

6. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA PARCELA

A continuación se describen los niveles geotécnicos que consideramos en este informe, a partir de los datos aportados por los ensayos sondeos rotativos y los análisis de laboratorio de las muestras obtenidas en los mismos, que nos permiten definir unos niveles geotécnicos teóricos y simplificados.

NIVEL 1. RELLENOS

Litología y Descripción

Este nivel está compuesto por una mezcla de gravas y bolos poligénicos (marmóreos a techo y esquistosos-cuarcíticos hacia la base) con arenas policrómicas (grises, gris claras y marrón grisáceas), alguna pasada arcillosa verdosa de alta plasticidad y algunos restos antrópicos (trozo de tubería de hierro y fragmentos cerámicos rojizos).

Distribución y Acotación

Este nivel geotécnico se ha reconocido de forma directa únicamente en el ensayo de sondeo S-1 realizado en la margen derecha del río Torrox por estar en el borde de la elevación por urbanización en esta zona.

No se han observado rellenos en el sondeo rotativos S-2 realizado en la margen izquierda. Podría haber una capa de material propiamente aluvial removilizado pero sin indicios claros de ser un relleno.

GARCIA  
TRISTAN  
QUESADA  
PEDRO ANGEL  
- 24258394H

Firmado digitalmente por GARCIA  
TRISTAN QUESADA PEDRO ANGEL  
- 24258394H  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=ES,  
serialNumber=IDCES-24258394H,  
givenName=PEDRO ANGEL,  
sn=GARCIA TRISTAN QUESADA,  
cn=GARCIA TRISTAN QUESADA  
PEDRO ANGEL - 24258394H  
Fecha: 2024.03.07 09:23:42 +01'00'

NIVEL 2. ALUVIAL CUATERNARIO: ARENAS, ARENAS CON GRAVAS Y GRAVAS ARENOSAS MARRONES Y GRISÁCEAS

Litología y Descripción

Este nivel está compuesto por una serie aluvial de sedimentos compuesta por distintos tramos, capas o subniveles de composición granulométrica granular, dominados por arenas, pero con variaciones en las proporciones de gravas, tamaños de grano de las arenas y gravas, y presencia de limos no plásticos o de baja plasticidad minoritarios. El color dominante es gris (claro y oscuro) y algunos tonos de marrones.

Dentro de la serie podemos proponer los siguientes tramos en cada uno de los sondeos realizados:

Sondeo S-1				
Tramo	Descripción (m)	Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)
2.1	Arenas con bastantes gravas y algo de arcillas limosas [SM-SC]	4,60	6,00	1,40
2.2	Gravas arenosas con indicios/ algo de limos [G P-G M]	6,00	10,80	4,80
2.3	Arenas finas / finas-medias limosas [SM]	10,80	16,30	5,50
2.4	Arenas con gravas [SM]	16,30	18,00	1,70
2.5	Gravas arenosas con indicios/ algo de limos [G P-G M]	18,00	23,00	5,00



Sondeo S-2				
Tramo	Descripción (m)	Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)
2.1	Gravas arenosas con algo de limos [G P-G M]	0,00	3,90	3,90
2.2	Limo arenoso fino [ML]	3,90	5,00	1,10
2.3	Gravas arenosas con algo de limos [G P-G M]	5,00	6,00	1,00
2.4	Arenas con proporciones minoritarias de grava y limos [SM]	6,00	16,90	10,90

No debe de hacerse una correlación directa entre los subniveles o tramos con igual nomenclatura en uno y otro sondeo.

#### Distribución y Acotación

■ Este nivel geotécnico se ha reconocido en ambos ensayos de sondeos. En el caso del sondeo S-1 se reconoce desde una profundidad de techo de 4,60 metros hasta una profundidad de base de 23,00 metros.

En el caso del ensayo de sondeo S-2 se reconoce desde su cota actual de boca o inicio hasta una profundidad de base de 16,90 metros. No se han observado rellenos en este sondeo S-2 realizado en la margen izquierda. Sin embargo no podemos descartar que la capa de material más superficial y propiamente aluvial no haya sido removilizado natural o antrópicamente, pero sin indicios claros de ello.

La potencia total de la serie aluvial es de 18,40 metros en S-1 y de 16,90 metros en S-2.

#### Compacidad

■ Podemos definir este nivel geotécnico como de compacidad “media” con algún tramo de compacidad “suelta”. Hacia la base pueden mostrar una compacidad superior. Los valores del índice de penetración estándar obtenidos en este nivel se resumen en la tabla siguiente:

	Ensayo de penetración Estándar SPT		LITOL O G Í A	COMPACIDAD
NIVEL	Profundidad de ejecución	N <sub>SPT</sub>		
2	S-1 (6,00-6,45)	19	Gravas arenosa s	Media
	S-1 (9,00-9,45)	12		
	S-1 (12,00-12,45)	9	Arenas	Suelta -Media
	S-1 (15,00-15,45)	10		
	S-1 (18,00-18,45)	15	Arenas	Media
	S-1 (21,00-21,41)	R	Gravas arenosas	Muy Compacta
	S-2 (3,00-3,45)	28	Gravas arenosa s	Media
	S-2 (6,00-6,45)	20	Arenas con bastante gravas	
	S-2 (9,00-9,45)	21		
	S-2 (12,00-12,45)	19	Arenas con gravas	
	S-2 (15,00-15,45)	36		



■ NIVEL 3. SUSTRATO PLIOCENO: ARCILLAS LIMO ARENOSAS, ARENAS FINAS LIMO ARCILLOSAS Y LIMOS ARENO ARCILLOSOS VERDOSOS DE BAJA PLASTICIDAD

Litología y Descripción

■ Este nivel está compuesto por una serie de materiales de aspecto bastante homogéneos cuya composición granulométrica se describe en el límite entre arenas finas limoarcillosas, arcillas limoarenosas finas y limos arcillo-arenosos finos, en todos los casos con un bajo índice de plasticidad, y por tanto los grupos de suelos se reparten entre CL, ML y SC. Estos materiales se caracterizan por un color verdoso a verdoso claro con algunas vetas anaranjadas a techo, y quizás una tonalidad verde-amarillenta a techo también. Estos materiales tienen un origen marino, de ahí que puedan observarse algunos fragmentos bioclastos calcáreos usualmente milimétricos en la matriz.

Distribución y Acotación

■ Este nivel geotécnico se ha reconocido de forma directa en los dos ensayos de sondeos rotativos. En el caso del sondeo S-1 se reconoce a partir de una profundidad de techo de 23,00 metros, mientras que en el ensayo de sondeo S-2 se reconoce a partir de una profundidad de 16,80 metros.

Consistencia/Compacidad

■ Estos materiales presentan una consistencia o compacidad significativa que progresivamente va aumentando en profundidad. Si son definidos en términos de consistencia (suelos cohesivos) se puede decir que presentan una consistencia “dura”, mientras que si son definidos en términos de compacidad (suelos granulares) se puede decir que presentan una compacidad “media” a “compacta”.

Se exponen a continuación los resultados de los tres ensayos de penetración realizados en este nivel:

Ensayo	N <sub>SPT</sub>	Clasificación
S-1 (18,00-18,45)	28	Consistencia Dura o Compacidad Media
S-1 (24,00-24,45)	34	Consistencia Dura o Compacidad Compacta
S-1 (21,00-21,45)	35	



7. RESULTADOS DE LABORATORIO

Sobre los distintos tipos de suelos o niveles definidos en la parcela se han realizado ensayos geotécnicos de laboratorio, encaminados a caracterizar los distintos parámetros físicos y químicos de los mismos.

El número y tipo de ensayos está definido en función del grado de significación de los suelos y la representatividad de dichos resultados, así como otros aspectos, como pueden ser las posibilidades físicas en su tratamiento, su idoneidad, etc.

Los ensayos de laboratorio se han realizado conforme a las normas UNE en vigor (mencionadas en Apdo. 4):

MUESTRA (PROFUNDIDAD)	S-1 (5,00-5,50)	S-1 (8,50-9,00)	S-1 (11,50-12,00)	S-1 (13,50-13,80)
USC S	SC -SM	G P-G M	SM	SM
L. LÍQ UIDO	22,6	NP	NP	NP
L. PLÁ STIC O	16,4	NP	NP	NP
I. PLA STIC IDA D	6,2	NP	NP	NP
% FRAC C IÓN G RA V A S	28,0	48,4	2,4	4,4
% FRAC C IÓN A REN A S	51,8	41,0	51,6	59,0
% FRAC C IÓN FINA	20,2	10,6	46,0	36,6
A C IDEZ BA UMA NN-G UL LY (ml/kg)	0,0	---	0,0	---
SULFA TO S (mg /kg)	12,48	---	15,81	---
NIVEL	2	2	2	2

MUESTRA (PROFUNDIDAD)	S-1 (15,50-16,00)	S-1 (20,00-20,50)	S-2 (3,50-3,90)	S-2 (4,00-4,40)
USC S	SM	G P-G M	G P-G M	ML
L. LÍQ UIDO	NP	NP	NP	NP
L. PLÁ STIC O	NP	NP	NP	NP
I. PLA STIC IDA D	NP	NP	NP	NP
% FRAC C IÓN G RA V A S	0,8	64,3	60,6	9,2
% FRAC C IÓN A REN A S	64,6	24,4	29,0	29,1
% FRAC C IÓN FINA	34,6	11,3	10,4	61,7
A C IDEZ BA UMA NN-G UL LY (ml/kg)	---	---	---	0,0
SULFA TO S (mg /kg)	---	---	---	17,47
NIVEL	2	2	2	2

MUESTRA (PROFUNDIDAD)	S-2 (5,50-6,00)	S-2 (8,50-9,00)	S-2 (11,50-12,00)	S-2 (14,50-15,00)
USC S	G M	SM	SM	SM
L. LÍQ UIDO	NP	NP	NP	NP
L. PLÁ STIC O	NP	NP	NP	NP
I. PLA STIC IDA D	NP	NP	NP	NP
% FRAC C IÓN G RA V A S	46,4	30,9	39,0	23,5
% FRAC C IÓN A REN A S	38,4	46,8	47,5	52,5
% FRAC C IÓN FINA	15,2	22,3	13,5	24,0
NIVEL	2	2	2	2





MUESTRA (PRO FUNDIDAD)	S-2 (15.80-16.20)	S-1 (23.50-24.00)	S-2 (19.00-19.30)	S-2 (20.50-21.00)
USC S	G P-G M	C L	ML	SC
L. LIQ UIDO	NP	36.3	31.8	25.7
L. PLÁ STIC O	NP	22.4	23.4	18.3
I. PLASTIC IDAD	NP	13.8	8.4	7.5
% FRAC C IÓN G RAVAS	53.3	0.1	0.7	8.6
% FRAC C IÓN ARENAS	38.6	39.5	46.5	50.3
% FRAC C IÓN FINA	8.1	60.4	52.8	41.1
AC IDEZ BAUMANN-G ULLY (ml/kg)	---	0.0	0.0	---
SULFATOS (mg/kg)	---	18.30	17.47	---
NIVEL	2	3		

Se ha realizado también el análisis, conforme a los parámetros físicos y químicos indicados en la normativa EHE (Anejo 5), de una muestra de agua tomada en el sondeo rotativo S-2, cuyos resultados se exponen a continuación y en los anexos del presente informe:

Parámetro	Valor del análisis	Tipo de Exposición		
		Q <sub>a</sub>	Q <sub>b</sub>	Q <sub>c</sub>
		Ataque Débil	Ataque Medio	Ataque Fuerte
pH	7,21	6,5-5,5	5,5-4,5	< 4,5
Ion Magnesio (mg Mg/l)	19,46	300-1000	1000-3000	>3000
Ion amonio (mg NH <sub>4</sub> /l)	6,0	15-30	30-60	>60
Ion Sulfa to (mg SO <sub>4</sub> /l)	122,51	200-600	600-3000	>3000
CO <sub>2</sub> agresivo (mg O <sub>2</sub> /l)	6,16	15-40	40-100	>100
Residuo Seco (mg/l)	415	75-150	50-75	< 50



## 8. NIVEL FREÁTICO Y PERMEABILIDAD

### 8.1. NIVEL FREÁTICO

Se ha detectado la **presencia de agua** en los dos ensayos sondeos rotativos realizados a una profundidad de **6,10 metros** en S-1 y **3,50 metros** en S-2. Se han realizado dos medidas de este nivel, una con fecha 27 de octubre de 2015 y la segunda con fecha 16 de noviembre de 2015.

No obstante, la lámina freática puede oscilar en el tiempo en función de otros parámetros (régimen hídrico de precipitaciones, condiciones hidrogeológicas, aportes artificiales -riegos-, extracciones próximas -bombeos-, etc.).

Por ello se recomienda comprobar la posición de este nivel con un margen temporal más amplio, haciéndolo al menos de manera previa al comienzo de la fase de excavación. A tal efecto se ha dejado instalada una tubería piezométrica de pvc ranurado.

Debe considerarse que este informe geotécnico considera las condiciones hídricas del subsuelo conocidas en el periodo de ejecución de los ensayos de campo. Modificaciones posteriores de éste, ya sea por factores externos, antrópicos o climatológicos pueden hacer variar el comportamiento del suelo y sus propiedades fundamentales, por lo que no pueden ser pronosticados por el presente informe.



## 8.2. PERMEABILIDAD DEL TERRENO

Para la determinación del coeficiente de permeabilidad en los suelos encontrados en la parcela, tomamos como referencia el siguiente cuadro (Powers, 1992):

Tipo de Suelo	Ks (cm/s)
Grava mal graduada (GP)	$\geq 1$
Grava uniforme (GP)	0,2 - 1
Grava bien graduada (GW)	0,05 - 0,3
Arena uniforme (SP)	$5 \times 10^{-3}$ - 0,2
Arena bien graduada (SW)	$10^{-3}$ - 0,1
Arena limosa (SM)	$10^{-3}$ - $5 \times 10^{-3}$
Arena arcillosa (SC)	$10^{-4}$ - $10^{-3}$
Limo de baja plasticidad (ML)	$5 \times 10^{-5}$ - $10^{-4}$
Arcillas de baja plasticidad (CL)	$10^{-5}$ - $10^{-8}$

Para la serie aluvial podemos considerar una permeabilidad superior a  $10^{-3}$  cm/s (permeabilidad alta a muy alta), mientras que para el sustrato plioceno inferior (nivel 3) consideramos un valor inferior a  $10^{-3}$  cm/s (permeabilidad baja a muy baja).

## 9. SISMICIDAD

Extracto del Real Decreto 997/2002 de 27 de Septiembre (NCSR-02).

La Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes, Órgano colegiado de carácter interministerial, creada por el Decreto 3209/1974,..., ha elaborado una propuesta de **nueva norma** que sustituya a la “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-1994)”, aprobada por Real Decreto 2543/1994, de 29 de Diciembre.

En la nueva Norma, adecuada al estado actual del conocimiento sobre Sismología e Ingeniería Sísmica, se establecen las condiciones técnicas que han de cumplir las **estructuras de edificación**, a fin de que su comportamiento, ante fenómenos sísmicos, evite consecuencias graves para la salud y seguridad de las personas, evite pérdidas económicas y propicie la conservación de elementos básicos para la sociedad en casos de terremotos de intensidad elevada.

La Norma sismorresistente española, tiene como objeto “proporcionar los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que sea aplicable...”.

Esta norma es de aplicación al **proyecto, construcción y conservación de edificaciones de nueva planta**. En los casos de **reforma o rehabilitación** se tendrá en cuenta esta norma, a fin de que los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original.

A los efectos de esta norma, de acuerdo con el uso a que se destinan, con los daños que puede ocasionar su destrucción e independientemente **del tipo de obra** de que se trate, las construcciones se clasifican en:





1. **De moderada importancia:** Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por un terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
2. **De normal importancia:** Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.
3. **De especial importancia:** Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planteamiento urbanístico y documentos públicos análogos así como en reglamentaciones más específicas y al menos, las siguientes construcciones:
  - Hospitales, centros o instalaciones sanitarias.
  - Edificios o instalaciones básicas de comunicaciones, radio, televisión, etc.
  - Edificios para centros de organización y coordinación.
  - Edificios para personal y equipos de ayuda.
  - Instalaciones básicas de agua, luz, electricidad, gas, combustibles, estaciones de bombeo, centrales eléctricas, depósitos de agua, etc.
  - Las estructuras pertenecientes a vías de comunicación, tales como puentes, muros, etc.
  - Grandes construcciones de ingeniería civil.
  - Monumentos históricos o artísticos.
  - Construcciones destinadas a espectáculos públicos y las grandes superficies comerciales.

**No es obligatoria** la aplicación de esta norma:

1. En las construcciones de moderada importancia.

2. En las demás construcciones cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$ , sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.
3. En todas las construcciones de normal importancia con pórticos bien arriostrados entre sí en todas direcciones cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$ , sea inferior a 0,08g. No obstante la norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo,  $a_c$  es igual o mayor de 0,08g.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del **Mapa de Peligrosidad Sísmica**, que suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica,  $a_b$ , -un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno- y el coeficiente de contribución  $K$ , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

La **aceleración sísmica de cálculo**,  $a_c$ , se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

$a_b$ : Aceleración sísmica básica

$\rho$ : Coeficiente adimensional de riesgo. Toma los siguientes valores:

( $\rho = 1,0$  para construcciones de normal importancia)

( $\rho = 1,3$  para construcciones de especial importancia)

$S$ : Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor:

Para  $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \cdot g$ ;  $S = \frac{C}{1,25}$   $S = C/1,25$

Para  $0,1 \cdot g < \rho \cdot a_b < 0,4 \cdot g$ ;  $S = \left( \frac{C}{1,25} \right) + 3,33 \cdot \left( \rho \cdot \left( \frac{a_b}{g} \right) - 0,1 \right) \cdot \left( 1 - \frac{C}{1,25} \right)$

Para  $0,4 \cdot g \leq \rho \cdot a_b$ ;  $S = 1,0$



Siendo  $C$ : coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación

En esta Norma, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- **Tipo I:** Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla  $v_s > 750$  m/s.
- **Tipo II:** Roca muy fracturada, suelos muy granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400$  m/s.
- **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,  $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200$  m/s.
- **Tipo IV:** Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $v_s \leq 200$  m/s.

A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna el valor del coeficiente  $C$  indicado en tabla:

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE $C$
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Para obtener el valor del coeficiente  $C$  de cálculo se determinarán los espesores  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  y  $e_4$  de terrenos de los tipos I, II, III y IV respectivamente, existentes en los 30 primeros metros bajo la superficie.

Se adoptará como valor de  $C$  el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes  $C_i$  de cada estrato con su espesor  $e_i$ , en metros, mediante la expresión:

$$C = \frac{(\sum C_i \cdot e_i)}{30}$$

En los edificios con sótanos bajo el nivel general de la superficie del terreno, los espesores de las distintas capas para clasificar las condiciones de cimentación deben, normalmente, medirse a partir de la rasante.

La disposición geométrica en planta será tan simétrica y regular como sea posible, tratando de conseguir en el edificio, en los elementos resistentes, y en los arriostramientos, una composición con dos ejes de simetría ortogonales.

No se considerará la resistencia de fuste de los pilotes en los tramos de terreno susceptibles de licuar durante el sismo de cálculo, ni en los situados por encima de estos estratos.

Los pilotes deben enlazarse adecuadamente al encepado o al elemento estructural equivalente.

En los pilotes de hormigón armado la armadura longitudinal deberá extenderse desde la cabeza del pilote hasta cuatro diámetros por debajo de la zona crítica más profunda, con un mínimo de 6 metros. Son zonas críticas aquellas en las que se alcanzaría primero su agotamiento estructural durante un terremoto.

La armadura transversal deberá extenderse en toda la longitud de la armadura longitudinal.





## 9.1. PARÁMETROS SÍSMICOS DE CÁLCULO

En nuestro caso, la edificación proyectada es de *Importancia Normal*.

LOCALIDAD	A <sub>b</sub> /g Aceleración básica	K Coeficiente de distribución
Torrox	0,18	1,0

Periodo de vida	ρ
t ≥ 50 años	1,00
t ≥ 100 años	1,30

### Zona del sondeo S-1

Los niveles analizados en este sondeo se pueden clasificar según la norma en:

Nivel	Tipo	C <sub>i</sub>	Espesor (m)	C
1	IV	2,0	4,60	1,60
2	III	1,6	6,20	
2	IV	2,0	5,50	
2-3	II	1,3	13,70	

S	ρ	Aceleración Básica	Aceleración de Cálculo
1,20	1,0	0,18	0,217

## Zona del sondeo S-2

Los niveles analizados en este sondeo se pueden clasificar según la norma en:

Nivel	Tipo	C <sub>i</sub>	Espesor (m)	C
2	III	1,6	16,90	1,47
3	II	1,3	13,10	

S	ρ	Aceleración Básica	Aceleración de Cálculo
1,13	1,0	0,18	0,203



## 10. AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN DE CIMENTACIÓN

Para asegurar la durabilidad de los hormigones de cimentación a los ataques químicos del suelo o de las aguas subterráneas es imprescindible en primer lugar identificar el tipo de ambiente en el que va a estar sometido.

La instrucción EHE define cuatro clases generales de exposición relativa ala corrosión de las armaduras y seis clases específicas de exposición:

El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Viene definido por la combinación de:

- Una de las clases generales de exposición frente a la corrosión de las armaduras (cuadro 8.2.2. EHE).
- Las clases específicas de exposición relativas a los otros procesos de degradación que procedan para cada caso definido en el cuadro 8.2.3. EHE.

### Extracto de la EHE.

Todo elemento estructural está sometido una única clase o subclase general de exposición. A los efectos de esta instrucción (EHE), se definen como clases generales de exposición las que se refieren exclusivamente a procesos relacionados con la corrosión de las armaduras y se incluyen en la tabla 8.2.2. De acuerdo con dicha tabla los elementos estructurales de hormigón en masa tienen siempre una clase general de exposición I (no agresiva), dado que la inexistencia de armaduras impide cualquier posibilidad de corrosión, pudiendo estar además, según el caso, sometidas a las clases específicas definidas en 8.2.3. La

clase general normal, designada como II, corresponde básicamente a los problemas de corrosión que se pueden producir en las armaduras como consecuencia de la carbonatación del hormigón, si bien incluye además el caso de cimentaciones enterradas. Por ello, se ha optado por indicar el tipo de proceso como *Corrosión de origen diferente a los cloruros*.

Además de las clases generales, se establecen otra serie de clases específicas de exposición que están relacionadas con otros procesos de deterioro del hormigón distintos del de la corrosión de las armaduras (tabla 8.2.3.b). Un elemento puede estar sometido a ninguna, una o varias clases específicas de exposición relativas a otros procesos de degradación del hormigón. Por el contrario, un elemento no podrá estar sometido simultáneamente a más de una de las subclases definidas para cada clase específica de exposición. En el caso de estructuras sometidas a ataque químico (clase Q), la agresividad se clasificará de acuerdo con los criterios recogidos en la tabla 8.2.3.b. expuesta a continuación.

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		Q <sub>a</sub>	Q <sub>b</sub>	Q <sub>c</sub>
		Ataque Débil	Ataque Medio	Ataque Fuerte
AGUA	pH	6,5-5,5	5,5-4,5	< 4,5
	CO <sub>2</sub> agresivo (mg CO <sub>2</sub> /l)	15-40	40-100	>100
	Ión amonio (mg NH <sub>4</sub> /l)	15-30	30-60	>60
	Ión Magnesio (mg Mg/l)	300-1000	1000-3000	>3000
	Ión Sulfato (mg SO <sub>4</sub> /l)	200-600	600-3000	>3000
	Residuo Seco (mg/l)	75-150	50-75	< 50
SUELO	Grado de acidez Baumann-Gully	>20	(*)	(*)
	Ión Sulfato (mg/kg)	2000-6000	6000-12000	>12000

\* Estas condiciones no se dan en la práctica.

En el caso particular de existencia de sulfatos, el cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la norma UNE 80303:96, siempre que su contenido sea  $\geq 600$  mg/l en el caso de aguas, o  $\geq 3000$  mg/kg en el caso de suelos. En el caso de que un elemento estructural esté sometido a un ambiente que incluya una clase general de tipo IIb o IIc, el cemento a emplear deberá tener la característica adicional de resistencia al agua del mar, según la UNE 80303:96.



## 10.1. DEFINICIÓN DE AMBIENTE DE EXPOSICIÓN

Se han realizado distintos análisis químicos de las muestras para evaluar, según la instrucción EHE, la agresividad de los suelos y aguas a los elementos de cimentación. Según estos ensayos se han obtenido los siguientes resultados químicos, recogidos a continuación:

### Muestras de suelos

MUESTRA (PRO FUNDIDAD)	S-1 (5,00-5,50)	S-1 (11,50-12,00)	S-2 (4,00-4,40)
ACIDEZ BA UMAN N-G ULLY (m l/kg)	0,0	0,0	0,0
SULFA TO S (mg /kg)	12,48	15,81	17,47

MUESTRA (PRO FUNDIDAD)	S-1 (23.50-24.00)	S-2 (19.00-19.30)
ACIDEZ BA UMAN N-G ULLY (m l/kg)	0.0	0.0
SULFA TO S (mg /kg)	18.30	17.47

### Muestras de aguas

Se ha realizado también el análisis, conforme a los parámetros físicos y químicos indicados en la normativa EHE (Anejo 5), de una muestra de agua tomada en el sondeo rotativo S-2, cuyos resultados se exponen a continuación y en los anexos del presente informe:

Parámetro	Valor del análisis	Tipo de Exposición		
		Q <sub>a</sub>	Q <sub>b</sub>	Q <sub>c</sub>
		Ataque Débil	Ataque Medio	Ataque Fuerte
pH	7,21	6,5-5,5	5,5-4,5	< 4,5
Ion Magnesio (mg Mg/l)	19,46	300-1000	1000-3000	>3000
Ion amonio (mg NH <sub>4</sub> /l)	6,0	15-30	30-60	>60
Ion Sulfa to (mg SO <sub>4</sub> /l)	122,51	200-600	600-3000	>3000
CO <sub>2</sub> a gresivo (mg O <sub>2</sub> /l)	6,16	15-40	40-100	>100
Residuo Seco (mg/l)	415	75-150	50-75	< 50

Considerando sólo en este apartado **los elementos de cimentación**, resumimos las distintas clases de exposición de acuerdo con los datos del terreno reconocido:

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN	CLASE DE EXPOSICIÓN ESPECÍFICA	TIPO DE AMBIENTE
Ila	---	Ila
CEMENTO RECOMENDABLE PARA LOS HORMIGONES DE CIMENTACIÓN		
ORDINARIO		
MÁXIMA RELACIÓN a/c		
0,60 (Hormigón amado o pretensado)		
MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³)		
275 (Hormigón amado) 300 (Hormigón pretensado)		
TIPO DE HORMIGÓN RECOMENDABLE (EHE) (RESISTENCIA MÍNIMA N/mm²)		
H-25 (Hormigón amado o pretensado)		



## 11. ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN

### 11.1. TIPOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN PREVISTA

#### Tipo de construcción

Se trata de una pasarela de estructura en madera con dos estribos y dos pilas intermedias (total cuatro apoyos), con dos apoyos por cada margen. La longitud total de la pasarela es de 112 metros y un ancho de 3 metros.



### 11.2. PRINCIPALES CONDICIONANTES

Presencia de rellenos	Se ha detectado la presencia de rellenos de espesor importante (hasta 4,60 metros) en el sondeo rotativo S-1 formados por mezclas de cantos líticos poligénicos, arenas policrómicas, alguna pasada arcillosa y restos antrópicos. No se ha reconocido la presencia de rellenos en el sondeo S-2 (margen izquierda)
Proximidad de cauce	Los ensayos se han realizado a ambas márgenes del río Torrox
Tipos de suelos (resumen)	El sustrato reconocido en los ensayos consta de un primer nivel (nivel 1) de rellenos de espesor importante en la margen derecha, por ser una zona elevada y urbanizada, cuyo espesor alcanza los 4,60 metros en S-1. En la margen izquierda no se detectan rellenos. El sustrato está fundamentalmente compuesta por una serie aluvial potente de arenas, arenas con gravas y gravas arenosas en distintas capas o tramos, que en conjunto se agrupan como nivel 2. La base de esta serie aluvial se reconocido a 23,00 metros en S-1 y 16,90 metros en S-2. Finalmente se reconoce un nivel de base (nivel 3) o sustrato plioceno formado por arenas finas limoarcillosas, arcillas limo-arenosas y limos arcillo-arenosos finos, de baja plasticidad, de aspecto homogéneo y coloración predominante verdosa a verdosa clara
Topografía	El ensayo realizado en la margen derecha está bastante elevado (unos 5 metros respecto al cauce, debido a la urbanización de esta zona), mientras que el ensayo S-2 se encuentra a una cota relativamente inferior, suponemos unos 1,5 metros aproximadamente sobre la cota del cauce
Existencia de nivel freático	Se ha detectado un nivel de agua freática bastante estable a una profundidad de 6,10 metros en S-1 y de 3,50 metros en S-2
Karstificaciones	No se producen en este tipo de terrenos



Suelos blandos	No se han reconocido en las pruebas realizadas
Expansividad	No se produce en este tipo de terrenos
Agresividad	No. Ambiente de exposición IIa para homigones de cimentación

### 11.3. RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIÓN

De acuerdo a las características o tipología del proyecto y conforme a los suelos encontrados en la parcela, se recomienda optar por una **solución de cimentación profunda** mediante **pilotaje hormigonado in situ**, la cual recomendamos empotrar en el nivel geotécnico 2 o 3 de aluvial o sustrato plioceno a una profundidad suficiente para evitar problemas de socavación y para lograr cargas de trabajo suficientes para responder a las solicitudes de la estructura proyectada. En la zona de apoyo correspondiente a la margen derecha (sondeo S-1), la presencia de un nivel potente de rellenos y el estar en una zona elevada y más segura frente a desbordamientos y socavamientos del cauce, consideramos suficiente que los pilotes se empotren en el nivel 2 en cuanto alcancen las cargas de trabajo requeridas por la estructura. Por otro lado, la zona de apoyo de la margen izquierda se presenta a una cota inferior y más próxima a la zona de inundación por desbordamiento del río, por lo cual, y a pesar de que no se han observado rellenos en ese punto, recomendamos que los pilotes presenten un empotramiento suficiente para prevenir problemas de socavamiento y presentar una resistencia al corte mínima o suficiente por empujes laterales; en este sentido nuestra recomendación es que los pilotes tengan una longitud mínima de 8 metros, aumentándose si es necesario por requerimientos de cargas.

El diseño y cálculo de esta solución debe ser objeto de un proyecto individual y específico a realizar por un técnico especializado, vinculado o no a una empresa de cimentaciones especiales, quien valore los parámetros y esquema geotécnico existente (definido en este informe) así como los datos estructurales asociados a la construcción (dimensiones, distribución, cargas y solicitudes, etc...) para configurar el susodicho proyecto. Por tanto, en este apartado expondremos un esquema geotécnico del subsuelo, con sus correspondientes niveles y parámetros característicos.

Por último, queremos exponer la recomendación de realizar una ampliación de la campaña geotécnica, si así lo considera apropiado también la Dirección Técnica del





Proyecto, para poder establecer el esquema geotécnico en los dos apoyos intermedios de la pasarela, dado que los ensayos de sondeos realizados se ubican en los dos estribos de los extremos, separados unos 110 metros y puesto que los materiales aluviales pueden presentar una cierta heterogeneidad.

Es apropiado exponer en este apartado el esquema y parámetros geotécnicos asociados a los distintos niveles geotécnicos que permitan deducir las resistencias por punta y fuste correspondientes y finalmente las cargas admisibles frente a hundimiento, profundidades idóneas de empotramiento acordes al mejor aprovechamiento estructural, etc... Las siguientes tablas resumen estos datos:

**Esquema geotécnico en sondeo S-1 (margen derecha)**

Nivel	Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)
1	0,00	4,60	4,60
2.1	4,60	6,00	1,40
2.2	6,00	10,80	4,80
2.3	10,80	16,30	5,50
2.4	16,30	18,00	1,70
2.5	18,00	23,00	5,00
3	23,00	24,45*	1,45*

\* Dato limitado por la finalización del sondeo



Sondeo S-1 (Descripción de los subniveles aluviales)				
Tramo	Descripción (m)	Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)
2.1	Arenas con bastantes gravas y algo de arcillas limosas [SM-SC]	4,60	6,00	1,40
2.2	Gravas arenosas con indicios/algo de limos [G P-G M]	6,00	10,80	4,80
2.3	Arenas finas / finas-medias limosas [SM]	10,80	16,30	5,50
2.4	Arenas con gravas [SM]	16,30	18,00	1,70
2.5	Gravas arenosas con indicios/algo de limos [G P-G M]	18,00	23,00	5,00







Pilotes in situ (Valores adoptados de la NTE-CPI)				
Nivel	Tipo	N <sub>SPT</sub>	R <sub>uf</sub> (Tn/m²)	R <sub>up</sub> (Tn/m²)
1	Relleno	Se desprecia en el cálculo		
2.1	Arenas con bastantes gravas y algo de arcillas limosas [SM-SC]	10	4,20	419 (D < 0,50 m) 389 (D = 0,55 m) 373 (D =0,65 m) 371 (D = 0,85 m) 363 (D =1,00 m) 345 (D = 1,25 m)
2.2	Gravas arenosas con indicios/algo de limos [G P-G M]	12-19 (15)	5,38	650 (D < 0,50 m) 580 (D = 0,55 m) 552 (D =0,65 m) 542 (D = 0,85 m) 524 (D =1,00 m) 488 (D = 1,25 m)
2.3	Arenas finas / finas-medias limosas [SM]	9-10 (9)	3,98	373 (D < 0,50 m) 349 (D = 0,55 m) 336 (D =0,65 m) 335 (D = 0,85 m) 328 (D =1,00 m) 314 (D = 1,25 m)
2.4	Arenas con gravas [SM]	15	5,38	650 (D < 0,50 m) 580 (D = 0,55 m) 552 (D =0,65 m) 542 (D = 0,85 m) 524 (D =1,00 m) 488 (D = 1,25 m)
2.5	Gravas arenosas con indicios/algo de limos [G P-G M]	R	7,71	713 (D < 0,50 m) 577 (D = 0,55 m) 554 (D =0,65 m) 514 (D = 0,85 m) 489 (D =1,00 m) 436 (D = 1,25 m)
3	Plioceno [CL, SC, ML]	32	9,61	188 (Cualquier D)



Esquema geotécnico en sondeo S-2 (margen izquierda)

Nivel	Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)
2.1	0,00	2,00**	2,00
2.1	2,00*	3,90	0,30
2.2	3,90	5,00	2,00
2.3	5,00	6,00	2,50
2.4	6,00	16,90	4,20
3	16,90	21,45*	4,55*

\* Dato limitado por la finalización del sondeo

\*\* Recomendamos despreciar en el cálculo los dos primeros metros de terreno

Sondeo S-2 (Descripción de los subniveles aluviales)				
Tramo	Descripción (m)	Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)
2.1	Gravas arenosas con algo de limos	0,00	2,00*	2,00
2.1	[G P-G M]	2,00*	3,90	1,90
2.2	Limo arenoso fino [ML]	3,90	5,00	1,10
2.3	Gravas arenosas con algo de limos [G P-G M]	5,00	6,00	1,00
2.4	Arenas con proporciones minoritarias de gravas y limos	6,00	16,90	10,90

\* Recomendamos despreciar en el cálculo los dos primeros metros de terreno

