



**PROYECTO DE JARDÍN DUNAR EN LAS PLAYAS DE CABANYAL Y MALVA-ROSA
(T.M. VALENCIA)**



ANEJO 6. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

ÍNDICE

1. Estudio geológico.....	1
1.1. Encuadre geográfico	1
1.2. Estratigrafía.....	2
1.4. Suelos	2
1.5. Mineralogía	2
2. Estudio geotécnico	3
2.1. Objeto	3
2.2. Contexto geomorfológico	4
2.3. Campañas de reconocimiento	4
2.3.1. Trabajos de campo	4
2.3.2. Descripción de los trabajos	6
2.3.3. Ensayos de laboratorio.....	7
2.4. Descripción del subsuelo.....	8
2.4.1. Ambientación geológica	8
2.4.2. Nivel freático	8
2.4.3. Características sísmicas	8
2.4.4. Agresividad al hormigón.....	8
2.5. Descripción y características geotécnicas de los terrenos.....	8
2.6. Tensiones admisibles	10
2.6.1. Método de cálculo.....	10
2.7. Parámetros de cálculo.....	11
2.8. Coeficiente de permeabilidad	11
2.9. Conclusiones	12

1. ESTUDIO GEOLÓGICO

La Cuenca Hidrográfica del río Júcar comprende todas las cuencas que vierten al mar Mediterráneo, entre la margen izquierda de la Gola del Segura, en su desembocadura, y la desembocadura del río Cenia, además de la cuenca endorreica de Pozohondo.

La extensión total es de 42 988,6 km² y se extiende por las provincias de Albacete, Alicante, Castellón, Cuenca, Valencia y Teruel, además de una pequeña zona en la provincia de Tarragona.

Las playas que nos ocupan en el presente estudio se encuentran entre las desembocaduras del Río Turia y el Barranco del Carraixet.

1.1. Encuadre geológico

Casi la totalidad del contexto de la zona de estudio se encuentra formada por afloramientos triásicos en facies germánica típica. Se encuentra muy desarrollado el Trías inferior, mientras que el espesor del Keuper disminuye mucho.

Efectivamente, el Buntsandstein predomina ampliamente, bien en forma de areniscas rojas (rodeno) y amarillentas, que son explotadas en numerosas canteras, bien como arcillas rojas con intercalaciones de arenisca y como arcillas abrigadas. Le siguen en importancia los afloramientos de Muschelkalk y del Suprakeuper, que es el que corona las máximas alturas, mientras que el Keuper queda reducido a unas manchas que se concentran sobre todo al E de Olocau y al W de Manises.

Al descender por la cuenca nos encontramos el Mioceno, que es la formación más amplia, y el Cuaternario, constituido fundamentalmente por sedimentos recientes, consistentes en cantos rodados, arenas, margas y arcillas, aunque, por otra parte, ocupando menos extensión, se encuentran conglomerados y brechas más o menos cementados, que pertenecen al Pleistoceno, formando un extenso glacis cubierto de brechas encostradas de 15 a 50 cm (costra laminar de 1 a 2 cm y conglomerado semianguloso de matriz color salmón, con cantos heterométricos de 0'5 a 5 cm), que se extiende desde la Serra de Portacoeli hasta el mismo barranco (pinars de Bétera, Mallada, etc.).

En la desembocadura del Carraixet, la acumulación es en su totalidad de arenas muy finas, pues las pequeñas gravas existentes están muy diseminadas y no suelen pasar de 5 cm de diámetro. También existen formaciones de dunas, entre las cuales se practican algunos cultivos. Sin embargo, es preciso señalar la existencia de sedimentos más antiguos, pues en La Torre (NW de Alborai) se encuentran, dentro del cordón de gravas aterrazado, fragmentos de un banco conglomerado blancuzco.

La zona estudiada, en su parte montañosa, está cruzada por dos direcciones opuestas de pliegues: los correspondientes al sistema Ibérico y las últimas estribaciones de las Cordilleras Béticas. Esto implica que además existan importantes fracturas, que sitúan en algunas ocasiones las areniscas del Buntsandstein a mayor altura que las calizas del Muschelkalk.

Por lo que se refiere a la llanura, según el estudio realizado por Brinkmann, se habla de una penillanura en las calizas pontienses y el Mushchelkalk y de una planicia de arrasamiento en las mesetas pliocenas, que cerca de Valencia se encuentra a una altitud de 100-150 m.

La zona de estudio se trata de una llanura cuaternaria, salpicada por algunos cerros miocenos, que, en definitiva, ocupan la mayor extensión de la zona que trabajamos.

En la playa, donde desemboca el barranco del Carraixet, la acumulación de áridos es en su totalidad de arenas muy finas, pues las pequeñas gravas existentes están muy diseminadas y no suelen pasar de 5 cm de diámetro. Existen formaciones de dunas entre las cuales se practican algunos cultivos. Sin embargo, es preciso señalar la existencia de sedimentos más antiguos, pues en la Torre (NW de Alboraya) se encuentran, dentro del cordón de gravas aterrado, fragmentos de un banco conglomerado blancuzo.

1.2. Estratigrafía

Los cauces objeto de estudio se caracterizan, en su parte baja, por la presencia de materiales detríticos de carácter aluvial correspondientes al Holoceno. Están constituidos fundamentalmente por materiales arcillosos sin apenas detritos gruesos. Todos los niveles cuaternarios recubren a un sustrato mioceno

1.3. Suelo

En general se trata de suelos poco evolucionados. Según el sistema de clasificación genética de la F.A.O., pertenecen a los Fluvisoles, formados a partir de depósitos aluviales, sin desarrollo de horizontes excepto un horizonte A ócrico, y caracterizados por recibir nuevos aportes de material a intervalos variables de tiempo. El contenido de materia orgánica decrece irregularmente con la profundidad.

1.4. Mineralogía

Casi todas las playas valencianas están formadas por materiales fluviales que han sido redistribuidos por la corriente de deriva. En algunos puntos existe, además, un ligero aporte de la zona antelitoral que se hace especialmente visible en los tramos regresivos por la acción de los temporales. Los acantilados también se comportan como fuente de alimentación en los tramos estructurales por lo que, espacialmente, su área de influencia es mucho más reducida.

Por otra parte, tampoco debe desdeñarse la actuación del viento, cuya incidencia es máxima en donde la envergadura del modelado dunar es especialmente propicia para el transporte eólico.

Por lo tanto, la mineralogía en los diferentes sectores costeros no es más que un balance, siempre inestable, en el que participan en mayor o menor proporción los siguientes elementos. Aportes fluviales, marino, erosión de acantilados, autoalimentación a partir de formaciones pleistocenas, acción del viento y transformaciones diagenéticas que conducen a la creación de minerales autigénicos con la consiguiente desaparición de otros minerales.

En la mayoría de los casos, la composición mineralógica de las playas es fiel reflejo de la litología existente en el postpaís costero. De este modo, dada la naturaleza calcárea de gran parte del Hinterland costero, el sustrato mineral de las playas valencianas se presenta bastante homogéneo. De ahí, el predominio de la caliza en el sector estructural, en donde ésta supone más del 80% del total del material playero (Sanjaume, 1985).

2. ESTUDIO GEOTÉCNICO

2.1. Objeto

Según se recoge en las *"Recomendaciones Geotécnicas para el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias (ROM 0.5- 94)"* la realización de un proyecto de regeneración de una playadeberá ir acompañada de un estudio geotécnico. En éste se deben establecer las condiciones del terreno que permitan una definición precisa de las obras, incluyendo aquellas que tengan un carácter temporal. De esta forma se tendrá información útil para adoptar los procedimientos constructivos más adecuados, prever los problemas que puedan aparecer durante la construcción como consecuencia de las características geotécnicas del terreno, elegir las zonas para instalaciones o acopios, etc.

La extensión y la profundidad de una investigación geotécnica para una obra de ingeniería de costas como la que aquí se está tratando vendrá condicionada por la importancia de los trabajos a desarrollar en el emplazamiento y por las características geotécnicas del terreno.

El objeto del presente anejo es la identificación de los materiales existentes en la zona del proyecto y sus características. Se estudiarán los condicionantes geotécnicos a tener en cuenta para el diseño y dimensionamiento del proyecto. Para ello se determinará el tipo de cimentación y contención más adecuado y se estimarán las características geotécnicas del suelo.

El estudio geotécnico aquí recogido se ha basado en el realizado por la empresa "Grupo de Ingeniería y Arquitectura" en los terrenos del hotel Las Arenas en Valencia, entre las calles Eugenia Viñes, nº 22 y el Paseo Marítimo.

2.2. Contexto geomorfológico

El litoral mediterráneo se caracteriza por presentar en su totalidad un rango micromareal (rango mareal inferior a 2 m) y, encontrarse influenciado por la entrada de agua atlántica. Esta cantidad de agua depende de las variaciones estacionales. Un tercer factor más influyente sobre los elementos geomorfológicos es la tectónica. Por este motivo se puede sugerir un criterio de clasificación para la división del litoral mediterráneo en tres sectores (figura 1) con un comportamiento geodinámico diferente:

Litorales Béticos

Golfo de Valencia

Costa Catalana

El área de estudio se encuentra en el sector del Golfo de Valencia, el cual esta estructuralmente rodeado por una serie de alineaciones ibéricas y béticas, separadas por depresiones y limitado al Norte por el delta del Ebro y al Sur por el cabo de San Antonio, constituyendo en su conjunto un trazado en morfología de arco.

Las estructuras tectónicas de primer orden que aparecen dentro de dicho arco presentan directrices dominantes NW-SE, pasando a ENE-WSW hacia el interior. En los límites Norte y Sur, estas alineaciones se ponen en contacto con las estructuras dominantes en los otros dos sectores.

La llanura valenciana, sector donde queda enmarcada la zona de estudio, refleja en su morfología el comportamiento geotectónico de esta área, con un escalonamiento progresivo de los materiales hacia el Este acompañado de una acusada subsidencia en la zona costera, debido a que desde el Mioceno inferior funciona como una zona básicamente distensiva.

Una opción adicional que explica este hundimiento es la flexión de un eje paralelo a la costa, que funciona como elemento estructural, siendo más influyente en la evolución y morfología de la llanura litoral.

Las áreas deprimidas han ido rellenándose de sedimentos, de manera que actualmente la zona litoral está asentada, en su mayor parte, sobre los depósitos cuaternarios.

2.3. Campaña de reconocimientos

2.3.1. Trabajos de campo

Sondeos rotativos:

Se han efectuado dos sondeos rotativos con extracción continua de testigo con una profundidad de perforación de 15,6 metros cada uno.

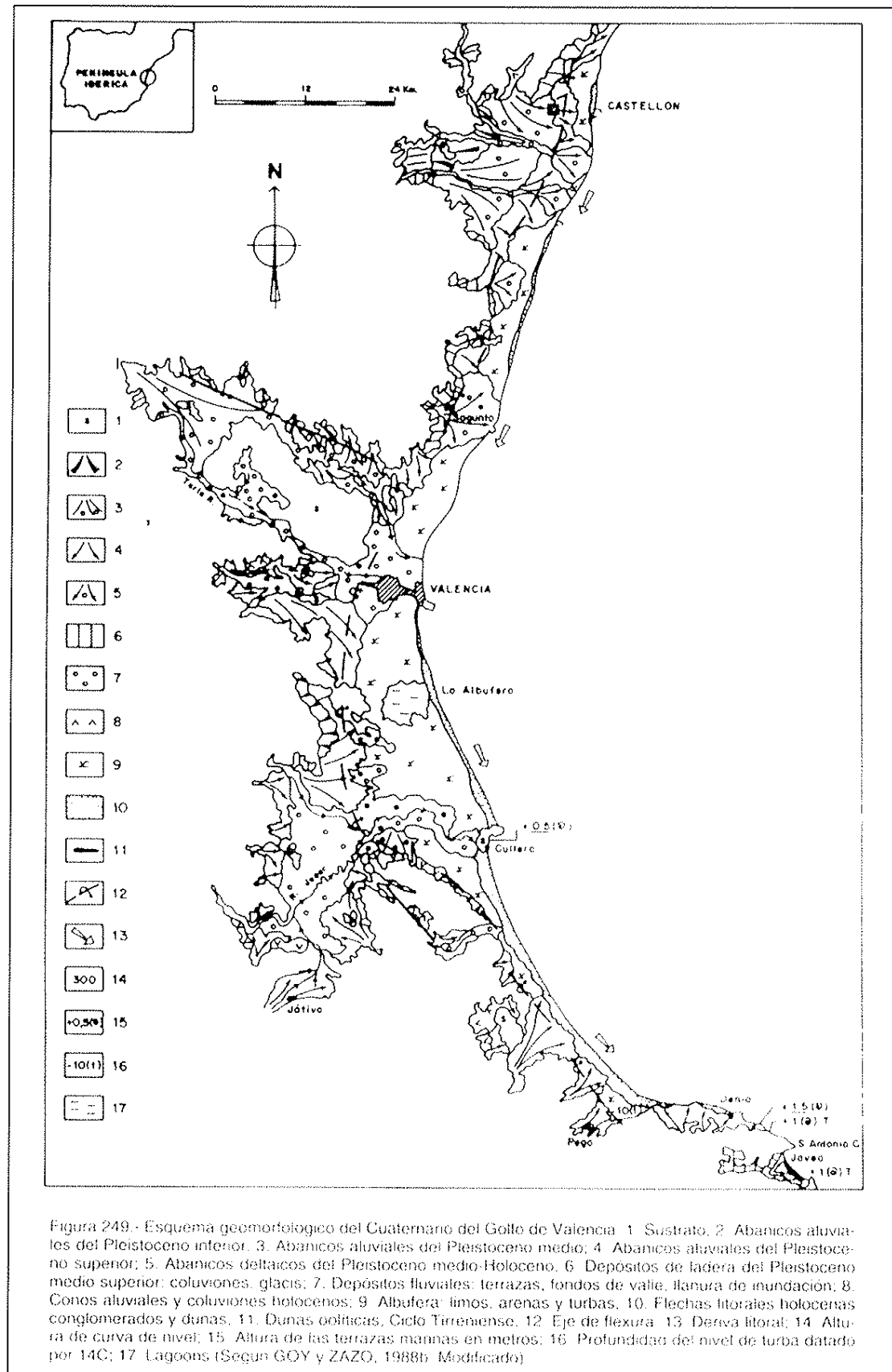


Figura 1. División geomorfológica del litoral mediterráneo en base a su comportamiento tectónico.
Tomado de "Geomorfología de España", Gutiérrez Elorza, 1994.

Sondeo S-1: 15,60 metros

Sondeo S-2: 15,60 metros

No fue posible la extracción de ninguna muestra inalterada debida a la naturaleza granular de los terrenos. Simultáneamente con el avance de la perforación se realizaron catorce ensayos de penetración normalizada (SPT), con toma de muestra alterada, para su posterior ensayo en laboratorio. A continuación se detalla el muestreo efectuado:

Penetraciones dinámicas:

Han sido realizadas cinco penetraciones dinámicas de tipo DPSH. Cada una de ellas estaba propuesta hasta una profundidad de 15 metros. Las profundidades alcanzadas son las siguientes:

SONDEO	COTA	TIPO
S-1	2,00 – 2,60	SPT
	4,00 – 4,60	SPT
	6,00 – 6,60	SPT
	8,00 – 8,60	SPT
	10,00 – 10,60	SPT
	12,00 – 12,60	SPT
	15,00 – 15,60	SPT
S-2	2,00 – 2,60	SPT
	4,00 – 4,60	SPT
	6,00 – 6,60	SPT
	8,00 – 8,60	SPT
	10,00 – 10,60	SPT
	12,00 – 12,60	SPT
	15,00 – 15,60	SPT

Sondeo P-1: 15,2 metros

Sondeo P-2: 15,2 metros

Sondeo P-3: 15,2 metros

Sondeo P-4: 15,2 metros

Sondeo P-5: 15,2 metros

2.3.2. Descripción de los trabajos

Sondeos:

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

La perforación se realizó mediante batería y corona de widia de diámetro 106 mm. Los sondeos se han realizado en seco. Fue necesario revestir las paredes del sondeo con una camisa metálica de 113 mm, al no mantenerse estas estables durante el alcance de la perforación.

Durante la ejecución del sondeo se han realizado ensayos “in situ” de Penetración Estándar (SPT). Estos se realizan 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.

Penetraciones dinámicas:

El sistema utilizado para las penetraciones dinámicas es muy conocido. Consiste en la hinca en el terreno de una puntaza cónica de 50 mm de diámetro en su base máxima y punta cónica, mediante la energía dinámica producida por la caída libre de una maza de 63,5 Kg desde una altura de 75 cm. Esta energía de caída de la maza se transmite a través del varillaje a la punta.

En los gráficos que se adjuntan se refleja en número de golpes N20 necesarios para la hinca de 20 cm de puntaza a la profundidad en que se han obtenido. Los gráficos también recogen la resistencia dinámica de la puntaza (Qd) obtenida a partir de N20 según la fórmula holandesa:

Siendo:

$$Q_d = \frac{M^2 \cdot H}{Ae(M + P)}$$

Q_d= Resistencia dinámica (Kp/cm²)

M= Masa de la maza (Kg)= 63,5

P= Peso de la puntaza y varillaje= (0,68 Kg + 6.3 Kg/ml)

H= Altura de caída (cm)= 76

e= Penetración por golpe (cm)

A= Sección de Puntaza (cm²)= 20

2.3.4. Ensayos de laboratorio

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

SONDEO	TIPO MUESTRA	COTA	IDENTIFICACIÓN				RESISTENCIA Y COMPRESIBILIDAD		QUIMICOS	
			Granul.	Límites Att	Hum.	Dens.	R.C.S.	CORTE DIRECTO	SO ₃	M.org
S-1	AGUA	2,00							✓	
	SPT	2,00	✓	✓					✓	
	SPT	8,00	✓	✓						
	SPT	10,00	✓	✓						
	SPT	12,00	✓	✓						
S-2	SPT	2,00	✓	✓					✓	
	SPT	8,00	✓	✓						
	SPT	15,00	✓	✓						

2.4. Descripción del subsuelo

2.4.1. Ambientación geológica

El área en estudio geológicamente se localiza en la Hoja a escala 1:50.000 del IGME nº722 (Valencia). (Se adjunta dicha hoja al final de este anejo)

La ciudad de Valencia se encuentra edificada sobre un sustrato de materiales cuaternarios de tipo continental o de génesis mixta marino-continental, que se presentan como una llanura prelitoral ocupada en parte por sedimentación por decantación asociada a la Albufera y por gravas procedentes de las avenidas del Turia y limos de inundación de la desembocadura de este río, en las sucesivas etapas de retrogradación y progradación del sistema mar-río.

2.4.2. Nivel freático

En el sondeo realizado, el nivel freático fue detectado a una cota de -2,0 metros una vez estabilizado el nivel aunque este nivel podría sufrir fluctuaciones estacionales.

2.4.3. Características sísmicas

La aceleración sísmica básica en la zona es de 0,06g según la Norma Sismorresistente (N CSE-94), por lo que es preciso considerar las cargas sísmicas en el cálculo de las estructuras.

2.4.4. Agresividad al hormigón

Se ha realizado un ensayo de agresividad sobre una muestra de agua, obteniéndose el siguiente resultado:

SO₄ en agua= 348 mg SO₄/Kg

Este valor es tal que la EHE establece que existe ataque débil al hormigón (Q_a)

2.5. Descripción y características geotécnicas de los terrenos

A partir de los estudios realizados, se ha confeccionado el siguiente perfil geotécnico hipotético. En él se distinguen los siguientes niveles homogéneos de terreno: *Todas las cotas se dan respecto a la boca de sondeo.*

NIVEL 0: RELLENOS Y TERRENO VEGETAL. Se trata de materiales arcillosos de color marrón con restos antrópicos y con algo de materia orgánica. En el sondeo efectuado se encuentran a las siguientes profundidades:

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor(m)
S-1	0,00 – 1,20	1,20
S-2	0,00 – 1,30	1,30

NIVEL A: ARENAS GRISES. Se trata de un nivel de arenas grises medias que se encuentra por debajo del nivel anterior a la profundidad que indica la siguiente tabla:

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor(m)
S-1	7,20 – 15,60	8,40
S-2	7,20 – 15,60	8,40

En el sondeo S-1 se observa a techo que las arenas tienen un color marrón. Los ensayos de penetración normalizada (SPT) indican que se trata de un nivel de compacidad media, N30 medio alrededor de 13, valor que se corresponde muy bien con los golpes obtenidos en las penetraciones dinámicas superpesadas. De todos modos a partir de los golpes N20 de las penetraciones dinámicas parece distinguirse dos subniveles. El más superficial estaría entre 1,30 y 5,00 m de profundidad y el golpeo medio N20 estaría alrededor de 13. El subnivel más profundo estaría entre 5,00 y 7,20 m y el golpeo N20 aumentaría hasta 20.

En ensayos de laboratorio realizados sobre una muestra alterada procedente de este nivel, se han obtenido los siguientes resultados:

Identificación y químicos:

% Finos (pasa tamiz 0,08 (UNE)) <15%

Clasificación de Casagrande: SP, SP-SM

Sulfatos: %SO₃= 0,07%

Los ensayos de laboratorio indican que se trata de una arena mal graduada y localmente puede contener una pequeña proporción de limos.

NIVEL B: ARENAS MARRONES. Se encuentran por debajo del nivel anterior hasta la finalización del sondeo. Se trata de un nivel de arenas medias-finas de color grisáceo que se encuentra a las siguientes profundidades:

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor(m)
S-1	1,20 – 7,20	6,00
S-2	1,30 – 7,20	5,90

La mayoría de los ensayos realizados indican que se trata de unas arenas limosas.

Las penetraciones y los ensayos SPT realizados indican que se trata de un nivel de compacidad media a techo. Los ensayos SPT en el sondeo S-2 indican que la compacidad de las arenas es suelta a partir de 12,00 ya que se obtienen golpes N30 alrededor de 7. En las

penetraciones dinámicas se observa que el golpeo medio es $N_{20} = 16$ si bien localmente se obtienen golpes N_{20} entre 7 y 9 en niveles decimétricos.

Identificación y químicos:

% Finos (Pasa tamiz 0,08 (UNE)) <20

Índice de plasticidad= NP

Clasificación de Casagrande: SM

Contenido en materia orgánica: 0,27%

2.6. Tensiones admisibles

2.6.1. Método de cálculo

Hundimiento

En el caso de los suelos granulares la aplicación de la fórmula general de hundimiento de una zapata aislada o en faja suele dar presiones de hundimiento muy elevadas debido a los grandes valores de N_q y N_γ para los valores usuales del ángulo de rozamiento.

Sin embargo, no por ello queda asegurado que los asientos sean admisibles para las presiones de trabajo así obtenidas, por lo cual se tiende a fijar dichas tensiones en relación con los asientos.

Para calcular la presión admisible en arenas se ha utilizado las expresiones propuestas por Meyerhof (1965), de manera que se tenga una seguridad adecuada frente al hundimiento y de manera que el asiento sea inferior a 2,54 cm:

$$q_{adm} = \frac{S_{adm} \times N}{4} \quad \text{Para } B < 1,2 \text{ m}$$
$$q_{adm} = \frac{S_{adm} \times N}{\frac{6}{\left(\frac{B}{B+1}\right)^2}} \quad \text{Para } B > 1,2 \text{ m}$$

Siendo:

N= Golpeo SPT

B= Dimensión mínima de la zapata en cm

Asientos

El cálculo de asientos en los estratos de arenas se ha realizado por el Método de Steinbrenner. En él se supone que el terreno es un sólido elástico. Según este método, el asiento de un punto del terreno situado a una profundidad z , bajo la esquina de una superficie rectangular cargada es:

$$\frac{\Delta s}{B} = \frac{q}{E} (I_{z1} - I_{z2})$$

Donde B y L son los lados de la cimentación; s(z) el movimiento vertical de un punto situado a una profundidad z en un semiespacio homogéneo; E es el módulo de elasticidad, q es la carga transmitida e Iz es un coeficiente de influencia.

El asiento de un estrato de espesor H situado entre las profundidades z1 y z2, con z1-z2= H, será:

$$\frac{\Delta s}{B} = \frac{q}{E} (I_{z1} - I_{z2})$$

El asiento de un terreno compuesto por n estratos se obtendrá sumando la contribución de cada uno de ellos.

$$S_{TOTAL} = \sum \Delta s_i$$

2.7. Parámetros de cálculo

Los parámetros empleados para el cálculo son los siguientes:

NIVEL 0: RELLENOS:

Densidad aparente: 2,0 t/m³

Densidad seca: 1,8 t/m³

c': 0 kg/m³

φ': 27º

NIVEL A: ARENAS GRISES:

Densidad aparente: 2,1 t/m³

Densidad seca: 1,8 t/m³

c': 0 kg/m³

φ': 31º

NIVEL B: ARENAS MARRONES:

Densidad aparente: 2,1 t/m³

Densidad seca: 1,8 t/m³

c': 0 kg/m³

φ': 30º

2.8. Coeficiente de permeabilidad

Para obtener el coeficiente de permeabilidad aproximado del suelo se utilizará la fórmula empírica de Hazen para arenas.

$$K = C_k \cdot D_{10}^2$$

Dónde:

k= coeficiente de permeabilidad en mm/s

D10= tamaño efectivo en mm

Ck= coeficiente experimental que depende de la naturaleza del suelo (en este caso variara entre 8 y 12 s/mm).

Para las muestras ensayadas de los niveles A y B anteriormente descritos, se obtiene que el coeficiente de permeabilidad aproximada variara entre:

$$0,1 \text{ mm/s} \leq k \leq 0,05 \text{ mm/s}$$

2.9. Conclusiones

La zona de estudio se enclava en un conjunto de depósitos terciarios de naturaleza eminentemente detrítica (areno-arcillosa), de génesis continental, que se hallan cubiertos materiales cuaternarios, que ocasionalmente puede presentarse cementados o con nódulos debido al ascenso de aguas carbonatadas provenientes del lavado de materiales calcáreos infrayacentes.

Se detectó el nivel freático a una cota de -2,0 metros.

La aceleración sísmica básica en la zona de estudio es de 0,06g, según la Norma Sismorresistente (NCSE-94), por lo que es preciso considerar las cargas sísmicas en el cálculo de las estructuras. No es necesario, sin embargo, adoptar ninguna medida especial en el diseño de las cimentaciones.

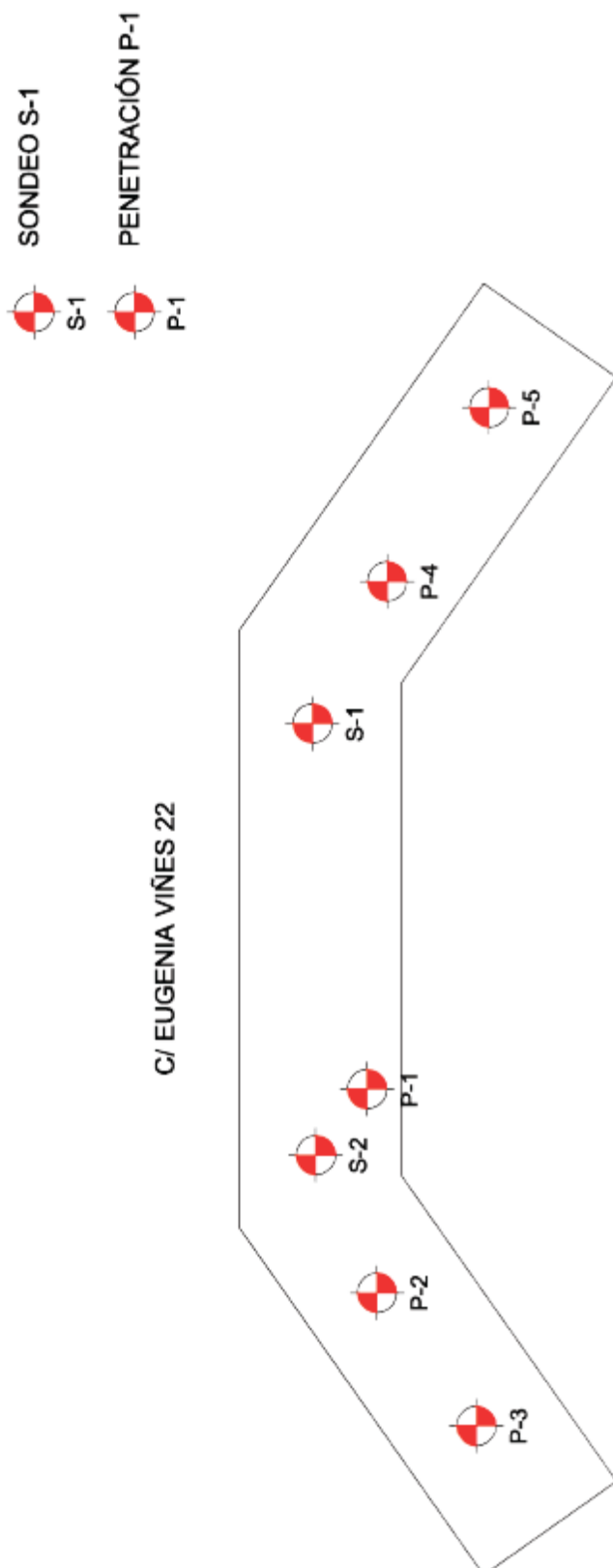
A partir de los estudios realizados se ha confeccionado el perfil geotécnico hipotético. En él se distinguen los siguientes niveles homogéneos de terreno:

NIVEL 0: RELLENOS Y TERRENO VEGETAL

NIVEVEL A: ARENAS GRISES

NIVEL B: ARENAS MARRONES

A continuación se adjuntan las imágenes y resultados del estudio geotécnico:





Sondeo 1



