

## ANEJO 2:

# INFORMACIÓN GEOTÉCNICA UTILIZADA

En este Anejo se describe la información de carácter geotécnico, utilizada para el diseño de la cimentación. También se realiza una primera caracterización del terreno, por medio de un estudio geológico obtenido del IGME, que después se complementa mediante tablas y correlaciones de la literatura geotécnica.

## Contenido

<b>1</b>	<b>OBJETO.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES GEOLÓGICOS .....</b>	<b>2</b>
2.1	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO ESTATIGRÁFICO.....	6
<b>3</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL SUELO .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>INFORMACIÓN REFERENTE A ASIENTOS.....</b>	<b>21</b>

## 1 OBJETO.

En este Anejo se describe la información de carácter geotécnico, utilizada para el diseño de la cimentación. También se realiza una primera caracterización del terreno, por medio de un estudio geológico obtenido del IGME, que después se complementa mediante tablas y correlaciones de la literatura geotécnica. La caracterización del terreno será posteriormente empleada en los Anejos 3, 7 y 9 como punto de partida.

## 2 ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

A partir de los mapas geológicos del Instituto Geológico y Minero Español, se puede determinar la naturaleza de la geología de la zona.

La hoja de interés es la correspondiente a la zona de Burjasot, con el número 696 (29-27), tal y como se muestra en los mapas de la siguiente hoja.

Se incluye a continuación un extracto del estudio estratigráfico del terciario, que describe las características generales de la zona.

MAGNA 50-Hoja 696 (BURJASOT). (1972). Terciario-Situación General. Instituto Geológico Minero Español: Cartografía del IGME.

**Características Generales:**

Dentro del Neógeno, se pueden distinguir dos tramos diferentes: uno inferior de características predominantes arenoso-arcillosas con algunos bancos de calizas, y otro superior, constituido por calizas con alguna intercalación arcillosa.

Las areniscas, son por lo general muy finas, y muy frecuentemente limoso-arcillosas o limolitas. Es frecuente que se encuentren en el punto intermedio entre areniscas y limolitas. Su color es amarillo a ocre, muy característico, y su cemento calcáreo, aunque poco coherente. Suelen aparecer sueltas, con algunas concreciones calcáreas blancas.

Las arcillas son impuras, calcáreas o arenosas y su color varía entre blanco, cuando son cretosas, y verdes. Suelen ser bastante coherentes Y compactas. También aparecen niveles de arcillas rojas, que son bastante abundantes hacia el norte.

La estratificación de ambos sedimentos, areniscas y arcillas, es buena no habiéndose encontrado estratificación cruzada. Sí son abundantes, por el contrario, los lentejones de una litología incluidos en la otra, indicando una estrecha interdependencia en la sedimentación, dependiente probablemente de los aportes, y como consecuencia del relieve existente en el área madre, que no debía ser muy fuerte. No se han observado conglomerados, ni siquiera niveles de cantos o cantos dispersos en las areniscas, lo que está en apoyo de esta teoría.

Los niveles de calizas existentes, son delgados y parecen tener muy poca importancia. Se trata siempre de micritas e intramicritas arcillosas, que indican un ambiente tranquilo de sedimentación, con gran cantidad de aportes detríticos finos. Aunque escasos, estas calizas contienen fósiles, que corresponden a fragmentos de moluscos, lamelibranquios y gasterópodos, algas y briozoos, generalmente mal conservados, ya que ha sufrido un intenso proceso de recristalización.

Su datación es compleja y difícil ya que no se han encontrado buenos fósiles determinativos, y ninguno de los levigados ha proporcionado microfósiles. No obstante, se debe referir al Mioceno superior. Además, aunque su carácter predominante es continental, se encuentran también pequeñas influencias marinas, representadas por la escasa fauna litoral. Es decir, nos encontramos en la zona de cambio entre marino y continental, pero que, desgraciadamente, no se puede datar con exactitud. Las facies marinas, equivalentes de las similares de la Hoja de Valencia, deben ser de edad Tortoniense superior, pero las continentales se pueden correlacionar con el Vindoboniense de las facies continentales de las cuencas interiores. De cualquier manera, no hay criterios para saber si esto es cierto, o bien toda la serie queda encuadrada dentro del pontiense que presentaría un tramo basal detrítico.

El tramo superior, está constituido por calizas. Se trata de micritas (pelmicritas, biomicritas, intrabiomicritas...) frecuentemente recristalizadas y localmente dolomitizadas, en las que se llega a perder totalmente la textura original. Se suelen presentar con aspecto masivo, con mala estratificación que se pierde lateralmente, y con abundantes lentejones o capas margoso-arcillosas, de color blanco. Su color general es gris claro a blanco. Son muy cristalinas y oquerosas, apareciendo frecuentemente karstificadas. Son muy duras y compactas, constituyendo un nivel de resalte importante en el relieve. Son frecuentemente objeto de explotación en cantera al aire libre. La extensión superficial que ocupan es muy grande, pues al estar horizontales constituyen el nivel tope de la topografía. Contienen abundantes fósiles, pero como en el caso anterior no son determinativos y no permiten su datación. Si proporcionan por el contrario, datos importantes en cuanto al ambiente de sedimentación: así, en la base contienen moluscos, lamelibranquios y briozoos, que todavía indican un ambiente marino aunque litoral, mientras que el techo ya tiene una fauna continental-lacustre constituida por gasterópodos y algas. Es decir, corresponden al momento de tránsito entre marino (posiblemente litoral) y continental (lacustre). Su potencia puede alcanzar los 25 m siempre en función del grado de erosión que haya afectado al techo.

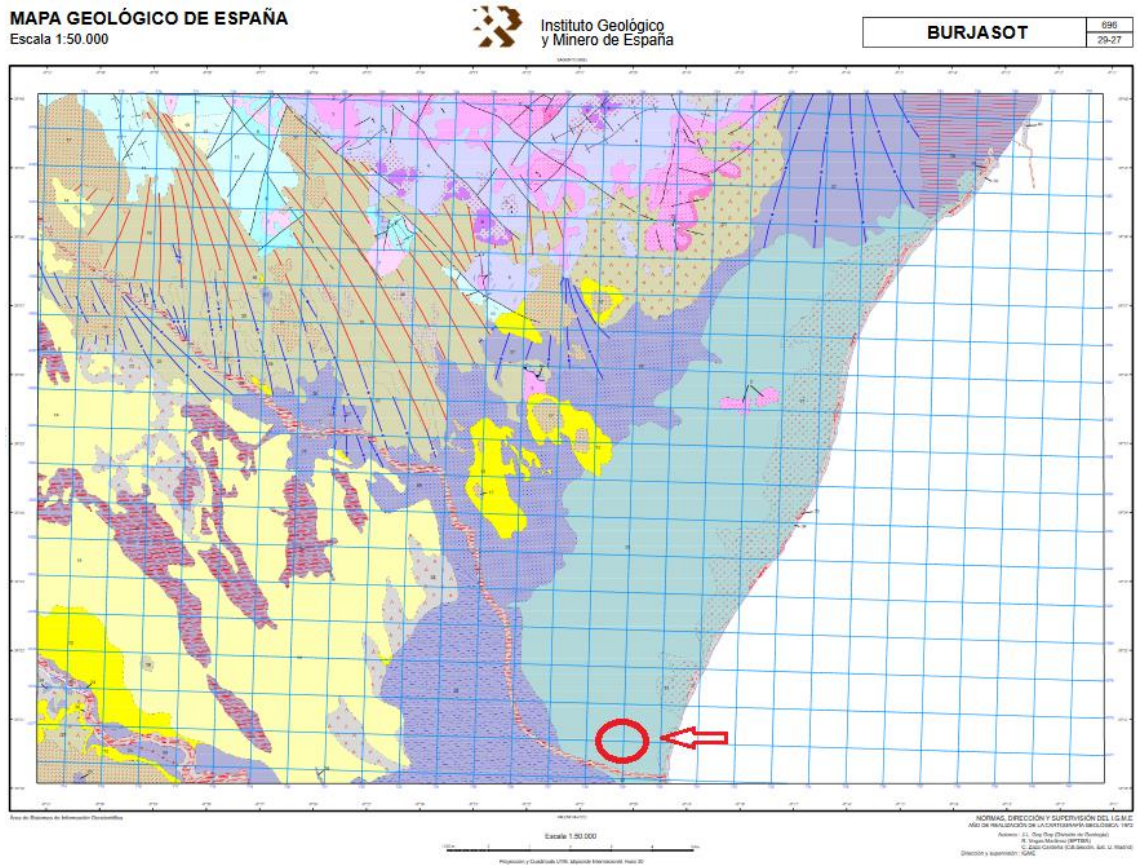
De la misma manera como ocurría con la unidad inferior, la fauna encontrada no permite determinar claramente su edad. Sin embargo, y dentro del Mioceno superior (quizás Plioceno inferior) la parte basal marina, y en el Pontense la parte superior, de facies continental lacustre, por comparación litológica con las cuencas continentales interiores. (Goy, Martínez, & Cardeña, 1972)

## 2.1 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO.

Las zonas rocosas con planos de estratigrafía se sitúan en la mitad occidental principalmente, quedando en la parte de costa oriental zonas de sedimentación.

Según la leyenda del mapa geológico, el emplazamiento se sitúa sobre un afloramiento de limos pardos con arenas del Holoceno.

Observando lo descrito en los cuatro primeros párrafos del estudio estratigráfico y realizando un análisis general del mapa geológico, se puede intuir que encontrarnos ante un terreno con bastante heterogeneidad de tamaños de naturaleza calcárea, donde se intercalan arenas y arcillas con algún banco de calizas. También cabe destacar la presencia de lentejones por parte de ambas litologías, lo que puede suponer un problema para las perforaciones de los sondeos.





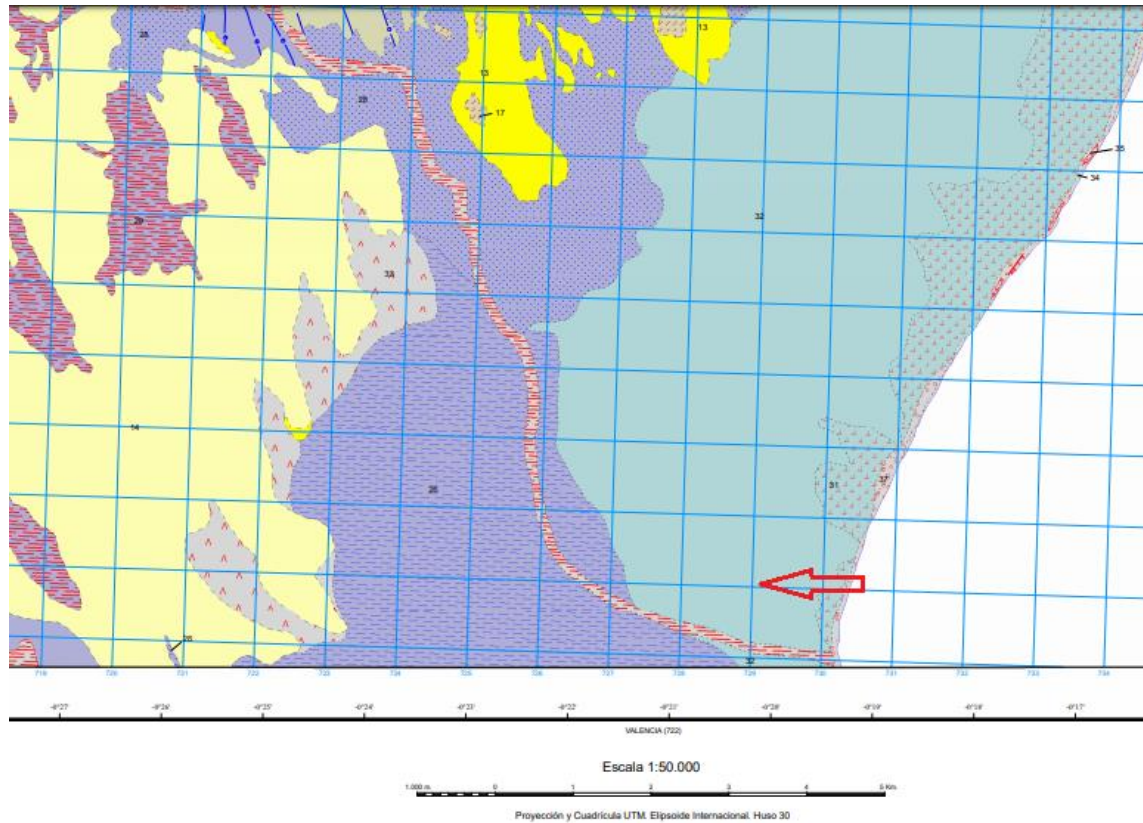


Figura 2. 1. Mapa geológico MAGNA 50, hoja 696. Instituto Geológico y Minero de España.

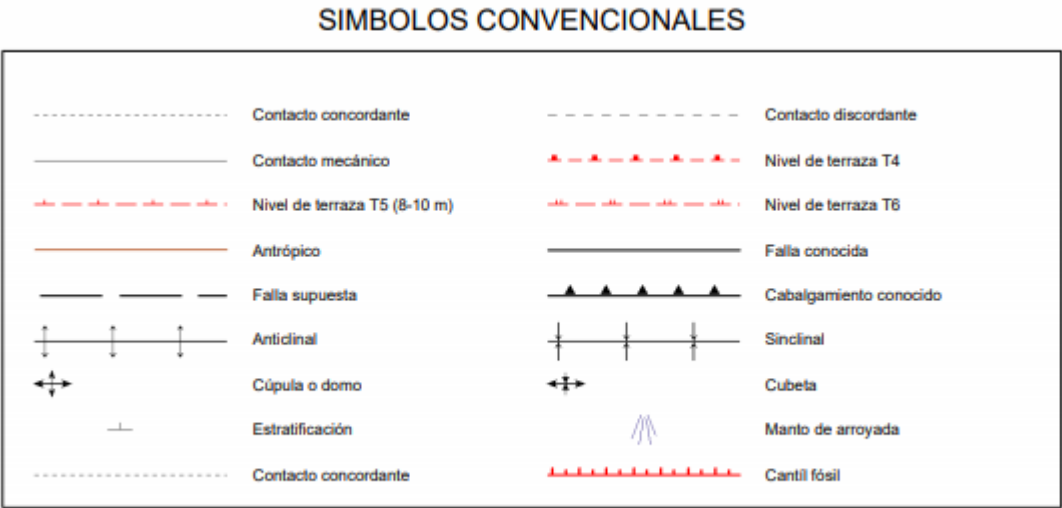


Figura 2. 2 Mapa geológico MAGNA 50, hoja 696. Instituto Geológico y Minero de España.

CUATERNARIO				PLEISTOCENO		HOLOCENO	
				SUPERIOR			
				MEDIO			
				INFERIOR			
				24		30	
				27		35	
				28		36	
				29		37	
				30		38	
				31		39	
				32		40	
				33		41	
				34		42	
				35		43	
				36		44	
				37		45	
				38		46	
				39		47	
				40		48	
				41		49	
				42		50	
				43		51	
				44		52	
				45		53	
				46		54	
				47		55	
				48		56	
				49		57	
				50		58	
				51		59	
				52		60	
				53		61	
				54		62	
				55		63	
				56		64	
				57		65	
				58		66	
				59		67	
				60		68	
				61		69	
				62		70	
				63		71	
				64		72	
				65		73	
				66		74	
				67		75	
				68		76	
				69		77	
				70		78	
				71		79	
				72		80	
				73		81	
				74		82	
				75		83	
				76		84	
				77		85	
				78		86	
				79		87	
				80		88	
				81		89	
				82		90	
				83		91	
				84		92	
				85		93	
				86		94	
				87		95	
				88		96	
				89		97	
				90		98	
				91		99	
				92		100	
				93		101	
				94		102	
				95		103	
				96		104	
				97		105	
				98		106	
				99		107	
				100		108	
				101		109	
				102		110	
				103		111	
				104		112	
				105		113	
				106		114	
				107		115	
				108		116	
				109		117	
				110		118	
				111		119	
				112		120	
				113		121	
				114		122	
				115		123	
				116		124	
				117		125	
				118		126	
				119		127	
				120		128	
				121		129	
				122		130	
				123		131	
				124		132	
				125		133	
				126		134	
				127		135	
				128		136	
				129		137	

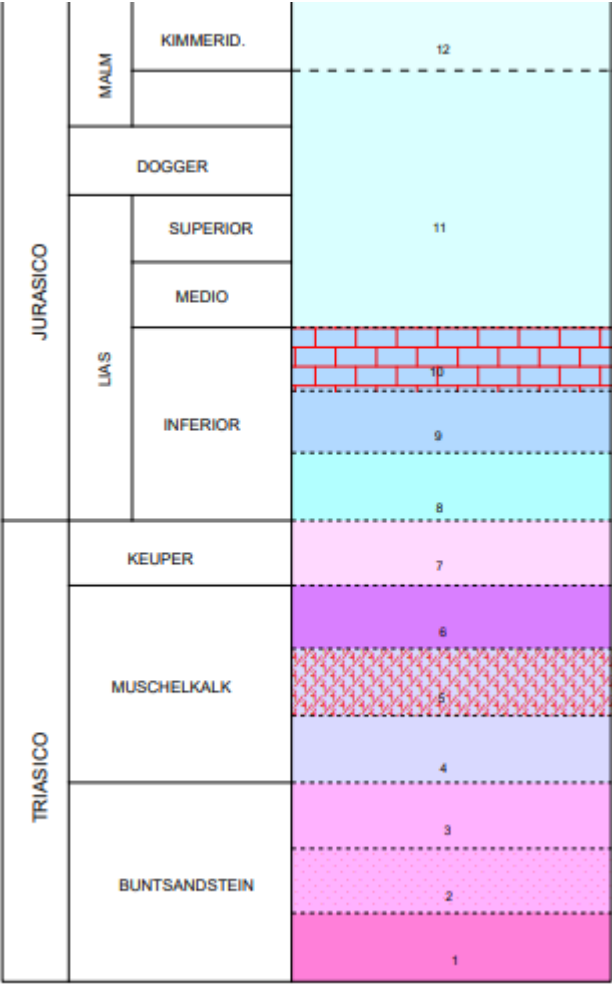


Figura 2. 3 Perfil estratigráfico. MAGNA 50, hoja 696. Instituto Geológico y Minero de España.

### 3 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Se parte de los datos de un sondeo de 25 metros de profundidad de los alrededores de la zona. El sondeo muestra características geotécnicas, como el ensayo SPT, la clasificación del suelo, una breve descripción de cada unidad litológica, la agresividad del medio, la altura del nivel freático, etc.

De los sondeos se puede resumir lo siguiente:

Bajo una capa de 60 cm de espesor de relleno antrópico, encontramos un estrato de arena arcillosa con gravas sub-redondeadas, con una potencia de 2,25 metros, que cuenta con un peso específico aparente de  $18 \text{ KN/m}^3$  y un ángulo de rozamiento de  $28^\circ$ .

El ensayo SPT realizado a 2,4 metros de profundidad nos da un valor de 9, sin embargo, es preciso corregir este valor con los factores de corrección indicados en la Figura 2. , de tal forma que interpolando el valor para una tensión de  $43,2 \text{ KN/m}^2$  ( $18 \text{ KN/m}^2 * 2.4 \text{ m}$ ), nos da un factor de corrección de 1,2816, por lo que el SPT corregido será de 11,53. En la Figura 2.8, se muestra la compacidad de las arenas en función de su ensayo SPT.

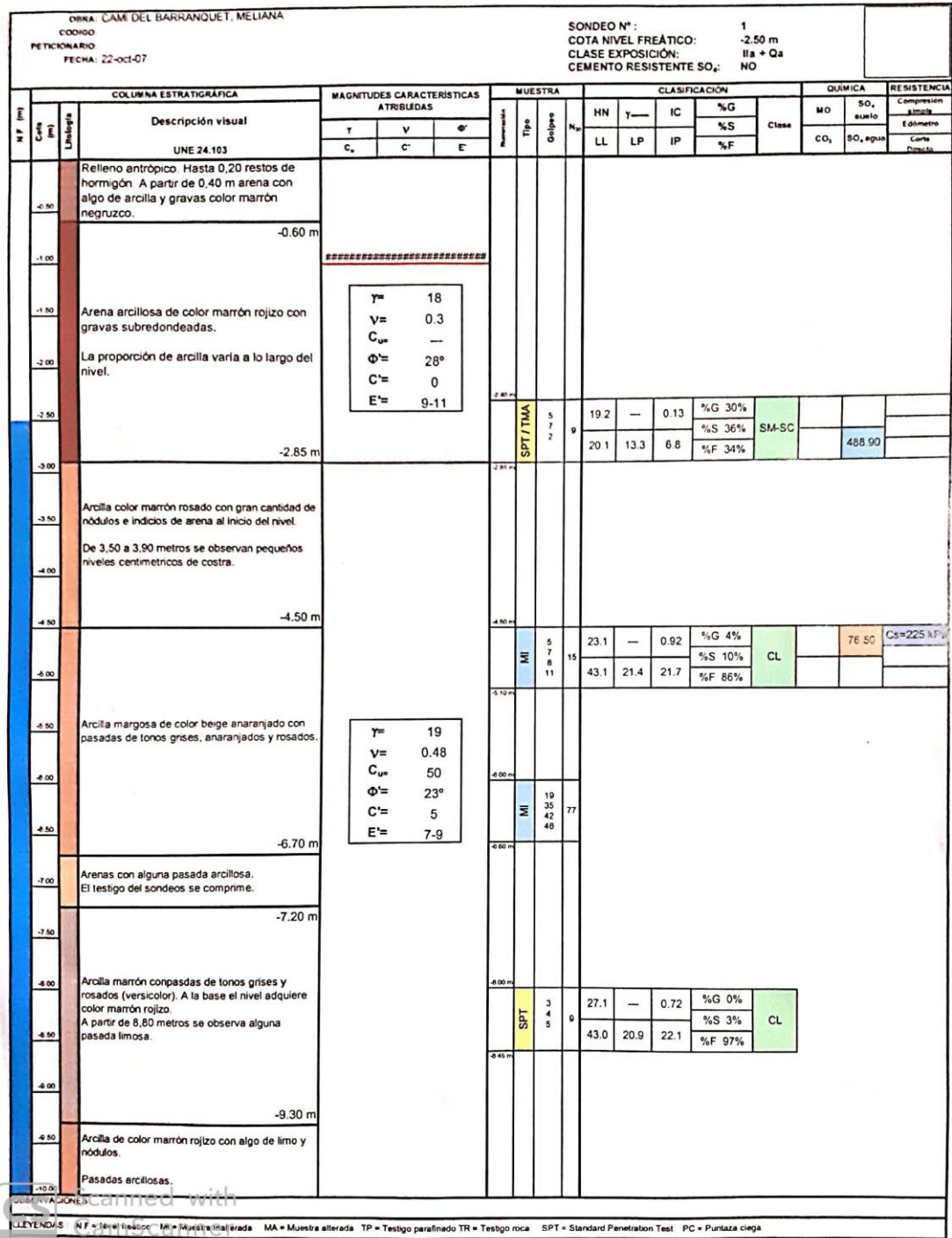


Figura 2. 4. Perfil geotécnico del terreno 1/3.



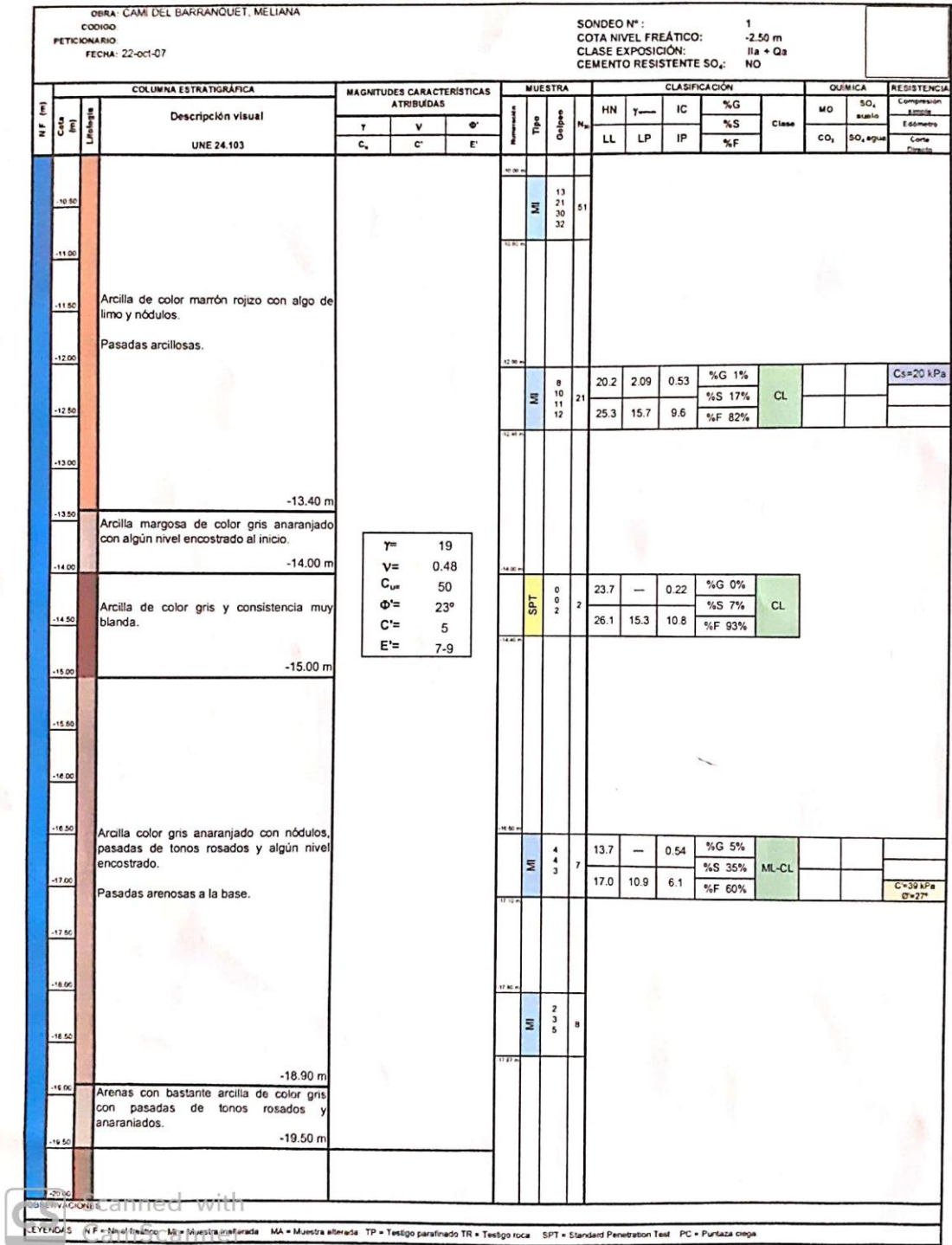


Figura 2. 5. Perfil geotécnico del terreno 2/3.





<b>PRESIÓN VERTICAL EFECTIVA A COTA DE ENSAYO (kPa)</b>	<b>FACTOR DE CORRECCIÓN "f" (<math>N_{\text{CORREGIDO}} = f \cdot N</math>)</b>
0	2,0
25	1,5
50	1,2
100	1,0
200	0,8
400 o mayor	0,5

*Figura 2. 7. Corrección del ensayo SPT. Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera.*

<b>Clasificación</b>	<b>Índice <math>N_{\text{SPT}}</math></b>
Muy floja	< 4
Floja	4-10
Media	11-30
Densa	31-50
Muy densa	>50

*Figura 2. 8. Compacidad de las arenas. Código Técnico de la Edificación/Cimientos Tabla D.2.*

De la tabla anterior se deduce que nos encontramos ante una arena de compacidad media.

Bajo el estrato arenoso, se encuentra un estrato arcilloso variable, para el que se han supuesto unas propiedades representativas del mismo a lo largo de su profundidad.

Dado que los datos y parámetros geotécnicos son escasos e insuficientes, se recurrirá a tablas y estimaciones aportadas por la literatura geotécnica con el fin de aproximar los datos necesarios para el diseño de la cimentación.

La siguiente tabla muestra una relación entre una medida cualitativa del tipo de terreno y grado de consolidación con el coeficiente de Poisson.

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Coeficiente de Poisson</b>
Arcillas blandas normalmente consolidadas	0,40
Arcillas medias	0,30
Arcillas duras preconsolidadas	0,15
Arenas y suelos granulares	0,30

*Figura 2. 9. Valores orientativos del coeficiente de Poisson, Código Técnico de la Edificación/Cimientos  
Tabla D.24.*

El estrato arcilloso cuenta con un coeficiente de Poisson de 0.48, por lo que podemos deducir que se trata de arcillas blandas normalmente consolidadas, en las que la tensión del terreno actual es la máxima a la que han estado sometidas, por lo que su razón de presonsolidación será cercana a la unidad y, por tanto, cabe esperar importantes asientos de consolidación, al movernos por la rama de compresión noval de la curva edométrica.

Podemos confirmar el resultado anterior, en la siguiente tabla, donde se muestra la consistencia de las arcillas en función de su resistencia a compresión simple. Como se puede observar, el estrato arcilloso tiene una resistencia a compresión simple de 50 Kpa, quedando en el límite superior de la arcilla blanda y en el inferior de la arcilla media.

<b>Clasificación</b>	<b>Resistencia a compresión simple <math>q_u</math> (kPa)</b>
Muy blanda	0-25
Blanda	25-50
Media	50-100
Firme	100-200
Muy firme	200-400
Dura	> 400

*Figura 2.10. Consistencia de las arcillas, Código Técnico de la Edificación/Cimientos Tabla D.3*

En la siguiente tabla se muestran algunas características geotécnicas en función del tipo de suelo, válidas para anteproyectos. Se encuentran subrayadas en amarillo aquellas que coinciden con el estrato arenoso que nos encontramos analizando.

TIPO DE SUELO	GRANULOMETRIA		LIMITES DE ATTERBERG (Fracción <0,04 mm)			PESO ESPECIFICO		HDAD. NATURAL	PROCTOR NORMAL	DEFORMABILIDAD (2)		RESISTENCIA AL CORTE			PERM.
	<0,06	<2,0													
	mm	mm	w <sub>L</sub>	w <sub>P</sub>	I <sub>P</sub>	γ	γ <sub>sum</sub>	w	D. seca	w <sub>P/N</sub>	E <sub>s</sub> = E <sub>o</sub> $\left(\frac{\sigma}{\sigma_{at}}\right)^n$	φ'	c'	φ' <sub>r</sub>	K
	%	%	%	%	%	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	%	t/m <sup>3</sup>	%	E <sub>s</sub> $\frac{kp}{cm^2}$	α	(°)	t/m <sup>2</sup>	m/s
Grava	<5	<60	—	—	—	1,60	0,95	5	1,70	8	400	0,60	34	—	2.10 <sup>-1</sup>
						1,90	1,05	2	1,90	5	900	0,40	42	—	1.10 <sup>-2</sup>
Grava arenosa con pocos finos	<5	<60	—	—	—	2,10	1,15	7	2,00	7	400	0,70	35	—	1.10 <sup>-2</sup>
						2,30	1,35	3	2,25	4	1100	0,50	45	—	1.10 <sup>-6</sup>
Grava arenosa con finos limosos o arcillosos que no alteran la estructura granular	8	<60	20	16	4	2,10	1,15	9	2,10	7	400	0,70	35	1	1.10 <sup>-5</sup>
	15		45	25	25	2,40	1,45	3	2,35	3	1200	0,50	43	0	1.10 <sup>-8</sup>
Mezcla de gravas y arenas envueltas por finos	20	<60	20	16	4	2,00	1,05	13	1,90	10	150	0,90	28	3	1.10 <sup>-8</sup>
	40		50	25	30	2,25	1,30	5	2,20	5	400	0,70	35	0,5	1.10 <sup>-11</sup>
a) Fina	<5	100	—	—	—	1,60	0,95	22	1,60	15	150	0,75	32	—	2.10 <sup>-4</sup>
						1,90	1,10	8	1,75	10	300	0,60	40	—	1.10 <sup>-5</sup>
Arena uniforme	<5	100	—	—	—	1,60	0,95	16	1,60	13	250	0,70	34	—	5.10 <sup>-3</sup>
						1,90	1,10	6	1,75	8	700	0,55	42	—	2.10 <sup>-4</sup>
															5.10 <sup>-4</sup>

Figura 2. 11. Parámetros geotécnicos de referencia para anteproyectos. Rodríguez Ortiz (1989).

Aunque el límite plástico y el peso específico no entran en el intervalo indicado, se encuentran muy cerca del límite inferior, así como la humedad del límite superior, por lo que se puede dar por válida las siguientes estimaciones.

Utilizaremos la tabla anterior para deducir el peso específico saturado del estrato arenoso, a partir del peso sumergido, pues viene dado como la diferencia entre el peso específico saturado y el peso específico del agua.

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

(2. 1)

Estableceremos un peso sumergido de 10 KN/m<sup>3</sup>, y por tanto, un peso específico saturado de 20 KN/m<sup>3</sup> para el estrato arenoso, suponiendo un peso específico para el agua de 10 KN/m<sup>3</sup>. Para el estrato arcilloso el peso específico saturado será el mismo que el aparente, de 19 KN/m<sup>3</sup>, pues se encuentra bajo el nivel freático y por tanto se supone un grado de saturación del 100%.

## 4 INFORMACIÓN REFERENTE A ASIENTOS

En el punto 1.2.2.1.1 del Anejo 7 se calcula el valor del coeficiente de balasto de referencia para el ensayo de carga con placa, de la tabla D.29 propuesta por el Código Técnico de la Edificación.

<b>Tipo de suelo</b>	<b>K<sub>30</sub> (MN/m<sup>3</sup>)</b>
Arcilla blanda	15 – 30
Arcilla media	30 – 60
Arcilla dura	60 – 200
Limo	15 – 45
Arena floja	10 – 30
Arena media	30 – 90
Arena compacta	90 – 200
Grava arenosa floja	70 – 120
Grava arenosa compacta	120 – 300
Margas arcillosas	200 – 400
Rocas algo alteradas	300 – 5.000
Rocas sanas	>5.000

*Figura 2.12. Valores orientativos del coeficiente de balasto K<sub>30</sub>. Código Técnico de la Edificación/Cimientos  
Tabla D.29*

Para juzgar los asientos producidos por la cimentación se emplea la siguiente tabla extraída de los apuntes de la asignatura de Geotécnica, impartida en la escuela.

<i>Asientos admisibles. Criterios tradicionales</i>	<i>ARENAS (mm)</i>	<i>ARCILLAS (mm)</i>
<b>ZAPATAS</b>		
Asiento máximo	25 (40)	(65)
Asiento diferencial máximo	20 (25)	(40)
<b>LOSAS</b>		
Asiento máximo	50 (40-65)	(65-100)

Figura 2.13. Asientos admisibles según los criterios tradicionales.

Con el fin de estimar el índice de huecos, se estima el peso específico seco de las partículas en el punto 1.2.2.1.2 del Anejo 7, según la siguiente tabla del Código Técnico de la Edificación.

<b>Tipo de suelo</b>	<b><math>\gamma_{sat}</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\gamma_d</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>
Grava	20 – 22	15 – 17
Arena	18 – 20	13 – 16
Limo	18 – 20	14 – 18
Arcilla	16 – 22	14 – 21

Figura 2.14. Valores orientativos de densidades de suelos. Código Técnico de la Edificación/Cimientos Tabla D.26

Para determinar el volumen afectado del terreno, y así poder obtener un valor de la magnitud del asiento de consolidación, se emplean las relaciones de la profundidad afectada en relación al ancho de cimentación, extraídas del libro “Curso de Cimentaciones” de Rodríguez Ortiz (1989).

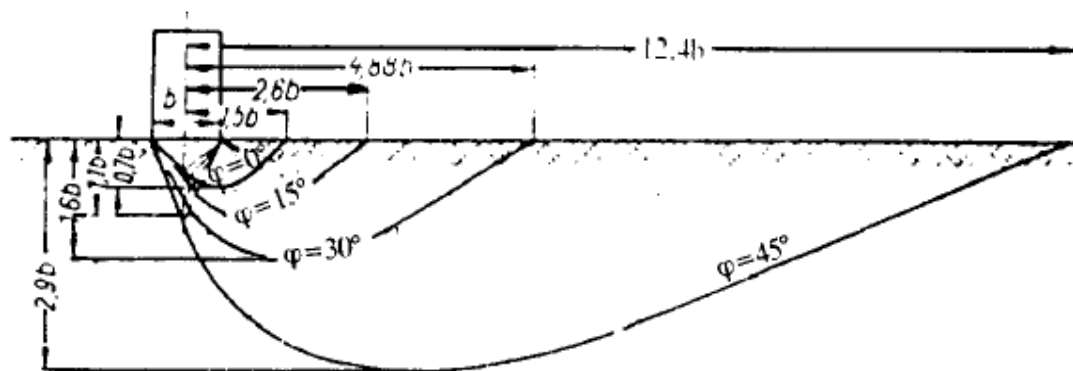


Figura 2.15. Zonas de afección según el ancho de cimentación y el ángulo de rozamiento interno. Rodríguez Ortiz (1989). Figura 2.8.