

ESTUDIO GEOTÉCNICO

REDACCIÓN: Diciembre de 2011

PETICIONARIO: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE

TRABAJO: Sede y Edificio de Exposición Ciudad Aeroportuaria.

EXPEDIENTE: O/1112320



Ingeniería y Control

Centro de Estudios de Materiales y Control de Obra S A

C. Benaque 9, 29004 Málaga

902 111 400

www.cemosa.es

ÍNDICE

MEMORIA

1	Introducción	1
2	Trabajo realizado	2
2.1	Trabajo de campo	2
2.2	Trabajo de laboratorio	4
3	Resultados	5
3.1	Geología y geomorfología	5
3.1.1	Localización geográfica	5
3.1.2	Encuadre geológico general	5
3.1.3	Encuadre geológico local	7
3.1.3.1	Mio-Plioceno	8
3.1.3.2	Cuaternario	8
3.1.4	Sismicidad	8
3.2	Resultado de los sondeos a rotación	9
3.3	Resultado de los sondeos a penetración dinámica	12
3.4	Resultados de los ensayos de laboratorio	15
4	Agresividad	17
4.1	Definición del tipo de ambiente	17
4.2	Clases generales de exposición ambiental	17
4.2.1	Clases específicas de exposición ambiental en relación con otros procesos de degradación distintos de la corrosión	17
4.3	Valores obtenidos	22
5	Análisis de resultados	23
5.1	Sede de la Ciudad Aeroportuaria	23
5.2	Edificio de Exposiciones	23
5.3	Definición de las unidades geotécnicas	23
5.3.1	Unidad Geotécnica 0: Rellenos antrópicos	23
5.3.2	Unidad Geotécnica I: Limos de llanura de inundación	24
5.3.3	Unidad Geotécnica II: Aluvial de arenas y gravas	24
5.3.4	Nivel freático	25
5.4	Condicionantes geotécnicos	26
6	Estudio de la cimentación y carga admisible del terreno	27

6.1	Consideraciones sobre la selección de los tipos de cimentación.....	27
6.1.1	Sede de la Ciudad Aeroportuaria	27
6.1.2	Edificio de Exposiciones.....	27
7	Aspectos teóricos y consideraciones.....	28
7.1	Concepto de carga admisible para cimentaciones superficiales.....	28
7.1.1	Concepto de presión de hundimiento	28
7.1.2	Concepto de presión admisible frente al hundimiento	28
7.1.3	Concepto de presión admisible por asientos	28
7.1.4	Concepto de presión admisible	30
7.1.5	Efectos de la carga transmitida sobre el terreno: respuesta a corto y largo plazo	30
7.1.6	Cálculo de la presión de hundimiento en suelos granulares (largo plazo)	32
7.2	Cimentaciones profundas en terrenos granulares	34
7.2.1	Concepto de carga de hundimiento.....	34
7.2.2	Resistencia unitaria por punta.....	35
7.2.3	Resistencia unitaria por fuste	37
7.2.4	Consideración del efecto grupo en la carga de hundimiento	37
7.2.5	Estimación de asientos del pilote aislado	38
7.2.6	Consideración del efecto grupo en la estimación de asientos	39
7.2.7	Tope estructural	39
7.2.8	Efecto de rozamiento negativo	40
8	Cálculo de cimentaciones	42
8.1	Cimentación mediante pozos	42
8.1.1	Parámetros geotécnicos de cálculo.....	42
8.1.2	Carga admisible	43
8.2	Cimentaciones profundas.....	44
8.2.1	Parámetros geotécnicos de cálculo.....	44
9	Parámetros de empuje sobre estructuras de contención.....	46
9.1	Empujes activo, pasivo y en reposo	46
9.2	Ley de empujes unitarios	48
10	Referencias.....	49
11	Resumen y recomendaciones.....	50
11.1	Conclusiones y recomendaciones	50
11.1.1	Sede de la Ciudad Aeroportuaria.	50
11.1.2	Edificio de exposiciones	50
11.2	Recomendaciones generales.....	51

ANEJOS

- ANEJO 1. Planta de localización
- ANEJO 2. Plano geológico
- ANEJO 3. Registro de sondeos a rotación
- ANEJO 4. Registro de ensayos a penetración dinámica
- ANEJO 5. Fotografías de testigos de sondeos a rotación
- ANEJO 6. Actas de ensayos de laboratorio

MEMORIA

1 Introducción

El presente documento constituye el Estudio Geotécnico solicitado a CEMOSA por D. Aurelio Atienza Cabrera en nombre y representación del Excmo. Ayuntamiento de Alhaurin de la Torre según presupuesto 2011/03202.

El objeto del estudio es determinar las condiciones geotécnicas de cimentación de dos edificios en paraje del Peñón de Zapata en el término municipal de Alhaurin de la Torre.

El primer edificio se dedicará a sede de la Ciudad Aeroportuaria y constará de planta baja y dos alturas, ocupando una superficie de 480 m².

El segundo edificio se dedicará a exposiciones y su tipología prevista es de planta baja, con una superficie ocupada de 2000 m², aproximadamente.

En la siguiente fotografía se muestra la ubicación de cada uno de ellos sobre fotografía aérea.



Fotografía Nº 1.-

Localización de las actuaciones

El informe que a continuación se presenta recoge los siguientes aspectos:

- Características geotécnicas del terreno
- Nivel freático
- Sismicidad
- Tipo de cimentación recomendable y carga admisible
- Agresividad del agua y/o suelo para el hormigón
- Recomendaciones generales

2 Trabajo realizado

2.1 Trabajo de campo

Los trabajos de campo realizados se enumeran en la tabla Nº 1 y se describen en las tablas Nº 2 y 3.

TABLA 1. Trabajo de campo

<i>Tipo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Profundidad máxima alcanzada (m)</i>
Sondeos a rotación con recuperación de testigo	3	15.0
Sondeos a penetración dinámica	3	8.4

TABLA 2. Sondeos a rotación con recuperación de testigo continuo

<i>Denominación sondeo</i>	<i>Profundidad alcanzada</i>	<i>Perforación suelo</i>	<i>Perforación gravas</i>	<i>Perforación roca</i>	<i>PVC</i>	<i>Tapa</i>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	-
SR-01S	12.0	8.1	3.9	-	12	-
SR-01E	12.0	7.4	4.6	-	-	-
SR-02E	15.0	12.5	2.5	-	15	-

TABLA 2. Sondeos a rotación con recuperación de testigo continuo

<i>Denominación sondeo</i>	<i>Profundidad alcanzada</i>	<i>Perforación suelo</i>	<i>Perforación gravas</i>	<i>Perforación roca</i>	<i>PVC</i>	<i>Tapa</i>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	-
TOTAL	39	28	11	-	27	-

Maquinaria empleada: sonda ROLATEC RL-48 R

Norma de aplicación XP P94-202

La posición de los sondeos a rotación queda reflejada en el anejo Nº 1

El registro de los sondeos a rotación se reproduce en el anejo Nº 5

TABLA 3. Sondeos a penetración dinámica DPSH

<i>Denominación</i>	<i>Profundidad alcanzada</i>
	<i>m</i>
SM-01S	7.2
SM-02S	5.4
SM-01E	8.4
TOTAL	21.0

Norma de aplicación XP P94-202

Maquinaria empleada: sonda PDP 2000P

Puntaza: Cónica

Área: 20 cm²

Varillaje: 32mm de diámetro

Altura de caída: 76cm

2.2 Trabajo de laboratorio

Los trabajos realizados en laboratorio se recogen en la tabla Nº 4.

TABLA 4. Trabajo de laboratorio		
<i>Ensayo</i>	<i>unidades</i>	<i>norma</i>
Clasificación USCS	5	ISSMGE
Análisis granulométrico por tamizado	5	UNE 103101
Determinación de los límites de Atterberg	5	UNE 103103 - 104
Ensayo de compresión simple en suelos	4	UNE 103400
Determinación del contenido en sulfatos	2	UNE 103202
Determinación del grado de acidez Baumann-Gully	2	EHE

3 Resultados

3.1 Geología y geomorfología

3.1.1 Localización geográfica

Las coordenadas UTM aproximadas de los puntos de reconocimiento se recogen en la siguiente tabla:

TABLA 5. Coordenadas U.T.M. de las prospecciones

<i>Prospección</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
SR-01S	362816	4061056	39
SM-01S	362803	4061070	39
SM-02S	362792	4061065	38
SR-01E	362841	4061319	35
SR-02E	362832	4061264	35
SM-01E	362840	4061303	34

Nota: Las coordenadas son aproximadas.

Datos obtenidos con G.P.S. Magellan Explorist-500

La precisión de las medidas es la correspondiente al GPS empleado

3.1.2 Encuadre geológico general

La zona objeto de estudio se encuentra enclavada dentro de las Cordilleras Béticas las cuales forman, junto con las Cordilleras del Rif del norte de África, el segmento más occidental del orógeno alpino mediterráneo. Estas dos cordilleras, separadas en la actualidad por la cuenca neógena de Alborán, se localizan entre dos zócalos hercínicos, el Ibérico al norte y el Africano al sur, de acuerdo con lo reproducido en la figura Nº 2.

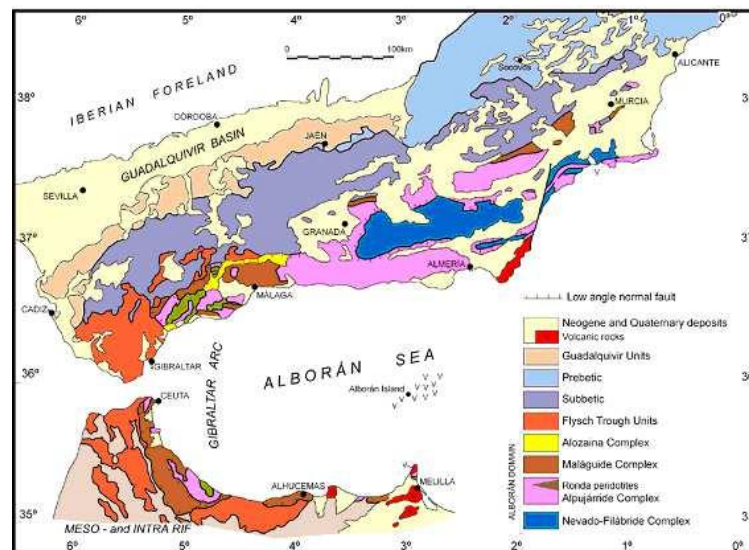


Figura Nº 1.- Encuadre geológico regional

Las Cordilleras Béticas se formaron como consecuencia del régimen compresivo que comenzó a finales del Cretácico y en ellas se distinguen históricamente dos dominios principales denominados Zonas Externas y Zonas Internas.

Las primeras corresponden a la parte de cobertera plegada, y a veces con estructura de manto de corrimiento, mientras que las segundas presentan deformaciones más profundas que afectan al zócalo y están acompañadas de metamorfismo.

Las Zonas internas se subdividen a su vez en:

Zona Circumbética: Materiales situados entre las Zonas Externas ibérica y africana, ocupando un amplio surco, cuyo espacio fue invadido por la Zona Bética a partir del Eoceno medio. Es muy probable que se desarrollase sobre una corteza prácticamente oceánica.

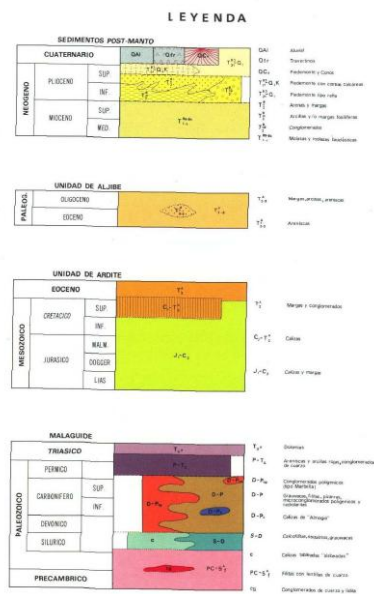
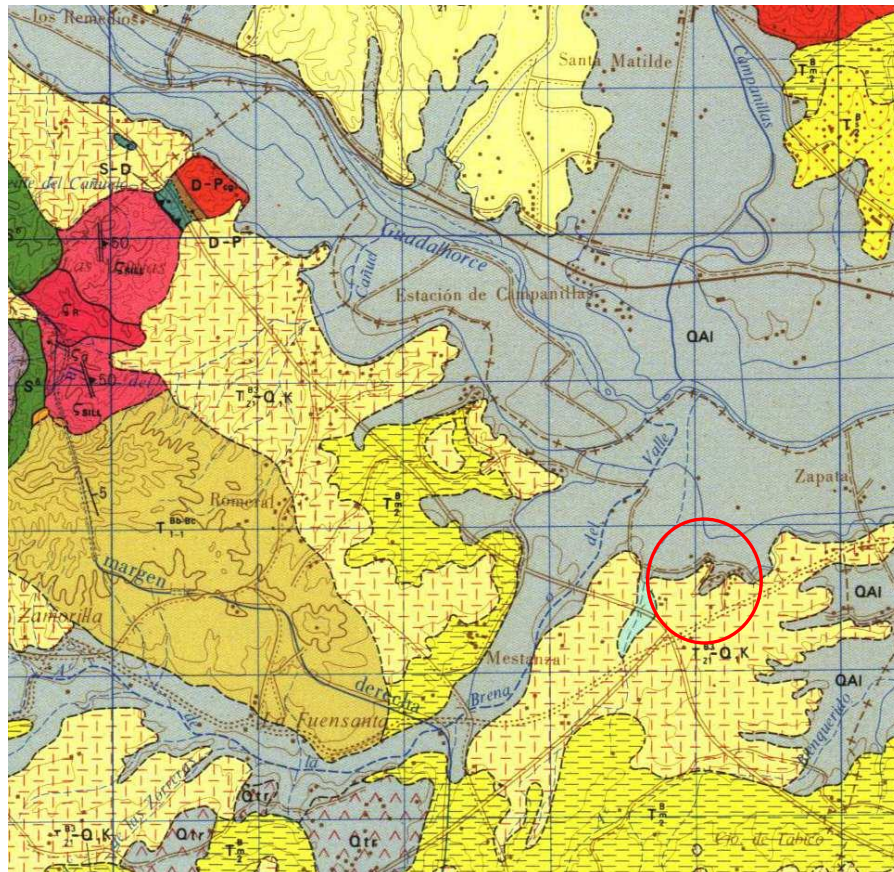
Zona Bética (s.s.): Caracterizada por estructura en mantos de corrimiento y metamorfismo. Tradicionalmente se distinguen tres dominios, que en orden ascendente, según su posición tectónica actual son:

- Complejo Nevado-Filábride
- Complejo Alpujarride
- Complejo Maláguide

Dispuestos de forma discordante sobre los complejos antes descritos, se encuentran los materiales postmantos que constituyen los sedimentos que rellenan las cuencas terciarias y que se formaron entre los relieves montañosos que rodean la zona en estudio. Dicha sedimentación se produjo desde el Mioceno hasta el Cuaternario más reciente, encontrando desde sedimentos con un marcado carácter marino hasta sedimentos continentales representados fundamentalmente por depósitos de tipo coluvial y aluvial.

3.1.3 Encuadre geológico local

Se reproduce a continuación un detalle de la Hoja Magna 1052 “Alora” del IGME con la localización de la zona estudiada:



En la zona se distinguen las siguientes formaciones geológicas:

3.1.3.1 *Mio-Plioceno*

La mayoría de los sedimentos que rellenan la Cuenca de Málaga consisten en depósitos marinos con abundantes fósiles en los que se pueden distinguir tres facies diferenciadas, formadas por arenas, arcillas y margas y conglomerados respectivamente.

En la zona en estudio el sustrato, no identificado en las prospecciones está constituido por arcillas y arcillas margosas más o menos arenosas con una marcada tonalidad gris-azulada en corte fresco y marrones cuando están alteradas. En ocasiones en las arcillas existen intercalaciones de niveles arenosos y conglomeráticos de pequeño espesor.

3.1.3.2 *Cuaternario*

Situado de forma discordante sobre los sedimentos terciarios se encuentran los depósitos cuaternarios originados a partir de la erosión de los relieves y que forman los depósitos coluviales y piedemontes y la actividad fluvial de los numerosos ríos y afluentes que existen en la zona.

En la zona estudiada se distinguen depósitos de piedemonte con costras calcáreas procedentes de la cercana Sierra de Mijas, y depósitos aluviales procedentes bien del Arroyo Zambrana, o bien de la propia cuenca del río Guadalhorce.

3.1.4 *Sismicidad*

Con objeto de que pueda cumplirse lo reglamentado en la Norma Sismorresistente NCSE-02 en la tabla N° 6 se ofrece la siguiente caracterización del terreno en términos de sismicidad. Para ello se atiende a lo estipulado en dicha normativa y, en particular, al mapa de peligrosidad sísmica reproducido en la figura N° 3.

TABLA 6. Información sísmica del terreno según NCSE-02

<i>Variable</i>	<i>símbolo</i>	<i>valor</i>
Aceleración sísmica de cálculo	a_c / g	0.100
Coeficiente de contribución	K	1.0
Aceleración sísmica básica	a_b / g	0.08
Coeficiente adimensional de riesgo	ρ	1.0
Coeficiente de amplificación del terreno	S	1.253
Coeficiente del terreno	C	1.57

TABLA 6. Información sísmica del terreno según NCSE-02

Municipio	Alhaurín de la Torre
Tipo de terreno	0.0-5.0 Terreno tipo IV
	5.0-20.0 Terreno tipo III
	20.0 – 30.0 Terreno tipo II

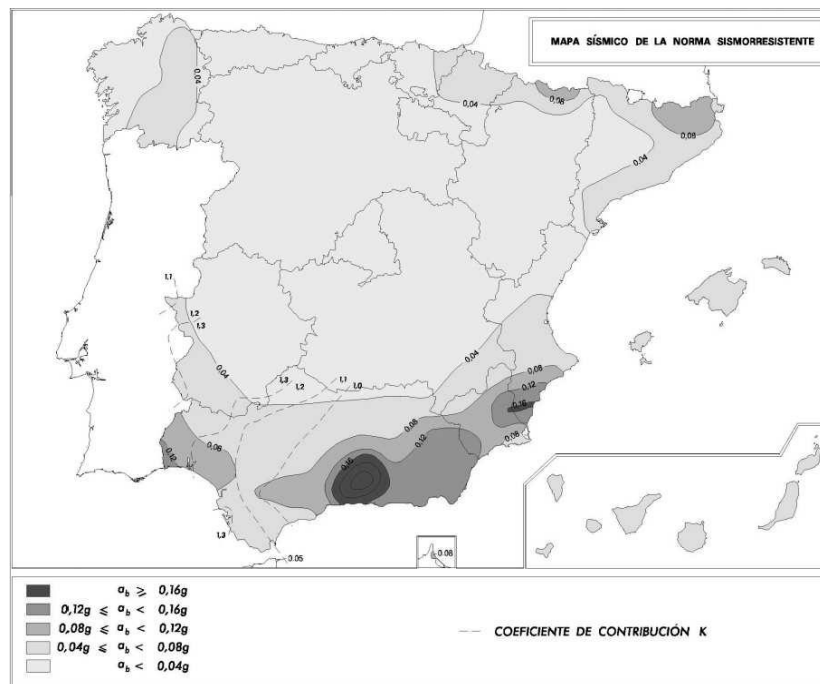


Figura Nº 2.- Mapa de peligrosidad sísmica según la NCSE-02

3.2 Resultado de los sondeos a rotación

En la tabla Nº 7 se recoge el resultado de la inspección realizada por personal técnico de CEMOSA sobre los testigos recuperados en el sondeo a rotación.

En la tabla Nº 8 se indica la fuente utilizada para la determinación del grado de alteración de la roca y en la tabla 9 se reproducen los valores de golpeo registrados en los ensayos SPT.

TABLA 7. Testificación de los sondeos a rotación

<i>Sondeo</i>	<i>Cota inicio</i>	<i>Cota final</i>	<i>Descripción litológica</i>
-	m	m	-
SR-01S	0.00	1.70	Rellenos antrópicos: Arcillas y limos color marrón
	1.70	2.00	Rellenos antrópicos: Arenas arcillosas posiblemente compactadas
	2.00	2.40	Rellenos antrópicos. Gravas subangulosas en matriz arenosa (posible zahorra)
	2.40	5.90	Arenas arcillosas color marrón rojizo
	5.90	6.90	Arenas color ocre
	6.90	9.70	Conglomerados en matriz arenosa. Color marrón grisáceo
	9.70	10.90	Arenas marrón anaranjado
	10.90	12.00	Conglomerado en matriz arenosa color gris
SR-01E	0.00	6.00	Rellenos antrópicos: Escombros de obra y vertidos
	6.00	8.00	Conglomerado en matriz arenosa color gris
	8.00	10.00	Conglomerado en matriz limo-arenosa color marrón
	10	11.50	Gravas en matriz areno-limosa color marrón
	11.50	12.0	Arenas algo cementadas con gravas
SR-02E	0.00	5.40	Rellenos Antrópicos: Materiales vertidos
	5.40	9.00	Limos arenosos color marrón chocolate (llanura de inundación)
	9.00	11.20	Arenas arcillosas color marrón grisáceo
	11.20	13.60	Conglomerado en matriz arenosa. Color marrón. Presenta nivel freático confinado
	13.60	14.10	Arenas medias con algunas gravas. Color marrón verdoso
	14.10	15.60	Arenas algo cementadas con gravas.
El registro de los sondeos a rotación se reproduce en el anejo Nº 5			

TABLA 8. Nivel freático

<i>Sondeo</i>	<i>Profundidad (m)</i>
SR-01S	10.5
SR-01E	7.3
SR-02E	8.0 (Artesiano)

NOTA:

El nivel freático varía estacionalmente, por lo que es posible que existan fluctuaciones en otras épocas del año de los valores obtenidos en el periodo de observación.

TABLA 9. Ensayos SPT en los sondeos a rotación

<i>Sondeo</i>	<i>Cota inicio m</i>	<i>Unidad Geotécnica</i>	<i>Golpeos / 15cm</i>	<i>N₃₀ = N_{SPT} sin corregir</i>
SR-01S	3.00	Aluvial	13-15-16-15	31
	6.00	Aluvial	12-19-22-25	41
	9.25	Aluvial	15-14-15-16	29 *
	12.00	Aluvial	7/50R	100*
SR-01 E	3.00	Rellenos	3-6-4-5	10
	6.00	Aluvial	10/50R	100*
	9.43	Aluvial	7-15-27-19	42
	12.00	Aluvial	15/50R	100*
SR-02 E	1.50	Rellenos	4-5-5-6	10
	3.60	Rellenos	7-6-6-5	12
	6.60	Llanura Inundación	3-4-4-7	8
	9.00	Aluvial	3-6-5-4	11
	12.00	Aluvial	6-7-3-4	10
	15.00	Aluvial	6-15-12/50R	100

Observaciones: R (rechazo)

* Ensayo realizado con puntaza ciega

3.3 Resultado de los sondeos a penetración dinámica

Los resultados de los sondeos a penetración dinámica realizados se incluyen en el anejo nº 4, realizándose a continuación una descripción de los datos obtenidos:

El penetrómetro SM-1S muestra un nivel de consistencia muy suelta y suelta hasta los 3.2m de profundidad, distinguiéndose a continuación un nivel de consistencia media hasta los 6m de profundidad. A partir de aquí la consistencia aumenta a densa-muy densa, alcanzándose el rechazo a los 7.2m.

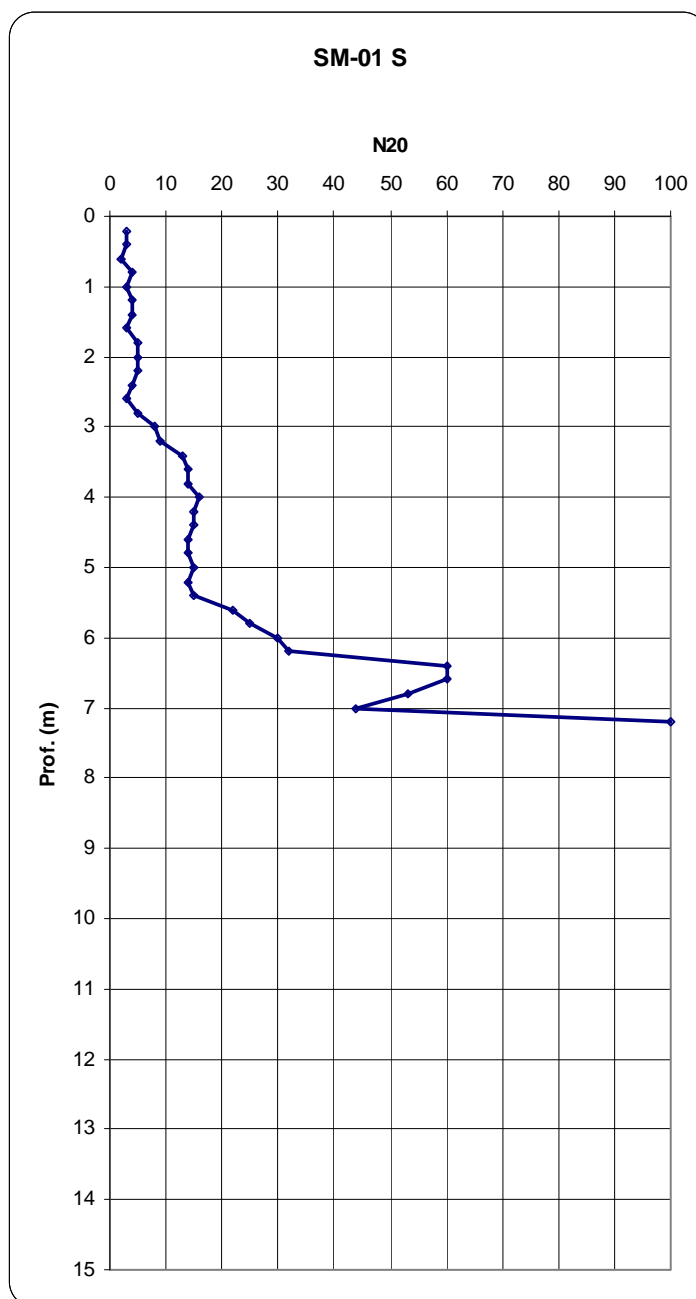


Figura Nº 3.- Registro del ensayo a penetración dinámica SM-01 S

El penetrómetro SM-02E muestra un nivel inicial de consistencia suelta-muy suelta de 1.6m de espesor bajo el cual se identifica un nivel de consistencia media con algunas intercalaciones densas hasta los 5.4m en que se alcanza el rechazo.



Figura Nº 4.- Registro del ensayo a penetración dinámica SM-02S

El penetrómetro SM-01E comienza con 1.2m de terreno de consistencia suelta-muy suelta, debajo del cual se detecta un nivel de consistencia media con intercalaciones densas, hasta los 8.4m en que se alcanza el rechazo.

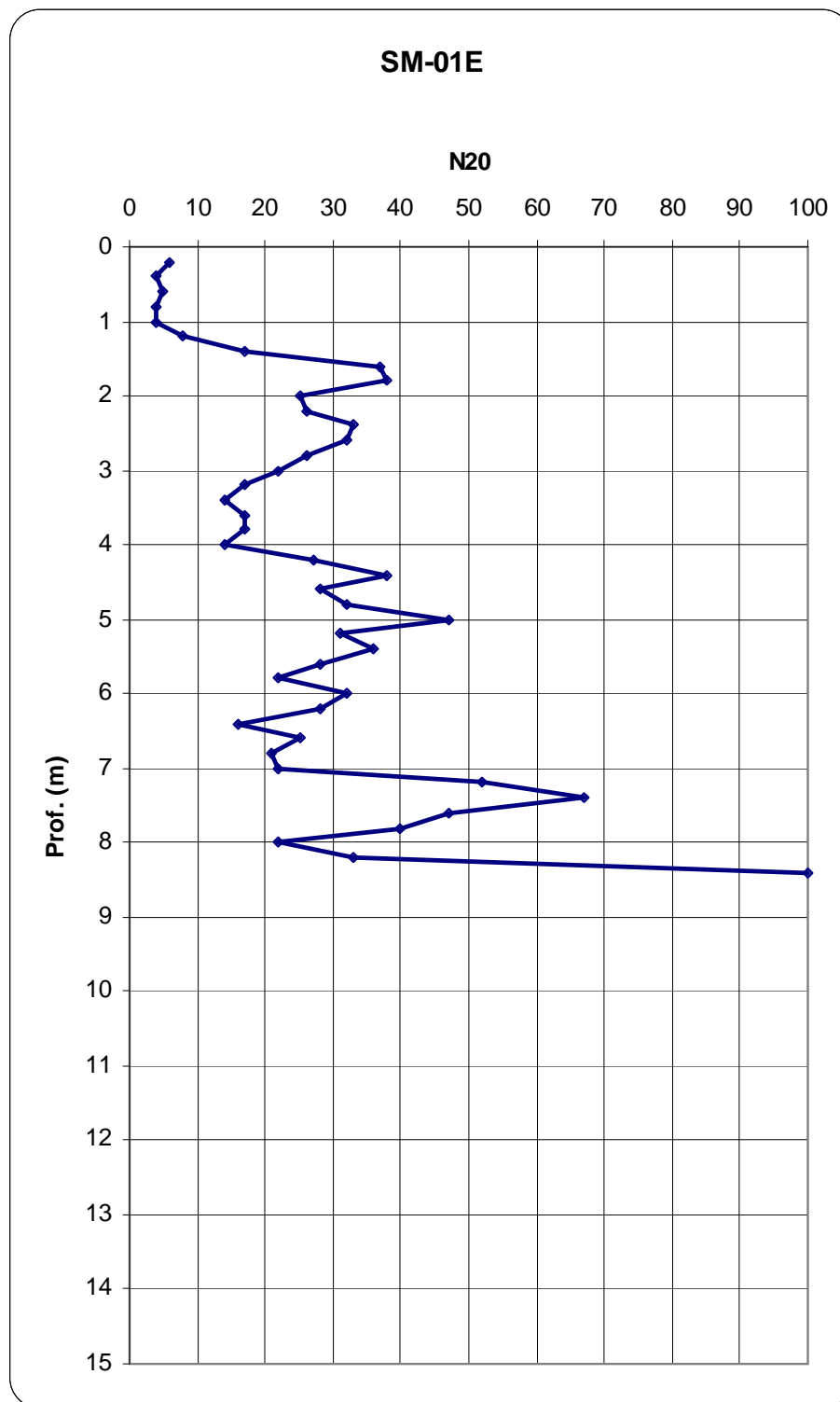


Figura Nº 5.- Registro del ensayo a penetración dinámica SM-01E

3.4 Resultados de los ensayos de laboratorio

Las actas de los ensayos de laboratorio realizados se reproducen en el anejo N° 6. En las tablas nº 10 a 15 se ofrece un resumen de los datos obtenidos.

TABLA 10. Resultados de ensayos de laboratorio: propiedades de estado

Sondeo	Cota inicio	Cota fin	Unidad Geotécnica	Clasificac. USCS	Tamiz 5mm	Tamiz 0.08mm (Finos)	LL	LP	IP	Humedad natural	Densidad Natural
-	m	m	-		%	%	%	%	%	%	Kn/m³
SR-01S	2.40	3.00	Aluvial	CL	100.0	76.0	25.9	16.7	9.2	7	21.1
SR-01E	9.00	9.43	Aluvial	SM	69.1	14.2	0.0			0	23.2
	3.00	3.60	Rellenos	GM	51.5	15.2	18.7	15.3	3.4	3.9	19.9
SR-02E	6.00	6.60	Inundac	SC	90.1	44.5	31.7	15.6	16.1	13.9	21.4
	9.00	9.60	Aluvial	SC	84.7	30.4	28.5	15.2	13.3		

Abreviaturas: USCS (Unified Soil Classification System)

LL (límite líquido). LP (límite plástico). IP (índice de plasticidad). NP (no plástico)

TABLA 11. Resultados de ensayos de laboratorio: resistencia

Sondeo	Cota inicio	Cota fin	Unidad Geotécnica	Tipo de ensayo	Tipo muestra	Ángulo rozamiento (ϕ')	Cohesión efectiva (c')	Resistencia compresión simple
-	m	m	-	-	-	grados (°)	KPa	KPa
SR-01S	2.40	3.00	Aluvial	CS	I	-	-	595.8
SR-01E	9.00	9.43	Aluvial	CS	I	-	-	13.2
SR-02E	6.00	6.60	Inundac	CS	I	-	-	127.5

Abreviaturas:

CS (compresión simple). C (corte directo). T (triaxial). UU (sin consolidar. rotura sin drenaje)

CU (consolidado. rotura sin drenaje). CD (consolidado. rotura con drenaje)

I (inalterada). R (remoldeada). A (alterada)

TABLA 12. Resultados de ensayos de laboratorio: agresividad del suelo

Sondeo	Cota inicio	Cota fin	Unidad Geotécnica	Sulfatos	Acidez Baumann Gully	Agresividad (EHE Artº 37.3.4)
-	m	m	-	mg/Kg	ml/Kg	-
SR-01S	2.40	3.00	Aluvial	N.C.	160	No agresivo
SR-02E	3.00	3.60	Rellenos	NC	80	No agresivo

Abreviaturas: NC (no contiene)

Nota sobre agresividad: Según el Artº 37.3.4 de la EHE: “En el caso particular de existencia de sulfatos, el cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la UNE 80303:96, siempre que su contenido sea igual o mayor que 600 mg/l en el caso de aguas, o igual o mayor que 3000 mg/kg, en el caso de suelos”.

Baumann-Gully: débil si > 200 mg/Kg

Sulfatos: agresividad débil si > 2000 mg/Kg, media si > 3000 mg/Kg, fuerte si > 12000 mg/Kg

TABLA 13. Resultados de ensayos de laboratorio: agresividad del agua

Prospección	-	SR-02E	Qa (ataque débil)	Qb (ataque medio)	Qc (ataque fuerte)
pH	-	7.6	6.5 – 5.5	5.5 – 4.5	< 4.5
Magnesio	mg/l	24.8	300 – 1000	1000 – 3000	> 3000
Amonio	mg/l	0.2	15 – 30	30 – 60	> 60
Sulfato	mg/l	79.9	200 – 600	600 – 3000	> 3000
CO ₂	mg/l	N.C.	15 – 40	40 – 100	> 100
Residuo seco	mg/l	423	75 – 150	50 – 75	< 50
Evaluación	-	NO AGRESIVA			
Abreviaturas: NC (no contiene)					
Nota sobre agresividad: Según el Artº 37.3.4 de la EHE: “En el caso particular de existencia de sulfatos, el cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la UNE 80303:96, siempre que su contenido sea igual o mayor que 600 mg/l en el caso de aguas, o igual o mayor que 3000 mg/Kg., en el caso de suelos”.					

4 Agresividad

4.1 Definición del tipo de ambiente

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.

El tipo de ambiente viene definido por la combinación de:

- Una de las clases generales de exposición, frente a la corrosión de las armaduras.
- Las clases específicas de exposición relativas a los otros procesos de degradación que procedan para cada caso.

En el caso de que un elemento estructural esté sometido a alguna clase específica de exposición, en la designación del tipo de ambiente se deberán reflejar todas las clases, unidas mediante el signo de adición "+".

Cuando una estructura contenga elementos con diferentes tipos de ambiente, el Autor del Proyecto deberá definir algunos grupos con los elementos estructurales que presenten características similares de exposición ambiental. Para ello, siempre que sea posible, se agruparán elementos del mismo tipo (por ejemplo, pilares, vigas de cubierta, cimentación, etc.), cuidando además que los criterios seguidos sean congruentes con los aspectos propios de la fase de ejecución.

Para cada grupo, se identificará la clase o, en su caso, la combinación de clases, que definen la agresividad del ambiente al que se encuentran sometidos sus elementos.

4.2 Clases generales de exposición ambiental

En general, todo elemento estructural está sometido a una única clase o subclase general de exposición.

A los efectos de esta Instrucción, se definen como clases generales de exposición las que se refieren exclusivamente a procesos relacionados con la corrosión de armaduras.

En el caso de estructuras marinas aéreas, el Autor del Proyecto podrá, bajo su responsabilidad, adoptar una clase general de exposición diferente de IIIa siempre que la distancia a la costa sea superior a 500m y disponga de datos experimentales de estructuras próximas ya existentes y ubicadas en condiciones similares a las de la estructura proyectada, que así lo aconsejen.

4.2.1 Clases específicas de exposición ambiental en relación con otros procesos de degradación distintos de la corrosión.

Además de las clases recogidas, se establece otra serie de clases específicas de exposición que están relacionadas con otros procesos de deterioro del hormigón distintos de la corrosión de las armaduras.

Un elemento puede estar sometido a ninguna, a una o a 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.

TABLA 14. Clase general de exposición					
Clase general de exposición				Descripción	Ejemplos
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Normal	No agresiva	I	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> - Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. - Elementos de hormigón en masa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos estructurales de edificios, incluidos los forjados, que estén protegidos de la intemperie.
	Humedad alta	IIa	Corrosión de origen diferente de los cloruros		<ul style="list-style-type: none"> - Elementos estructurales en sótanos no ventilados. - Cimentaciones.
				<ul style="list-style-type: none"> - Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estribos, pilas y tableros de puentes en zonas, sin impermeabilizar con precipitación media anual superior a 600 mm.
				<ul style="list-style-type: none"> - Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos enterrados o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Tableros de puentes impermeabilizados, en zonas con sales de deshielo y precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos de hormigón, que se encuentren a la intemperie o en las cubiertas de edificios en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Forjados en cámara sanitaria, o en interiores en cocinas y baños, o en cubierta no protegida.
	Humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos estructurales en construcciones exteriores protegidas de la lluvia. - Tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.

TABLA 14. Clase general de exposición

Clase general de exposición				Descripción	Ejemplos
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Marina	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. - Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km). 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos estructurales de edificaciones en las proximidades de la costa. - Puentes en las proximidades de la costa. - Zonas aéreas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral. - Instalaciones portuarias.
	Sumergida	IIIb	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas sumergidas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral. - Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.
	En zona de carrera de mareas y en zonas de salpicadura	IIIc	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral. - Zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea.
Con cloruros de origen diferente del medio marino				<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el mundo marino. - Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Piscinas e interiores de los edificios que las albergan. - Pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve. - Estaciones de tratamiento de agua.

TABLA 15. Clase específica de exposición (Cont.)

<i>Clase específica de exposición</i>				<i>Descripción</i>	<i>Ejemplos</i>
<i>Clase</i>	<i>Subclase</i>	<i>Design</i>	<i>Tipo de proceso</i>		
Química agresiva	Débil	Qa	Ataque químico	- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver tabla 8.2.3.b)	- Instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 8.2.3.b. - Construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 8.2.3.b.
	Media	Qb	Ataque químico	- Elementos en contacto con agua de mar. - Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver tabla 8.2.3.b)	- Dolos, bloques y otros elementos para diques. - Estructuras marinas, en general. - Instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b. - Construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 8.2.3.b. - Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b.
	Fuerte	Qc	Ataque químico	- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 8.2.3.b)	- Instalaciones industriales con sustancias de agresividad alta de acuerdo con la tabla 8.2.3.b. - Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b. - Construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad fuerte según tabla 8.2.3.b.
Con heladas	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	- Elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75% y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C.	- Construcciones en zonas de alta montaña. - Estaciones invernales.

TABLA 15. Clase específica de exposición (Cont.)

<i>Clase específica de exposición</i>				<i>Descripción</i>	<i>Ejemplos</i>
<i>Clase</i>	<i>Subclase</i>	<i>Design</i>	<i>Tipo de proceso</i>		
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	- Elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C.	- Tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña, en las que se utilizan sales fundentes.
	Erosión	E	Abrasión cavitación	- Elementos sometidos a desgaste superficial. - Elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua.	- Pilas de puentes en cauces muy torrenciales. - Elementos de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes. - Pavimentos de hormigón. - Tuberías de alta presión.

TABLA 16. Tipo de exposición

<i>Tipo de medio agresivo</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Tipo de exposición</i>		
		<i>Qa</i>	<i>Qb</i>	<i>Qc</i>
		<i>Ataque débil</i>	<i>Ataque medio</i>	<i>Ataque fuerte</i>
Agua	Valor del PH, según UNE 83.952	6,5-5,5	5,5-4,5	< 4,5
	CO ₂ Agresivo (mg CO ₂ /l), según UNE- EN 13.577	15- 40	40- 100	> 100
	Ión Amonio (mg NH ₄ ⁺ /l), según UNE 83.954	15- 30	30- 60	> 60
	Ión Magnesio (mg Mg ²⁺ /l), según UNE 83.955	300- 1000	1000- 3000	> 3000
	Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l), según UNE 83.956	200- 600	600- 3000	> 3000
	Residuo Seco (mg/l), según UNE 83.957	75- 150	50- 75	< 50

TABLA 16. Tipo de exposición

<i>Tipo de medio agresivo</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Tipo de exposición</i>		
		<i>Qa</i>	<i>Qb</i>	<i>Qc</i>
		<i>Ataque débil</i>	<i>Ataque medio</i>	<i>Ataque fuerte</i>
Suelo	Grado de Acidez Baumann-Gully (ml/kg), según UNE 83.962	> 200	(*)	(*)
	Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ / kg de suelo seco), según UNE 83.963	2000- 3000	3000- 12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

4.3 Valores obtenidos

Según los trabajos realizados se establecen los siguientes tipos de exposición obtenidos:

TABLA 17. Tipos de exposición obtenidos

<i>Unidad Geotécnica</i>	<i>Definición</i>	<i>Tipo de exposición</i>
UG-0	Rellenos	No agresivo
UG-01	Aluvial	No agresivo
Agua	-	No agresiva

La clasificación obtenida se determina en función de los ensayos disponibles, por lo que no es concluyente.

5 Análisis de resultados

5.1 Sede de la Ciudad Aeroportuaria

Los ensayos realizados en la parcela permiten establecer dos niveles de comportamiento geotécnico diferente.

La columna tipo del terreno está constituida por un nivel inicial de rellenos antrópicos con un espesor comprendido entre 1.6m y 3.2m, debajo del cual se identifica un aluvial constituido por una alternancia de arenas y conglomerados, hasta el final de los reconocimientos.

Los ensayos de penetración dinámica realizados se sitúan entre un valor mínimo de 29 y un valor máximo de rechazo, pudiendo adoptarse un valor de cálculo de 30.

Los ensayos a penetración dinámica muestran un golpeo medio en el aluvial de 17 (SM-01S) y 27 (SM-02S) hasta profundidades de 5-6m y superiores a 40 a partir de aquí y hasta el final de los reconocimientos.

El nivel freático en la fecha de ejecución del sondeo se situaba a 10.5m de profundidad respecto a la cota de ejecución del mismo.

5.2 Edificio de Exposiciones

En este solar, las prospecciones realizadas permiten diferenciar los siguientes niveles geotécnicos:

Un nivel inicial de rellenos antrópicos con un espesor de 5.4-6.0m en los sondeos a rotación realizados debajo de los cuales aparecen unos limos de llanura de inundación, que en el sondeo SR-02E muestran un espesor de 3.6m y están ausentes en el sondeo SR-01E. Debajo de los limos, o directamente bajo los rellenos se localiza un terreno aluvial formado por una alternancia de arenas y conglomerados.

El nivel freático medido a la finalización de los sondeos se localizaba a una profundidad de 7-8m respecto a su cota de ejecución.

5.3 Definición de las unidades geotécnicas

5.3.1 Unidad Geotécnica 0: Rellenos antrópicos

Están formados por vertidos y escombreras en el solar del edificio de exposiciones y restos de antiguos viales y rellenos de explanación en el solar de la sede aeroportuaria.

En el primer caso se han detectado espesores de hasta 6m, mientras que en el segundo el espesor máximo detectado es de 3.2m.

Los rellenos antrópicos, salvo que se trate de rellenos estructurales debidamente colocados en obra y compactados, se consideran inadecuados para apoyar sobre ellos cualquier tipo de cimentación, por su carácter errático y su potencial colapsable, por lo que no se recomienda apoyar sobre ellos ningún tipo de estructura.

5.3.2 Unidad Geotécnica I: Limos de llanura de inundación

Solo se ha detectado en el sondeo SR-02E con un espesor de 3.4m.

Corresponde a un nivel de limos arenosos y arcillosos de color marrón chocolate con un valor del ensayo a penetración SPT de 8 golpes.

Se ha ensayado una muestra, clasificada como SC con una resistencia a compresión simple de 127 KPa y una densidad de 21.4 KN/m³.

El valor de la resistencia a compresión se considera elevado para este tipo de materiales y probablemente esté influido por haberse tomado la muestra en la zona no saturada.

5.3.3 Unidad Geotécnica II: Aluvial de Arenas y gravas

En todas las prospecciones realizadas, el nivel más inferior detectado corresponde a una alternancia de arenas y gravas típica de un depósito fluvial.

Los ensayos de penetración estándar realizados indican golpes comprendidos entre 10 y rechazo, correspondiendo los más bajos a los niveles de arenas y los mayores a los conglomerados, en los que, prescindiendo de los valores de rechazo en previsión de que correspondan a ensayos realizados sobre bolos aislados, el valor medio es de 36.

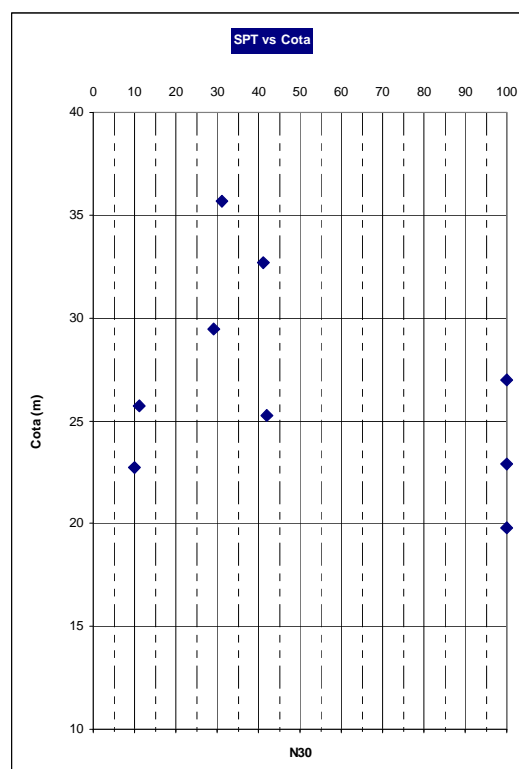


Figura Nº 6.- Valor N30 en los aluviales respecto a su cota de ejecución

Las muestras ensayadas corresponden a arenas limosas y arcillosas y una muestra de arcillas de baja plasticidad, si bien hay que tener en cuenta que los niveles de conglomerados no permiten la toma adecuada de muestras.

Los golpes N_{20} de los ensayos de penetración dinámica tienen un valor medio de 16 golpes hasta 5-6m de profundidad y aumenta a partir de aquí a valores no inferiores a 40 golpes hasta alcanzar el rechazo.

En la siguiente tabla se resumen los parámetros de cálculo adoptados para las distintas unidades. En los casos en que no se han podido obtener directamente, se ha recurrido a las diversas correlaciones existentes entre los principales parámetros geotécnicos de cálculo y el valor del ensayo de penetración estándar:

TABLA 18. PARAMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO

U.G.	ESPESOR (m)	N_{30}	Densidad	Resistencia a la compresión simple	Ángulo de rozamiento interno	Cohesión efectiva	Módulo de deformación
			γ	-	ϕ'	C'	E
			kN/m^3	KPa	°	KPa	KPa
0	3.2m (sede)	-					
	6.0m (E. exposiciones)		19.9	-	-	-	-
I	3.4	8	21.4	-	25	10	4.000
II	Indefinido	17	22.1	-	35	-	37.000
		36					

5.3.4 Nivel freático

El nivel freático en la parcela de la sede aeroportuaria se situó a 10.5m de profundidad al término del sondeo a rotación.

En el solar del edificio de exposiciones el nivel freático se localizó a una profundidad de 7-8m respecto a la cota de ejecución de los sondeos.

El nivel freático no es estático, variando su posición en función de la climatología y el comportamiento de los acuíferos, por lo que será necesario considerar una posible variación del mismo en los cálculos.

5.4 Condicionantes geotécnicos

Los principales condicionantes geotécnicos de las parcelas estudiadas son la presencia de importantes espesores de rellenos antrópicos, en los que no se recomienda apoyar ningún elemento constructivo, y el riesgo de asentamientos diferenciales importantes en caso de apoyar las cimentaciones sobre niveles de comportamiento geotécnico muy diferente.

No se prevén problemas ligados al potencial expansivo ni de licuefacción de los suelos.

6 Estudio de la cimentación y carga admisible del terreno

6.1 Consideraciones sobre la selección de los tipos de cimentación

6.1.1 Sede de la Ciudad Aeroportuaria

En esta zona el único condicionante geotécnico es la existencia de rellenos antrópicos con un espesor máximo reconocido de 3.2m.

En este caso, y teniendo en cuenta que no se prevé la excavación de sótanos, se recomienda adoptar una cimentación semiprofunda mediante **pozos de hormigón** empotrados en la unidad geotécnica II compuesta por el aluvial de gravas y arenas.

6.1.2 Edificio de Exposiciones

La parcela sobre la que se construirá el edificio de exposiciones presenta importantes condicionantes geotécnicos.

En primer lugar el espesor de rellenos antrópicos existentes (detectados hasta 6m) es muy elevado para poder plantear como en el caso anterior una cimentación semiprofunda, al igual que una retirada y sustitución de los vertidos por un relleno estructural.

Por otro lado, una vez superados los rellenos, se plantea el problema adicional de la existencia de una capa discontinua de hasta 3m de limos sobre los terrenos aluviales. En esta situación, las cimentaciones que apoyasen sobre niveles geotécnicos diferentes sufrirían asientos diferenciales difícilmente asumibles por la estructura.

Se propone por tanto una cimentación profunda mediante **pilotes** empotrados en el aluvial como la solución más razonable para el edificio de exposiciones.

En resumen, los tipos de cimentación propuestos son los reflejados en la siguiente tabla:

TABLA 19. Cimentación recomendada

<i>Parcela</i>	<i>Tipología de cimentación</i>	<i>Observaciones</i>
Sede	Pozos de cimentación	Empotrados en UG II
Edif. Exposiciones	Pilotes	

7 Aspectos teóricos y consideraciones

7.1 Concepto de carga admisible para cimentaciones superficiales

7.1.1 Concepto de presión de hundimiento

Se define la presión de hundimiento de una cimentación como aquella que provoca la rotura del terreno de apoyo.

Aunque se han descrito diversos mecanismos del hundimiento de cimentaciones gran parte de las teorías existentes parten del modelo estudiado por Prandtl (1920) en el cual se considera al suelo como un medio perfectamente plástico. En la figura nº 23 se reproduce la rotura de un suelo, sobre el cual se apoya una cimentación, y se puede observar la formación de posibles líneas de fractura en el terreno.

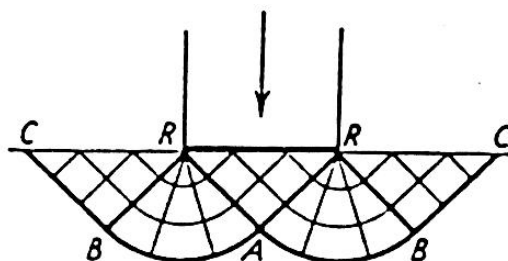


Figura Nº 7.- Mecanismo de rotura por hundimiento de una cimentación en medio plástico (Prandtl 1920)

7.1.2 Concepto de presión admisible frente al hundimiento

Se define la presión admisible frente al hundimiento como aquella que mantiene un nivel de seguridad adecuado frente a la rotura del terreno. Se obtiene la presión admisible frente al hundimiento al dividir la presión de hundimiento por un coeficiente de seguridad. Dicho coeficiente depende de diversos factores como el grado de conocimiento de la geología local, la calidad alcanzada en la parametrización de materiales y la precisión de los métodos de cálculo utilizados. Sin embargo, es una práctica habitual considerar un coeficiente de seguridad frente al hundimiento de tres.

7.1.3 Concepto de presión admisible por asientos

La carga que transmite la estructura a la cimentación genera un campo de deformaciones en el terreno lo cual supone un asiento o descenso vertical de la propia cimentación y de la estructura soportada.

Se define la presión admisible por asientos como aquella que genera deformaciones en el terreno que pueden ser asumidas por la estructura. Lógicamente, la primera cuestión a resolver es cuál es el asiento que pueden soportar las estructuras a cimentar.

A título orientativo la norma NBE-AE-88 fija los asientos admisibles según se indica en la tabla 21.

TABLA 20. Asientos generales admisibles según NBE-AE-88

<i>Características del edificio</i>	<i>Asiento general máximo (mm)</i>	
	<i>Terrenos sin cohesión</i>	<i>Terrenos cohesivos</i>
Obras de carácter monumental	12	25
Edificios con estructura de hormigón armado de gran rigidez	35	50
Edificios con estructura de hormigón armado de pequeña rigidez		
Estructuras metálicas hiperestáticas	50	75
Edificios con muros de fábrica		
Estructuras metálicas isostáticas		
Estructuras de madera	50 *	75 *
Estructuras provisionales		
Nota (*) : comprobando que no se produce desorganización en la estructura ni en los cerramientos		

Por otra parte, los daños en la estructura están asociados a los asientos diferenciales entre los distintos apoyos. Los criterios más habituales de limitación de asientos diferenciales se recogen en la tabla 22.

TABLA 21. Asientos admisibles en función de la distorsión angular

<i>Características del edificio</i>	<i>Distorsión angular β</i>
Límite de seguridad frente a la fisuración	1 / 500
Aparición de fisuras en muros y tabiques	1 / 300
Fisuras y daños en elementos estructurales	1 / 150
Observaciones: se define distorsión angular como la diferencia de asientos entre dos puntos dividida por la distancia en planta entre dichos puntos	

Para realizar un estudio más profundo de los asientos admisibles puede consultarse la propuesta realizada por Burland y Wroth (1974).

Una vez que se defina en Proyecto la tipología de las estructuras será necesario que se establezcan los asientos que admite cada una de las estructuras contempladas. En el presente Estudio Geotécnico se ofrece una metodología de cálculo para la

determinación del asiento de las cimentaciones de tal modo que pueda posteriormente comprobarse que generan deformaciones admisibles para la estructura.

7.1.4 Concepto de presión admisible

Se define la presión admisible como aquella que cumple el criterio de seguridad frente al hundimiento y que no genera asientos inadmisibles. En definitiva, la presión admisible de la cimentación es el menor valor de entre la presión admisible frente al hundimiento y la presión admisible por asientos.

7.1.5 Efectos de la carga transmitida sobre el terreno: respuesta a corto y largo plazo

Supóngase, por simplicidad, que la cimentación transmite repentinamente una determinada presión sobre el terreno y que éste se encuentra saturado (por ejemplo, porque el nivel freático se encuentra en superficie). Inicialmente, la totalidad de la presión aplicada es transmitida al agua de los poros del suelo; se genera, de este modo, lo que se denomina un exceso de presión intersticial o presión neutra (u_e).

Inmediatamente después de la aplicación de la carga se inicia un proceso de consolidación consistente en la disipación paulatina de presiones neutras en exceso y la generación consecuente de presiones efectivas en el esqueleto de partículas sólidas del suelo. La disipación de presiones neutras en exceso se debe a la filtración de agua, que es expulsada parcialmente de la zona cargada del suelo. Este proceso de expulsión de agua tiene dos efectos simultáneos: la generación de asientos y el aumento de la resistencia al corte del terreno.

El proceso de consolidación descrito arranca con un ritmo considerable para ir atenuándose poco a poco con el paso del tiempo; la velocidad con que se lleva a cabo depende fundamentalmente de la permeabilidad del suelo y de su compresibilidad. A medida que se aplican cargas sucesivas (colocación de la zapata, construcción de la estructura, cargas de servicio, etc.) se generan nuevos procesos de consolidación que se van superponiendo unos a otros y, en definitiva, se van generando asientos y el terreno va mejorando sus propiedades resistentes.

Resulta extremadamente difícil reproducir dichos procesos mediante modelos de cálculo analíticos sencillos. Por este motivo es tradicional obtener la presión admisible por hundimiento mediante dos teorías distintas, una de ellas se aplica a suelos cohesivos (limos y arcillas) y otra a suelos granulares (arenas y gravas).

En el caso de terrenos cohesivos el coeficiente de permeabilidad del terreno es bajo y, por lo tanto, el proceso de consolidación tiene lugar en largos periodos de tiempo que, en general, son muy superiores al tiempo de ejecución de la obra y puesta en carga de la cimentación. De este modo, dado que el terreno no va a tener tiempo para consolidar, resulta conveniente asegurarse de que el suelo tiene, antes de colocar la cimentación, la resistencia necesaria para recibir la carga de la cimentación sin romperse. Por este motivo se caracteriza al suelo mediante parámetros de resistencia

a corto plazo (ángulo de rozamiento sin drenaje [ϕ_u] y cohesión sin drenaje [c_u]) los cuales se obtienen en ensayos de rotura sin drenaje o se deducen de ensayos in situ.

Los suelos granulares tienen una permeabilidad muy superior a la de los suelos cohesivos. El ritmo con el que, por ejemplo, una arena disipa las presiones neutras en exceso es muy superior al ritmo de ejecución de la propia obra. De esta forma, en el momento en que se aplica la totalidad de la carga el terreno ha drenado casi toda el agua que desea expulsar y ha mejorado sus propiedades de resistencia. Así, en el caso de terrenos granulares se utilizan modelos de cálculo a largo plazo los cuales usan parámetros drenados del suelo (ángulo de rozamiento interno efectivo [ϕ'] y cohesión efectiva [c']).

En cuanto a la limitación de asientos es evidente que la situación más desfavorable se produce a largo plazo, independientemente del tipo de terreno y del ritmo con que se vayan generando las deformaciones.

TABLA 22. Definiciones para el estudio de cimentaciones superficiales

<i>Símbolo</i>	<i>Variable y definición</i>
q_b	Presión de carga total bruta Presión vertical en el plano de cimentación debida a todas las cargas sobre dicho plano.
$q_{neta} = q_b - p_o$	Presión de carga neta Diferencia entre la presión de carga bruta y la presión vertical total en el terreno adyacente en el plano de cimentación
$q'_b = q_b - u$	Presión de carga efectiva bruta Diferencia entre la presión de carga bruta y la presión neutra en el plano de cimentación
$q'_{neta} = q'_b - p'_o = q_b - p_o = q_{neta}$	Presión de carga efectiva neta Diferencia entre la presión de carga efectiva bruta y la presión vertical efectiva en el terreno adyacente en el plano de cimentación
q_f	Presión de carga de hundimiento Presión de carga para la cual el terreno rompe por plastificación provocando el hundimiento o fallo de la cimentación. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión de conjunto o como presión neta (ejemplo: $q'_{net,1f}$ es la presión de carga efectiva neta que produce la rotura del terreno)
q_s	Presión de carga segura máxima Es la presión de carga para la cual el riesgo de hundimiento es adecuadamente pequeño. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión de conjunto o como presión neta

TABLA 22. Definiciones para el estudio de cimentaciones superficiales

<i>Símbolo</i>	<i>Variable y definición</i>
q_{adm}	Presión de carga admisible Es la presión de carga admisible desde el punto de vista del hundimiento y del asentamiento. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión de conjunto o como presión neta
q_w	Presión de carga de trabajo Presión de carga a la que se somete la cimentación. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión de conjunto o como presión neta.
q	Presión de carga de conjunto Presión vertical en el plano de cimentación debida a todas las cargas sobre dicho plano.

7.1.6 Cálculo de la presión de hundimiento en suelos granulares (largo plazo)

En este caso, la expresión general de presión de hundimiento propuesta por Hansen (1970) adopta la siguiente expresión:

$$q'_f = s_c d_c i_c b_c g_c c' N_c + s_q d_q i_q b_q g_q p'_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma \frac{B}{2} \gamma' N_\gamma$$

En la tabla siguiente se recoge el significado de cada una de las variables presentes en dicha expresión así como las fórmulas de los coeficientes correctores.

TABLA 23. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>	
q'_f	Presión efectiva de carga de hundimiento	
B	Longitud menor en planta de la cimentación	
L	Longitud mayor en planta de la cimentación	
D	Profundidad del plano de cimentación	
N_c	Coeficiente de capacidad de carga para la cohesión efectiva	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$
N_q	Coeficiente de capacidad de carga para la presión de tierras en el plano de cimentación	$N_q = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \exp(\pi \tan \phi')$

TABLA 23. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

Variable	Definición	
N_g	Coeficiente de capacidad de carga para el peso propio del terreno	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1)\tan\phi'$
s_c	Coeficiente de forma	$s_c = 1 + \frac{BN_q}{LN_c}$
s_q	Coeficiente de forma	$s_q = 1 + \frac{B}{L}\tan\phi'$
s_g	Coeficiente de forma	$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$
d_c	Coeficiente de profundidad	$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \tan\phi'}$
d_q	Coeficiente de profundidad	$d_q (D < B) = 1 + \frac{2D}{B}\tan\phi'(1 - \sin\phi')^2$ $d_q (D > B) = 1 + 2\arctan\left(\frac{D}{B}\right)\tan\phi'(1 - \sin\phi')^2$
d_g	Coeficiente de profundidad	$d_\gamma = 1$
i_c	Coeficiente de inclinación de la carga	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan\phi'}$
i_q	Coeficiente de inclinación de la carga	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + BLc'\cot\phi'}\right)^{m_b}; m_b = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$
i_g	Coeficiente de inclinación de la carga	$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + BLc'\cot\phi'}\right)^{m+1}$
b_c	Coeficiente de inclinación del plano de cimentación	$b_q = e^{-2.7 \tan\phi'}$
b_q	Coeficiente de inclinación del plano de cimentación	$b_\gamma = e^{-2.7 \tan\phi'}$
b_g	Coeficiente de inclinación del plano de cimentación	$b_c = 1 - \frac{2\nu}{2 + \pi}$
g_c	Coeficiente de inclinación del terreno de cimentación	$g_c = 1 - \frac{2\beta}{2 + \pi}$
g_q	Coeficiente de inclinación del terreno de cimentación	$g_q = (1 - 0.5 \tan\beta)^5$

TABLA 23. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

Variable	Definición	
g_g	Coeficiente de inclinación del terreno de cimentación	$g_g = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$

Por otra parte, Hansen (1970) define el concepto de área efectiva de cimentación; en el caso de que el centro de la planta de cimentación no coincida con la vertical de la resultante de las cargas al nivel de cimentación deberá considerarse que la zapata tiene una superficie reducida o efectiva de tal modo que su centro geométrico coincida con la resultante de cargas. La figura siguiente esquematiza tal situación mediante tres ejemplos gráficos.

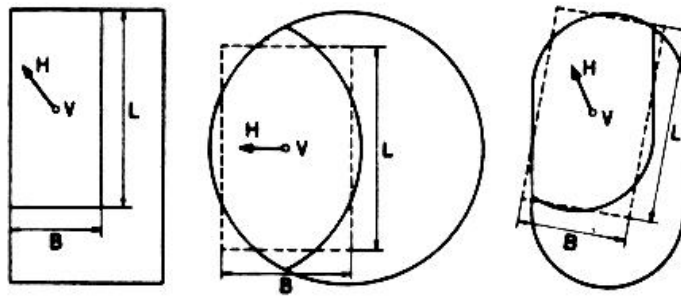


Figura N° 8.- Aplicación del concepto de área efectiva de cimentación (Hansen 1970)

7.2 Cimentaciones profundas en terrenos granulares

7.2.1 Concepto de carga de hundimiento

El estado límite último de rotura por hundimiento se produce cuando la carga vertical sobre la cabeza del pilote supera la resistencia característica del terreno (R_{ck}) causando asientos elevados. Dicha resistencia característica puede considerarse dividida en dos partes: resistencia por punta (R_{pk}) y resistencia por fuste (R_{fk}).

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk}$$

Cada una de estas resistencias se obtiene como la integración de una resistencia unitaria en la superficie donde actúa:

$$R_{pk} = q_p \cdot A_p$$

$$R_{fk} = \int_0^L \tau_f \cdot p_f \cdot dz$$

siendo

q_p resistencia unitaria por punta

A_p área de la punta

τ_f resistencia unitaria por fuste

L longitud del pilote dentro del terreno

p_f perímetro de la sección transversal del pilote

z profundidad contada desde la parte superior del pilote en el contacto con el terreno

El valor de cálculo de la resistencia del terreno o carga de hundimiento se determina mediante la siguiente expresión:

$$R_{ed} = \frac{R_{ck}}{\gamma_R}$$

Siendo

γ_R el coeficiente parcial de resistencia

R_{ck} la resistencia característica del terreno

En la siguiente tabla se reproducen los valores que toma el coeficiente de seguridad parcial γ_R en el estado límite último de hundimiento para cimentaciones profundas, según la tabla 2.1 del DB-SE-C:

TABLA 24. Coeficientes de seguridad parciales de resistencia

<i>Situación de dimensionado</i>	<i>Método de cálculo</i>	<i>Coeficiente de seguridad parcial frente al hundimiento</i>
Persistente o transitoria	Ensayos de campo o fórmulas analíticas a largo plazo	3,0
	Pruebas de carga, pruebas dinámicas de hinca o fórmulas analíticas a corto plazo	2,0
Extraordinaria	Ensayos de campo o fórmulas analíticas	2,0
	Pruebas de carga o pruebas dinámicas de hinca	1,5

7.2.2 Resistencia unitaria por punta

En terrenos heterogéneos se supone que la resistencia por punta está controlada por un terreno con las características medias de la zona comprendida entre tres diámetros

bajo la punta (zona activa inferior) y seis diámetros sobre la punta (zona pasiva superior).

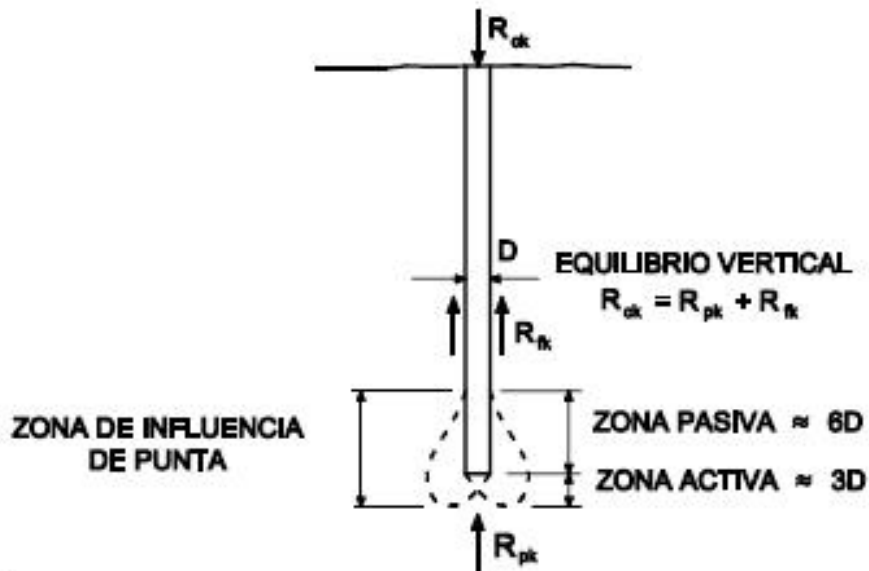


Figura Nº 9.- Esquema de distribución de la carga de un pilote aislado

En terrenos granulares, con porcentaje de gravas y bolos (retenido 30%) inferior al 30%, puede estimarse la resistencia unitaria por punta de pilotes a partir de la siguiente expresión, basada en los resultados de ensayos de penetración SPT.

$$q_p = f_N N \text{ (MPa)}$$

Siendo

f_N factor de proporcionalidad de la punta, igual a 0.4 en pilotes hincados y 0.2 en pilotes hormigonados in situ

N valor medio de N_{SPT} en la zona de influencia de la punta, no superior a 50

En caso de que bajo la punta exista un nivel arcilloso de menor resistencia, la resistencia unitaria por punta estará limitada por la siguiente expresión:

$$q_p \leq 6 \left(1 + \frac{H}{D} \right)^2 c_u$$

siendo

H distancia de la punta al techo del nivel cohesivo blando

D diámetro del pilote

c_u resistencia al corte sin drenaje del nivel cohesivo blando

7.2.3 Resistencia unitaria por fuste

En terrenos heterogéneos y cuando pueda suponerse la resistencia unitaria por fuste constante por tramos, la resistencia total por fuste puede considerarse como una sumatoria:

$$R_{fk} = \sum \tau_f \cdot A_f$$

siendo

τ_f resistencia unitaria por fuste en cada tramo

A_f área del contacto entre el fuste del pilote y el terreno en cada tramo

En suelos granulares, con porcentaje de gravas y bolos (retenido 30%) inferior al 30%, puede estimarse la resistencia unitaria por fuste a partir de la siguiente expresión, basada en los resultados de ensayos de penetración SPT.

$$\tau_f = 2,5 N_{SPT} \text{ (kPa)}$$

siendo

N_{SPT} valor de N_{SPT} en el nivel considerado, no superior a 50

En el caso de pilotes metálicos la resistencia por fuste se reduce al 80% de valor anterior.

7.2.4 Consideración del efecto grupo en la carga de hundimiento

El efecto grupo deberá considerarse para separaciones entre ejes de pilotes inferiores a 3 diámetros. En grupos de 4 pilotes o más debe considerarse una carga de hundimiento del grupo R_{ckg} inferior a la suma de las cargas de hundimiento de los pilotes aislados R_{ck} , según un coeficiente de eficiencia definido como sigue:

$$\eta = \frac{\text{Carga de hundimiento del grupo}}{n \cdot \text{Carga hundimiento del pilote individual}} = \frac{R_{ckg}}{n \cdot R_{ck}}$$

Siendo n el número de pilotes

TABLA 25. Valores del coeficiente de eficiencia

<i>Separación entre ejes</i>	<i>General</i>	<i>Pilotes hincados en arenas densas</i>
$s < 1D$	1,0	1,0 ⁽¹⁾
$1D < s < 3D$	Interpolación lineal	1,0 ⁽¹⁾
$s > 3D$	0,7	1,0 ⁽¹⁾

Observaciones:
⁽¹⁾ Podrá aumentarse hasta 1,3 por la posible compactación, previa justificación

En caso de existir un estrato cohesivo blando bajo la punta del pilote, también debe considerarse el efecto grupo si la separación entre pilotes es inferior a la distancia de la punta al techo de dicho estrato.

7.2.5 Estimación de asientos del pilote aislado

En la mayoría de los casos, se considera que el asiento de un pilote vertical asilado sometido a una carga vertical, de servicio, en su cabeza igual a la máxima recomendable por razones de hundimiento es del uno por ciento de su diámetro, más el acortamiento elástico del pilote.

Para una carga cualquiera sobre la cabeza, dicho asiento puede calcularse mediante la siguiente formula aproximada:

$$s_i = \left(\frac{D}{40 R_{ck}} + \frac{\ell_1 + \alpha \ell_2}{AE} \right) P$$

Siendo

- s_i el asiento del pilote individual aislado
- D el diámetro del pilote (o diámetro equivalente)
- P la carga sobre la cabeza
- R_{ck} la carga de hundimiento
- ℓ_1 la longitud del pilote fuera del terreno
- ℓ_2 la longitud del pilote dentro del terreno
- A el área de la sección transversal del pilote
- E el módulo de elasticidad del pilote

α un parámetro variable según el tipo de transmisión de cargas al terreno, $\alpha=1$ para pilotes columna y $\alpha=0.5$ para pilotes flotantes. En casos intermedios,

$$\alpha = \frac{1}{R_{ck}} (0,5 R_{fk} + R_{pk})$$

7.2.6 Consideración del efecto grupo en la estimación de asientos

En grupos de pilotes, y debido a la interferencia de las cargas, el asiento de cada pilote puede ser mayor que el calculado aisladamente.

El procedimiento de cálculo descrito en el DB-SE-C consiste en considerar la carga de todo el grupo de pilotes como una carga uniformemente distribuida a una profundidad z bajo la superficie del terreno, calculando a continuación los asientos producidos según los métodos de cálculo generales en cimentaciones superficiales.

La profundidad de referencia se define como $z=\alpha \cdot \ell_2$, siendo α y ℓ_2 , los parámetros indicados en el apartado anterior.

El área en la que se aplica la carga uniforme viene definida por $B_1 \times L_1$, donde:

$$B_1 = B_{\text{grupo}} + (1 - \alpha) \ell_2$$

$$L_1 = L_{\text{grupo}} + (1 - \alpha) \ell_2$$

siendo B_{grupo} y L_{grupo} las dimensiones del grupo, considerando los planos exteriores tangentes a los pilotes externos del grupo.

7.2.7 Tope estructural

El tope estructural o carga nominal es el valor de cálculo de la capacidad resistente del pilote, que en ocasiones puede llegar a ser inferior a la carga de hundimiento del terreno.

Los valores del tope estructural se calculan de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q_{\text{tope}} = \sigma \cdot A$$

siendo

A el área de la sección transversal del pilote

σ la tensión del pilote, según la siguiente tabla:

TABLA 26. Valores para el cálculo del tope estructural de pilotes

<i>Procedimiento</i>	<i>Tipo de pilote</i>	<i>Valores de v (Mpa)</i>	
<i>Hincados</i>	Hormigón pretensado o postesado	0.30 ($f_{ck}-0.90f_p$)	
	Hormigón armado	0.30 f_{ck}	
	Metálicos	0.30 f_{yk}	
	Madera	5	
		Tipo de apoyo	
		Suelo firme	Roca
<i>Perforados</i>	Entubados	5	6
	Lodos	4	6
	En seco	4	5
	Barrenados sin control de parámetros	3.5	5
	Barrenados con control de parámetros	4	-

7.2.8 Efecto de rozamiento negativo

En los pilotes resistentes por punta es suficientemente aproximado, y conservador, suponer que en todo el fuste se moviliza el rozamiento negativo cuando se temen asientos del terreno en superficie.

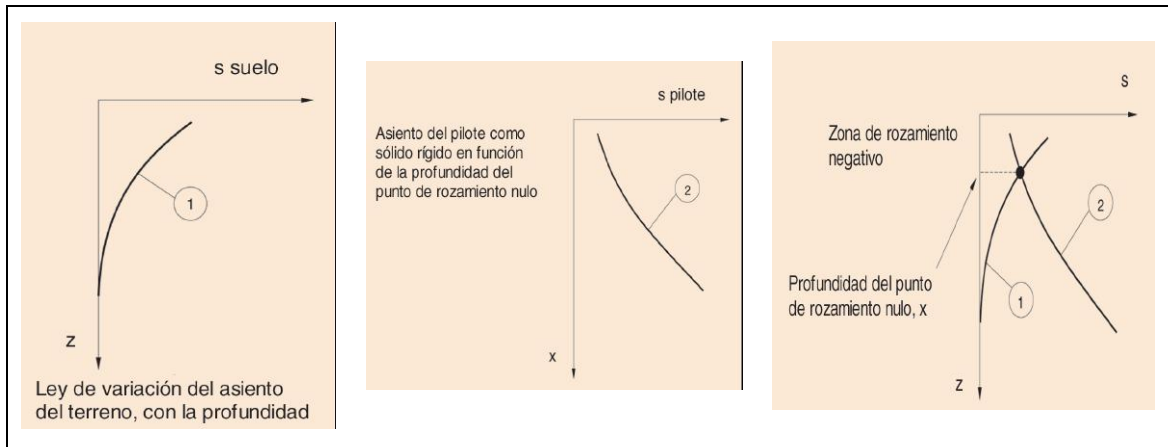
A estos efectos, se puede estimar el rozamiento negativo suponiéndolo igual a la resistencia por fuste, según se indica en el apartado 5.10 de la Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras.

Normalmente, el rozamiento negativo no se desarrolla en su totalidad. Por ello puede ser conveniente realizar un cálculo de deformaciones relativas suelo-pilote, para encontrar la profundidad hasta la que actúa el rozamiento negativo.

La metodología propuesta por la GCOC se resume en tres pasos:

1. Cálculo del asiento del terreno debido a la sobrecarga que se coloca en superficie (en la hipótesis que no existan pilotes) para puntos situados a diferentes profundidades, determinando la ley de variación de asientos con la profundidad.
2. Cálculo del asiento del pilote suponiendo el terreno inmóvil y variando las condiciones de sustentación.

3. Comparación de asientos, obteniendo la profundidad donde el asiento del pilote sometido a rozamiento negativo coincide con el asiento del terreno. La compresión máxima inducida por el rozamiento negativo será igual a la integración del rozamiento por fuste que corresponde a la zona de pilote ubicada por encima del punto en cuestión.



La metodología de cálculo para cada uno de los pasos está recogida en el apartado 5.6.2.2 de la GCOC.

Para los pilotes interiores del grupo el rozamiento negativo quedará limitado por el peso efectivo del terreno en el interior del grupo, que se puede estimar mediante el valor siguiente:

$$R_{\text{int}, gpo}^- \leq \left(S_x S_y - \frac{\pi}{4} D^2 \right) \gamma X$$

Donde:

$R_{\text{int}, gpo}$ = Rozamiento negativo de los pilotes interiores del grupo.

S_x, S_y = Espaciamiento de los pilotes internos, según las direcciones x e y , (ortogonales entre sí), que definen la malla del grupo.

D = Diámetro del pilote.

γ = Peso específico del terreno (aparente o sumergido según la situación del nivel freático)

X = Profundidad del punto de rozamiento nulo, anteriormente calculada.

8 Cálculo de cimentaciones

8.1 Cimentación mediante pozos

8.1.1 Parámetros geotécnicos de cálculo

TABLA 27. Hipótesis de cálculo			
Tipología de cimentación	-	Pozos	
Profundidad de empotramiento de la cimentación (D)	m	0.50	
Densidad del terreno sobre el plano de cimentación	kN/m ³	20	
Densidad del terreno bajo el plano de cimentación	kN/m ³	20	
Situación de dimensionado	-	Persistente – Largo plazo	
Ángulo de rozamiento efectivo	º	35	
Cohesión efectiva	kPa	0.0	
Cohesión sin drenaje	kPa	-	
Modelo constitutivo para estimación de asientos	-	Elástico – largo plazo	
Asiento admisible	cm	3.5	
Compresibilidad del terreno bajo la cimentación	Potencia	E'	v
	m	MPa	(coef. poisson)
U.G.II: Aluvial	> 12.0	37	0.30

8.1.2 Carga admisible

TABLA 28. Carga admisible				
Ancho de cimentación <i>m</i>	Zapata cuadrada		Zapata corrida	
	q_d MPa	Limitación	q_d MPa	Limitación
1.5	0.119	Hundimiento	0.170	Hundimiento
2.0	0.158	Hundimiento	0.226	Hundimiento
2.5	0.198	Hundimiento	0.282	Hundimiento
3.0	0.237	Hundimiento	0.339	Hundimiento
3.5	0.277	Hundimiento	0.395	Hundimiento

Con carácter general podrá adoptarse una carga admisible para los pozos de cimentación de 1.6 Kg/cm².

8.2 Cimentaciones profundas

8.2.1 Parámetros geotécnicos de cálculo

TABLA 29. Hipótesis de cálculo para Pilotes				
Tipología de cimentación	-	Profunda (pilotes)		
Resguardo mínimo	<i>m</i>	2m o 3D (el mayor)		
Tipo de pilote	-	Barrenados sin control de parámetros		
Modo de ejecución	-	Perforado en seco		
Tope estructural	<i>MPa</i>	40		
Situación de dimensionado	-	Persistente – Largo plazo		
<i>Parámetros geotécnicos para el cálculo de resistencias unitarias por punta y fuste</i>	Potencia	<i>N</i>	<i>Resistencia unitaria por punta</i>	<i>Resistencia unitaria por fuste</i>
-	<i>m</i>	-	<i>KPa</i>	<i>KPa</i>
<i>U.G. 0: Relleno antrópico</i>	6	-	-	-
<i>U.G. I Limos sobre NF</i>	1	-	49	3.758
<i>UG.I: Limos bajo NF</i>	1	-	57	4.355
<i>U.G.II: Aluvial de arenas y gravas</i>	-	-	80-110*	13.800-17.660*
(*) Variable dependiendo de la tensión efectiva				

Se tomará como primer factor limitante que la longitud empotrada en el estrato portante (aluvial de gravas y arenas) sea al menos de 6 diámetros con objeto de poder considerar la resistencia por la punta la de dicha unidad geotécnica.

De modo orientativo, se ha calculado la carga admisible para pilotes de distinto diámetro con la longitud mínima que asegure el empotramiento en el aluvial de gravas y arenas.

TABLA 30. Carga admisible por hundimiento del pilote aislado				
<i>Diámetro (mm)</i>	450	550	650	850
<i>Empotramiento (m)</i>	2.7	3.3	3.9	5.1
<i>Longitud mínima (m)</i>	11.7	12.3	12.9	14.1
<i>Carga admisible KN</i>	> T.E.	> T.E.	> T.E.	> T.E.
<i>Tope estructural KN</i>	636	950	1327	2270

En todos los casos, la carga de diseño es el propio **tope estructural** del pilote.

9 Parámetros de empuje sobre estructuras de contención

9.1 Empujes activo, pasivo y en reposo

El cálculo de empujes sobre estructuras de contención, debe realizarse a largo plazo y por lo tanto, deben utilizarse parámetros drenados del terreno, que son los ofrecidos en la siguiente tabla:

TABLA 31. Parámetros geotécnicos para cálculo de estructuras de contención

<i>Unidad geotécnica</i>	<i>Peso Específico efectivo</i>	<i>Cohesión efectiva</i>	<i>Angulo rozamiento efectivo</i>
-	γ KN/m ³	c' KPa	ϕ' °
U.G. 0: Rellenos	20	0	30
U.G. I: Aluvial de limos	21	10	25
U.G. II: Aluvial de gravas y arenas	22	0	35
γ (peso específico efectivo), c' (cohesión efectiva) y ϕ' (ángulo de rozamiento interno efectivo)			

Para el cálculo de empujes efectivos pueden adoptarse los valores definidos por las expresiones contenidas en la tabla siguiente:

TABLA 32. Definición de parámetros para empujes sobre estructuras de contención

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>	<i>Expresión</i>
σ'_a	Empuje unitario activo	$\sigma'_a = K_A \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_A}$
σ'_{ah}	Componente horizontal del empuje unitario activo	$\sigma'_{ah} = \sigma'_a \cdot \sin(\beta + \delta)$
σ'_p	Empuje unitario pasivo	$\sigma'_p = K_P \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_P}$
σ'_{ph}	Componente horizontal del empuje unitario pasivo	$\sigma'_{ph} = \sigma'_p \cdot \sin(\beta - \delta)$

TABLA 32. Definición de parámetros para empujes sobre estructuras de contención

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>	<i>Expresión</i>
σ'_v	Presión vertical efectiva	$\sigma'_v = \gamma z$
z	Altura del punto considerado respecto a la rasante del terreno en su acometida al muro	-
γ	Peso específico efectivo del terreno o relleno del trasdós	-
c'	Cohesión efectiva del terreno o relleno del trasdós	-
ϕ'	Ángulo de rozamiento interno efectivo del terreno o relleno del trasdós	-
β	Inclinación del paramento del trasdós	
i	Inclinación de la superficie del trasdós	
δ	Ángulo de rozamiento entre el muro y el terreno o relleno del trasdós	
K_a	Coeficiente de empuje activo	$K_A = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \operatorname{sen} (\beta - \phi')}{\sqrt{\operatorname{sen}(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\delta + \phi') \cdot \operatorname{sen}(\phi' - i)}{\operatorname{sen}(\beta - i)}}} \right]^2$
K_p	Coeficiente de empuje pasivo	$K_P = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \operatorname{sen} (\beta + \phi')}{\sqrt{\operatorname{sen}(\beta - \delta)} - \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\delta + \phi') \cdot \operatorname{sen}(\phi' + i)}{\operatorname{sen}(\beta - i)}}} \right]^2$
K_0	Coeficiente de empuje en reposo	$K_0 = (1 - \operatorname{sen} \phi') \cdot (R_{oc})^{\frac{1}{4}}$
R_{oc}	Razón de sobreconsolidación	$K_0 = (1 - \operatorname{sen} \phi') \cdot (R_{oc})^{\frac{1}{4}}$

9.2 Ley de empujes unitarios

El empuje del terreno sobre la estructura de contención es la suma del empuje efectivo de la fase sólida del terreno más el empuje del agua.

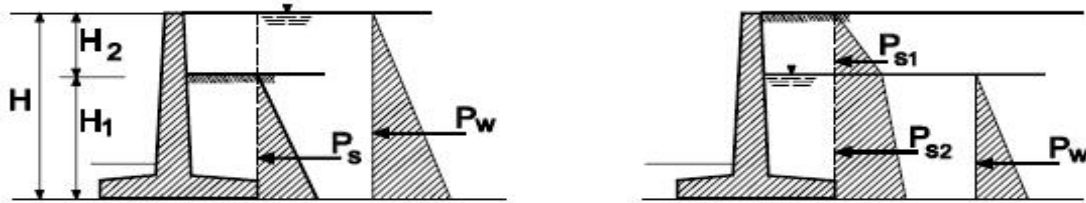


Figura Nº 10.-Empujes del terreno y del agua con trasdós vertical y superficie del terreno horizontal

La ley de empujes unitarios obedece a la siguiente expresión:

$$\sigma_h = K \cdot \sigma'_z + u_z$$

Si el terreno del trasdós está estratificado, cada estrato puede transformarse en una sobrecarga para el subyacente, deduciéndose la ley de empujes en forma acumulativa. Si el trasdós del elemento de contención es quebrado, la ley de empujes se obtendrá aplicando para cada tramo el coeficiente K correspondiente a su inclinación. Cuando la superficie del terreno sea irregular, el empuje resultante sobre el elemento de contención se determinará tanteando diversas superficies de rotura.

Es importante destacar que la propia ejecución de las obras de desmonte producirá una liberación de tensiones en el terreno y facilitará la formación de juntas y la apertura de las ya existentes.

En cuanto a los empujes del agua debe tenerse en cuenta que, es posible que tras un periodo de lluvias se desarrollen niveles de agua en el trasdós de las estructuras de contención. La mejor medida a considerar consiste en dotar a todas las estructuras de contención de elementos de drenaje consistentes en la ejecución de mechinales y la colocación de un material filtrante en el trasdós de los muros. De no ejecutarse dichas medidas, será preceptivo considerar una ley hidrostática de empujes de agua con origen en la coronación de los muros.

10 Referencias

- Burland J B y Wroth C P (1974). Settlement of buildings and associated damage. State-of-the-art review. Proceedings Conference Settlement of Structures. Cambridge, Pentech Press, Londres, pp 661-654.
- Dirección General para la Vivienda y Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1988). Norma Básica de la Edificación – Acciones en la Edificación (NBE-AE-88).
- Hansen, B J (1970). A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity. Danish Geotechnical Institute, Bulletin No 28.
- IGME (1972). Hoja 1066 Coín. E. 1:50.000.
- Jiménez Salas J A y Justo Alpañes, J L (1975). Geotecnia y Cimientos I : Propiedades de los suelos y de las rocas. Editorial Rueda, Alcorcón (Madrid), 466 pp.
- Jiménez Salas J A et al (1981). Geotecnia y Cimientos II: Mecánica del suelo y de las rocas Editorial Rueda, Alcorcón (Madrid), 1188 pp.
- Jiménez Salas J A et al (1980). Geotecnia y Cimientos III. Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia. Editorial Rueda, Alcorcón (Madrid), 1188 pp.
- Rodríguez Ortiz, J M , Serra, J, & Oteo, C (1972): Curso aplicado de Cimentaciones. Colegio Oficial de de Arquitectos de Madrid. 4ª edición
- Sanglerat G (1972). The Penetrometer and Soil Exploration. Amsterdam, Elsevier.
- Schmertman J H y Palacios A (1979). Energy Dynamics of the Standard Penetration Test. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 105 GT-8.
- Steinbrenner W (1936). A Rational Method for the Determination of the Vertical Normal Stresses under Foundations. 1er ICOSOMEF, Harvard, 2, 142-143.
- Terzaghi K (1955). Evaluation of coefficients of subgrade reaction. Geotechnique 5, 297.
- Winkler E (1867). Die Lehre von Elastizität und Festigkeit. Praga.

11 Resumen y recomendaciones

11.1 Conclusiones y recomendaciones

En el presente estudio geotécnico se han estudiado las condiciones de cimentación de dos solares situados en el paraje Peñón de Zapata donde se prevé la construcción de dos edificios. A continuación se resumen las conclusiones alcanzadas en cada uno de ellos y las recomendaciones de cimentación razonadas en capítulos anteriores.

11.1.1 Sede de la Ciudad Aeroportuaria.

La columna tipo del terreno está constituida por un nivel inicial de rellenos antrópicos con un espesor comprendido entre 1.6m y 3.2m, debajo del cual se identifica un aluvial constituido por una alternancia de arenas y conglomerados, hasta el final de los reconocimientos.

El nivel freático se situó a 10.5m referenciado a la cota de ejecución del sondeo.

Teniendo en cuenta que no se prevé la excavación de sótanos, se recomienda adoptar una cimentación mediante **pozos de hormigón** empotrados en la unidad geotécnica II compuesta por el aluvial de gravas y arenas. Con carácter general podrá adoptarse una carga admisible de **1.6 Kg/cm²**, si bien podrá atenderse a lo expuesto en la tabla nº 28.

11.1.2 Edificio de exposiciones

En esta zona se reconoce un nivel inicial de rellenos antrópicos con un espesor de 5.4-6.0m en los sondeos a rotación realizados debajo de los cuales aparece un nivel discontinuo de limos de llanura de inundación que alcanza los 3m de espesor en uno de los reconocimientos. Debajo de los limos, o directamente bajo los rellenos se localiza un terreno aluvial formado por una alternancia de arenas y conglomerados.

El nivel freático medido a la finalización de los sondeos se localizó a una profundidad de 7-8m respecto a su cota de ejecución.

Debido al importante espesor de rellenos existentes, se recomienda una **cimentación profunda** mediante **pilotes** que deberán quedar empotrados un mínimo de 6 diámetros en el aluvial de gravas y arenas descrito a partir de los 9m. de profundidad. En estas condiciones, la carga admisible de los pilotes queda limitada por su propio **tope estructural**.

11.2 Recomendaciones generales

Las conclusiones alcanzadas en el presente estudio geotécnico se basan en reconocimientos puntuales en campo y del análisis de laboratorio realizado sobre muestras también puntuales extraídas del terreno.

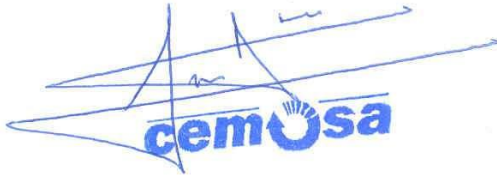
De este modo cabe la posibilidad de que existan diferencias en cuanto a las características geológicas y geotécnicas del terreno entre la interpretación que se expone en el presente estudio y los condicionantes realmente presentes en el subsuelo.

Por estos motivos antes de proceder a la realización de la estructura de cimentación el técnico competente deberá comprobar visualmente, o mediante las pruebas que juzgue oportunas, que el terreno de apoyo de aquélla se corresponde con lo estimado en el presente estudio geotécnico. En particular se deberá comprobar lo siguiente:

- La estratigrafía coincide con la estimada en el presente estudio geotécnico.
- El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas en dicho estudio.
- La resistencia y humedad del terreno encontrado al nivel de cimentación coinciden con las supuestas en el presente estudio geotécnico.
- No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc. o los elementos detectados se ajustan a lo previsto en el presente estudio. en cuyo caso deberán seguirse las recomendaciones que en él se establecen.
- No se detectan corrientes subterráneas que puedan provocar socavación o arrastres.
- El agua y el terreno no son agresivos para los materiales en contacto con ellos. y en caso de que lo sean se cumple lo estipulado al respecto en la normativa vigente.

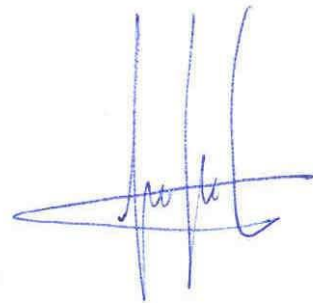
El presente estudio geotécnico consta de una memoria de 52 páginas y de 6 anejos a la memoria.

En Málaga, a 16 de diciembre de 2011.



Sergio Ocaña Agüera

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Fdo. J. Vicente Jiménez-Valladolid Torres

Lcdo. en Ciencias Geológicas

Colegiado N° 697

ANEJO 1. Planta de localización

PLANO DE LOCALIZACION



EXPEDIENTE: O/1112320
PETICIONARIO: EXCMO. AYTO. ALHAURIN DE LA TORRE
OBRA: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA

ANEJO Nº 1
LOCALIZACION DE LOS RECONOCIMIENTOS
SEDE CIUDAD AEROPORTUARIA

PLANO DE LOCALIZACION

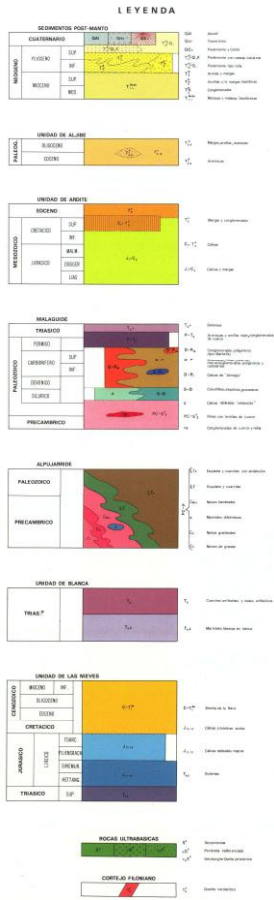
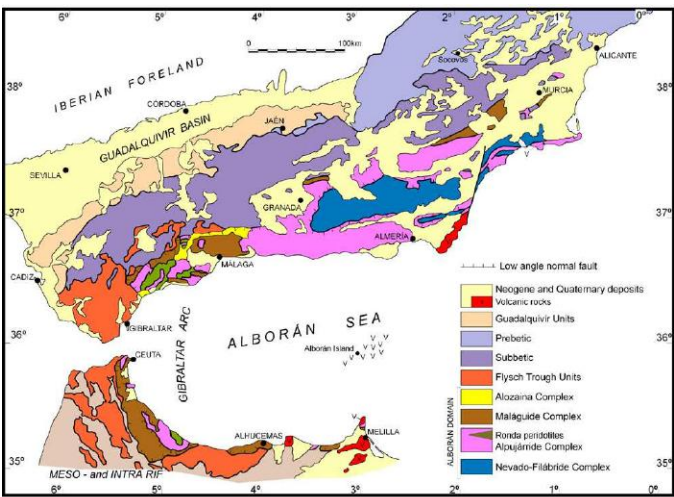
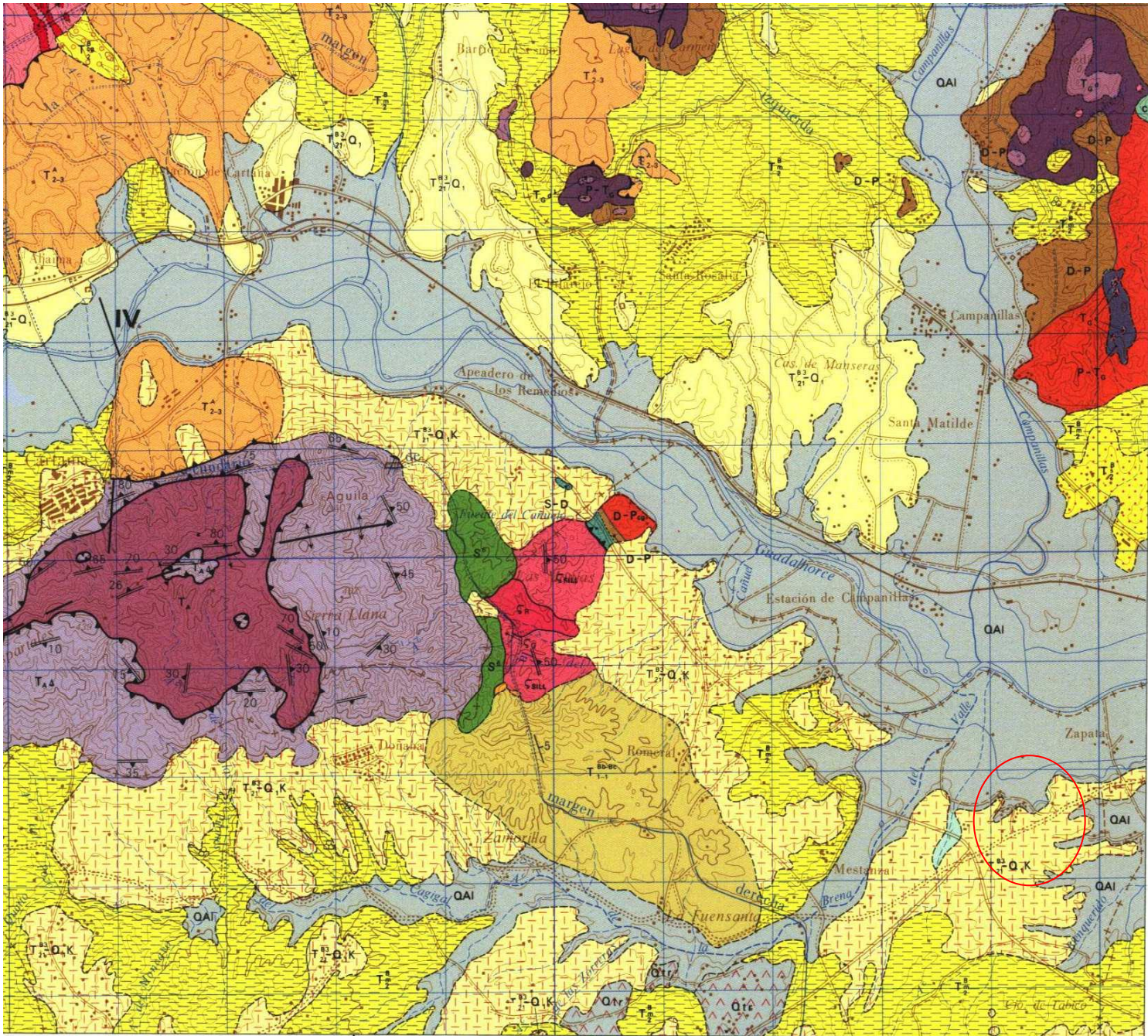


EXPEDIENTE: O/1112320
PETICIONARIO: EXCMO. AYTO. ALHAURIN DE LA TORRE
OBRA: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA

ANEJO Nº 1
LOCALIZACION DE LOS RECONOCIMIENTOS
EDIFICIO DE EXPOSICIONES

ANEJO 2. Plano geológico

MARCO GEOLÓGICO



ANEJO Nº 2

CONTEXTO GEOLÓGICO, PLANO Y LEYENDA DE LA ZONA EN ESTUDIO
HOJA MAGNA 1052/16-44 ÁLORA
ESCALA ORIGINAL: 1.50.000



EXPEDIENTE: O/1112320
PETICIONARIO:EXCMO. AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
OBRA: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD UNIVERSITARIA

ANEJO 3. Registro de sondeos a rotación

REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN

TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA
PETICIONARIO: EXCMO. AYTO. DE ALHAURIN DE LA TORRE
MÁQUINA: ROLATEC **INICIO:** 17-11-2011 **FIN:** 17-11-2011
COORDENADAS UTM: X: 362816 Y: 4061056 Z: 39

SONDEO: SR-01 S

HOJA:

EXP.: O/1112320

PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO PERF. (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	OTROS ENSAYOS	MUESTRAS			
							RECUP. (%)	SPT N30	TIPO	PROF. INICIAL (m)
							25 75	20 60		PROF. FINAL (m)
										GOLPEO /15 cm
1	W101		1.70	Rellenos antrópicos Arcillas y limos color marrón						
2			0.30	Rellenos antrópicos Arenas arcillosas posiblemente compactadas						
			0.40	Rellenos antrópicos Gravas subangulosas en matriz arenosa (posible zahorra)						
3			3.50	Aluvial Arenas arcillosas color marrón rojizo					MI	2.40
									SPT	3.00
4										
5										
6			1.0	Aluvial Arenas color ocre					SPT	6.00
7	W86		1.10	Aluvial Conglomerados en matriz arenosa. Color marrón grisáceo						
8										
9										
10			1.20	Aluvial Arenas color marrón anaranjado					SPT	9.25
			4.20							

FECHA: 17-12-2011



Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas






Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Químicas


MI: Muestra inalterada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo parafinado MA: Muestra alterada LF: Ensayo Lefranc LU: Ensayo Lugeon PR: Presiómetro


Nórmulas de aplicación: Toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared gruesa con estuche interior, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con pared delgada tipo Shelby, ASTM D1587-00, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared delgada de pistón fijo, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras simple (batería simple), ASTM D2113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras doble (batería doble), ASTM D2XP113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple), XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple) con extensión de pared delgada, XP P94-202; ensayo de penetración estándar (SPT), UNE 103-800:1992; toma de muestra de agua para análisis químico, Anejo 5 de EHE

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018
ÁREA DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia), ÁREA DE ACTUACIÓN INGENIERÍA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)

 INGENIERÍA Y CONTROL c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400				REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA PETICIONARIO: EXCMO. AYTO. ALHAURIN DE LA TORRE MÁQUINA: ROLATEC INICIO: 17-11-2011 FIN: 17-11-2011 COORDENADAS UTM: X: 362841 Y: 4061319 Z: 35						SONDEO: SR-01 E HOJA: EXP.: O/1112320			
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO PERF. (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	OTROS ENSAYOS	MUESTRAS						
							RECUP. (%) 25 75	SPT N30 20 60	TIPO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	GOLPEO /15 cm	
0	W101		6.00	Rellenos antrópicos Escombros de obra y vertidos									
1													
2													
3													
4													
5													
6			2.00	Aluvial Conglomerado en matriz arenosa color gris					SPT	3.00	3.60	3-6-4-5	
7	W86												
8			2.00	Aluvial Conglomerado en matriz limo-arenosa color marrón									
9									MI	9.00	9.43		
10			4.60						SPT	9.43	10.03	7-15-27-19	

FECHA: 17-12-2011





Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas


Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Químicas


MI: Muestra inalterada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo parafinado MA: Muestra alterada LF: Ensayo Lefranc LU: Ensayo Lugeon PR: Presiómetro


Nórmulas de aplicación: Toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared gruesa con estuche interior, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con pared delgada tipo Shelby, ASTM D1587-00, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared delgada de pistón fijo, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras simple (batería simple), ASTM D2113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras doble (batería doble), ASTM D2XP113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple), XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple) con extensión de pared delgada, XP P94-202; ensayo de penetración estándar (SPT), UNE 103-800:1992; toma de muestra de agua para análisis químico, Anejo 5 de EHE

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018
AREA DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia), ÁREA DE ACTUACIÓN INGENIERÍA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)

 INGENIERÍA Y CONTROL c/Benaque 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400				REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTURARIA PETICIONARIO: EXCMO. AYTO. ALHAURIN DE LA TORRE MÁQUINA: ROLATEC INICIO: 17-11-2011 FIN: 17-11-2011 COORDENADAS UTM: X: 362841 Y: 4061319 Z: 35						SONDEO: SR-01 E HOJA: EXP.: O/1112320			
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO PERF. (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	OTROS ENSAYOS	MUESTRAS						
							RECUP. (%) 25 75	SPT N30 20 60	TIPO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	GOLPEO /15 cm	
11			1.50	Aluvial Gravas en matriz areno-limosa color marrón									
12			0.50	Aluvial Arenas algo cementadas con gravas									
12				Fin del sondeo					SPT	12.00	12.15	15/50R	
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

FECHA: 17-12-2011


Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas


Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Químicas

MI: Muestra inalterada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo parafinado MA: Muestra alterada LF: Ensayo Lefranc LU: Ensayo Lugeon PR: Presiómetro

Nórm. de aplicación: Toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared gruesa con estuche interior, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con pared delgada tipo Shelby, ASTM D1587-00, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared delgada de pistón fijo, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras simple (batería simple), ASTM D2113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras doble (batería doble), ASTM D2XP113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple), XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple) con extensión de pared delgada, XP P94-202; ensayo de penetración estándar (SPT), UNE 103-800:1992; toma de muestra de agua para análisis químico, Anejo 5 de EHE

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018
AREA DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia), ÁREA DE ACTUACIÓN INGENIERÍA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)

REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN

TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA
PETICIONARIO: EXMO. AYTO ALHAURIN DE LA TORRE
MÁQUINA: ROLATEC **INICIO:** 16-11-2011 **FIN:** 16-11-2011
COORDENADAS UTM: X: 362832 Y: 4061264 Z: 35

SONDEO: SR-02 E

HOJA:

EXP.: O/1112320

PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO PERF. (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	OTROS ENSAYOS	MUESTRAS				
							RECUP. (%) 25 75	SPT N30 20 60	TIPO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)
1	W101		5.40	Rellenos antrópicos Materiales vertidos							
2								SPT	1.50	2.10	4-5-5-6
3								MI	3.00	3.60	
4								SPT	3.60	4.20	7-6-6-5
5											
6			3.50	Llanura de Inundación Limos arenosos color marrón chocolate				MI	6.00	6.60	
7	SPT							6.60	7.20	3-4-4-7	
8											
9			2.20	Aluvial Arenas arcillosas color marrón grisáceo				SPT	9.00	9.60	3-6-5-4
10											

FECHA: 17-12-2011



Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas






Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Químicas


MI: Muestra inalterada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo parafinado MA: Muestra alterada LF: Ensayo Lefranc LU: Ensayo Lugeon PR: Presiómetro


Nórmulas de aplicación: Toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared gruesa con estuche interior, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con pared delgada tipo Shelby, ASTM D1587-00, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared delgada de pistón fijo, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras simple (batería simple), ASTM D2113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras doble (batería doble), ASTM D2XP113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple), XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple) con extensión de pared delgada, XP P94-202; ensayo de penetración estándar (SPT), UNE 103-800:1992; toma de muestra de agua para análisis químico, Anejo 5 de EHE

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018
ÁREA DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnica), ÁREA DE ACTUACIÓN INGENIERÍA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)

 INGENIERÍA Y CONTROL c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400				REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA PETICIONARIO: EXMO. AYTO ALHAURIN DE LA TORRE MÁQUINA: ROLATEC INICIO: 16-11-2011 FIN: 16-11-2011 COORDENADAS UTM: X: 362832 Y: 4061264 Z: 35						SONDEO: SR-02 E HOJA: EXP.: O/1112320			
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO PERF. (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	OTROS ENSAYOS	MUESTRAS						
							RECUP. (%) 25 75	SPT N30 20 60	TIPO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	GOLPEO /15 cm	
11			2.20	Aluvial Arenas arcillosas color marrón grisáceo									
12	W86		2.40	Aluvial Conglomerado en matriz arenosa. Color marrón									
13													
14			0.50	Aluvial Arenas medias con algunas gravas. Color marrón verdoso									
15			0.90	Aluvial Arenas algo cementadas con gravas									
15				Fin del sondeo									
16													
17													
18													
19													
20													

FECHA: 17-12-2011




Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas


Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Químicas


MI: Muestra inalterada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo parafinado MA: Muestra alterada LF: Ensayo Lefranc LU: Ensayo Lugeon PR: Presiómetro


Nórm. de aplicación: Toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared gruesa con estuche interior, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con pared delgada tipo Shelby, ASTM D1587-00, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared delgada de pistón fijo, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras simple (batería simple), ASTM D2113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras doble (batería doble), ASTM D2XP113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple), XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple) con extensión de pared delgada, XP P94-202; ensayo de penetración estándar (SPT), UNE 103-800:1992; toma de muestra de agua para análisis químico, Anejo 5 de EHE

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018
AREA DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia), ÁREA DE ACTUACIÓN INGENIERIA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)

 REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA PETICIONARIO: EXCMO. AYTO. DE ALHAURIN DE LA TORRE MÁQUINA: ROLATEC INICIO: 17-11-2011 FIN: 17-11-2011 COORDENADAS UTM: X: 362816 Y: 4061056 Z: 39				SONDEO: SR-01 S HOJA: EXP.: O/1112320								
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO PERF. (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	OTROS ENSAYOS	MUESTRAS					
							RECUP. (%) 25 75	SPT N30 20 60	TIPO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	GOLPEO /15 cm
11			1.20	Aluvial Arenas color marrón anaranjado								
			1.10	Aluvial Conglomerado en matriz arenosa color gris								
12				Fin del sondeo					SPT	12.00	12.07	100
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

FECHA: 17-12-2011


Fdo. Elena Frade Viano
 Director Técnico de Laboratorio
 Lda. Ciencias Químicas


Fdo. Manuel Gil Romero
 Responsable de Ensayos Físicos
 Lda. Ciencias Químicas

MI: Muestra inalterada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo parafinado MA: Muestra alterada LF: Ensayo Lefranc LU: Ensayo Lugeon PR: Presiómetro

Normas de aplicación: Toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared gruesa con estuche interior, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con pared delgada tipo Shelby, ASTM D1587-00, XP P94-202; toma de muestras inalteradas en sondeos con tomamuestras de pared delgada de pistón fijo, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras simple (batería simple), ASTM D2113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras doble (batería doble), ASTM D2XP113-99, XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple), XP P94-202; toma de muestras a rotación con tubo tomamuestras triple (batería triple) con extensión de pared delgada, XP P94-202; ensayo de penetración estándar (SPT), UNE 103-800:1992; toma de muestra de agua para análisis químico, Anejo 5 de EHE

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018
 AREA DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia), ÁREA DE ACTUACIÓN INGENIERIA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)

ANEJO 4. Registro de ensayos a penetración dinámica

**PRUEBA CONTINUA DE PENETRACIÓN
SUPERPESADA (DPSH)**

TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA

PETICIONARIO: EXCMO. AYTO. DE ALHAURIN DE LA TORRE

MÁQUINA:

FECHA DE EJECUCIÓN:

COORDENADAS UTM:

X: 362803

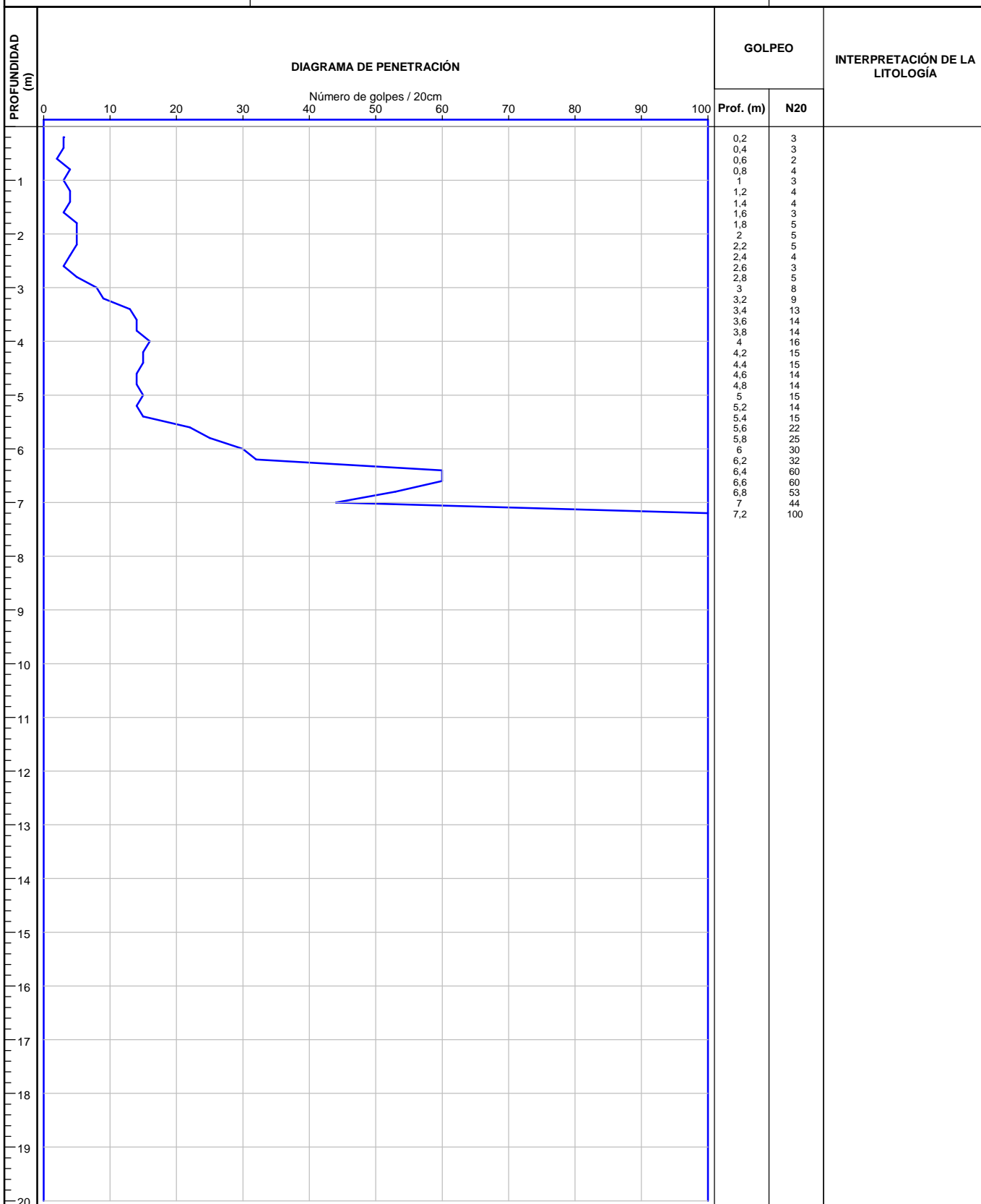
Y: 4061056

Z: 39

ENSAYO: SM-01 S

HOJA:

EXP.: O/1112320



FECHA: 17/12/2011

Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas

Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. Ciencias Químicas

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

ÁREAS DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural)

ÁREAS DE ACTUACIÓN INGENIERIA CIVIL: A (Suelos, firmes bituminosos y otros materiales) B (Conglomerantes, áridos, agua, hormigón y prefabricados de hormigón) C (Productos metálicos y señalización) D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)
Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

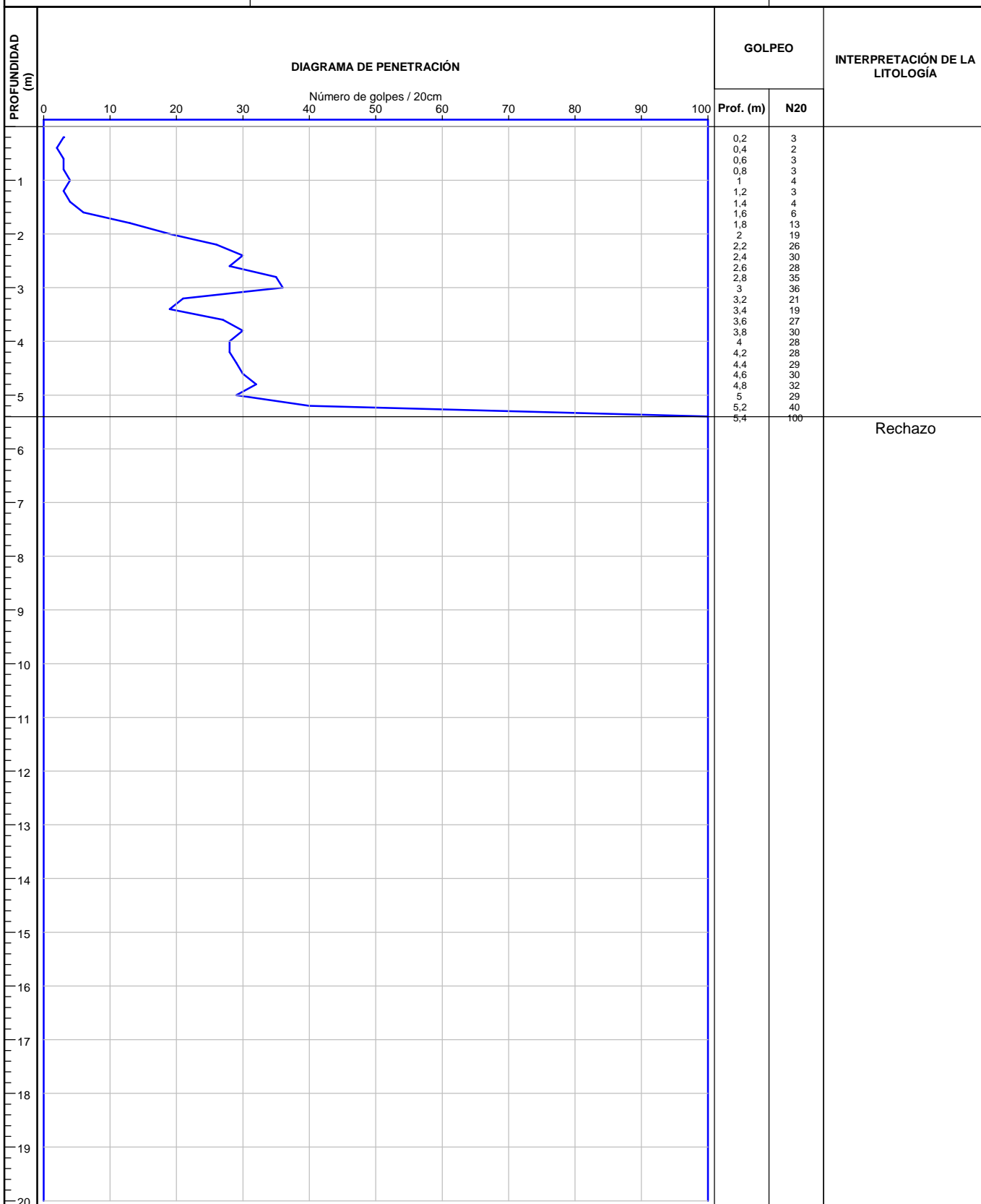
**PRUEBA CONTINUA DE PENETRACIÓN
SUPERPESADA (DPSH)**

TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA
PETICIONARIO: EXCMO. AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
MÁQUINA: **FECHA DE EJECUCIÓN:**
COORDENADAS UTM: X: 362792 Y: 4061065 Z: 38

ENSAYO: SM-02 S

HOJA:

EXP.: O/1112320



FECHA: 17/12/2011

Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas

Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Químicas

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

ÁREAS DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural)

ÁREAS DE ACTUACIÓN INGENIERIA CIVIL: A (Suelos, firmes bituminosos y otros materiales) B (Conglomerantes, áridos, agua, hormigón y prefabricados de hormigón) C (Productos metálicos y señalización) D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)
Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

**PRUEBA CONTINUA DE PENETRACIÓN
SUPERPESADA (DPSH)**

TRABAJO: SEDE Y PALACIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA

PETICIONARIO: EXCMO. AYTO. DE ALHAURIN DE LA TORRE

MÁQUINA:

FECHA DE EJECUCIÓN:

COORDENADAS UTM:

X: 362840

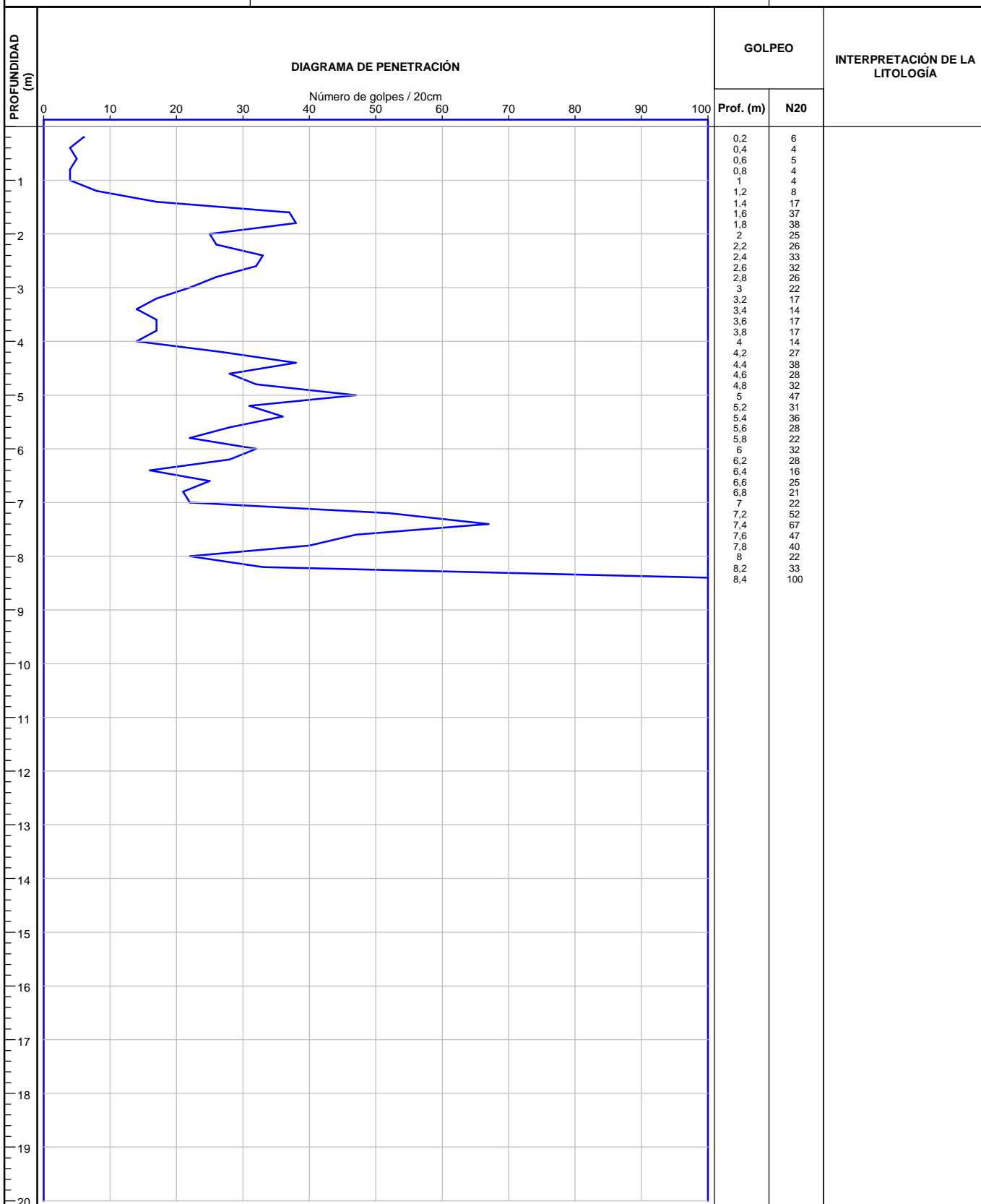
Y: 4061303

Z: 34

ENSAYO: SM-01 E

HOJA:

EXP.: O/1112320



FECHA: 17/12/2011

Fdo. Elena Frade Viano
Director Técnico de Laboratorio
Lda. Ciencias Químicas

Fdo. Manuel Gil Romero
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. Ciencias Químicas

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

ÁREAS DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural)

ÁREAS DE ACTUACIÓN INGENIERIA CIVIL: A (Suelos, firmes bituminosos y otros materiales) B (Conglomerantes, áridos, agua, hormigón y prefabricados de hormigón) C (Productos metálicos y señalización) D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)
Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

ANEJO 5. Fotografías de testigos de sondeos a rotación



Fotografía 1: SONDEO 1S: 0.00 – 3.00



Fotografía 2: SONDEO 1S: 3.00 – 6.00

PETICIONARIO: EXCMO. AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA
EXPEDIENTE: O/1112320



Fotografía 3: SONDEO 1S: 6.00 – 9.00



Fotografía 4: SONDEO 1S: 9.00 – 12.00



Fotografía 5: SONDEO 1E: 0.00 – 3.00



Fotografía 6: SONDEO 1E: 3.00 – 6.00



Fotografía 6: SONDEO 1E: 6.00 – 9.00



Fotografía 7: SONDEO 1E: 9.00 – 12.00

PETICIONARIO: EXCMO. AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
TRABAJO: SEDE Y EDIFICIO DE EXPOSICIONES. CIUDAD AEROPORTUARIA
EXPEDIENTE: O/1112320



Fotografía 8: SONDEO 2E: 0.00 – 3.00



Fotografía 9: SONDEO 2E: 3.00 – 6.00



Fotografía 10: SONDEO 2E: 6.00 – 9.00



Fotografía 11: SONDEO 2E: 9.00 – 12.00



Fotografía 12: SONDEO 2E: 12.00 – 15.00

ANEJO 6. Actas de ensayos de laboratorio

Trabajo: O/1112320/1/01/02
Petionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Contratista:
Dirección Técnica:
Obra: **EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA ALHAURIN DE LA TORRE**

Informe de Identificación

Material:

Descripción Arcillas poco plásticas.
Procedencia S-1S MI PRF. 2.40-3.00

Clasificación :

Unified CL
H.R.B. A-4
Indice de Grupo 4,8

Plasticidad (Límites de Atterberg):

Límite líquido : 25,9 Límite plástico : 16,7 Índice de plasticidad : 9,2

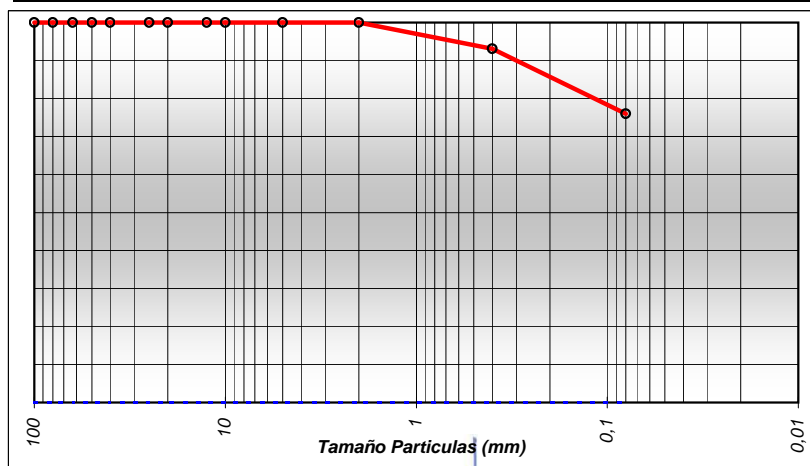
Análisis Químico

Sulfatos (% SO₃)
Materia Orgánica (% MO)

Sales solubles (gr/100grsuelo)
Yesos (%)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,1	76,0



[Firma]

Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]

Fdo : Manuel Gil Romero
Responsable de ensayos físicos
Licenciado en Ciencias Químicas

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural) Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89
Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemos.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo : **O/1112320/1/01/02**

Peticionario : **AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE**

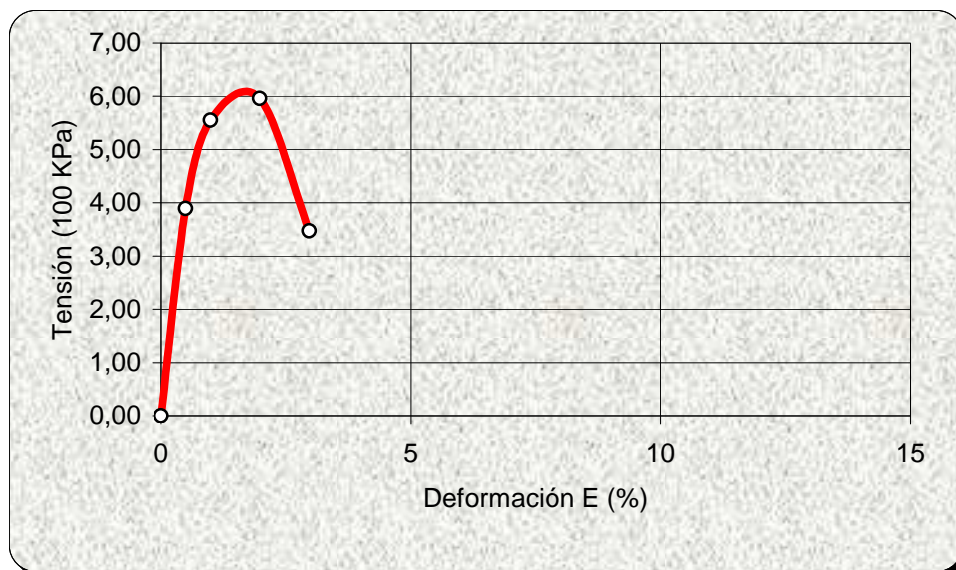
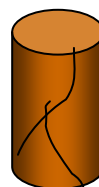
Obra : **EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA ALHAURIN DE LA TORRE**

Ref. Muestra: **S-1S MI PRF. 2,40-3,00**

Ensayo de Rotura a Compresión Simple en Probetas de Suelo (UNE 103-400-93)

Ensayo con muestra	<i>Inalterada</i>
Diametro d (cm)	5,74
Altura h (cm)	10,10
Humedad W (%)	7,03
R. Comp. Simple (Kpa)	595,8
R. Comp. Simple (Kp/cm2)	6,08
Deform. en Rotura E(%)	1,98
Densidad Humeda (g/cm3)	2,11
Densidad Seca (g/cm3)	1,97

Forma de Rotura



OBSERVACIONES:

Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Ldo. Ciencias Químicas

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable ensayos físicos
Ldo. Ciencias Químicas

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89
Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA

Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)

FAX 952 23 12 14

URL: www.cemosa.es

E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Agresividad del suelo frente al hormigón

Expediente: O/1112320/1/01/02	Peticionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE
Obra: EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPUERTO ALHAURIN DE LA TORRE	
Contratista:	
Dirección técnica:	

INFORME DEL ENSAYO PARA EL ANÁLISIS DEL SUELO				
1: INFORMACIÓN GENERAL				
Nº de la muestra del suelo: S-1S MI PRF. 2.40-3.00				
Tipo de suelo:				
Denominación del suelo:				
Puntos de recogida (perforación, calicata de ensayo...):				
Profundidad de extracción (m):				
Hora del día:		Día del muestreo:		
2: INFORMACIÓN ADICIONAL.				
Descripción de las condiciones locales(área residual, zona industrial, zona de descarga, inclinación, tierra cultivable, bosque):				
Lugar y fecha de muestreo:		Tomamuestras:		
3: ANÁLISIS DEL SUELO		4: GRADO DE AGRESIVIDAD		
Parámetro comprobado	Resultado ensayo	Débil	Medio	Fuerte
Acidez Baumann-Gully (ml/kg) UNE 83962	160	>200		
Contenido en sulfato (mg/kg de muestra) UNE 83963	N.C.	2000 a 3000	3000 a 12000	>12000
5: EVALUACIÓN				
El suelo es de agresividad débil/media/fuerte para el hormigón	Débil		El suelo no es agresivo para el hormigón	X
	Media			
	Fuerte			
Lugar y día del análisis: 30/11/11		Analista: R, R,T		Laboratorio: CEMOSA

Observaciones: Art. 37.3.5. EHE: El cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos siempre que su contenido sea igual o mayor que 3000 mg/kg en el caso de suelos

Málaga, 30-nov-11



Fdo.: Elena Frade Viano
Director Técnico laboratorio
Lda. Ciencias Químicas



Fdo.: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Lda. Ciencias Químicas

Página 1 de 1

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural) Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

Trabajo: O/1112320/1/01/02
Petitionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Contratista:
Dirección Técnica:
Obra: **EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA ALHAURIN DE LA TORRE**

Informe de Identificación

Material:

Descripción Arenas limosas.
Procedencia S-1E MI PRF. 9.00-9.43

Clasificación :

Unified SM
H.R.B. A-1-b
Indice de Grupo 0

Plasticidad (Límites de Atterberg): NO PLASTICO

Límite líquido :

Límite plástico :

Indice de plasticidad :

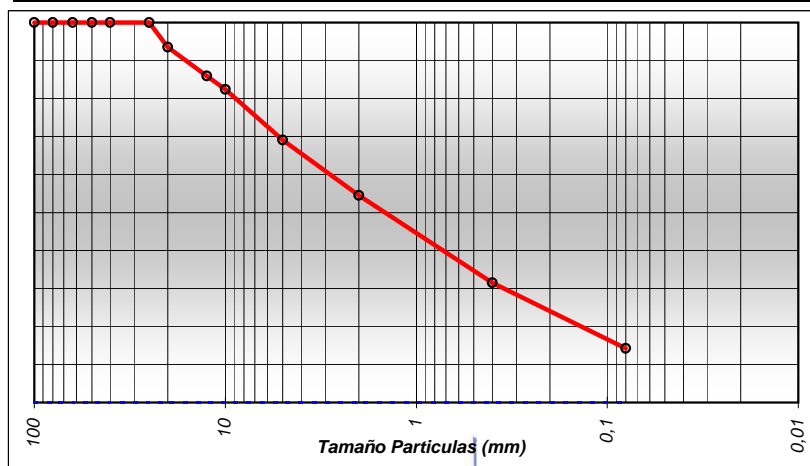
Análisis Químico

Sulfatos (% SO₃)
Materia Orgánica (% MO)

Sales solubles (gr/100grsuelo)
Yesos (%)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,5	85,9	82,4	69,1	54,5	31,5	14,2



[Firma]

Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]

Fdo : Manuel Gil Romero
Responsable de ensayos físicos
Licenciado en Ciencias Químicas

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural) Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89
Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemos.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo : **O/1112320/1/01/02**

Peticionario : **AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE**

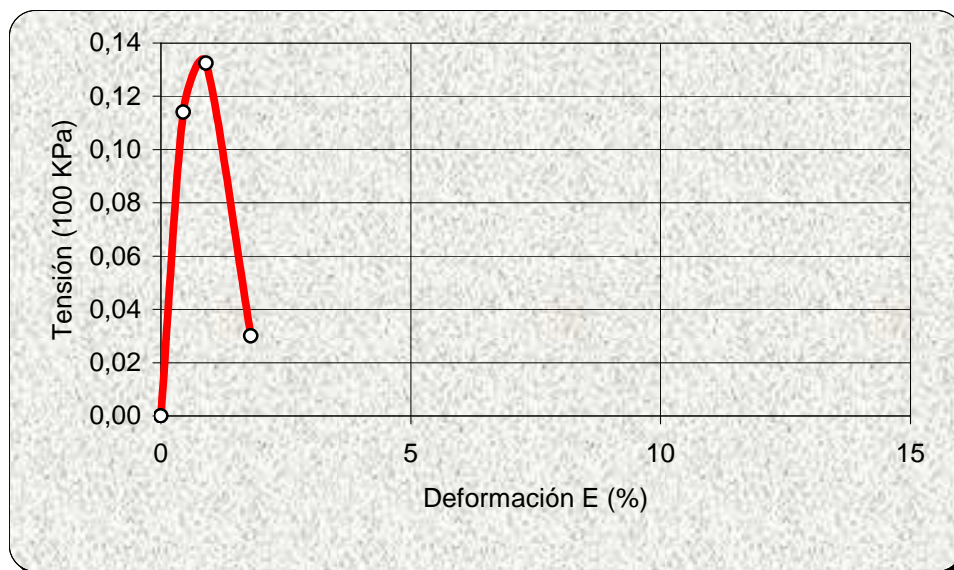
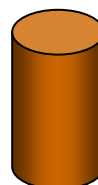
Obra : **EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA ALHAURIN DE LA TORRE**

Ref. Muestra: **S-1E MI PRF. 9,00-9,43**

Ensayo de Rotura a Compresión Simple en Probetas de Suelo (UNE 103-400-93)

Ensayo con muestra	<i>Inalterada</i>
Diametro d (cm)	5,72
Altura h (cm)	11,10
Humedad W (%)	9,66
R. Comp. Simple (Kpa)	13,2
R. Comp. Simple (Kp/cm2)	0,14
Deform. en Rotura E(%)	0,90
Densidad Humeda (g/cm3)	2,32
Densidad Seca (g/cm3)	2,12

Forma de Rotura



OBSERVACIONES:

[Firma]

Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Ldo. Ciencias Químicas

[Firma]

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable ensayos físicos
Ldo. Ciencias Químicas

Trabajo: O/1112320/1/01/02
Petitionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Contratista:
Dirección Técnica:
Obra: **EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA ALHAURIN DE LA TORRE**

Informe de Identificación

Material:

Descripción Gravas limosas.
Procedencia S-2E MI PRF. 3.00-3.60

Clasificación :

Unified GM
H.R.B. A-1-b
Indice de Grupo 0

Plasticidad (Límites de Atterberg):

Límite líquido : 18,7 Límite plástico : 15,3 Índice de plasticidad : 3,4

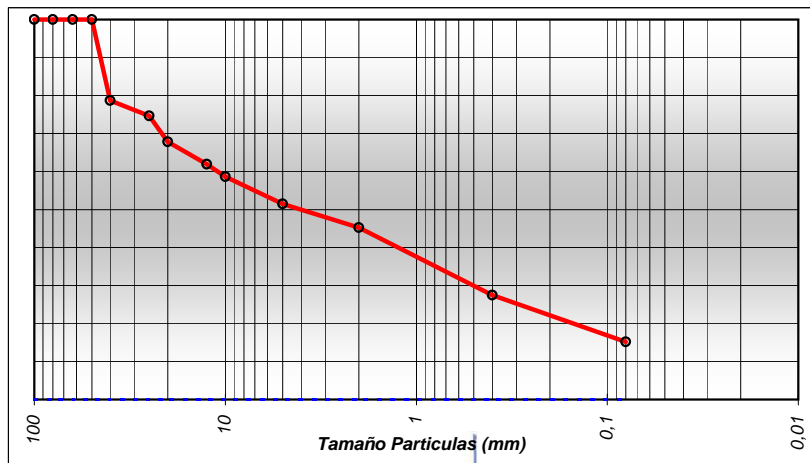
Análisis Químico

Sulfatos (% SO₃)
Materia Orgánica (% MO)

Sales solubles (gr/100grsuelo)
Yesos (%)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	78,7	74,6	67,8	61,9	58,6	51,5	45,2	27,5	15,2



[Firma]

Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]

Fdo : Manuel Gil Romero
Responsable de ensayos físicos
Licenciado en Ciencias Químicas

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural) Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89
Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Agresividad del suelo frente al hormigón

Expediente: O/1112320/1/01/02	Peticionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN TORRE
Obra: EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPUERTO ALHAURIN DE LA TORRE	
Contratista:	
Dirección técnica:	

INFORME DEL ENSAYO PARA EL ANÁLISIS DEL SUELO				
1: INFORMACIÓN GENERAL				
Nº de la muestra del suelo: S-2E MI PRF. 3.00-3.60				
Tipo de suelo:				
Denominación del suelo:				
Puntos de recogida (perforación, calicata de ensayo...):				
Profundidad de extracción (m):				
Hora del día:		Día del muestreo:		
2: INFORMACIÓN ADICIONAL				
Descripción de las condiciones locales(área residual, zona industrial, zona de descarga, inclinación, tierra cultivable, bosque):				
Lugar y fecha de muestreo:		Tomamuestras:		
3: ANÁLISIS DEL SUELO		4: GRADO DE AGRESIVIDAD		
Parámetro comprobado	Resultado ensayo	Débil	Medio	Fuerte
Acidez Baumann-Gully (ml/kg) UNE 83962	80	>200		
Contenido en sulfato (mg/kg de muestra) UNE 83963	N.C.	2000 a 3000	3000 a 12000	>12000
5: EVALUACIÓN				
El suelo es de agresividad débil/media/fuerte para el hormigón	Débil		El suelo no es agresivo para el hormigón	X
	Media			
	Fuerte			
Lugar y día del análisis: 30/11/11		Analista: R, R,T		Laboratorio: CEMOSA

Observaciones: Art. 37.3.5. EHE: El cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos siempre que su contenido sea igual o mayor que 3000 mg/kg en el caso de suelos

Málaga, 30-nov-11



Fdo.: Elena Frade Viano
Director Técnico laboratorio
Lda. Ciencias Químicas



Fdo.: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Lda. Ciencias Químicas

Página 1 de 1

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural) Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

Trabajo: O/1112320/1/01/02
Petitionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Contratista:
Dirección Técnica:
Obra: **EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA ALHAURIN DE LA TORRE**

Informe de Identificación

Material:

Descripción Arenas arcillosas.
Procedencia S-2E MI PRF. 6.00-6.60

Clasificación :

Unified SC
H.R.B. A-6
Indice de Grupo 3,3

Plasticidad (Límites de Atterberg):

Límite líquido : 31,7 Límite plástico : 15,6 Índice de plasticidad : 16,1

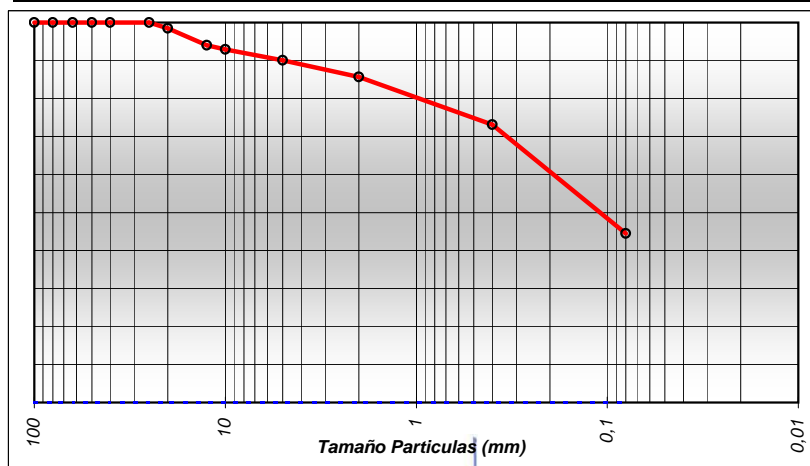
Análisis Químico

Sulfatos (% SO₃)
Materia Orgánica (% MO)

Sales solubles (gr/100grsuelo)
Yesos (%)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,5	94,0	92,9	90,1	85,7	73,1	44,5



Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

Fdo : Manuel Gil Romero
Responsable de ensayos físicos
Licenciado en Ciencias Químicas

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotécnica) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural) Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89
Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo : **O/1112320/1/01/02**

Peticionario : **AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE**

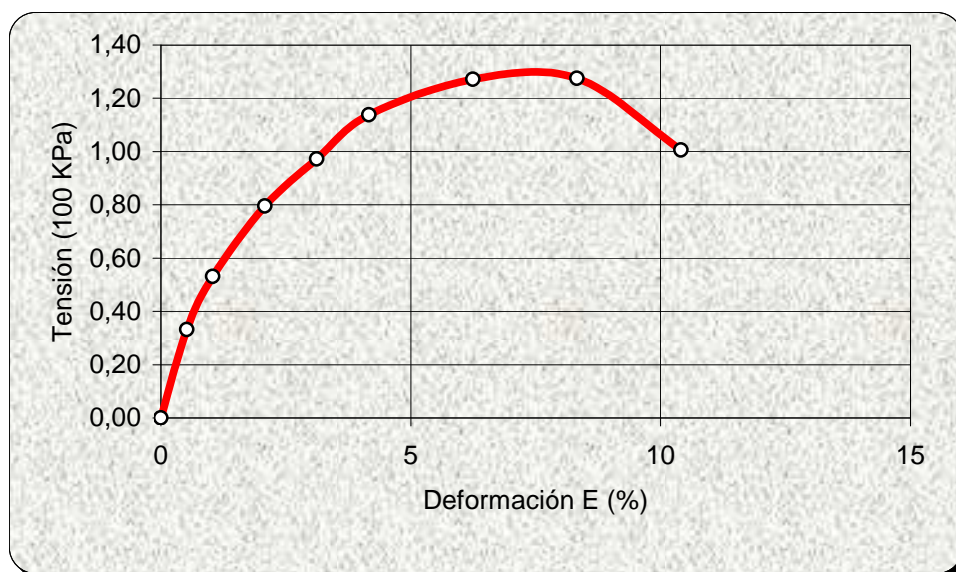
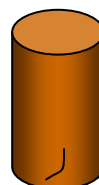
Obra : **EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA ALHAURIN DE LA TORRE**

Ref. Muestra: **S-2E MI PRF. 6,00-6,60**

Ensayo de Rotura a Compresión Simple en Probetas de Suelo (UNE 103-400-93)

Ensayo con muestra	Inalterada
Diametro d (cm)	5,71
Altura h (cm)	9,61
Humedad W (%)	13,89
R. Comp. Simple (Kpa)	127,5
R. Comp. Simple (Kp/cm2)	1,30
Deform. en Rotura E(%)	8,32
Densidad Humeda (g/cm3)	2,14
Densidad Seca (g/cm3)	1,88

Forma de Rotura



OBSERVACIONES:

[Firma manuscrita]

Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Ldo. Ciencias Químicas

[Firma manuscrita]

Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable ensayos físicos
Ldo. Ciencias Químicas

Trabajo: O/1112320/1/01/02
Petitionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Contratista:
Dirección Técnica:
Obra: **EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA ALHAURIN DE LA TORRE**

Informe de Identificación

Material:

Descripción Arenas arcillosas.
Procedencia S-2E SPT PRF. 9.00-9.60

Clasificación :

Unified SC
H.R.B. A-2-6
Indice de Grupo 0

Plasticidad (Límites de Atterberg):

Límite líquido : 28,5 Límite plástico : 15,2 Índice de plasticidad : 13,3

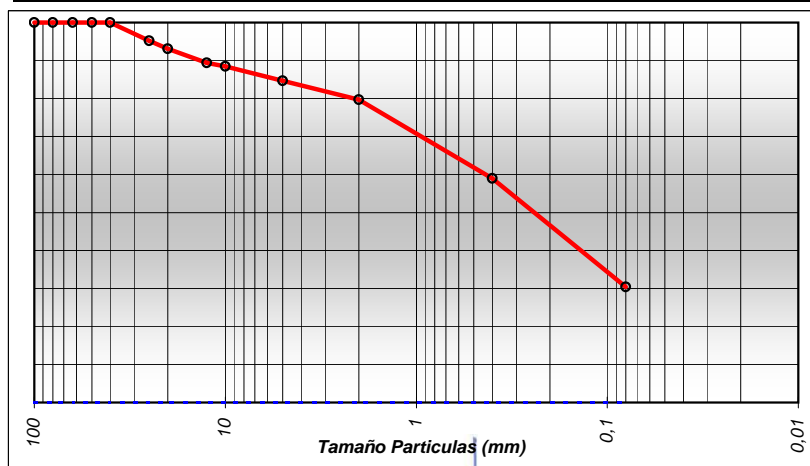
Análisis Químico

Sulfatos (% SO₃)
Materia Orgánica (% MO)

Sales solubles (gr/100grsuelo)
Yesos (%)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,2	93,1	89,4	88,5	84,7	79,7	59,0	30,4



[Firma]

Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

[Firma]

Fdo : Manuel Gil Romero
Responsable de ensayos físicos
Licenciado en Ciencias Químicas

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural) Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89 Nº
DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

EXPEDIENTE : **O/1112023/1/01/02**

OBRA : **EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA**

PETICIONARIO : **AYUNTAMIENTO DE ALAURIN TORRE**


CONTRATISTA :

D.TECNICA :

DETERMINACION DE HUMEDAD Y LA DENSIDAD EN SUELOS
(UNE 103 300 Y UNE 103 301)

S/ REFERENCIA	DENSIDAD HUMEDA gr/cc	DENSIDAD SECA gr/cc	HUMEDAD %
S-2E MI PRF. 3,00-3,60	1,99	1,92	3,9

Málaga, 30 de noviembre de 2011



Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Lda. Ciencias Químicas



Fdo: Manuel Gil Romero
Responsable ensayos físicos
Ldo. Ciencias Químicas

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Agresividad del agua frente al hormigón. EHE.

NORMA DE ENSAYO EHE ANEJO 5

Expediente: O/1112320/1/01/02	Peticionario: AYUNTAMIENTO DE ALHAURIN DE LA TORRE
Obra: EDIFICIO DE EXPOSICIONES CIUDAD AEROPORTUARIA ALHAURIN DE LA TORRE	
Contratista:	
Dirección técnica:	

INFORME DEL ENSAYO PARA EL ANÁLISIS DEL AGUA				
1: INFORMACIÓN GENERAL				
Nº de la muestra de agua: 3				
Tipo de agua (subterránea, superficial o infiltrada): SR-2 COTA 8.00				
Descripción del agua:				
Puntos de recogida (perforación, calicata de ensayo o masa de agua):				
Profundidad de muestreo (m): 8,30				
Temperatura del agua:		Hora del día:		Día de recogida:
2: INFORMACIÓN ADICIONAL				
Nivel de agua freática (elevación, m):		Altura piezométrica (m):		
Descripción de las condiciones locales(área residual, zona industrial, zona de descarga, inclinación, tierra cultivable, bosque):				
Lugar y fecha de muestreo:		Tomamuestras:		
3: ANÁLISIS DEL AGUA		4: GRADO DE AGRESIVIDAD		
Parámetro	Resultado ensayo	Débil	Medio	Fuerte
Apariencia				
Olor (muestra no tratada)				
Olor (muestra tratada)				
Valor del pH	7.6	6.5-5.5	5.5-4.5	<4.5
Magnesio (Mg ²⁺)(mg/l)	24.8	300-1000	1000-3000	>3000
Amonio (NH ₄ ⁺)(mg/l)	0.2	15-30	30-60	>60
Sulfato (SO ₄ ²⁻)(mg/l)	79.9	200-600	600-3000	>3000
CO ₂ (mg/l)	N.C.	15-40	40-100	>100
Residuo seco (mg/l)	423	75-150	50-75	<50
La evaluación del agua se basará en el valor que se considera en el grado más elevado de la categoría de agresividad, incluso si este valor representa sólo uno de los parámetros. cuando dos o más valore estén por encima del cuantil superior de una categoría particular o en el cuantil inferior en el caso del pH, el agua se asignará al nivel próximo más elevado (excepto en el caso del agua de mar o de lluvia).				
5: EVALUACIÓN				
El agua es de agresividad débil/media/fuerte para el hormigón	DÉBIL		El agua no es agresiva para el hormigón	X
	MEDIA			
	FUERTE			
Lugar y día del análisis: 30/11/11		Analista: Ta, Ro		Laboratorio: CEMOSA

Observaciones:

Málaga, 30-nov-11

Fdo.: Elena Frade Viano
Director Técnico laboratorio
Lda. Ciencias Químicas

Fdo.: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Lda. Ciencias Químicas

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotécnica) VS (Ensayos de viales) PS (Pruebas de servicio) EH (Ensayos de estructura de hormigón estructural) EA (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obra de fábricas y albañilerías) EM (Ensayos de estructuras de madera estructural) Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización por escrito del laboratorio