

Anejo 4:

**Informe geotécnico**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>57</b>
<b>2. OBJETO DE ESTUDIO</b>	<b>57</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>58</b>
<b>4. INFORMACIÓN PREVIA</b>	<b>58</b>
4. 1. Del terreno a reconocer	58
4.2. Del edificio a cimentar	58
<b>5. PLANIFICACIÓN DE LA CAMPAÑA DE PROSPECCIÓN</b>	<b>58</b>
5.1. Número de puntos a reconocer	59
5.2. Profundidad a alcanzar en cada punto	60
5.3. Situación de los puntos en la superficie del terreno	60
<b>6. TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>61</b>
6.1. Reconocimiento “In situ” del terreno	61
6.2. Toma de muestras	61
6.3. Sondeo a rotación	62
6.3.1. Muestras inalteradas	62
6.3.2. Ensayos SPT	63
6.3.3. Resultados	63
6.4. Ensayos de penetración dinámica	64
6.4.1. Tipo de ensayo	64
6.4.2. Resultados del ensayo	65
6.5. Ensayos de laboratorio	65
<b>7. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO</b>	<b>67</b>
7.1. Ensayos de estado y clasificación	67
7.2. Expansividad del terreno	67
7.3. Determinación de la compacidad o consistencia	68
7.4. Nivel freático	68
7.5. Agresividad	68
7.6. Acciones sísmicas	68
7.7. Tensión admisible y asentamientos del terreno	69
7.8. Ripabilidad	69
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>69</b>

<b>9. INSPECCIÓN EN OBRA</b>	<b>70</b>
<b>10. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA</b>	<b>71</b>
10.1. Bibliografía	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipo de construcción _____	59
<b>Tabla 2.</b> Tipo de terreno _____	60
<b>Tabla 3.</b> Distancias máximas entre puntos de reconocimiento y profundidades orientativas _____	60
<b>Tabla 4.</b> Área por prueba según el método de triangulación del terreno _____	61
<b>Tabla 5.</b> Sondeos mínimos y % sustitución pruebas continuas de penetración _	61
<b>Tabla 6.</b> Categoría de las muestras de suelos y rocas para ensayos de laboratorio _____	63
<b>Tabla 7.</b> Densidad según el número de golpes _____	64
<b>Tabla 8.</b> Sondeos realizados _____	64
<b>Tabla 9.</b> Ensayos SPT y muestras obtenidas _____	65
<b>Tabla 10.</b> Resultados de los penetrómetros _____	66
<b>Tabla 11.</b> Número orientativo de determinaciones “in situ” o ensayos de laboratorio para superficies de estudio de hasta 2 000 m <sup>2</sup> _____	67
<b>Tabla 12.</b> Ensayos de laboratorio _____	67
<b>Tabla 13.</b> Clasificación del potencial de expansión _____	69

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de ejecución, según el art. 4º de la EHE, tiene previsto la inclusión del correspondiente estudio geotécnico de la parcela como documento anejo a la memoria del presente proyecto.

Según la EHE el promotor deberá realizar un Estudio Geotécnico del terreno que deberá encargar a un Laboratorio competente. Este estudio es obligatorio en proyectos en los que se realizan obras de hormigón estructural. Debido a la cimentación necesaria, la actividad propuesta cumple con esta premisa. Asimismo el conocimiento de las características resistentes del terreno nos proporciona elementos de juicio para determinar la idoneidad de las estructuras proyectadas.

Los trabajos de investigación geotécnica presentados en este documento se han realizado siguiendo la sistemática y uso de las indicaciones metodológicas documentadas en el Código Técnico de la Edificación (CTE, Apartado DB SE-C: Seguridad Estructural-Cimientos), la Normativa EHE para Hormigones y la Normativa Sismo-resistente actualizada.

## 2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos propuestos por el estudio geotécnico para la estabilidad general de la obra y la interconexión con el terreno donde se aposentará la presente construcción son:

- Definición de las características geotécnicas del terreno susceptible de ser afectado por la cimentación, según la prospección solicitada.
- Tipología de la cimentación más adecuada.
- Presiones admisibles en las cotas de soporte.
- Condicionantes de la excavación.
- Detección, medida y registro del nivel freático, si se da el caso.
- Estado sismorresistente del terreno.
- Recomendaciones constructivas.
- Asientos esperados.
- Cementos especiales.

El objeto del Informe Geotécnico es el ayudar a enfocar el cálculo de los cimientos del presente proyecto de construcción.

En el presente informe se recopila la información previa disponible así como todos los trabajos realizados en campo, los datos obtenidos y características del terreno, que de los mismos se deducen, dándose finalmente una serie de conclusiones y recomendaciones.

### **3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El presente proyecto contempla la construcción de una nave metálica porticada a dos aguas, situada en el término Municipal de Berja (Almería). Se trata de una construcción de una sola planta.

### **4. INFORMACIÓN PREVIA**

#### **4.1. Del terreno a reconocer**

Se ha consultado el Mapa Geológico de España (E 1: 50 000), hoja de Berja N° 1043. Plan Magna IGME, que constituye el marco global y punto de partida para el estudio.

Del mismo modo se ha estudiado el Mapa Geocientífico del Medio Natural de la Provincia de Almería.

El terreno objeto del presente estudio se localiza en el Polígono parcelario n° 34, Parcelas 45,46,47,48, y 49 en el Término Municipal de Berja, con una superficie a edificar de 360 m<sup>2</sup>. En el Documento N° 2 Planos del presente proyecto, puede observarse la situación prevista de la construcción.

#### **4.2. Del edificio a cimentar**

Se ha optado por una nave de estructura metálica porticada a dos aguas, en cuyo interior se albergarán todas las dependencias necesarias para llevar a cabo el proceso de la actividad. La descripción del complejo estructural lo encontramos en el Anejo de “Seguridad Estructural”.

La descripción y distribución de los pórticos se puede observar en el Documento N° 2 Planos. Los pilares parten de las placas de anclaje de la cimentación. La sustentación se completará con el atado perimetral, los anclajes y los arriostramientos correspondientes.

La cimentación prevista a priori, constaría de zapatas aisladas, centradoras y la correspondiente viga de atado.

## 5. PLANIFICACIÓN DE LA CAMPAÑA DE PROSPECCIÓN

Los trabajos de investigación del subsuelo nos proporcionan los datos necesarios para la caracterización estratigráfica e hidrogeológica del terreno (distribución de los diferentes niveles geotécnicos y posición del nivel freático), permiten la realización de ensayos in-situ y la obtención de muestras a partir de las cuales serán obtenidos los diferentes parámetros geotécnicos en laboratorio que serán empleados para el cálculo de la capacidad portante, asientos, estabilidad de excavaciones, etc.

El número de puntos de reconocimiento está supeditado a la complejidad geológico-geotécnica del emplazamiento y de su extensión, mientras que el tipo de estructura a cimentar nos condiciona la profundidad de investigación y el detalle con el que se efectúa el muestreo y el análisis geotécnico.

Se exponen a continuación, resumidamente, las indicaciones que el CTE realiza en referencia a la campaña de prospección para el informe geotécnico:

- El reconocimiento del terreno dependerá de la información previa del plan de actuación urbanística, de la extensión del área a reconocer, de la complejidad del terreno y de la importancia de la edificación prevista. Salvo justificación el reconocimiento no podrá ser inferior al establecido en el CTE.
- Para la programación del reconocimiento del terreno se deben tener en cuenta todos los datos relevantes de la parcela, tanto los topográficos y urbanísticos y generales del edificio, como los datos previos de reconocimientos y estudios de la misma parcela o parcelas limítrofes si existen, y los generales de la zona realizados en la fase de planeamiento o urbanización.

### 5.1. Número de puntos a reconocer

Para la determinación del número de puntos a reconocer nos basamos en la Tabla 1, en la Tabla 2, en la Tabla 3 y en la Tabla 4, propuestas por el Código Técnico de la Edificación.

**Tabla 1. Tipo de construcción.**

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m <sup>2</sup>
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones entre 4 a 10 plantas
C-3	Construcciones entre 11 a 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas

**Tabla 2. Tipo de terreno.**

<b>Grupo</b>	<b>Descripción</b>
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3.0 m.
T-3	Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suelos expansivos</li> <li>b) Suelos colapsables</li> <li>c) Suelos blandos o sueltos</li> <li>d) Terrenos kársticos en yesos o calizas</li> <li>e) Terrenos variables en cuanto a composición y estado</li> <li>f) Rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m</li> <li>g) Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos</li> <li>h) Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades</li> <li>i) Terrenos con desnivel superior a 15°</li> <li>j) Suelos residuales</li> <li>k) Terrenos de marismas</li> </ul>

En nuestro caso se trata de una nave del tipo **C-1** (construcciones de menos de 4 plantas), el terreno es considerado del tipo **T-1** (Terreno favorable).

La densidad y profundidad de reconocimientos deben permitir una cobertura correcta de la zona a edificar. Con carácter general el mínimo número de reconocimientos será de tres.

**Tabla 3. Distancias máximas entre puntos de reconocimiento y profundidades orientativas.**

<b>Tipo de Construcción</b>	<b>Grupo de terreno</b>			
	<b>T1</b>		<b>T2</b>	
	<b>D<sub>max</sub> (m)</b>	<b>P (m)</b>	<b>D<sub>max</sub> (m)</b>	<b>P (m)</b>
C-0, C-1	35	6	30	18
C-2	30	12	25	25
C-3	25	14	20	30
C-4	20	16	17	35

A efectos prácticos, considerando una triangulación del terreno en donde cada prueba se situaría en un extremo del triángulo, podrían adoptarse los siguientes valores orientativos que aparecen en la Tabla 4:



**Tabla 4. Área por prueba según el método de triangulación del terreno.**

<b>D<sub>max</sub> (m)</b>	<b>Área por prueba (m<sup>2</sup>)</b>
35	684.80
30	503.12
25	349.39
20	223.61
17	161.56

En nuestro caso la distancia máxima entre los puntos de reconocimiento es de **35 m** por tanto el número de puntos mínimos a reconocer es de **1** cada **684,80 m<sup>2</sup>**, teniendo una profundidad orientativa de **6 m**, aunque como ya se ha comentado anteriormente la profundidad estará condicionada por el tipo de estructura a cimentar.

El número mínimo de sondeos mecánicos y porcentaje de sustitución por pruebas continuas de penetración, es el marcado por la Tabla 5.

**Tabla 5. Sondeos mínimos y % sustitución pruebas continuas de penetración.**

	<b>Número mínimo</b>		<b>% de sustitución</b>	
	<b>T-1</b>	<b>T-2</b>	<b>T-1</b>	<b>T-2</b>
C-0	-	1	-	66
C-1	1	2	70	50
C-2	2	3	70	50
C-3	3	3	50	40
C-4	3	3	40	30

## **5.2. Profundidad a alcanzar en cada punto**

La profundidad planificada de los reconocimientos debe ser suficiente para alcanzar una cota en el terreno por debajo de la cual no se desarrollarán asientos significativos bajo las cargas que pueda transmitir el edificio (aumento neto de tensión igual o inferior al 10 % de la tensión efectiva vertical existente a esa cota antes de construir el edificio o sustrato indeformable).

La unidad geotécnica resistente debe comprobarse en una profundidad de al menos 2 m. En nuestro caso establecemos 6 m de profundidad, quedando así del lado de la seguridad.

## **5.3. Situación de los puntos en la superficie del terreno**

Se distribuirán uniformemente en la superficie del terreno y al menos el 70 % dentro de la superficie a ocupar por el edificio. Se intentará crear una geometría transversal para así poder definir posteriormente los perfiles característicos del terreno. La situación exacta de los puntos de prospección se describe en el apartado planos del presente documento.

## 6. TRABAJOS REALIZADOS

De acuerdo con las características de la zona, solicitudes del proyecto y requerimientos del peticionario, con todo, se ha elaborado el siguiente programa de trabajo:

- Inspección “in situ” del terreno.
- Realización de cartografía lito-geotécnica regional y local.
- Toma de muestras.
- Realización de sondeos a rotación con recuperación de testigo.
- Ensayos de penetración dinámica.
- Análisis en laboratorio de las muestras obtenidas.

### 6.1. Reconocimiento “In situ” del terreno

Se ha efectuado un reconocimiento en el entorno de la zona a estudiar, con el fin de obtener una descripción detallada de las formaciones geológicas superficiales y susceptibles de aparecer en profundidad.

Se concluye que no existe ninguna problemática para la ubicación de las distintas pruebas previstas y planificadas.

### 6.2. Toma de muestras

El objetivo de la toma de muestras es la realización, con una fiabilidad suficiente, de los ensayos de laboratorio pertinentes según las determinaciones que se pretendan obtener. Por tanto en la toma de muestras se deben cumplir unos requisitos diferentes según el tipo de ensayo que se vaya a ejecutar sobre la muestra obtenida.

Se especifican tres categorías de muestras:

- *Categoría A:* Son aquellas que mantienen inalteradas las siguientes propiedades del suelo: estructura, densidad, humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos estables.
- *Categoría B:* Son aquellas que mantienen inalteradas las siguientes propiedades del suelo: humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos estables.
- *Categoría C:* Todas aquellas que no cumplen las especificaciones de la categoría B.

En la Tabla 6 se señala la categoría mínima de la muestra requerida según los tipos de ensayos de laboratorio que se vayan a realizar.

**Tabla 6. Categoría de las muestras de suelos y rocas para ensayos de laboratorio.**

Propiedades a determinar	Categoría mínima de la muestra
- Identificación organoléptica	C
- Granulometría	C
- Humedad	B
- Límites de Atterberg	C
- Peso específico de las partículas	B
- Contenido en materia orgánica y en CaCO <sub>3</sub>	C
- Peso específico aparente. Porosidad	A
- Permeabilidad	A
- Resistencia	A
- Deformabilidad	A
- Expansividad	A
- Contenido en sulfatos solubles	C

A través de las prospecciones realizadas se obtendrán las muestras necesarias para la clasificación geológica del terreno a estudiar.

### 6.3. Sondeo mecánico a rotación

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente se ejecutará un sondeo mecánico a rotación con recuperación de testigo.

En los sondeos rotativos se realizan varios tipos de maniobras para conseguir el avance en profundidad y la recuperación de testigo continuo y las muestras deseadas. Por un lado la perforación se consigue por el corte al terreno producido por una corona que rota y al mismo tiempo ejerce cierta presión en la dirección de avance. El testigo alojado en el interior de la batería tras ser cortado se extrae y se recupera y se guarda en cajas con carriles de entre 0,6 y 1,0 m de longitud, expresando las cotas de la columna en cada maniobra, comienzo y final de las muestras.

Aparte también se produce avance por golpeo, muestreando entre determinadas cotas de la columna de sondeo para obtener muestras en unas condiciones próximas al estado inalterado y obteniendo además valores de golpeo estándares. (Obtención de muestras inalteradas y realización de ensayos SPT). La perforación se inicia en el diámetro necesario para poder extraer en suelos muestras inalteradas de hasta 100 mm de diámetro y en roca testigo de diámetro mínimo de 86 mm. Durante la perforación de los sondeos se debe cumplir que el varillaje esté perfectamente alineado, para que el sondeo se realice completamente vertical. El técnico tendrá, durante el tiempo de trabajo, un técnico cualificado por sus conocimientos de suelos y geotecnia, para hacer descripciones de los materiales y condiciones encontradas en los sondeos. Este se encarga de supervisar la toma de muestras, la realización de los ensayos S.P.T, ensayos de permeabilidad y ensayos presiométricos.

Una vez terminado el sondeo, se coloca una tubería piezométrica de plástico ranurada de diámetro superior o igual a 50 mm en aquellos sondeos que se especifique para la realización de medidas del nivel freático.

### 6.3.1. Muestras inalteradas

Antes de la toma de muestras se limpia el fondo de la perforación cuidadosamente. Las muestras se toman inmediatamente después de que la perforación haya alcanzado la profundidad deseada. Si se ha utilizado revestimiento, la muestra se extraerá por debajo del mismo lo necesario para que el terreno no haya sido alterado por la hincas de aquélla. Si la muestra inalterada ha sido tomada a presión se indica la misma y si se obtiene mediante maza de golpeo se anota el número de golpes para cada 15 cm de hincas y la altura de caída de la maza y su peso. En caso de terrenos blandos, y cuando sea necesario, se utiliza toma muestras de pistón.

Las muestras inalteradas una vez extraídas serán protegidas con envases rígidos, de manera que sean estancas a la humedad con tapones o parafina y se procura evitar vibraciones durante el transporte.

### 6.3.2. Ensayos SPT

Se trata de un ensayo consistente en contar el número de golpes necesarios para hincar una puntaza normalizada 60 cm en el terreno. Se cuentan los golpes en cuatro tramos de 15 cm, contándose como resultado del ensayo la suma del segundo y tercer tramo, N30. Cuando el número de golpes necesario para la hincas de uno de los tramos es superior a 50 se da por terminado el ensayo indicándose una R y dando por resultado: Rechazo. La puntaza será un toma-muestras normalizado abierto y bipartido, para terrenos cohesivos y granulares finos, o bien una puntaza ciega también normalizada y similar a la utilizada en los ensayos de penetración dinámica.

Los ensayos de penetración estándar (S.P.T.) se realizan a cotas requeridas por el técnico destacado en obra.

Tabla 7. Densidad según el número de golpes.

No. de golpes N	Densidad relativa
0 - 4	Muy suelta
4 - 10	Suelta
10 - 30	Mediana
30 - 50	Densa
Mayor que 50	Muy Densa

### 6.3.3. Resultados

Como se ha comentado anteriormente se ha realizado un sondeo mecánico a rotación con recuperación continua de testigo. La profundidad y situación se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Sondeos realizados

Sondeo	Profundidad (m)	Situación	Cota relativa(m)
SR 1	-6,00	S/ Plano	0,00

Para evaluar correctamente el comportamiento geomecánico de los materiales testificados en el sondeo se han realizado un total de 3 ensayos normativos tipo SPT. Asimismo se ha obtenido una muestra alterada de categoría C a partir del registro litológico obtenido (S1-M1).

**Tabla 9. Ensayos SPT y muestras obtenidas.**

Profundidad (m)	SPT / Muestra	N 30
0,50-1,50	SPT 1: 15-22-18-26	N30 corr:26
2,50-4,60	SPT 2: 14-23-19-28	N 30 corr: 28
5,00-5,79	SPT3: 23-25-24-29	N30 corr: 29
2,70-2,90	S1-M1: Muestra alterada (Categoría C).	

Dado los resultados de los ensayos SPT podemos clasificar como mediana la densidad relativa del terreno objeto de estudio.

#### 6.4. Ensayos de penetración dinámica

El ensayo de penetración dinámica, es un ensayo de registro continuo que consiste en contabilizar el número de golpes N necesarios para hincar tramos de varillaje de 10 ó 20 cm de longitud. Los golpes son dados por una maza de peso conocido que cae libremente desde una altura constante.

Estos ensayos permiten una medida continua de la resistencia o deformabilidad del terreno, determinándose estas propiedades a través de correlaciones empíricas. Los ensayos de penetración se utilizan para la localización y correlación de capas que previamente han sido reconocidas en el sondeo.

En función de lo reflejado anteriormente, el número mínimo de puntos a reconocer es de 1 cada 503,12 m<sup>2</sup>, siendo la superficie de influencia de la edificación de 360 m<sup>2</sup>, se realizará un ensayo.

##### 6.4.1. Tipo de ensayo

Se han realizado un total de 1 ensayo y la profundidad de la prospección fue hasta obtener el “rechazo”.

Según el peso de la maza, la altura de caída y las dimensiones del varillaje y puntaza los ensayos de penetración dinámica se dividen en:

- Ensayo ligero o DPL.
- Ensayo pesado o DPH.
- Ensayo superpesado o DPSH.

En nuestro caso se trata de un ensayo de penetración pesado o DPH consiste en la penetración de una puntaza perdida de acero de sección cuadrada de 4 x 4 cm que tiene una longitud de 20 cm y termina en una pirámide de 90° que penetra en el terreno por el golpeo de una maza de 63,5 kg con una altura de caída constante de 50 cm, con un ritmo de 15 a 30 golpes por minuto, siendo en este caso el número  $N_{20}$  el necesario para que penetre 20 cm la puntaza. Estos valores se han corregido ( $N_{20 \text{ cor.}}$ ) por la fórmula holandesa de hinca, factores de profundidad, peso, etc., pudiéndose asimilar éstos a los  $N_{30}$  obtenidos de los ensayos SPT (*Standard Penetration Test*).

#### 6.4.2. Resultados del ensayo

Los resultados obtenidos se indican en los diagramas de penetración, por otro lado el rechazo se obtuvo a las siguientes profundidades:

Tabla 10. Resultados de los penetrómetros.

Penetrómetro	Profundidad (m)	Número medio de golpes ( $N_{30}$ )
SP-1	0,70	29,50

#### 6.5. Ensayos de laboratorio

Con los ensayos de laboratorio de suelos se van a perseguir los siguientes objetivos:

- Clasificar correctamente el suelo.
- Identificar el estado en que se encuentra el suelo.
- Evaluar sus propiedades mecánicas.
- Prever posibles problemas geotécnicos (expansividad, colapso...)

De todas las muestras obtenidas en calicatas o sondeos se hará una descripción detallando aquellos aspectos que no son objeto de ensayo, como el color, olor, litología de las gravas o trozos de roca, presencia de escombros o materiales artificiales, etc, así como eventuales defectos en la calidad de la muestra, para ser incluida en algunas de las categorías A o B.

El número de determinaciones del valor de un parámetro de una unidad geotécnica investigada será el adecuado para que éste sea fiable. Para una superficie de estudio superior a 2000 m<sup>2</sup>, en cada unidad de importancia geotécnica se considera orientativo el número de determinaciones que se indica en la Tabla 11, multiplicado por  $(s/2000)^{1/2}$ , siendo la superficie de estudio en m<sup>2</sup>.

**Tabla 11. Número orientativo de determinaciones “in situ” o ensayos de laboratorio para superficies de estudio de hasta 2 000 m<sup>2</sup>.**

Propiedad	Terreno	
	T-1	T-2
Identificación		
Granulometría	3	6
Plasticidad	3	5
Deformabilidad		
Arcillas y limos	4	6
Arenas	3	5
Resistencia a compresión simple		
Suelos muy blandos	4	6
Suelos blandos a duros	4	5
Suelos fisurados	5	7
Resistencia al corte		
Arcillas y Limos	3	4
Arenas	3	5
Contenido de sales agresivas	3	4

En nuestro caso tenemos que multiplicar los valores de la siguiente tabla por 1,12, para nuestro tipo de terreno **T-1**.

Los ensayos de laboratorio plantean el inconveniente de que tenemos que suponer que la muestra que ensayamos es representativa del total del suelo, y que se encuentra todo el suelo en el mismo estado.

Los ensayos de laboratorio más comunes, al objeto de conseguir los objetivos indicados, que se realizan en el reconocimiento geotécnico de un terreno en el que se va a ubicar una cimentación son los siguientes:

**Tabla 12. Ensayos de laboratorio**

<b>Ensayos de Identificación:</b>	
Granulometría de un suelo	UNE 103.101 – 95
Límites de Atterberg	UNE 103.103 – 93
	UNE 103.104 – 93
Densidad aparente	UNE 103.301 - 94
Humedad natural	UNE 103.300 - 93
Densidad de las partículas sólidas	UNE 103.302 - 94
Proctor Normal	UNE 103.500 - 94
Proctor Modificado	UNE 103.501
<b>Ensayos Mecánicos:</b>	
Ensayo de compresión simple	UNE 103.400 - 93

Corte directo	UNE 103.401 - 98
Ensayo de compresión triaxial	UNE 103.402 - 98
Ensayo edométrico	UNE 103.405 - 94
Ensayo de colapso	NLT-254/99
Ensayo de expansividad Lambe	UNE 103.600 - 96
Ensayo de hinchamiento libre en edómetro	UNE 103.601 - 96
Presión de hinchamiento en edómetro	UNE 103.602 - 96
C.B.R.	UNE 103.502
<b>Ensayos Químicos:</b>	
Determinación cuantitativa de sulfatos solubles	UNE 103.201 – 96
Determinación cualitativa de sulfatos solubles	UNE 103.202 - 96

## 7. CARACTERISTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO

A partir de los resultados obtenidos en los trabajos realizados se definen las características geotécnicas del terreno. Aunque no se debe olvidar el carácter aproximado de la denominación de los materiales en profundidad, debido a la ausencia de muestras, creando una incertidumbre tan sólo paliable por la experiencia recopilada en zonas próximas.

### 7.1. Ensayos de estado y clasificación

Poco variable, en general compacto.

### 7.2. Expansividad del terreno

Basándonos en el índice de plasticidad de las muestras ensayadas y siguiendo el criterio de Peck, Hanson y Thornburn, que se expone en la Tabla 13 de más abajo, el terreno presenta un potencial de expansión bajo.



**Tabla 13. Clasificación del potencial de expansión.**

Potencial de expansión	Índice de plasticidad
Bajo	0 - 15
Medio	10 - 35
Alto	20 - 55
Muy alto	35 o más

Esto nos indica que los materiales que conforman el subsuelo de la zona estudiada no son susceptibles de experimentar cambios significativos en su volumen con las variaciones de su contenido de humedad por lo que no se ha solicitado un ensayo de determinación cuantitativa del hinchamiento.

### 7.3. Determinación de la compacidad o consistencia

Como se ha comentado ya anteriormente mediante el sondeo realizado se determinan los siguientes parámetros de compacidad o consistencia del terreno a partir de los ensayos SPT efectuados. Presentando el terreno estudiado una densidad relativa mediana.

### 7.4. Nivel freático

Durante la realización de los ensayos de campo no se detectó en ningún momento el nivel freático. Aunque la prospección efectuada no suele permitir la detección del nivel freático, los resultados obtenidos y según trabajos consultados indican que no es previsible encontrar agua subterránea por encima de los 10 m de profundidad.

### 7.5. Agresividad

Se procedió a la determinación del contenido de sulfatos solubles en muestras procedentes del sondeo realizado hallando  $109,14 \text{ mg SO}_4 \cdot \text{kg}^{-1}$  suelo seco ninguna contenido de  $\text{SO}_4^{2-}$ .

De acuerdo con lo expuesto por la Instrucción de hormigón estructural (EHE) en la tabla 8.2.3.b (clasificación de la agresividad química) del capítulo II, el terreno se clasifica como de no agresivo en cuanto a agresividad al hormigón, no siendo necesaria la adopción de medidas específicas en la fabricación del hormigón en contacto con el terreno.

### 7.6. Acciones sísmicas

Sísmicamente el área queda englobada dentro de la zona de intensidad media-alta, con aceleración sísmica básica “ $a_b$ ” igual o superior a  $0,14g$  siendo por tanto recomendable la aplicación de la Normativa Sismorresistente NCSE-02. Se puede clasificar como Tipo de terreno II con un coeficiente de suelo a aplicar  $d C=1,40$ .

### 7.7. Tensión admisible y asentamientos del terreno

Se puede estimar su deformabilidad mediante correlaciones admitidas por la comunidad científica (Schmertmann, 1970; Sanglerat, 1972; etc.) entre el módulo de deformación ( $E'$  est.), la resistencia a la penetración ( $N_{30}$ ) y la litología, de expresión generalizada:

$$E'_{estimado} = K \eta N_{30}$$

### 7.8. Ripabilidad

La ripabilidad es muy alta (100 % excavable) en las dos unidades geotécnicas estudiadas.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Geológicamente, la zona estudiada se encuentra bajo del dominio Trifásico superior-Jurásico inferior, y consiste en dolomías de color crema, beige o marrón y rosa, con pátina blancuzca, amarillenta y pardo azulada, existen intercalaciones de rocas carbonatadas de color rosa. También la zona se ve influenciada por el dominio Jurásico inferior-Molm constituido por calcilitas y calizas olíticas.
- Geotécnicamente, dada la presencia de marcada heterogeneidad, tanto vertical como horizontal, y según los niveles de capacidad media portante, no son de esperar problemas geomecánicos y litológicos. Cabe esperar condiciones constructivas favorables.
- No se espera encontrar agua subterránea por encima de los 10 m de profundidad y el drenaje será aceptable.
- La ripabilidad es muy alta en toda la superficie.
- El terreno de apoyo de la cimentación se clasifica como no agresivo en cuanto a agresividad al hormigón, no siendo necesaria la adopción de medidas específicas en la fabricación del hormigón en contacto con el terreno.
- Según los resultados en cuanto a plasticidad, porcentaje de peso en finos, y número medio de golpes por avance, el suelo tiene una resistencia de  $\sigma = 3 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$  y  $\alpha = 30^\circ$ . Además, se recomienda que, en función del tipo de suelo, la altura máxima de las edificaciones a cimentar sea de 19 m.
- Sísmicamente, esta área pertenece a la zona de Intensidad media-alta, con aceleración sísmica básica “ $a_b$ ” igual o superior a 0,13 g, siendo por tanto recomendable la aplicación la Norma Sismorresistente (NCSR-02). El coeficiente de suelo a aplicar será  $C = 1,4$ .

- Del comportamiento del modelo geodinámico deducido, cabe recomendar como solución más adecuada de apoyo la cimentación a base de zapatas.
- De no comprobarse durante la excavación la no concordancia en alguna zona con el modelo geomecánico previsto o con las premisas e hipótesis de cálculo, deberá de ponerse inmediatamente en conocimiento del equipo técnico redactor.

## **9. INSPECCIÓN EN OBRA**

Dado el carácter puntual del reconocimiento realizado (sondeo y ensayos de penetración dinámica continua), se recomienda que al inicio de la obra, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de cimentación, algún técnico competente confirme que el subsuelo hallado está en consonancia con las conclusiones anteriores.

Debido a que la información suministrada por la campaña de reconocimientos, es sólo totalmente fidedigna en los puntos explorados y en la fecha de su ejecución, de modo que su extrapolación al resto del terreno objeto de estudio no es más que una interpretación razonable según el estado actual de la técnica.

## 10. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

### 10.1. Bibliografía

- **Instituto Tecnológico y Geominero de España.** Mapa geocientífico del medio natural de la provincia de Almería. Escala 1:10 000.
- **Instituto Tecnológico y Geominero de España.** Hoja magna 957 (Vélez-Rubio). Escala 1: 50 000.
- **Ministerio de Fomento.** Norma de construcción sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02).
- **Ministerio de Fomento.** Normas Tecnológicas de la Edificación. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones. Diseño, cálculo, construcción, valoración, control y mantenimiento.
- **Código Técnico de la Edificación, DB-SE-C: Cimientos.** Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).