

ESTUDIO GEOTÉCNICO

REDACCIÓN: Junio de 2010

PETICIONARIO: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE.

TRABAJO: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR,
ALHAURIN DE LA TORRE (MÁLAGA)

EXPEDIENTE: 1/0075/038 - PRESUPUESTO: 2010/03516



cemosa

Ingeniería y Control

Centro de Estudios de Materiales y Control de Obra S A

C. Benaque 9, 29004 Málaga

902 111 400

www.cemosa.es

ÍNDICE

MEMORIA

1	Introducción	1
2	Trabajo realizado	2
2.1	Trabajo de campo	2
2.2	Trabajo de laboratorio	3
3	Resultados	4
3.1	Geología y geomorfología	4
3.1.1	Localización geográfica.....	4
3.1.2	Encuadre geológico general.....	5
3.1.3	Encuadre geológico local	6
3.1.4	Geomorfología e hidrogeología	8
3.1.5	Sismicidad.....	10
3.2	Resultados de los sondeos a penetración dinámica.....	12
3.3	Resultado de los sondeos a rotación.....	13
3.4	Resultados de los ensayos de laboratorio.....	15
4	Análisis de resultados	16
4.1	Propiedades geotécnicas del terreno.	16
4.2	Riesgos geotécnicos	18
5	Análisis de las causas de la inestabilidad.....	20
6	Análisis de estabilidad de laderas	22
6.1	Análisis de estabilidad global de laderas.....	22
6.2	Método de cálculo.....	22
6.3	Comprobación de los parámetros de cálculo.....	24
6.4	Propuesta de soluciones.....	26
6.4.1	Estabilización mediante pantalla de micropilotes.....	26
6.4.1.1	Recomendaciones constructivas.....	28
6.4.2	Estabilización mediante escollera y zanja drenante	31
6.4.2.1	Recomendaciones constructivas.....	34
7	Parámetros para el dimensionado de elementos de contención.....	37
7.1	Empujes activo, pasivo y en reposo	37
7.2	Ley de empujes unitarios	38
7.3	Módulo de balasto horizontal.....	39

8	Referencias.....	40
9	Resumen y recomendaciones.....	41
9.1	Resumen de los trabajos realizados y de las conclusiones alcanzadas.....	41
9.2	Recomendaciones generales.....	42

ANEJOS

- ANEJO 1. Planta de localización de la parcela y de situación de prospecciones
- ANEJO 2. Registro de sondeos a penetración dinámica
- ANEJO 3. Registro de sondeos a rotación
- ANEJO 4. Fotografías de testigos de sondeos a rotación
- ANEJO 5. Actas de ensayos de laboratorio

MEMORIA

1 Introducción

El presente documento constituye el Estudio Geotécnico solicitado a CEMOSA por D. Emilio Raúl Bullejos en nombre y representación del Excmo. Ayuntamiento de Alhaurín de la Torre, según presupuesto 2010/03516.

La finalidad del informe es el análisis de un deslizamiento existente en el Camino del Comendador del término municipal de Alhaurín de la Torre, cuya grieta de coronación afecta a dicho vial, así como la propuesta de soluciones que permitan su estabilización.

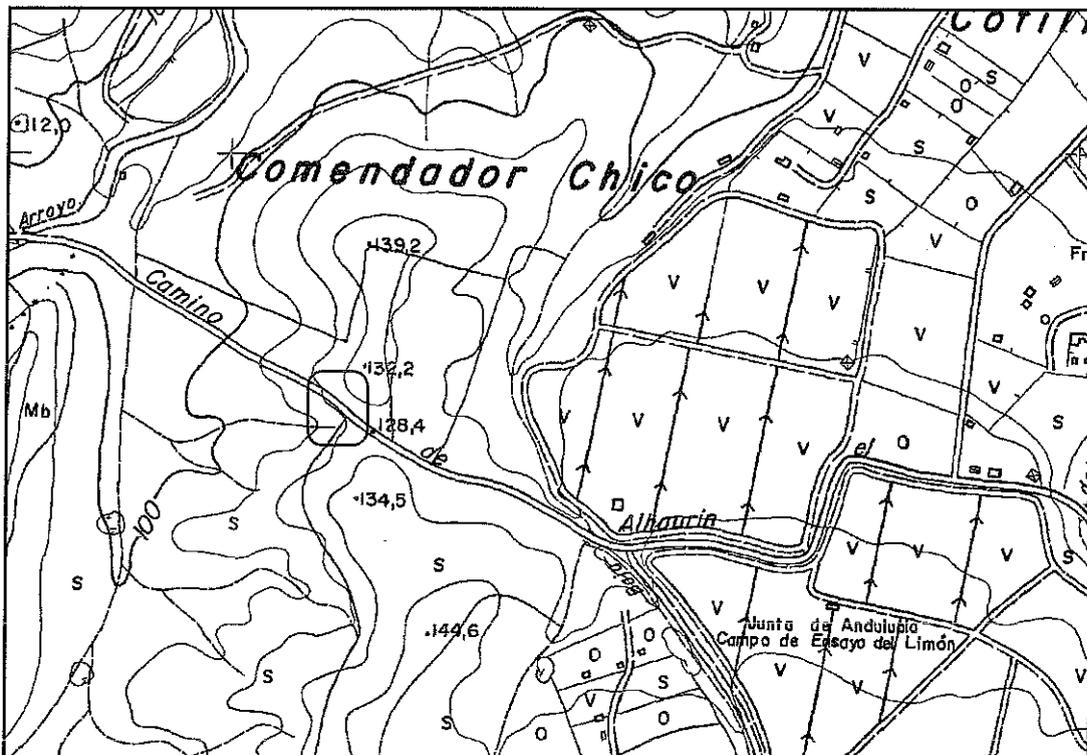


Figura Nº 1.- Plano general de situación

El informe que a continuación se presenta recoge los siguientes aspectos:

- Características geotécnicas del terreno.
- Nivel freático.
- Sismicidad.
- Análisis de estabilidad de laderas y medidas de estabilización.
- Recomendaciones generales.

2 Trabajo realizado

2.1 Trabajo de campo

Los trabajos de campo realizados se enumeran en la tabla N° 1 y se describen en las tablas N° 2 y 3.

TABLA 1. Trabajo de campo

<i>Tipo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Profundidad máxima alcanzada (m)</i>
Sondeos a rotación con recuperación de testigo	1	24.00
Ensayos de penetración estándar tipo SPT UNE-EN ISO 22476-3	12	-
Toma de muestra inalterada XP-P94-202	4	-
Sondeos a penetración dinámica	2	15.00

TABLA 2. Sondeos a penetración dinámica

<i>Denominación de penetrómetro</i>	<i>Tipo</i>	<i>Profundidad alcanzada (m)</i>
SM-01	DPSH	15.00
SM-02	DPSH	13.00

Maquinaria empleada: penetrómetro ROLATEC modelo ML76A

Puntaza 20 cm², machina 63.5 Kp, altura de caída 76cm, sección de varillaje 3.2 cm

La posición de los sondeos a penetración dinámica queda reflejada en el anejo N° 1

El registro de los sondeos a penetración dinámica se reproduce en el anejo N° 2

TABLA 3. Sondeos a rotación con recuperación de testigo continuo

<i>Denominación sondeo</i>	<i>Profundidad alcanzada</i>	<i>Perforación suelo</i>	<i>Perforación gravas</i>	<i>Perforación roca</i>	<i>PVC</i>	<i>Tapa</i>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	-
SR-01	24.00	22.60	1.40	-	24.00	-

Maquinaria empleada: sonda ROLATEC RL 48L.

Norma de aplicación XP P94-202

La posición del sondeo a rotación queda reflejada en el anejo Nº1

El registro del sondeo a rotación se reproduce en el anejo Nº3

2.2 Trabajo de laboratorio

Los trabajos realizados en laboratorio se recogen en la tabla Nº 4.

TABLA 4. Trabajo de laboratorio

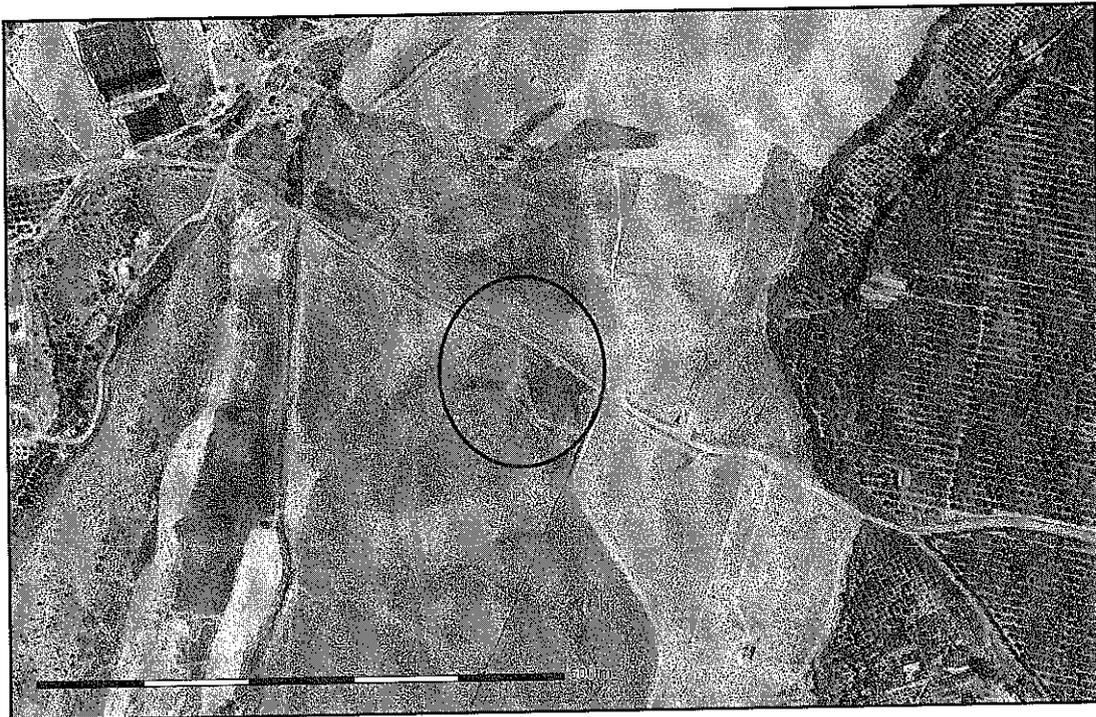
<i>Ensayo</i>	<i>unidades</i>	<i>norma</i>
Clasificación USCS	4	ISSMGE
Análisis granulométrico por tamizado	4	UNE 103101
Determinación de los límites de Atterberg	4	UNE 103103 - 104
Determinación de humedad natural	2	UNE 103300
Determinación de peso específico aparente	2	UNE 103301
Ensayo de compresión simple en suelos	2	UNE 103400
Ensayo de corte directo con drenaje	2	UNE 103401

3 Resultados

3.1 Geología y geomorfología

3.1.1 Localización geográfica

En la fotografía Nº 1 se reproduce un detalle de la fotografía aérea de la zona editada por la Junta de Andalucía, con la situación general de la zona estudiada.



Fotografía Nº 1.- Fotografía aérea de la zona de estudio con la situación de la zona de estudio dentro del círculo

Las coordenadas UTM aproximadas de los puntos de reconocimiento se recogen en la siguiente tabla:

TABLA 5. Coordenadas UTM de las prospecciones

<i>Punto</i>	<i>Coor. X</i>	<i>Coor. Y</i>	<i>Coor. Z</i>
SR-01	357125	4058709	121
SM-01	357121	4058712	120
SM-02	357132	4058704	121

Observaciones: El valor de la coordenada Z es aproximado
Datos obtenidos con GPS Magellan Explorist 500

3.1.2 Encuadre geológico general

La zona objeto de estudio se encuentra enclavada dentro de las Cordilleras Béticas las cuales forman, junto con las Cordilleras del Rif del norte de África, el segmento más occidental del orógeno alpino mediterráneo. Estas dos cordilleras, separadas en la actualidad por la cuenca neógena de Alborán, se localizan entre dos zócalos hercínicos, el Ibérico al norte y el Africano al sur, de acuerdo con lo reproducido en la figura Nº 2.

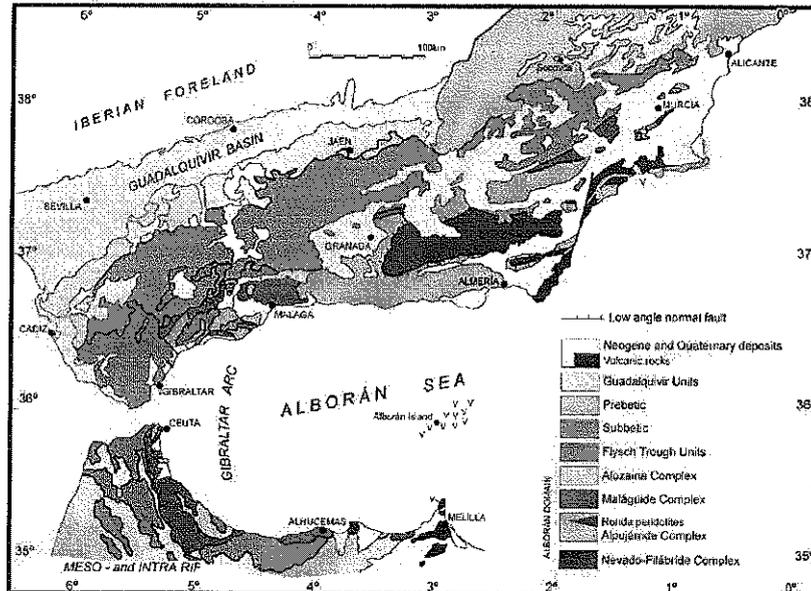


Figura Nº 2.- Encuadre geológico regional

Las Cordilleras Béticas se formaron como consecuencia del régimen compresivo que comenzó a finales del Cretácico y en ellas se distinguen históricamente dos dominios principales: Zonas Externas y Zonas Internas.

Las primeras corresponden a la parte de cobertura plegada, y a veces con estructura de manto de corrimiento, y las segundas presentan deformaciones más profundas que afectan al zócalo y están acompañadas de metamorfismo.

Las Zonas internas se subdividen a su vez en:

Zona Circumbética: Materiales situados entre las Zonas Externas ibérica y africana, ocupando un amplio surco, cuyo espacio fue invadido por la Zona Bética a partir del Eoceno medio. Es muy probable que se desarrollase sobre una corteza prácticamente oceánica.

En base a las características de sedimentación se distinguen varios dominios:

- Complejo de Alta Cadena
- Complejo Predorsaliano
- Complejo Dorsaliano

Zona Bética (s.s.): Caracterizada por estructura en mantos de corrimiento y metamorfismo. Tradicionalmente se distinguen tres dominios, que en orden ascendente, según su posición tectónica actual son:

- Complejo Nevado-Filábride
- Complejo Alpujárride
- Complejo Maláguide

Además de estas grandes zonas, existen otros dominios entre los que destacan las depresiones post-orogénicas terciarias, rellenas de materiales terciarios y cuaternarios procedentes de la erosión de los relieves circundantes.

La cuenca de Málaga es una depresión marginal desarrollada sobre un substrato perteneciente a las Zonas Internas (Alpujárride y Maláguide) estructurados en mantos de corrimiento y al Complejo del Campo de Gibraltar.

El relleno sedimentario postorogénicos abarca desde el Tortoniense superior hasta el Cuaternario y comprende varias unidades estratigráficas separadas por discontinuidades.

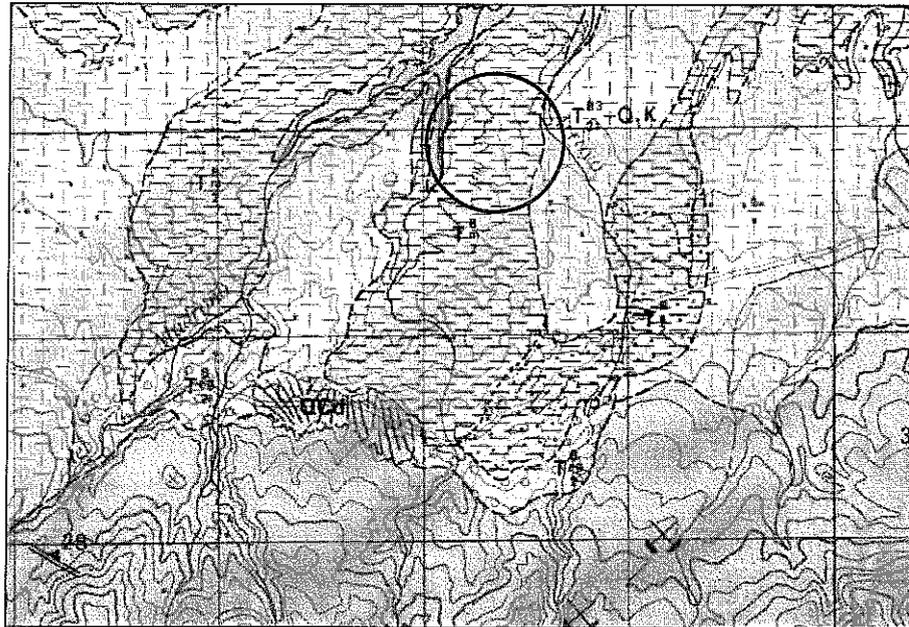
Los sedimentos del Tortoniense superior consisten en conglomerados, arenas y calcarenitas depositados en abanicos deltaicos, playas y en la base de acantilados.

Durante el Messiniense, la cuenca permanece emergida y en el Plioceno Inferior se produce una nueva transgresión marina, depositándose arenas y margas gris-azuladas y conglomerados en los bordes, en un ambiente sedimentario de tipo abanico deltaico.

Posteriormente a esta transgresión los depósitos que se encuentran en la zona, a excepción de la franja costera, son de origen continental y están representados por piedemontes, travertinos y sedimentos aluviales y coluviales.

3.1.3 *Encuadre geológico local*

En la figura Nº 3 se reproduce la Hoja de Coín del Mapa Geológico publicado por el IGME (1972), habiéndose marcado con un círculo el emplazamiento del solar en estudio.



LEYENDA

TERCIARIO-CUATERNARIO										
CUATERNARIO	QT	Q.P.	Q.D.	QAI	QCd	QD	Q	QT Terrazas	QAI Aluvial	
								QP Playas	QCd Piedem. y cono	
								Qtr Traverfínos y tobos	QD Dunas	
								Q Cuaternario indiferenciado		
PLIOCENO	SUPERIOR	T ³ Q, K							T ³ Q, K Piedemontes con costras calcáreas y	
	INFERIOR	T ²							T ² Indiferenciado	
MIOCENO	MED-SUP	T ¹							T ¹ Margas y/o arcillas	
		T ¹⁻¹							T ¹⁻¹ Arenas	T ¹⁻¹ Motosa
		T ¹⁻¹							T ¹⁻¹ Conglomerados	T ¹⁻¹ Brañas

Figura Nº 3.- Reproducción parcial del mapa geológico 1:50.000 hoja 1066 Coin.

La formación más representada en la zona en estudio es una serie constituida por arcillas y arcillas margosas, en general plásticas, y en ocasiones expansivas, con abundante microfauna y de tonalidades grises y azuladas en corte fresco y de color marrón cuando están algo alteradas.

Intercaladas sobre las anteriores o relacionadas mediante cambios laterales de facies, aparecen niveles de margas a veces cementadas de tonalidades grises y amarillentas.

Es bastante normal que en la zona más superficial de los afloramientos de arcillas y margas aparezca un nivel más alterado (suelo de eluviación), con una marcada tonalidad beige y cuya potencia no sobrepasa el metro o metro y medio.

De forma aislada sobre la serie descrita pueden aparecer niveles calcáreos cementados formados por costras calizas de exudación, que en ocasiones pueden formar auténticos caliches.

3.1.4 Geomorfología e hidrogeología

En la fotografía Nº 1 se muestra el relieve de la zona en estudio, el cual presenta una suave pendiente hacia el Oeste en dirección del arroyo existente.



Fotografía Nº 2.- Aspecto de la zona afectada por el deslizamiento.

Son dos los aspectos desde el punto de vista geomorfológico más reseñables existentes a lo largo de la parcela en estudio.

Por un lado, la existencia de una importante depresión hacia la base del talud en estudio, que según observaciones realizadas se comportaría de forma similar a una cuenca endorreica, puesto que aparentemente no existen salidas claras a las aguas superficiales desde ésta pero sí recibéndolas desde varios puntos. El hecho de la existencia de esta zona deprimida, pone de manifiesto los importantes aportes de aguas superficiales que se producen en esta zona.

Por otro lado, las especiales características litológicas del terreno, de naturaleza arcillosa y potencialmente expansivo, contribuyen a la existencia de inestabilidades de laderas, traducidas en forma de fenómenos de reptación y deslizamientos rotacionales, como el caso que nos ocupa.

La observación de las fotografías aéreas existentes permite identificar la cicatriz de un antiguo deslizamiento de mayores dimensiones al del objeto de este estudio, y que lo englobaría como se indica en la siguiente figura:

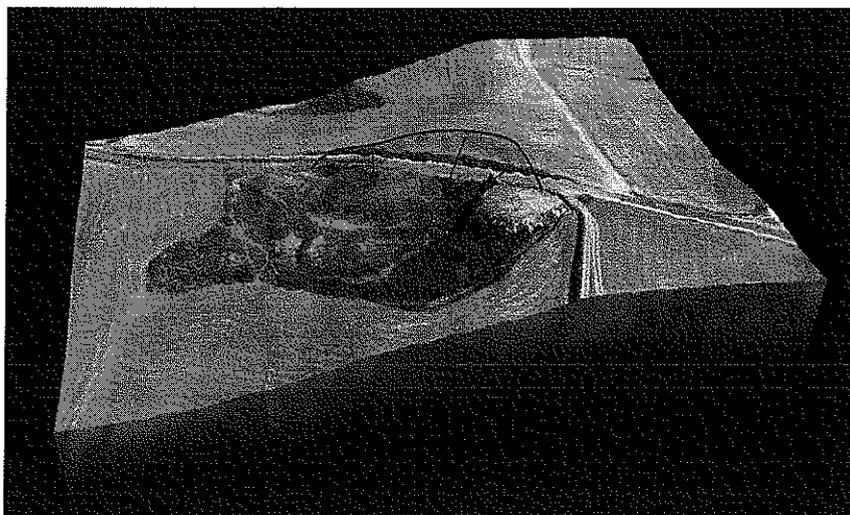


Figura Nº 4.- Esquema tridimensional de la zona en estudio donde se ha marcado el deslizamiento.

La hidrogeología subterránea del terreno está fuertemente condicionada por la naturaleza arcillosa del suelo, siendo esencialmente impermeables a efectos hidrogeológicos.

Estos son suelos susceptibles de almacenar agua pero con una enorme dificultad para su circulación (permeabilidad muy baja), aunque la presencia de niveles yesíferos altamente solubles o más arenosos, hacen que el agua pueda circular a través de ellos, tal y como se ha detectado en el sondeo a rotación a la profundidad de 4m.

En la siguiente tabla, se presentan los valores aproximados de la permeabilidad para diferentes tipos de suelos (DB-SE-C).

TABLA 6. Valores orientativos del coeficiente de permeabilidad

<i>Tipo de suelo</i>	<i>K_z (m/s)</i>
Grava limpia	>E-02
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	E-02-E-05
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	E-05-E-09
Arcilla	<E-09

En función de los valores orientativos presentados en la anterior tabla, se recogen en la tabla Nº 7, los resultados de las estimaciones de los valores aproximados de coeficiente de permeabilidad para los diferentes niveles presentes en la zona en estudio.

TABLA 7. Valores estimados del coeficiente de permeabilidad

<i>Litología</i>	<i>Permeabilidad</i>
-	m/s
Arcillas con yesos	5.0E-08

3.1.5 Sismicidad

Con objeto de que pueda cumplirse lo reglamentado en la Norma Sismorresistente NCSE-02 en la tabla N° 8 se ofrece la caracterización del terreno en términos de sismicidad. Para ello se atiende a lo estipulado en dicha normativa y, en particular, al mapa de peligrosidad sísmica reproducido en la figura N° 5.

Para el cálculo del coeficiente del terreno C se ha elegido el sondeo más desfavorable desde el punto de vista del comportamiento sísmico, ponderando los coeficientes C_i de cada estrato con su espesor e_i , en los primeros 30m y extrapolando convenientemente si no se ha llegado hasta esa profundidad en el reconocimiento:

$$C = \frac{\sum C_i \cdot e_i}{30}$$

TABLA 8. Información sísmica del terreno según NCSE-02

<i>Unidad geotécnica</i>	<i>Tipo de terreno</i>	<i>Coficiente del terreno (C)</i>	<i>Espesor (m)</i>
U.G. I	IV	2,0	6
U.G. II	II	1,3	24
Valor medio			1,44

TABLA 9. Información sísmica del terreno según NCSE-02

<i>Variable</i>	<i>símbolo</i>	<i>valor</i>
Aceleración sísmica de cálculo	a_c / g	0.10
Coficiente de contribución	K	1.00
Aceleración sísmica básica	a_b / g	0.09
Coficiente adimensional de riesgo	ρ	1.00

TABLA 9. Información sísmica del terreno según NCSE-02

Coefficiente de amplificación del terreno	S	1.15
Coefficiente del terreno	C	1.44
Provincia	Málaga	
Municipio	Alhaurín de la Torre	

Observaciones: según la NCSE-02: $a_c = S\rho a_b$

Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \text{ g}$ $S = \frac{C}{1,25}$

Para $0,1 \text{ g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g}$ $S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$

Para $0,4 \text{ g} \leq \rho \cdot a_b$ $S = 1,0$

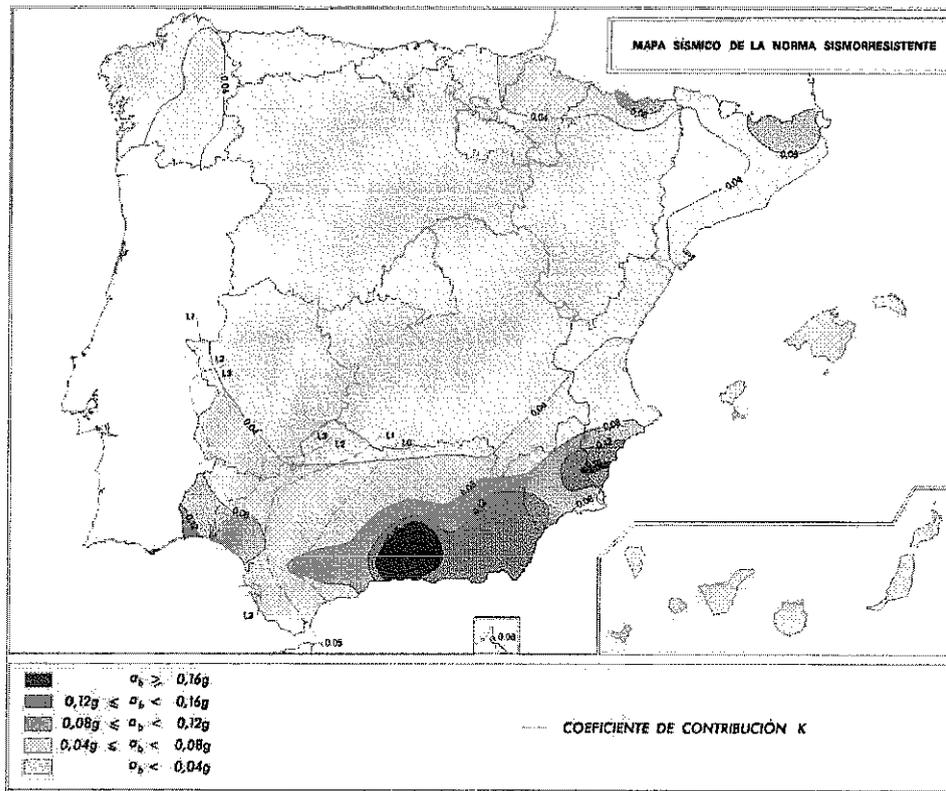


Figura Nº 5.- Mapa de peligrosidad sísmica según la NCSE-02

3.2 Resultados de los sondeos a penetración dinámica

El registro de los sondeos a penetración dinámica se reproduce en el Anejo N° 2. En las figuras N° 6 y 7 se representa el número de golpes (N_{20}) para un avance de 20cm en función de la profundidad.

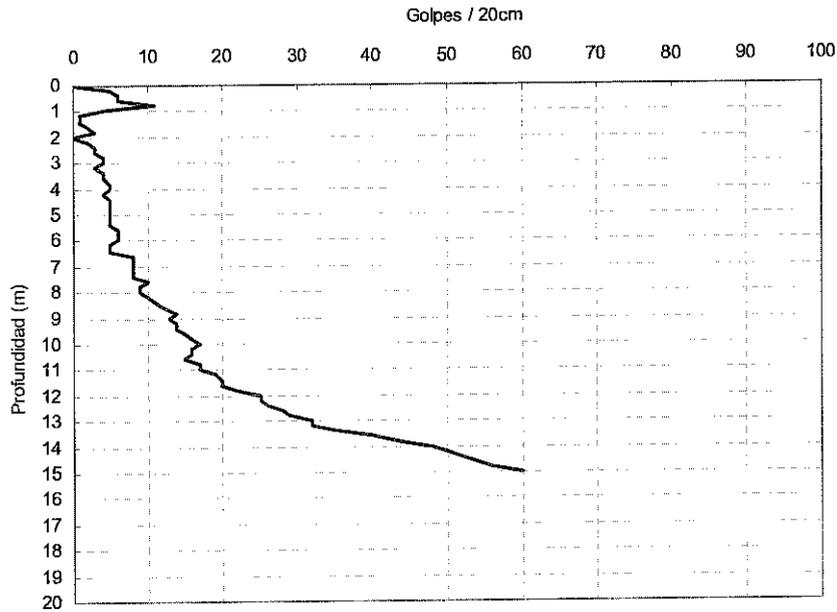


Figura N° 6.- Número de golpes (N_{20}) en función de la profundidad (SM-01).

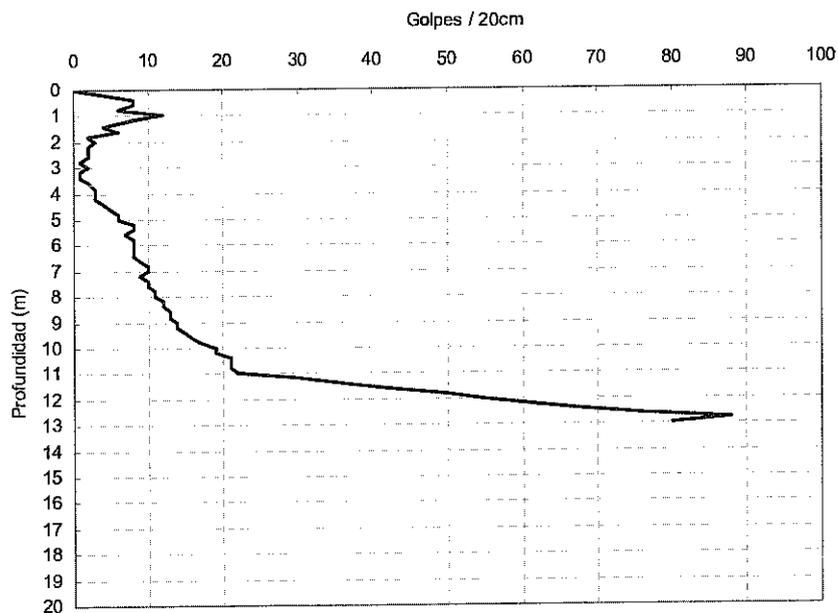


Figura N° 7.- Número de golpes (N_{20}) en función de la profundidad (SM-02).

En los ensayos realizados, se observa que tras un nivel inicial endurecido (capas de firme y zona de desecación), los golpes adoptan valores N_{20} inferiores a 5 golpes hasta los 5.0-6.5 m de profundidad, no superando los 10 golpes hasta profundidades que oscilan entre los 7-8m de profundidad. El primer tramo puede asimilarse a la masa de terreno movilizada.

A partir de aquí, el golpeo aumenta de forma progresiva, alcanzando 20 golpes en el entorno de los 10.5-11.5m, para a continuación, aumentar de forma más rápida, superando los 50 golpes entre los 12.0-14.0m de profundidad.

3.3 Resultado de los sondeos a rotación

En la tabla Nº 10 se recoge el resultado de la inspección realizada por personal técnico de CEMOSA sobre los testigos recuperados en los sondeos a rotación. En la tabla Nº 12 se reproducen los valores de golpeo registrados en los ensayos SPT.

TABLA 10. Testificación de los sondeos a rotación

Sondeo	Cota inicio	Cota final	Descripción litológica
-	m	m	-
SR-01	0.00	0.70	Relleno antrópico: Arenas y gravas con algunos cantos de zahorra. Color marrón.
	0.70	1.40	Escollera: Cantos de naturaleza marmórea. Color blanquecino.
	1.40	4.10	Arcillas algo margosas plásticas, con algunos nódulos carbonatados y lentes de mineralizaciones yesíferas. Color marrón.
	4.10	4.80	Arcillas algo margosas plásticas con indicios de restos de bioclastos y lentes yesíferas. Color grisáceo con vetas marrones.
	4.80	6.60	Arcillas algo margosas plásticas con algunas lentes yesíferas. Veta de yesos con bastantes signos de oxidación a 6.30m. color grisáceo.
	6.60	24.00	Arcillas margosas plásticas, con algunos restos de bioclastos e indicios de lentes yesíferas. Color grisáceo.

El registro de los sondeos a rotación se reproduce en el anejo Nº 3.

La tabla N° 11 recoge la medida de nivel freático realizada en el sondeo al término de su ejecución.

TABLA 11. Nivel freático

<i>Sondeo</i>	<i>Fecha</i>	<i>Profundidad (m)</i>
SR-01	5/5/2010	NO DETECTADO(*)

Observaciones:

(*) Filtraciones de agua hacia los 4.0m de profundidad.

TABLA 12. Ensayos SPT en los sondeos a rotación

<i>Sondeo</i>	<i>Cota inicio</i>	<i>Golpeos / 15cm</i>	<i>N₃₀ = N_{SPT} sin corregir</i>
-	<i>m</i>	<i>m</i>	-
SR-01	2.00	1-2-3-4	5
	4.80	5-6-9-9	15
	6.00	6-8-10-12	18
	8.40	5-9-10-13	19
	10.00	6-9-11-15	20
	12.60	11-16-20-21	36
	14.00	10-17-20-22	37
	16.80	14-22-24-31	46
	18.00	13-20-23-29	43
	20.00	14-21-24-26	45
	22.00	12-22-24-27	46
	24.00	15-24-24-26	48

Observaciones:

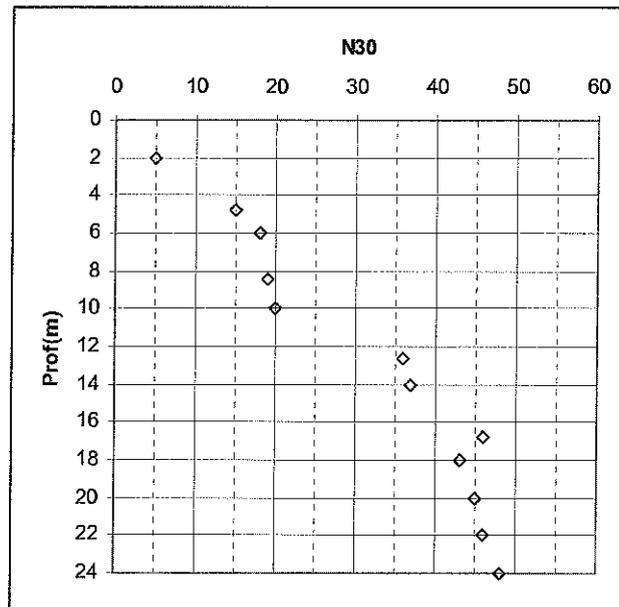


Figura N° 8.- Variación del valor N₃₀ del S.P.T. con la profundidad

3.4 Resultados de los ensayos de laboratorio

Las actas de los ensayos de laboratorio realizados se reproducen en el anejo N° 5. En las tablas n° 13 y 14 se ofrece un resumen de los datos obtenidos.

TABLA 13. Resultados de ensayos de laboratorio: propiedades de estado

Prospección	Cota inicio	Cota fin	Clasificación USCS	Tamiz 5mm	Tamiz 0.08mm (Finos)	LL	LP	IP	Humedad natural	Densidad aparente
-	m	m	-	%	%	%	%	%	%	gr/cm ³
SR-01	2.00	2.60	MH	100.0	96.8	55.1	30.9	24.2	27.50	1.93
	4.20	4.80	CH	100.0	98.4	55.1	25.8	29.3	25.89	1.93
	7.80	8.40	CH	100.0	99.5	64.3	28.5	35.8	31.55	1.94
	12.00	12.60	CH	100.0	99.6	64.4	28.4	36.0	23.30	2.09

Abreviaturas: USCS (Unified Soil Classification System)

LL (límite líquido), LP (límite plástico), IP (índice de plasticidad), NP (no plástico)

TABLA 14. Resultados de ensayos de laboratorio: resistencia

Prospección	Cota inicio	Cota fin	Tipo de ensayo	Tipo muestra	Ángulo rozamiento (ϕ)	Cohesión efectiva (c')	Resistencia compresión simple	Cohesión sin drenaje (c_u)
-	m	m	-	-	grados ($^\circ$)	Kp/cm ²	Kp/cm ²	Kp/cm ²
SR-01	2.00	2.60	CD	I	20.9	0.73	-	-
	4.20	4.80	CD-CS	I	23.0	0.67	0.70	0.35
	7.80	8.40	CS	I	-	-	1.64	0.82

Abreviaturas:

CS (compresión simple), C (corte directo), T (triaxial), UU (sin consolidar, rotura sin drenaje)

CU (consolidado, rotura sin drenaje), CD (consolidado, rotura con drenaje)

I (inalterada), R (remoldeada), A (alterada)

4 Análisis de resultados

4.1 Propiedades geotécnicas del terreno.

Del resultado de las observaciones de campo y de las prospecciones realizadas, el terreno presente detectado en la zona en estudio está constituido por los siguientes niveles geotécnicos:

Rellenos antrópicos (UG-0)

Esta unidad corresponde con el cuerpo del terraplén de la carretera, en el que se han detectado 0.7m de arenas, gravas y cantos de zahorra, bajo el que se disponen cantos de naturaleza mármorea (escollera), hasta los 1.40m de profundidad.

En los ensayos a penetración dinámica realizados se han obtenido valores N_{20} en torno a los 5-10 golpes.

Arcillas marrones (UG-I)

Este primer nivel, detectado hasta los 4.1m de profundidad, está formado por arcillas plásticas de tonalidades marrones, ente las que se intercalan bastantes lentes y mineralizaciones yesíferas. Este nivel se interpreta como la alteración de las arcillas inferiores, correspondiendo las mineralizaciones yesíferas a precipitación secundaria de sulfatos a favor de grietas.

En el ensayo SPT realizado en el sondeo se ha obtenido un valor N_{30} de 5 golpes, y en los ensayos a penetración dinámica se han obtenido valores N_{20} en torno a los 3-5 golpes.

El ensayo de identificación realizado sobre muestra de esta unidad, ha clasificados estos materiales como MH (limos de alta plasticidad), habiéndose obtenido un valor del límite líquido de 55% e índice de plasticidad del 24%.

El valor de humedad obtenido es del 27 % y densidad aparente de 1.93 gr/cm³.

En el ensayo de corte directo del tipo consolidado y drenado se ha obtenido un valor de la cohesión efectiva de 0.73 Kp/cm² y ángulo de rozamiento efectivo de 21°.

Arcillas grises (UG-II)

Bajo las arcillas marrones se localizan arcillas grises, produciéndose el cambio a través de un nivel de transición, detectado hasta los 6-7m aproximadamente, en el que las arcillas presentan signos de alteración como oxidaciones, lentes y mineralizaciones de yesos con alternancia de vetas grisáceas con vetas marrones.

Los golpes SPT obtenidos dan valores del orden de 15 golpes, mientras que los ensayos a penetración dinámica ofrecen valores N₂₀ entre los 3-5 golpes hasta los 5.0-6.5m de profundidad y entre los 5-10 golpes hasta los 7m de profundidad.

A continuación de este nivel de transición, las arcillas grises presentan una disminución en el contenido yesífero, haciéndose más consistentes.

En este sentido, los golpes SPT aumentan progresivamente desde valores en torno a 20 golpes hasta profundidades de 10m, superiores a 35 entre 12 y 14m, y se sitúan en el entorno de los 45 golpes a partir de 16m.

En los ensayos a penetración dinámica se han obtenido valores N₂₀ de 20 golpes hasta los 11.5m de profundidad y aumentan progresivamente a valores superiores a 50 golpes a partir de los 12-14m de profundidad.

Los ensayos de identificación realizados sobre muestras de esta unidad, han clasificados a estos materiales como CH (arcillas de alta plasticidad), habiéndose obtenido valores del límite líquido del 55% y 64% e índice de plasticidad del 29% y 36%.

Los valores de humedad obtenidos están en torno al 25 % y densidad aparente media es de 1.95 gr/cm³.

Los ensayos de resistencia realizados, han dado valores de rotura a compresión simple bastante dispares, habiendo obtenido un valor de 0.70 Kp/cm² para el nivel de transición y de 1.64 Kp/cm² para las arcillas grises, del que se puede deducir un valor de la cohesión sin drenaje C_u de 0.82 Kp/cm².

En el ensayo de corte directo del tipo consolidado y drenado se ha obtenido un valor de la cohesión efectiva de 0.67 Kp/cm² y ángulo de rozamiento efectivo de 23°.

4.2 Riesgos geotécnicos

En relación al posible potencial expansivo de las arcillas, existen diversos criterios indirectos para su evaluación, basados en las relaciones existentes entre el límite líquido, el límite plástico y la humedad natural del terreno:

TABLA 15. Propiedades de estado de las muestra ensayadas y relaciones específicas

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	PLASTICIDAD			HUMEDAD (%)	HUMEDAD / L.P.	HUMEDAD / L.L.
		L.L.	L.P.	I.P.			
SR-01	2.00-2.60	55.1	30.9	24.2	27.50	0.89	0.50
	4.20-4.80	55.1	25.8	29.3	25.89	1.00	0.46
	7.80-8.40	64.3	28.5	35.8	31.55	1.10	0.50
	12.00-12.60	64.4	28.4	36.0	23.30	0.82	0.36

Según el criterio del Manual de Terraplenes y Pedraplenes (MOPT, 1989), basado en los límites de Atterberg, el Hinchamiento Potencial de la unidad se puede calificar como "Alto".

TABLA 16. Estimación del grado de hinchamiento basado en los límites de Atterberg

LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	HINCHAMIENTO POTENCIAL
20 – 49	15 – 24	Bajo a Medio
50 – 70	25 – 46	Alto
> 70	> 46	Muy Alto

De acuerdo con el criterio basado en la relación entre la Humedad natural y el Límite Líquido, resultaría un posible Hinchamiento en la franja entre el 1% y 4%, con presiones de hinchamiento estimadas entre 0.30 Kg/cm² a 1.25 Kg/cm².

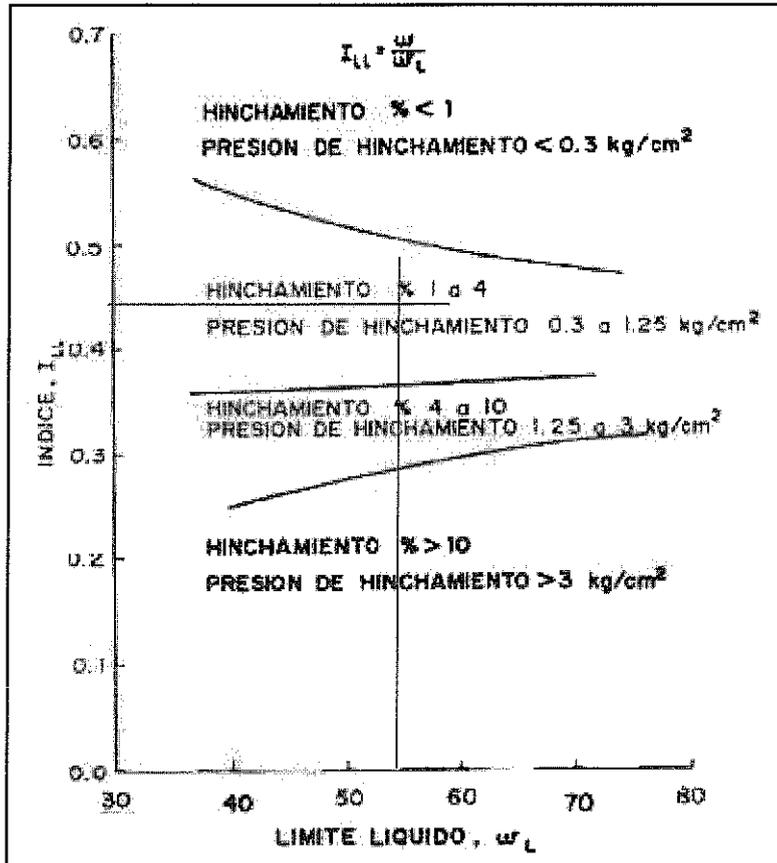


Figura N° 9.- Gráfico para determinar el potencial expansivo en función del límite líquido y la humedad natural (Manual de Terraplenes y Pedraplenes, MOPT, 1989.)

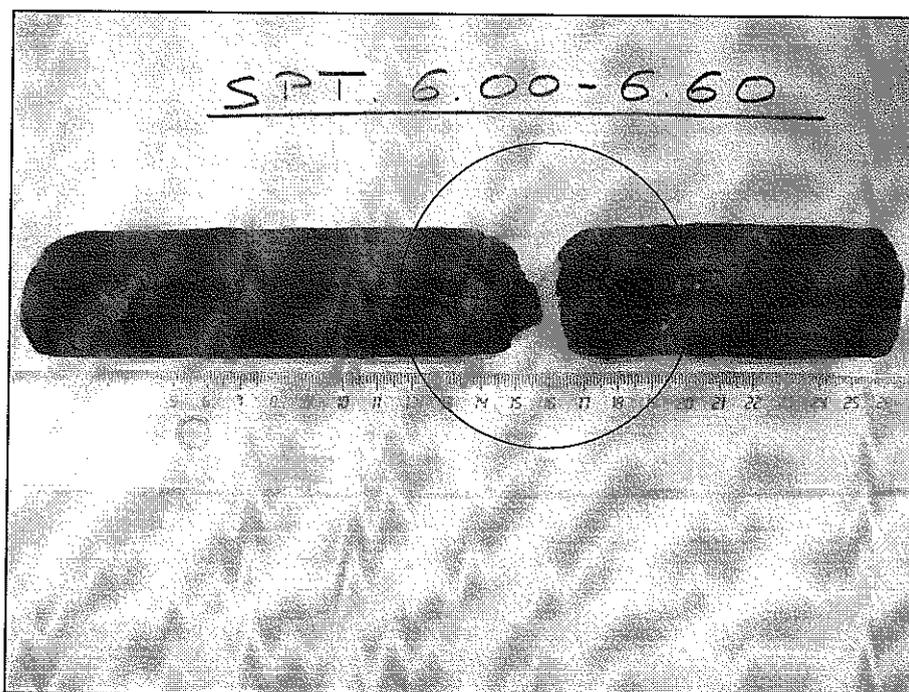
Analizando todos los resultados, se llega a la conclusión de que el terreno perteneciente a las unidades geotécnicas UG-I y II presenta características expansivas calificables como "Altas".

Por otra parte y atendiendo a las actuales condiciones de humedad en las que se encuentra el terreno, las arcillas presentan predisposición a la retracción o pérdida de volumen ante una disminución de la humedad del entorno.

5 Análisis de las causas de la inestabilidad

En la zona estudiada existe un deslizamiento que moviliza un deslizamiento que moviliza una importante masa de terreno con un espesor medido en las prospecciones de unos 6 a 7m.

La posición del círculo de deslizamiento puede inferirse de los resultados de los golpes de los ensayos a penetración, así como de la testificación del sondeo realizado, donde de 6.0 a 6.6m de profundidad se ha detectado una importante grieta con abundantes mineralizaciones de yesos y signos de oxidación, que se ha relacionado con la probable superficie de rotura.



Fotografía N° 3.- Veta de yesos con restos de óxidos.

El movimiento ha afectado a la carretera existente, manifestándose de forma más clara en las zonas de mayor desnivel entre la coronación y la base del talud.

Asimismo, se ha identificado un deslizamiento de mayor magnitud que engloba al anterior cuya cicatriz aflora en la ladera superior y cuyos flancos quedan señalados por deformaciones en la carretera.



Fotografía N° 4.- Vista panorámica del deslizamiento en estudio.

En base a la información disponible, los principales factores desencadenantes del deslizamiento serían:

1. Terreno arcilloso con cambios de volumen estacionales (expansivo).
2. Aportes de aguas superficiales y subterráneas, de carácter estacional, lo que provoca cambios en las características resistentes del terreno.
3. Excesiva inclinación de la ladera.
4. Contribución a la inestabilidad por la configuración del vial y del tráfico pesado.

A continuación, se analizará la situación que generó el deslizamiento, las condiciones de estabilidad actuales y, en su caso, se propondrán las recomendaciones pertinentes para la estabilización de la zona.

6 Análisis de estabilidad de laderas

6.1 Análisis de estabilidad global de laderas

Los análisis de estabilidad se han realizado mediante el software SLOPE/W 2004, de empresa GEOSLOPE.International Ltd. (Calgary, Alberta, Canadá), que utiliza la teoría de equilibrio límite para calcular el factor de seguridad.

Este programa informático permite calcular de acuerdo con diferentes métodos: Fellenius, Bishop, Janbu, Spencer, Morgenstern-Price, Corps of Engineers, Lowe-Karafiath y GLE (Generalized Limit Equilibrium).

En cada caso, y en función de la adecuación al problema, puede optarse por uno o varios métodos para el cálculo del factor de seguridad ante el deslizamiento. En esta ocasión se ha optado por el método de Bishop simplificado, de uso común y conocida efectividad en situaciones tales como las que se presentan en este estudio.

El programa SLOPE/W, calcula en una malla de centros dada por el usuario, el factor de seguridad de los posibles círculos que resultan de variar el radio en cada uno de los centros. Así es posible disponer de los contornos de factores de seguridad (lugar geométrica de los centros de los círculos de rotura), solventándose en parte la limitación del método de Bishop de tener que prefiar el círculo de rotura "a priori". No obstante, también es posible analizar una superficie determinada.

6.2 Método de cálculo

Para los cálculos tal como se ha comentado se ha usado dentro de los métodos de rebanadas el Método de Bishop simplificado, cuyas hipótesis son las siguientes

Características del método:

- La curva de rotura es una circunferencia.
- Equilibra fuerzas verticales y momentos.
- Supone que las fuerzas existentes entre las rebanadas son horizontales.
- Tiene $n+1$ ecuaciones y $n+1$ incógnitas (n = número de rebanadas).
- Se resuelve mediante iteraciones sucesivas hasta afinar el valor de F_m según la fórmula siguiente:

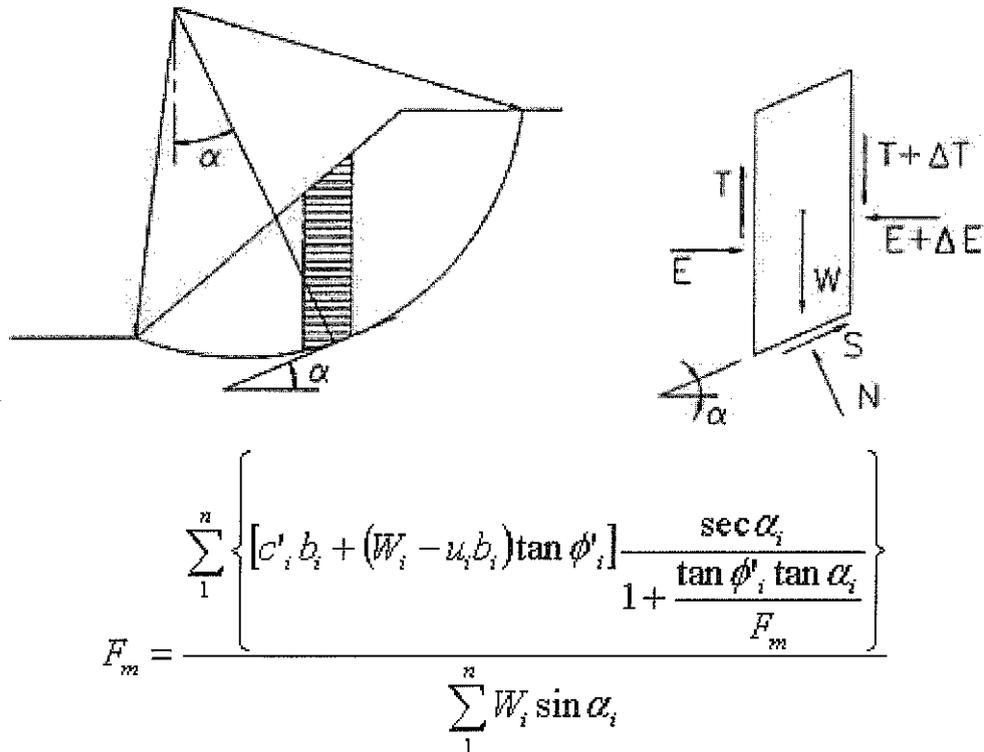


Figura N° 10.-Formulación del método de bishop simplificado extraído de Bishop A W (1954). The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes. Geotechnique 5, 7-17.

En el caso de existencia de grietas de tracción se usa la siguiente modificación de la fórmula anterior

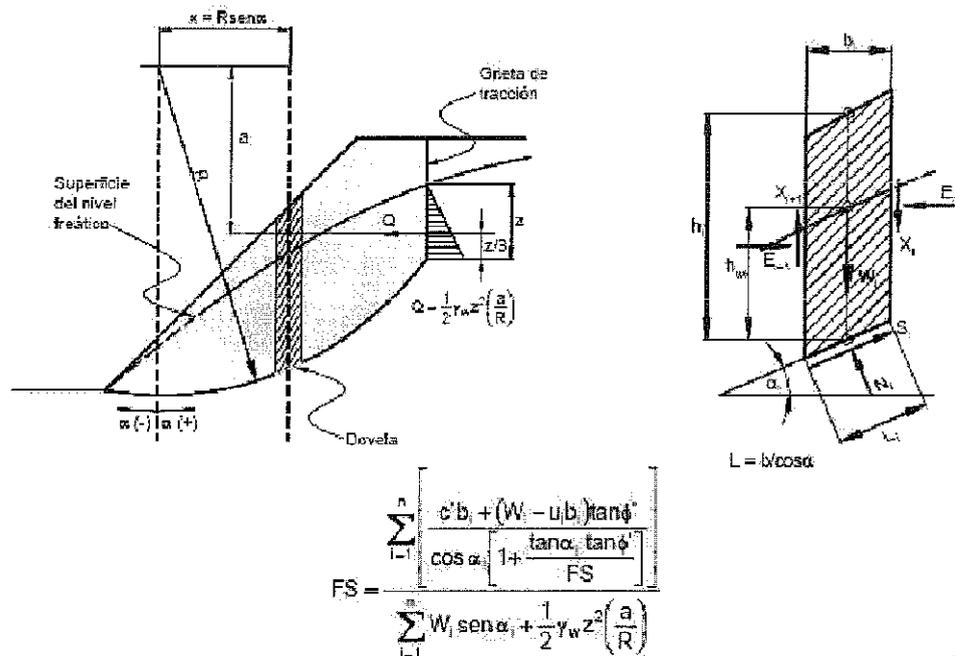


Figura N° 11.-Formulación del método de Bishop en el caso de existencia de grieta de tracción

6.3 Comprobación de los parámetros de cálculo

Para el análisis de estabilidad general de la ladera y el correcto dimensionamiento de soluciones, se ha realizado un análisis retrospectivo del deslizamiento existente, estimando los parámetros geotécnicos compatibles con la naturaleza de los terrenos implicados y que conducirían a la rotura (factor de seguridad inferior a 1) en las condiciones de deslizamiento supuestas.

Los supuestos de cálculo empleados en el *análisis retrospectivo* del talud deslizado son:

- El talud presenta en su zona superior una pendiente media en torno a 40° y una altura máxima estimada para la zona de rotura principal de 10m.
- Existe grieta de tracción en la coronación del talud.
- El deslizamiento se produce en condiciones de saturación del terreno natural, coeficiente de presiones neutras (r_u) de valor 0.50.
- No existen elementos en el talud que contribuyen a la estabilidad del terreno, salvo la escollera en coronación destinada a la contención del propio terraplén de la carretera.

Los parámetros geotécnicos que caracterizan el terreno en estas condiciones, compatibles con los ensayos realizados, son los recogidos en la tabla nº 17:

TABLA 17. Parámetros geotécnicos del terreno

<i>Peso Específico efectivo</i>	<i>Cohesión efectiva</i>	<i>Angulo rozamiento efectivo</i>	<i>Litología</i>
γ	c'	ϕ'	-
KN/m^3	KPa	$^\circ$	-
20.0	10	20	Arcillas marrones
21.0	15	20	Arcillas grises alteradas
21.0	60	25	Arcillas grises

En las figuras nº 12 y 13 se muestran las salidas gráficas del programa de cálculo como resultado de este análisis, con el factor de seguridad obtenido.

PETICIONARIO: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
 TRABAJO: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR, ALHAURIN DE LA TORRE (MÁLAGA)
 EXPEDIENTE: 1/0075/038 - PRESUPUESTO: 2010/03516

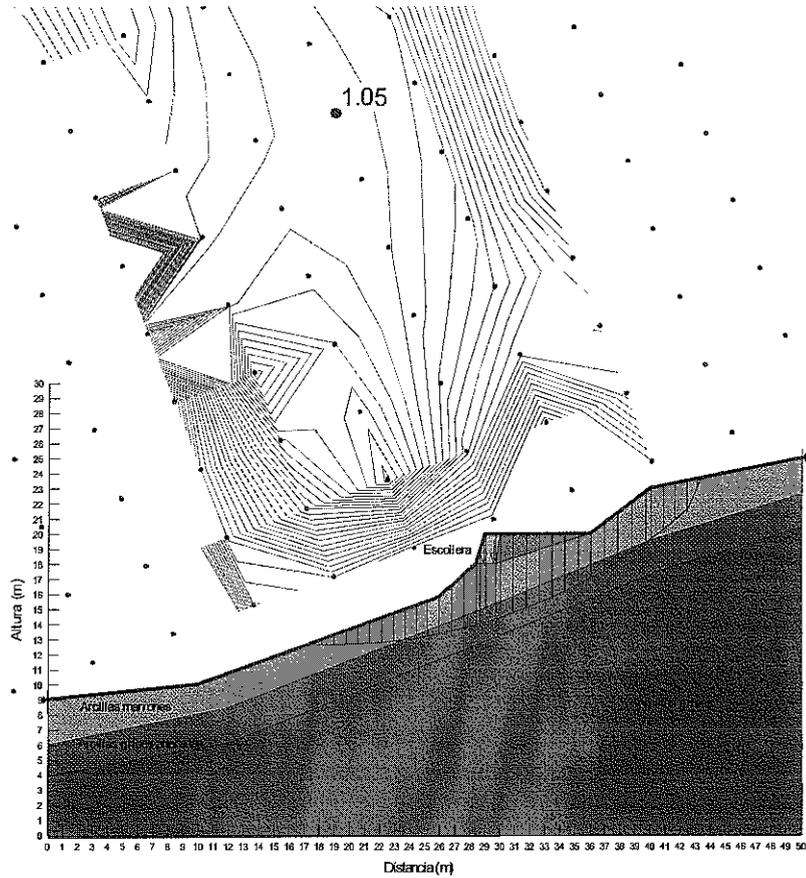


Figura Nº 12.-Perfil 1.- Sección tipo del talud analizado y resultado de cálculo retrospectivo. Rotura global.

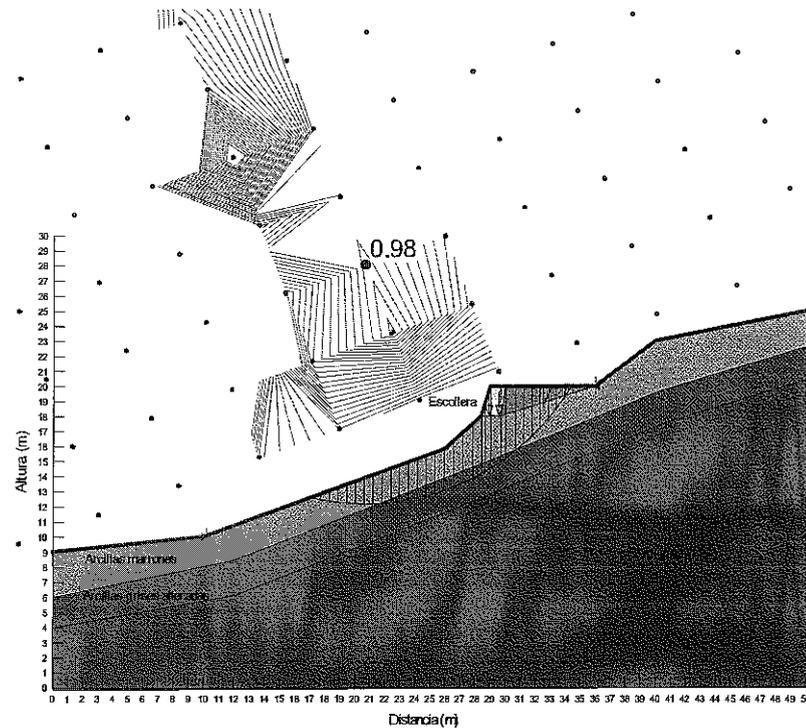


Figura Nº 13.-Perfil 2.- Sección tipo del talud analizado y resultado de cálculo retrospectivo. Rotura local.

TABLA 18. Factores de seguridad para rotura global

<i>Perfil</i>	<i>CSD</i>	<i>Medida de contención</i>	<i>Estado de la ladera</i>	<i>Tipo de rotura estudiada</i>
1	1.05	Escollera en coronación del talud	Saturada	Global
2	0.98	Escollera en coronación del talud	Saturada	Local
CSD (coeficiente de seguridad)				

En el análisis retrospectivo realizado se pone de manifiesto que la inestabilidad que afecta a la carretera tiene un factor de seguridad ligeramente inferior al deslizamiento global de la ladera, lo que confirmaría las observaciones de campo realizadas.

Por otra parte, el resultado obtenido en el análisis confirma la bondad de los datos adoptados, siendo éstos los parámetros caracterizadores del terreno en la situación planteada.

6.4 Propuesta de soluciones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio se presentan dos alternativas de contención del deslizamiento, cuya elección depende no solo de factores de índole geotécnico y por tanto deberán ser valoradas considerando el resto de circunstancias que afecten al proyecto.

Las soluciones propuestas por CEMOSA son las siguientes:

6.4.1 Estabilización mediante pantalla de micropilotes

Teniendo en cuenta las dimensiones del deslizamiento en estudio y de las especiales características del terreno se considera factible una contención del mismo mediante **pantalla de micropilotes** con una longitud mínima estimada de 15.0m, con el fin de asegurar el empotramiento de los micropilotes al menos entre 5.0-6.0m en el terreno natural más estable y de consistencia alta.

Para la contención del deslizamiento global se estima una longitud total de pantalla del orden de 100m, tal y como se muestra en la siguiente figura, con una separación entre micros de 0.5m y contando con viga de atado en coronación.

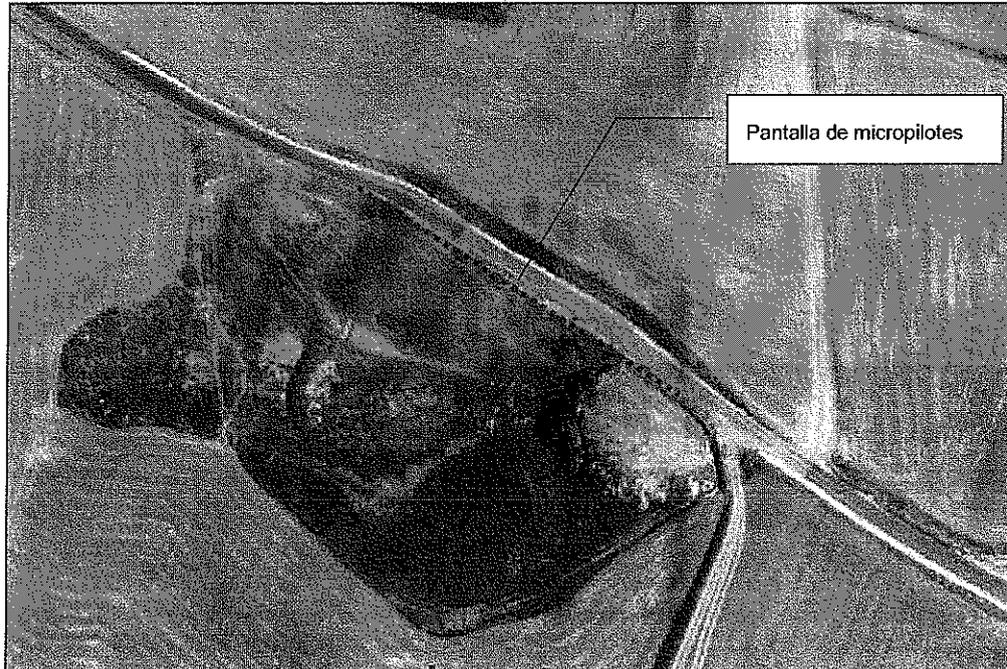


Figura Nº 14.-Situación de la pantalla de micropilotes recomendada.

La pantalla será dimensionada para soportar un esfuerzo cortante igual o mayor a 200.0 t/m.l. (100.0 t/m.l. por micropilote modelizado) de pantalla a la mitad de su longitud, además del inducido por el empuje de las tierras.

En la siguiente figura se muestra la salida gráfica del programa de cálculo con el factor de seguridad obtenido, como resultado del análisis realizado siguiendo los siguientes supuestos

- Condición de saturación similar del terreno natural, coeficiente de presiones neutras (r_u) de valor 0.50.
- Los parámetros geotécnicos de cálculo que definen el terreno son los recogidos en la tabla nº 17 y que han resultado del análisis retrospectivo de la rotura observada y de los ensayos geotécnicos realizados.

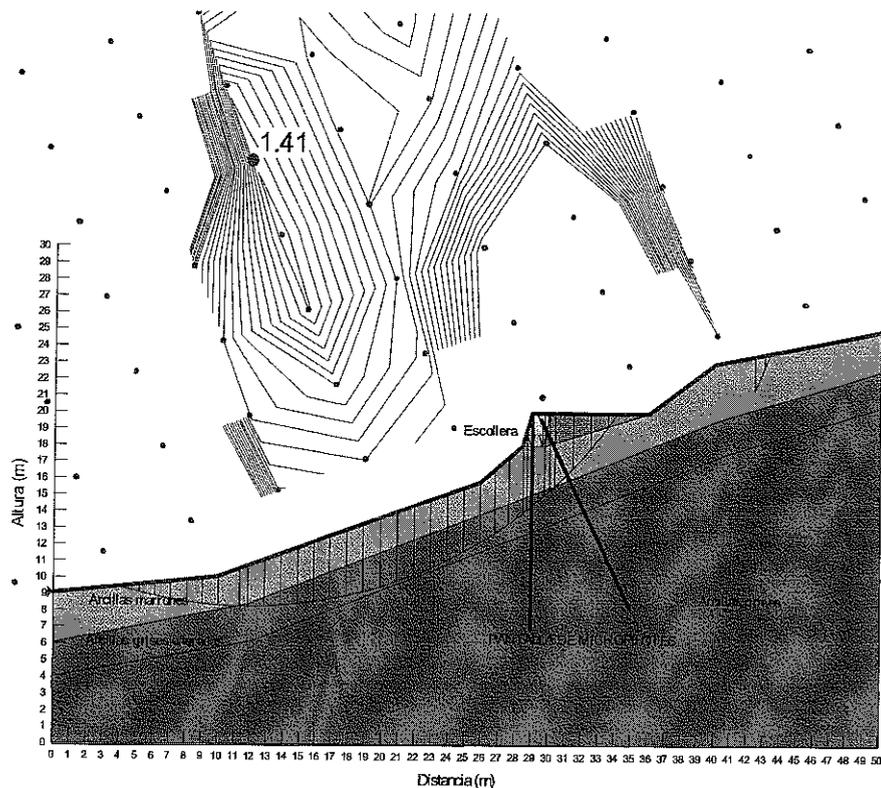


Figura Nº 15.-Resultado del análisis de estabilidad con la ejecución de una pantalla de micropilotes.

Para la situación planteada (talud saturado y parámetros residuales del terreno), el factor de seguridad obtenido es suficiente para asegurar la estabilidad de la ladera.

6.4.1.1 Recomendaciones constructivas

Para el diseño de los micropilotes será necesario comprobar la resistencia estructural de los mismos frente a la carga lateral impuesta por la masa deslizada. Para una estimación previa, pueden utilizarse el siguiente gráfico (Pearlman & Withiam, 1992) donde se determina la resistencia horizontal última del micropilote en función del tipo de micropilote y los coeficientes de balasto horizontal de los terrenos situados por encima y por debajo de la superficie de deslizamiento.

En nuestro caso, de acuerdo con el ábaco de Chaidesson hemos estimado un coeficiente de balasto horizontal para el estrato superior de arcillas marrones y grises alteradas de 1.500 T/m^3 (94 KCF) y para el estrato inferior de margas grises de 2800 T/m^3 (175 KCF), por lo que $K_{\text{sup}}/K_{\text{inf}} = 0.54$.

Así, a modo de ejemplo, para un micropilote tipo-1, la resistencia horizontal última sería de 39 Kips (18 Toneladas).

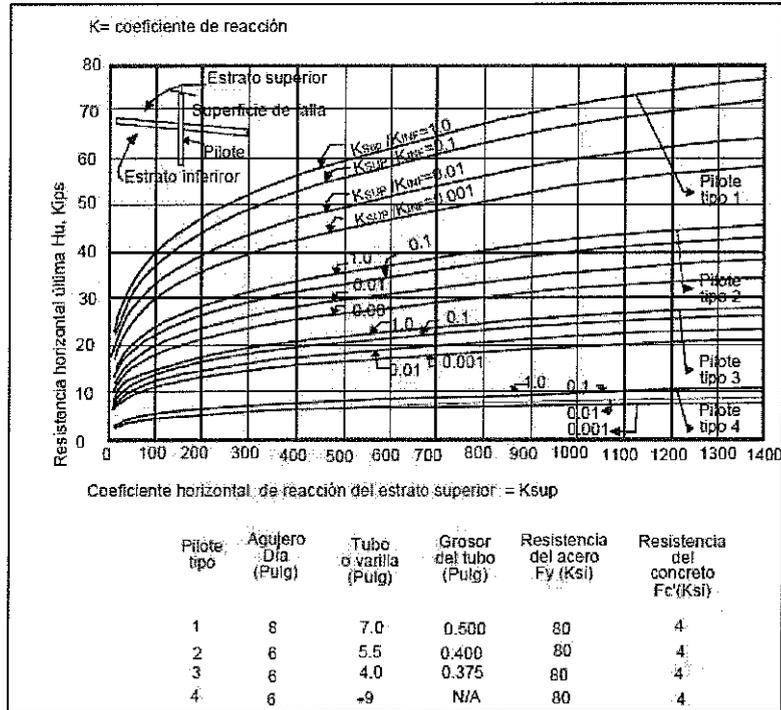


Figura Nº 16.-Gráfico para la estimación preliminar de la resistencia última horizontal de micropilotes en taludes.

Por otra parte, será necesario comprobar la posibilidad de fallo plástico del suelo entre los micropilotes. Para ello pueden ser útiles los siguientes gráficos (Pearlman y Withiam, 1992).

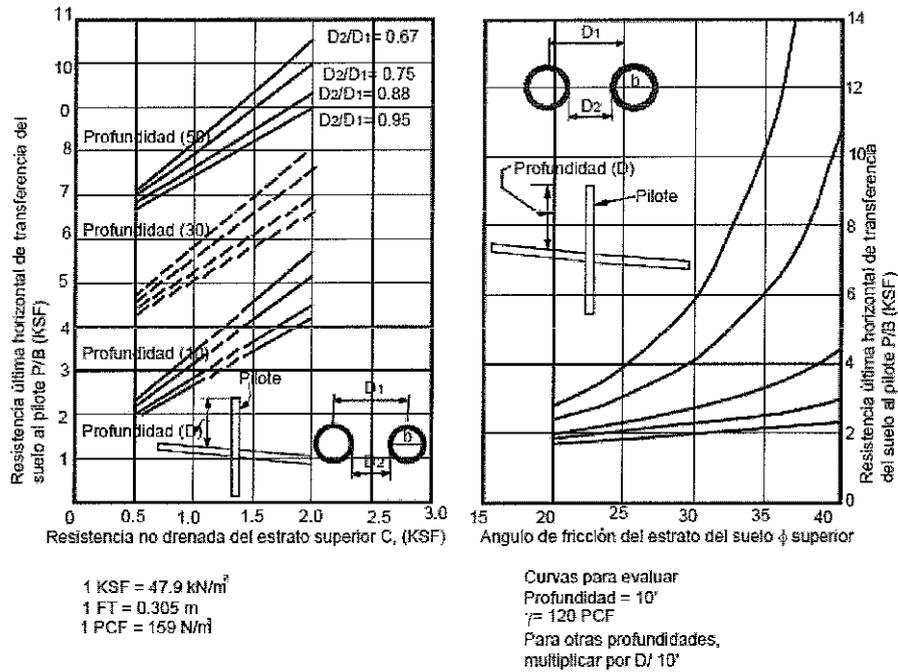


Figura Nº 17.-Esfuerzos de transferencia del suelo a los micropilotes respecto a la resistencia al corte del suelo

La resistencia axial última del micropilotes por encima de la superficie de deslizamiento puede calcularse con la expresión:

$$P_{ult} = \alpha_1 L_1 \pi d$$

La longitud de empotramiento necesaria por debajo de la superficie de deslizamiento se puede calcular por la fórmula:

$$L_2 = \frac{P_{ult}}{\alpha_2 \pi d} FS$$

Donde

P_{ult} = Resistencia última axial del micropilote por encima de la superficie de deslizamiento.

α_1 = Resistencia en la interfase suelo-micropilote por encima de la superficie de deslizamiento

α_2 = Resistencia en la interfase suelo-micropilote por encima de la superficie de deslizamiento

L_1 = Longitud de micropilote hasta la superficie de deslizamiento

L_2 = Longitud de empotramiento del micropilote por debajo de la superficie de deslizamiento

d = diámetro del micropilote

FS = Factor de seguridad, que se suele tomar igual a 2.

A falta de resultados de laboratorio, α se puede estimar a partir de la siguiente tabla (Sabatini et al., 2005)

TABLA 19. Valores típicos de resistencia en el contacto suelo-micropilotes (α)

<i>Tipo de terreno</i>	<i>Resistencia en el contacto suelo-micropilote (KPa)</i>
Limos o arcillas blandas, de plasticidad media, con algo de arena	35-70
Limos o arcillas duras, densas a muy densas con algo de arenas	50-120
Arenas finas sueltas a medias, con algo de limo	70-145
Arenas finas a gruesas, de densidad media a alta, con algo de limo o grava	95-215
Gravas medias a muy densas con algo de arena	95-265
Detritos glaciales, limos, arenas o gravas densas cementadas	95-190

TABLA 19. Valores típicos de resistencia en el contacto suelo-micropilotes (α)

<i>Tipo de terreno</i>	<i>Resistencia en el contacto suelo-micropilote (KPa)</i>
Lutitas blandas, poco meteorizadas, sanas a moderadamente fracturadas	205-550
Pizarras y lutitas duras, poco meteorizadas, sanas a moderadamente fracturadas	515-1380
Calizas poco meteorizadas, sanas a moderadamente fracturadas	1035-2070
Areniscas poco meteorizadas, sanas a moderadamente fracturadas	520-1725
Granitos y basaltos poco meteorizados, sanos a moderadamente fracturados	1380-4200

Nota: La resistencia indicada corresponde a inyección por gravedad. En micropilotes inyectados las resistencias son significativamente mayores

En el caso que nos ocupa, se recomienda adoptar valores en los intervalos señalados en la tabla.

Independientemente del diseño geotécnico del micropilote, será necesario el cálculo estructural (momento flector máximo y resistencia a cortante), que quedan fuera del ámbito presente estudio.

6.4.2 Estabilización mediante escollera y zanja drenante

Debido a que gran parte del desencadenante de las inestabilidades es la afluencia de agua al terreno y con el fin de minimizar los efectos de ésta, se contempla la ejecución de una zanja drenante con el fin de dirigir las aguas de arroyada, impidiendo que esta alcance los terrenos sobre los que se sitúa la carretera así como rebajar la posición del nivel freático, asegurando la conservación de las características resistentes mínimas del terreno que permitan su estabilidad.

Gracias al funcionamiento de la zanja drenante, las condiciones de saturación del terreno natural, y más concretamente de la unidad geotécnica UG-I varían, tomándose un valor del coeficiente de presiones neutras (r_u) nulo.

En las siguientes figuras se muestran las salidas gráficas del programa de cálculo como resultado de este análisis con la medida adoptada, con el factor de seguridad obtenido en cada caso.

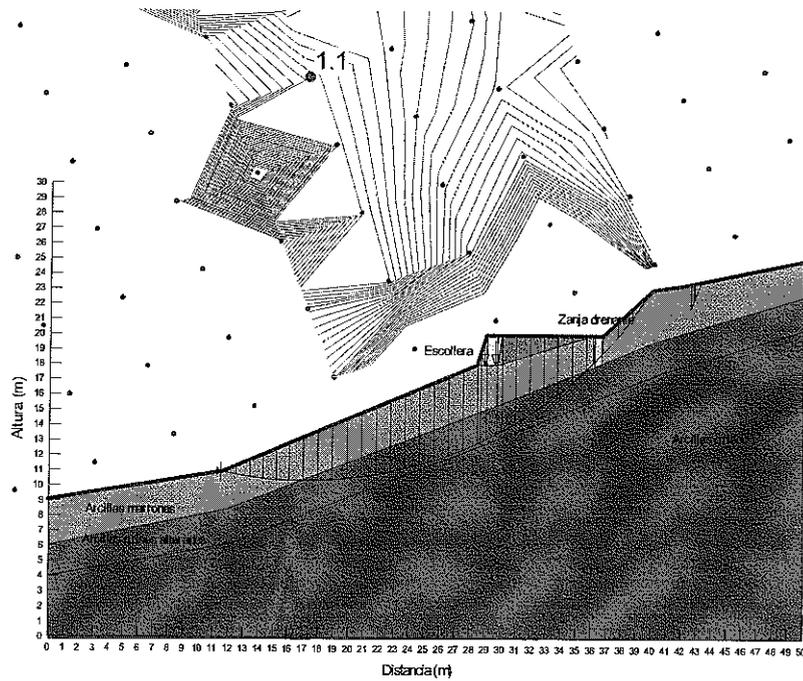


Figura Nº 18.- Sección tipo del talud analizado con ejecución de zanja drenante. Rotura global.

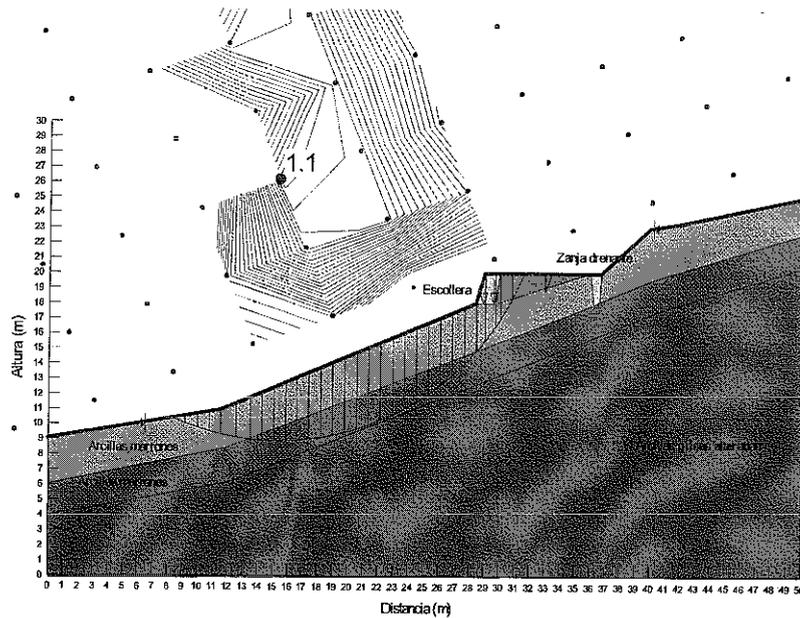


Figura Nº 19.- Sección tipo del talud analizado con ejecución de zanja drenante. Rotura local.

Como puede verse, aunque la situación general de la ladera mejora, los factores de seguridad obtenidos son algo bajos para asegurar la estabilidad de la ladera, sobre todo aquella situada bajo la carretera.

En este contexto, la estabilidad de la ladera pasaría por un retaluzado general con el fin de disminuir la inclinación del talud, lo que obligaría a un cambio en el trazado de la carretera o a la ejecución de pantallas de pilotes o de sendos muros de hormigón para la contención de tierras, muros que además presentan ciertas complicaciones respecto

a su cimentación, debido al alto poder expansivo del terreno, lo que obligaría a recurrir a cimentaciones profundas. Sin embargo los muros de escollera permiten cierta flexibilidad a la hora de su cimentación al no tratarse de elementos rígidos.

Con el fin de minimizar los efectos de las inestabilidades detectadas a lo largo de la ladera y de forma complementaria a la ejecución de la zanja drenante, se estima conveniente la ejecución de un pie de escollera hacia su base, empotrada en los materiales de la unidad geotécnica UG-II, tal y como se muestra en las siguientes figuras.

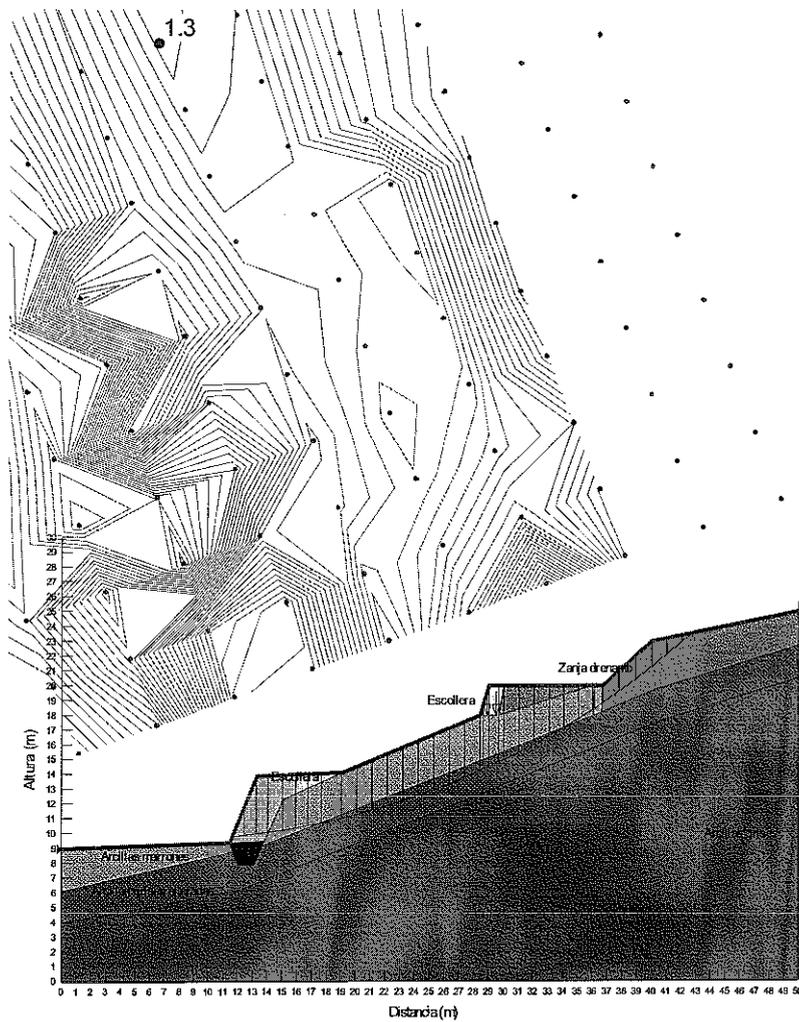


Figura N° 20.-Sección tipo del talud analizado con ejecución de zanja drenante y pié de escollera. Rotura global.

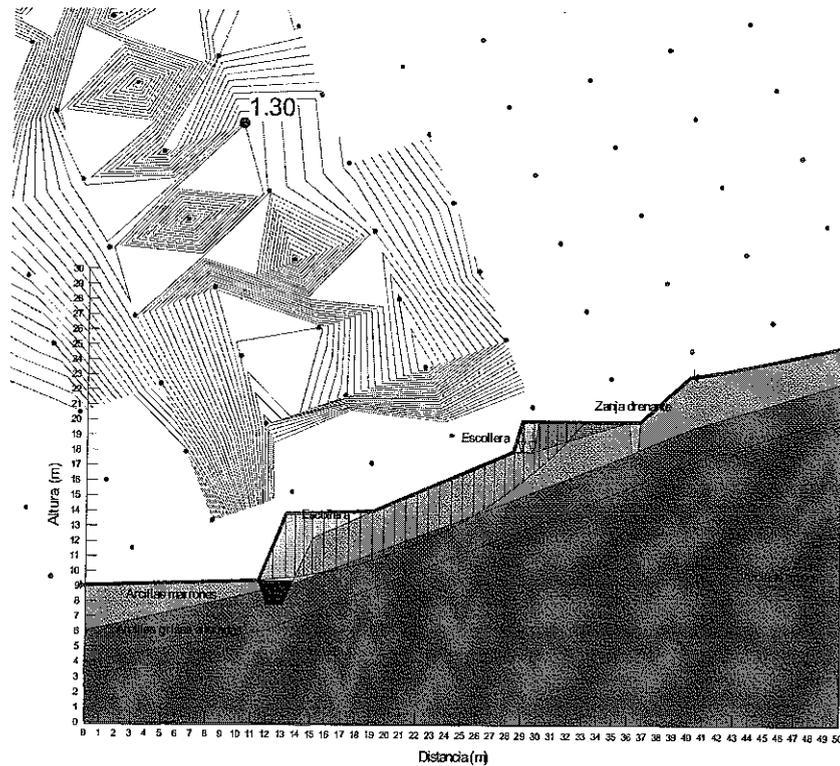


Figura Nº 21.-Sección tipo del talud analizado con ejecución de zanja drenante y pié de escollera. Rotura local.

Los factores de seguridad obtenidos, serían suficientes para garantizar la estabilidad de la ladera para las situaciones planteadas siempre que se asegure el correcto funcionamiento de la zanja drenante, si bien, hay que decir que las especiales características del terreno en cuanto a la expansividad, hace que el terreno sufra fuertes variaciones en cuanto a sus características resistentes, por lo que no se descarta la aparición de posibles inestabilidades muy locales en el talud sobre el que se encuentra la carretera.

6.4.2.1 *Recomendaciones constructivas*

Zanja drenante

Para la realización de la zanja drenante se realizará una excavación de 0.5m de ancho y 2m de profundidad mínima, a lo largo de toda la zona de influencia de la inestabilidad.

El fondo de excavación deberá ejecutarse con la pendiente adecuada para asegurar el desagüe de las aguas recogidas por la zanja drenante, y nunca inferior al 0.5%.

Dicha excavación deberá revestirse con geotextil permeable que, recogiendo las aguas procedentes de la ladera, impida la colmatación de la zanja. De acuerdo con las características hidráulicas del terreno se recomienda una permeabilidad del geotextil no inferior a 10^{-6} m/s.

Se recomienda la ejecución de zanja drenante con tubo perforado en fondo frente al método del drén francés con objeto de asegurar la evacuación rápida de las aguas de infiltración.

El relleno de zanja se realizará con material granular, cuyas características quedarán definidas por lo dispuesto en el artículo 421 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3/2002).

Escollera

Las dimensiones de la escollera serán como mínimo las mostradas de forma esquemática en la siguiente figura:

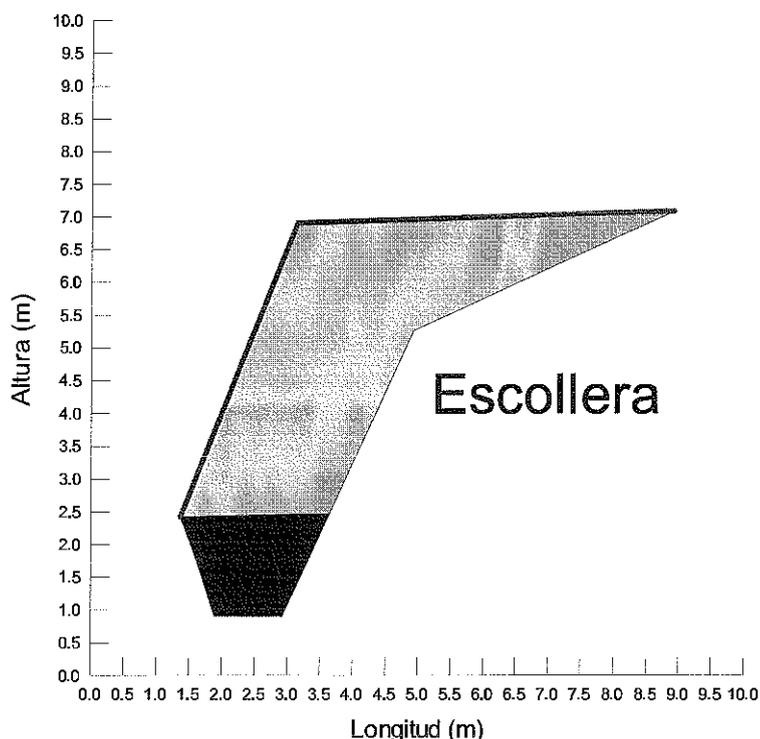


Figura N° 22.-Sección tipo de la escollera propuesta.

Se incluye a continuación algunas consideraciones generales respecto a los muros de escollera de la Guía Para El Proyecto y Ejecución de Muros de Escollera en Obras de Carretera del Ministerio de Fomento.

La adopción de estas medidas quedan a juicio de la dirección facultativa, no afectando, en ningún caso, a los cálculos de estabilidad aquí realizados.

- En lo que se refiere al cimiento del muro inferior, la escollera que lo integra deberá hormigonarse, siendo esto necesario para poder considerar que el cimiento trabaja con un elemento más o menos rígido que transmite la carga de manera más o menos uniforme al terreno de apoyo.
- La superficie sobre la que se apoyará la primera hilada del cuerpo del muro deberá tener una inclinación media próxima a 3H:1V, debiendo ser la superficie

final de la cara superior de la hilada irregular y angulosa. Esta geometría de la superficie garantizará la unión con los demás bloques que constituyen el cuerpo del muro, o entre la primera hilada y el cimiento.

- La inclinación media 3H:1V se mantendrá en las sucesivas hiladas, no debiendo el intradós presentar una inclinación mayor de 1H:3V.
- En cuanto al dimensionamiento del muro, y en lo que respecta a número de bloques mínimo por hilada, este será de dos.
- Por la influencia en la estabilidad del muro, debe darse especial relevancia al trasdós del muro. Entre la escollera del cuerpo, y el terreno a contener se colocará un relleno granular cuyas funciones son esencialmente:
 - 1) Permitir un cambio transicional entre el terreno contenido y el cuerpo del muro.
 - 2) El relleno deberá tener unas buenas características drenantes.
 - 3) Deberá permitir un reparto más o menos uniforme de las empujes sobre el cuerpo del muro.
 - 4) Dificultar y/o impedir la salida, entre los huecos de la escollera, del material contenido por la estructura.
- Al igual que el relleno del trasdós del muro es de capital importancia el drenaje de éste, así como, la conducción adecuada y protección con cunetas las zonas aledañas al cimiento.

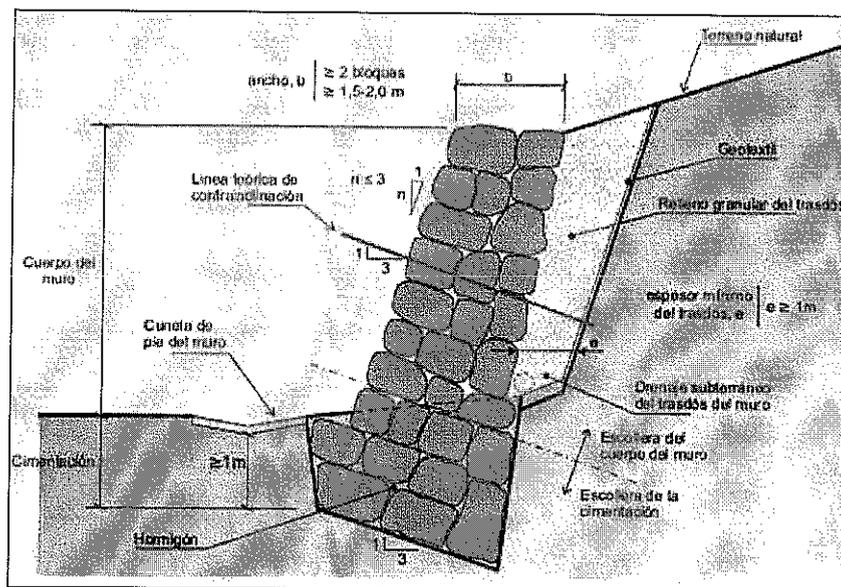


Figura Nº 23.-Esquema general de un muro de escollera y sus elementos geométricos y materiales constituyentes.

7 Parámetros para el dimensionado de elementos de contención

7.1 Empujes activo, pasivo y en reposo

El cálculo de empujes sobre estructuras de contención debe realizarse a largo plazo y por lo tanto, deben utilizarse parámetros drenados del terreno, que son los ofrecidos en la siguiente tabla:

TABLA 20. Parámetros para estructuras de contención

Peso Específico efectivo	Cohesión efectiva	Angulo rozamiento efectivo	Unidad geotécnica
γ KN/m ³	c' KPa	ϕ' °	-
20.0	5	20	UG-I
21.0	10	20	UG-II
21.0	30	25	UG-III

γ (peso específico efectivo), c' (cohesión efectiva) y ϕ' (ángulo de rozamiento interno efectivo)

Para el cálculo de empujes efectivos pueden adoptarse los valores definidos por las expresiones contenidas en la tabla siguiente:

TABLA 21. Definición de parámetros para empujes sobre estructuras de contención

Variable	Definición	Expresión
σ'_a	Empuje unitario activo	$\sigma'_a = K_A \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_A}$
σ'_{ah}	Componente horizontal del empuje unitario activo	$\sigma'_{ah} = \sigma'_a \cdot \text{sen}(\beta + \delta)$
σ'_p	Empuje unitario pasivo	$\sigma'_p = K_P \sigma'_v + 2c' \sqrt{K_P}$
σ'_{ph}	Componente horizontal del empuje unitario pasivo	$\sigma'_{ph} = \sigma'_p \cdot \text{sen}(\beta - \delta)$
σ'_v	Presión vertical efectiva	$\sigma'_v = \gamma z$

TABLA 21. Definición de parámetros para empujes sobre estructuras de contención

Variable	Definición	Expresión
z	Altura del punto considerado respecto a la rasante del terreno en su acometida al muro	-
γ	Peso específico efectivo del terreno o relleno del trasdós	-
c'	Cohesión efectiva del terreno o relleno del trasdós	-
ϕ'	Ángulo de rozamiento interno efectivo del terreno o relleno del trasdós	-
β	Inclinación del paramento del trasdós	-
i	Inclinación de la superficie del trasdós	-
δ	Ángulo de rozamiento entre el muro y el terreno o relleno del trasdós	-
K_a	Coefficiente de empuje activo	$K_A = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \operatorname{sen}(\beta - \phi')}{\sqrt{\operatorname{sen}(\beta + \delta) + \frac{\operatorname{sen}(\delta + \phi') \cdot \operatorname{sen}(\phi' - i)}{\operatorname{sen}(\beta - i)}}} \right]^2$
K_p	Coefficiente de empuje pasivo	$K_P = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \operatorname{sen}(\beta + \phi')}{\sqrt{\operatorname{sen}(\beta - \delta) - \frac{\operatorname{sen}(\delta + \phi') \cdot \operatorname{sen}(\phi' + i)}{\operatorname{sen}(\beta - i)}}} \right]^2$
K_0	Coefficiente de empuje en reposo	$K_0 = (1 - \operatorname{sen} \phi') \cdot (R_{oc})^{1/2}$
R_{oc}	Razón de sobreconsolidación	$K_0 = (1 - \operatorname{sen} \phi') \cdot (R_{oc})^{1/2}$

7.2 Ley de empujes unitarios

El empuje del terreno sobre la estructura de contención es la suma del empuje efectivo de la fase sólida del terreno más el empuje del agua.



Figura N° 24.-Empujes del terreno y del agua con trasdós vertical y superficie del terreno horizontal

La ley de empujes unitarios obedece a la siguiente expresión:

$$\sigma_h = K \cdot \sigma'_z + u_z$$

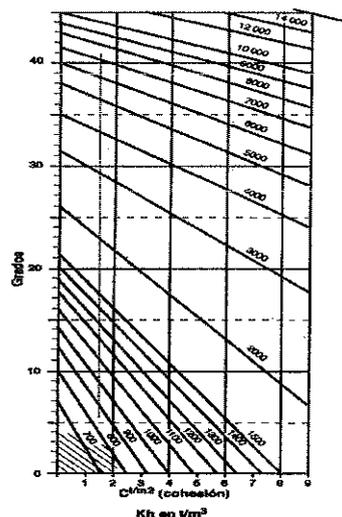
Si el terreno del trasdós está estratificado, cada estrato puede transformarse en una sobrecarga para el subyacente, deduciéndose la ley de empujes en forma acumulativa. Si el trasdós del elemento de contención es quebrado, la ley de empujes se obtendrá aplicando para cada tramo el coeficiente K correspondiente a su inclinación. Cuando la superficie del terreno sea irregular, el empuje resultante sobre el elemento de contención se determinará tanteando diversas superficies de rotura.

Es importante destacar que la propia ejecución de las obras de desmonte producirá una liberación de tensiones en el terreno y facilitará la formación de juntas y la apertura de las ya existentes.

En cuanto a los empujes del agua debe tenerse en cuenta que, es posible que tras un periodo de lluvias se desarrollen niveles de agua en el trasdós de las estructuras de contención. La mejor medida a considerar consiste en dotar a todas las estructuras de contención de elementos de drenaje consistentes en la ejecución de mechinales y la colocación de un material filtrante en el trasdós de los muros. De no ejecutarse dichas medidas, será preceptivo considerar una ley hidrostática de empujes de agua con origen en la coronación de los muros.

7.3 Módulo de balasto horizontal

El módulo de balasto horizontal (Kh) se ha determinado en función del ángulo de rozamiento interno y la cohesión mediante el ábaco de Chadeisson¹.



¹ Monnet, A. (1994) "Module de réaction, coefficient de décompression, au sujet des paramètres utilisés dans la méthode de calcul élastoplastique des soutènements" Rev. Franc. De Geotech. N 65 67-72.

A continuación, se presentan los valores del módulo de balasto horizontal para cada una de las unidades geotécnicas consideradas.

TABLA 22. Parámetros para estructuras de contención

<i>Unidad geotécnica</i>	<i>Cohesión efectiva</i>	<i>Angulo rozamiento efectivo</i>	<i>Módulo de balasto horizontal</i>
-	c' KP \varnothing	ϕ' \varnothing	T/m ³
UG-I	5.00	20	1500
UG-II	30.00	25	2800

c' (cohesión efectiva) y ϕ' (ángulo de rozamiento interno efectivo)

8 Referencias

Para la redacción del presente informe se ha recurrido a las siguientes fuentes bibliográficas.

- Dirección General para la Vivienda y Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1988). Norma Básica de la Edificación – Acciones en la Edificación (NBE-AE-88).
- Hansen, B J (1970). A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity. Danish Geotechnical Institute, Bulletin No 28.
- IGME (1972). Hoja 1066 Coín del Mapa Geológico de España. E. 1:50.000
- IGME (1983). Manual de Ingeniería de Taludes. Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 467pp.
- Jiménez Salas J A y Justo Alpañes, J L (1975). Geotecnia y Cimientos I : Propiedades de los suelos y de las rocas. Editorial Rueda, Alcorcón (Madrid), 466 pp.
- Jiménez Salas J A et al (1981). Geotecnia y Cimientos II: Mecánica del suelo y de las rocas Editorial Rueda, Alcorcón (Madrid), 1188 pp.
- Jiménez Salas J A et al (1980). Geotecnia y Cimientos III. Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia. Editorial Rueda, Alcorcón (Madrid), 1188 pp.
- Ministerio de Fomento. Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, Parte General y Edificación. BOE num.244, 11 de octubre de 2002, pp 35899 a 35967.
- Monnet, A. (1994) "Module de réaction, coefficient de décompression, au sujet des paramètres utilisés dans la méthode de calcul élastoplastique des soutènements" Rev. Franc. De Geotech. N 65 67-72.

- Sanglerat G (1972). The Penetrometer and Soil Exploration. Amsterdam, Elsevier.
- Schmertman J H y Palacios A (1979). Energy Dynamics of the Standard Penetration Test. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 105 GT-8.

9 Resumen y recomendaciones

9.1 Resumen de los trabajos realizados y de las conclusiones alcanzadas

En el presente estudio geotécnico se han llevado a cabo los trabajos de campo y de laboratorio recogidos en las tablas 1 a 4.

Los resultados de las prospecciones de campo se resumen en las tablas 10 a 12 y en las figuras 6 a 8.

Los resultados de los ensayos de laboratorio se recogen en las tablas 13 y 14.

Los condicionantes sísmicos para proyecto vienen reflejados en la tabla 9.

El terreno presente en la zona en estudio consiste básicamente en un primer nivel de rellenos pertenecientes al cuerpo del terraplén de la carretera y a una escollera, a continuación se dispone el terreno natural de naturaleza arcillosa y expansivo, formado por un primer nivel de arcillas marrones hasta los 4.0-5.0m de profundidad, bajo el que se han detectado unas arcillas de tonalidad grisácea, presentando un primer nivel en el que alternan las arcillas marrones con las grises.

El condicionante más importante a lo largo del sector en estudio, es la existencia de un deslizamiento de importante desarrollo lateral, que presentaría un espesor detectado y estimado en el entorno de la zona de ejecución de las prospecciones entre los 6.0-7.0m.

Los resultados de los factores de seguridad frente al deslizamiento se muestran en la tabla 18 y en las figuras 12 a 13.

Del análisis de las distintas situaciones modelizadas para el cálculo de estabilidad de la ladera se concluye:

La situación actual de la ladera es inestable. Con los deslizamientos detectados en el reconocimiento geológico de campo, se ha llevado a cabo un análisis retrospectivo, que ha permitido determinar los parámetros resistentes en el plano de deslizamiento.

Las medidas de estabilización propuestas se resumen en los siguientes puntos, mostrando los factores de seguridad frente al deslizamiento en cada caso en las figuras 15 a 21.

Medidas de estabilización:

- La medida de estabilización propuesta, debido a las características del terreno existente y de la inestabilidad detectada, pasa por la ejecución de una pantalla de micropilotes en la coronación del talud, siguiendo las recomendaciones descritas en el apartado 6.4.1 del presente informe.

Medidas de control del drenaje:

- Realización de una zanja drenante longitudinal de 0.5m de ancho y 2.0-2.5m de profundidad en la margen derecha, al pie del talud superior a la carretera. Dicha zanja deberá revestirse de geotextil que impida su colmatación y rellenarse con material filtrante del tipo grava de cantera.
- Sobre ella, se recomienda ejecutar una cuneta revestida de hormigón para encauzamiento de las aguas de escorrentía superficiales.

Medidas de contención:

- Ejecución de un pie de escollera en la base de la ladera de la margen izquierda y reconstrucción del cuerpo de terraplén afectado por el deslizamiento hasta recuperar la geometría inicial de la carretera.
- Las dimensiones aproximadas del pie de escollera se muestran en la figura 22.

Por último, los parámetros para estructuras de contención se muestran en las tablas 20 y 22.

9.2 Recomendaciones generales

Las conclusiones alcanzadas en el presente estudio geotécnico se basan en reconocimientos puntuales en campo y del análisis de laboratorio realizado sobre muestras, también puntuales, extraídas del terreno. De este modo cabe la posibilidad de que existan diferencias, en cuanto a las características geológicas y geotécnicas del terreno, entre la interpretación que se expone en el presente estudio y los condicionantes realmente presentes en el subsuelo.

Por estos motivos, antes de proceder a la realización de la estructura de cimentación el técnico competente deberá comprobar visualmente, o mediante las pruebas que juzgue oportunas, que el terreno de apoyo de aquélla se corresponde con lo estimado en el presente estudio geotécnico. En particular se deberá comprobar lo siguiente:

- La estratigrafía coincide con la estimada en el presente estudio geotécnico.
- El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas en dicho estudio.

- La resistencia y humedad del terreno encontrado al nivel de cimentación coinciden con las supuestas en el presente estudio geotécnico.
- No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc, o los elementos detectados se ajustan a lo previsto en el presente estudio, en cuyo caso deberán seguirse las recomendaciones que en él se establecen.
- No se detectan corrientes subterráneas que puedan provocar socavación o arrastres.
- El agua y el terreno no son agresivos para los materiales de las zapatas o de la losa, y en caso de que lo sean se cumple lo estipulado al respecto en la normativa vigente.

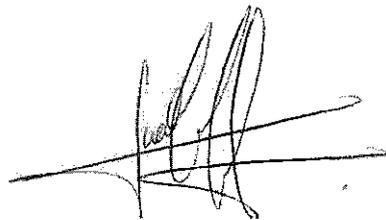
El presente informe geotécnico consta de una memoria de 43 páginas y de 5 anejos a la memoria.

En Málaga, a 9 de junio de 2010



Fdo. J. Vicente Jiménez-Valladolid Torres

Lcdo. en Ciencias Geológicas.



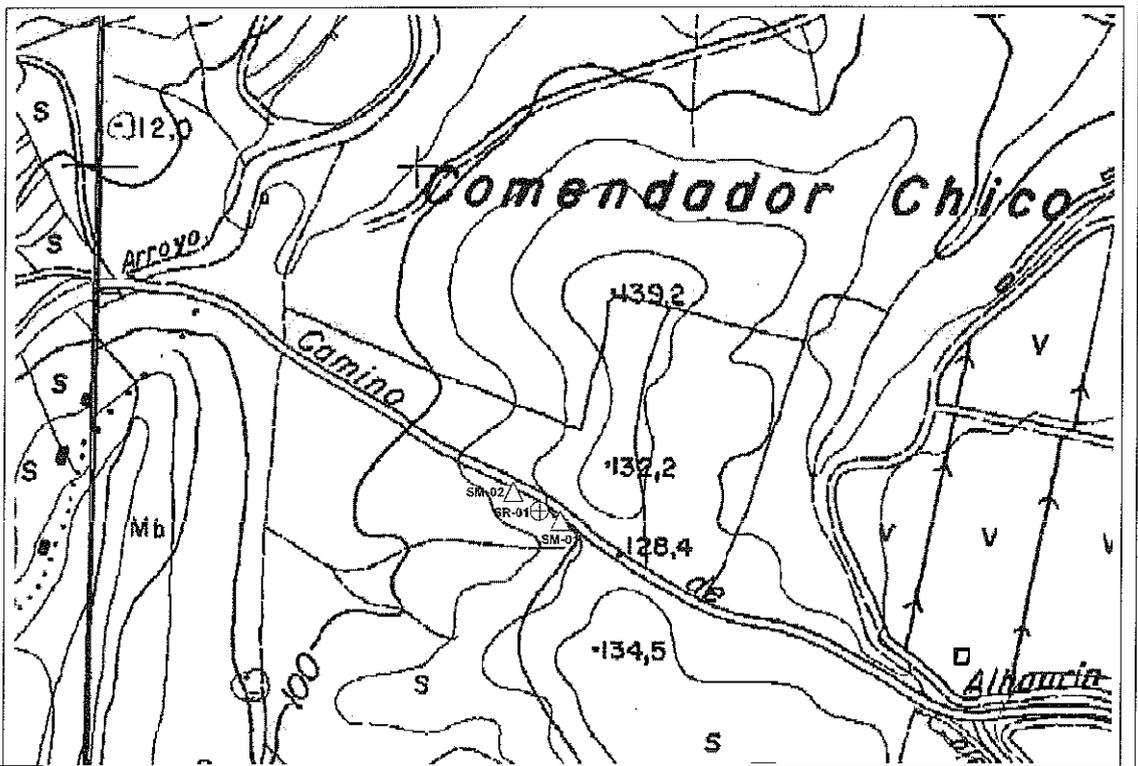
Fdo. Juan Manuel Rodríguez Guerrero

Lcdo. en CC. Geológicas.

PETICIONARIO: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
TRABAJO: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR, ALHAURIN DE LA TORRE (MÁLAGA)
EXPEDIENTE: 1/0075/038 - PRESUPUESTO: 2010/03516



ANEJO 1. Planta de localización de la parcela y de situación de prospecciones



LEGENDA

- ⊕ SONDEO A ROTACIÓN
- △ ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA



PETICIONARI O: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE.

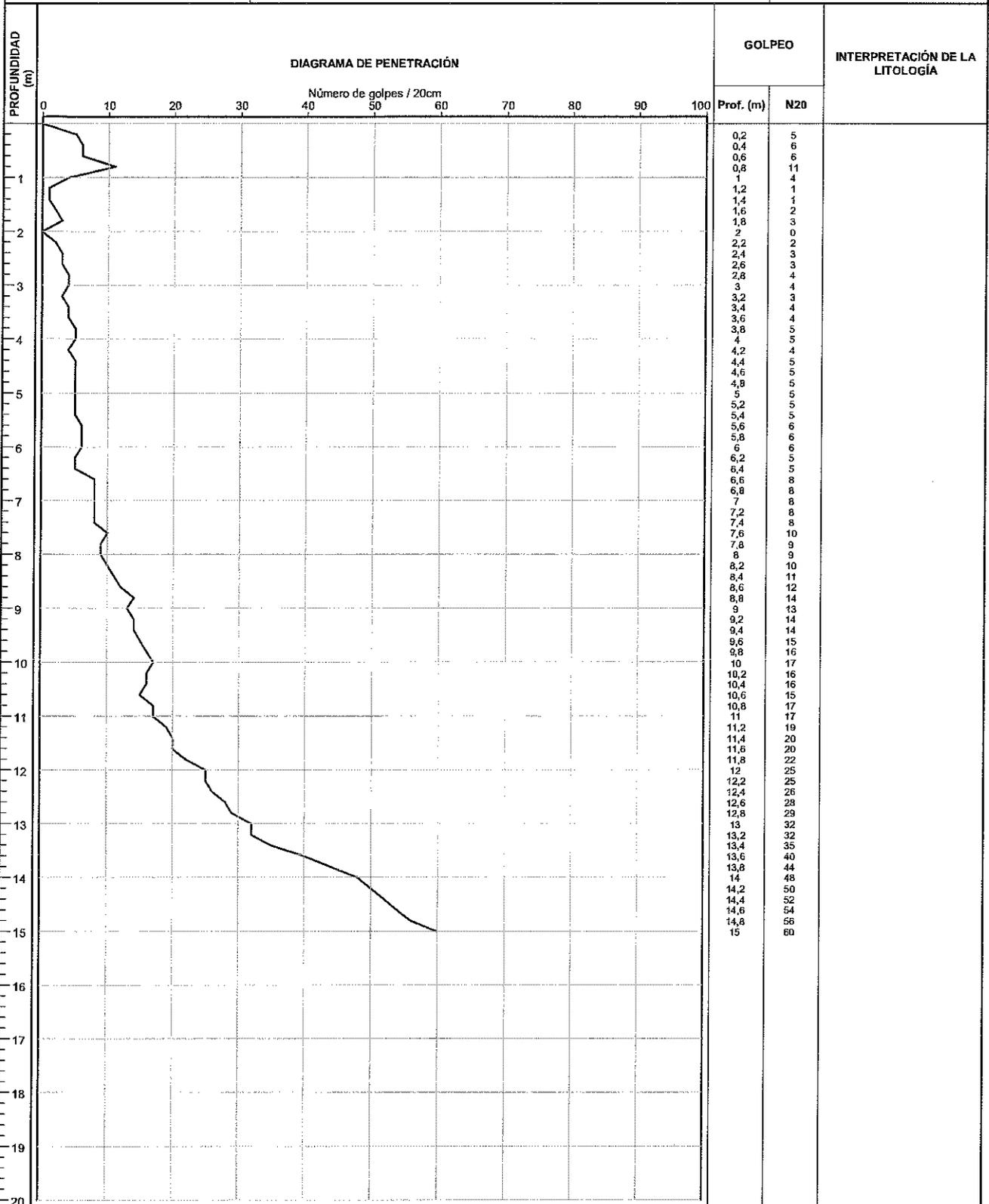
OBRA: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR, ALHAURIN DE LA TORRE (MÁLAGA)

LABOR: LOCALIZACION DE LAS PROSPECCIONES

PETICIONARIO: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
TRABAJO: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR, ALHAURIN DE LA TORRE (MÁLAGA)
EXPEDIENTE: 1/0075/038 - PRESUPUESTO: 2010/03516



ANEJO 2. Registro de sondeos a penetración dinámica



FECHA: 1/06/2010



Fdo. Elena Frade Viano
 Director Técnico de Laboratorio
 Lda. Ciencias Químicas



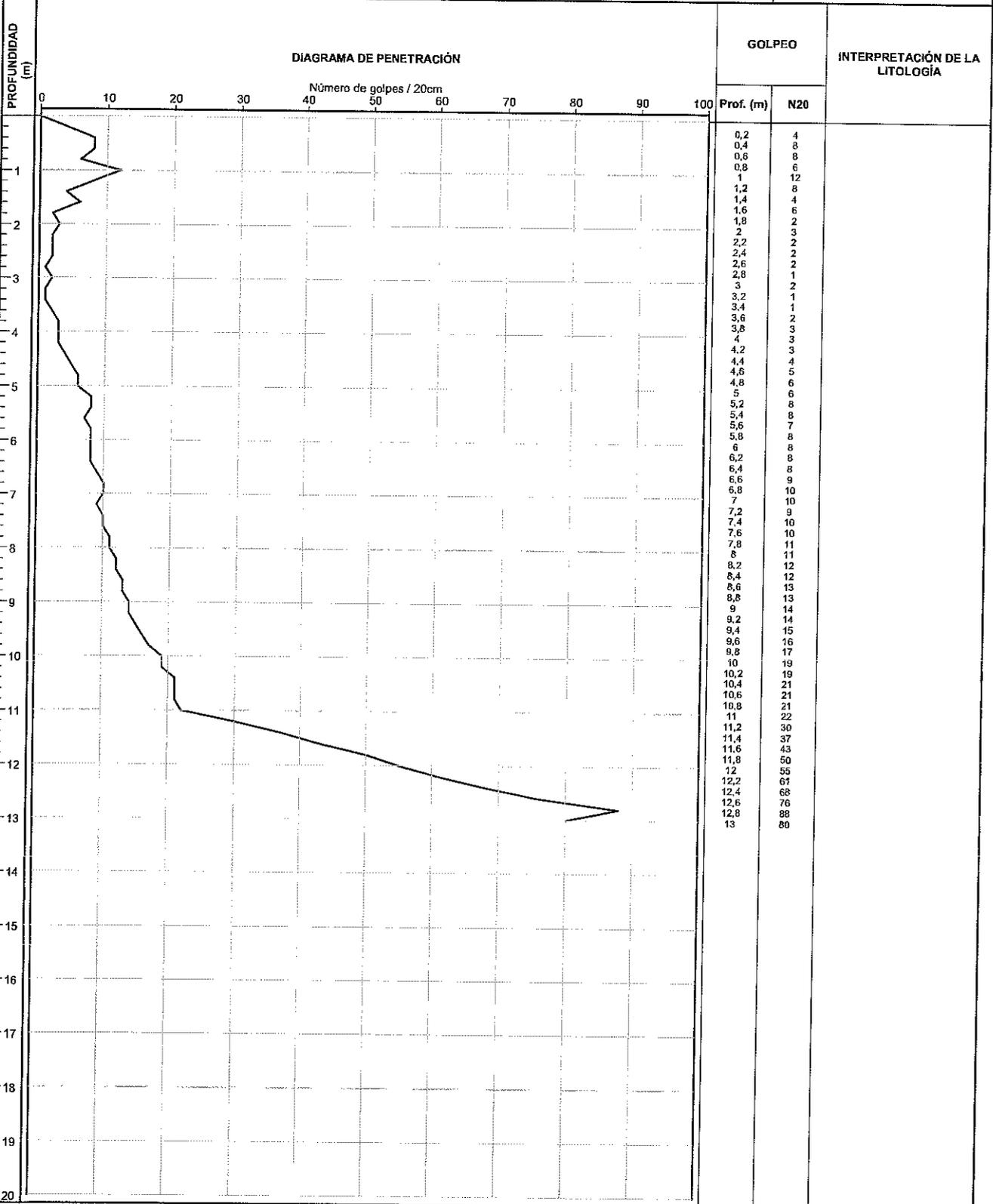
Ensayo Acreditado
 Junta de Andalucía



Fdo. Manuel Gil Romero
 Responsable de Ensayos Físicos
 Lda. Ciencias Químicas

Dispositivo de golpeo DPSH: Puntaza de sección cónica 20cm², machina 63.5Kp, altura de caída 75cm, peso de varillaje 6Kp/ml

Nórmás de aplicación: Prueba continua de penetración superpesada UNE 103-801:1984



FECHA: 1/06/2010



Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas



Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía



Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Químicas

Dispositivo de golpeo DPSH: Puntaza de sección cónica 20cm², machina 63.5Kp, altura de caída 75cm, peso de vanillaje 6Kp/mf

Nórmás de aplicación: Prueba continua de penetración superpesada UNE 103-801:1994

PETICIONARIO: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
TRABAJO: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR, ALHAURIN DE LA TORRE (MÁLAGA)
EXPEDIENTE: 1/0075/038 - PRESUPUESTO: 2010/03516



ANEJO 3. Registro de sondeos a rotación

PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO PERF. (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	OTROS ENSAYOS	RECUP. (%)		RQD.		MUESTRAS					
							25	75	25	75	TIPO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	GOLPED /15 cm		
0.70	W101		0.70	UG0 Relleno antrópico. Arenas y gravas con algunos cantos de zahorra. Color marrón.												
0.70			0.70	UG0 Escollera. Cantos de naturaleza marmórea. Color blanquecino.												
2.70			2.70	UGI Arcillas algo margosas plásticas, con algunos nódulos carbonatados y lentes de mineralizaciones yesíferas. Color marrón.							SPT	2.00	2.60		1-2-3-4	
0.70	W86		0.70	UGII Arcillas algo margosas plásticas con indicios de restos de bioclastos y lentes yesíferas. Color grisáceo con vetas marrones.							MI	4.20	4.80		6-8-11-15	
1.80			1.80	UGII Arcillas algo margosas plásticas con algunas lentes yesíferas. Veta de yesos con bastantes signos de oxidación a 6.30m. color grisáceo.							SPT	4.80	5.40		5-6-9-9	
17.40			17.40	UGII Arcillas margosas plásticas, con algunos restos de bioclastos e indicios de lentes yesíferas. Color grisáceo.							SPT	6.00	6.60		6-8-10-12	
											MI	7.80	8.40		10-10-12-19	
											SPT	8.40	9.00		5-9-10-13	
											SPT	10.00	10.60		6-9-11-15	
											MI	12.00	12.60		13-18-22-33	
											SPT	12.60	13.20		11-16-20-21	

FECHA: 1/06/2010



cemosa

Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía

Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas



Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Químicas

MI: Muestra inalterada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo parafinado MA: Muestra alterada LF: Ensayo Lefranc LU: Ensayo Lugeon PR: Presiómetro

Nórm. de aplicación: Toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared gruesa con estuche interior, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared delgada de pistón fijo, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras simple (batería simple), ASTM D2113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras doble (batería doble), ASTM D2XP113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple), XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple) con extensión de pared delgada, XP P94-202; ensayo de penetración estándar (SPT), UNE 103-800:1992; toma de muestra de agua para análisis químico, Anejo 5 de EHE

CEMOSA, entidad acreditada para la prestación de asistencia técnica a la construcción y obra pública R.D. 1230/89. Nº de inscripción del R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05
Acreditado en el grupo de áreas de geotecnia: GTC Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos, GTL Área de ensayos de laboratorio de geotecnia

PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO PERF. (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	OTROS ENSAYOS	RECUP. (%)		RQD.		MUESTRAS						
							25	75	25	75	TIPO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	GOLPEO /15 cm			
17.40				UGII Arcillas margosas plásticas, con algunos restos de bioclastos e indicios de lentes yesíferas. Color grisáceo													
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24				Fin del sondeo													
25																	
26																	

FECHA: 1/06/2010


 Fdo. Elena Frade Viano
 Director Técnico de Laboratorio
 Lda. Ciencias Químicas

cemosa
 Ensayo Acreditado
 Junta de Andalucía


 Fdo. Manuel Gil Romero
 Responsable de Ensayos Físicos
 Lda. Ciencias Químicas

MI: Muestra inalterada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo parafinado MA: Muestra alterada LF: Ensayo Lefranc LU: Ensayo Lugeon PR: Presiómetro

Nómas de aplicación: Toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared gruesa con estuche interior, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared delgada de pistón fijo, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras simple (batería simple), ASTM D2113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras doble (batería doble), ASTM D2XP113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple), XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple) con extensión de pared delgada, XP P94-202; ensayo de penetración estándar (SPT), UNE 103-800:1992; toma de muestra de agua para análisis químico, Anejo 5 de EHE

CEMOSA, entidad acreditada para la prestación de asistencia técnica a la construcción y obra pública R.D. 1230/89. Nº de inscripción del R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05
 Acreditado en el grupo de áreas de geotecnia: GTC Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos, GTL Área de ensayos de laboratorio de geotecnia

PETICIONARIO: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
TRABAJO: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR, ALHAURIN DE LA TORRE (MÁLAGA)
EXPEDIENTE: 1/0075/038 - PRESUPUESTO: 2010/03516



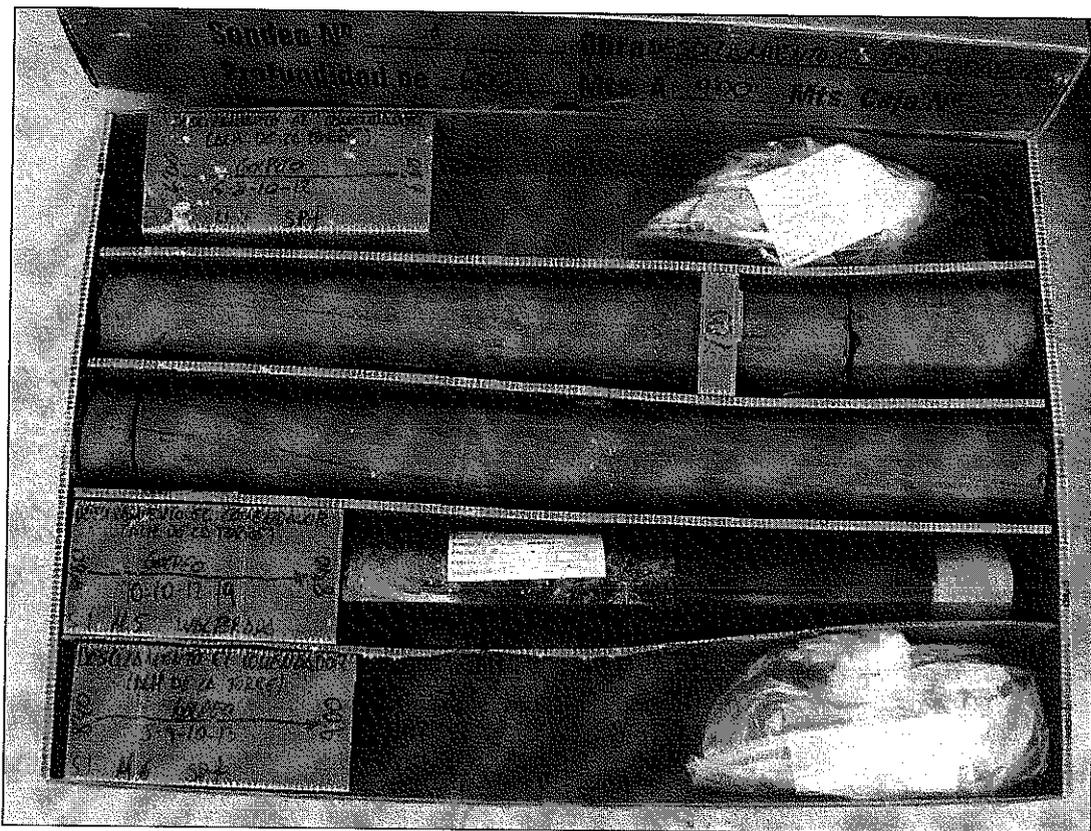
ANEJO 4. Fotografías de testigos de sondeos a rotación



Fotografía N° 1.- SR-01. Profundidad 0.00-3.00



Fotografía N° 2.- SR-01. Profundidad 3.00-6.00



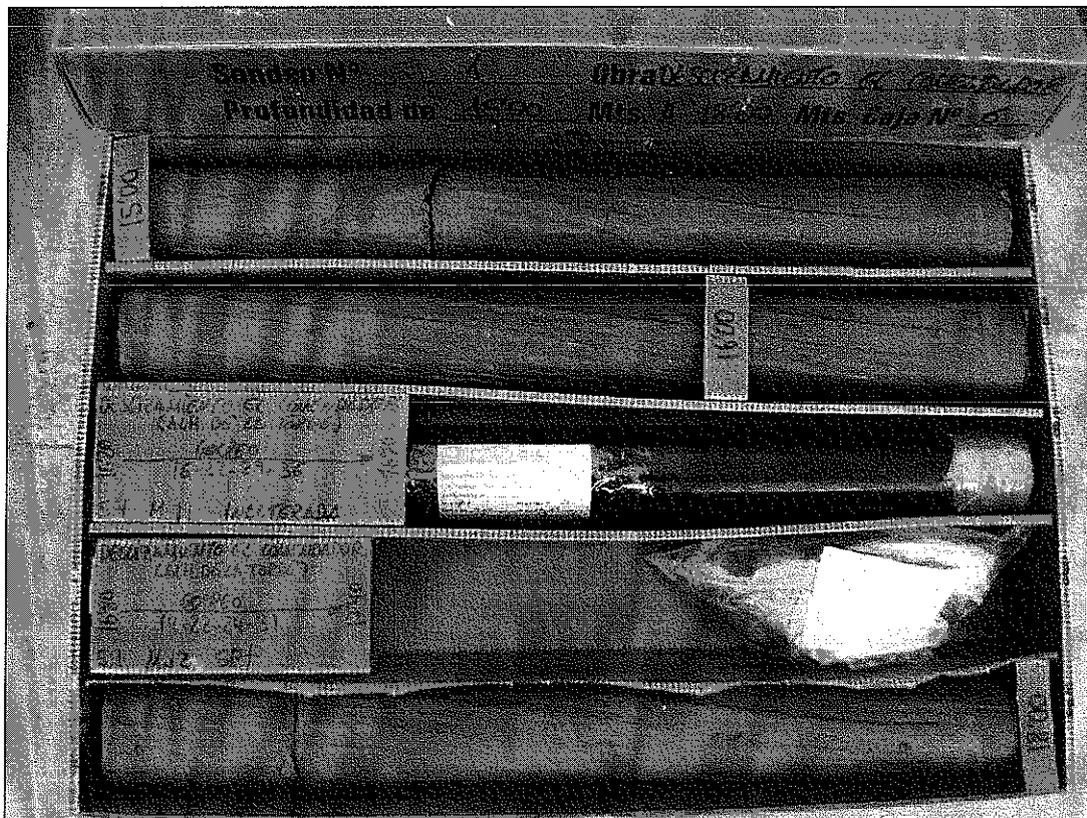
Fotografía Nº 3.- SR-01. Profundidad 6.00-9.00



Fotografía Nº 4.- SR-01. Profundidad 9.00-12.00



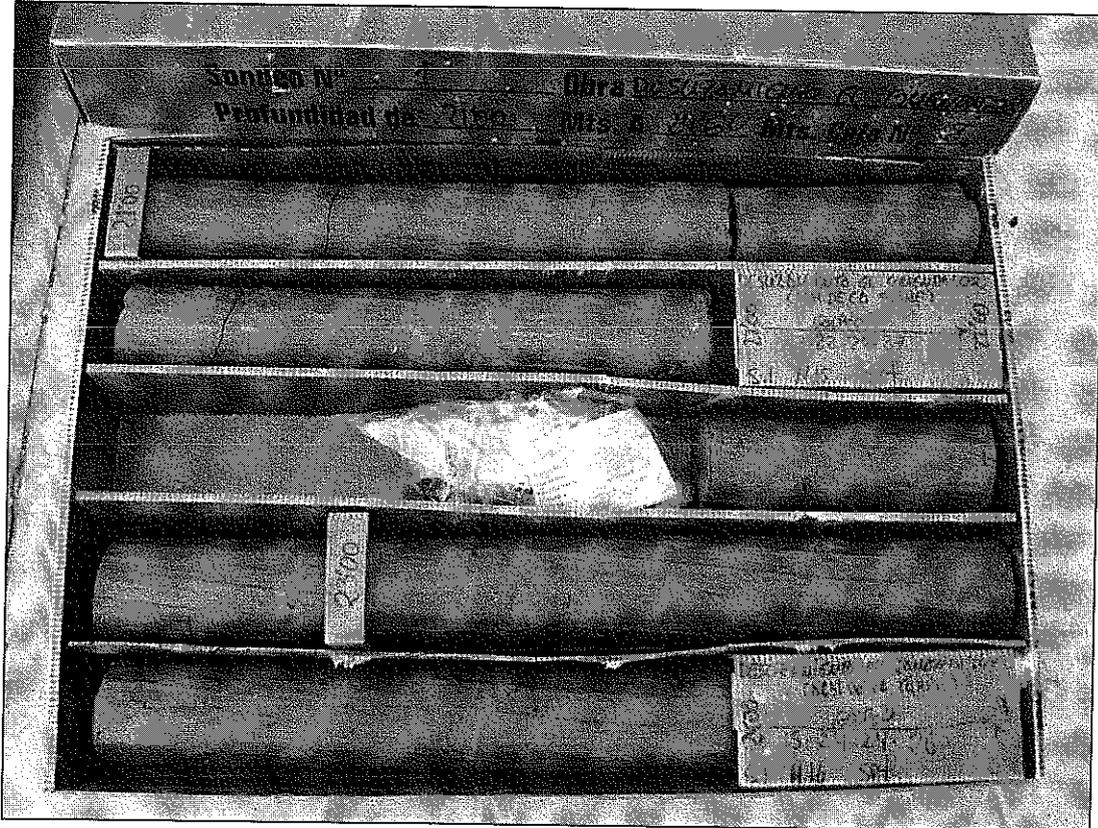
Fotografía N° 5.- SR-01. Profundidad 12.00-15.00



Fotografía N° 6.- SR-01. Profundidad 15.00-18.00



Fotografía N° 7.- SR-01. Profundidad 18.00-21.00



Fotografía N° 8.- SR-01. Profundidad 21.00-24.00

ANEJO 5. Actas de ensayos de laboratorio



ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89 Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (30 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo: 4-0075-038-001

Peticionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE

Contratista: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE

Dirección Técnica:

Obra: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR, ALHAURIN DE LA TORRE

Informe de Identificación

Material:

Referencia 3011484
Descripción Limos muy plásticos
Procedencia MA-1 2.00-2.60

Clasificación :

Unified MH
H.R.B. A-7-5
Índice de Grupo 20

Plasticidad (Límites de Atterberg):

Límite líquido : 55,1 Límite plástico : 30,9 Índice de plasticidad : 24,2

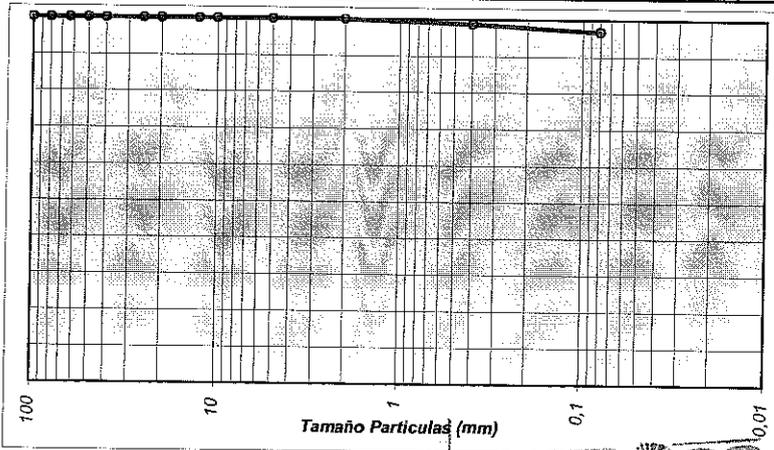
Análisis Químico

Sulfatos (% SO₃)
Materia Orgánica (% MO)

Sales solubles (gr/100grsuelo)
Yesos (%)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,8	96,8



[Firma]

Fdo: Elena Frada Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]
cemosa
Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

Fdo : Manuel Gil Romero
Responsable de ensayos físicos
Licenciado en Ciencias Químicas

AREAS DE ACREDITACION:

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón API: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería

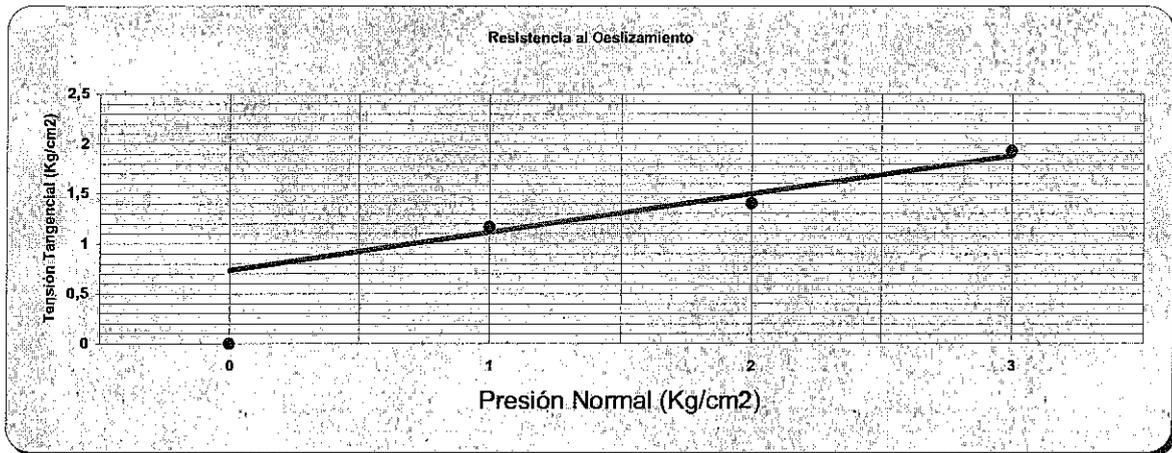
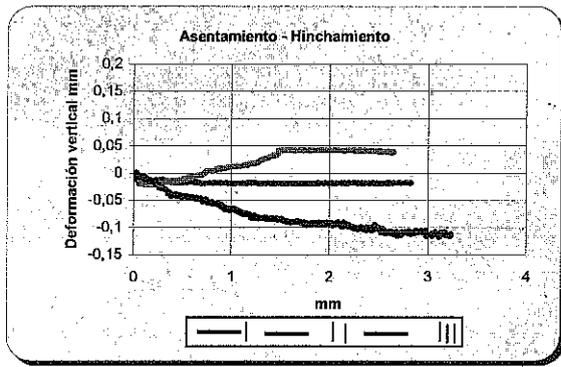
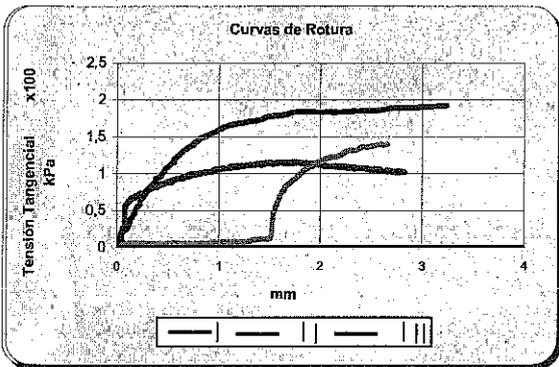
ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89 N° DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo : 4/0075/038/001
Peticionario : AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Obra : DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR. ALHAURIN DE LA TORRE
Ref. Muestra: MA-1 2,00-2,60

Ensayo de Corte Directo (UNE 103 401:98)

Probeta Nº	I	II	III	Datos de Ensayo			
Tensión tang. (Kg/cm2)	1,16	1,40	1,93	Densidad húmeda(gf/cm3)	1,90	1,92	1,93
Humedad Inicial (%)	30,09	30,09	30,09	Estado Muestra :	INALTERADA		
Humedad Final (%)	31,96	34,05	31,50	Caja :	CILINDRICA		
Densidad seca(gf/cm3)	1,46	1,48	1,48	Tipo :	CYD		



Angulo de Rozamiento =	20,9 °
Cohesión =	0,73 Kg/cm2

[Firma]



[Firma]

Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Lda. Ciencias Químicas

Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable ensayos físicos
Lda. Ciencias Químicas

AREAS DE ACREDITACION EDIFICACION (BOJA 24/02/05)		
EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero	EHC: Área de control del hormigón y componentes	GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos
GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia	VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales	VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales
EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras	EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero	AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas
APH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón	ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón	APB: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón
AMC: Área de control de morteros para albañilería		
AREAS DE ACREDITACION INGENIERIA CIVIL - OBRAS LINEALES (BOJA 02/07/09)		
OL-A: Suelos, firmes bituminosos y otros	OL-B: Conglomerantes, áridos, agua, hormigón y prefabricados de hormigón	OL-C: Productos metálicos y señalización

Trabajo: 4-0075-038-001
Peticionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE
Contratista: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE
Dirección Técnica:
Obra: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR, ALHAURIN DE LA TORRE

Informe de Identificación

Material:
Referencia 3011485
Descripción Arcillas muy plásticas.
Procedencia MI-1 4.20-4.80

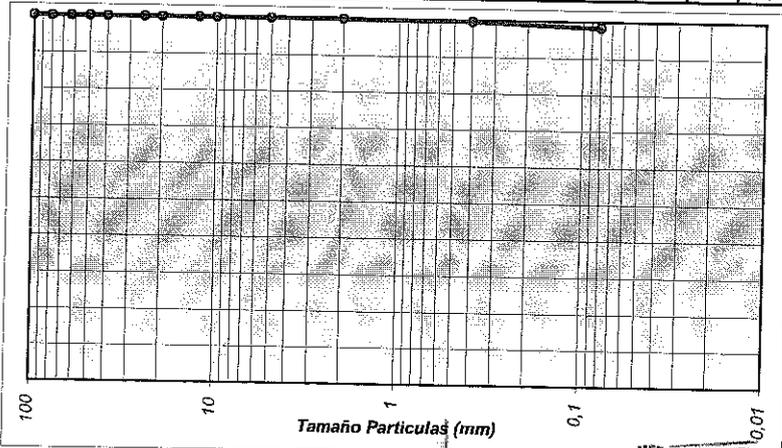
Clasificación :
Unified CH
H.R.B. A-7-6
Índice de Grupo 20

Plasticidad (Límites de Atterberg):
Límite líquido : 55,1 Límite plástico : 25,8 Índice de plasticidad : 29,3

Análisis Químico
Sulfatos (% SO₃) Sales solubles (gr/100grsuelo)
Materia Orgánica (% MO) Yesos (%)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	98,4



cemosa
Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía

Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable de ensayos físicos
Licenciado en Ciencias Químicas

AREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondas, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmas y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y DBRA PUBLICA RD. 1230/89
Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

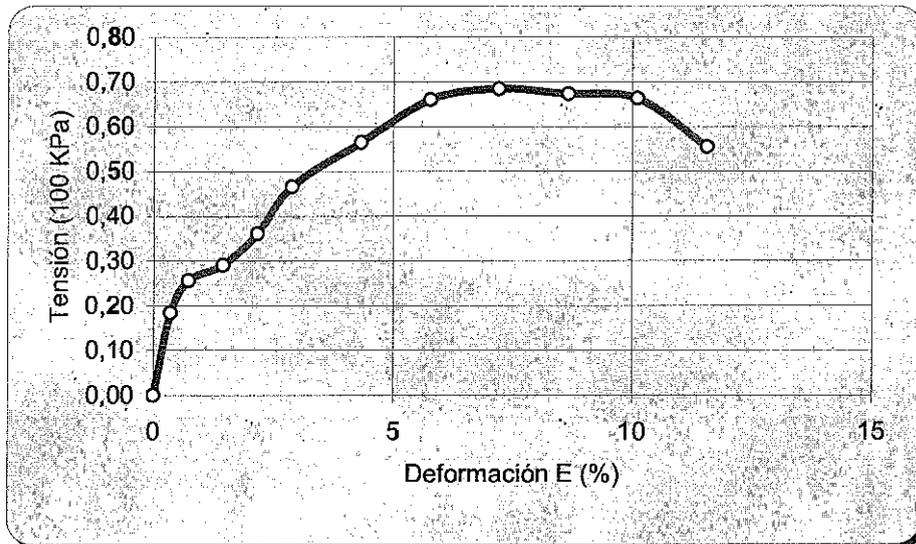
C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo : 4/0075/038/001
Peticionario : AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Obra : DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR. ALHAURIN DE LA TORRE
Ref. Muestra: MI-1 PRF. 4,20-4,80

**Ensayo de Rotura a Compresión Simple en Probetas de Suelo
(UNE 103-400-93)**

Ensayo con muestra	Inalterada
Diametro d (cm)	5,82
Altura h (cm)	13,85
Humedad W (%)	25,89
R. Comp. Simple (Kpa)	68,4
R. Comp. Simple (Kp/cm2)	0,70
Deform. en Rotura E(%)	7,22
Densidad Humeda (g/cm3)	1,93
Densidad Seca (g/cm3)	1,54

Forma de Rotura



OBSERVACIONES:

Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Ldo. Ciencias Químicas

cemosa

Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable ensayos físicos
Ldo. Ciencias Químicas

AREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería

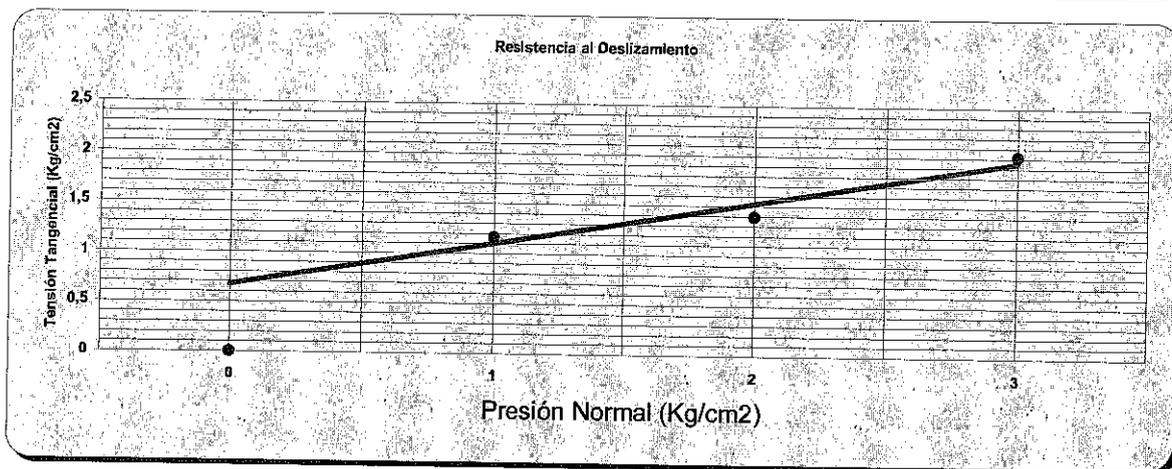
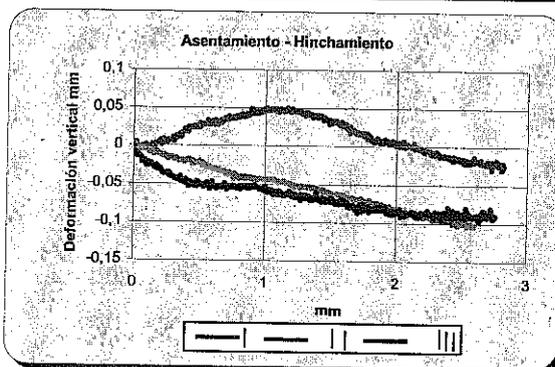
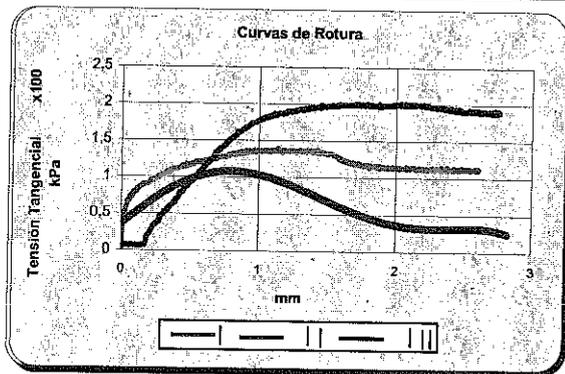
ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89 N° DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025

C/ BENAQUE N° 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo : 4/0075/038/001
Peticionario : AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Obra : DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR. ALHAURIN DE LA TORRE
Ref. Muestra: MI-1 PRF. 4,20-4,80

Ensayo de Corte Directo (UNE 103 401:98)

Probeta N°	I	II	III	Datos de Ensayo		
				Densidad húmeda(gr/cm3)	Estado Muestra :	Caja :
Tensión tang. (Kg/cm2)	1,16	1,39	2,01	1,96	1,96	1,96
Humedad inicial (%)	27,33	27,33	27,33	INALTERADA		
Humedad Final (%)	29,29	30,98	30,11	CILINDRICA		
Densidad seca(gr/cm3)	1,54	1,54	1,54	Tipo : CYD		



Angulo de Rozamiento =	23,0 °
Cohesión =	0,67 Kg/cm2

[Firma]

[Firma]

Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Lda. Ciencias Químicas

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable ensayos físicos
Lda. Ciencias Químicas

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería



ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1236/89 N° DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BQJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (30 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo: 4-0075-038-001

Peticionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE

Contratista: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE

Dirección Técnica:

Obra: DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR, ALHAURIN DE LA TORRE

Informe de Identificación

Material:

Referencia 3011486
Descripción Arcillas muy plásticas.
Procedencia MI-1 7.80-8.40

Clasificación :

Unified CH
H.R.B. A-7-6
Indice de Grupo 20

Plasticidad (Límites de Atterberg):

Límite líquido : 64,3 Límite plástico : 28,5 Índice de plasticidad : 35,8

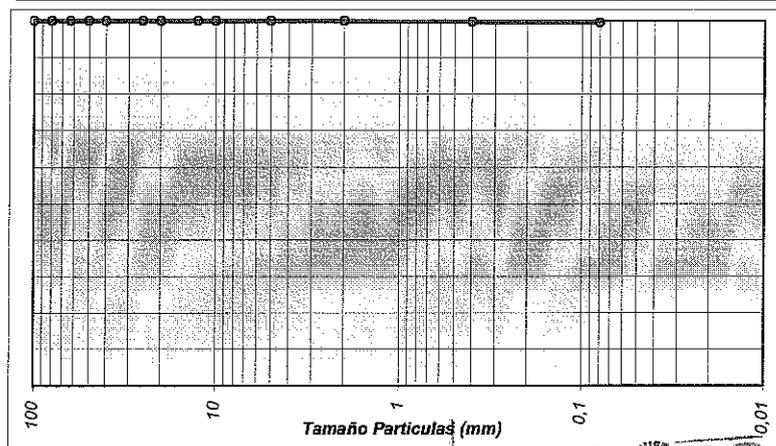
Análisis Químico

Sulfatos (% SO₃)
Materia Orgánica (% MQ)

Sales solubles (gr/100grsuelo)
Yesos (%)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,6



Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable de ensayos físicos
Licenciado en Ciencias Químicas

AREAS DE ACREDITACION

EPA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en vitales VSP: Área de control de firmes y bituminosos en vitales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACF: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para alfarería

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89
Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

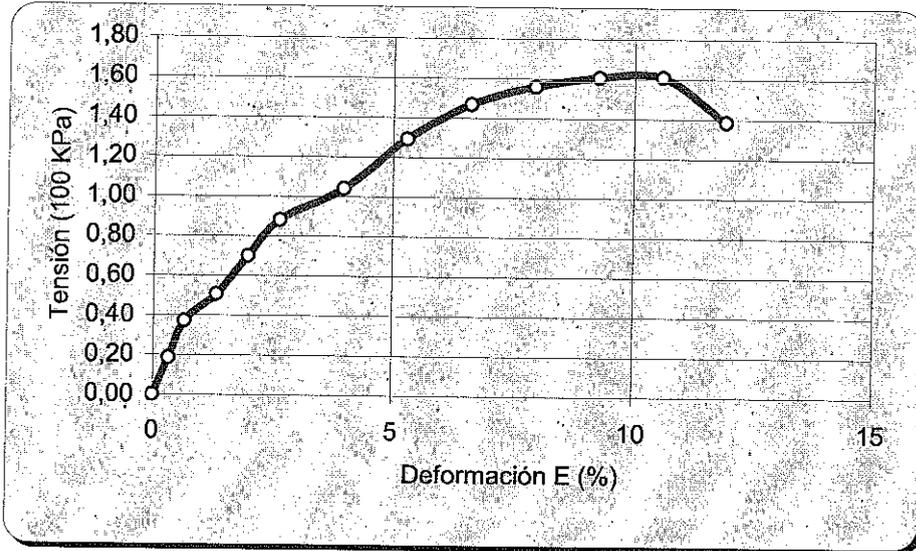
C/BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo : 4/0075/038/001
Peticonario : AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Obra : DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR. ALHAURIN DE LA TORRE
Ref. Muestra: MI-1 PRF. 7,80-8,40

**Ensayo de Rotura a Compresión Simple en Probetas de Suelo
(UNE 103-400-93)**

Ensayo con muestra	Inalterada
Diametro d (cm)	5,90
Altura h (cm)	15,11
Humedad W (%)	31,55
R. Comp. Simple (Kpa)	160,8
R. Comp. Simple (Kp/cm2)	1,64
Deform. en Rotura E(%)	10,59
Densidad Humeda (g/cm3)	1,94
Densidad Seca (g/cm3)	1,47

Forma de Rotura



OBSERVACIONES:

cemosa

Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía

Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Ldo. Ciencias Químicas

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable ensayos físicos
Ldo. Ciencias Químicas

AREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes CTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería



ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1730/89 Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (30 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo: 4-0075-038-001
Peticionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE
Contratista: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE
Dirección Técnica:
Obra: **DESPLAZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENAOOR, ALHAURIN DE LA TDRRE**

Informe de Identificación

Material:

Referencia 3011487
Descripción Arcillas muy plásticas.
Procedencia MI-1 12.00-12.60

Clasificación :

Unified CH
H.R.B. A-7-6
Indice de Grupo 20

Plasticidad (Límites de Atterberg):

Límite líquido : 64,4 Límite plástico : 28,4 Índice de plasticidad : 36,0

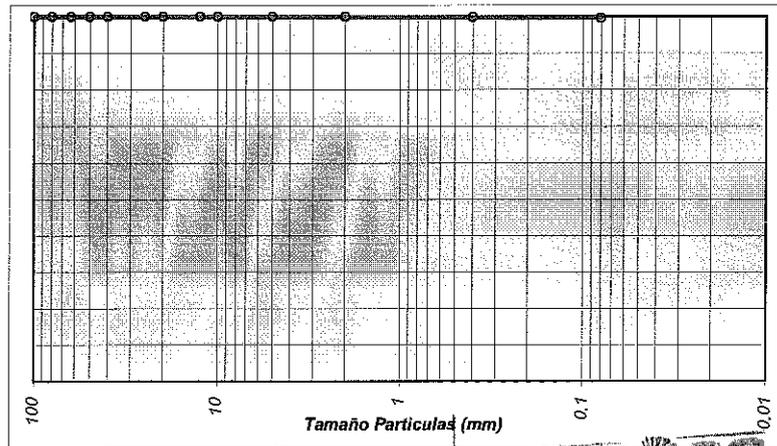
Análisis Químico

Sulfatos (% SO₃)
Materia Orgánica (% MO)

Sales solubles (gr/100grsuelo)
Yesos (%)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,6



[Firma]

Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]
cemosa
Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía

Fdo: Victoria Almádana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable de ensayos físicos
Licenciado en Ciencias Químicas

AREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas APH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89 Nº
DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

EXPEDIENTE : 4/0075/038/001
OBRA : DESLIZAMIENTO EN CAMINO DEL COMENDADOR. ALHAURIN DE LA TORRE
PETICIONARIO : AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
CONTRATISTA :
D.TECNICA :

**DETERMINACION DE HUMEDAD Y LA DENSIDAD EN SUELOS
(UNE 103 300 Y UNE 103 301)**

R/L	S/ REFERENCIA	DENSIDAD HUMEDA gr/cc	DENSIDAD SECA gr/cc	HUMEDAD %
3011484	MA-1 2,00-2,60	1,93	1,52	27,5
30411487	MI-1 12,00-12,60	2,09	1,70	23,3

Málaga, 4 de junio de 2010



cemosa
Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía



Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Lda. Ciencias Químicas

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable ensayos físicos
Ldo. Ciencias Químicas

Página 1 de 1

AREAS DE ACREDITACION EDIFICACION (BOJA 24/02/05)
EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería
AREAS DE ACREDITACION INGENIERIA CIVIL - OBRAS LINEALES (BOJA 02/07/09)
OL-A: Suelos, firmes bituminosos y otros OL-B: Conglomerantes, áridos, arena, hormigón y prefabricados de hormigón OL-C: Productos metálicos y señalización

