



\*D-10724\*

T  
671.25  
A473

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA



"EVALUACION DE BENTONITAS PARA EL SECTOR  
DE LA FUNDICION"

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentado por

JOSE ALVAREZ INTRIAGO

GUAYAQUIL - ECUADOR

1991

## A G R A D E C I M I E N T O

MI SINCERO AGRADECIMIENTO A LA  
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
LITORAL, POR HABERME ENTREGADO LOS  
CONOCIMIENTOS NECESARIOS PARA EL  
DESARROLLO EN MI VIDA PROFESIONAL.

MI GRATITUD AL DIRECTOR DE MI  
PROYECTO DE GRADO, ING. JOSE  
PACHECO M., POR SU APOYO CONSTANTE  
EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO, Y  
AL ING. HUGO EGÜEZ, POR SU DESIN-  
TERESADA COLABORACIÓN.



DEDICATORIA

A MI PADRE

A MI MADRE

A MIS HERMANOS

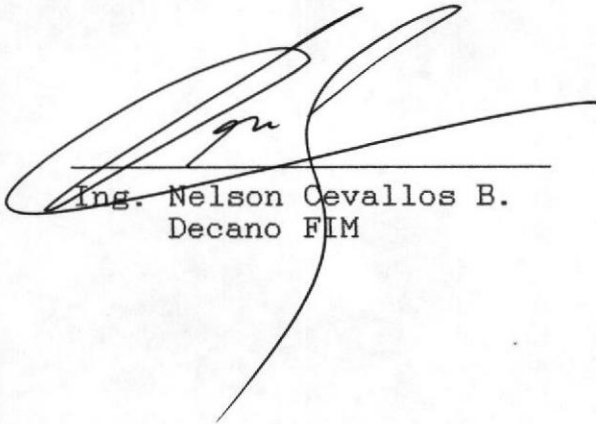
## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ".

( Reglamento de Tópico de Graduación )

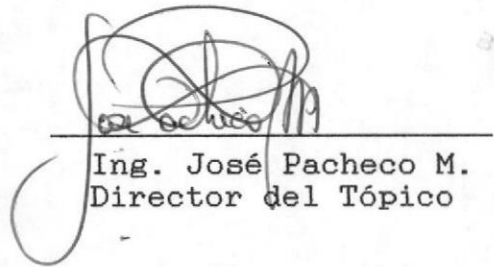
---

JOSE CRISTOBAL ALVAREZ INTRIAGO



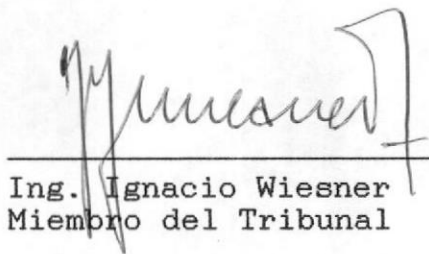
---

Ing. Nelson Cevallos B.  
Decano FIM



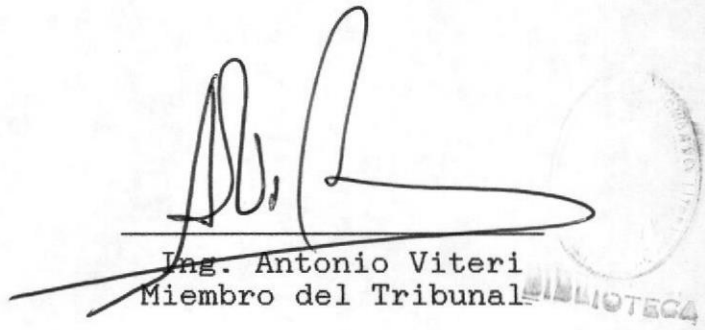
---

Ing. José Pacheco M.  
Director del Tópico



---

Ing. Ignacio Wiesner  
Miembro del Tribunal



---

Ing. Antonio Viteri  
Miembro del Tribunal



## RESUMEN

El proyecto "Tecnología de las Arenas de Moldeo" tiene como objetivo el mejoramiento de la tecnología actual de arenas de moldeo, de tal forma que permita a los talleres de fundición locales de pequeña y mediana capacidad mejorar su productividad y la calidad de sus productos.

El trabajo que se presenta aquí constituye una parte de la investigación general, y consiste de una evaluación de las bentonitas que existen en el país, orientada hacia la utilización más eficiente de este aglutinante en la industria de la fundición, e indirectamente en otros sectores.

La evaluación de las bentonitas se realiza a través de ensayos físicos y químicos. Se evalúan solo las propiedades principales que indican cuan adecuada es la bentonita para su uso en fundición.

Los resultados obtenidos se comparan con valores referenciales, y se concluye que bentonitas son las apropiadas para usar.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	VI
INDICE GENERAL .....	VII
INDICE DE FIGURAS .....	IX
INDICE DE TABLAS .....	X
ANTECEDENTES .....	11
CAPT. #1: FUNDAMENTOS BASICOS	
1.1 Definición de bentonita .....	13
1.2 Uso de la bentonita .....	16
1.3 Características y propiedades principales .....	16
CAPT. #2: TRABAJO EXPERIMENTAL	
2.1 Obtención de muestras .....	19
2.2 Ensayos físicos y químicos .....	21
2.2.1 Ensayo de finura .....	21
2.2.2 Ensayo de humedad .....	22
2.2.3 Ensayo de hinchabilidad .....	23
2.2.4 Ensayo de límite líquido .....	25
2.2.5 Ensayo mineralógico .....	26
2.2.6 Ensayo de capacidad de intercambio iónico .....	33



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

VIII

2.2.7 Ensayo de pérdidas por calcinación .....	36
2.3 Resultados obtenidos .....	37
ANALISIS DE RESULTADOS .....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	46
BIBLIOGRAFIA .....	48
ANEXOS .....	50



## INDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Pág
1.1	DISPOSICION DE LAS LAMINAS EN LA ARCILLA .....	14
1.2	FORMACION DE LAS PELICULAS DE AGUA EN LA ARCILLA.....	15
2.1	CURVA TERMICO DIFERENCIAL (BENTONITA ECUACOL) ....	28
2.2	CURVA TERMICO DIFERENCIAL (BENTONITA BENCAL) .....	29
2.3	CURVA TERMICO DIFERENCIAL (BENTONITA CHARAZOL) ...	30
2.4	CURVA TERMICO DIFERENCIAL (BENTONITA PUNIN) .....	31
2.5	CURVA TERMICO DIFERENCIAL (BENTONITA ECUACOL) ....	32
2.6	CURVA DE DEGRADACION TERMICA (AZUL DE METILENO) .....	35

## INDICE DE TABLAS

No.	Descripción	Pág.
I	CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA ECUAGEL .....	38
II	CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA BENCAL .....	39
III	CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA CHARAZOL .....	40
IV	CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA PUNIN .....	41
V	CARACRERISTICAS DE LA BENTONITA ECUACOL .....	42



## ANTECEDENTES

La industria de la fundición es muy importante para el desarrollo de un país, ya que suministra maquinaria y piezas para diversos sectores, tales como el sector de manufactura, el sector minero y el sector de la agricultura.

En nuestro país, el sector de la fundición afronta diversos problemas técnicos. Uno de estos problemas es que, aunque existe mano de obra y equipos, no existe la tecnología adecuada para alcanzar estándares requeridos. Es debido a la mala calidad de las piezas fundidas locales que más de la mitad de los artículos fundidos requeridos en el país fueron importados en 1988.

El mejoramiento de la técnica de moldeo en arena contribuye a solucionar muchos de los problemas de la industria de fundición, por ser esta técnica de moldeo la más utilizada, al representar el 90% de los moldes usados en la industria.

El principal paso para mejorar la tecnología de moldeo en arena es el de usar un adecuado control de esta última.

La explotación de la mayoría de los depósitos de arena que existen en el país se destina principalmente a la industria del vidrio. Por ello, la arena solo es evaluada según su pureza. Debido a que la fundición solo consume una pequeña parte de la explotación total, no se usa un proceso de tratamiento que involucre la distribución del tamaño de grano para adecuar la arena para el moldeo.

En segundo lugar, es necesario mejorar la calidad de la bentonita usada. Con el propósito de mezclarla con arena no tratada, los talleres de fundición usan bentonita cálcica de las diferentes minas que se encuentran en el país. Esta bentonita, además de que no es la más adecuada para la fundición, no es procesada, por lo que hay que añadir grandes cantidades para producir los efectos de la mezcla que produciría el uso de una bentonita fina.

El mejoramiento del control de las arenas de moldeo, al aumentar la calidad de las piezas fundidas, tiende a aumentar la productividad de los talleres de fundición, debido a que hay menos rechazos que tienen que volverse a fundir. Por lo tanto, se abaratan costos, no solo porque disminuye el gasto de energía que se utiliza en las piezas que deben ser fundidas nuevamente, sino porque se reducen los gastos del maquinado de piezas defectuosas.

## CAPITULO 1

### FUNDAMENTOS BASICOS

#### 1.1 DEFINICION DE BENTONITA

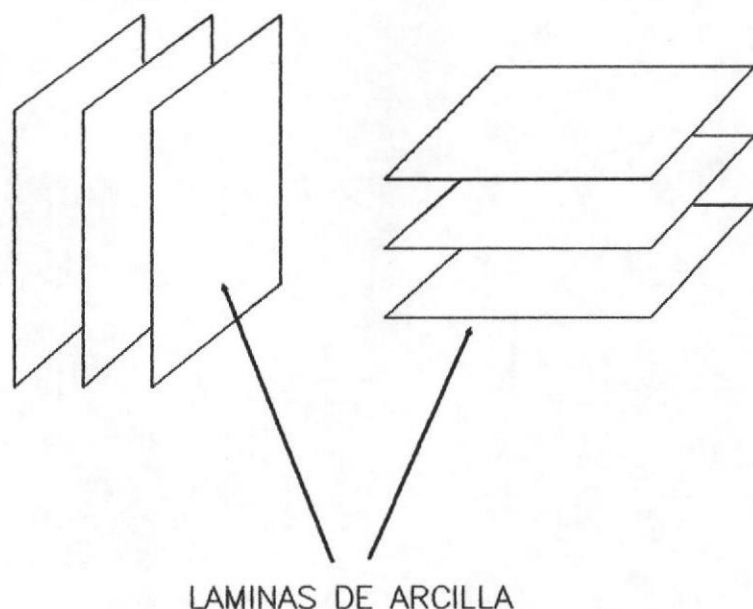
El término arcilla ha sido siempre muy vago y confuso para el fundidor. Es así que muchos fundidores usan arcilla como aglutinante sin percatarse si el mineral que están utilizando es "caolinita", "montmorillonita", etc.

"Arcilla" es el nombre de una familia de minerales, cuyos 3 más importantes integrantes son: montmorillonita, caolinita e illita. La montmorillonita es el mineral principal de la bentonita, tal como la caolinita lo es del caolín.

La montmorillonita es un mineral arcilloso, perteneciente al grupo de las esmectitas. Está compuesta de diferentes elementos, de los cuales el aluminio y el silicio son los primarios. Su fórmula química es:



La montmorillonita se encuentra formada por láminas muy delgadas, con muy poca separación entre ellas. En la figura 1.1 se muestra el arreglo en que se encuentran estas láminas.



**FIG. 1.1 DISPOSICION DE LAS LAMINAS EN LA ARCILLA**

Las dimensiones aproximadas de estas láminas son 2000 Å por 2000 Å y por 20 Å de espesor. Entre estas láminas se encuentran iones del medio natural, tales como Na y/o Ca más Mg. Estos iones son intercambiables debido a que están unidos muy débilmente a los estratos de montmorillonita. Los iones intercambiables le dan tan diversas

propiedades a la montmorillonita, que existe una diferencia en la denominación de una bentonita en que la que prevalecen los iones sodio como iones intercambiables, que en la que prevalecen los iones calcio. A las bentonitas en las que los iones sodio

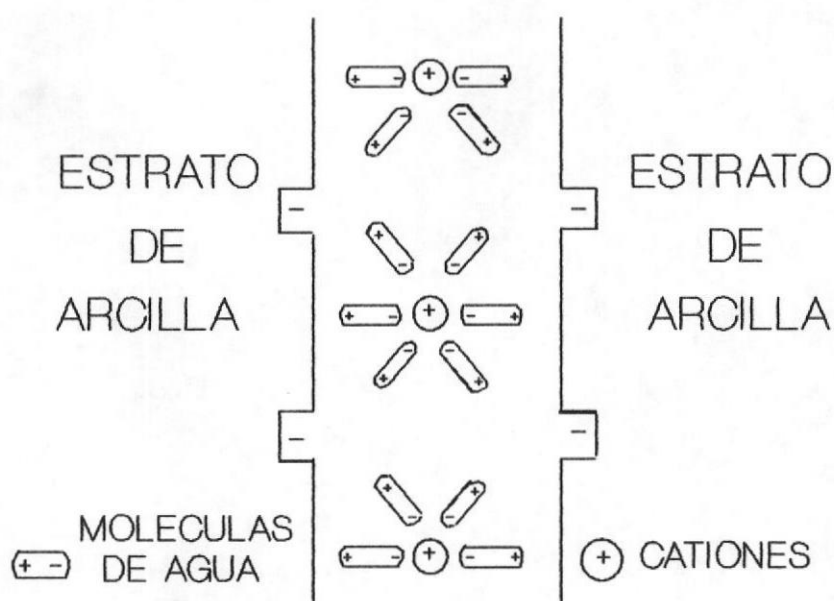


FIG.1.2 FORMACION DE LAS PELICULAS DE AGUA EN LA ARCILLA

superan a otros iones se las llama bentonitas sódicas, y cálcicas a las que tienen una mayor cantidad de iones calcio como iones intercambiables. La figura 1.2 muestra como las moléculas dipolares de agua reemplazan a los iones intercambiables.

## 1.2 USO DE LA BENTONITA

La bentonita tiene muchos usos industriales, además del uso en fundición. Esta arcilla es utilizada en perforado de pozos, ingeniería civil, filtrado, absorción, etc. Sin embargo, las propiedades útiles para cada uso varían dependiendo de éste.

En la industria de la fundición, la bentonita es usada como aglutinante en la elaboración de moldes de arena. Esta arcilla debe ser adicionada en cantidades exactas a la mezcla, con objeto de obtener una aglutinación que no disminuya las propiedades de la mezcla resultante, tales como permeabilidad, resistencia en verde, compactabilidad, etc.

Existen muchos cuidados que deben ser tomados a la hora de escoger la bentonita adecuada para la preparación de una mezcla para moldeo. La bentonita sódica se usa provechosamente en la fundición de hierro, y en general, de materiales ferrosos. En cambio, la bentonita cálcica es más apropiada para aleaciones no ferrosas.

## 1.3 CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES PRINCIPALES

Como se mencionó anteriormente, las características

más importantes de la bentonita para el uso en fundición son diferentes a las apropiadas para otro uso. Las características principales que indican cuan adecuada es una bentonita para la fundición se centran en las que permiten lograr un mecanismo de aglutinación idóneo y un grado de no degradación térmica adecuado. Estas características son las siguientes:

- a).- Humedad
- b).- Composición mineralógica
- c).- Hinchabilidad
- d).- Composición química
- e).- Finura
- f).- Límite Líquido
- g).- Capacidad de intercambio iónico
- h).- Pérdidas por calcinación
- i).- Valor de pH

El valor de humedad importante para la evaluación de la bentonita es el de la que se encuentra contenida mecánicamente en la muestra.

La composición mineralógica nos indicará que tipo de montmorillonita forma la bentonita, es decir, si es montmorillonita sódica o cálcica.

La prueba del límite líquido proveerá una medida de la capacidad de retención de agua de una bentonita durante el colado del metal fundido. Este valor nos indicará que arcillas soportarán el calor y no se deshidratarán.

El valor de capacidad de intercambio iónico (prueba de azul de metileno) será un indicativo de la capacidad de una bentonita de reemplazar sus iones intercambiables por moléculas de agua. Esta propiedad, evaluada luego de someter a la arcilla a temperaturas cada vez mayores, nos dará una idea de la degradación térmica que sufre la bentonita.

Todas estas características, a excepción de la composición química y el valor de pH, corresponden a propiedades físicas de la bentonita.

Los valores referenciales que se usaron en el análisis de resultados provienen de diferentes fuentes. Los valores comparativos que no se encontraron en las normas de la A.F.S. se hallaron en el documento ATEF 5/1 de la Asociación Técnica y de Investigación de Fundición, o en el libro "Foundry Sand Practice" de la American Colloid Company.

## CAPITULO II

### TRABAJO EXPERIMENTAL

#### 2.1 OBTENCION DE MUESTRAS

Las bentonitas que fueron analizadas corresponden a minerales provenientes de 5 minas de diferentes regiones del país. Estas minas son:

- a).- La mina Bencal
- b).- La mina de Charazol
- c).- La mina MDK
- d).- La mina de Punín
- e).- La mina Ecuacol

a).- La mina Bencal se encuentra en la Península de Santa Elena, Provincia del Guayas, cerca de la población Zapotal. Debido a que es una mina muy grande, la muestra que se adquirió es de la primera zona que se está explotando. En la mina existe un mecanismo de beneficio que deja la arcilla con una gran finura.



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

b).- La mina de Charazol se encuentra cerca de el sitio llamado Charazol, en la provincia del Azuay. Los talleres de fundición, principalmente de la ciudad de Cuenca, compran esta bentonita en estado muy grueso. Por lo tanto, es necesidad de cada taller moler la bentonita hasta una finura adecuada.

c).- La mina MDK se encuentra cerca de la ciudad de Tosagua, provincia de Manabí. Esta mina tiene una gran producción, ya que es la que provee la bentonita que usa la industria petrolera. Es una mina muy organizada, que no es muy conocida por la industria de la fundición.

d).- La mina de Punín yace en la provincia del Azuay. Es una mina que está comenzando su explotación, por lo que no es conocida por los talleres de fundición. Provee una bentonita en estado grueso.

e).- La mina Ecuacol se encuentra en la provincia de Manabí, cerca de Bahía de Caráquez. Esta mina provee una bentonita muy fina.

De cada mina se compró un saco de bentonita para los ensayos, a excepción de la mina Ecuacol, de donde se obtuvo únicamente 10 Kg de arcilla.

## 2.2 ENSAYOS FISICOS Y QUIMICOS

Los ensayos físicos se realizaron en la Facultad de Ciencias de la Tierra de la ESPOL, y corresponden a la evaluación de todas las propiedades físicas expuestas en el Capítulo 1. Los ensayos químicos fueron realizados por el Instituto de Química de la ESPOL, y corresponden a la composición química y el valor de pH.

### 2.2.1 ENSAYO DE FINURA

#### PROCEDIMIENTO

La bentonita se seca a 110-120°C, hasta que alcance un peso constante. Esto requerirá por lo menos tres horas para polvos y de una a dos horas para grados más gruesos. Cuando se remueve del horno, el material debe ser colocado inmediatamente en un recipiente hermético hasta que se enfríe, para evitar la absorción de humedad de la atmósfera.

Usando una máquina Rotap o un dispositivo similar, la agitación debe realizarse por 15 minutos. Después de extraer el volumen de material de cada tamiz para pesarlo, los tamices

más finos deben ser cepillados con un cepillo suave para desprender el polvo adherido. Si los tamices se agitan a mano, la agitación debe ser hecha vigorosamente por 20 minutos. Si los materiales son granulados, serán suficientes cortos períodos de agitación.

### RESULTADOS

El resultado buscado es la cantidad de material que pasa a través del tamiz 200.

BENTONITA	PASA A TRAVES DEL TAMIZ 200
ECUAGEL	54.76%
CHARAZOL	No molida
BENCAL	89.82%
PUNIN	No molida
ECUACOL	97.24%

### 2.2.2 ENSAYO DE HUMEDAD

#### PROCEDIMIENTO

Se colocan 20 gr. de la muestra en un recipiente adecuado, preferiblemente un recipiente

de boca ancha para favorecer la evaporación, y se secan en un horno a 110-120°C. La muestra es pesada a ciertos intervalos de tiempo, hasta que se alcance un peso constante. El valor de la pérdida de peso en porcentaje representa el porcentaje de humedad.

### RESULTADOS

BENTONITA	HUMEDAD
ECUAGEL	10.50%
CHARAZOL	10.80%
BENCAL	6.64%
PUNIN	12.40%
ECUACOL	8.20%

### 2.2.3 ENSAYO DE HINCHABILIDAD

#### PROCEDIMIENTO

A 100 cc. de agua destilada a 25°C aproximadamente, contenida en una probeta estándar de 100 cc. de capacidad, añadir 2 gramos de bentonita en porciones divididas, permitiendo que la última porción se asiente antes de añadir la

próxima.

Veinticuatro horas después de que la última porción se añade, se mide visualmente el volumen aparente del gel de bentonita. Para obtener resultados exactos en la prueba, se deben seguir las precauciones siguientes:

Añadir solo una pizca de bentonita al mismo tiempo (aproximadamente 0.10 a 0.15 gr.) desde la punta de un cuchillo.

Dejar pasar por lo menos seis minutos antes de añadir la siguiente porción, para asegurar que se ha asentado la porción anterior.

#### RESULTADOS

BENTONITA	HINCHABILIDAD (cm <sup>3</sup> )
ECUAGEL	33
CHARAZOL	5 - 7
BENCAL	9
PUNIN	7
ECUACOL	11

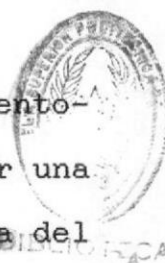
## 2.2.4 ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO

### PROCEDIMIENTO

Se pesan aproximadamente 100 gramos de bentonita, y se mezclan con agua hasta obtener una pasta. Esta pasta es puesta en la copa del aparato de prueba para límite líquido. Seguidamente se realiza un canal en la pasta con un ranurador y la copa es movida de arriba para abajo y viceversa mediante una manivela, hasta que la pasta se deforme y que los lados del canal se toquen. El límite líquido es la relación de agua a bentonita que provoca el efecto anterior en 25 golpes, o sea, en 25 revoluciones de la manivela.

### RESULTADOS

BENTONITA	LIMITE LIQUIDO
ECUAGEL	415.0%
BENCAL	116.8%
CHARAZOL	110.6%
PUNIN	119.2%
ECUACOL	161.2%



## 2.2.5 ENSAYO MINERALOGICO

### PROCEDIMIENTO

Se realiza primeramente una preparación del equipo, la cual consiste en rellenar los huecos de la parte inferior del crisol de prueba, alrededor de los termopares, con fibras de asbesto, y verificar que los alambres y las uniones de los termopares están en buen estado.

Se conecta el horno a una fuente de corriente eléctrica (115 V) y se permite que alcance su temperatura máxima (1000°C) durante 25 o 30 minutos.

Se llena la celda de la izquierda de cada uno de los bloques de crisol (es decir, las que se encuentran más cerca del instrumento) con alguna sustancia inerte, por ejemplo, alúmina. Evitando la contaminación de la sustancia, la alúmina es derramada a través de un pequeño embudo de latón, y nivelada con un enrasador.

Se coloca la muestra a ser analizada dentro de la celda derecha de los crisoles, usando el embudo de latón, y se taquea. Se cubre el crisol

con discos de acero del instrumento.

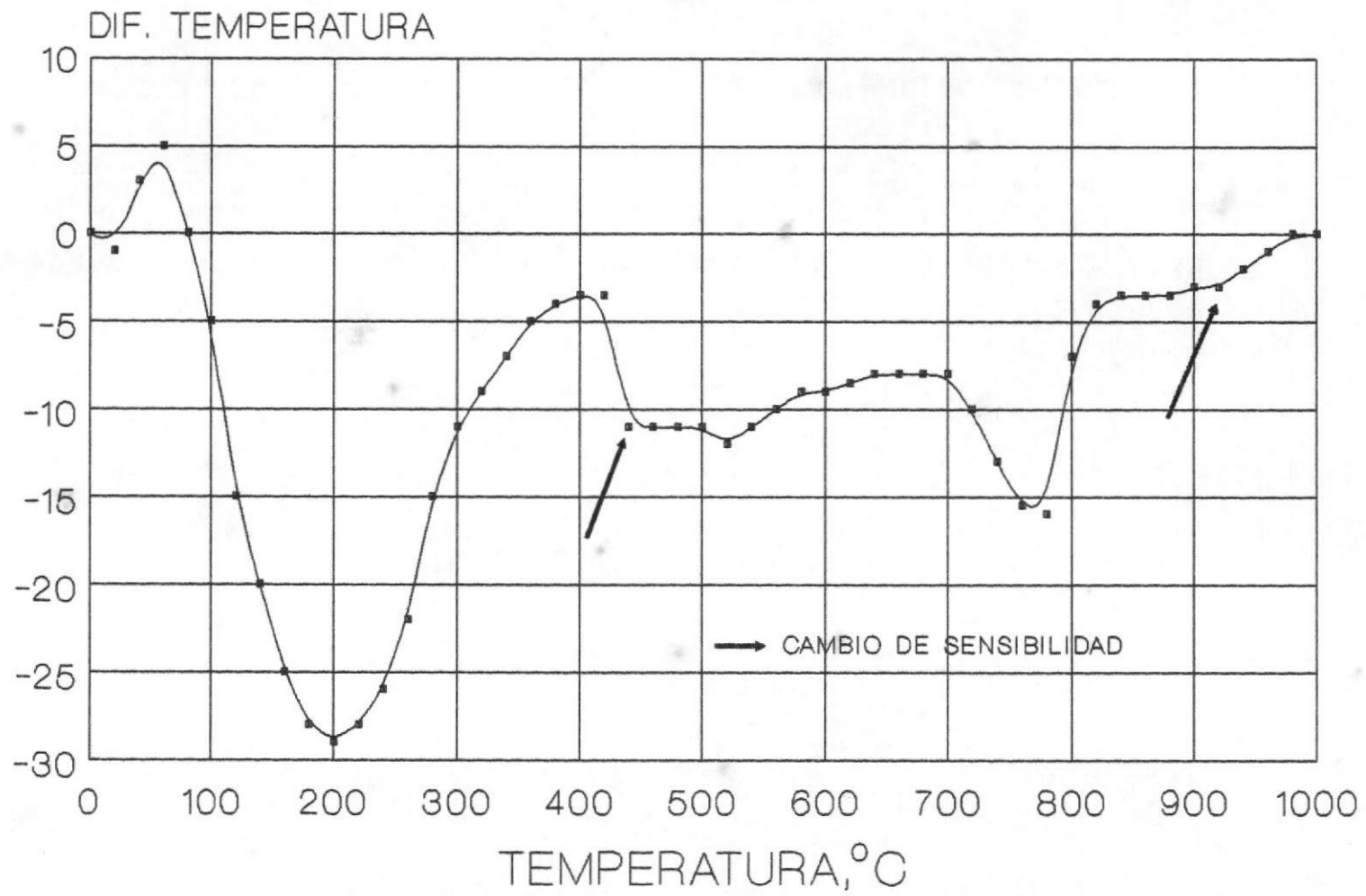
Se levanta el horno con una tenaza y se coloca sobre el crisol. Se toman lecturas del galvanómetro cada 20°C.

### RESULTADOS

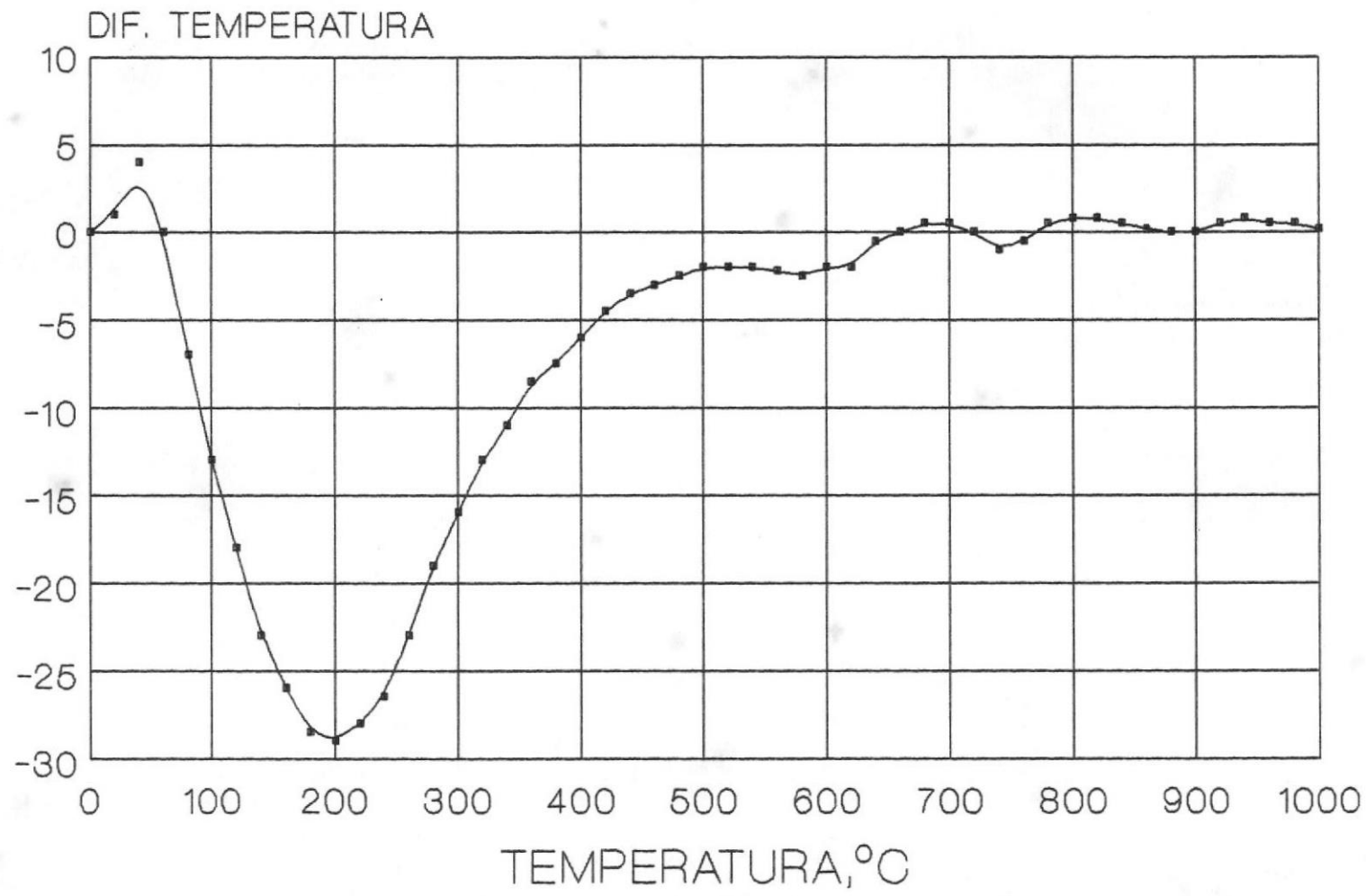
Con las lecturas del instrumento se hace un gráfico lecturas vs. temperatura del crisol (Figs 2.1 a 2.5).

Los resultados obtenidos se obtienen al comparar las figuras anteriores con las curvas patrones mostradas en el anexo 1.

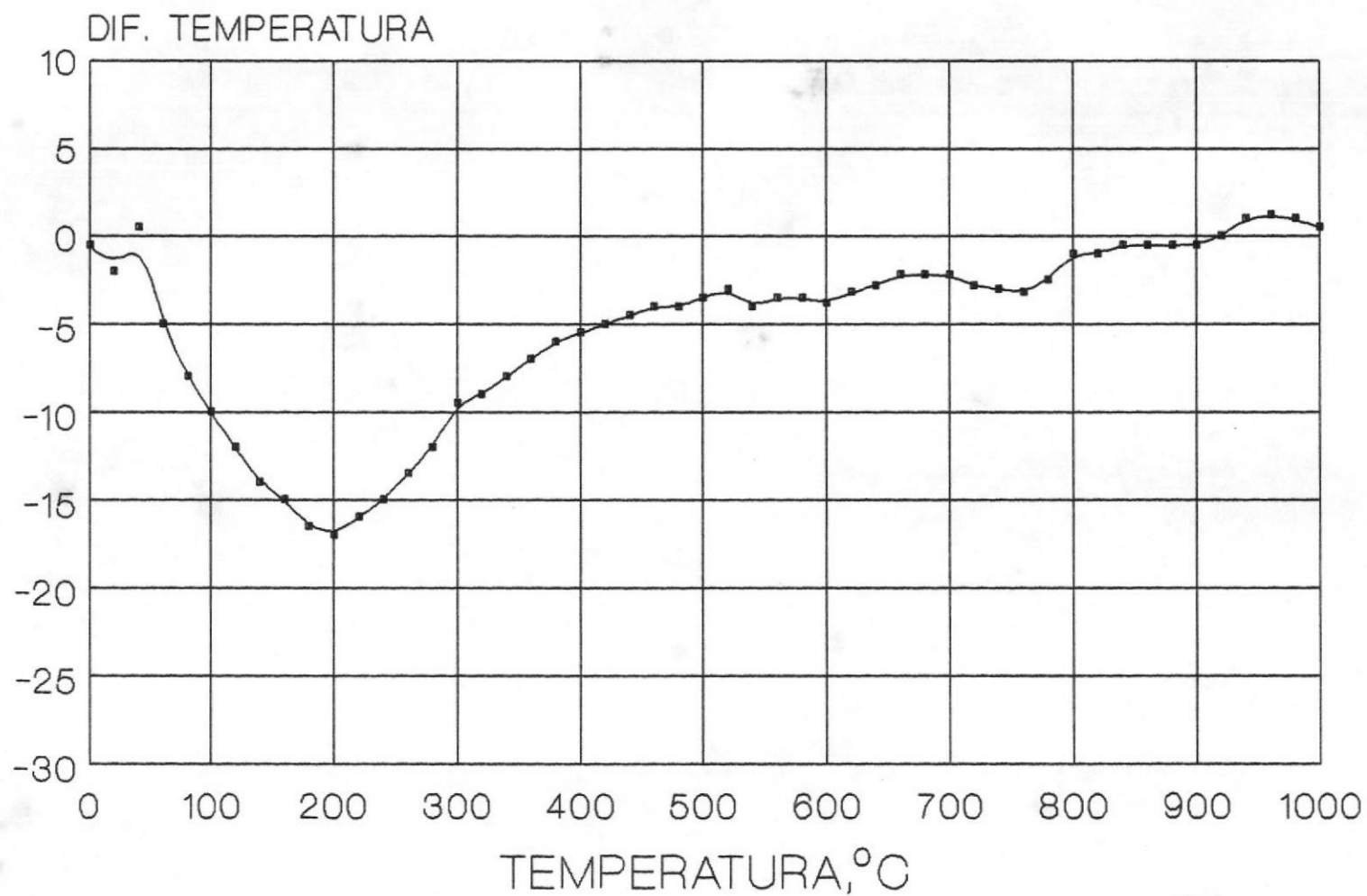
BENTONITA	TIPO
ECUAGEL	SODICA ✓
CHARAZOL	CALCICA ✓
BENCAL	CALCICA ✓
PUNIN	CALCICA ✓
ECUACOL	CALCICA ✓



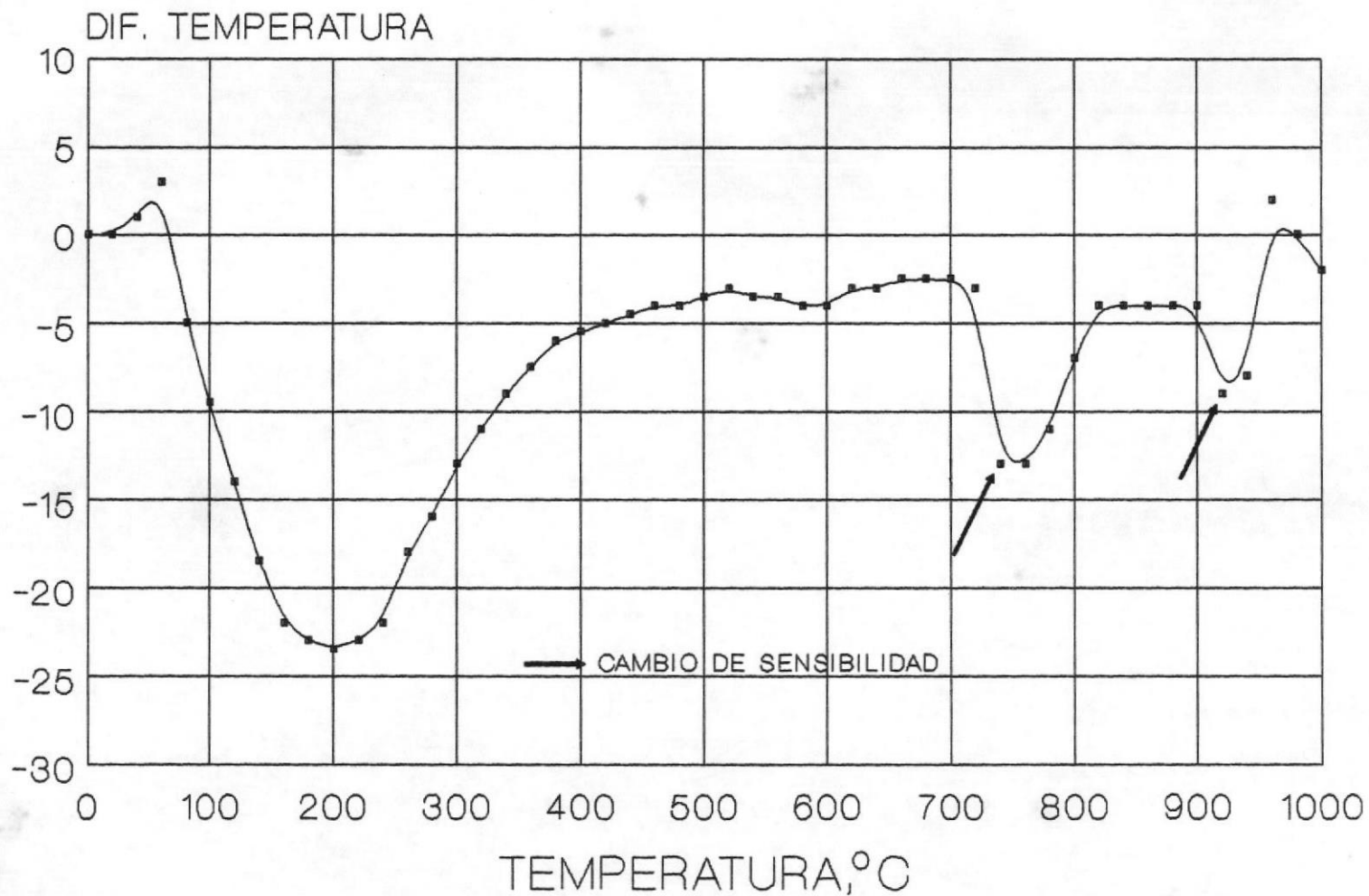
**FIG.2.1 CURVA TERMICO DIFERENCIAL ( BENTONITA ECUAGEL )**



**FIG.2.2 CURVA TERMICO DIFERENCIAL ( BENTONITA BENCAL )**



**FIG.2.3 CURVA TERMICO DIFERENCIAL (BENTONITA CHARAZOL)**



**FIG.2.4 CURVA TERMICO DIFERENCIAL ( BENTONITA PUNIN )**

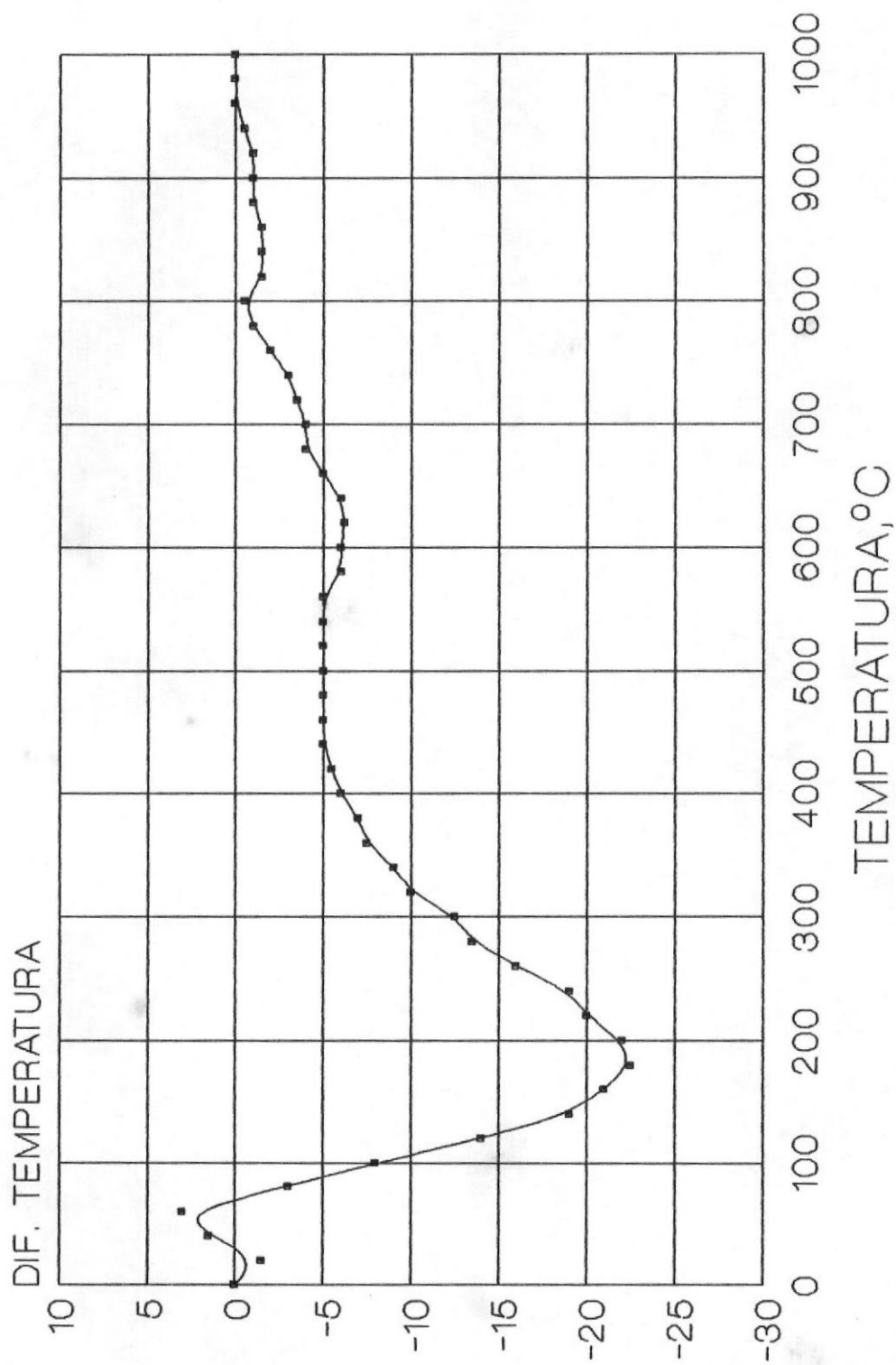


FIG.2.5 CURVA TERMICO DIFERENCIAL( BENTONITA ECUACOL )

## 2.2.6 ENSAYO DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO

### PROCEDIMIENTO

Se prepara primeramente una solución al 2% de pirofosfato de sodio, y una solución estándar de azul de metileno.

Se colocan 0.5 g. de bentonita, 4.5 g. de arena nueva y 50 ml. de solución de pirofosfato de sodio al 2% en un vaso de precipitación. Seguidamente se hace hervir suavemente la solución por 10 minutos. Luego, el vaso de precipitación es colocado bajo una bureta que contenga la solución de azul de metileno, y se añade entre 80% y 90% de la cantidad requerida. La suspensión es agitada durante 2 minutos en un agitador mecánico. Se coloca luego una gota de la suspensión en una hoja de papel filtro (Wathman #50 o equivalente ) para comprobar la presencia de la aureola azul verdosa.

La muestra es titulada con azul de metileno en incrementos de 1 ml. seguida por 2 minutos de agitación, hasta que aparezca la aureola azul verdosa rodeando la mancha oscura en el papel filtro.

El punto final es chequeado agitando la suspensión por otros 2 minutos, y colocando una gota en el papel filtro para comprobar que la aureola persiste.

Además de realizar el procedimiento anterior a las bentonitas en el estado en que fueron adquiridas, se hace el ensayo a éstas luego de ser sometidas durante una hora a temperaturas que se incrementan desde 500 °C hasta 950 °C.

#### RESULTADOS

La cantidad de mililitros, multiplicada por 2, representa la cantidad de meq para 100 gramos de bentonita.

BENTONITA	CII (meq/100g)
ECUAGEL	80
CHARAZOL	92
BENCAL	80
PUNIN	84
ECUACOL	72

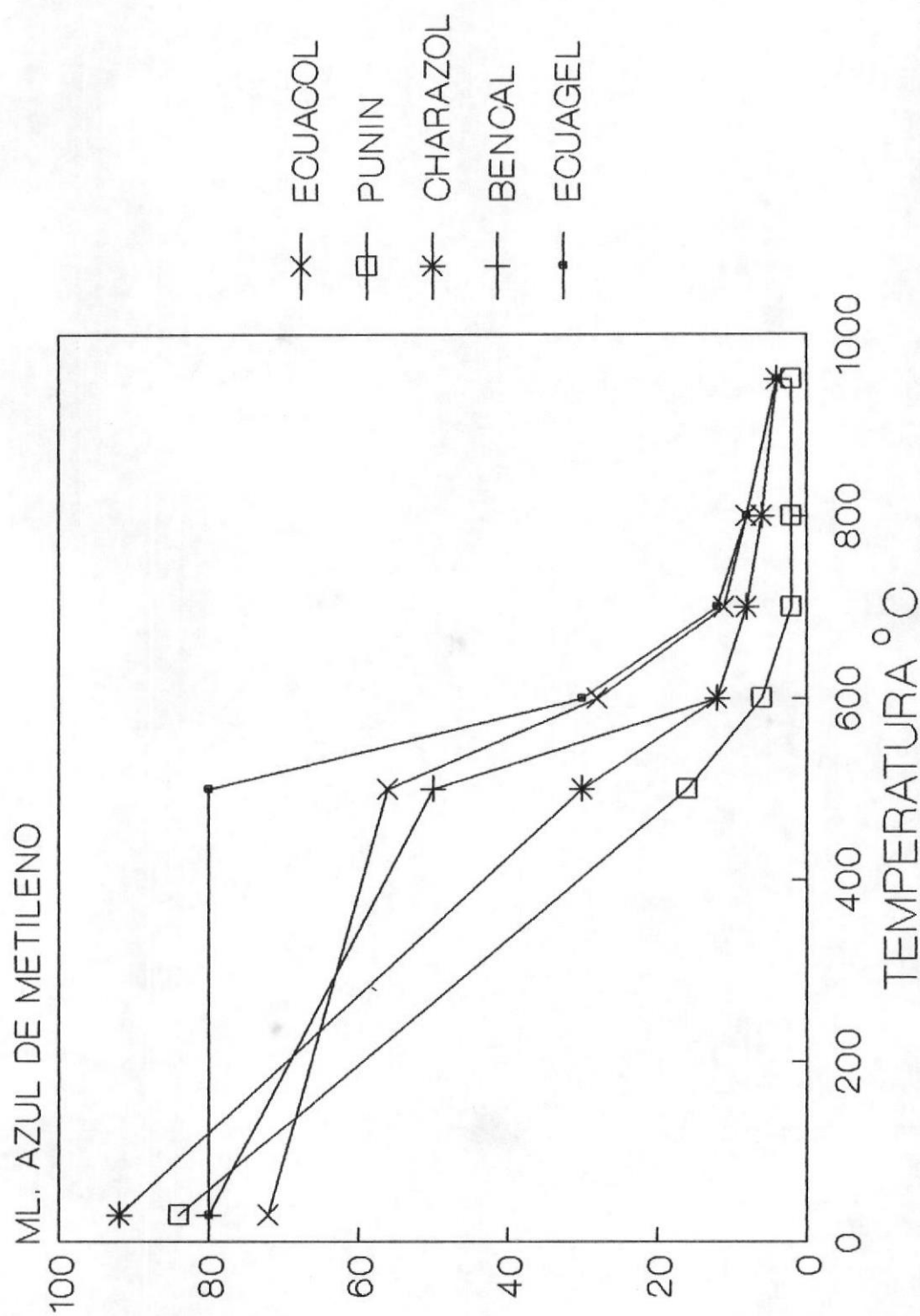


FIG.2.6 CURVA DE DEGRADACION TERMICA (AZUL DE METILENO)

BENTONITAS SOMETIDAS A TEMPERATURAS ELEVADAS

BENTONITA	CII (meq/100g)				
	500 °C	600 °C	700 °C	800 °C	950 °C
ECUAGEL	80	30	12	8	2
BENCAL	50	12	8	6	2
CHARAZOL	30	12	8	6	2
PUNIN	16	6	2	2	1
ECUACOL	56	28	11	8	2

Con los datos de este último cuadro se realiza un gráfico CII (meq/100) vs. T (°C) (Fig. 2.6).

**2.2.7 ENSAYO DE PERDIDAS POR CALCINACION****PROCEDIMIENTO**

Se seca una cantidad de arcilla a 105-110°C durante por lo menos 3 horas. Seguidamente se colocan 5 gramos en un recipiente adecuado, preferiblemente ancho para favorecer la evaporación. Se coloca el recipiente en un horno a 900°C, y se deja permanecer la muestra durante una hora. Se pesa la muestra una vez que se ha enfriado, y se calcula el porcentaje de material

perdido, el cual representa el valor de pérdidas por calcinación.

### RESULTADOS

BENTONITA	PERDIDAS POR CALCINACION
ECUAGEL	4.40%
CHARAZOL	9.64%
BENCAL	6.20%
PUNIN	8.10%
ECUACOL	7.30%

### 2.3 RESULTADOS OBTENIDOS

Un resumen de todas las características de las bentonitas analizadas se muestra a continuación en las Tablas de Características ( Tablas I al V ). En estas tablas no solo se muestran los resultados de los ensayos, sino también el proveedor y el estado de recepción.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION				
DESIGNACION: BENTONITA ECUAGEL				
PROVEEDOR: Sr. WASHINGTON GARZON			FECHA: 16-5-91	
PROCEDENCIA: MANABI			CANTIDAD: 47 Kg	
ANALISIS #: 1				
EXAMEN DE RECEPCION				
ESTADO DE LLEGADA: HUMEDA			COLOR: BLANCA	
HUMEDAD: 10.50 %				
ENSAYOS				
HINCHABILIDAD: 33 CM <sup>3</sup>				
FINURA: 54.76% (TAMIZ 200)				
PH: 8.8				
LIMITE LIQUIDO: 415%				
ANALISIS MINERALOGICO: SODICA				
PERDIDAS POR CALCINACION: 4.4%				
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO: 80 meq/100g				
ANALISIS QUIMICO (%)				
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO
67.98	19.29	0.42	1.58	0.19

TABLA I

CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA ECUAGEL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION				
DESIGNACION: BENTONITA BENCAL				
PROVEEDOR: Sr. LIVIO CARDOSO			FECHA: 16-5-91	
PROCEDENCIA: PENINSULA DE SANTA ELENA			CANTIDAD: 100 Kg	
ANALISIS #: 1				
EXAMEN DE RECEPCION				
ESTADO DE LLEGADA: HUMEDA			COLOR: MARRON	
HUMEDAD: 6.64 %				
ENSAYOS				
HINCHABILIDAD: 9 CM <sup>3</sup>				
FINURA: 89.82% (TAMIZ 200)				
PH: 6.2				
LIMITE LIQUIDO: 110.6 %				
ANALISIS MINERALOGICO: CALCICA				
PERDIDAS POR CALCINACION: 6.20 %				
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO: 80 meq/100g				
ANALISIS QUIMICO (%)				
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO
68.07	18.13	5.16	1.33	0.46

TABLA II

CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA BENCAL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION				
DESIGNACION: BENTONITA CHARAZOL				
PROVEEDOR: Sr. EDUARDO MEJIA PROCEDENCIA: CHARAZOL ANALISIS #: 1			FECHA: 16-5-91 CANTIDAD: 50 Kg	
EXAMEN DE RECEPCION				
ESTADO DE LLEGADA: HUMEDA HUMEDAD: 10.80 %			COLOR: GRIS	
ENSAYOS				
HINCHABILIDAD: 5 - 7 CM <sup>3</sup>				
FINURA: -----				
PH: 4.8				
LIMITE LIQUIDO: 116.8 %				
ANALISIS MINERALOGICO: CALCICA				
PERDIDAS POR CALCINACION: 9.64 %				
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO: 92 meq/100g				
ANALISIS QUIMICO (%)				
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO
66.62	18.29	2.98	1.10	0.19



TABLA III  
CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA CHARAZOL

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION</b>	
<b>DESIGNACION: BENTONITA DE PUNIN</b>	
<b>PROVEEDOR: Sr. SEGUNDO PUNIN</b> <b>PROCEDENCIA: CAÑAR</b> <b>ANALISIS #: 1</b>	<b>FECHA: 04-6-91</b> <b>CANTIDAD: 100 Kg</b>
<b>EXAMEN DE RECEPCION</b>	
<b>ESTADO DE LLEGADA: HUMEDA</b> <b>HUMEDAD: 12.40 %</b>	<b>COLOR: GRIS</b>
<b>ENSAYOS</b>	
<b>HINCHABILIDAD: 7 Cm<sup>3</sup></b>	
<b>FINURA: ---</b>	
<b>PH: 3.9</b>	
<b>LIMITE LIQUIDO: 119.2 %</b>	
<b>ANALISIS MINERALOGICO: CALCICA</b>	
<b>PERDIDAS POR CALCINACION: 7.10%</b>	
<b>CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO: 84 meq/100g</b>	

TABLA IV

CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA PUNIN

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE FUNDICION</b>	
<b>DESIGNACION:</b> BENTONITA DE ECUACOL	
<b>PROVEEDOR:</b> Sr. WILLIAM MEYERS <b>PROCEDENCIA:</b> MANABI <b>ANALISIS #:</b> 1	<b>FECHA:</b> 20-6-91 <b>CANTIDAD:</b> 20 Kg
<b>EXAMEN DE RECEPCION</b>	
<b>ESTADO DE LLEGADA:</b> HUMEDA <b>HUMEDAD:</b> 8.20 %	<b>COLOR:</b> MARRON
<b>ENSAYOS</b>	
<b>HINCHABILIDAD:</b> 11 Cm <sup>3</sup> <b>FINURA:</b> 97.24% (TAMIZ 200) <b>PH:</b> 8.7 <b>LIMITE LIQUIDO:</b> 161.2 % <b>ANALISIS MINERALOGICO:</b> CALCICA <b>PERDIDAS POR CALCINACION:</b> 8.30% <b>CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO:</b> 72 meq/100g	

**TABLA V**  
**CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA ECUACOL**

## ANALISIS DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos se observa que las finuras de la bentonita Bencal y de la bentonita Ecuacol son adecuadas para la fundición, ya que cumplen la norma de la A.F.S. de tener mínimo un 60% de material que pase a través del tamiz 200.

Todas las bentonitas analizadas cumplen la recomendación de la ATEF de tener una humedad entre 6 y 12 por 100.

Las bentonitas analizadas tienen valores de hinchabilidad que se encuentran entre los límites permisibles para uso en fundición (mayor que 5 para las bentonitas cálcicas, y mayor que 20 para las sódicas); sin embargo, la bentonita Ecuagel muestra una hinchabilidad excepcionalmente alta, lo que la hace muy adecuada para la preparación de moldes. Las bentonitas Ecuacol y Bencal tienen niveles de hinchabilidad también altos, adecuados para permitir una buena aglutinación en las mezclas.

La bentonita Ecuagel presenta un límite líquido alto (415%), lo que indica que va a retener el agua fuertemente durante el proceso de colado, y no va a ser muy afectada

por la deshidratación térmica. La bentonita Ecuacol también presenta un valor de límite líquido muy adecuado (161.2%).

La bentonita Ecuagel, al ser sódica, es la que debe presentar mejores características para el moldeo en verde. Sin embargo, las demás bentonitas cálcicas pueden usarse con éxito en la fundición de diversos tipos de piezas, tales como las no ferrosas.

Todas las bentonitas, a excepción de la bentonita Ecuacol, se encuentran en el rango de valores aceptables de capacidad de intercambio iónico, es decir, entre 80 y 100 meq/100g. Esto indica que la mayoría poseen buenas propiedades de retención de agua durante el moldeo.

Sin embargo, en el gráfico de degradación térmica se observa que las bentonitas Ecuagel y Ecuacol son las menos afectadas por las altas temperaturas en el colado.

Las bentonitas analizadas tienen valores de pérdidas por calcinación que se ajustan a los requeridos para la industria de la fundición, es decir, entre 4 y 10%.

El pH de las bentonitas Ecuagel, Bencal y Ecuacol se encuentran en el rango requerido (8 a 10 para las bentonitas sódicas, y 7 a 8 para las bentonitas cálcicas), así que es apropiado su uso en fundición.

El análisis químico muestra que el contenido de óxido de silicio es relativamente bajo en las cuatro bentonitas analizadas, lo que significa que la refractariedad de las bentonitas es alta, es decir, soportan altas temperaturas sin fundirse. Del mismo modo, el contenido de óxido de calcio es en todas menor que 0.007 %, valor límite dado por la A.F.S., lo que significa que tienen alta resistencia contra el metal fundido.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Habiendo realizado la discusión de los resultados de este proyecto, concluiremos:

Las bentonitas nacionales, en general, pueden ser usadas satisfactoriamente en procesos de moldeo para producir piezas fundidas de excelente calidad.

La bentonita Ecuagel puede ser usada con éxito en la producción de piezas fundidas ferrosas debido a que las propiedades que presenta, a excepción de la finura, son las de una bentonita sódica de óptima calidad.

Ya que la finura de la bentonita Ecuagel podría disminuir sus excelentes características, se recomienda desarrollar un mecanismo de beneficio a través del cual se consiga una finura adecuada ( mayor del 60 % a través del tamiz 200 ) en esta arcilla.

Las bentonitas Bencal y Ecuacol, aunque son cálcicas, muestran propiedades excelentes y en definitiva pueden ser usadas para obtener piezas no ferrosas carentes de defectos.

Habiendo en el País bentonitas sódicas y cálcicas de excelentes características, es posible usar estas bentonitas para crear mezclas que satisfagan cualquier requerimiento en cuanto a resistencia, refractariedad, permeabilidad, etc. de los moldes en verde.

Se recomienda difundir el conocimiento de las cualidades de estas bentonitas nacionales, señalando el uso correcto de cada una de las arcillas, de tal manera que su uso se generalice entre los fundidores y se evite la importación de bentonitas que, además de no resolver el problema de mala calidad, encarecen la fabricación de las piezas fundidas.

## BIBLIOGRAFIA

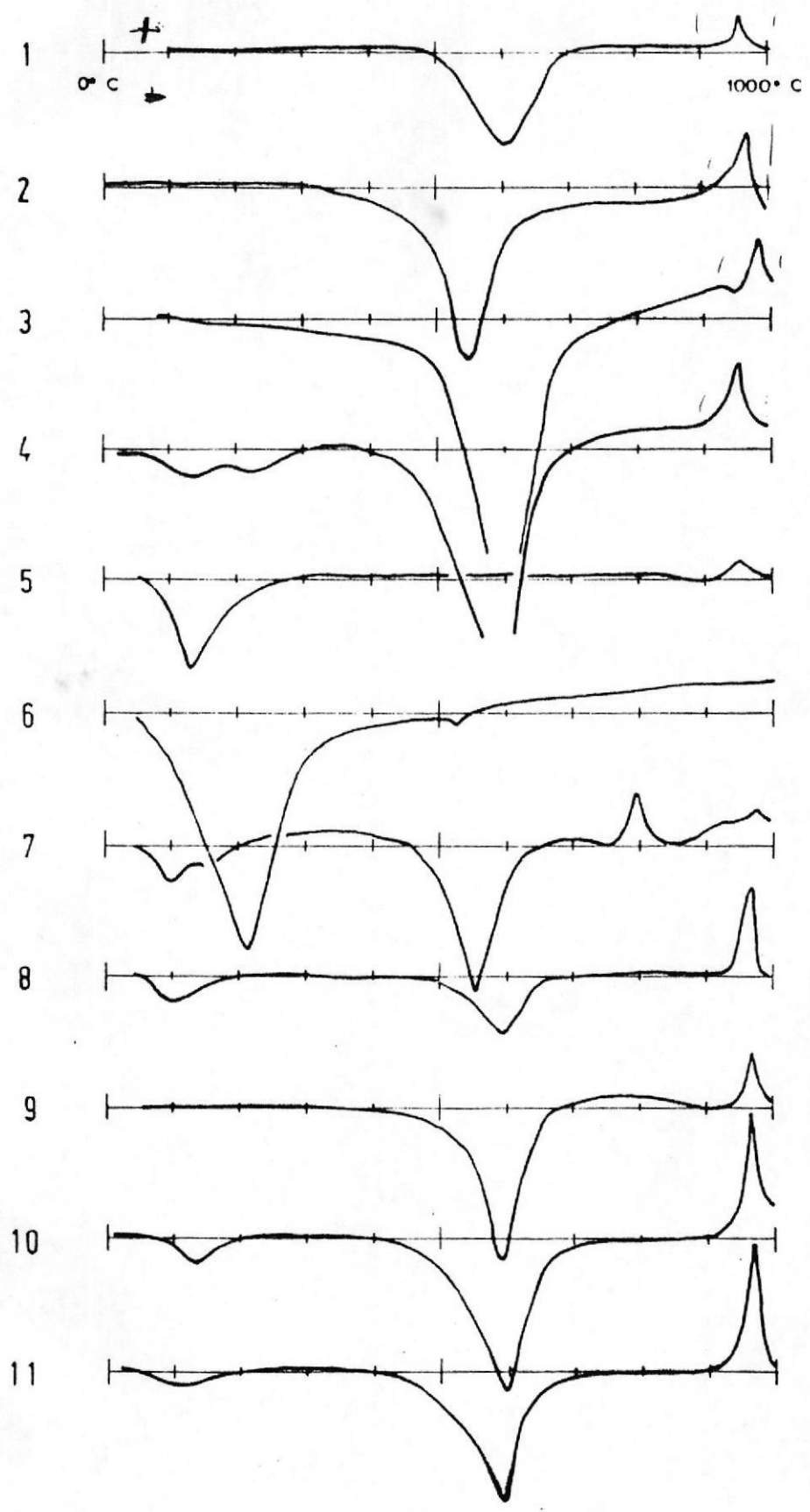
- Arenas de moldeo. Centro de Desarrollo CENDES.  
(transferencia de tecnología).
- Arenas de Moldeo, Ignacio Fernández de Aguirre y Alberto Muro, Editecnia, Madrid.
- Clay Bonded Foundry Sand. Parkes W. B. Applied Science publishers LTD, London 1971.
- Clay Mineralogy, Ralph E. Grim, Mc Graw Hill Internacional series in the Earth and Planetary Sciences, Illinois, 1968.
- Ensayos de Arenas y Arcillas para Fundición. Coello Porrás Gerardo. ESPOL, 1983.
- Foundry Sand Practice. Clyde A. Sanders. American Colloid Company, Skokie, Illinois. Edición 5.
- Foundry Sand Handbook, American Foundrymen's Society Incorporate, Chicago Illinois, 1952. Edición 6.

- Functional Properties of Na and Ca Bentonites in green Sand Systems, Artículo de I. E. Odom, American Colloid Company, Arlington Heights.
  
- Types of Clay for Bonding Greensand, Bcira Broadsheet 42 Alvechurch Birmingham, Inglaterra, 1986.
  
- Manuales para Clases de Fundición, A.F.S , Copia de la ESPOL, 1980.
  
- Bentonitas para fundición, Documento ATEF 5/1 de la Asociación Técnica y de Investigación de Fundición, Enero, 1974.

ANEXO # 1

CURVAS PATRONES PARA EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

1. CAOLINITA
2. CAOLINITA
3. CAOLINITA BIEN CRISTALIZADA
4. CAOLINITA POBREMENTE CRISTALIZADA
5. ALOFANO
6. ALOFANO
7. ALOFANO
8. ANAUXITA
9. ANAUXITA
10. BALL CLAY
11. BALL CLAY



12. DICKITA

13. DICKITA

14. FIRE CLAY

15. HALOISITA

16. HALOISITA HIDRATADA

17. METAHALOISITA

18. HISINGERITA

19. NACRITA

20. MONTMORILLONITA

21. MONTMORILLONITA

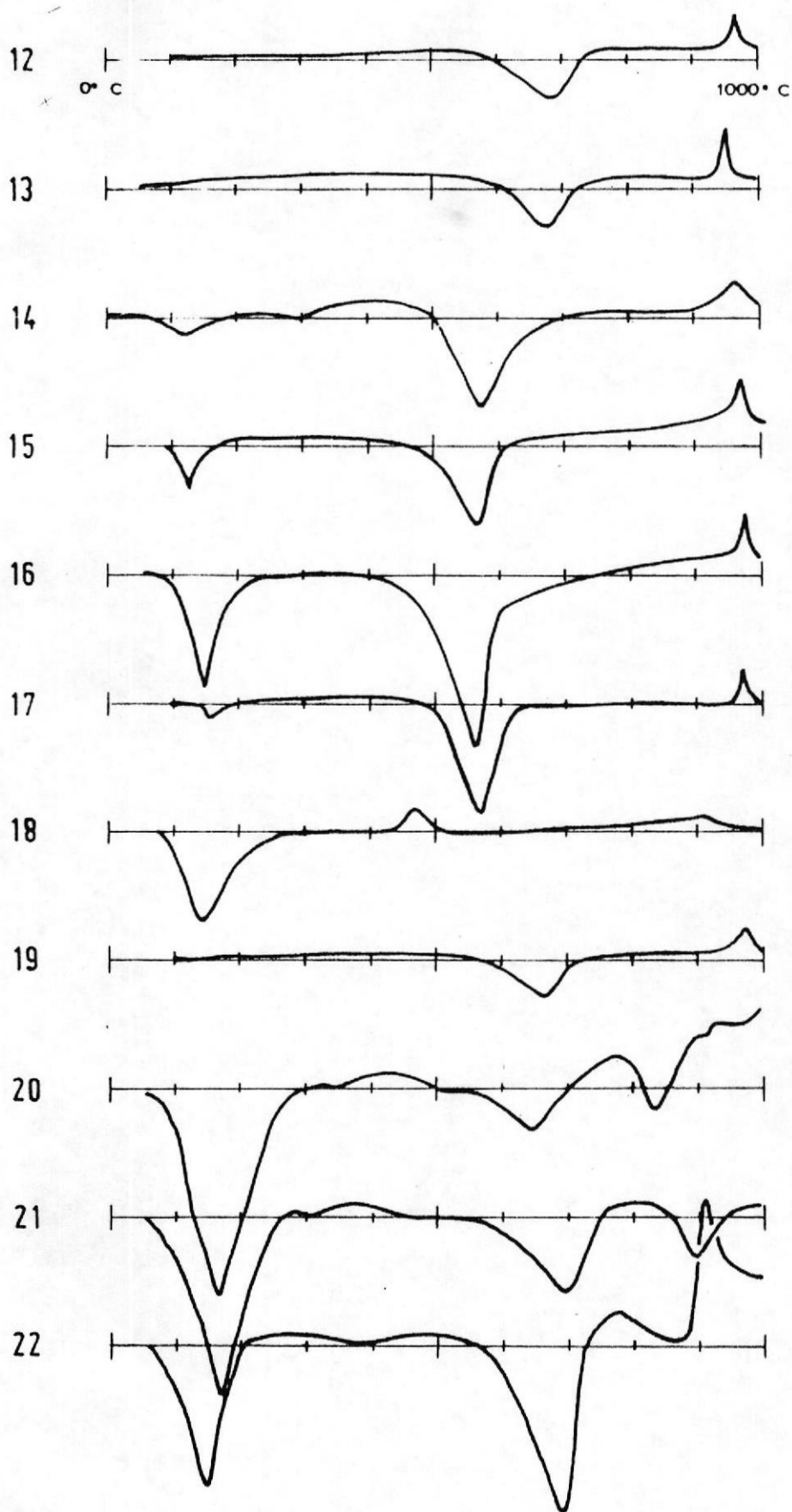
22. MONTMORILLONITA



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA



23. MONTMORILLONITA

24. MONTMORILLONITA

25. MONTMORILLONITA

26. MONTMORILLONITA

27. MONTMORILLONITA

28. MONTMORILLONITA

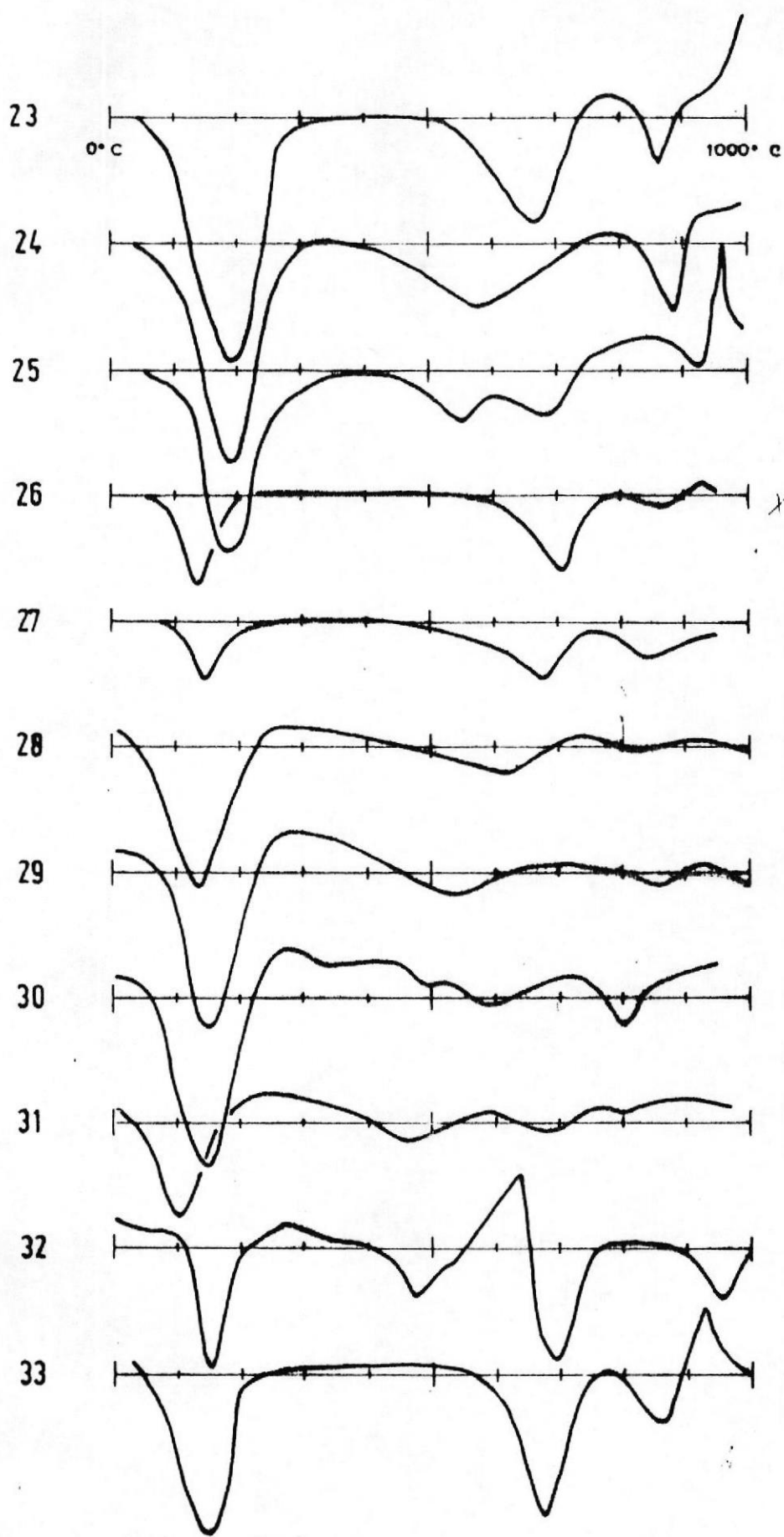
29. MONTMORILLONITA

30. MONTMORILLONITA

31. MONTMORILLONITA

32. MONTMORILLONITA

33. MONTMORILLONITA



34. MONTMORILLONITA
35. MONTMORILLONITA
36. SMECTITA
37. MONTMORILLONITA—Li, pre calentada a 70°C
38. MONTMORILLONITA—Li, pre calentada a 190°C
39. MONTMORILLONITA - Na
40. MONTMORILLONITA - Na
41. BEIDELITA
42. BEIDELITA
43. BENTONITA
44. HECTORITA

