



AnejoNº06

Estudio

Geológico

Geotécnico



ÍNDICE

• Objeto	3
• Antecedentes	3
• Objeto del informe	3
• Campaña de reconocimiento	4
• Descripción del subsuelo	11
• Descripción y características geotécnicas de los terrenos	13
• Consideraciones generales sobre la construcción	22
• Cimentaciones de la obra civil	22
• Conclusiones y recomendaciones	23

Objeto

El objeto del presente anejo es el de realizar un estudio de las características del terreno, para poder determinar todas las decisiones que dependen directamente de dichas características.

Para la realización de este estudio se ha utilizado un proyecto titulado “PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL SIN USO DEFINIDO EN PARCELA SITUADA EN POLÍGONO INDUSTRIAL JUYARCO T.M. DENIA, ALICANTE” del cual se ha extraído gran parte del anejo geotécnico.

De él se sacarán los resultados y se realizarán las debidas suposiciones que proporcionarán al estudio los datos necesarios para la toma de decisiones.

Antecedentes

El proyecto de NAVE INDUSTRIAL EN POLÍGONO DE DENIA dispone previamente de un estudio geotécnico realizado por la empresa Grupo de Ingeniería y Arquitectura (GIA, S.L.) de una parcela de características similares y que está situado en la misma manzana donde se encuentra nuestra obra.

Se extrapolan por tanto los datos reflejados en dicho estudio y se utilizan en el presente, simulando este un estudio real efectuado en dicho solar.

Objeto del informe

Los objetivos principales del presente estudio son:

- Determinar el tipo de cimentación más adecuado, para las obras a llevar a cabo.
- Estimar las características geotécnicas necesarias para el cálculo de la cimentación.
- Dar las recomendaciones pertinentes en cuanto al cálculo y ejecución de las estructuras de cimentación.
- Caracterizar los materiales que permitan definir las características de las zanjas de excavación.

Campaña de reconocimientos

a) DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

La traza de estudio comienza a través de la carretera de Les Marines, asciende por la avinguda de les Corts Valencianes hasta la calle Madrigueres donde se encuentra el emplazamiento de nuestra nave en el Polígono industrial de Denia. Se trata de una parcela con una morfología cuasi rectangular, está exenta de cualquier edificación actualmente, encontrando sólo el terreno vegetal llano y horizontal.

b) TRABAJOS DE CAMPO

Para la realización del estudio geotécnico se han llevado a cabo los siguientes trabajos de campo:

- SONDEOS ROTATIVOS

Se han realizado ocho (8) sondeos rotativos con extracción continua de testigo con las siguientes profundidades:

Sondeo	Profundidad
S-1	15,10
S-2	9,80
S-3	3,45
S-4	3,45
S-5	3,20
S-6	9,00
S-7	11,40
S-8	10,45

Allí donde la naturaleza cohesiva del suelo lo permitió se tomaron ocho (8) muestras inalteradas (MI), un (1) testigo parafinado (TP) y un (1) testigo de roca. Además, simultáneamente con el avance de la perforación se realizaron veintitrés (23) ensayos de penetración normalizada (SPT), con toma de muestra alterada, para su posterior ensayo en laboratorio. La siguiente tabla indica el muestreo realizado:

SONDEO	COTAS (m)	TIPO	N ₃₀
S-1	2,00-2,60	MI	18*
	2,60-3,05	SPT	14
	4,00-4,60	MI	22,8*
	4,60-5,05	SPT	24,6
	6,00-6,60	MI	24,6*
	6,60-7,05	SPT	24
	8,00-8,60	MI	18,6*
	8,60-9,05	SPT	33
	10,00-10,60	MI	30,6*
	10,60-11,05	SPT	42
	12,00-12,45	SPT	30,6*
	15,00-15,10	SPT	50R
S-2	0,50-1,10	MI	8,4*
	1,70-2,15	SPT	8
	3,00-3,60	MI	18*
	4,50-5,10	MI	23,4*
	6,00-6,45	SPT	22
	7,40-8,00	MI	20,4*
	9,00-9,45	SPT	25
S-3	1,50-1,95	SPT	10
	3,00-3,45	SPT	22
S-4	1,50-1,95	SPT	35
	3,00-3,45	SPT	31
S-5	1,50-1,95	SPT	9
	2,00-2,60	MI	13,8*

S-6	2,60-3,05	SPT	12
	4,00-4,60	MI	34,2*
	4,60-4,60	SPT	50R
	9,00-9,00	SPT	50R
S-7	2,00-2,60	MI	1*
	2,60-3,05	SPT	1
	4,00-4,60	MI	9,6*
	4,60-5,05	SPT	3
	10,00-10,45	SPT	26
S-8	4,00-4,45	SPT	4
	6,00-6,45	SPT	67
	8,30-8,75	SPT	13

$$N_{30} (MI) \approx 0,6 \times N(MI)$$

Las profundidades a que se hace mención en los ensayos están referidas a boca de sondeo. Para cada sondeo se ha elaborado un parte donde se incluye: datos del sondeo, localización, número, obra etc. características generales de la perforación, tipo de perforación, diámetro del revestimiento y de perforación, cota del nivel freático columna litológica del terreno descripción del terreno muestras obtenidas, ensayos "in situ" y cotas de estas resumen de los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio se adjunta las fotografías de todas las cajas portatestigos.

c) DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

- SONDEOS

Para la realización de los sondeos se ha empleado una sonda sobre camión tipo TP-50.

La perforación se realizó mediante batería y corona de widia de diámetro 86 mm. Los sondeos se han realizado en parte en seco en parte con agua. Fue necesario proceder a la entubación de las paredes del sondeo, con un diámetro de 98 mm, al no mantenerse éstas estables durante el desarrollo de la perforación.

Durante la ejecución del sondeo se han realizado ensayos "in situ" de Penetración Estandar (SPT) y la toma de muestras inalteradas (MI) para su posterior ensayo en el laboratorio.

El SPT se realiza mediante la hinca del tomamuestras normalizado de 45 cm. de longitud por caída de una maza de 63,5 Kg desde una altura de 75 cm y determinándose el número de golpes necesario para la hinca de 30 cm (N30).

Los sondeos son perforaciones caracterizadas porque su longitud es mucho mayor que su diámetro. La finalidad de los sondeos geotécnicos es la de proporcionar datos de caracterización geomecánica del subsuelo donde se prevé implantar una obra.

Los sondeos de reconocimiento geotécnico suelen estar limitados a pequeñas profundidades (por lo general, no más de 30 m), su sistema de trabajo es la rotación usando normalmente agua como fluido de perforación cuando resulta imposible la perforación en seco.

Los equipos de perforación son ligeros y fácilmente transportables y constan de sonda, sarta y elementos auxiliares.

Con este sistema puede obtenerse testigo en cualquier tipo de terreno, aunque en suelos cohesivos blandos, grandes bolos y limos deben tomarse grandes precauciones. En este procedimiento de perforación con obtención de testigo el útil de corte es la corona.

La corona tiene forma circular y puede ser de dos naturalezas:

- Widia. Esta corona es de acero y en el borde cortante se incrustan prismas de widia (carburo de wolframio con un 10% de cobalto para darle resistencia al choque). Un ejemplo se muestra en la figura siguiente.

- Diamante. Las coronas diamantadas tienen un cuerpo de acero que está unido a la matriz. Esta matriz es una aleación metálica que contiene los diamantes, está compuesta por polvo de carburo de wolframio y bronce con pequeñas cantidades de otros metales.

Una vez extraído el testigo, éste debe ser colocado en cajas adecuadas, de madera o cartón parafinado, conservando la posición y orientación originales e indicando la profundidad o cota.

Los sondeos mecánicos presentan ventajas importantísimas sobre otras técnicas de reconocimiento geotécnico.

- Son un método directo de reconocimiento.

- Permiten obtener muestra alterada en toda la columna o perfil litológico.
- Permiten alcanzar profundidades superiores a las alcanzables con otras técnicas como catas.
- Permiten reconocer el terreno bajo el nivel freático.
- Permiten atravesar capas de terreno de alta resistencia.

Durante la ejecución del sondeo se han realizado ensayos "in situ" de Penetración Normalizada (SPT).

Consiste básicamente en contar el número de golpes necesarios para hincar en el terreno, una longitud de 1,0 pie (305 mm), de un tomamuestras hueco bipartido que irá recogiendo parte del terreno atravesado.

Este tubo tiene normalizados su diámetro interior, 36,8 mm (1,45 pulgadas), y exterior, 50,8 mm (2,0 pulgadas). Se rosca en la parte inferior del varillaje de perforación y, una vez limpiado el fondo de la cavidad, se hace descender hasta tocar el terreno. Mediante un martillo de 63,5 kg (140 lb) de peso que cae desde una altura de 762 mm (30 pulgadas) se golpea el varillaje hasta que el tomamuestras penetre en el terreno 150 mm (6 pulgadas); a partir de este momento el técnico debe comenzar a contabilizar la cantidad de martillazos precisos para que penetren en el terreno 305 mm más.

A su vez se han tomado muestras inalteradas de pared gruesa para su posterior ensayo en laboratorio.

Dentro de un tubo bipartido se introduce una camisa de PVC en la que se aloja la muestra. Se cuenta el número de golpes necesario para introducir en el terreno una longitud de 60 cm divididos en cuatro tramos de 15 cm. Una vez en la superficie se extrae la camisa de PVC y se taponan los extremos de la misma para evitar variaciones de humedad o densidad del suelo.

d) ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras extraídas se ha realizado los siguientes ensayos de laboratorio:

SONDEO	TIPO MUESTRA	COTA	IDENTIFICACIÓN				RESISTENCIA Y COMPRESIBILIDAD			QUIMICOS		
			Granul.	Límites Att	Hum.	Dens.	R.C.S.	CD	Edo	SO ₄	MO	EHE
S-1	MI	2,00	✓	✓	✓	✓	✓			✓		
	MI	4,00	✓	✓	✓	✓	✓		✓			
	TP	6,00	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	AGUA											✓
S-2	MI	0,50	✓	✓	✓	✓						
	SPT	1,70	✓	✓						✓		
	MI	3,00	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	MI	7,40	✓	✓	✓	✓	✓					
	SPT	9,00	✓	✓								
S-3	SPT	2,15	✓	✓			✓					
S-4	SPT	1,50	✓	✓								
	SPT	3,00	✓	✓								
S-5	SPT	1,50	✓	✓						✓		
S-6	TR	5,80					✓					
S-7	SPT	2,60	✓	✓								
	MI	4,00	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	Agua											✓
S-8	SPT	2,00	✓	✓			✓					
	SPT	4,00	✓	✓								
	SPT	6,00	✓	✓								
	Agua	1,00										✓

Ensayos de identificación

Análisis granulométrico por tamizado

La granulometría de suelos por tamizado es un ensayo muy utilizado.

El resultado del mismo es la curva granulométrica en la que se representa:

- En abscisas, los tamaños de grano de las partículas, en escala logarítmica.
- En ordenadas, los tantos por ciento en peso de suelo que pasan (escala aritmética) por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo (serie UNE, ASTM), hasta el de UNE nº 0,08 mm (ASTM nº 200).

Determinación de los límites de Atterberg

Todos se definen por los valores de humedad (expresados en %), correspondientes a estados convencionalmente definidos como frontera entre distintos tipos de comportamiento de los suelos cohesivos.

El límite líquido se utiliza entre otras cosas, para la identificación y clasificación de suelos cohesivos, pudiendo hacerse estimaciones en problemas de consolidación, etc...

Las posibilidades de ejecución son:

- Por secado y desmenuzado
- En suelo natural por vía directa
- En suelo natural por vía húmeda. También existe el “método del cono” (sin normalizar en nuestro país).

El límite plástico se emplea también en la identificación y clasificación de suelos. Restando su valor al límite líquido se obtiene el índice de plasticidad (IP), utilizado igualmente en clasificaciones de suelos finos (diagrama de plasticidad de Casagrande) y estimaciones empíricas del cambio potencial de volumen en arcillas. El resultado es muy susceptible a la experiencia del operador.

Ensayos de resistencia y deformabilidad

Ensayo de compresión simple

Es el ensayo más utilizado en la caracterización de la resistencia a compresión de los suelos cohesivos y rocas.

En su ejecución se procede a cargar una probeta con rapidez y, en el caso de arcillas impermeables, equivale a un ensayo sin drenaje.

Ensayo de consolidación unidimensional

Es el ensayo por excelencia para determinar la deformabilidad de niveles cohesivos (limos-arcillas), permite el estudio de consolidación de estos materiales. Consiste en un anillo cortador, en el que se comprime una muestra de suelo entre dos placas porosas. La carga se aplica mediante un sistema de palancas, y la deformación del suelo se mide con un comparador situado sobre el yugo. El suelo está constantemente saturado. El ensayo permite caracterizar la historia geológica de los materiales.

Ensayos químicos

Contenido en sulfatos solubles

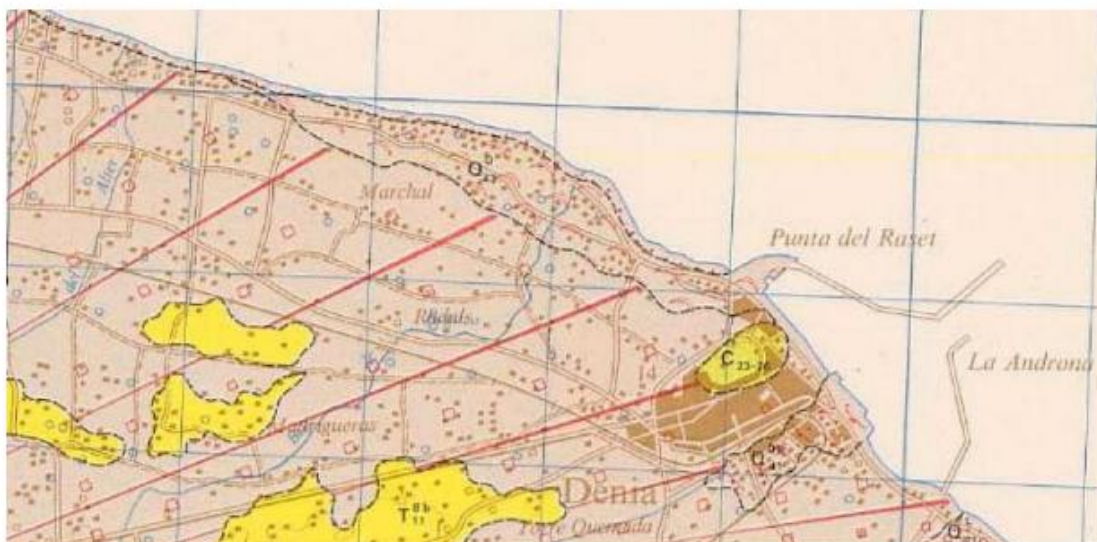
Su determinación consiste en obtener la proporción de sulfatos solubles en agua, pasándolos a disolución mediante agitación con agua y precipitando luego los sulfatos disueltos (procedentes del suelo) con una disolución de cloruro bórico. El procedimiento seguido es el habitual en cualquier gravimetría.

Descripción del subsuelo

a) AMBIENTACIÓN GEOLÓGICA

El área en estudio geológicamente se localiza en la Hoja a escala 1:50.000 del IGME nº796 de Gandía.

Está enclavada en una amplia zona de depósitos cuaternarios de tipo continentales que forman un cordón continuo paralelo al litoral que sirve de cierre a las albuferas que desaguan mediante estrechos canales abiertos en estos depósitos. Lo constituyen unos limos grises, eólicos.



Se han podido diferenciar, las siguientes unidades estratigráficas:

T11^{Bb} constituye una serie alternante de margas blancas y arcillas margosas blancas, con algunos niveles arcillosos y una potencia de 200 m. Este material se ha podido diferenciar en la ubicación de las balsas.

QG cuaternario a base de un glacis de acumulación, depósito formado por arcillas rojas limosas, con intercalaciones de cantos y niveles de costra discontinua.

Q42^M cuaternario marino, a base de arenas grises con fauna.

b) CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS

La aceleración sísmica básica en la zona donde se sitúa el solar en estudio es de 0,06·g, según la Norma Sismorresistente (NCSR-02) y el terreno se puede clasificar como tipo III (terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} > v_s > 200 \text{ m/s}$).

c) NIVEL FREÁTICO

Conforme nos vamos acercando a la línea costera a la altura del nivel freático resulta superior.

En la zona en la cual queda ubicada la estación nave, en los dos sondeos realizados se diferencian aguas en el sondeo que se asocian a la escorrentía superficial. Según la información disponible de la zona el nivel freático de los pozos está en torno a los 4-5 m (destacar que en el S-3 no se diferenciaron aguas freáticas).

En cualquier caso en la propia obra, se recomienda llevar a cabo la apertura de calicatas de comprobación.

Durante la ejecución de los sondeos se tomó una muestra de agua, para posteriormente en laboratorio mediante su correspondiente ensayo comprobar la posible agresividad de la misma a los hormigones de las cimentaciones, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

ENSAYO	S-1	S-7	S-8
Sulfatos ($\text{mgSO}_4^{2-}/\text{l}$)	125	389	588
Valor de PH	7,4	7,3	7,3
Residuo seco (mg/l)	688,0	2439,0	6009,0
Magnesio ($\text{mg Mg}^{2+}/\text{l}$)	4,9	115,3	277,7
Dióxido de carbono agresivo (mgCO_2/l)	12,46	12,98	9,52
Ión Amonio ($\text{mg NH}_4^+/\text{l}$)	0,73	0,14	0,00

De los resultados obtenidos podemos ver que las aguas resultan débilmente agresivas, ambiente Qa producto de la existencia del ión sulfato comprendido entre 200-600 mgSO_4/l . Sin embargo destacar que en el S-1, en el cual se sospecha la presencia de aguas de escorrentía el contenido de residuo seco es muy bajo y el contenido del ión sulfato.

d) AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN DE LOS SUELOS

Se han realizado dos ensayos de agresividad al hormigón sobre sendas muestras de suelo dando los siguientes resultados:

SO_4 (sondeo S-1 a 2,00 m)=45 mg/kg SO_4^-

SO_4 (sondeo S-2 a 1,70 m)= 51 mg/kg SO_4^-

Este valor es tal que la EHE (Tabla 8.2.3.b) establece que NO EXISTE ATAQUE AL HORMIGÓN, por tanto parte de los suelos, sin embargo las aguas resultan débilmente agresivas. Para ello se precisarán cementos con las características MR.

Descripción y características geotécnicas de los terrenos

A partir de las prospecciones efectuadas puede confeccionarse el siguiente perfil geotécnico tipo.

➤ UNIDAD A. ARCILLAS MARGOSAS BLANQUECINAS (T_{11}^{Bb})

Esta unidad de material terciario constituye la práctica totalidad de los materiales en los cuales va a implantarse el futuro, estos materiales presentan una plasticidad media

presentando una tonalidad blanquecina. En profundidad pasan a margas arcillosas muy firmes.

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor (m)
S-1	1,20 – 12,70	>11,50
S-2	1,10 – 9,80	>8,70
S-3	1,10 – 3,45	>2,35

Ensayos de identificación, estado y resistente:

Sondeos	Prof. (m)	SUCS	Granulometría		Límites Atterberg			HUM. %	γ (kg/cm ³)	γ _d (kg/cm ³)
			% Pasa UNE 0,08	% Pasa UNE 5	LL	LP	IP			
S-1	2,00	CL	92,8	95	27,2	17,9	9,3	20,4	2,01	1,67
	4,00	CL	97,9	100	28,8	16,4	12,3	19,8	2,00	1,67
	6,00	CL	90,0	96	34,0	16,5	17,4	19,0	2,06	1,73
S-2	0,50	CL	70,7	97	35,9	23,6	12,3			
	1,70	CL	87,3	99	34,2	22,1	12,0			
	3,00	CL	95,0	99	37,9	18,0	20,0	25,5	2,03	1,62
	7,40	CH	98,5	100	58,2	31,0	27,2	38,2	1,80	1,30
	9,00	CH	99,4	100	51,2	33,3	17,8			
S-3	2,15							19,1	1,99	1,67

Las muestras se clasifican como suelos arcillosos de media-alta plasticidad, con humedades naturales ligeramente superiores a su límite plástico (comportamiento plástico).

Sondeos	Prof. (m)	SUCS	RCS	
			Qu (kPa)	% ε
S-1	2,00	CL	110	15,0
	4,00	CL	225	8,50
	6,00	CL	115	4,3
S-2	3,00	CL	125	7,9
	7,40	CL	205	9,1
S-3	2,15		190	9,5

Valores medios del ensayo de compresión simple de Qu de 160 kPa.

Sondeos	Prof. (m)	CD	
		c'(kPa)	ϕ' (°)
S-1	6,00	75	22,6°
S-2	3,00	0,00	38,8°

En lo que refiere a sus características resistentes, contamos con un buen número de ensayos SPT, penetraciones dinámicas y compresiones.

Con los ensayos SPT se obtiene un valor medio N30 de 18 golpes.

De las penetraciones dinámicas (DPSH), el valor medio N20 es de 10 golpes en el tramo superior. A ese valor se asocia a una resistencia dinámica a la penetración $R_d \approx 5500$ kPa.

Cohesión no drenada (C_u).

A partir de los datos anteriores se puede determinar la resistencia a corte sin drenaje (c_u), como sigue a continuación.

$$c_u = \frac{N_{30}}{16} \equiv 112,5 \text{ kPa}$$

$$c_u = \frac{R_d}{60} \equiv 91 \text{ kPa}$$

$$c_u = \frac{Q_u}{2} \equiv 80 \text{ kPa}$$

Se considera un valor de cálculo de la resistencia a corte sin drenaje de $c_u \approx 100$ kPa.

$$E' = 130 \cdot c_u = 13 \text{ MPa (correlación de Bulter)}$$

$$E_u = 220 \cdot c_u = 22 \text{ MPa (módulo de elasticidad sin drenaje)}$$

$$E' = 4 \cdot (N + 12) = 15,2 \text{ MPa}$$

A partir de la resistencia a corte sin drenaje se puede estimar el módulo de deformación elástico, mediante las formulaciones existentes las cuales se encuentran en las publicaciones específicas de esta materia.

Módulo de Young o de elasticidad efectivo (E').

Contamos con un ensayo edométrico realizado a la profundidad de 4,00 m en el S-1 con los siguientes resultados:

S-1 cota 4,00m

$e_o=0,652$

$\sigma'_p=200$ kPa

$\sigma'_o=80$ kPa

$E'=15000-20000$ kPa

A partir de la información obtenida, se han considerado las siguientes propiedades geotécnicas:

Ángulo de rozamiento efectivo $\phi = 27^\circ$

Cohesión efectiva $c' = 0,10$ kp/cm²

Densidad aparente: $\gamma = 2,10$ t/m³

Resistencia a corte sin drenaje: $c_u=100$ kPa

Modulo de Deformación $E'= 15-20$ MPa

➤ UNIDAD B. ARCILLAS LIMOSAS TONALIDAD BEIGE CON CONCRECIONES CALCÁREAS (QG).

Este es el primer nivel en ser detectado, compuesto por unas arenas limosas uniformes en general de compacidad suelta a media de unos 12,00 m de espesor seguido de alguna veta de arcillas. La profundidad la que se detecto fue la siguiente:

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor (m)
S-3	0,60 – 1,10	0,50
S-4	0,50 – 3,45	>2,95
S-5	1,50 – 3,20	>1,70
S-6	0,30 – 4,60	4,30
S-7	1,50 – 4,00	3,50

Se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

Sondeos	Prof. (m)	SUCS	Granulometría		Límites Atterberg			HUM. %	Y (kg/cm ³)	Y _d (kg/cm ³)
			% Pasa UNE 0,08	% Pasa UNE 5	LL	LP	IP			
S-4	1,50	GC	35,2	58	35,9	16,1	19,8			
	3,00	CH	57,5	85	62,2	28,3	33,9			
S-7	2,60	CL	58,5	100	27,6	14,5	13,1			
	4,00	SC	38,9	76	32,4	17,1	15,3	20,6	1,97	1,63

Sondeos	Prof. (m)	SUCS	RCS	
			Qu (kPa)	% ε
S-7	4,00	SC	40	5,7

En general estas arcillas presentan una plasticidad media-alta, del golpeo SPT se manifiesta una marcada variabilidad con valores sumamente bajos por ejemplo en el S-7, y valores medios de 10 golpes que parece razonable adoptar en el cálculo.

$$c_u = \frac{N_{10}}{16} \approx 62,5 \text{ kPa}$$

$$c_u = \frac{Q}{2} \approx 20 \text{ kPa}$$

En este nivel de arcillas se adopta un valor medio de 40 kPa de resistencia a corte sin drenaje.

Se ha llevado a cabo un ensayo edométrico en el S-7 a la profundidad de 4,00 m:

S-1 cota 4,00m

$e_o = 0,576$

$\sigma'_p = 100 \text{ kPa}$

$\sigma'_o = 50 \text{ kPa}$

$E' = 5000 \text{ kPa}$

A partir de la información obtenida, se han considerado las siguientes propiedades geotécnicas:

Ángulo de rozamiento efectivo $\phi = 25-26^\circ$

Cohesión efectiva $c' = 0,00 \text{ kp/cm}^2$

Densidad aparente: $\gamma = 2,00 \text{ t/m}^3$

Resistencia a corte sin drenaje: $c_u = 40 \text{ kPa}$

Modulo de Deformación $E' = 5 \text{ MPa}$

➤ UNIDAD C. CALIZAS MICRÍTICAS FOSILIFERA (C23-26)

A partir de una profundidad de 1,10/1,30 según los sondeos y 1,40/2,00 m en los penetrómetros dinámicos. Diferenciamos unas calizas micríticas, muy oquerosas con arcilla de decalcificación rellenando los huecos, con restos de fósiles (bioclástica).

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor (m)
S-6	4,60 – 9,00	> 4,40
S-7	4,00 – 11,40	>7,40

Ensayos de penetración

Los ensayos SPT realizados en este nivel dieron lugar a rechazo sistemáticamente.

Ensayos de resistencia de probetas de roca

Contamos con un ensayo de compresión simple en roca, así como ensayos de otras obras realizadas en las proximidades, con los siguientes resultados:

SONDEO	COTA	Resistencia a compresión (MPa)
S-1(Avd. San José Denia)	4,20	21,75
	6,20	64,19
	9,30	89,47
	11,70	29,46
S-2 (Avd. San José Denia)	1,20	57,83
	3,20	50,48
	8,10	17,74
S-6	5,80	74,34

Resultados ensayo brasileño:

SONDEO	COTA	Resistencia a compresión (MPa)
S-1(Avd. San José Denia)	1,20	3,85
	8,20	4,79
S-2 (Avd. San José Denia)	3,20	4,48

Para una relación de 8 entre la compresión uniaxial y el ensayo brasileño de valor 4,37 MPa, se ha calculado un valor medio de 34,7 Mpa. De las compresiones simples el valor medio resulta de 50,65 Mapa.

A partir de los valores anteriores, se calcula un valor promedio de 42,67 Mpa: por lo tanto nos encontramos cerca del límite entre una roca moderadamente dura y una roca dura, como se muestra en la siguiente tabla.

Descripción	Resistencia a compresión
Extremadamente blanda	< 1 MPa
Muy blanda	1-5 MPa
Blanda	5-25 MPa
Moderadamente dura	25-50 MPa
Dura	50-100 MPa

Grado de fracturación

El grado de fracturación se expresa habitualmente por el valor de índice RQD (rockquality designation). Este se obtiene a partir de los testigos de sondeos, mediante el cociente entre la suma de las longitudes de los fragmentos mayores de 10 cm y la longitud total del tramo considerado.

En los sondeos realizados, el valor del grado de fracturación en el SR_1 es del 43% y del 24% en el S_2 en la totalidad de los sondeos. La siguiente tabla muestra la calidad del macizo rocoso según el parámetro descrito.



RQD %	Calidad
< 25	Muy mala
25 – 50	Mala
50 – 75	Media
75 – 90	Buena
90 - 100	Muy buena

Grado de alteración

Este nivel de rocas presenta un alto grado de alteración III como se indica en la figura siguiente:

TABLA 3.3 Escala de meteorización de la roca

GRADO	DENOMINACIÓN	CRITERIO DE RECONOCIMIENTO
I	Roca sana o fresca	La roca no presenta signos visibles de meteorización, pueden existir ligeras pérdidas de color o pequeñas manchas de óxidos en los planos de discontinuidad.
II	Roca ligeramente meteorizada	La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración. Toda la roca ha podido perder su color debido a la meteorización y superficialmente ser más débil que la roca sana.
III	Roca moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma continua o en zonas aisladas.
IV	Roca meteorizada a muy meteorizada	Más de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontinua.
V	Roca completamente meteorizada	Todo el material está descompuesto a un suelo. La estructura original de la roca se mantiene intacta.
VI	Suelo residual	La roca está totalmente descompuesta en un suelo y no puede reconocerse ni la textura ni la estructura original. El material permanece «in situ» y existe un cambio de volumen importante.

A partir de la “Guía de cimentaciones en obras de carretera” se considera este nivel un suelo por su elevado grado de alteración.

CÁLCULO DEL RMR BÁSICO (RMR_b)	
Funciones continuas según Sen y Sadagah (2003), modificada la de espaciado por Cuenca (2008)	
Localización:	
Resistencia a compresión simple (MPa)	42,65
RQD	25
Espaciado medio (m)	0,2
Valoración por estado de las juntas	10
Valoración por flujo de agua	10
RMR_b =	36

Se ha calculado un RMR de 36, a partir de los parámetros obtenidos de la roca.

Para la determinación del módulo de deformación de macizos de mediana calidad se ha propuesto la siguiente formulación basada en el RMR:

$$E = 10^{\left(\frac{RMR-10}{40}\right)} = 4,46 \text{ GPa (Serafim y Pereira 1983, expresión válida para macizos de baja calidad)}$$

Por lo tanto en vista de la variabilidad en la deformación de los macizos rocosos es recomendable tomar un valor inferior al determinado anteriormente, utilizando la siguiente correlación la cual reduce al mínimo el módulo de deformación de este macizo rocoso.

$$E_{\min} = 0,4 \times E = 1,784 \text{ GPa}$$

A partir de la información obtenida, se han considerado las siguientes propiedades geotécnicas:

Ángulo de rozamiento efectivo $\phi = 25\text{-}35^\circ$

Cohesión efectiva $c' = 2,0 - 3,0 \text{ kp/cm}^2$

Densidad aparente: $\gamma = 2,4 \text{ t/m}^3$

Módulo de deformación: $E = 20000 \text{ kg/cm}^2$

Consideraciones generales sobre la construcción

La cimentación está formada por medio de zapatas aisladas centradas.

Cimentaciones de la obra civil

Se recomienda para la totalidad de la estructura proyectada, llevar a cabo una cimentación directa mediante zapatas aisladas o corridas para los edificios.

Conclusiones y recomendaciones

- Se ha realizado una campaña de reconocimientos geotécnicos que consta de ocho (8) sondeos rotativos, (2) penetraciones dinámicas, y distintos ensayos de laboratorio con cuyos resultados se ha redactado el presente informe.

- El nivel freático se ha diferenciado una profundidad variable, en función del punto de ubicación del sondeo rotativo (proximidad a la línea costera y cota).

- El área en estudio geológicamente se localiza en la Hoja a escala 1:50.000 del IGME nº796 de Gandía. Está enclavada en una amplia zona de depósitos cuaternarios de tipo continentales que forman un cordón continuo paralelo al litoral que sirve de cierre a las albuferas que desaguan mediante estrechos canales abiertos en estos depósitos. Lo constituyen unos limos grises, eólicos. Se han podido diferenciar, las siguientes unidades estratigráficas:

T11^{Bb} constituye una serie alternante de margas blancas y arcillas margosas blancas, con algunos niveles arcillosos y una potencia de 200 m. Este material se ha podido diferenciar en la ubicación de las balsas.

QG cuaternario a base de un glacis de acumulación, depósito formado por arcillas rojas limosas, con intercalaciones de cantos y niveles de costra discontinua.

Q42^M cuaternario marino, a base de arenas grises con fauna.

- Se han realizado ensayos de agresividad sobre muestra de suelo tal que la norma EHE lo clasifica como que no existe ataque al hormigón. En lo que refiere a las aguas freáticas, estas presentan una agresividad débil (ambiente Qa), dada la proximidad a la línea costera se precisarán cementos con las características MR.

- A partir de los estudios realizados se ha confeccionado el perfil geotécnico hipotético descrito en el punto “Descripción y características geotécnicas de los terrenos” del presente informe.