 4.- Se midieron $24,350 \text{ m}^3$ equivalentes a 43,831 ton.

Sitio 5.- El suelo es escaso por lo que únicamente se cubicaron 750 m³ equivalentes a 1,500 ton.

Sitio 6.- Se midieron 21,000 m³ equivalentes a 42,000 ton.

Sitio 7.- Considerándose un promedio de 2 metros de espesor de la capa de arcilla, se hizo un cálculo por hectárea, obteniéndose 20,000 m³ equivalentes a 36,000 ton/Ha.

V.3. RESERVAS DE YESO.

Sitio 1.- Este yacimiento se localiza en una loma que cuenta con una altura de 60 m., donde se puede apreciar el yeso tanto en las dolinas como en las barrancas.

La medición que se efectuó de este yacimiento nos permitió calcular 36,842 m³ de yeso equivalentes a 84,738 ton.

Sitio 2.- Para este yacimiento, en la actualidad pueden aprovecharse 75,000 ton, como mínimo hasta el nivel del piso del banco.

Estos yacimientos citados hacen pensar en la existencia de una importante región yesífera con grandes reservas.

VI. INTERPRETACION DE RESULTADOS Y POSIBILIDADES DE APLICACION INDUSTRIAL.

VI.1. CALIZAS.

De acuerdo a las diferentes especificaciones con las que cuentan las calizas para sus usos y de acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a propiedades físicas y químicas de las calizas de Quintana Roo, podemos interpretar los resultados de la siguiente manera:

Las especificaciones de las calizas en cuanto a su composición química para su uso en la fabricación de cementos son:

CaO	MgO	R ₂ O ₃	SiO ₂
53.2%	2.5%	1.5%	1.8%

En el caso de tratarse de calizas arcillosas, la composición puede variar, pero aún así pueden utilizarse para la fabricación de cemento con sus respectivos balances estequiométricos.

A continuación clasificaremos las muestras en base a su composición química y a sus propiedades físicas, para que con los resultados obtenidos su uso sea el más conveniente.

- Sitios donde se localizaron calizas para la producción de cal hidratada y cemento.

1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16 y 17.

- Sitios donde se tomaron muestras de calizas para la fabricación de placa de ornato:

2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17 y 19.

- Sitios donde se tomaron muestras para usarse como agregado pétreo:

3, 14 y 18.

Toda la caliza en forma de grava puede utilizarse en la fabricación de tabique.

VI.2. ARCILLAS.

A las arcillas se les hicieron las siguientes pruebas: análisis químico, análisis térmico diferencial, como pirométrico y contracción en seco. De acuerdo a todas las pruebas anteriores, podemos analizar los resultados e interpretarlos para conocer sus usos.

Sitio 1.- La arcilla de este lugar nos presenta unas impurificaciones de óxido de fierro; se encontró halloisita y su cono pirométrico fué menor de 30, por lo que no puede usarse como refractario; debido a su plasticidad se puede usar para alfarería, tabique recocido, tejas, etc. Su principal aplicación podría ser para la industria del cemento.

Sitio 2.- Se trata de Halloisita con algo de caolinita; químicamente tiene impurezas de óxidos e hidróxidos de fierro, pero su principal aplicación puede ser como materia prima para la fabricación de cemento. Su cono pirométrico fué menor de 30, por lo que no tiene propiedades refractarias. Puede usarse para alfarería y fabricación de ladrillos recocidos.

Sitio 3.- Estas arcillas nos presentan halloisita con algo de caolinita, por lo que una de las muestras nos dió propiedades refractarias en la prueba de cono pirométrico, pero realmente no se podría tomar como tal debido a que se trata de porciones errantes de caolinita. La aplicación de estas arcillas es principalmente en la fabricación de cemento, y en general pueden utilizarse en alfarería, tabique y tejas.

Sitio 4.- Estas arcillas pueden utilizarse en la fabricación de cemento, así como en alfarería, fabricación de ladrillos y tejas. Se tomaron 2 muestras con cono superior al número 30, por lo que dan propiedades refractarias debido a su contenido de caolinita.

Posiblemente se puede mejorar la refractabilidad mediante un proceso de eliminación de fierro, ya que éste vuelve menos refractaria a una arcilla; definitivamente este proceso no es recomendable en estos

momentos.

Sitio 5.- Esta arcilla está constituida por halloisita, su cono pirométrico es menor de 30, por lo que no es refractaria. Tiene aplicación en la fabricación de cemento, en la alfarería, producción de ladrillos, tejas, etc.

Sitio 6.- Se trata principalmente de halloisita con manchones de caolinita. Su refractabilidad es baja, ya que no pasa del cono 30. Se aplicaría para la fabricación de cemento y para la alfarería.

Sitio 7.- Esta arcilla está constituida por halloisita y algo de caolinita. La prueba de cono pirométrico dió arriba de 30, pero este resultado necesita estudios mas profundos para comprobar la refractabilidad. Sus aplicaciones podrían ser para la alfarería, fabricación de ladrillo cocido, teja y principalmente en la fabricación de cemento.

VI.3. YESOS.

Las pruebas que se hicieron al yeso fueron las siguientes: análisis químico, densidad, calcinación a 200°C y fraguado con agua.

Sitio 1.- En el yacimiento de San Antonio Soda los resultados indican que se trata de un yeso de alta pureza, que al calcinarse a 200°C produce un yeso que tiene un buen fraguado, ya que tarda un poco mas de 10 minutos en endurecerse al mezclarlo con agua. Este yeso puede ser materia prima para la fabricación de yeso calcinado para estuco y como agregado del cemento.

Conociendo su composición podemos decir que se puede obtener azufre y ácido sulfúrico a partir de yeso.

Sitio 2.- El yeso del Cerro de la Mosa presenta casi la misma composición del yacimiento anterior, por lo que tiene las mismas perspectivas. Estos dos yacimientos son representativos de una gran región yesífera que tienen muchas posibilidades de explotación industrial.

El yeso presenta contenidos teóricos de: CaO , SO_3 y H_2O de 32.5%, 46.6% y 20.9% respectivamente. Con lo anterior podemos decir que se tiene un yeso de excelente calidad.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 1.- Las exploraciones y los trabajos de laboratorio nos muestran, que existen en el estado de Quintana Roo, materiales que pueden ser utilizados como materia prima en la industria de la construcción.
- 2.- En la zona norte del estado, se evaluaron calizas desde el pueblo de Chiquilá hasta cerca de la ciudad de Carrillo Puerto, y se encontró que los materiales en esta extensa zona son de composición uniforme y aptos para la fabricación de cemento, de cal hidratada y en menor escala para la fabricación de placas de ornato, agregados pétreos y fabricación de tabiques.
- 3.- En la zona central, principalmente entre los pueblos de Polyuc, Chuhunhub y Dziuche se evaluaron arcillas que están constituidas principalmente por halloisita y en algunos casos hay indicios de caolinita. Estas arcillas pueden ser utilizadas para la fabricación de cemento, alfarería y para fabricar tabique recocido; el uso de las arcillas como material refractario no es muy probable, ya que solo se encontraron manchones de arcilla refractaria que en realidad no valen la pena.
- 4.- En la zona sur del estado, se localizaron yacimientos de yeso, éstos se encontraron cerca del pueblo de San Antonio Soda y en el Cerro de la Mosa pegado a la línea divisoria

estatal Campeche-Quintana Roo. La cantidad de yeso que se evaluó es considerable, ya que los yacimientos son grandes y de muy buena calidad, por lo que puede utilizarse para la fabricación de yeso calcinado y como agregado para el cemento.

- 5.- Una de las ventajas con las que se cuenta, es que todos los lugares evaluados siempre fueron cerca de carreteras, caminos y brechas, por lo que representan una pequeña parte de los materiales que en realidad existen.
- 6.- La recomendación básica sobre este trabajo, es la instalación de plantas para la fabricación de cal, yeso y cemento, pero es indispensable la realización de estudios técnicos más detallados, así como de un estudio económico completo, que muestre las perspectivas socio-económicas para llevar a cabo el proyecto.

BIBLIOGRAFIA.

AGUILAR NOGALES MAURO
Geología y Recursos Minerales de la Porción Meridional
del Estado de Quintana Roo
Gerencia de Exploración
Consejo de Recursos Minerales
México, D.F. 1978

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL
Annual Book of ASTM Standards
Part 17 (C-24)
Philadelphia, U.S.A. 1976

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE QUINTANA ROO
Gobierno del Estado de Quintana Roo
Posibilidades Económicas de Rocas y Arcillas que Afloran
en el Estado de Quintana Roo
Puerto Morelos, Quintana Roo
Noviembre 1981

COMISION DE FOMENTO MINERO
Análisis de Minerales
Quinta Edición
México, D.F. 1977

DANA S. EDWARD Y FORD E. WILLIAM
Tratado de Mineralogía
Traducido por Alberto Berumen
G.E.C.S.A.
Cuarta Edición
1973

DETENAL
Mapa Turístico del Sureste
México, 1982

DETENAL
Mapa de Climas del Estado de Quintana Roo
México, 1982

FERNANDEZ LIZARDI JORGE
Identificación de Minerales por Termoanálisis
Tesis Profesional
E.S.I.Q.I.E.
Instituto Politécnico Nacional
México, D. F. 1973

FUENTES VELAZQUEZ PATRICIA
Algunas Determinaciones Químicas Aplicadas a las Investiga-
ciones Geológicas con Rocas Sedimentarias
Tesis Profesional
Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México
México, D.F. 1975

FURMAN HOWELL V.
Standard Methods of Chemical Analysis
Vol. One the Elements
Sixth Edition
D. Van Nostrand Company Inc.
Princeton, New Jersey, 1962

OBREGON PEREZ ALBERTO
Métodos de Análisis Químicos de Rocas y Materiales Simila-
res
Instituto de Geología y Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México
Segunda Edición
México, D.F. 1977

OCAMPO NAVA JORGE
Evaluación de Minerales Localizados en el Estado de México
para su Utilización en la Elaboración de Productos Cerámicos
Tesis Profesional
Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México
México, D.F. 1975

OROZCO FERNANDO
Análisis Químico Cuantitativo
Editorial Porrúa
Decimotercer Edición
México, D.F. 1979

SAAD ANTONIO MIGUEL
Tratado de Construcción
Tomo I C.E.C.S.A.
Decimotercer Edición
México, Marzo 1982

SCHMITTER VILLADA EDUARDO
Contribución al Estudio de Rocas y Minerales
Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
México 1962

SECRETARIA DE ECONOMIA
Dirección General de Normas
Norma Oficial para Yeso Calcinado para Construcciones
México, D.F. 1947

SECRETARIA DE ECONOMIA
Dirección General de Normas
Norma Oficial para Cal Hidratada
México, D.F. 1947

SINGER F. Y SINGER, S.A.
Cerámica Industrial
Enciclopedia de la Química Industrial
Vol. III
Ediciones URMO
Barcelona, España, 1963