

Ciemat	INSTITUTO DE MEDIOAMBIENTE	FEBEX
Nº HOJAS: 27	INFORME CIEMAT-IMA	70-IMA-L-3-1 REVISIÓN: 1

SELECCION, HOMOGENEIZACION
Y ANALISIS DE UNA PARTIDA DE BENTONITA
PROCEDENTE DE LA CANTERA "LA SERRATA" (Almería),
PARA EL PROYECTO FEBEX

Benigno Ruiz Esteban

M^a Victoria Villar Galicia

Operadores: Ramón Campos
Alicia Pelayo
Joaquín Almendrote
Juan Aroz
José Bachiller
Alejandro Moreno

MADRID, ENERO DE 1.996

PREPARADO (Prepared)	REVISADO (Revised)	APROBADO (Approved)
FECHA (Date): 22-3-96	FECHA (Date): 22-3-96	FECHA (Date): 22-3-96
FIRMA (Signature): B. Ruiz / M.V. Villar 	FIRMA (Signature): P.L. Martín 	FIRMA (Signature): P. Rivas 

1. INTRODUCCION.....	3
2. PROCESO DE SELECCION DE ZONAS Y MUESTREO	3
2.1 Características de la corta.....	3
2.2 Superficie de muestreo y criterio de toma de muestras	4
2.3 Distribución de la bentonita aflorante en la corta	4
2.4 Análisis de las muestras en laboratorio.....	5
2.5 Selección de la zona de extracción.....	6
2.6 Arranque y homogeneización. Pasos previos.	6
2.7 Muestreo previo de la pila elegida.....	7
3. ACONDICIONAMIENTO DE EXPLANADA, TRANSPORTE Y HOMOGENEIZACION... 7	
3.1 Acondicionamiento de explanada	7
3.2 Transporte desde la pila de acopio a la parva.....	8
3.3 Homogeneización, secado y estriado.....	8
3.4 Toma de muestras en parva	8
3.5 Apilamiento de parva.....	9
3.6 Análisis de muestras en laboratorio	9
4. CONCLUSIONES	10
5. BIBLIOGRAFIA	11

Ciemat	INFORME CIEMAT-IMA	PÁGINA 3 DE 27
70-IMA-L-3-1	ACOPIO DE BENTONITA-PROYECTO FEBEX	REVISIÓN 1

**SELECCIÓN, HOMOGENEIZACIÓN Y ANÁLISIS DE UNA PARTIDA DE BENTONITA
PROCEDENTE DE LA CANTERA "LA SERRATA" (Almería), PARA EL PROYECTO
FEBEX.**

1. INTRODUCCION

Las bentonitas del yacimiento de Cortijo de Archidona (Serrata de Níjar, Almería) se eligieron entre otras de la zona de Cabo de Gata como material español de referencia para relleno y sellado de almacenamientos de residuos radiactivos de alta actividad (Rivas et al. 1991). Desde entonces la División de Geología de CIEMAT ha continuado trabajando con este material y caracterizándolo detalladamente en sus propiedades físico-químicas, mecánicas, comportamiento termohidráulico y geoquímico y comportamiento en estado subsaturado.

La Serrata es un yacimiento de bentonita propiedad de Minas de Gador, explotado en corta y ubicado en el cuadrante SW de la hoja 1046 (Carboneras).

Ante la necesidad de hacer un acopio de este material próximo a las 300 Tm (una vez procesado) para el Proyecto FEBEX y dada la variabilidad cromática y textural que se observa en la bentonita del yacimiento, se propuso la conveniencia de un muestreo sistemático para comprobar su homogeneidad y variabilidad espacial de propiedades y permitir, en función de los parámetros físico-químicos medidos, seleccionar una zona/s de la explotación con garantías de extraer el material que cumpla con los requisitos paramétricos exigidos en los Proyectos de Campo Próximo.

2. PROCESO DE SELECCION DE ZONAS Y MUESTREO

Con fecha 29-10-95 dos técnicos y dos operadores del CIEMAT, acompañados por el Ingeniero Técnico Jefe de la explotación, se desplazan a la corta de La Serrata para diseñar y poner en marcha las tareas e iniciar un muestreo representativo.

2.1 Características de la corta

La configuración actual de la corta presenta una explotación en fase final de aprovechamiento. Los astiales que dan forma al hueco de excavación están compuestos por rocas volcánicas estériles y la bentonita aflora exclusivamente en la base de la corta (Fig. 1).

La excavación se orienta siguiendo una dirección N100°E y actualmente alcanza las dimensiones siguientes: Longitud 258 m, anchura máxima y mínima de la base de 30 m y de 15 m respectivamente.

La bentonita de mejor calidad se sitúa en el centro geométrico de la corta. Hay que destacar que el sector oeste está ya agotado y el sector este se estrecha hasta quedar reducido a 4 m.

2.2 Superficie de muestreo y criterio de toma de muestras

Condicionadas por las características de la explotación expuestas en el apartado 2.1 se ha seleccionado en el centro de la cantera una superficie de 120 x 15 m : 1800 m² (Fig. 2). Sobre esta superficie se estaquillan 5 perfiles distanciados entre sí 25 y 35 m orientados con dirección NS (Fig. 1).

En el perfil nº1 se han marcado 4 calicatas para muestreo, en cada uno de los perfiles nº2, 3 y 4 se han marcado 3 calicatas y por último en el perfil nº5 se han marcado 2 calicatas. De esta forma se han obtenido 15 muestras de aproximadamente 2 kg con referencias C-1.1 a C-5.2 (C por cantera, la primera cifra responde al número de perfil de muestreo y la segunda al número de muestra dentro del perfil, de sur a norte correlativamente, según se explica en el Procedimiento IMA/BI-B0: Muestreo en cantera).

Para eliminar la alteración superficial y garantizar la calidad de la muestra se excava 1 m en cada uno de los puntos marcados. Con la distribución de muestras descrita se pretende que los resultados analíticos sean representativos de la distribución y calidad de la bentonita en la explotación.

En fechas posteriores, en el centro de la zona elegida se excava una calicata y se realiza un levantamiento en base a la calidad y coloración de la bentonita (Fig. 3). Se realiza también un perfil paralelo a los anteriores por encima del nº1 del que se toman 7 muestras con referencia C-0#.

2.3 Distribución de la bentonita aflorante en la corta

De las anotaciones tomadas en cada una de las calicatas se extraen datos para hacer la siguiente valoración del comportamiento de la bentonita en afloramiento:

1. La presencia de bentonita coincide con la dirección de las fallas de tensión de la cizalla de La Serrata. En esencia el plano de falla es subvertical y puede buzarse al norte o al sur.
2. La falla marca el límite entre la roca de techo y la bentonita.

3. La roca a techo corresponde a una riodacita compacta de color gris claro.
4. La roca a muro corresponde a una toba volcánica formada por abundantes cantos volcánicos de distinta naturaleza.
5. La composición de las rocas encajantes es de gran importancia en el yacimiento puesto que parece existir correspondencia de la calidad de la bentonita con la naturaleza de roca alterada encajante.
6. Las bentonitas más limpias se localizan siempre en el techo y en el centro, donde predominan los materiales de colores blancos y rosados (Fig. 3), mientras que en el muro la bentonita es más impura.
7. De la disposición de la bentonita parece deducirse que las fracturas han favorecido la circulación de fluidos para la alteración hidrotermal de las rocas asociadas.

2.4 Análisis de las muestras en laboratorio

La arcilla proveniente del muestreo realizado por CIEMAT en la cantera Cortijo de Archidona (Serrata de Níjar, Almería) el 30-10-95 se recibió en el Laboratorio de Suelos de la División de Geología de CIEMAT el 31-10-95.

Una vez recepcionadas las muestras en laboratorio, éstas se prepararon según se explica en el Procedimiento IMA/BI-B0 sobre Muestreo en cantera, siguiendo la Norma UNE 103-100:

1. Extendido de la muestras en bandeja y secado al aire (muestras C-2.1, C-3.2 y C-4.3) o en estufa a 60°C (resto de muestras) durante 48 horas.
2. Disgregación de terrones mediante mazo de goma y/o rodillo de madera.
3. Paso de la muestra por el tamiz de 5 mm (UNE 7-050 n°64) y pesada del pasante y de lo retenido, para obtener el porcentaje de partículas menores de 5 mm en la muestra.

Una vez preparada la muestra se han realizado una serie de ensayos sobre la fracción menor de 5 mm, que aportan parámetros que, a la vez de ser rápidos de determinar, dan una información fundamental sobre las características del material, y permiten decidir sobre la idoneidad o no de éste como material de barrera. Estas determinaciones son:

- Determinación de la humedad por secado en estufa a 110°C durante 24 horas (Norma UNE 103-300-93).
- Determinación del límite líquido con el aparato de Casagrande sobre la fracción que pasa por el tamiz de abertura 0.4 mm (UNE 7-050 n°86), según el Procedimiento IMA/BI-F12, conforme a la Norma UNE 103-103-93.

Ciemat	INFORME CIEMAT-IMA	PÁGINA 6 DE 27
70-IMA-L-3-1	ACOPIO DE BENTONITA-PROYECTO FEBEX	REVISIÓN 1

- Análisis granulométrico por tamizado, siguiendo el Procedimiento IMA/BI-F5, conforme a la Norma UNE 103-101). De este análisis se han destacado los valores que corresponden al porcentaje de partículas inferior a 2 mm y a 0.074 mm.
- Determinación de la presión de hinchamiento de probetas compactadas uniaxialmente a densidad seca 1.6 g/cm³ con la humedad alcanzada por la arcilla al final del proceso de secado. Se ha seguido el Procedimiento IMA/BI-F21.
- Determinación de la superficie específica externa BET, según el Procedimiento IMA/BI-F11.

Los resultados obtenidos se reflejan en la Tabla I.

2.5 Selección de la zona de extracción

Los criterios establecidos para delimitación de la zona de extracción del material han sido:

- Presión de hinchamiento comprendida entre 30 y 70 kg/cm² para densidad seca 1.6 g/cm³, ya que estos son los valores determinados con anterioridad y sobre los que se ha realizado el diseño de la maqueta y del ensayo de Grimsel (Villar & Rivas, 1994).
- Límite líquido superior a 95%, que es el valor determinado para el material utilizado en los últimos años en el laboratorio. Este valor garantiza a priori un Índice de plasticidad próximo a 50, ya que el Límite plástico está en torno a 50% en todas las determinaciones realizadas sobre material proveniente de esta cantera.
- Porcentaje de partículas mayores de 5 mm inferior al 5% y porcentaje de partículas menores de 74 m superior al 85%, para evitar contenidos demasiado altos en roca volcánica.

Teniendo en cuenta estos criterios y las observaciones de campo se seleccionó la zona delimitada en la Fig. 2, que comprende la zona central entre los perfiles 1 y 3.

2.6 Arranque y homogeneización. Pasos previos.

Con fecha 30-11-95 se celebra una reunión en las dependencias de la planta de tratamiento en Almería a la que asisten dos técnicos del CIEMAT, dos técnicos de AITEMIN y la Dirección de Minas de Gador, S.A. con el objeto de informar de los procesos a seguir en el arranque y homogeneización de bentonita.

En esta reunión AITEMIN presenta un documento con 18 puntos que recoge las normas a seguir en los procesos citados. Se analiza el documento, se desestima alguno de los puntos y

Ciemat	INFORME CIEMAT-IMA	PÁGINA 7 DE 27
70-IMA-L-3-1	ACOPIO DE BENTONITA-PROYECTO FEBEX	REVISIÓN 1

se adoptan las siguientes variantes : 1) reducir el número de parvas, 2) aumentar el espesor de la parva a 30 cm, 3) empleo de máquina de cadenas para arado y volteo, 4) utilización de rotavator para trituración, 5) estriado manual de cantos volcánicos, 6) secado natural, 7) repetición de estas operaciones las veces que se considere necesario por los técnicos responsables. Finalizada la reunión nos trasladamos a la corta para delimitar la zona de arranque. Se estaquilló una superficie de 10 x 30 m (Fig. 2), que se había seleccionado previamente (apartado 2.4). Se fija la fecha del 12.12.95 para el comienzo del arranque y preparación.

Discrepancias económicas y técnicas dieron lugar a que Minas de Gador, propusiera como alternativa una pila de bentonita rosada (Figs. 5 y 6) de 900 Tm arrancada en el año 1994 de la zona de corta previamente elegida. De las características observadas de visu en la pila de bentonita tales como color rosado y contenido en volcánicos se puede deducir que fue arrancada de la zona seleccionada.

2.7 Muestreo previo de la pila elegida

El día 2-12-95 se toman de la pila de bentonita propuesta por Minas de Gador, S.A. 8 muestras, distribuidas como se observa en la Fig. 7. Transportadas al CIEMAT y analizadas en los laboratorios de Técnicas Geológicas se confirma que las propiedades físico-químicas de las bentonitas de la pila cumplen las especificaciones exigidas (Tabla II). Al valorar las ventajas que supone partir de esta bentonita ya arrancada y con menor grado de humedad, se tomó la decisión de continuar con los procesos de homogeneización y preparación de este material.

3. ACONDICIONAMIENTO DE EXPLANADA, TRANSPORTE Y HOMOGENEIZACION.

Con fecha 14-12-95 se confirmó el comienzo del proceso para el día 18-12-95, siguiendo básicamente los procedimientos habituales de Minas de Gador, S.A. El control de la homogeneización del material queda bajo la responsabilidad del CIEMAT y AITEMIN.

3.1 Acondicionamiento de explanada

Con pala excavadora de cadenas CAT-955 L se acondiciona y allana una superficie de 1625 m² (65 x 25 m). Esta superficie es utilizada con frecuencia para secado y homogeneización de distintas partidas de bentonita por lo que la base de la misma está cubierta por una capa de bentonita compactada, lo cual facilitó la maniobra de compactación (Fig. 8).

Ciemat	INFORME CIEMAT-IMA	PÁGINA 8 DE 27
70-IMA-L-3-1	ACOPIO DE BENTONITA-PROYECTO FEBEX	REVISIÓN 1

3.2 Transporte desde la pila de acopio a la parva

La proximidad de la pila de acopio a la explanada permitió realizar las operaciones de transporte durante la mañana del día 18-1-95. El transporte se hizo con camión basculante Pegaso de 20 Tm. Se realizaron un total de 16 viajes con un peso aproximado de 620 Tm. La bentonita se distribuye en toda la explanada tal y como se muestra en la Fig. 9.

Durante la tarde se procede con la pala mecánica a extender la bentonita (Figs. 10 y 11).

Para favorecer la maniobrabilidad de la pala de cadenas y el rotavator se hace una sola parva de 65 x 22 x 0,30 m (430 m³). Estimada la densidad del material en 1.5 g/cm³ se tiene una estimación de 645 Tm de material. Finalmente se hacen controles de potencia de parva y se corrigen en varios puntos hasta alcanzar la uniformidad de 0,30 m.

3.3 Homogeneización, secado y estriado

La homogeneización se hace mediante pala de cadenas y rotavator. La pala de cadenas hace la función de arado y volteo del material bentonítico y el rotavator desmenuza y homogeneiza (Figs. 12 y 13).

El día 19 durante la mañana se realizan tres pasadas completas en la parva, es decir pasada de pala y pasada de rotavator. Se extraen a mano los cantos volcánicos.

A continuación, una vez extendida la parva, se deja secar de forma natural hasta el día siguiente, con una temperatura media ambiental de 14 °C.

El día 20 se realizan las mismas labores que el día anterior. La climatología es excelente para el secado, día soleado con temperaturas medias de 20°. El proceso de homogeneización da lugar a que el tamaño de grano en parva sea menor que el día anterior (Figs 14 y 15).

En la mañana del día 21 se realizan otras 2 pasadas completas que sumadas a las 6 de los días anteriores hacen un total de 8. Por parte de los técnicos responsables se considera que el material ha alcanzado el grado de homogeneización deseado dándose por finalizada esta operación. La parva permanece secándose durante 4 horas (Figs. 16 y 17) y a continuación se procede al muestreo. El día es soleado con temperatura media de 20°.

3.4 Toma de muestras en parva

Para evitar la posible contaminación de los bordes de la parva se desprecian estos y se delimitan, con estaquillas una superficie de 20 x 60 m = 1200 m², que con una potencia media

Ciemat	INFORME CIEMAT-IMA	PÁGINA 9 DE 27
70-IMA-L-3-1	ACOPIO DE BENTONITA-PROYECTO FEBEX	REVISIÓN 1

de parva de 0.30 m y densidad de 1.5 g/cm^3 , permiten estimar un total de 540 Tm de material.

Sirviéndonos de brújula y cinta métrica la superficie estaquillada se subdivide en 48 cuadrículas con una superficie de 25 m^2 (Fig. 18), según se explica en el Procedimiento IMA/BI-B1. De cada cuadrícula se toma una muestra de 3 a 4 Kg y se envasa en bolsas de plástico, numeradas de P-1 a P-48 (Figs. 19 y 20), reservándose AITEMIN una sola muestra de 3 a 4 Kg que contiene una porción de cada una de las 48 muestras extraídas.

3.5 Apilamiento de parva

El día 22 se procede a recoger la parva y amontonarla en una sola pila, en cuyo estado debe permanecer hasta que los resultados analíticos del muestreo determinen si la homogeneización es la requerida, en cuyo caso el material se transportará a fábrica para continuar el proceso, o por el contrario debe de continuar la homogeneización en parva.

Se discute la conveniencia de cubrir la pila con plástico o dejarla sometida a los agentes atmosféricos. Se decide no cubrirla para facilitar el oreo.

El mismo día se trasladan a Madrid las 48 muestras y se entregan en el laboratorio de Técnicas Geológicas, para estudios analíticos.

Se acompaña un estadillo en Anexo I con las actividades diarias.

3.6 Análisis de muestras en laboratorio

Según lo determinado en el Procedimiento IMA/BI-B1 sobre Procesado de la arcilla, las muestras recibidas en laboratorio se secaron al aire extendidas en bandeja durante 72 horas, alcanzando éstas una humedad próxima al 21%. De cada una de estas muestras se tomó la mitad para dar lugar a un muestra única que se mezcló cuidadosamente y de la que se extrajeron, por cuarteos sucesivos, 10 alícuotas que se referenciaron H-1 a H-10. Estas 10 muestras, más otras 11 de las cogidas en la parva según se muestra en la Fig. 3, son las analizadas en laboratorio.

El proceso de preparación de las muestras y las determinaciones realizadas son los detallados en el Procedimiento IMA/BI-B1 (Procesado de la arcilla), que están básicamente descritos en el apartado 2.4: humedad (w), granulometría, límite líquido (w_l) y presión de hinchamiento (Ph) para densidad seca 1.6 g/cm^3 . Se ha determinado también el Límite plástico (w_p). Por diferencia de los valores del Límite líquido y del Límite plástico se obtiene el Índice de Plasticidad (I_p).

Ciemat	INFORME CIEMAT-IMA	PÁGINA 10 DE 27
70-IMA-L-3-1	ACOPIO DE BENTONITA-PROYECTO FEBEX	REVISIÓN 1

Se ha realizado también difracción de rayos X sobre la fracción menor de 2 μ de las muestras H-5 y H-6, obteniéndose un porcentaje de montmorillonita del 100%, lo que corrobora la buena calidad del material.

Los valores obtenidos se recogen en la Tabla III. Se observan unos valores medios de acuerdo con los resultados experimentales que hasta el momento se tenían del material y dentro de los rangos de validez delimitados (apartado 2.4). Así para las muestras H-# se tienen unos valores medios de:

- Humedad después de 72 horas de secado al aire: 22%.
- Porcentaje de partículas menores de 5 mm: 97%.
- Porcentaje de partículas menores de 74 μ : 87%.
- Límite líquido: 98%.
- Índice de plasticidad: 49%.

La dispersión observada en los valores obtenidos para las diferentes muestras de parva (P-#) no es grande, estando prácticamente dentro de los límites impuestos por los métodos de medida, por lo que se puede considerar que el proceso de homogeneización, que se completará en planta, ha sido efectivo.

4. CONCLUSIONES

- El yacimiento de Cortijo de Archidona está en fase final de explotación, siendo la zona de extracción de material apropiado para la fabricación de barreras de ingeniería restringida.
- Las variaciones en calidad y propiedades del material parecen ser debidas exclusivamente al porcentaje de roca volcánica mezclado con la bentonita.
- La bentonita, considerada como material puramente arcilloso, parece homogénea en toda la zona de cantera muestreada, manteniendo sus propiedades dentro de rangos aceptables. Este aspecto se confirmará tras los análisis mineralógicos y químicos.
- La pila elegida satisface los requerimientos del material de barrera y ha adquirido una homogeneidad buena después del proceso realizado en cantera.

5. BIBLIOGRAFIA

RIVAS, P.; VILLAR, M.V.; CAMPOS, R.; PELAYO, M.; MARTIN, P.L.; GOMEZ, P.; TURRERO, M.J.; HERNANDEZ, A.I.; COZAR, J.S. & MINGARRO, E.(1991): Caracterización de materiales de relleno y sellado para almacenamiento de residuos radioactivos: bentonitas españolas. CIEMAT. Informe Interno.

VILLAR, M.V. & RIVAS, P.(1994): Hydraulic properties of montmorillonite-quartz and saponite-quartz mixtures. *Applied Clay Science* 9: 1-9.

Norma UNE 103-101: Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Norma UNE 103-103-94: Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.

Norma UNE 103-300-93: Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.

Procedimiento IMA/BI-B0: Muestreo en cantera.

Procedimiento IMA/BI-B1: Procesado de la arcilla.

Procedimiento IMA/BI-F5: Granulometría de suelos por tamizado.

Procedimiento IMA/BI-F11: Determinación de la superficie específica BET.

Procedimiento IMA/BI-F12: Límites de Atterberg: límite líquido y plástico e índice de plasticidad.

Procedimiento IMA/BI-F23: Presión de hinchamiento.

Tabla I: Resultados analíticos de las muestras de cantera.

Ref	w%	<5mm	<2mm	<74µ	wf	wp %	ip	Presión hinchamiento			SE m ² /g
								Ds g/cm ³	Ps kg/cm ²	Ps kg/cm ²	
C-0.1	14.1	98	98	83	93			1.60	10	10	10
C-0.2	16.9	82	98	81	81			1.59	49	49	49
C-0.3	16.3	85	96	85	118			1.59	18	18	18
C-0.4	21.3	100	100	96	92			1.60	77	77	77
C-0.5	21.4	100	100	96	91			1.61	56	56	56
C-0.6	23.0	100	100	96	95			1.57	63	63	63
C-0.7	20.7	100	100	94	109			1.61	64	64	64
C-1.1	16.0	100	100	97	96			1.61	56	56	56
C-1.1.2	16.0	100	100	97	101			1.60 >62	62	62	19
C-1.3	16.0	100	100	97	102			1.58	53	53	19
C-1.4	14.0	95	100	91	108			1.58 >68	68	68	29
C-1.5	12.0	98	100	90	104			1.57	51	51	51
C-A	12.0	100	100	90	88			1.61 >68	68	68	68
C-A								1.60	59	59	59
C-2.1	20.0	76	99	90	101		52	1.61	43	43	28
C-2.2	12.0	100	99	87	104			1.60	38	38	32
C-2.3	17.0	99	99	93	100			1.62 >68	68	68	40
C-2.3								1.59	30	30	30
C-3.1	16.0	100	100	95	93			1.58	40	40	34
C-3.2	19.0	100	100	94	99			1.54	51	51	22
C-3.3								1.61	54	54	54
C-3.3	11.0	91	100	94	94			1.60	24	24	46
C-4.1	9.0	94	100	84	86			1.59	9	9	48
C-4.2	14.0	47	75	31	68			1.62	53	53	56
C-4.3	20.0	100	100	95	106			1.60	33	33	33
C-5.2	9.0	100	100	53	65			1.61 >57	57	57	34
PROMEDIO	15.9	94	98	87	96		52	1.60	43	43	47
DESVIACION	4.0	12	5	15	12			0.02	19	19	12

Tabla Ibis: Resultados analíticos de las muestras procedentes de calicata (Fig. 1 bis)

Referencia	w%	<5mm	<2mm	<74µ	wf	Presión hinchamiento		SE m ² /g
						Ds g/cm ³	Ps kg/cm ²	
CC0-1	22.3	100	98	71	68	1.64	18	18
CC0-2	28.1	100	100	92	81	1.62	42	42
CC0-3	30.5	98	99	89	87	1.65	>71	71
CC0-4	29.4	96	97	87	78	1.60	40	40
CC0-5	27.4	99	98	95	96	1.69	77	77
PROMEDIO	27.5	99	98	87	82	1.64	44	50
DESVIACIÓN	3.2	2	1	9	10	0.03	24	24

Tabla II: Resultados analíticos del muestreo preliminar en pila (Fig. 2)

Ref	w%	<5mm	<2mm	<74µ	wf	Presión hinchamiento		SE m ² /g
						Ds g/cm ³	Ps kg/cm ²	
PI-1	22.9	77	99.5	81.5	75	1.59	48	48
PI-2	19.1	75.5	97.7	87.1	94	1.6	56	56
PI-3	21.6	88.3	97.6	86.4	92	1.56	55	55
PI-4	25.5	100	100	94.2	104	1.59	60	60
PI-5	21.3	83.5	99.4	85.6	90	1.61	48	48
PI-6	19.1	99.6	98.6	89.6	96	1.61	48	48
PI-7	26.0	98.6	99.6	80.9	80	1.60	50	50
PI-8	18.8	100	98.9	90.3	90	1.60	38	38
PROMEDIO	21.8	90.3	98.9	87.0	90	1.60	50	50
DESVIACIÓN	2.8	10.6	0.9	4.5	9	0.02	7	7

70-IMA-L-3-1

ACOPIO DE BENTONITA-PROYECTO FEBEX

REVISIÓN 1

Tabla III: Resultados analíticos de las muestras de pila tras homogeneización en cantera

Ref	w %	<5mm %	<2mm %	<74µ %	wl %	wp %	ip	Presión hinchamiento			SE m ² /g
								Ds glom ³	Ph kg/cm ²	kg/cm ²	
H-1	22.2	94.1	98.5	85.6	99	50	49	1.63	54	54	
H-2	22.5	95.3	98.1	86.1	98	50	48	1.60	44	44	
H-3	22.1	98.8	97.0	85.2	97	51	46	1.60	48	48	
H-4	21.8	98.3	98.2	89.2	96	47	48	1.59	>58	58	
H-5	21.8	98.7	97.8	85.8	101	50	51	1.59	45	45	
H-6	22.2	94.2	98.9	87.5	101	50	51	1.60	47	47	
H-7	21.7	97.9	98.6	86.9	96	49	47	1.60	57	57	
H-8	21.6	97.4	97.5	88.9	103	50	53	1.61	32	32	
H-9	21.5	98.9	99.0	85.6	97	51	46	1.61	36	36	
H-10	21.4	98.6	98.6	88.1	95	48	47	1.62	>54	54	
PROMEDIO	21.9	97.2	98.2	86.9	98	49.6	49	1.61	45	48	
DESVIACIÓN	0.4	1.9	0.6	1.5	3	1	2	0.01	8	9	
P-1	21.7	98.4	98.8	88.3	93	49	44	1.61	39	39	
P-10	20.5	92.7	96.6	87.5	104	52	52	1.60	34	34	
P-16	20.3	98.4	98.7	87.0	97	50	47	1.59	59	59	
P-18	22.4	96.3	97.4	85.5	104	54	50	1.60	46	46	
P-24	19.5	100.0	97.3	86.6	98	56	42	1.60	40	40	
P-26	21.8	100.0	97.1	84.3	100	56	44	1.61	60	60	
P-31	25.5	96.9	98.8	80.3	93	51	42	1.60	40	40	
P-38	25.9	98.5	97.1	81.3	89	48	41	1.59	52	52	
P-40	24.8	98.6	98.1	85.0	91	51	40	1.61	>54	54	
P-47	19.8	96.8	98.1	84.0	97	49	47	1.62	>67	67	
P-7	23.4	97.7	97.2	84.1	100	50	50	1.63	>62	62	
PROMEDIO	22.3	97.8	97.7	84.9	97	51	45	1.61	46	50	
DESVIACIÓN	2.3	2.1	0.8	2.5	5	3	4	0.01	10	12	

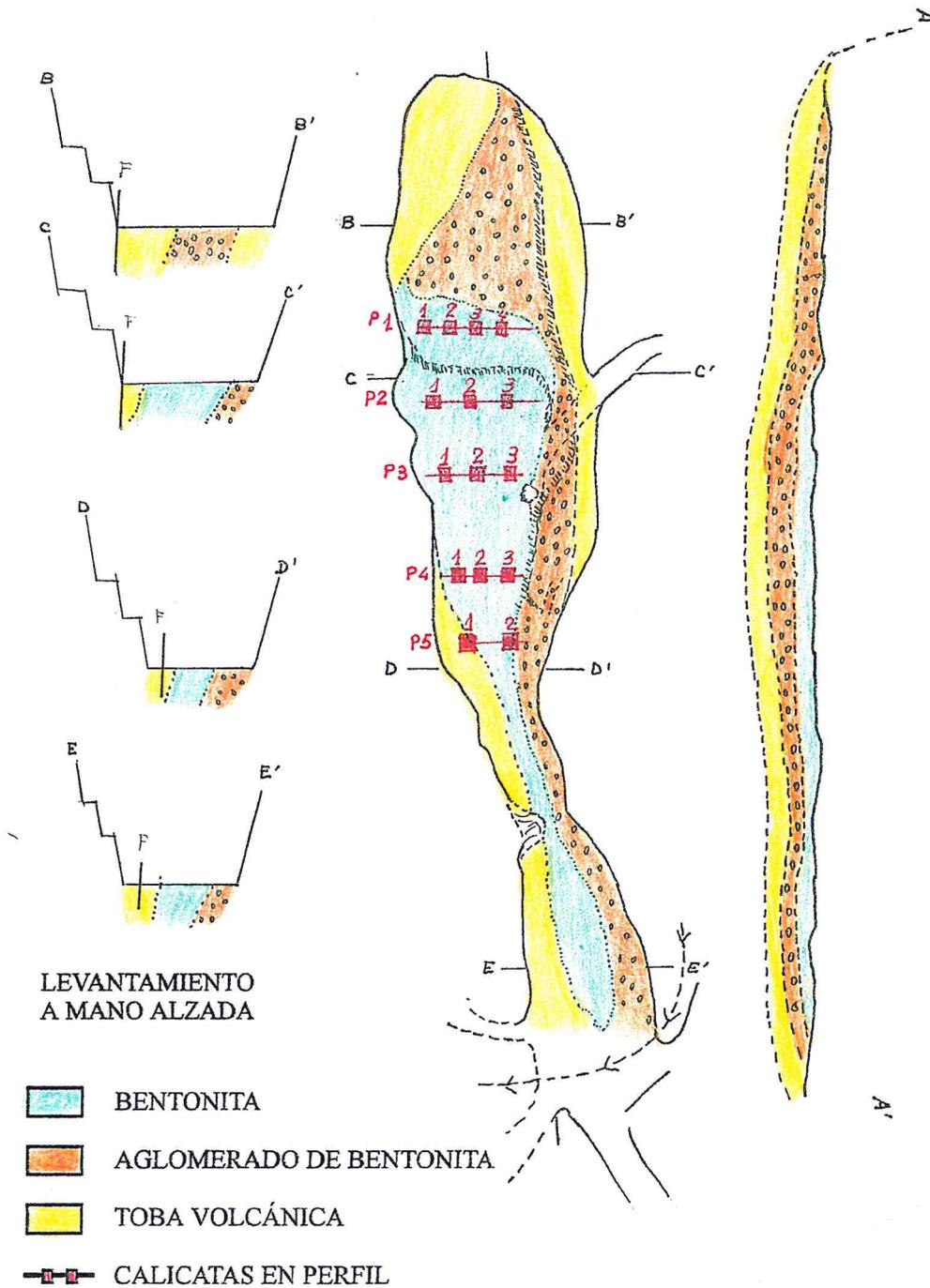


Fig. 1: Mapa geológico de la corta "La Serrata", perfiles y posición de las calicatas de muestreo

Ciemat	INFORME CIEMAT-IMA	PÁGINA 16 DE 2
70-IMA-L-3-1	ACOPIO DE BENTONITA-PROYECTO FEBEX	REVISIÓN 1

Fig. 2: Vista parcial de la corta La Serrata, con indicación de la zona de muestreo (trazo continuo) y de la elegida para arranque (trazos sueltos).

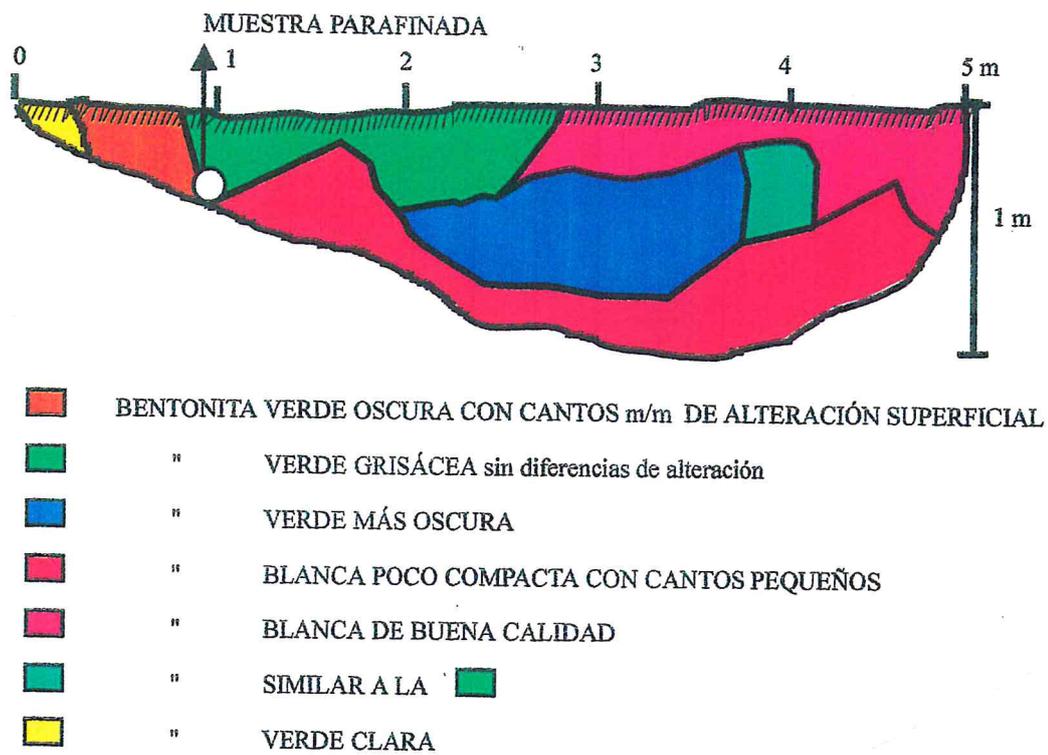


Fig. 3: Levantamiento geológico de la pared este de la calicata con situación de las muestras



Fig. 4: Pared de la calicata ubicada en la zona seleccionada para arranque. Se aprecian estructuras fluidas de bentonita rosada y blanca



Fig. 5: Pila de bentonita de color rosado elegida para acopio

Fig. 6: Estado de la pila una vez terminado el transporte a parva

NUMERO DE MUESTRAS: 8
(Distribuidas según figura)

DIA 1/12/95

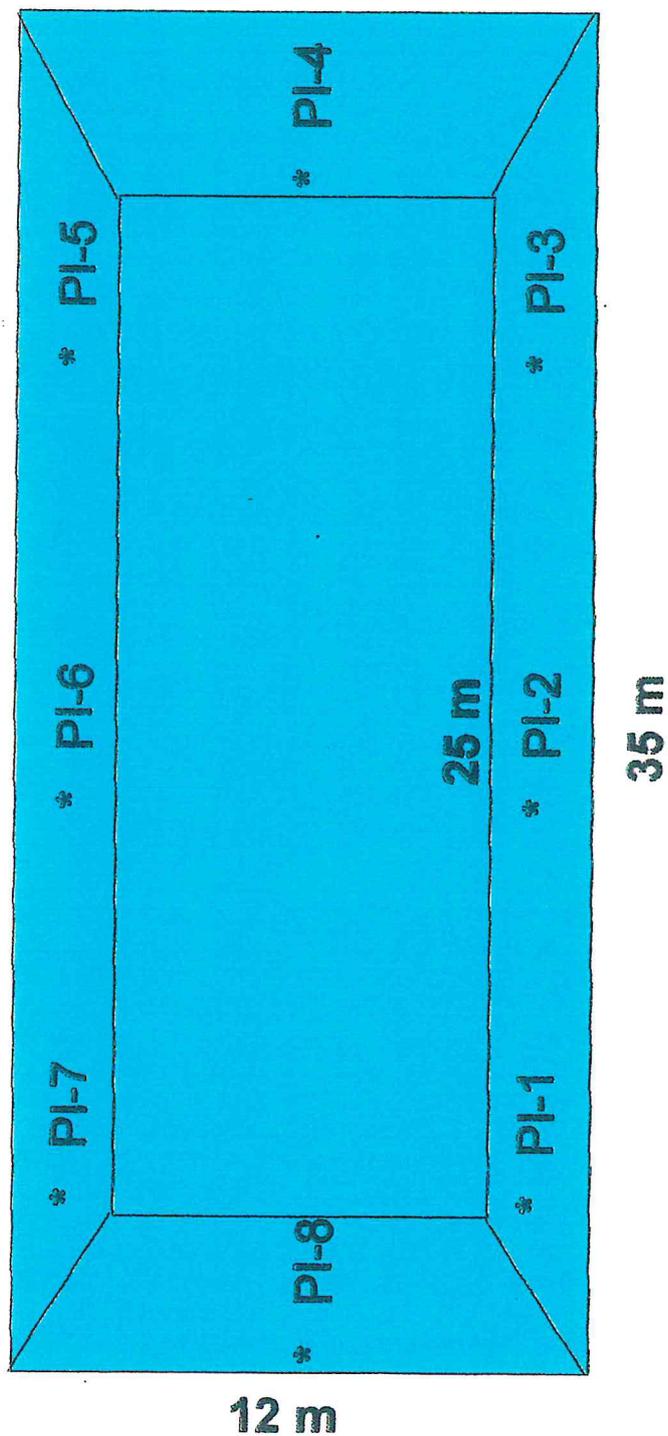
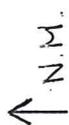


Fig. 7: Desmuestra sobre la pila de bentonita seleccionada



Fig. 8: Explanada acondicionada para la parva de bentonita

Fig. 9: Montones de bentonita procedente de la pila de acopio

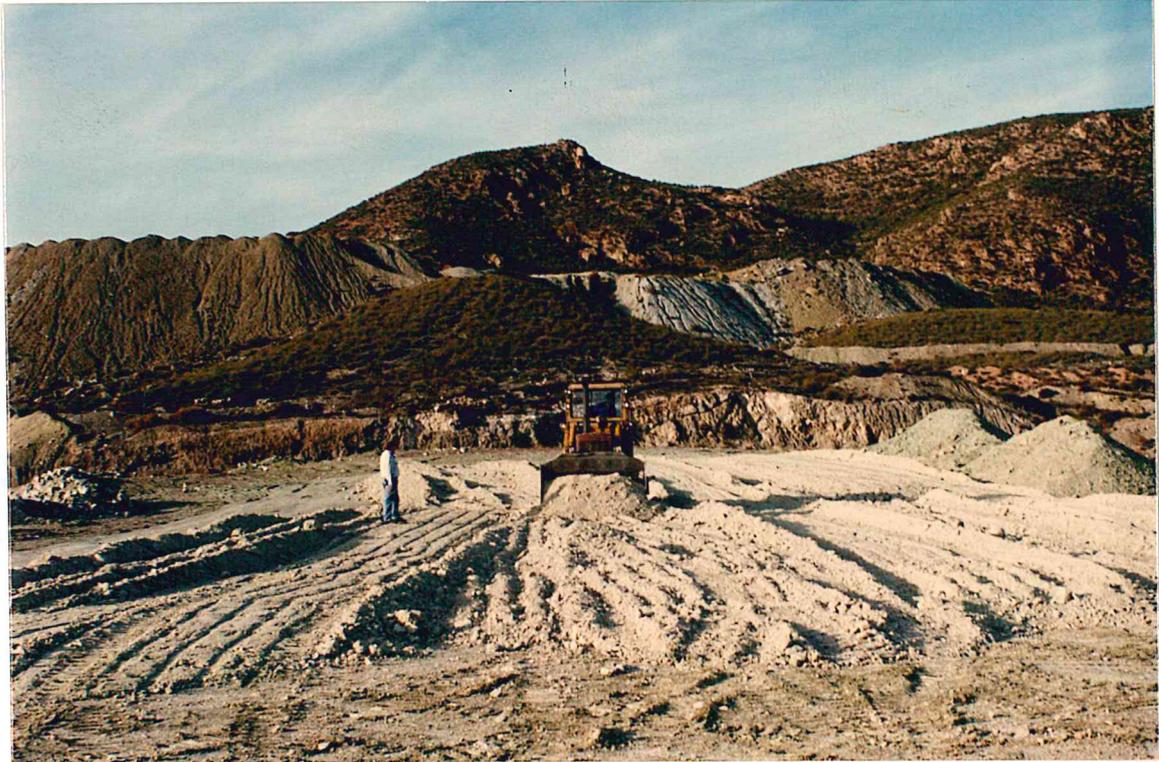


Fig. 10: La pala de cadenas extiende la bentonita dando forma a la parva

Fig. 11: Aspecto de la parva de bentonita antes de comenzar la homogeneización



Fig. 12: Aspecto de la primera pasada de la parva equipada con arado

Fig. 13: Labor de homogeneización y trituración del rotavator



ogeneización

tor

Ciemat	INFORME CIEMAT-IMA	PÁGINA 24 DE 2
70-IMA-L-3-1	ACOPIO DE BENTONITA-PROYECTO FEBEX	REVISIÓN 1

Estas 2 fotos se entregaron a el informe
 bentonite: origen, prop. y pes.
 de "logans" devalley
 (8/6/98)

Poster

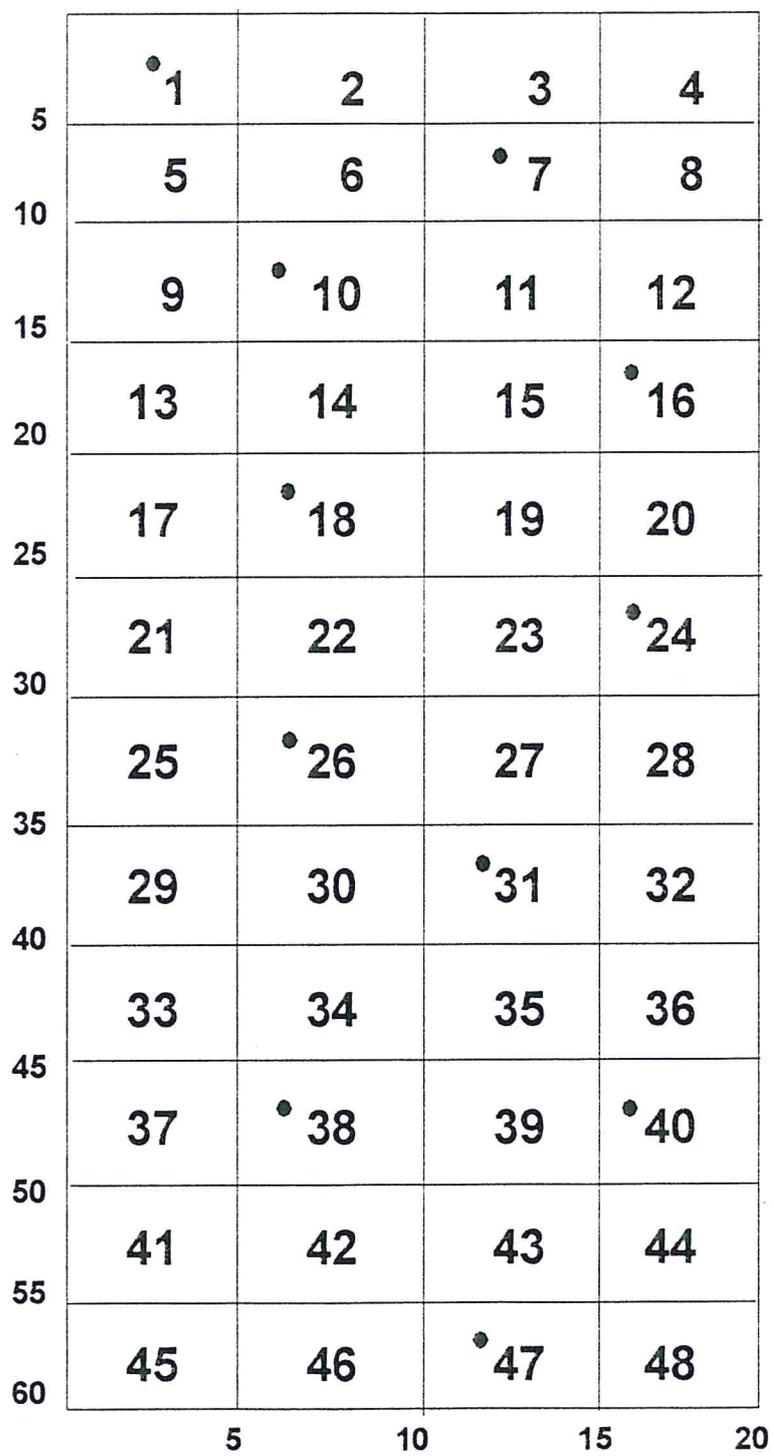
Fig. 14: Aspecto de la parva el segundo día del proceso de homogeneización

Fig. 15: Aspecto de la parva una vez pasado el rotavator



Fig. 16: Aspecto de la parva de bentonita en el tiempo de secado

Fig. 17: Parva secando. Abajo a la izquierda cantos volcánicos estriados a mano



N. M. ↑

Dimensiones de la Parva
 60X20 = 1200 m²
 Potencia 0.30 m = 360 m
 Densidad = 1.5 g/cm³ = 540 t
 Cuadrícula = 25 m²
 ● Muestra analizada

Fig. 18: Muestreo de la parva de bentonita tras homogeneización



Fig. 19: Estaquillado cada 5 m en los extremos de la parva

Fig. 20: Vista de la parva después de muestreo. Se aprecian bolsas de muestra

ANEXO I: ESTADILLOS DE CAMPO

DIA 22-12-95

Secado durante la mañana. Día soleado. Temperatura ambiente 20°.

Recogida y apilamiento del material de la parva.

Traslado de muestras a laboratorios de CIEMAT en Madrid.