



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



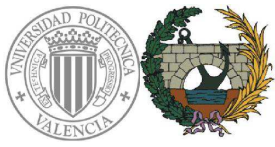
Anejo nº2 : Geotecnia y geología

Valencia, Julio de 2014



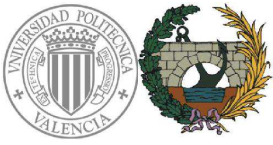
Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340:
Predimensionamiento de estructuras

Anejo nº2: Geología y geotecnia



Contenido

1- INTRODUCCIÓN	4
1.1- OBJETIVO	4
1.2- FUENTES DE INFORMACIÓN	5
2- GEOLOGÍA.....	5
2.1- SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	5
2.2- DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA.....	6
3- GEOTECNIA.....	7
3.1- CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA	7
3.2- CIMENTACIÓN ESTRUCTURAS	16
3.2.1- Análisis de carga de hundimiento	16
3.2.2- Análisis de taludes y desmontes.....	18
4- ESTUDIO DE MATERIALES	19
4.1- EXPLANADA	19
4.2- PRÉSTAMOS	20
4.3- CANTERAS	20



1- INTRODUCCIÓN

1.1- OBJETIVO

El objetivo de este anejo es analizar y caracterizar, desde un punto de vista geológico-geotécnico, los diferentes materiales que aparecerán en la zona de proyecto pudiendo así diseñar los taludes de desmonte y terraplén y realizar los cálculos correspondientes a las cimentaciones de la estructura.

Este anejo se ha dividido en tres partes:

- GEOLOGÍA: Se llevará a cabo una descripción general de la zona de estudio.
- GEOTECNIA: En este apartado se estudiará y se caracterizará, desde un punto de vista geotécnico, la zona de proyecto. También se realizarán los estudios de cimentación de estructuras y de los taludes de los terraplenes y desmontes.
- ESTUDIO DE MATERIALES: En este punto se realizará un estudio y caracterización de los materiales desde el punto de vista de formación de explanadas además de la localización de los préstamos de tierra necesarios.

1.2- FUENTES DE INFORMACIÓN

Se ha tenido acceso a la memoria y los anejos a la memoria del estudio de duplicación de la variante de la N-340 a su paso por Oropesa y al proyecto de conexión de la cv-10 con la variante de Castellón (n-340).

Además se han consultado los mapas geológicos y el inventario de puntos de agua del IGME.

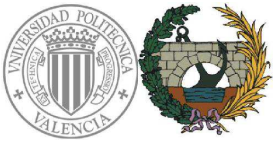
2- GEOLOGÍA

2.1- SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El enlace se localiza en la provincia de Castellón, en el término municipal de Oropesa del Mar a unos 1200m de la línea de costa.

El peaje corresponde a la salida nº45 de la AP-7.





2.2- DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

El enlace se sitúa en una zona de topografía horizontal en la plana de Oropesa - Torreblanca. Los terrenos están dedicados al cultivo de cítricos.

La zona de proyecto está situada sobre los depósitos cuaternarios de abanico aluvial típicos de la plana de Oropesa y que están constituidos por un conglomerado granosostenido pardo rojizo, con intercalaciones de capas de arcillas, arenas y costras calcáreas superficiales (caliches) muy cementadas. Su estratificación es subhorizontal con suave pendiente deposicional hacia el mar.

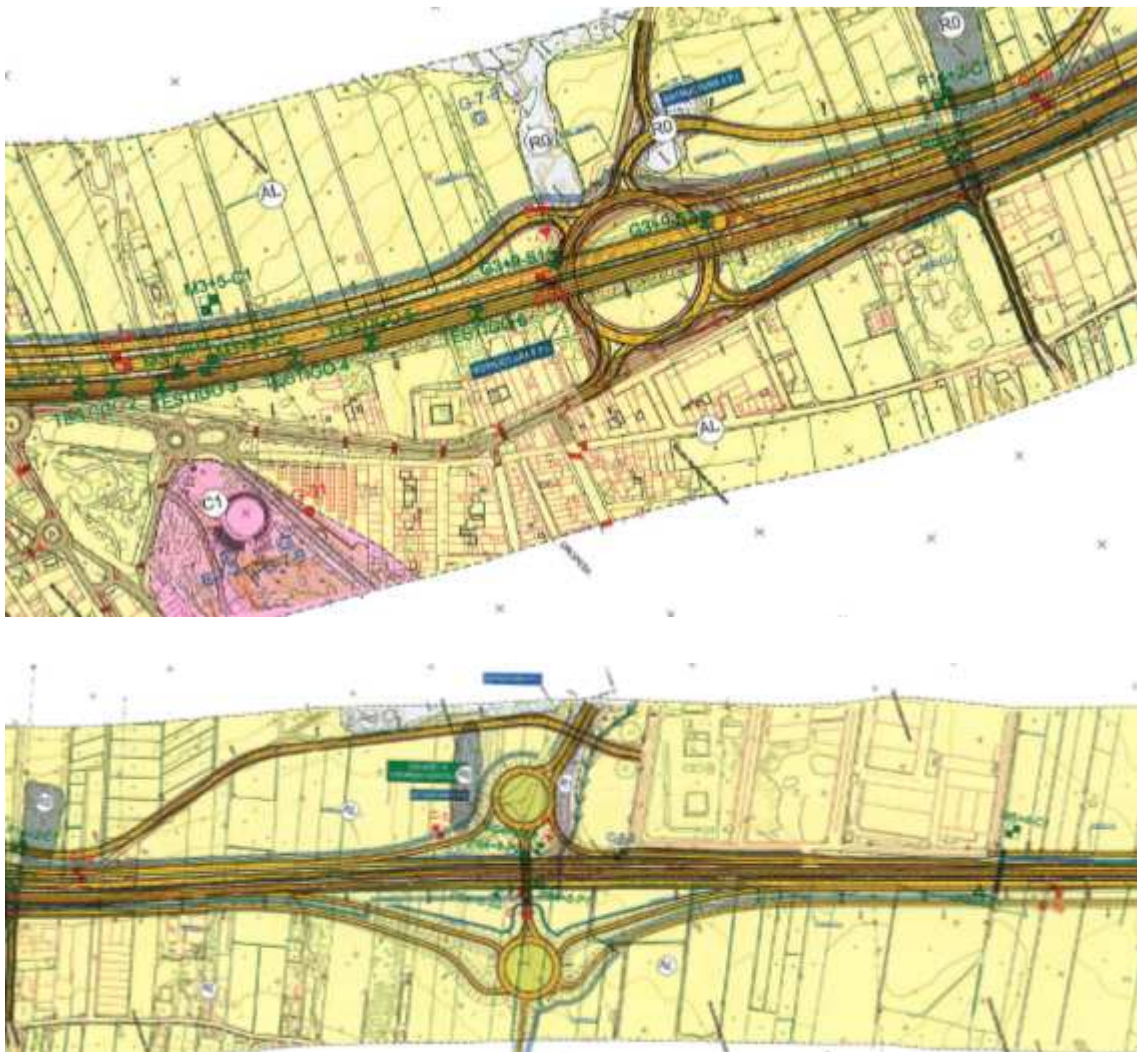
Los niveles freáticos en la zona, según la información disponible en el inventario de puntos de agua del IGME, no afectarán a la cimentación de las estructuras. Los niveles freáticos en la zona se encuentran a más de 11m de profundidad.

3- GEOTECNIA

3.1- CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA

Para la caracterización geotécnica de la zona se ha tenido acceso a los ensayos de laboratorio realizados para el proyecto de duplicación de la N340 a su paso por Oropesa.

Se han realizado calicatas en toda la zona de proyecto, la que más cerca está de la traza de la carretera de nuestro proyecto es la C-15, C-16, C-17, C-18 y C-19.



CALICATA C-18	
Fecha: 03/12/2008	
COLUMNA	DESCRIPCIÓN
	<p>Observación: P.K. 5+400, Lado Derecho, 18.20000 y 444500 Z. 18-4.</p> <p>0.00 - 0.20 m: Tierra vegetal. Arena limosa con cantos subredondeados de caliza. Cotto medio rojo.</p> <p>0.20 - 2.00 m: Canto subredondeado de caliza heterométrica de 1mm a 20 con un matriz arenosa (mucho agrietado) con indicios de arena, arena roja. Aparecen cantos blancos y algunos cantos de caliza entre arenilla en por una película de arena. Humedad A: 1 metro de profundidad aparece un nivel de arena 20 cm más o menos en subterráneo. Cotto blanco rojo.</p> <p>2.00 m: Conglomerado calizo.</p> <p>- Las paredes son estables.</p> <p>- La excavación no puede continuarse debido a la altura del terreno.</p> <p>N. Frecuencia: No aparece.</p> <p>Muestras: 1 bulbo (1.50 m), 1 bulbo (2.00 m), 1 bulbo (2.2 - 2.4 m).</p>



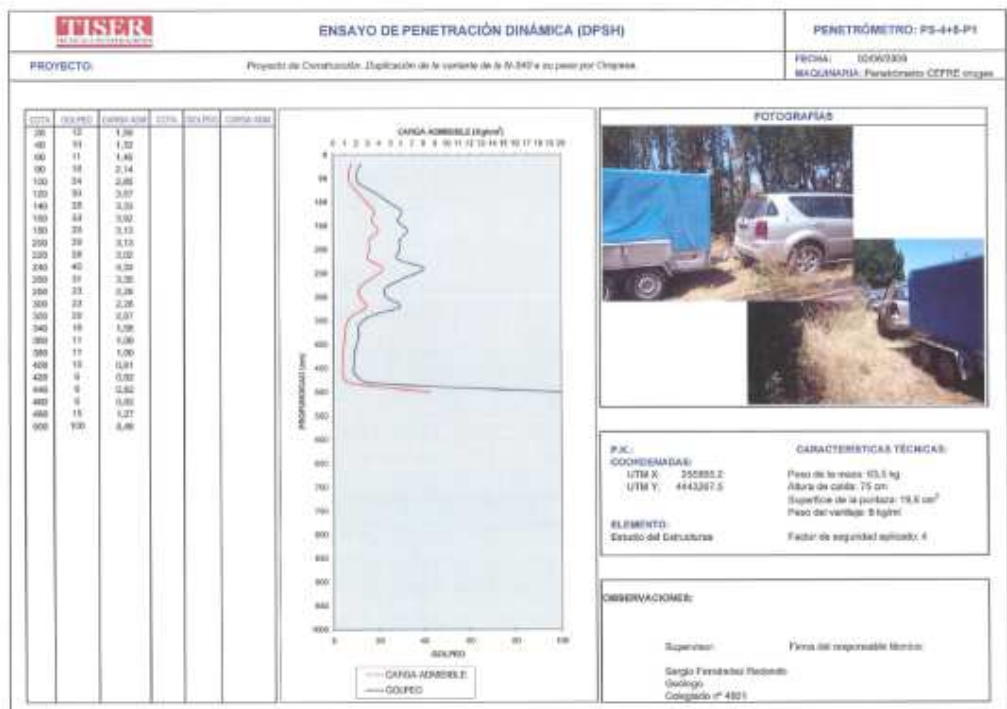
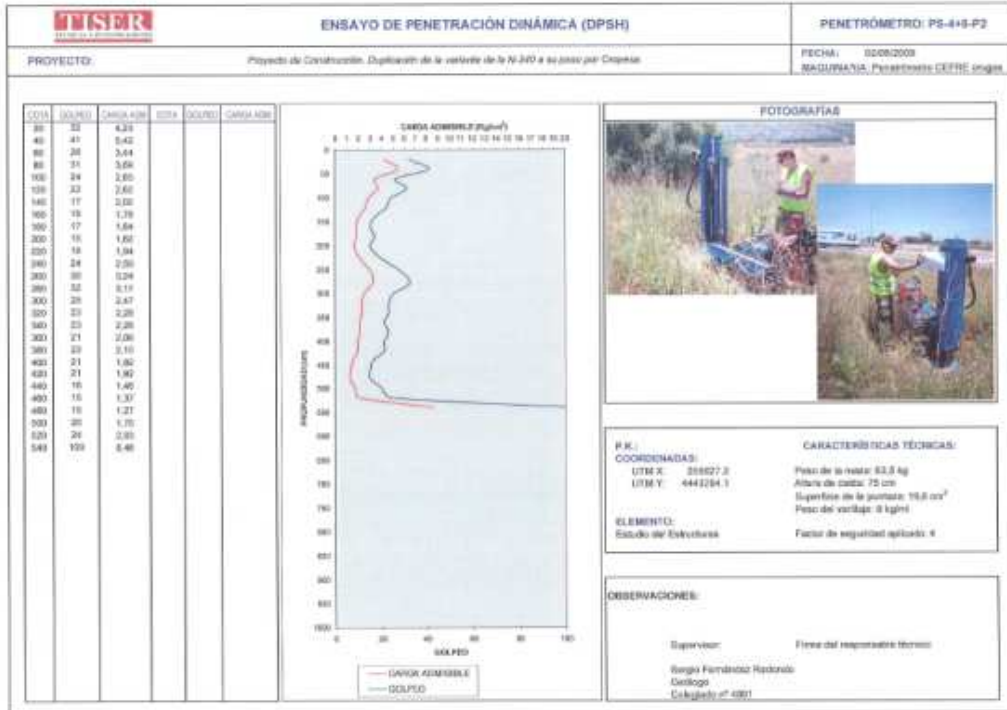
ENSAJOS DE LABORATORIO	
Material	Aplicación (Proctor Modificado)
<p>Unión Líquida: 11.0</p> <p>Unión Plástica: 11.0</p> <p>Índice Plasticidad: 0.0</p> <p>Peso por Tarea 20mm (%): 34.00</p> <p>Peso por Tarea 40mm (%): 57.00</p> <p>Peso por Tarea 60mm (%): 46.00</p> <p>Peso por Tarea 80mm (%): 27.00</p> <p>Moisture Organic (%): 0.24</p> <p>Humedad natural (%): 0.28</p> <p>Densidad seca (g/cm³): 1.807</p> <p>Densidad máxima (g/cm³): 1.807</p> <p>Actuación:</p> <p>Sulfatos (%): 25</p> <p>Carbonatos (%): 25.00</p> <p>Sales Solubles (%): 0.3199</p> <p>Yeso (%): 0.3199</p> <p>CLASIFICACIONES:</p> <p>U.S.C.S.: SP</p> <p>A.S.L.: TOLERABLE</p>	<p>Densidad P. N. (g/cm³): 2.104</p> <p>Humedad (%): 9.40</p> <p>C.B.R.:</p> <p>Índice (100%): 34.00</p> <p>Hinchamiento (%): 1.28</p> <p>Corte Directo C.D.:</p> <p>Coeficiente, c (kg/cm²):</p> <p>Ángulo de fricción, φ:</p> <p>Índice de Colapso (%): 0.1</p> <p>Hinchamiento Libre (%): 0.10</p>

CALICATA C-18	
Fecha: 03/12/2008	
COLUMNA	DESCRIPCIÓN
	<p>Observación: P.K. 4+900, Lado Derecho, 18.20000 y 444500 Z. 18-4.</p> <p>0.00 - 0.20 m: Tierra vegetal. Lodo rojo con cantos de caliza.</p> <p>0.20 - 1.10 m: Lodo rojo con cantos de arena y grava.</p> <p>1.10 - 2.20 m: Nivel de canto de caliza subterráneo heterométrica (5 mm - 10 cm) subterráneo en matriz arena. Humedad.</p> <p>2.20 - 2.42 m: Nivel de canto de caliza subterráneo heterométrica (5 mm - 10 cm) subterráneo en matriz arena. Humedad.</p> <p>2.42 - 3.00 m: Lodo rojo con cantos de arena y grava.</p> <p>- Las paredes son estables.</p> <p>- La excavación no puede continuarse debido a las limitaciones de la altura máxima.</p> <p>N. Frecuencia: No aparece.</p> <p>Muestras: 1 bulbo (1.50 m), 1 bulbo (2.00 m), 1 bulbo (2.2 - 2.4 m).</p>



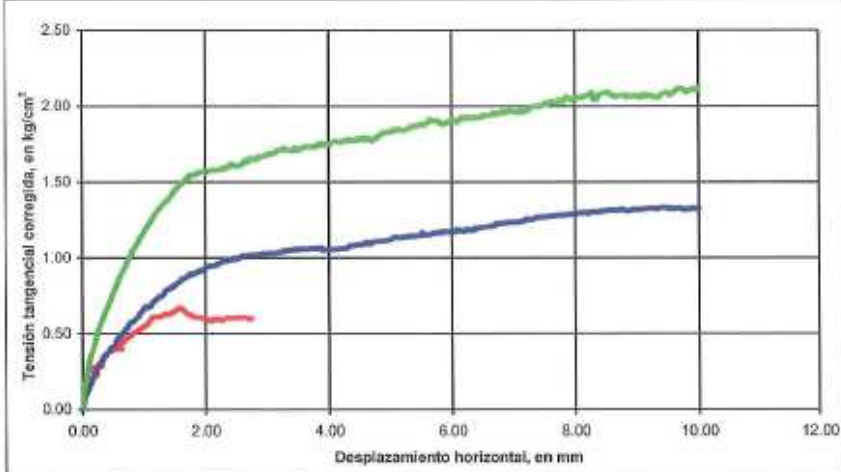
ENSAJOS DE LABORATORIO	
Material	Aplicación (Proctor Modificado)
<p>Unión Líquida: 11.0</p> <p>Unión Plástica: 11.0</p> <p>Índice Plasticidad: 0.0</p> <p>Peso por Tarea 20mm (%): 30.00</p> <p>Peso por Tarea 40mm (%): 53.00</p> <p>Peso por Tarea 60mm (%): 46.00</p> <p>Peso por Tarea 80mm (%): 27.00</p> <p>Moisture Organic (%): 0.24</p> <p>Humedad natural (%): 0.28</p> <p>Densidad seca (g/cm³): 1.819</p> <p>Densidad máxima (g/cm³): 1.819</p> <p>Actuación:</p> <p>Sulfatos (%): 25</p> <p>Carbonatos (%): 25.00</p> <p>Sales Solubles (%): 0.3199</p> <p>Yeso (%): 0.3199</p> <p>CLASIFICACIONES:</p> <p>U.S.C.S.: SP</p> <p>A.S.L.: TOLERABLE</p>	<p>Densidad P. N. (g/cm³): 2.109</p> <p>Humedad (%): 7.00</p> <p>C.B.R.:</p> <p>Índice (100%): 30.00</p> <p>Hinchamiento (%): 0.28</p> <p>Corte Directo C.D.:</p> <p>Coeficiente, c (kg/cm²):</p> <p>Ángulo de fricción, φ:</p> <p>Índice de Colapso (%): 0.02</p> <p>Hinchamiento Libre (%): 0.02</p>

Además de las calicatas se han realizado una serie de penetrómetros dinámicos cuyo objetivo ha sido la investigación del terreno que forma el apoyo de los rellenos. Se han realizado un total de 10 penetrómetros, el más cercano a nuestra zona de proyecto es el PS-4+8, cuyos resultados fueron:



Sobre las muestras de estos sondeos se realizaron ensayos de corte directo, con los siguientes resultados:

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98			
Tipo de muestra:	Inalterada	Velocidad de rotura, en mm/min:	0.050
Tipo de ensayo:	Ensayo consolidado y drenado (CD)		
Número de probeta	I	II	III
Cargas verticales, en kg/cm ²	1.00	2.00	3.00
Humedad inicial, en %	9.7	9.9	10.3
Humedad final, en %	13.6	13.4	13.3
Densidad húmeda, en g/cm ³	2.194	2.194	2.195
Densidad seca, en g/cm ³	1.931	1.935	1.937
Sección, en cm ²	19.48	19.48	19.48
Volumen, en cm ³	36.23	36.23	36.23
Deformación horizontal en la rotura, en mm	1.58	9.40	10.00
Tensiones normales corregidas, en kg/cm ²	1.04	2.63	4.02
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm ²	0.67	1.33	2.12
Tensiones normales corregidas, en kPa	102	258	394
Tensiones tangenciales corregidas, en kPa	66	131	208
Ángulo de rozamiento interno, en °			25.91
Cohesión, en kg/cm ²			0.13



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Observaciones:

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) Nº 03267GTL08

Folleto GCD-11/02

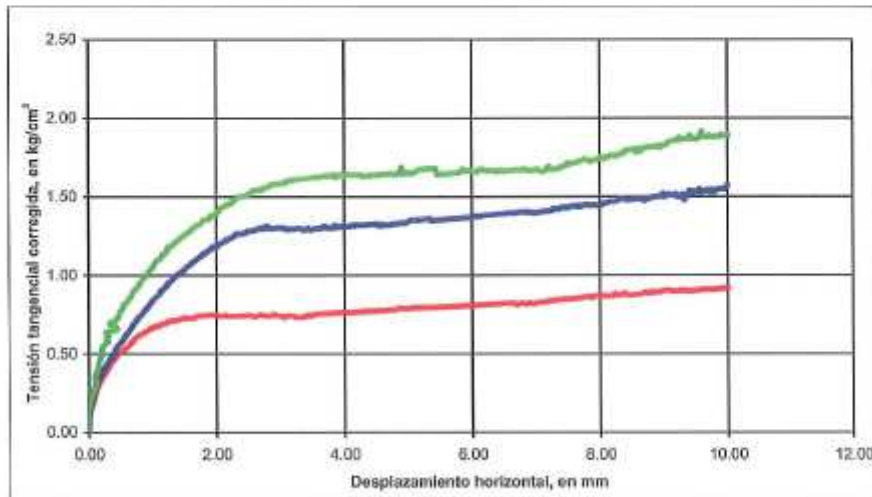
Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Tecnología del suelo
y materiales, S. L.
Página 61 de 135
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

Tipo de muestra: Inalterada Velocidad de rotura, en mm/min: 0.050
Tipo de ensayo: Ensayo consolidado y drenado (CD)

Número de probeta	I	II	III
Cargas verticales, en kg/cm ²	1.00	2.00	3.00
Humedad inicial, en %	16.6	16.5	16.5
Humedad final, en %	18.8	17.9	16.4
Densidad húmeda, en g/cm ³	2.166	2.148	2.128
Densidad seca, en g/cm ³	1.824	1.822	1.828
Sección, en cm ²	19.48	19.48	19.48
Volumen, en cm ³	36.23	36.23	36.23
Deformación horizontal en la rotura, en mm	9.98	10.00	9.60
Tensiones normales corregidas, en kg/cm ²	1.34	2.68	3.97
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm ²	0.93	1.57	1.91
Tensiones normales corregidas, en kPa	131	263	389
Tensiones tangenciales corregidas, en kPa	90	154	188
Ángulo de rozamiento interno, en °	20.78		
Cohesión, en kg/cm ²	0.46		



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Observaciones:-

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) N° 03267GTL08

Formato GCD-02/02

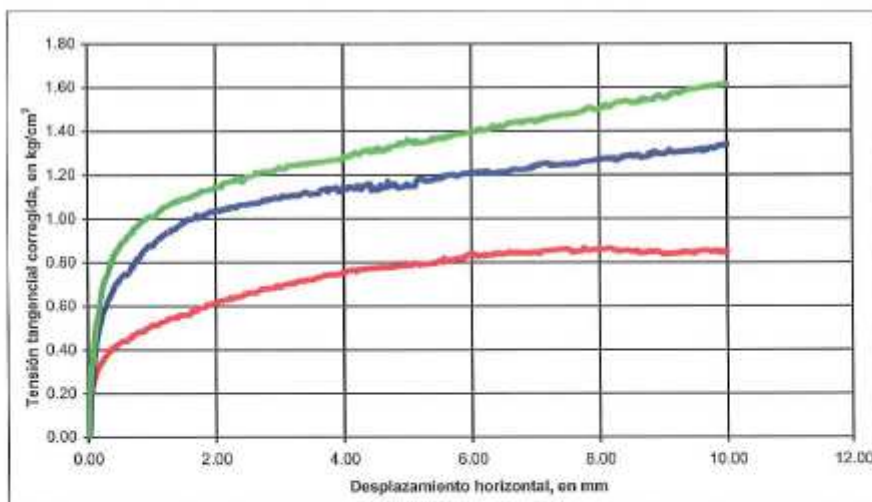
Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emita.

Tecnología del suelo
y materiales, S. L.
Página 83 de 135
Laboratorio acreditado en
geotecnia (N° 03267GTL08)

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

Tipo de muestra: Inalterada Velocidad de rotura, en mm/min: 0.050
Tipo de ensayo: Ensayo consolidado y drenado (CD)

Número de probeta	I	II	III
Cargas verticales, en kg/cm ²	1.00	2.00	3.00
Humedad inicial, en %	19.5	19.4	19.5
Humedad final, en %	19.9	19.8	18.7
Densidad húmeda, en g/cm ³	2.049	2.055	2.051
Densidad seca, en g/cm ³	1.710	1.716	1.728
Sección, en cm ²	19.48	19.48	19.48
Volumen, en cm ³	36.23	36.23	36.23
Deformación horizontal en la rotura, en mm	7.76	10.00	9.97
Tensiones normales corregidas, en kg/cm ²	1.25	2.68	4.02
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm ²	0.87	1.34	1.62
Tensiones normales corregidas, en kPa	122	263	394
Tensiones tangenciales corregidas, en kPa	85	131	158
Ángulo de rozamiento interno, en °	15.18		
Cohesión, en kg/cm ²	0.55		



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Observaciones:-

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) Nº 03267GTL08

Formulario GCD-02/02

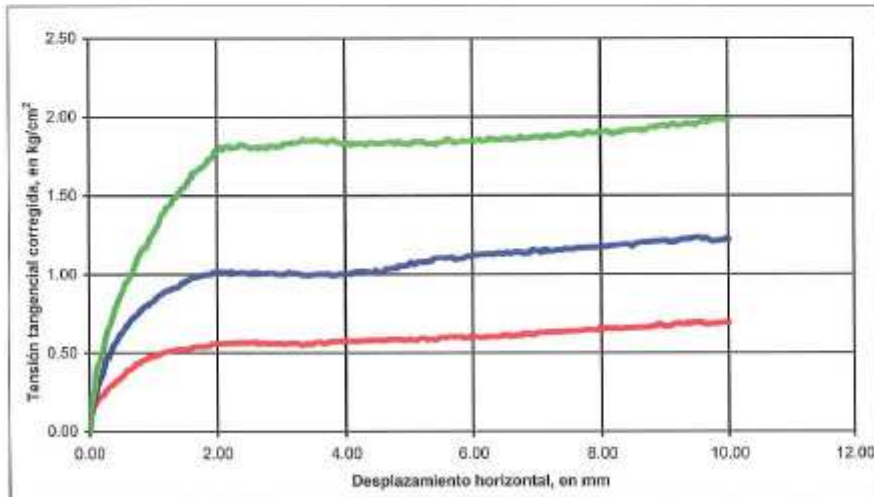
Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Tecnología del suelo
y materiales, S. L.
Página 85 de 135
Laboratorio de ensayos en
geotecnia (Nº 03267GTL08)

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

Tipo de muestra: Inalterada Velocidad de rotura, en mm/min: 0.050
Tipo de ensayo: Ensayo consolidado y drenado (CD)

Número de probeta	I	II	III
Cargas verticales, en kg/cm ²	1.00	2.00	3.00
Humedad inicial, en %	11.8	11.4	11.4
Humedad final, en %	17.5	15.5	13.8
Densidad húmeda, en g/cm ³	2.002	1.981	1.959
Densidad seca, en g/cm ³	1.704	1.716	1.722
Sección, en cm ²	19.48	19.48	19.48
Volumen, en cm ³	36.23	36.23	36.23
Deformación horizontal en la rotura, en mm	9.50	9.54	9.91
Tensiones normales corregidas, en kg/cm ²	1.32	2.64	4.01
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm ²	0.69	1.24	1.99
Tensiones normales corregidas, en kPa	129	259	393
Tensiones tangenciales corregidas, en kPa	68	121	195
Ángulo de rozamiento interno, en °	25.69		
Cohesión, en kg/cm ²	0.03		



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTI.) Nº 032676TL08

Formato GCD-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Tecnología del suelo
y materiales, S. L.
Página 87 de 135
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 032676TL08)



3.2- CIMENTACIÓN ESTRUCTURAS

La cimentación se podrá realizar directamente mediante zapatas. La presión máxima admisible será de 26 MPa.

En los siguientes apartados se demostrará que con esta presión admisible bajo la cimentación se asegura una correcta estabilidad. La carga admisible utilizada se demostrará mediante análisis de carga de hundimiento y de asientos.

3.2.1- Análisis de carga de hundimiento

Para el cálculo de la carga de hundimiento se han adoptado los siguientes parámetros resistentes obtenidos de los ensayos de corte directo efectuados a la muestra del penetrómetro PS-4

- $c' = 0.29$
- $\phi' = 22^\circ$

Se ha calculado la qult mediante la versión de la fórmula de Brinch - Hansen recomendada en la "Guía de cimentaciones para obras de carreteras" simplificada de la siguiente forma.

$$\text{➤ } Q_{ult} = c' N_c S_c + q' N_q S_q + 0.5 d B' N_\gamma S_\gamma$$

Donde :

c' = cohesión efectiva

$$N_q = e\pi \operatorname{tg} \phi' \operatorname{tg}^2 (45 + \phi'/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$



$$N\gamma = 2(Nq - 1) \operatorname{tg} \phi'$$

sc, sq, sy = factores de forma

$$sc = sq = 1 + N_c N_q L' B'$$

$$sy = 1 - 0,3 L' B'$$

q' = presión efectiva del terreno a la cota de cimentación

d = densidad natural del terreno (sumergida por debajo del nivel freático)

B' = anchura eficaz de la zapata (la correspondiente a la presión máxima admisible, considerada igual a 2/3 de la anchura real igual a 3,0 m)

L' = longitud efectiva de la zapata

En los cálculos realizados, se ha tomado, con criterio conservador,

$$sc = sq = 1,0 \text{ y } sy = 0,7.$$

También se supone de forma conservadora que q' es igual que 2,0 t/m².

Se ha considerado la densidad sumergida del terreno, igual a 1,00 t/m³.

Con estos datos se ha obtenido una carga de hundimiento qult = 80 t/m²

La tensión máxima admisible se obtendría al dividir la qult entre un coeficiente de seguridad de 3. Con esto resultarían unas presiones admisibles mayores que las



recomendadas en el apartado anterior, es decir que tendrían un coeficiente de seguridad frente a hundimiento mayor que 3.

3.2.2- Análisis de taludes y desmontes

Las características geotécnicas de los materiales de la traza son las siguientes:

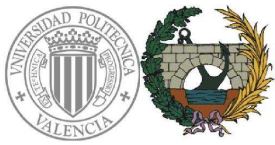
- Cohesión = 13 kN/m²
- $\Phi' = 26^\circ$
- $\gamma = 21$ kN/m³

Los cálculos de estabilidad de taludes se han realizado con los ábacos de Taylor, realizando las siguientes hipótesis:

- El material que forma el talud es homogéneo
- La resistencia a corte del material se define por un valor de la cohesión y un ángulo de fricción.
- La superficie del terreno natural sobre el talud es horizontal.

Con los parámetros citados anteriormente y las hipótesis realizadas, para un coeficiente de seguridad de 1,5 se obtienen los siguientes resultados:

TALUD	H	F
1H: 1V	8	1,92
2H:3V	8	1,2
2H:3V	5	1,88
2H:3V	6,32	1,5



Por lo tanto, para taludes de menos de 6 m de altura se puede disponer un talud 2H:3V con un coeficiente de seguridad superior a 1,5.

4- ESTUDIO DE MATERIALES

4.1- EXPLANADA

La totalidad de las muestras tomadas del terreno de la zona cumplen los requisitos de suelo tolerable según el artículo 330 del PG-3.

PG-3: Artículo 330

330.3.3.3 Suelos tolerables

Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados, cumplen las condiciones siguientes:

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento ($MO < 2 \%$), según [UNE 103204](#).
- Contenido en yeso inferior al cinco por ciento ($yeso < 5 \%$), según NLT 115.
- Contenido en otras sales solubles distintas del yeso inferior al uno por ciento ($SS < 1 \%$), según NLT-114.
- Límite líquido inferior a sesenta y cinco ($LL < 65$), según [UNE 103103](#).
- Si el límite líquido es superior a cuarenta ($LL > 40$) el índice de plasticidad será mayor del setenta y tres por ciento del valor que resulta de restar veinte al límite líquido ($IP > 0,73 (LL-20)$).
- Asiento en ensayo de colapso inferior al uno por ciento (1%), según NLT-254, para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal [UNE 103500](#), y presión de ensayo de dos décimas de megapascal ($0,2 \text{ MPa}$).
- Hinchamiento libre según [UNE 103601](#) inferior al tres por ciento (3%), para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal [UNE 103500](#).



4.2- PRÉSTAMOS

La zona de proyecto es claramente deficitaria en tierras.

Para compensar el déficit de tierras se tendrá que recurrir a préstamos cercanos a la zona de proyecto.

Se debe tener en cuenta que serán necesarios suelos seleccionados para la construcción de la explanada.

4.3- CANTERAS

La cantera más cercana es la Cantera “La Torreta”, propiedad de LUBASA, situada en el Camino Romeral, en el término municipal de Castellón de la Plana, con coordenadas UTM ($X = 732000$ $Y = 4434900$) y dista 22km de la zona de proyecto.

Se trata de una cantera con una capacidad de producción de 2.500.000 t/año, asociada a la planta de fabricación de hormigones y aglomerados del mismo nombre.