

INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN CI- EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID

Peticionario: **EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID**

Termino Municipal: **MADRID**



Expediente: **O/1700551/4**

Fecha: **Abril de 2017**



Pd. Ind. Los Olivos C/ Innovación, 11 (28906)
MADRID - GETAFE
Tel: 916 828 727 Fax: 916 019 683
madrid@cemosa.es

Estudios geotécnicos
del terreno
Estudios de estabilidad
de taludes
Patología de
cimentaciones

MEMORIA

1.-	INTRODUCCIÓN	1
2.-	ENTORNO GEOGRÁFICO	2
3.-	TRABAJOS REALIZADOS.....	6
3.1.-	Reconocimientos de campo	6
3.2.-	Resultados de los ensayos de penetración dinámica	8
3.3.-	Ensayos de campo y laboratorio	9
4.-	GEOLOGÍA	12
5.-	SISMOLOGÍA.....	14
5.1.-	Introducción	14
5.2.-	Mapa de peligrosidad sísmica. Coeficiente de distribución.....	15
5.3.-	Mapa de peligrosidad sísmica. Aceleración sísmica básica.....	15
5.4.-	Clasificación del terreno. Coeficiente del terreno.....	16
6.-	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES	18
6.1.-	Nivel freático.....	20
6.2.-	UG.1 Rellenos antrópicos.....	20
6.3.-	UG.2 Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	21
6.4.-	Muestras ensayada en la UG-2.....	23
6.4.1.-	Identificación	23
6.4.2.-	Ensayos químicos y agresividad en suelos	27
6.4.3.-	Parámetros de estado natural.....	27
6.4.4.-	Parámetros de resistencia	28
6.4.5.-	Ensayos de expansividad y colapso	30
7.-	AGRESIVIDAD.....	31
7.1.-	Definición del tipo de ambiente	31
7.2.-	Clases generales de exposición ambiental en relación con la corrosión de armaduras	32
7.2.1.-	Clases específicas de exposición ambiental en relación con otros procesos de degradación distintos de la corrosión.....	32



7.3.-	Valores obtenidos en suelos	35
7.4.-	Valores obtenidos en aguas	35
8.-	PERMEABILIDAD	36
8.1.-	Movimiento del agua libre.....	36
8.2.-	Factores que influyen en la permeabilidad	38
8.3.-	Valores obtenidos.....	39
9.-	DETERMINACIÓN DE LA EXCAVABILIDAD	40
9.1.-	Metodología.....	40
9.2.-	Evaluación de la excavabilidad	41
10.-	EXPANSIVIDAD.....	41
10.1.-	Valores y cuantificaciones obtenidas	44
11.-	PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONADO DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN	46
11.1.-	Empujes activo, pasivo y en reposo	46
11.2.-	Ley de empujes unitarios.....	47
12.-	ESTABILIDAD DE TALUDES PROVISIONALES	49
12.1.-	Metodología.....	49
12.2.-	Cálculo de coeficientes de seguridad.....	50
13.-	ELECCIÓN DEL TIPO DE CIMENTACIÓN	54
14.-	MODELO DE CIMENTACIÓN MEDIANTE PILOTAJE	55
14.1.-	Elección del tipo de pilote	56
14.1.1.-	Tipología de pilote de acuerdo a la NTE.....	56
14.1.2.-	Tipología de pilote de acuerdo al CTE.....	58
14.2.-	Metodología para el cálculo de carga admisible en pilotes	61
14.2.1.-	Concepto de carga de hundimiento	61
14.2.2.-	Resistencia unitaria por punta	62
14.3.-	Resistencia unitaria por fuste	63
14.4.-	Consideración del efecto grupo en la carga de hundimiento	64
14.5.-	Estimación de asientos del pilote aislado.....	65
14.6.-	Consideración del efecto grupo en la estimación de asientos	66
14.7.-	Tope estructural.....	66
14.8.-	Efecto de rozamiento negativo	67



14.9.-	Cálculo de las resistencias unitarias	68
15.-	MODELOS DE CIMENTACIÓN PARA ELEMENTOS DE URBANIZACIÓN POZOS - VIGAS	70
15.1.-	Metodología para el cálculo de cimentaciones directas en todo tipo de suelos 71	
15.1.1.-	Concepto de presión de hundimiento	71
15.1.2.-	Concepto de bulbo de tensiones	73
15.1.3.-	Cálculo de la presión vertical de hundimiento	75
15.1.4.-	Situaciones transitorias de carga sin drenaje	77
15.1.5.-	Comprobación de asientos	78
15.2.-	Cálculo de la presión admisible de servicio.....	80
15.3.-	Módulo de balasto vertical	82
16.-	RESUMEN Y CONCLUSIONES	84

ANEJOS

- ANEJO 1. PLANTA GENERAL Y DE SITUACIÓN
- ANEJO 2. MARCO GEOLÓGICO
- ANEJO 3. PERFIL GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO
- ANEJO 4. TRABAJOS DE CAMPO
 - ANEJO 4.1 Registro de sondeos a rotación
 - ANEJO 4.2 Fotografías de testigos de sondeos a rotación
 - ANEJO 4.3 Registro de penetraciones dinámicas
- ANEJO 5. ACTAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
- ANEJO 6. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

APENDICES

- APÉNDICE 1. HOJA DOCUMENTAL

1.- Introducción

El presente documento responde al **INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA en MADRID** solicitado a **CEMOSA** por **EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID**.

El trabajo se establece con expediente O/1700551/4, perteneciente al CONTRATO 300/2016/00648-LOTE 4-ELABORACIÓN DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y TOPOGRÁFICOS PARA LA DIRECCIÓN GENERAL D, y realizado por la delegación de CEMOSA en Madrid.

El objeto del presente documento es la definición de los condicionantes geotécnicos existentes en la parcela de estudio para poder valorar las recomendaciones de cimentación y otros aspectos de interés relacionados.

Para este cometido se han realizado los trabajos de campo, consistentes en sondeos mecánicos y rotativos, con extracción continua de testigo y ensayos de penetración dinámica.

Para el desarrollo de este trabajo se han ejecutado los siguientes trabajos:

- Trabajos de campo y laboratorio realizados.
- Caracterización geotécnica de los materiales implicados: definición y parametrización.
- Entorno geológico.
- Presencia de nivel freático.
- Perfil geológico-geotécnico.
- Agresividad del suelo frente al hormigón.
- Recomendaciones de cimentación: tipología, carga admisible y otros aspectos.

El estudio geotécnico se ha realizado conforme al Documento Básico de Seguridad Estructural Cimientos (DB-SE-C), contenido en el Código Técnico de la Edificación (CTE), R.D. 314/2006, en vigor desde el 17 de marzo de 2006, quedando así justificada la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho, que se regula en los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE.

El edificio es una ESCUELA INFANTIL que contará con planta baja, planta primera y sótano en una zona del edificio.

A continuación se aporta una planta de proyecto de la edificación prevista:



Figura Nº 1.- Planta de proyecto; en rosa la zona donde se prevé la ejecución de sótano.

2.- Entorno geográfico

La zona estudiada se sitúa en el término municipal de MADRID.

Las coordenadas aproximadas de la zona estudiada se aportan a continuación:

Tabla 1. Coordenadas aproximadas UTM

UTM	
X	Y
442.262	4.471.689

Nota: Huso UTM: 30, Zona: S, Datum: WGS84.

En las fotografías siguientes se muestra la ubicación de la zona y sus características principales.



Figura Nº 2.- Vista aérea de la parcela de estudio.

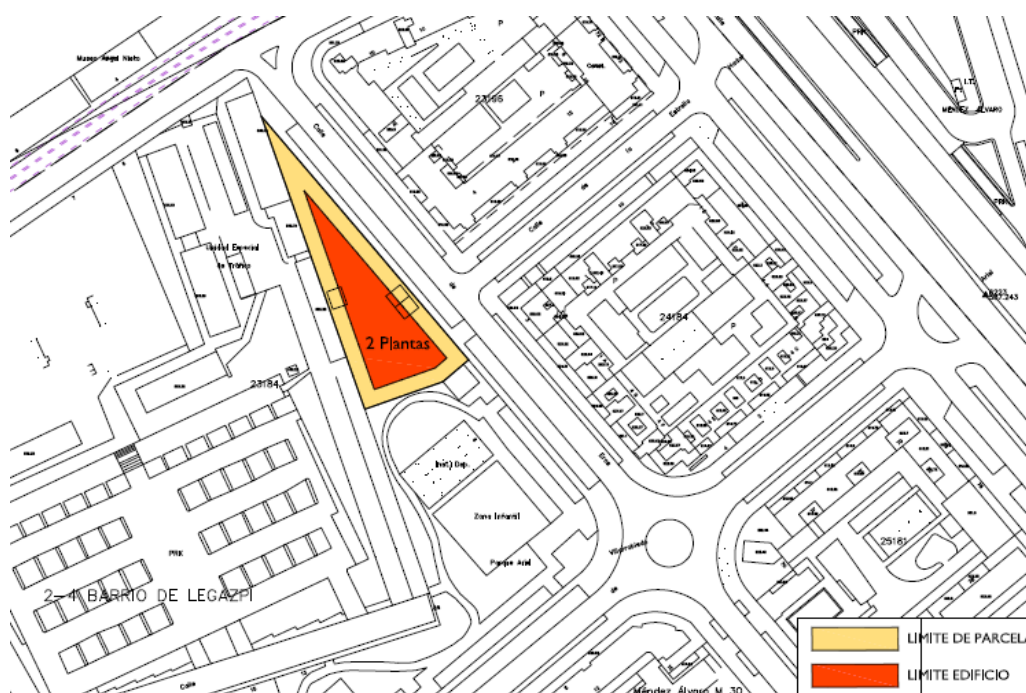


Figura Nº 3.- Ubicación y límites de la parcela y edificación a construir.



Figura Nº 4.- Emplazamiento del sondeo a rotación S-01

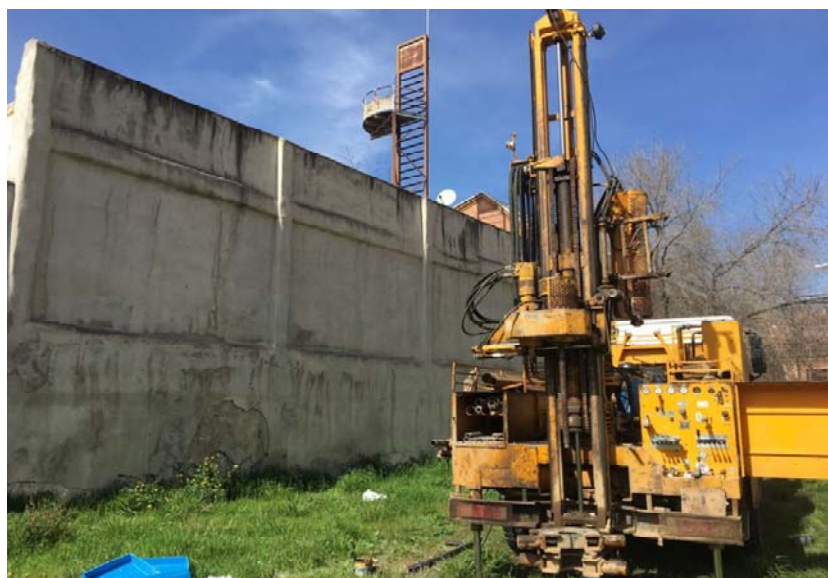


Figura Nº 5.- Emplazamiento del sondeo a rotación S-01



Figura Nº 6.- Emplazamiento del ensayo de penetración dinámica P-01



Figura Nº 7.- Emplazamiento del ensayo de penetración dinámica P-02

3.- Trabajos realizados

Los trabajos realizados han tenido dos caracteres diferentes, los ejecutados en campo o "in situ" y los de laboratorio.

Así mismo también se ha llevado a cabo un estudio bibliográfico, como complemento al trabajo de gabinete.

3.1.- Reconocimientos de campo

Los trabajos de campo realizados se definen a continuación.

Tabla 2. Trabajos de campo

Tipo	Unidades	Profundidad mínima alcanzada (m.)	Profundidad máxima alcanzada (m.)
Sondeos mecánicos con recuperación de testigo	2	18,45	21,45
Sondeos a penetración dinámica	2	4,60	4,80

Los sondeos mecánicos a rotación consisten en la ejecución de perforaciones de pequeño diámetro, generalmente de 65 y 140 mm que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo o roca, a la vez que se alterna con ensayos geotécnicos de penetración y extracción de muestras inalteradas, en los casos que es posible. Una vez finalizados los sondeos se introdujo tubería PVC ranurada en cada uno de los mismos con objeto de poder realizar un seguimiento de los posibles niveles freáticos y se instaló una tapa metálica como medida de protección de la embocadura de los sondeos.

Los ensayos de penetración SPT se utilizan en geotecnia para correlacionar diferentes parámetros resistentes en los suelos. Estos ensayos determinan la resistencia de los suelos a la penetración de un tomamuestras partido, permitiendo obtener muestras alteradas de suelo dentro de un sondeo para su identificación, y proporcionando a su vez información sobre la variabilidad y rigidez del suelo.

Este tipo de ensayos se realiza en el interior de sondeos, en los cuales es necesario limpiar previamente el fondo de la perforación, manteniendo la entubación por encima del nivel de comienzo del ensayo.

El equipo necesario para la realización de esta prueba consta de un tomamuestras bipartido de pared gruesa de 51 mm de sección acoplado a un varillaje rígido, en cuyo extremo se coloca la cabeza de golpeo y contragolpe, sobre la que impacta una maza de 63,5 kg en caída libre, desde una altura de 76,2 cm. Este equipo suele ir montado sobre el camión de sondeos, acoplado a la sonda y con un funcionamiento automático.

Las muestras inalteradas se pueden obtener a percusión, a presión, o a rotación. En el primer caso, se trata de un ensayo parecido al S.P.T., con la diferencia de que el

tomamuestras empleado es del tipo GMPV de pared gruesa, de mayor sección que el del S.P.T., diseñado especialmente para que la muestra se recupere en el interior de un tubo de plástico que cerrado herméticamente con tapas de goma, mantenga inalteradas largo tiempo las propiedades del suelo.

Al igual que en el ensayo S.P.T., se contabilizan los golpes necesarios para penetrar 30 cm, después de haber desechado los primeros 15 cm. Al número obtenido, se le denomina Ni, para diferenciarlo del ensayo Standard. También se pueden obtener muestras inalteradas con el tomamuestras anterior, introducido a presión.

El ensayo de penetración dinámica (DPSH) consiste en la hinca de una puntaza de sección cónica de 20 cm² acoplada a un varillaje de 32 mm de diámetro, mediante golpes propinados por una maza de 63.5 kg que cae desde una altura de 75 cm, impactando sobre una cabeza o “yunque” rígidamente unido al varillaje.

La resistencia a la penetración se define como el número de golpes requerido para hacer avanzar el penetrómetro una longitud de 20 cm designándose a este valor como N₂₀, representándose los resultados en gráficos que reflejan los diferentes golpes obtenidos en función de la profundidad. El ensayo se da por terminado cuando se alcanza el rechazo o se supera la profundidad en estudio.

Los datos de golpeo de los penetrómetros permiten una estimación razonable de las características resistentes medias del subsuelo.

Las diferentes actas de todos los reconocimientos de campo desarrollados para este trabajo se aportan en los anejos correspondientes.

Las coordenadas de las prospecciones realizadas se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Coordenadas UTM

Prospección	X	Y
S-01	442262	4471689
S-02	442226	4471716
P-01	442240	44741668
P-02	442234	4471708
Nota: Huso UTM: 30, Zona: S, Datum: WGS84.		



Figura Nº 8.- Plano de ubicación de las prospecciones realizadas.

3.2.- Resultados de los ensayos de penetración dinámica

A continuación se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de penetración dinámica:

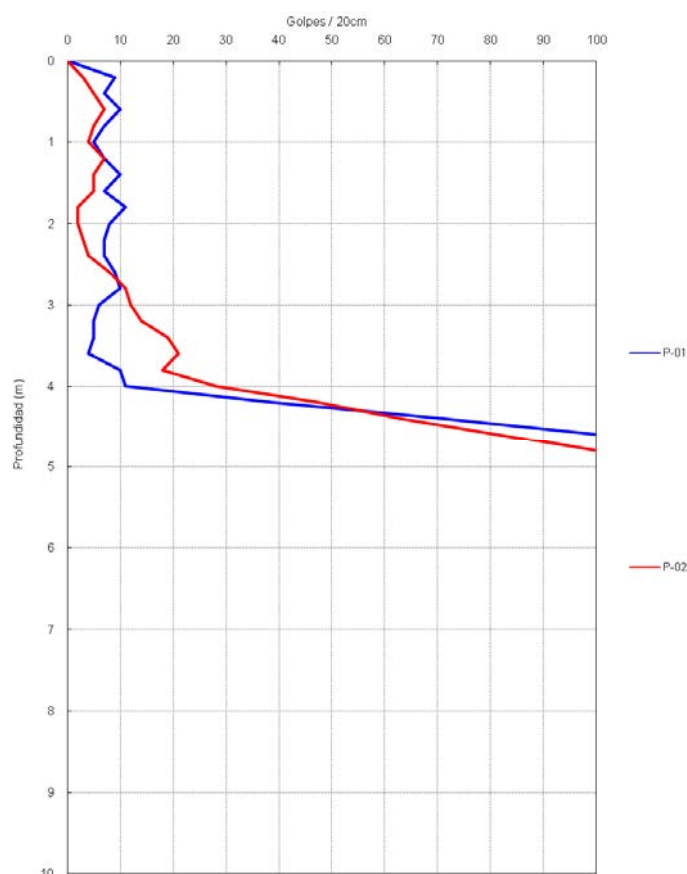


Figura Nº 9.- Registro de los ensayos de penetración dinámica realizados.

Los resultados de los ensayos de penetración dinámica realizados muestran cierta similitud, alcanzando el nivel de rechazo en el entorno de los 4-5 m. La morfología de las gráficas se corresponde con niveles eminentemente cohesivos.

3.3.- Ensayos de campo y laboratorio

Los ensayos y trabajos de campo realizados para determinar las características de los materiales detectados han sido los siguientes:

Tabla 4. Ensayos y Trabajos de campo

Ensayo	unidades	norma
Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo abierto	2	ASTM D6169-98, ASTM D3550-01, XP P94-202
Ensayo de penetración estándar (SPT)	13	UNE 103800
Testigo parafinado	4	ASTM D6640-01

Los ensayos de laboratorio realizados para la elaboración de este documento quedan reflejados en las tablas siguientes:

Tabla 5. Trabajos de laboratorio

Ensayo	unidades	norma
Clasificación USCS	6	ISSMGE
Análisis granulométrico por tamizado	6	UNE 103101
Determinación de los límites de Atterberg	6	UNE 103103 - 104
Determinación de humedad natural	4	UNE 103300
Determinación de peso específico aparente	4	UNE 103301
Ensayo de compresión simple en suelos	4	UNE 103400
Ensayo de corte directo con drenaje	2	UNE 103401
Determinación de la presión de hinchamiento	1	UNE 103602
Ensayo de inundación bajo carga	1	-
Análisis de agresividad del agua según EHE	1	EHE

Los valores obtenidos para cada uno de los ensayos realizados se establecen en las siguientes tablas:

Tabla 6. Valores de consistencia o compacidad

Muestra			Consistencia o Compacidad					
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra	Golpeo/15cm					
							N30 MI	N30 SPT
			V1	V2	V3	V4		
S-01	SPT	3,00	6	8	10			18
S-01	SPT	6,00	12	17	26			43

Tabla 6. Valores de consistencia o compacidad

Muestra			Consistencia o Compacidad						
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra	Golpeo/15cm						
			V1	V2	V3	V4	N30 MI	N30	SPT
S-01	SPT	9,00	11	17	26				43
S-01	SPT	12,00	17	23	35				58
S-01	SPT	15,00	17	23	32				55
S-01	SPT	18,30	12	17	27				44
S-01	SPT	21,00	14	22	26				48
S-02	SPT	3,45	13	22	28				50
S-02	MI	4,20	19	40	R			R	
S-02	SPT	6,00	17	29	32				61
S-02	MI	8,40	20	25	40	R		R	
S-02	SPT	8,92	22	34	43				77
S-02	SPT	12,00	22	37	45				82
S-02	SPT	15,00	17	29	38				67
S-02	SPT	18,00	20	33	44				77

Tabla 7. Ensayos de identificación

Muestra			Identificación											
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra	Granulometría							L. Atterberg			Clasificación USCS	
			20 mm.	5 mm.	2 mm.	0,4 mm.	0,08 mm.	Grava (>2mm) %	Arena (2-0.08mm) %	Finos (<0,08mm) %	Límite Líquido	Límite Plástico		Indice Plasticidad
S-01	TP	3,95	100,00	100,00	100,00	99,80	98,60	0,00	1,40	98,60	68,40	43,60	24,80	MH
S-01	TP	8,50	100,00	100,00	100,00	99,90	98,90	0,00	1,10	98,90	75,10	42,90	32,20	MH
S-01	TP	11,50	100,00	100,00	100,00	99,60	98,50	0,00	1,50	98,50	75,10	42,80	32,30	MH
S-01	TP	14,50	100,00	100,00	100,00	99,90	98,90	0,00	1,10	98,90	60,90	36,40	24,50	MH
S-02	MI	4,20	100,00	100,00	100,00	99,70	98,30	0,00	1,70	98,30	70,10	42,40	27,70	MH
S-02	MI	8,40	100,00	100,00	100,00	100,00	97,60	0,00	2,40	97,60	85,60	52,00	33,60	MH

Tabla 8. Valores de ensayos químicos

Muestra			Ensayos Químicos						
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra	Mat. Orgánica %	Sulfatos (SO ₃) %	Sulfatos (SO ₄) mg/Kg	A. Baumann-Gully ml/kg	Contenido en yesos %	Sales Solubles %	Carbonatos (CO ₃) %
S-01	TP	3,95				4,00			
S-01	TP	8,50			0,00				
S-02	MI	4,20			0,00				
S-02	MI	8,40				4,00			

Tabla 9. Ensayos de definición del estado natural y resistencia

Muestra			Parámetros de estado natural				Resistencia						
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra					RCS Kpa			Con Drenaje			Sin Drenaje
			P.Específico kN/m3	Densd.Seca kN/m3	Densd.Aparente e kN/m3	Humedad %				Corte Directo / Triaxial	Ang. Rozamiento Efectivo °	Cohesión Efectiva Kpa	Corte Directo / Triaxial
S-01	TP	3,95		14,20	16,60	16,80	30,10	C-CD	35,50	112,00			
S-01	TP	8,50		10,20	15,70	53,90	23,90						
S-02	MI	4,20		13,00	17,20	31,69	150,00	C-CD	39,90	140,00			
S-02	MI	8,40		11,20	16,60	48,04	271,30						

Tabla 10. Ensayos de expansividad/colapso y Compactación

Muestra			Expansividad y Colapso					Compactación				
Reconocimiento	Tipo de muestra	Prof. Inicial muestra	Edómetro		Presión de Hinchamiento Kpa	Hinchamiento Libre %	Clasificación Lambe	Asiento Ensayo Colapso %	Proctor		Indice CBR	
			eo	Presión de Preconsolidación Kpa					Proctor	Densidad Máxima kN/m3	Humedad óptima %	C.B.R. 100%
S-02	MI	4,20			115,00							

4.- Geología

La ubicación geológica, a efectos gráficos, del término municipal de MADRID se aporta en el anejo correspondiente.

La situación geológica de la zona estudiada se expresa en el siguiente gráfico extraído de la documentación existente del Mapa Geológico de España (MAGNA), a escala original 1:50.000, del Instituto Geológico y Minero de España, del Ministerio de Ciencia e Innovación

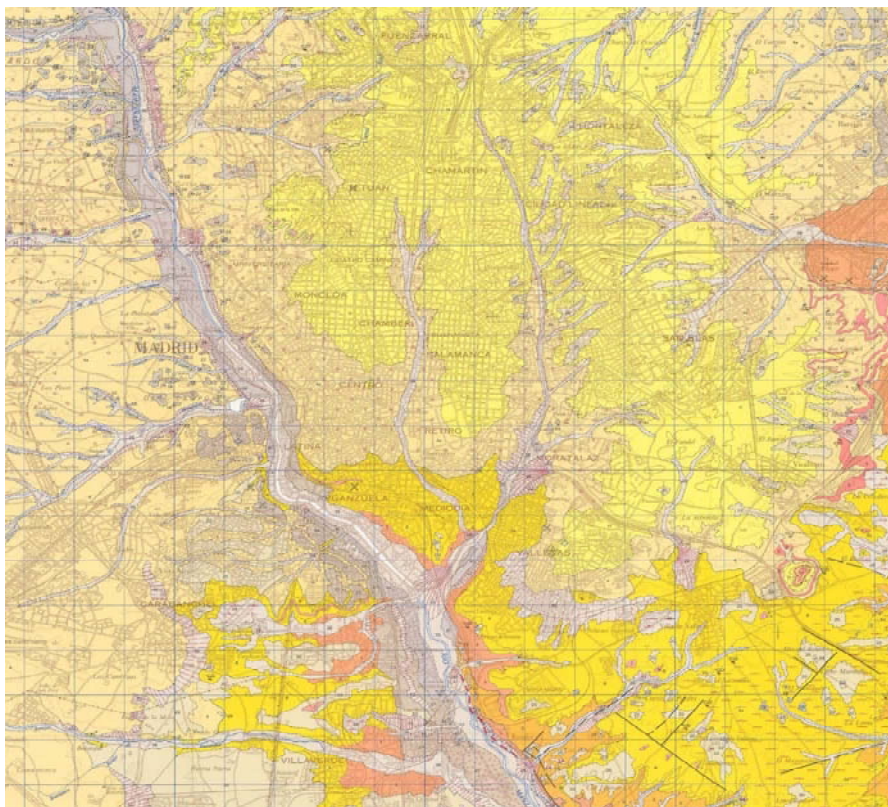


Figura Nº 10.- Mapa geológico donde se sitúa el área estudiada en el término municipal de MADRID. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.

La zona de estudio se encuentra situada en el borde septentrional de la Meseta Sur, sobre la vertiente meridional de la Cordillera Central, extendiéndose hasta el Río Tajo, que drena el sistema hidrográfico de la región.

Los materiales más antiguos son de edad hercínica, que sufrieron un arrasamiento generalizado, y sobre los que los movimientos orogénicos alpinos desarrollaron una tectónica de fractura a partir de finales del Mesozoico; coincidiendo con direcciones estructurales preexistentes se configuró la fosa del Tajo que actuó de cuenca endorreica donde se depositaron grandes espesores de sedimentos.

Estos sedimentos se han depositado en un ambiente semiárido, como abanicos aluviales imbricados que determinan frecuentes acuñamientos y cambios de granulometría en los

depósitos. Dentro de estos abanicos aluviales cabe distinguir tres zonas o subfacies; subfacies proximal, junto al escarpe de falla, con depósitos detríticos gruesos de borde, aportados por corrientes de inundación; subfacies media, donde predominan las corrientes meandriformes con los depósitos más gruesos en los canales; subfacies distal, con canales imbricados y flujos de barro que depositan materiales más finos en la zona terminal, igualmente con sedimentos más gruesos en los canales. En el borde de esta subfacies, junto a las facies lagunar del centro de la cuenca, se produce abundante neoformación de minerales. Las facies lacustres son predominantemente evaporíticas.

Los sedimentos detríticos constituyen la llamada facies Madrid, y comprenden materiales arcósicos medios a finos. Corresponden a las “arenas de miga” y “toscos”, del lenguaje

Las facies intermedias, están constituidas por lo que suele denominarse “peñuelas” en lenguaje geológico local; se sitúan en la zona terminal de los abanicos aluviales, colindantes con las facies lacustres evaporíticas, y son de naturaleza compleja. Están constituidas por arcillas esmectíticas y fibrosas, además de depósitos calcáreos y magnésicos, pudiendo aparecer esporádicamente tablas y nódulos síliceos.

A medida que se progresa hacia el sur y sureste, nos acercamos a la zona central de la Cuenca, donde se dieron condiciones de depósito de tipo lagunar árido. Como consecuencia comienzan a aparecer los depósitos de tipo evaporítico: yesos, sales y arcillas de tipo sepiolítico.

Hacia el sureste de Madrid, entre los Santos de la Humosa, Arganda y el Páramo de Chinchón, en discordancia sobre las facies evaporíticas, se presentan los depósitos de colmatación de la Cuenca. Comienzan con un conjunto de naturaleza muy variada: margas blanquecinas, calizas, arenas, areniscas, yesos, niveles de sepiolitas y, niveles de sílex especialmente hacia el techo. Culmina la serie con las calizas de páramo, cuya potencia puede llegar a los 45m en la zona de Valdilecha y que dan lugar a una clásica tabla o mesa, con un notable escarpe topográfico.

Sobre cualquiera de los materiales descritos en los puntos anteriores y en especial ocupando los valles de los ríos, los cuaternarios son depósitos de relleno aportados por los cursos de agua o resultado de la alteración “in situ”, de aquí que su composición sea muy diversa y función de la naturaleza litológica del área de aporte o de la roca alterada. Nos encontramos así: arenas, arcillas, limos, gravas, bolos a veces con presencia de sales de variada naturaleza.

Los materiales que caracterizan la zona objeto son arenas arcósicas de grano medio o fino, limos y arcillas marrones.

5.- Sismología

5.1.- Introducción

La normativa utilizada a la hora de tener en cuenta o no los posibles efectos sísmicos sobre las obras proyectadas, ha sido la "Norma de Construcción Sismorresistente". NCSE-02. REAL DECRETO 997/2002 de 27 de septiembre.

NCSE-02 o Norma de construcción sismorresistente, es una norma española, publicada en BOE 11 octubre 2002.

Típicamente la norma NCSE-02 propone un método de cálculo, que al igual que su predecesora, la NCSE-94 utiliza los métodos tradicionales de proyecto sismorresistente basados en la resistencia.

La NCSE-02 está centrada en la seguridad de la estructura, pero no en cuantificar los daños, por lo que sus comprobaciones sólo son válidas en estado límite último.

Sus capítulos se ordenan como sigue:

- 🕒 Capítulo 1: generalidades.
- 🕒 Capítulo 2: peligrosidad sísmica y acción sísmica en cada punto del territorio.
- 🕒 Capítulo 3: métodos de cálculo para obtención de acciones y desplazamientos.
- 🕒 Capítulo 4: reglas de proyecto y prescripciones constructivas.

La norma NCSE-02 sigue las fases típicas del análisis dinámico de estructuras:

- 🕒 En un primer paso se establece el modelo estructural adecuado. A partir de las características geométricas, los materiales y la configuración de la estructura del modelo se construyen las matrices de masa, amortiguación y rigidez de acuerdo a las convenciones habituales del análisis dinámico. A partir de esas matrices se puede determinar gracias al análisis modal espectral las frecuencias propias de la estructura y sus modos propios. El movimiento oscilatorio de la estructura se representa de hecho como un movimiento armónico compuesto, que en general no será periódico.
- 🕒 A partir de la ubicación de la estructura, las propiedades del terreno y la zonificación sísmica asociada a la norma se estiman unas aceleraciones típicas impuestas por el terreno y recogidas en los espectros elásticos de respuesta.
- 🕒 A continuación la combinación de la sollicitación sísmica resumida en los espectros de respuesta y las características de respuesta del terreno resumidas en las frecuencias y modos propios de la estructura, se determinan las fuerzas sísmicas equivalentes sobre el edificio. Posteriormente, estas fuerzas son reducidas en función de la ductilidad de la estructura.

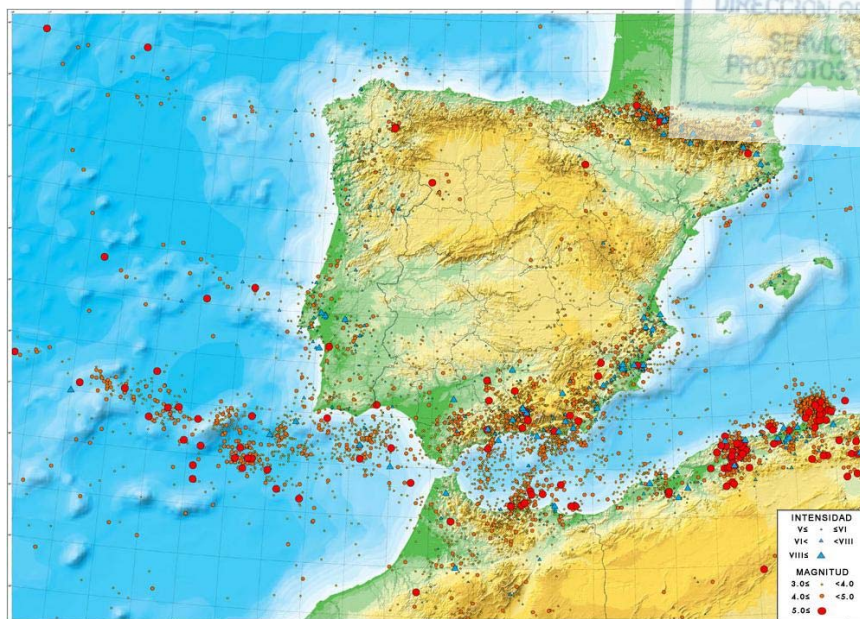


Figura Nº 11.- Magnitud y profundidad de los principales sismos en la zona. Ministerio de Fomento
Subsecretaría. Dirección General del Instituto Geográfico.

5.2.- Mapa de peligrosidad sísmica. Coeficiente de distribución.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra el coeficiente de contribución K, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

El valor obtenido es el siguiente:

Tabla 11. Coeficiente de distribución

Coeficiente de contribución	K	0,00
-----------------------------	---	------

5.3.- Mapa de peligrosidad sísmica. Aceleración sísmica básica.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica, a_b –un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno.

En la NSCE en su anejo nº 1 se representan los valores de la aceleración sísmica básica y del coeficiente de contribución, K, de los términos municipales con $a_b > 0,04g$, organizado por comunidades autónomas.

El valor obtenido es el siguiente:

Tabla 12. Aceleración sísmica básica

Aceleración sísmica básica	a_b / g	0,00
----------------------------	-----------	------

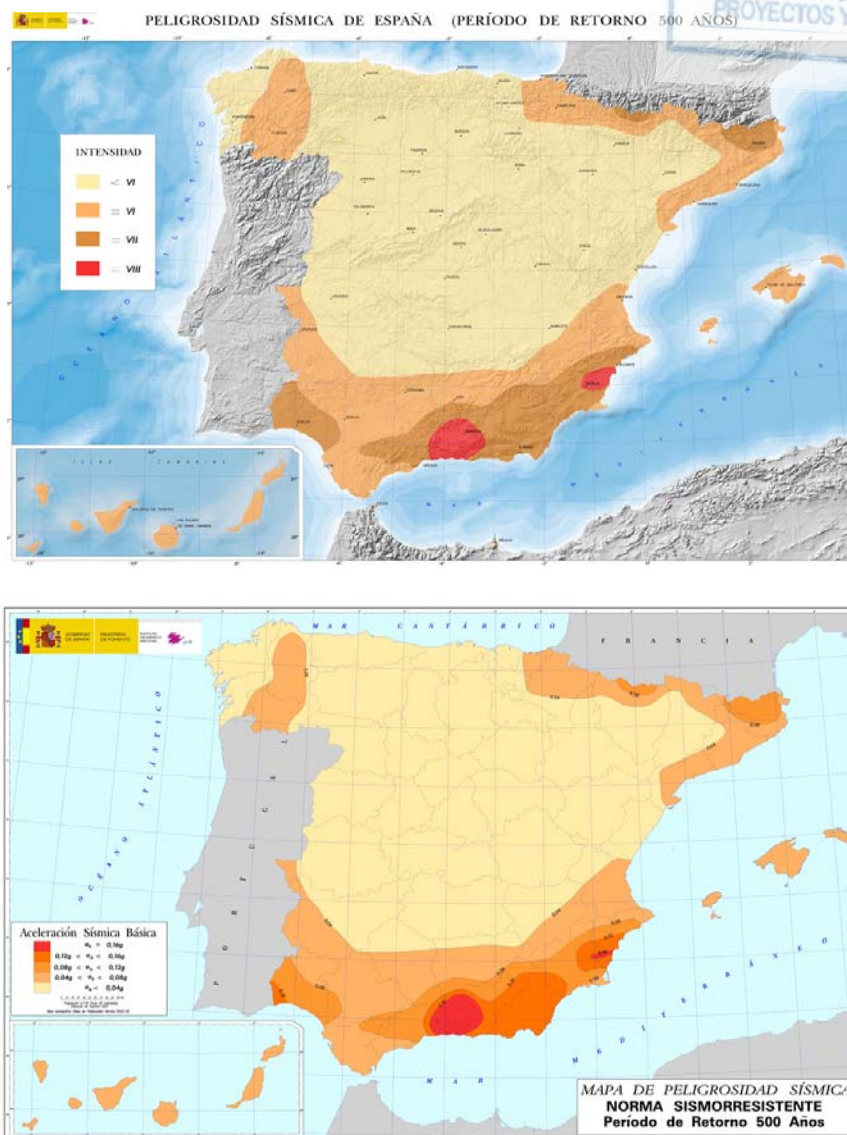


Figura Nº 12.- Peligrosidad sísmica de España (Periodo de retorno 500 años). Intensidad y aceleración sísmica básica.

5.4.- Clasificación del terreno. Coeficiente del terreno.

Según la normativa vigente, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- 🟢 Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750$ m/s.
- 🟢 Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400$ m/s.

- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200 \text{ m/s}$.
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s \leq 200 \text{ m/s}$.

A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna el valor del coeficiente C del siguiente modo:

Tabla 13. Coeficiente del Terreno

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1.0
II	1.3
III	1.6
IV	2.0

Para obtener el valor del coeficiente C de cálculo se determinarán los espesores e_1 , e_2 , e_3 y e_4 de terrenos de los tipos I, II, III y IV respectivamente, existentes en los 30 primeros metros bajo la superficie. Se adoptará como valor de C el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes C_i de cada estrato con su espesor e_i , en metros.

Dependiendo de los tipos de materiales diferenciados se ha obtenido el coeficiente del terreno que se indica en las tablas siguientes, junto con el resumen de los valores obtenidos:

Tabla 14. Estimación del coeficiente C.

Material	Tipo Terreno	Espesor	Coef. C	Ponderación	Coef. C
Rellenos antrópicos	IV	3,60	2,00	7,20	1,55
Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	III	16,40	1,60	26,24	
Limos arcillosos de consistencia muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	II	10,00	1,30	13,00	

Tabla 15. Valores fundamentales

Variable	símbolo	valor
Aceleración sísmica de cálculo	ac / g	0,00
Coefficiente de contribución	K	0,00
Aceleración sísmica básica	ab / g	0,00
Coefficiente adimensional de riesgo	r	1,00
Coefficiente de amplificación del terreno	S	1,24
Coefficiente del terreno	C	1,55
Municipio	MADRID	

6.- Caracterización geológica y geotécnica de los materiales

Los datos obtenidos se han analizado en gabinete, integrándolos con los existentes en la bibliografía consultada y permitiendo de esta manera la síntesis de los mismos en la que quedan representadas las distintas formaciones y suelos existentes, los datos hidrogeológicos más relevantes (zonas encharcadas, cursos de agua, etc.), las zonas potencialmente inestables (deslizamientos, etc.) y los condicionantes constructivos del terreno.

Una vez conocidas las diferentes formaciones existentes y su geometría, se procede a caracterizar los materiales.

Sintetizando, los aspectos fundamentales del trabajo realizado han sido el reconocimiento de los terrenos atravesados definiendo:

- 🕒 Litologías.
- 🕒 Clasificaciones de los materiales.
- 🕒 Características geotécnicas.
- 🕒 Situación del nivel freático.
- 🕒 Obtención del perfil geotécnico.
- 🕒 Niveles geotécnicos.
- 🕒 Espesor de tierra vegetal y rellenos.

En función de los trabajos de campo realizados, junto con ensayos de laboratorio ejecutados podemos establecer la siguiente secuencia estratigráfica modelo:

Tabla 16. Modelo estratigráfico establecido.

Nivel	Material	Desde (m.)	Hasta (m.)
UG.1	Rellenos antrópicos	0,00	3,60
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	3,60	Fin de reconocimientos

El perfil geotécnico ha sido seleccionado teniendo en cuenta todas las prospecciones, adoptando lo más desfavorable.

El perfil esquemático obtenido se adapta a la siguiente secuencia de materiales detectados.

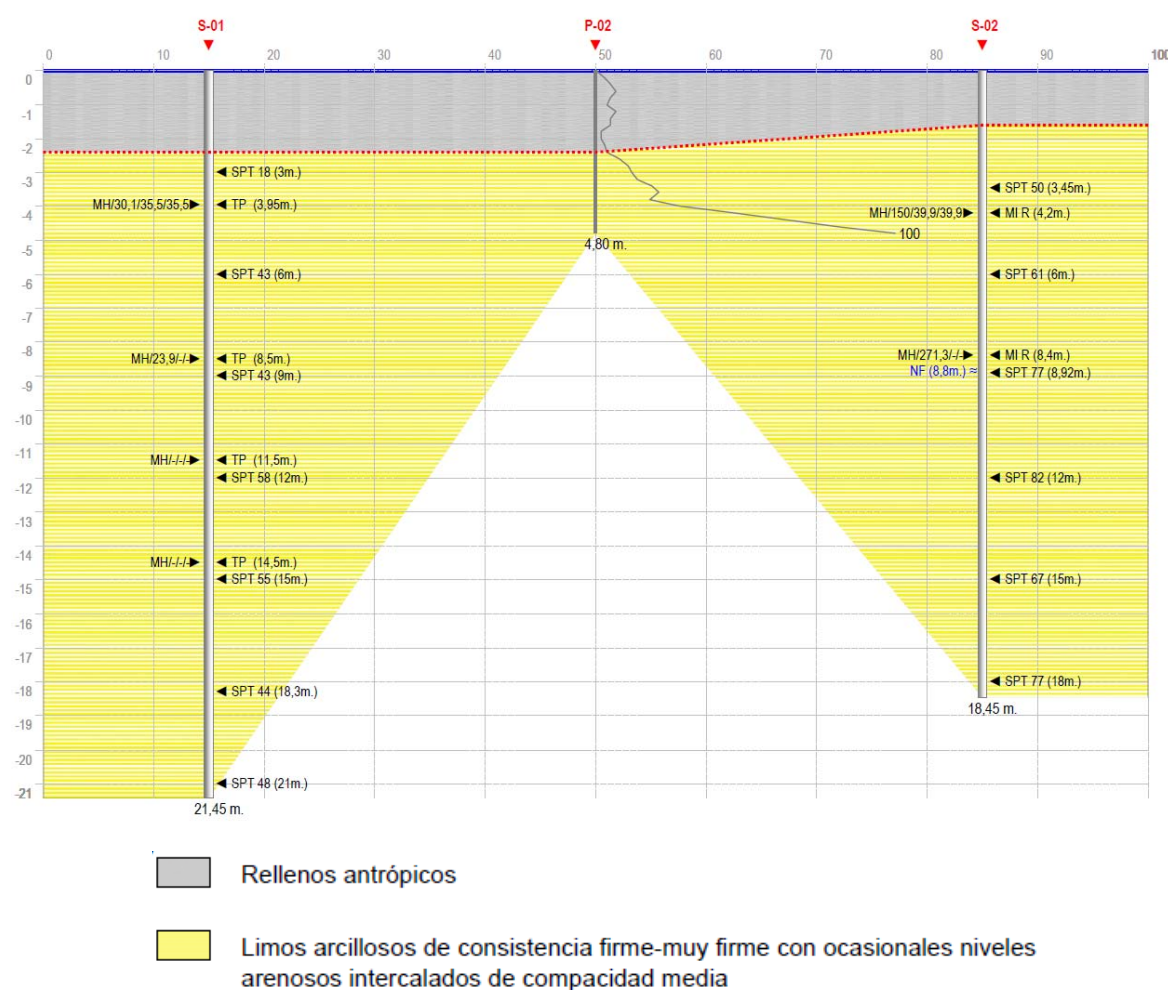


Figura Nº 13.- Perfil esquemático.

6.1.- Nivel freático

Durante las labores de campo se ha comprobado la existencia o no de los niveles freáticos.

Se ha detectado el nivel freático en los siguientes reconocimientos: S-02. Las profundidades respectivas a las cuales se ha detectado dicho nivel freático son las siguientes: -8,80.

Hemos de hacer notar que las medidas del nivel freático se han realizado a la finalización de las perforaciones.

Es probable que el nivel freático pueda oscilar en función del régimen climático y estacional no permaneciendo inalterable, consideración que habrá de ser tenida en cuenta.

6.2.- UG.1 Rellenos antrópicos

La UG.1 está formada por Rellenos antrópicos con presencia de restos cerámicos, según los trabajos de campo y laboratorio realizados, junto con el seguimiento realizado en gabinete.

La distribución de este nivel, en referencia a su potencia, dentro de las perforaciones realizadas se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 17. Distribución y potencia del nivel estudiado.

	S-01	S-02	P-01	P-02
UG-01	2,40	1,60	3,60	2,40
UG-02	19,05	16,85	1,00	2,40

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 0,00 m. a techo y 3,60 m. a muro, según el siguiente modelo:

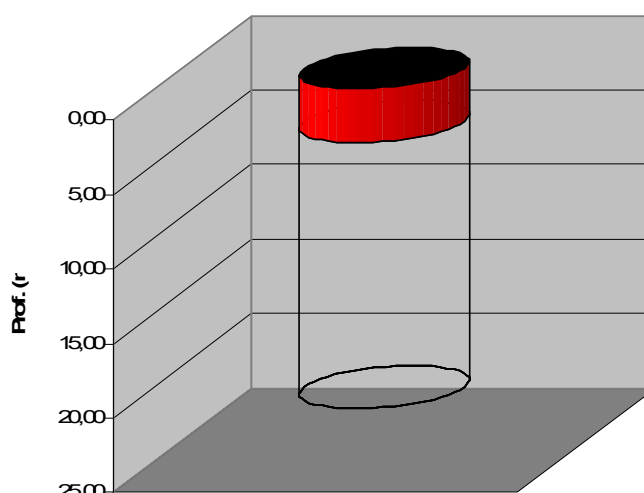


Figura Nº 14.- Distribución del nivel dentro del modelo establecido.

Desde un punto de vista mecánico-geotécnico, este material se caracteriza por presentar bajo e irregular grado de compacidad, siendo imprevisibles los asentamientos que se pueden producir. Por tal motivo, no lo consideramos apto para cimentar directamente sobre él.

6.3.- UG.2 Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media

La UG.2 está formada por Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media, según los trabajos de campo y laboratorio realizados, junto con el seguimiento realizado en gabinete.

La distribución de este nivel, en referencia a su potencia, dentro de las perforaciones realizadas se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 18. Distribución y potencia del nivel estudiado.

	S-01	S-02	P-01	P-02
UG-01	2,40	1,60	3,60	2,40
UG-02	19,05	16,85	1,00	2,40

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 3,60 m. a techo y hasta el final de las prospecciones realizadas, según el siguiente modelo:

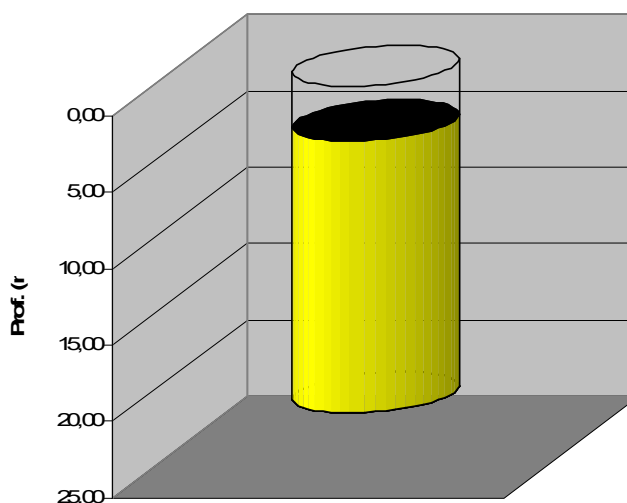


Figura Nº 15.- Distribución del nivel dentro del modelo establecido.

Los ensayos de campo realizados, en cuanto a consistencia o compacidad, junto con las muestras extraídas se detallan a continuación:

Tabla 19. Toma de Muestras. Ensayos de Consistencia o Compacidad

Recon.	Tipo Muestra	Prof. (m.)	N(1)	N(2)	N(3)	N(4)	N30 (MI)	N30 (SPT)
S-01	SPT	3,00	6	8	10			18
S-01	TP	3,95						
S-01	SPT	6,00	12	17	26			43
S-01	TP	8,50						
S-01	SPT	9,00	11	17	26			43
S-01	TP	11,50						
S-01	SPT	12,00	17	23	35			58
S-01	TP	14,50						
S-01	SPT	15,00	17	23	32			55
S-01	SPT	18,30	12	17	27			44
S-01	SPT	21,00	14	22	26			48
S-02	SPT	3,45	13	22	28			50
S-02	MI	4,20	19	40	R		R	
S-02	SPT	6,00	17	29	32			61
S-02	MI	8,40	20	25	40	R	R	
S-02	SPT	8,92	22	34	43			77
S-02	SPT	12,00	22	37	45			82
S-02	SPT	15,00	17	29	38			67
S-02	SPT	18,00	20	33	44			77

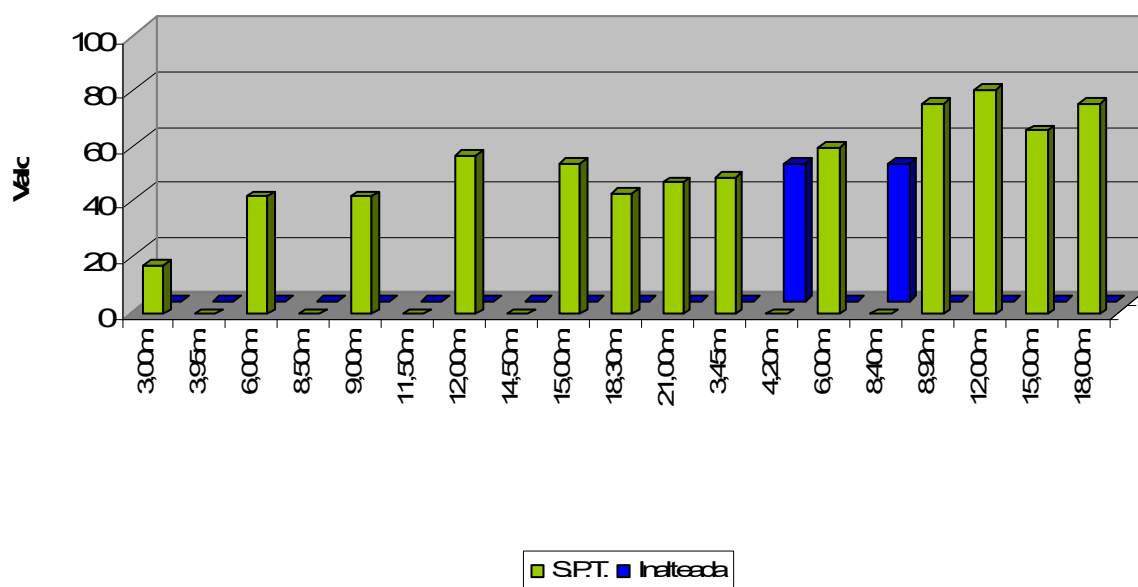


Figura Nº 16.- Valores de compacidad o consistencia.

6.4.- Muestras ensayada en la UG-2.

6.4.1.- Identificación

De los ensayos granulométricos y de límites de Atterberg, se puede observar que la mayoría de las muestras ensayadas responden a MH (Limos inorgánicos de alta plasticidad).

Los ensayos granulométricos realizados, para esta unidad se detallan en la siguiente tabla, donde se aportan los resultados obtenidos:

Tabla 20. Valores granulométricos

Recon.	Prof. (m.)	Diámetro (mm.)				
		20,00	5,00	2,00	0,40	0,08
S-01	3,95	100,00	100,00	100,00	99,80	98,60
S-01	8,50	100,00	100,00	100,00	99,90	98,90
S-01	11,50	100,00	100,00	100,00	99,60	98,50
S-01	14,50	100,00	100,00	100,00	99,90	98,90
S-02	4,20	100,00	100,00	100,00	99,70	98,30
S-02	8,40	100,00	100,00	100,00	100,00	97,60

Los valores obtenidos en las curvas granulométricas han sido las siguientes:

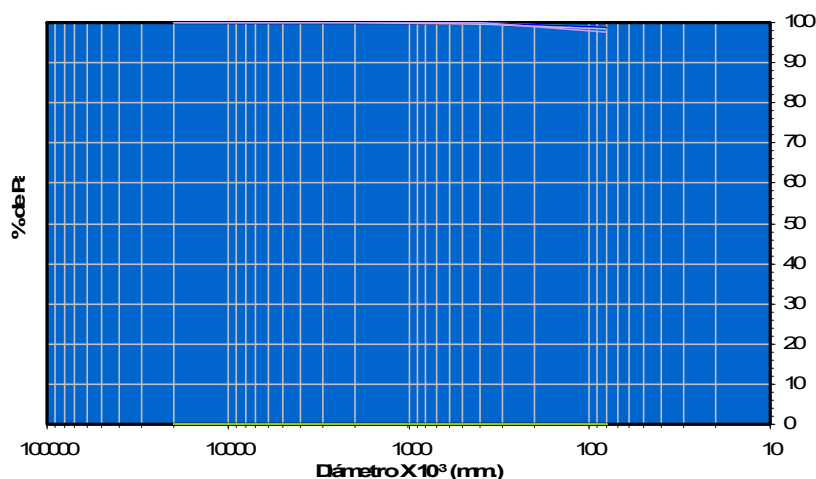


Figura Nº 17.- Distribución de curvas granulométricas.

Los valores medios obtenidos han sido los siguientes:

Tabla 21. Valores estadísticos granulométricos

	Diámetro (mm.)				
	20,00	5,00	2,00	0,40	0,08
Mínimo (%)	100,00	100,00	100,00	99,60	97,60
Máximo (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	98,90
Media (%)	100,00	100,00	100,00	99,82	98,47
Desviación				0,15	0,48
Nº de ensayos	6	6	6	6	6

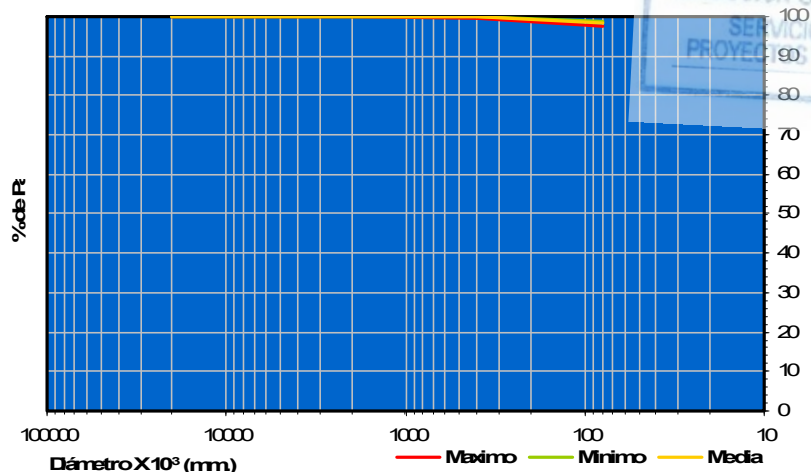


Figura Nº 18.- Valores estadísticos gráficos.

Los valores obtenidos para cada uno de los ensayos de límites de Atterberg desarrollados en este trabajo se definen a continuación:

Tabla 22. Límites de Atterberg

Recon.	Prof. (m.)	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico
S-01	3,95	68,40	43,60	24,80
S-01	8,50	75,10	42,90	32,20
S-01	11,50	75,10	42,80	32,30
S-01	14,50	60,90	36,40	24,50
S-02	4,20	70,10	42,40	27,70
S-02	8,40	85,60	52,00	33,60

La variación de los límites líquidos y plásticos se detallan a continuación:

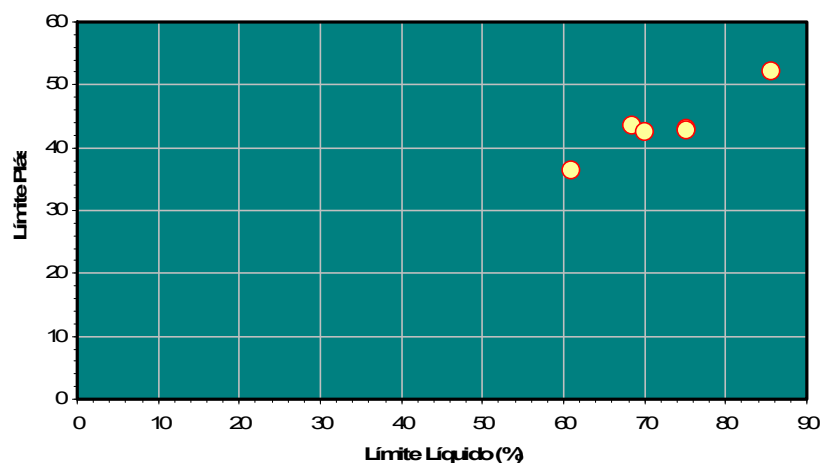


Figura Nº 19.- Variación de entre los límites líquido y plástico.

Por lo que se respecta a los materiales finos, se ha realizado ensayos para determinar los llamados Límites de Atterberg, cuyos resultados pueden observarse gráficamente en la representación de Casagrande.

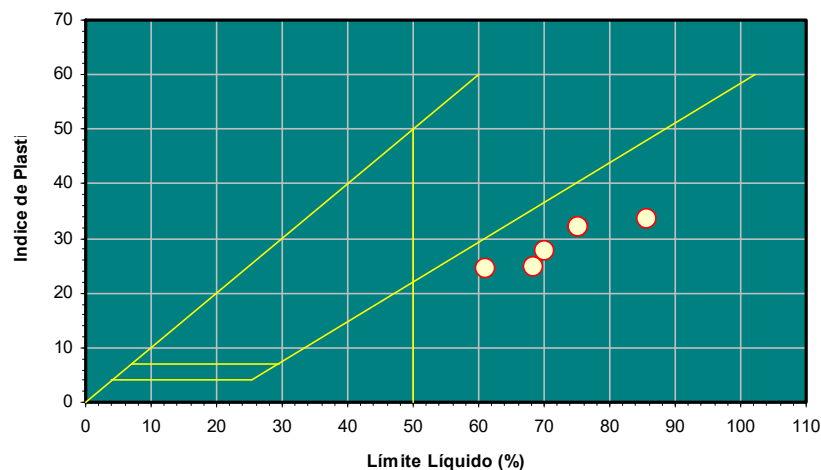


Figura Nº 20.- Carta de Casagrande.

A continuación se clasifica las muestras ensayadas en función del O.C. 330.2004.

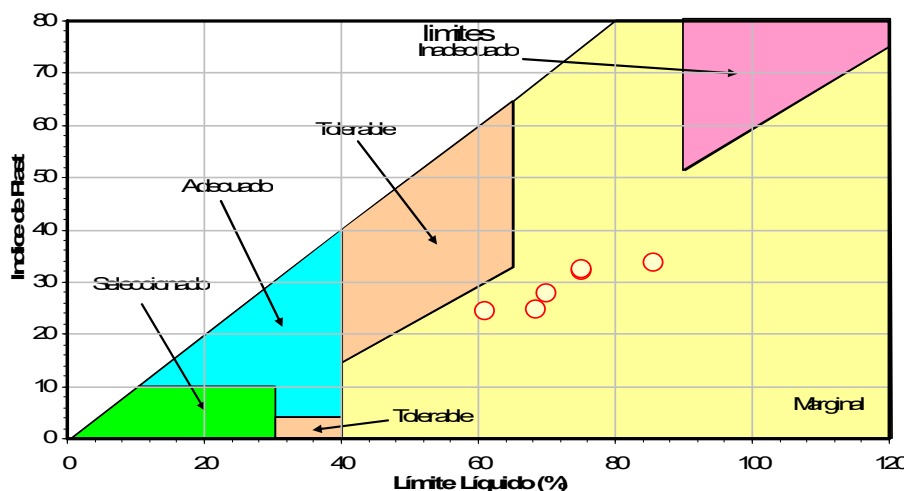


Figura Nº 21.- Clasificación según los límites obtenidos en función del O.C. 330.2004.

En el gráfico siguiente se aporta la situación de los ensayos de Límites de Atterberg realizados en referencia con los principales tipos de arcillas.

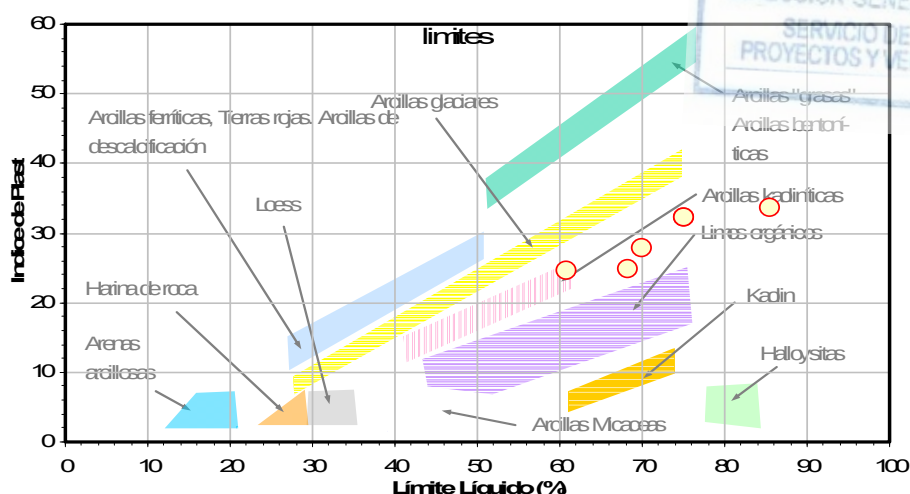


Figura Nº 22.- Carta de Casagrande en relación con los tipos de arcillas.

Los valores medios obtenidos, referentes a los Límites de Atterberg han sido los siguientes:

Tabla 23. Valores estadísticos Límites de Atterberg

	L. Líquido	I. Plasticidad
Mínimo (%)	60,90	24,50
Máximo (%)	85,60	33,60
Media (%)	72,53	29,18
Desviación	8,27	4,04
Nº de ensayos	6	6

La clasificación obtenida según los ensayos realizados ha sido la que se aporta en la tabla siguiente:

Tabla 24. Clasificación (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

Recon.	Prof. (m.)	Clasificación
S-01	3,95	MH
S-01	8,50	MH
S-01	11,50	MH
S-01	14,50	MH
S-02	4,20	MH
S-02	8,40	MH

La distribución porcentual de las muestras ensayadas se puede ver en la grafica siguiente:

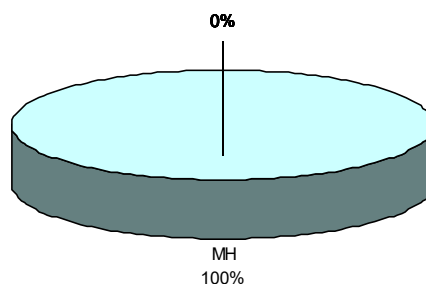


Figura N° 23.- Clasificación.

6.4.2.- Ensayos químicos y agresividad en suelos

Los valores estadísticos obtenidos a partir de los ensayos realizados se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 25. Valores estadísticos de ensayos químicos

	M. Organica (%)	Sulfatos (SO3) (%)	Sulfatos (SO4) mg/Kg	A. Baumann-Gully	Yesos (%)	Sales Solubles (%)	Carbonatos (CO3) (%)
Mínimo	-	-	0,00	4,00	-	-	-
Máximo	-	-	0,00	4,00	-	-	-
Media	-	-	0,00	4,00	-	-	-
Desviación	-	-	0,00	0,00	-	-	-
Nº de ensayos	0	0	2	2	0	0	0

6.4.3.- Parámetros de estado natural

Los valores obtenidos de los parámetros naturales ensayados han sido los siguientes:

Tabla 26. Valores obtenidos de estado natural

Recon.	Prof. (m.)	Peso Especifico (kN/m3)	Densidad seca (kN/m3)	Densidad aparente (kN/m3)	Humedad (%)
S-01	3,95		14,20	16,60	16,80
S-01	8,50		10,20	15,70	53,90
S-02	4,20		13,00	17,20	31,69
S-02	8,40		11,20	16,60	48,04

Los valores estadísticos del estado natural son los siguientes:

Tabla 27. Valores estadísticos

	P.Especifico (kN/m3)	Densidad seca (kN/m3)	Densidad aparente (kN/m3)	Humedad (%)
Mínimo	-	10,20	15,70	16,80
Máximo	-	14,20	17,20	53,90
Media	-	12,15	16,53	37,61

Tabla 27. Valores estadísticos

	P.Específico (kN/m ³)	Densidad seca (kN/m ³)	Densidad aparente (kN/m ³)	Humedad (%)
Desviación	-	1,79	0,62	16,76
Nº de ensayos	0	4	4	4

6.4.4.- Parámetros de resistencia

Los valores de resistencia obtenidos para este nivel son los siguientes:

Tabla 28. Valores obtenidos en los ensayos de resistencia ejecutados. *Nota: C (Corte Directo). T (Triaxial). CD (Ensayos consolidados y drenados). CU (Ensayos consolidados y sin drenar). UU (Ensayos sin consolidar y sin drenar).

Recon.	Prof. (m.)	Comp.Simple (KPa)	Ensayos con Drenaje			Ensayos sin Drenaje		
			Tipo de ensayo	Ang.roz. Efectivo	Coh.Efect. (Kpa)	Tipo de ensayo	Ang.roz. sin drenaje	Coh.sin dren.(Kpa)
S-01	3,95	30,10	C-CD	35,50	112,00			
S-01	8,50	23,90						
S-02	4,20	150,00	C-CD	39,90	140,00			
S-02	8,40	271,30						

Los ensayos de corte directo se han realizado sobre muestra remoldeada. Los valores de ángulo de rozamiento interno quedan por encima de lo esperable para este tipo de materiales debido a la distribución de las partículas de la fracción arenosa en la muestra ensayada. Asimismo para la cohesión efectiva, debido a la alta plasticidad detectada, los fenómenos de succión favorecen la generación de una cohesión aparente no real.

Los ensayos de compresión simple pueden verse influidos por la fisuración de las muestras por retracción, tal y como reflejan algunos valores. En este sentido, se recomienda recurrir a la valoración de la representatividad de datos. Adoptando los valores que se correspondan con la naturaleza de la muestra y con otros ensayos directos realizados.

A partir de los ensayos realizados, se han podido establecer los siguientes valores estadísticos para el nivel definido como UG.2.

Los valores estadísticos referidos son los siguientes:

Tabla 29. Valores estadísticos de resistencia

	Comp.Simple (KPa)	Ensayos con Drenaje		Ensayos sin Drenaje	
		Ang.roz. Efectivo	Coh.Efect. (Kpa)	Ang.roz. sin drenaje	Coh.sin dren.(Kpa)
Mínimo	23,90	35,50	112,00	-	-
Máximo	271,30	39,90	140,00	-	-
Media	118,83	37,70	126,00	-	-
Desviación	117,05	3,11	19,80	-	-
Nº de ensayos	4	2	2	0	0

Los valores de compresión simple obtenidos se detallan en la siguiente gráfica:

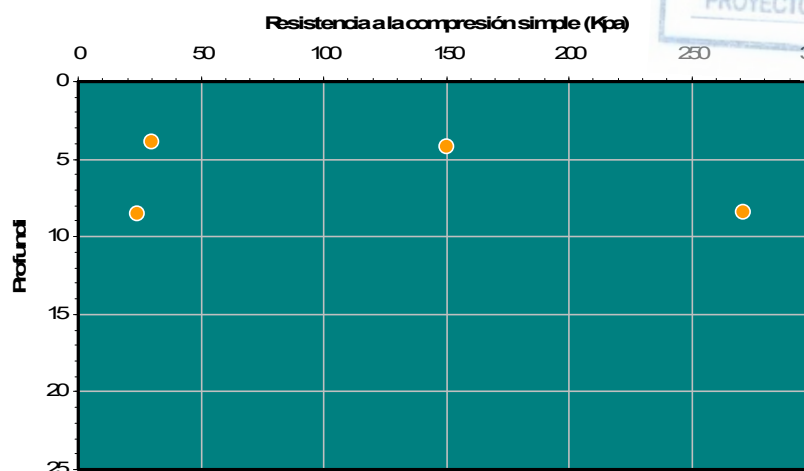


Figura Nº 24.- Valores de compresión simple en relación a la profundidad.

Por otro lado se detalla, en la siguiente figura, los valores de cohesión efectiva y ángulo de rozamiento, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo. En este gráfico se representa, según la ley de Coulomb, la resistencia a la tensión tangencial, a lo largo de un plano de deslizamiento que es igual a la cohesión más el valor de la presión normal en dicho plano, multiplicado por la tangente del ángulo de rozamiento.

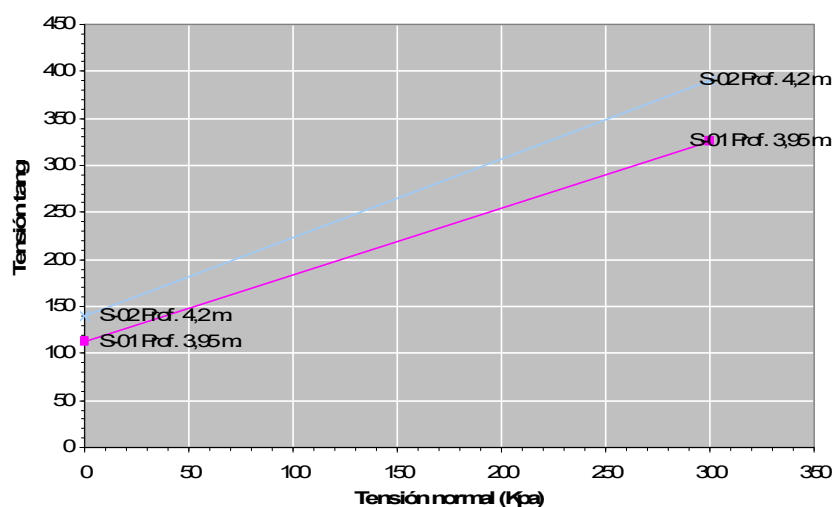


Figura Nº 25.- Gráfico de tensión normal frente tensión tangencial.

Los valores obtenidos en función de la profundidad del ángulo de rozamiento.

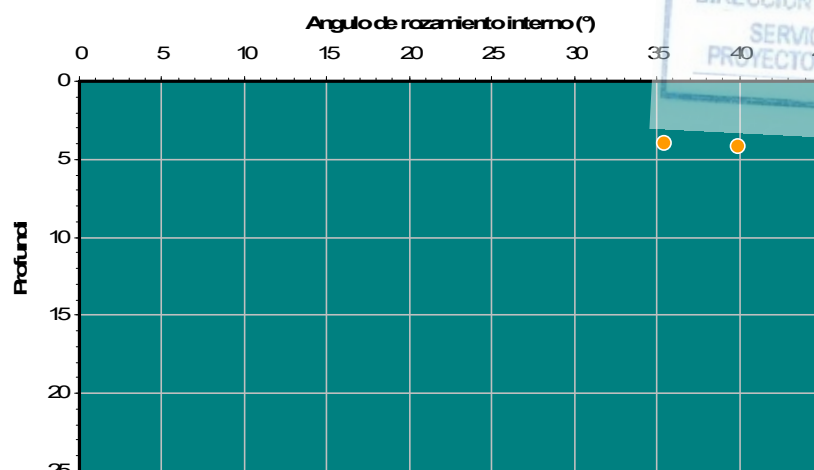


Figura Nº 26.- Valores de ángulo de rozamiento interno en relación a la profundidad.

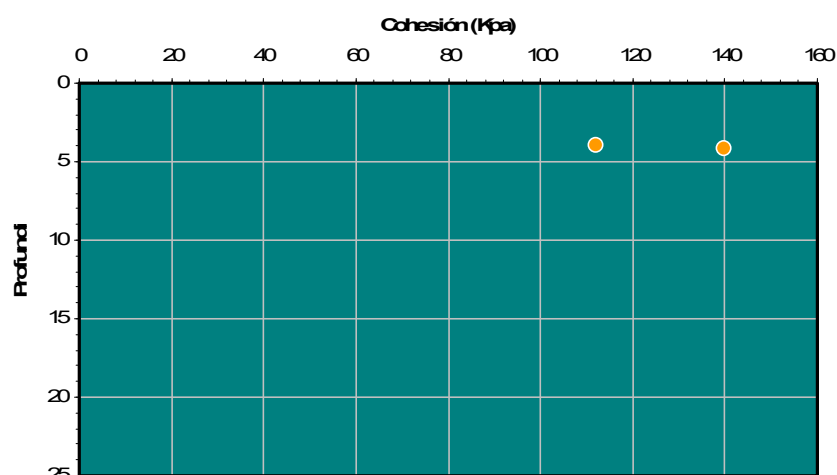


Figura Nº 27.- Valores de cohesión efectiva en relación a la profundidad.

6.4.5.- Ensayos de expansividad y colapso

Los ensayos de expansividad y colapso, junto con los valores obtenidos, se aportan en la siguiente tabla:

Tabla 30. Valores obtenidos en los ensayos de laboratorio

Recon.	Prof. (m.)	eo (ind. poros)	Presion preconsolid. (Kpa)	P.Hincham. (Kpa)	Hincham. libre (%)	Clasif. Lambe	Asiento en colapso (%)
S-02	4,20			115,00			

También se ha realizado un ensayo de inundación bajo carga para poder estudiar la deformación en condiciones secas y húmedas. Se muestran los resultados obtenidos en la siguiente gráfica en la que se aprecia un campo de hinchamiento para presiones inferiores a 30kPa.

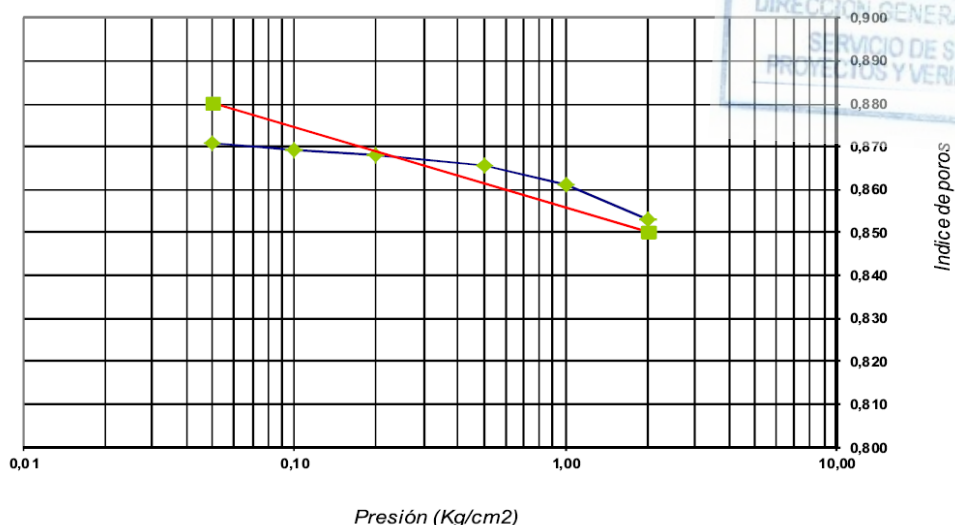


Figura Nº 28.- Ensayo de inundación bajo carga.

7.- Agresividad

7.1.- 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 solicitaciones consideradas en el análisis estructural.

El tipo de ambiente viene definido por la combinación de:

- o Una de las clases generales de exposición, frente a la corrosión de las armaduras.
- o 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.

7.2.- Clases generales de exposición ambiental en relación con la corrosión de armaduras

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.

7.2.1.- 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 31. Clase general de exposición.

Clase general de exposición				Descripción	Ejemplos	
Clase	Subclase	Designac	Tipo de proceso			
Normal	No agresiva	I	Ninguno	- Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. - Elementos de hormigón en masa.	- Elementos estructurales de edificios, incluidos los forjados, que estén protegidos de la intemperie.	
	Humedad alta	IIa	Corrosión de origen diferente de los cloruros	- Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones. - Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos enterrados o sumergidos	- Elementos estructurales en sótanos no ventilados. - Cimentaciones. - Estribos, pilas y tableros de puentes en zonas, sin impermeabilizar con precipitación media anual superior a 600 mm. - 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.	
				- Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.	- Elementos estructurales en construcciones exteriores protegidas de la lluvia. - Tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.	
	Humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente de los cloruros			
	Marina	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros	- 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).	- 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	- Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.	- 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	- Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas.	- 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				IV	Corrosión por cloruros	- 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. - 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 32. Clase específica de exposición (Cont.).

Clase específica de exposición				Descripción	Ejemplos
Clase	Subclase	Design	Tipo de proceso		
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.
	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 33. Tipo de exposición.

Tipo de medio agresivo	Parámetros	Tipo de exposición		
		Qa	Qb	Qc
		Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
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
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

7.3.- Valores obtenidos en suelos

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

Tabla 34. Tipos de exposición obtenidos.

Unidad Geotécnica	Definición	Tipo de exposición
UG.1	Rellenos antrópicos	-
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	No agresivo

7.4.- Valores obtenidos en aguas

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

Parámetros	Normas	Resultados de Ensayo	Tipo de Exposición		
			Qa	Qb	Qc
			Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
Valor del pH	UNE 83952:2008	8.1	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5
CO ₂ agresivo*(mg CO ₂ /l)	UNE EN 13577:2008	No contiene	15 – 40	40 – 100	> 100
Ión Amonio (mg NH ₄ ⁺ /l)	UNE 83954:2008	0,1677	15 – 30	30 – 60	> 60
Ión Magnesio (mg Mg ²⁺ /l)	UNE 83955:2008	107,98	300 – 1000	1000 – 3000	> 3000
Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l)	UNE 83956:2008	142	200 – 600	600 – 3000	> 3000
Residuo Seco (mg/l)	UNE 83957:2008	1305	75 – 150	50 – 75	< 50

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD

NO AGRESIVA

Resultados adoptados a partir de los ensayos de laboratorio realizados.

8.- Permeabilidad

En el estudio de las propiedades hidráulicas del suelo, nos referiremos al movimiento del agua libre entre las partículas, cuya magnitud depende de la permeabilidad del material. Se define un material permeable como aquel que tiene vacíos continuos. Siguiendo este concepto, todos los suelos y materiales constructivos, excluyendo los metálicos, son permeables.

El general distinguiremos dos tipos de flujo: laminar y turbulento. El flujo laminar es aquel en el cual las partículas de agua se mueven o desplazan sin interferencias, o sea, que las partículas no chocan entre sí. Es característico de los limos y las arcillas, pero puede ocurrir en las arenas bajo ciertas condiciones hidráulicas. Un flujo se definirá como turbulento cuando las líneas de flujo de juntan debido al choque de las partículas de agua que se mueven indisciplinadamente. Es propio de las gravas.

8.1.- Movimiento del agua libre

El escurrimiento del agua a través de un material permeable se realiza siguiendo aproximadamente las líneas de filtración. Hay una pérdida de energía (convertida en calor y sonido) debido a la fricción de las partículas de agua dentro de los poros del suelo que genera la sobrepresión hidrostática. Es ésta el elemento motor que provoca el movimiento del agua a través de la masa de suelo.

Definamos los siguientes términos:

Altura de posición o potencial: es la distancia medida desde un plano de referencia arbitrario.

Presión piezométrica: es la presión que provoca que el nivel del agua se eleve en el tubo.

Carga hidráulica: es la pérdida de altura h obtenida por la diferencia de alturas totales h_1 y h_2 .

Sobrepresión hidrostática: es la pérdida de energía determinable por el producto $h \cdot Y$, donde Y_w es el peso específico del agua (g/cm^3) y h la carga hidráulica.

Principio de Bernoulli.

"En un punto de un líquido, la energía total es igual a la suma de las energías de posición o potencial, piezométrica o de presión, y de velocidad".

Ley de Darcy

Una antigua fórmula empírica mide la cantidad de agua que circula en la unidad de tiempo a través de una superficie unitaria normal a las líneas de filtración, expresada como:

K : permeabilidad de un material poroso, función exclusiva de las características del suelo (cm^2)
 N : viscosidad del líquido que circula ($g \cdot seg / cm^2$)
 i : gradiente de presión (g/cm^3)
 v : velocidad de agua a través de la sección total del suelo.

La consideración de la sección total del suelo es irreal ya que el flujo de agua se efectúa a través de los vacíos del suelo.

Area total = área "ciega" + área de poros.

Reemplazando en la fórmula precedente el gradiente de presión por el gradiente hidráulico tenemos:

$$I_p = i \cdot Y_w$$

$$v = (K/h) \cdot i \cdot Y_w$$

Como K , h y Y_w son valores constantes los vamos a reunir del siguiente modo:

$$k = ((K \cdot Y_w)/h)$$

Sustituyendo en la ecuación anterior, donde k es el coeficiente de permeabilidad al cual le corresponden unidades de velocidad (cm/seg), nos queda:

$$v = k \cdot i \text{ Ley de Darcy}$$

Limitaciones de la Ley de Darcy

El flujo debe ser laminar, lo que implica que la Ley de Darcy sólo es aplicable en materiales finos y en algunos casos de arenas cuyas condiciones sean:

$i < 0.4$ en arenas densas $i < 0.2$ en arenas sueltas

La turbulencia no es congruente con la Ley de Darcy, por lo que no es aplicable a gravas.

Por otra parte, la Ley de Darcy supone que la forma y volumen de los poros por donde circula el agua son independientes de la presión y del tiempo.

Coeficiente de permeabilidad (k)

Se define el coeficiente de permeabilidad como la velocidad que adquiere el agua que fluye cuando el gradiente hidráulico es la unidad.

En la fórmula de Darcy, para $i = 1$ se tiene:

$$V = i \cdot k = k \text{ (cm/seg)}$$

Para llegar a la expresión simplificada de Darcy, asumimos que los factores del coeficiente de permeabilidad eran constantes, lo cual es válido sólo en los casos de filtración de agua a poca profundidad, donde la temperatura varía muy poco y el peso específico y la viscosidad del agua son prácticamente constantes. De modo que el coeficiente de permeabilidad no es un valor absoluto, sino que depende de la temperatura del agua.

En los problemas relativos al flujo de líquidos en general la determinación correcta del coeficiente de permeabilidad es un dato de importancia primordial. Existen diversos procesos en la obtención de la permeabilidad de los suelos: unos de prueba "in situ" (Lugeon/Lefranc) y otros de laboratorio (permeámetros).

8.2.- Factores que influyen en la permeabilidad

Los principales factores, tanto característicos del suelo como del líquido que circula, influyentes en la permeabilidad son:

- Forma y tamaño de las partículas
- Relación de vacíos del suelo
- Grado de saturación del suelo
- Cantidad de gases disueltos en el líquido, ya que el aire dificulta la filtración
- Propiedades, sobre todo la viscosidad, del líquido que fluye.

VALORES RELATIVOS DE PERMEABILIDAD (Según Terzaghi y Peck) Permeabilidad relativa valores de k Suelo típico (cm/seg).

Tabla 35. Valores relativos de permeabilidad (Según Terzaghi y Peck)
Permeabilidad relativa valores de k Suelo típico (cm/seg)..

Grado de permeabilidad	Valor de k (cm/s)
Elevada	Superior a 10^{-1}
Media	10^{-1} a 10^{-3}
Baja	10^{-3} a 10^{-5}
Muy baja	10^{-5} a 10^{-7}

Tabla 35. Valores relativos de permeabilidad (Según Terzaghi y Peck)
Permeabilidad relativa valores de k Suelo típico (cm/seg)..

Grado de permeabilidad	Valor de k (cm/s)
Prácticamente impermeable	Menor de 10^{-7}

Tabla 36. Valores relativos de permeabilidad en función del tipo de material.

Material	Valor de k (cm/s)
Muy permeable: Grava gruesa	Superior a 10^{-1}
Moderadamente permeable: Arena, arena fina	10^{-1} a 10^{-3}
Poco permeable: Arena limosa, arena sucia	10^{-3} a 10^{-5}
Muy poco permeable: Limo, arenisca fina	10^{-5} a 10^{-7}
Impermeable Menor: Arcilla	Menor de 10^{-7}

Tabla 37. Valores relativos de permeabilidad en función del tipo de material.

Tipo de suelo	Valor de k (m/s)
Grava limpia	$> 10^{-2}$
Arena limpia y mezcla y arena limpia	10^{-2} a 10^{-5}
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	$< 10^{-9}$
Arcilla	10^{-5} a 10^{-7}

8.3.- Valores obtenidos

Según los trabajos realizados se establecen los siguientes parámetros de permeabilidad:

Tabla 38. Valores de permeabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	K (m/seg)
UG.1	Rellenos antrópicos	-
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	10^{-5} - 10^{-9} m/s

Valores adoptados de los resultados obtenidos en los ensayos de identificación realizados.

9.- Determinación de la excavabilidad

9.1.- Metodología

Para estimar la excavabilidad de cualquier tipo de terreno suele acudir a la velocidad de las ondas obtenidas en perfiles sísmicos de refracción. En el caso de suelos no es habitual la realización de este tipo de ensayos, ya que comúnmente las velocidades de transmisión de las ondas suelen ser inferiores a 1500m/s.

Como referencia, en el National Engineering Handbook del Departamento de Agricultura de Estados Unidos se facilita la siguiente tabla de indicadores de la excavabilidad del terreno:

Tabla 39. Correlación de varios indicadores para la excavabilidad del terreno. Modificada del National Engineering Handbook

Resistencia del terreno	Descripción	Velocidad sísmica (m/s)	Potencia necesaria (Hp)
Suelo cohesivo muy blando a firme o suelo granular de densidad muy suelta a media	Excavación manual	< 600	-
Suelo cohesivo firme o suelo granular denso en transición a roca muy blanda o dura. Material con aspecto de roca	Maquinaria común	600-1500	≥ 100
Roca blanda a moderadamente blanda	Ripado fácil	1500-2100	≥ 150
Roca moderadamente dura a dura	Ripado difícil	2100 - 2450	≥ 250

**Tabla 39. Correlación de varios indicadores para la excavabilidad del terreno
Modificada del National Engineering Handbook**

Resistencia del terreno	Descripción	Velocidad sísmica (m/s)	Potencia necesaria (Hp)
Roca muy dura	Ripado muy difícil	2450 - 2750	≥ 350
Roca extremadamente dura	Ripado extremadamente difícil o voladura	>3000	≥ 500

9.2.- Evaluación de la excavabilidad

De acuerdo con los resultados obtenidos en los diferentes trabajos realizados se puede estimar la excavabilidad del siguiente modo, para cada uno de los niveles definidos en los apartados anteriores apartados:

Tabla 40. Excavabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	Excavabilidad
UG.1	Rellenos antrópicos	Excavación manual
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	Maquinaria común

Excavabilidad definida a partir de los ensayos de resistencia de campo y laboratorio y atendiendo a la naturaleza del material.

10.- Expansividad

Una problemática relevante y a tener en cuenta en nuestro país, es la presencia de suelos arcillosos expansivos, cuya principal característica es la de producir movimientos como consecuencia de hinchamientos y retracciones del subsuelo sobre el cual apoya la cimentación, debidos a cambios de humedad y que provocan en la mayoría de los casos daños estructurales importantes.

Las arcillas expansivas, pertenecen a un grupo mineralógico muy amplio de materiales de naturaleza química silíceas denominados silicatos. Dentro de estos, en función de la distribución de los tetraedros de SiO₄⁴⁻ (figura siguiente) se clasifican sistemáticamente dentro de los Filosilicatos o silicatos laminares. Así, a grandes rasgos y en función del tipo

de arcilla, entre lámina y lámina, se emplazarán en mayor o menor medida las moléculas de agua que producirán el hinchamiento.

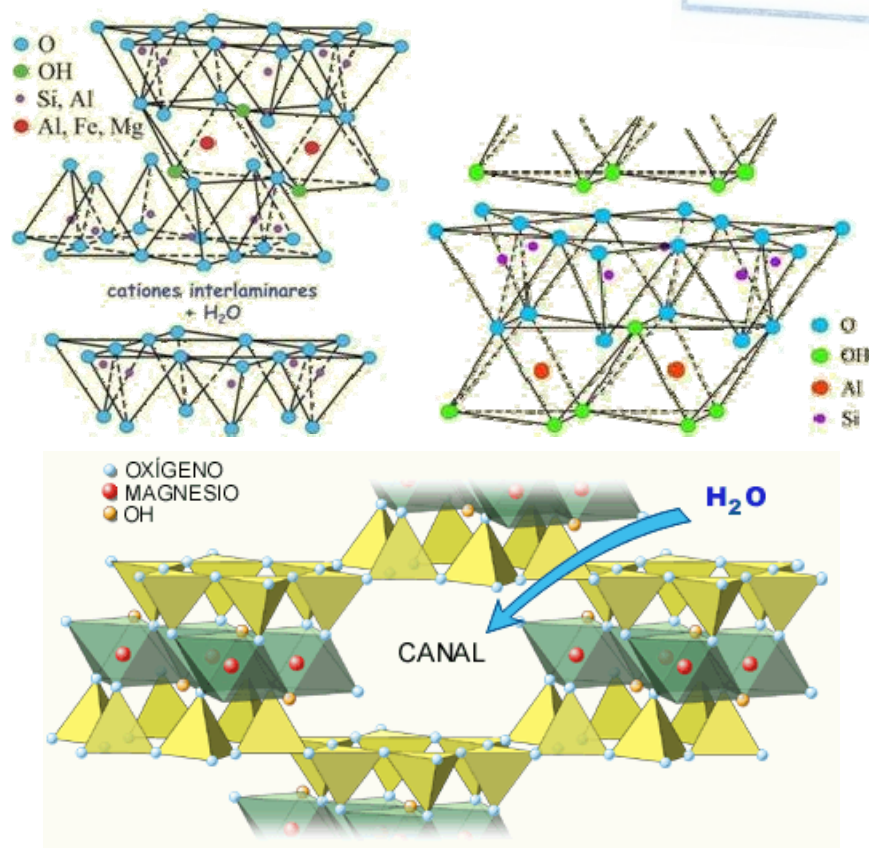


Figura Nº 29.- Estructura química general de las arcillas.

Desde el punto de vista geotécnico, los suelos plásticos o arcillosos, son aquellos capaces de deformarse sin agrietarse, ni producir rebote elástico, cambiando su consistencia al variar el contenido de agua. En función de los cambios de contenido de humedad se dan diferentes estados físicos, siendo los límites para cada estado de consistencia los conocidos como límites de Atterberg: límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, que son el punto de partida para la estimación de la expansividad de un suelo.

La capacidad expansiva del suelo depende de su naturaleza; si un suelo arcilloso modifica el contenido de humedad, el cambio de volumen puede ser significativo. Tanto por aumento de volumen por mayor tenor de humedad como, al reducir la humedad, suele producirse retracción por desecación.

Cuando acaecen problemas en las construcciones como consecuencia de la expansividad del suelo bajo una cimentación, y alrededor de instalaciones auxiliares, pueden llegar a cobrar mucha importancia, provocando agrietamientos, rotura de tuberías de saneamiento y de drenajes, etc.

Por lo general aparecen en edificios de poca altura, en los que por las bajas presiones transmitidas al terreno, no pueden impedir el hinchamiento del suelo y, por otra parte, cuando debido a economías mal orientadas, no se cimenta a gran profundidad, donde los cambios volumétricos periódicos no se producen.

Los Ensayos de expansividad permiten obtener valores cuantitativos sobre la capacidad expansiva del suelo.

Generalmente se realizan ensayos que correlacionan parámetros básicos del suelo con su potencial expansivo, éstos permiten identificar y clasificar los suelos expansivos, los más utilizados son:

- Ensayos Directos. Cuando se necesita determinar el cambio de volumen del suelo se utiliza un aparato edométrico:

- o Ensayo de Hinchamiento Libre: Obtención de las deformaciones que sufre el suelo sometido a niveles tensionales muy bajos.
- o Ensayo de Presión Máxima de Hinchamiento: Presión máxima que sufre el suelo sin cambiar su volumen.

- Ensayos Indirectos. Estos ensayos se basan en la medición de una o más propiedades intrínsecas del suelo en complemento con datos disponibles sobre experiencias anteriores acerca del cambio potencial de volumen:

- o Ensayo de Difracción de Rayos X : Es la determinación de la constitución de arcillas (minerales constitutivos).
- o Plasticidad: determinación de correlaciones locales.
- o Contenidos de Humedad, Granulometría, etc.

Los criterios de peligrosidad más aceptados son los siguientes:

Tabla 41. Criterios de peligrosidad según Jiménez Salas.

Parámetro	Nula	Marginal	Crítica	Muy crítica
Límite líquido LL	<30	30-40	40-60	>60
Índice de Plasticidad IP	0-15	10-35>	20-55	>45
%<1 µm	<15	13-23	23-30	>28
%<0,074 µm	<30	30-60	60-95	>90
Índice PVC de Lambe	<2	2-4	4-6	>6
Índice de desecación ID	>1	0,8-1	0,6-0,8	<0,6

Tabla 42. Criterios de peligrosidad según Chen.

% Pasa por Tamiz 200	Límite líquido	S.P.T.	Expansión Probable %	Presión de Hinchamiento (Kp/cm2)	Grado de expansión
>95	>60	>30	>10	>10	muy alto
60-95	40-60	20-30	3-10	2,5-10	alto
30-60	30-40	10-20	1-5	1,5-2,5	medio
<30	<30	<10	<1	<0,5	bajo

10.1.- Valores y cuantificaciones obtenidas

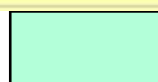
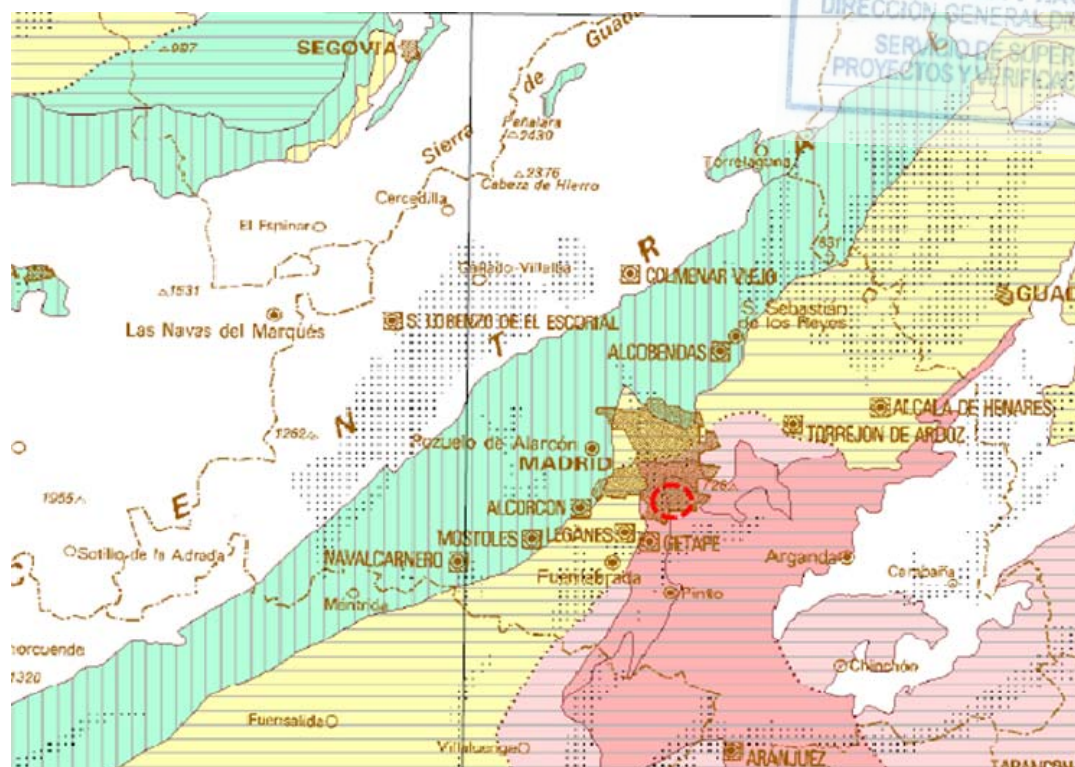
Según los trabajos realizados se han podido establecer los siguientes valores de expansividad según los criterios utilizados:

Tabla 43. Valores de expansividad

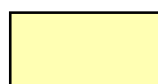
Unidad Geotécnica	Definición	Clasificación
UG.1	Rellenos antrópicos	-
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	Crítico-Muy crítico

La clasificación se ha realizado a partir de ensayos específicos y mediante la correlación con los límites de plasticidad, adoptando la consideración más desfavorable. Aplicado el criterio de Jiménez Salas.

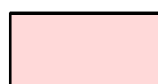
A continuación se muestra un mapa de expansividad publicado por el IGME en el que ha señalado la zona de estudio.



ARCILLAS NO EXPANSIVAS O DISPERSAS EN MATRIZ NO ARCILLOSA:
RIESGO DE EXPANSIVIDAD NULO O BAJO



ARCILLAS EXPANSIVAS SUBORDINADAS O EMPLAZADAS
EN ZONAS CLIMÁTICAS SIN DÉFICIT ANUAL DE HUMEDAD:
RIESGO DE EXPANSIVIDAD BAJO A MODERADO



ARCILLAS EXPANSIVAS LOCALMENTE PREDOMINANTES Y EMPLAZADAS
EN ZONAS CLIMÁTICAS CON DÉFICIT ANUAL DE HUMEDAD:
RIESGO DE EXPANSIVIDAD MODERADO A ALTO



ARCILLAS EXPANSIVAS PREDOMINANTES O ZONAS
DONDE SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS DE EXPANSIVIDAD
RIESGO DE EXPANSIVIDAD ALTO A MUY ALTO

Figura Nº 30.- Mapa de expansividad del IGME.

11.- Parámetros para el dimensionado de elementos de contención

11.1.- 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 44. Parámetros para estructuras de contención

Peso Específico efectivo	Cohesión efectiva	Angulo rozamiento efectivo	Unidad geotécnica
γ KN/m ³	c' KPa	ϕ' °	-
18,00	0,00	17,00	Rellenos antrópicos
19,00	20,00	26,00	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media
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 45. Definición de parámetros para empujes sobre estructuras de contención

Variable	Definición	Expresión
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	$\sigma'_{ph} = \sigma'_p \cdot \sin(\beta - \delta)$
σ'_v	Presión vertical efectiva	$\sigma'_v = \gamma z$

Tabla 45. Definición de parámetros para empujes sobre estructuras de contención

Variable	Definición	Expresión
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	Coefficiente de empuje activo	$K_A = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \sin(\beta - \phi')}{\sqrt{\sin(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\sin(\beta - i)}}} \right]^2$
K_p	Coefficiente de empuje pasivo	$K_P = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \sin(\beta + \phi')}{\sqrt{\sin(\beta - \delta)} - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' + i)}{\sin(\beta - i)}}} \right]^2$
K_0	Coefficiente de empuje en reposo	$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot (R_{oc})^{1/2}$
R_{oc}	Razón de sobreconsolidación	$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot (R_{oc})^{1/2}$

11.2.- 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.

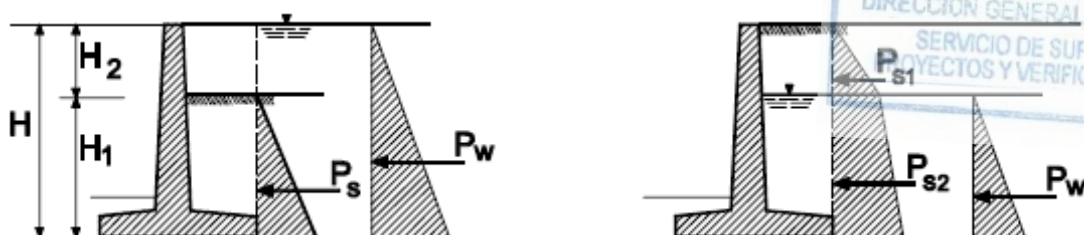


Figura Nº 31.- Empujes del terreno y del agua con trasdós vertical y superficie del terreno horizontal

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.

12.- Estabilidad de taludes provisionales

12.1.- Metodología

Con objeto de estimar el riesgo por deslizamiento de los taludes excavados previamente a la ejecución de los muros se ha realizado un tanteo de la estabilidad de los mismos mediante los ábacos de Hoek y Bray (1.977). En este método, se considera en la construcción de los ábacos el efecto de las presiones intersticiales debidas a la presencia de un freático en el terreno, y que divide al talud en una zona que podemos considerar seca y otra saturada. Aparte de las consideraciones indicadas, se asumen las siguientes simplificaciones:

- El material constitutivo del talud se considera homogéneo en toda la extensión del mismo.
- El círculo de rotura se hace pasar siempre por el pie del talud.
- Se considera la existencia de una grieta de tracción que puede estar situada por encima o por debajo de la cresta del talud.

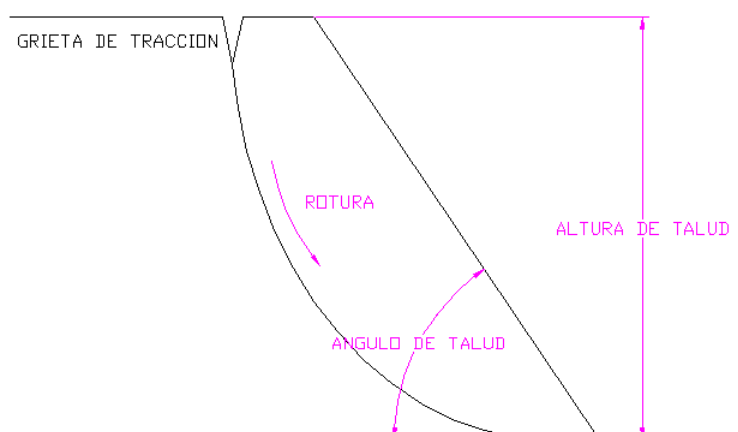


Figura N° 32.- Esquema de rotura en un talud.

Se establecen los siguientes coeficientes de seguridad mínimos a alcanzar:

Tabla 46. Coeficientes de seguridad parciales para la resistencia del terreno

Situación de dimensionado	Acciones	γ_R
Persistente	Peso propio efectivo+agua (situación drenada)	1.5

Tabla 46. Coeficientes de seguridad parciales para la resistencia del terreno

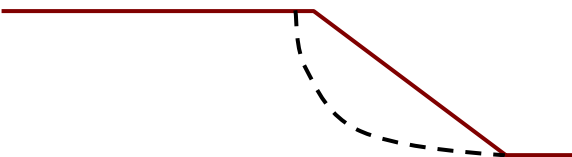
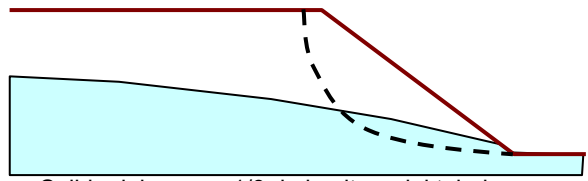
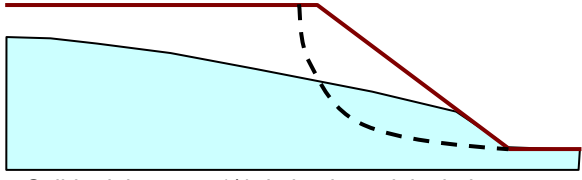
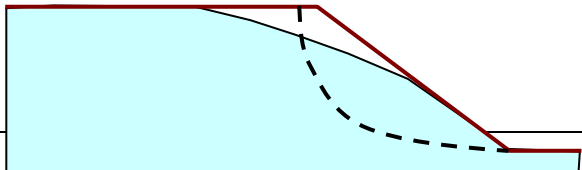
Situación de dimensionado	Acciones	γ_R
Transitoria	Peso propio aparente+agua (sin drenaje)	1.5
Extraordinaria	P.P.+agua+sismo	1.1

Observaciones: El resto de coeficientes de seguridad parciales se consideran igual a 1 ($\gamma_E = \gamma_F = \gamma_M = 1$)

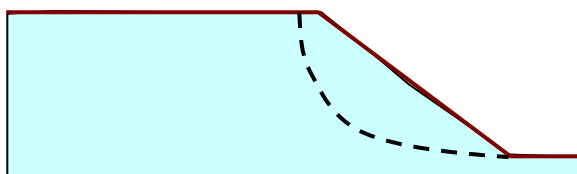
12.2.- Cálculo de coeficientes de seguridad

De este modo y utilizando los ábacos de Hoek y Bray (1.977) se establece las pendientes que se detallan a continuación para cada una de las unidades geotécnicas estudiadas, según distintas alturas y para los siguientes condicionantes establecidos según Hoek y Bray:

Tabla 47. Criterios de elección de los ábacos de Hoek y Bray.

Condiciones del flujo de agua subterránea	Ábaco
 Talud seco. Totalmente drenando	1
 Salida del agua a 1/8 de la altura del talud	2
 Salida del agua a 1/4 de la altura del talud	3
	4

Salida del agua a 1/2 de la altura del talud

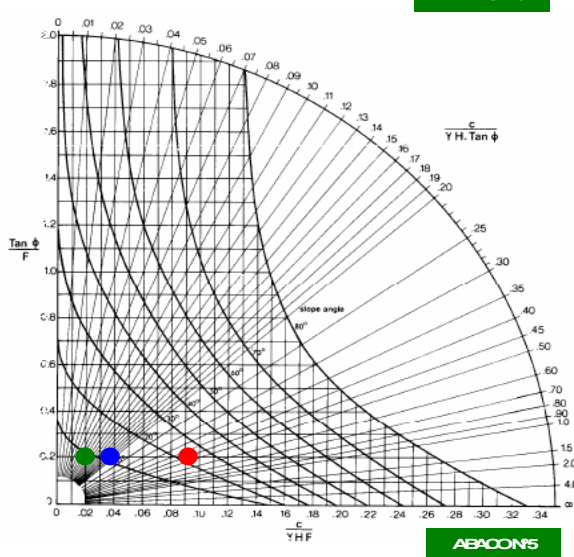
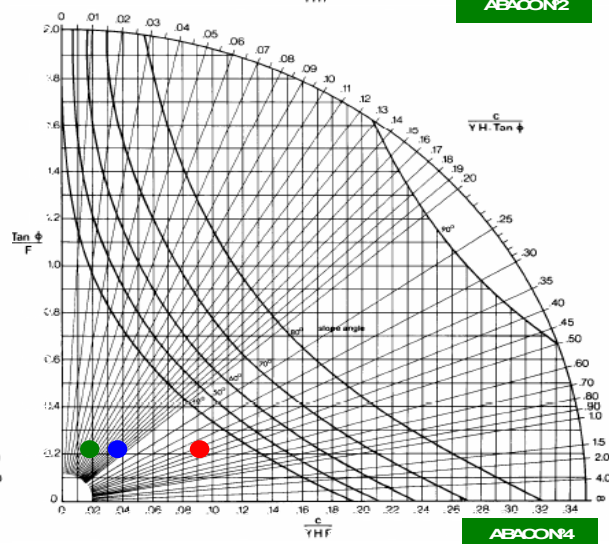
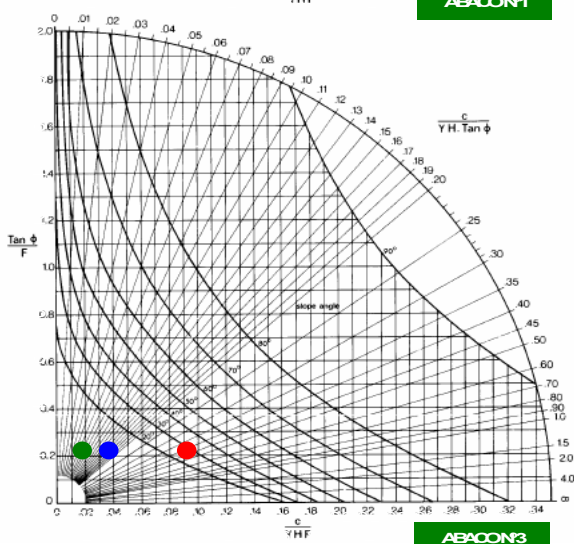
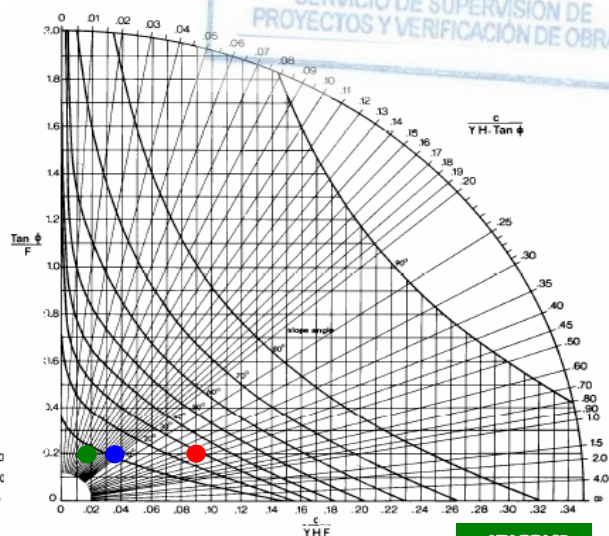
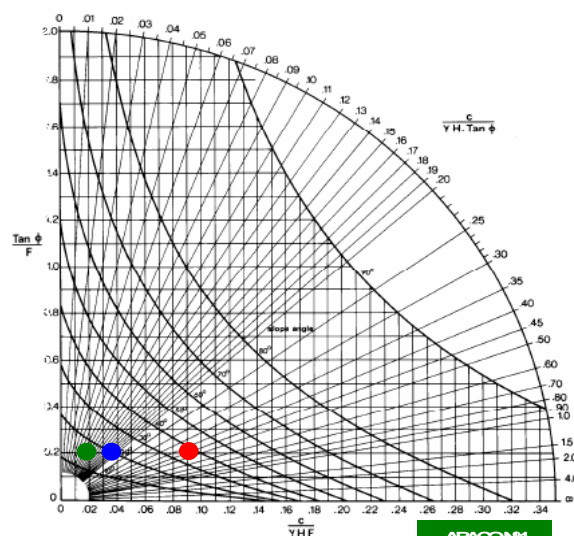


Talud completamente saturado con recarga superficial continuada

5

Hemos adoptado los parámetros para elementos de contención del lado de la seguridad, si bien al tratarse de taludes provisionales hemos asignado 5kPa de cohesión efectiva para la UG.1.

No se ha detectado la presencia de nivel freático a las cotas de excavación previstas por lo que se podrá adoptar los valores del ábaco nº1 en condiciones secas. No obstante, se recomienda cuidar los tiempos de exposición de los taludes.



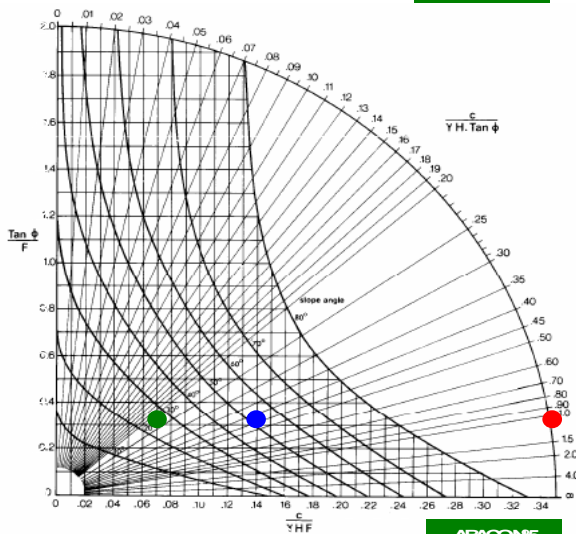
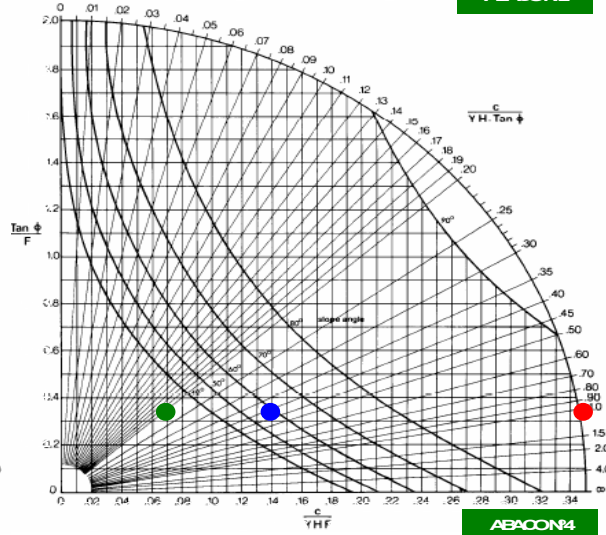
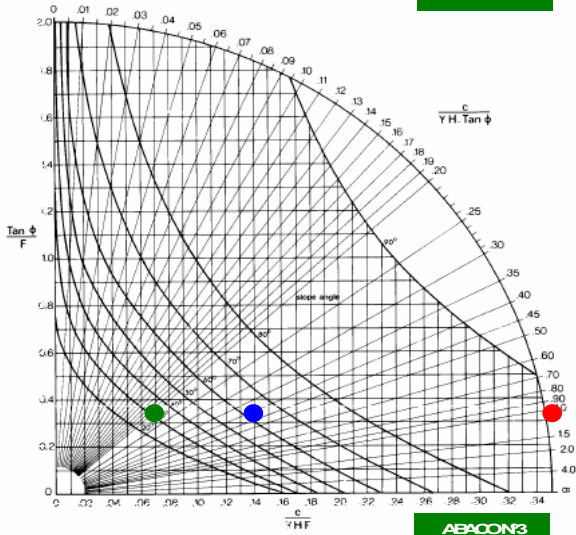
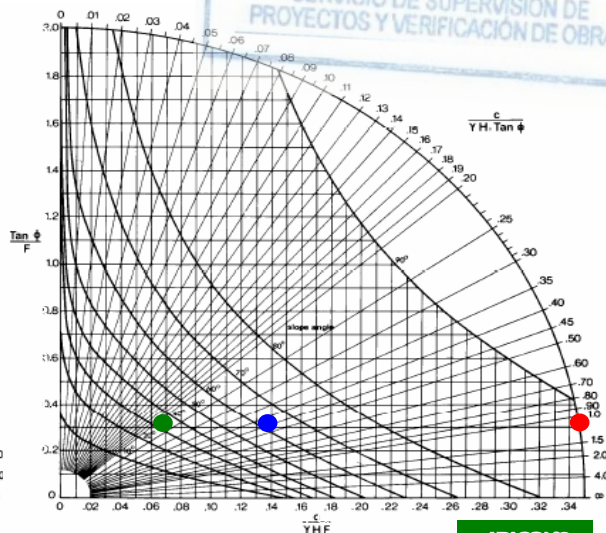
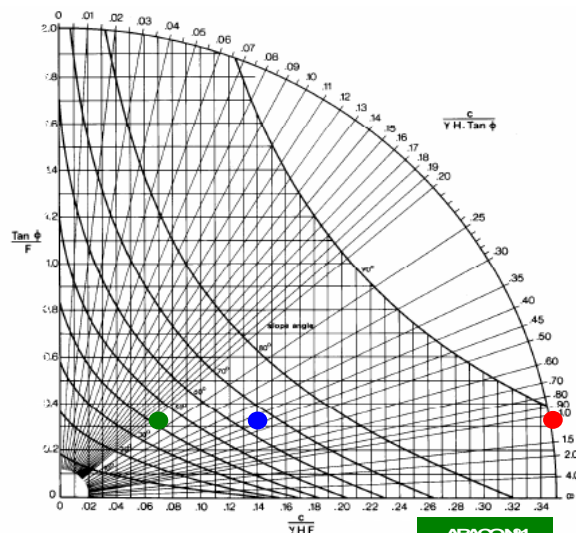
UG1 Rellenos antrópicos

Parámetros utilizados:

Angulo de rozamiento interno	17,00
Cohesion	5,00 Kpa
Densidad natural	18,00 KN/m ³

Alturas estudiadas

- Altura de talud < 2m
- Altura de talud < 5m
- Altura de talud < 10m



UG2
Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasional
Parámetros utilizados:

Angulo de rozamiento interno 26,00
Cohesion 20,00 Kpa
Densidad natural 19,00 KN/m³

Alturas estudiadas

- Altura de talud < 2 m
- Altura de talud < 5 m
- Altura de talud < 10 m

13.- Elección del tipo de cimentación

La edificación prevista constará de dos plantas sobre rasante, con una parte en la que se ejecutará planta de sótano.



Figura Nº 33.- Planta de proyecto; en rosa la zona donde se prevé la ejecución de sótano.

Los condicionantes geotécnicos implicados en elección de la tipología de cimentación, se exponen a continuación:

- Se han detectado un primer nivel constituido por rellenos antrópicos, unidad geotécnica UG.1, con un espesor variable máximo detectado 3,6 m; *ver perfil geológico-geotécnico*. Desde un punto de vista mecánico-geotécnico, este material se caracteriza por presentar bajo e irregular grado de compacidad, siendo imprevisibles los asentamientos que se pueden producir. Por tal motivo, no lo consideramos apto para cimentar directamente sobre él.
- Grado de expansividad clasificado como crítico-muy crítico para la unidad geotécnica UG.2. *Valores adoptados a partir de ensayos específicos y mediante las correlaciones con los valores de plasticidad, valorando la representatividad de los resultados. Los valores de expansividad detectados en los ensayos no han de ser los máximos absolutos existentes en el terreno de apoyo de la cimentación, por este motivo y a la luz de los valores de plasticidad obtenidos no se descartan resultados de presión de hinchamiento por encima de los ensayos de laboratorio.*

Según los criterios de WEBB (1969) u GROMKO (1974), para una expansividad entre media-alta, es adecuado proyectar una cimentación a una profundidad de 0.8 Za, siendo Za la profundidad de la zona activa, que hemos fijado en 4,0 mtrs. a partir de las formulaciones empíricas de Carlos Crespo Villalaz. Con el criterio

anterior situamos la base de la cimentación a una profundidad suficientemente estable frente a cambios higrométricos producidos por agentes exteriores.

Habrà de comprobarse que las cimentaciones previstas deberán quedar empotradas en el material portante al menos a una profundidad de 3,0 m. lo que garantizaría la anulación del 80% del nivel activo, que se sitúa en la región entorno a una potencia de 4,0 m.

Este nivel superficial de la unidad UG.2 no se deberá considerar que contribuya a la resistencia de carga admisible del terreno para la tipología de cimentación recomendada.

- Se ha detectado Nivel freático en los reconocimientos ejecutados, S-02, a una profundidad de 8,8 m. Es probable que el nivel freático pueda oscilar en función del régimen climático y estacional no permaneciendo inalterable, consideración que habrá de ser tenida en cuenta.

Por todo lo expuesto, consideramos que la **unidad portante para cualquier elemento de cimentación ha de ser la unidad geotécnica UG.2.**

Fundamentado en la presencia de un importante espesor de rellenos antrópicos, UG.1, así como a la necesidad de empotrar la cimentación 3,0 m., en la unidad geotécnica UG.2, Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media, a la luz de los datos disponibles de potencial expansivo en la unidad portante, **se recomienda una cimentación profunda mediante pilotaje.**

Ya que no se garantiza la homogeneidad del relleno en otros puntos de la parcela, no consideramos a la UG.1 como parte de la capa activa, si bien aparentemente pudiera presentar permeabilidades como para ello, del lado de la seguridad, y teniendo en cuenta que la capa activa, con la progresión de la alteración pudiera trasladarse a las profundidades establecidas de la unidad geotécnica UG.2. En relación, resaltar lo valores de los ensayos de penetración dinámica que alcanzan un nivel de rechazo a las profundidades que consideramos como parte de la potencial capa activa, teniendo en cuenta las posibles variaciones de humedad que pudieran darse a lo largo del tiempo por la alteración sustancial de la UG.1.

14.- Modelo de cimentación mediante pilotaje

De acuerdo con las características del terreno prospectado y considerando los condicionantes geotécnicos descritos en el apartado anterior, se presentan a continuación las alternativas de cimentación más adecuada.

El tipo de cimentación recomendada es de tipo profundo mediante **pilotes empotrados al menos 6 diámetros en la unidad geotécnica UG.2., localizada a una profundidad máxima detectada de 3,6 m., ésta será variable, desde la cota de realización de las prospecciones.** Con este empotramiento mínimo se asegura que la zona de influencia de

la punta del pilote quede en el entorno de los materiales de la unidad geotécnica establecida como portante.

No se recomiendan en cualquier caso, cimentaciones sobre la unidad geotécnica UG.1.

14.1.- Elección del tipo de pilote

El tipo de pilote más apropiado para una determinada obra o tipo de terreno no es un aspecto que pueda determinarse de forma analítica, estando condicionado por múltiples factores.

Tradicionalmente se ha contado con las recomendaciones de la Norma Tecnológica (NTE), que a pesar de no ser de obligado cumplimiento, siempre se ha considerado un referente a la hora de sugerir el modo de ejecución y puesta en obra de los pilotes construidos en España.

Su aplicación se basa en la clasificación del pilote en función de su forma de transmitir la carga al terreno (por punta o fuste), y la aplicación de una puntuación básica a partir de las características del terreno atravesado, corregida posteriormente por las características de la estructura a construir.

En el siguiente apartado se reproduce el método de asignación de la NTE.

14.1.1.- Tipología de pilote de acuerdo a la NTE

La Norma Tecnológica Española (NTE) clasifica los pilotes de acuerdo a su forma de transmitir la carga al terreno. Así, establece que si:

- $P > 3F$ el pilote trabaja esencialmente por punta
- $P < 3F$ el pilote trabaja esencialmente por fuste

Por la forma de puesta en obra, se distinguen:

- Pilotes de desplazamiento o hincados: Se instalan en el terreno por hinca, desplazando un volumen de suelo equivalente
- Pilotes de extracción: Se instalan excavando previamente el terreno ejecutando a continuación el pilote
- Pilotes de extracción-desplazamiento: Se instalan excavando un volumen de suelo inferior al que ocupará el pilote terminado.

En función del lugar de fabricación y la forma de ejecución, la NTE distingue los siguientes tipos:

Tabla 48. Tipo de pilote

De desplazamiento	Camisa perdida	CPI-1
	Con azuche	CPI-2
	Con tapón de gravas	CPI-3
De extracción mediante cuchara/trépano	Con entubación recuperable	CPI-4
	Con camisa perdida	CPI-5
Perforados con hélice	Sin entubación, con lodos tixotrópicos	CPI-6
Barrenados	Sin entubación	CPI-7
	Hormigonado por tubo central	CPI-8

Tabla 49. Tipo de Pilotaje más adecuado según la NTE. Puntuación Básica

			CPI2	CPI3	CPI4	CPI5	CPI6	CPI7	CPI8
P > 3F	Estrato de apoyo: Roca sana masiva o diaclasada a profundidad en m. entre	10-20	3	1	4	3	2	3	2
		20-40	2	0	3	3	2	2	1
	Estrato de apoyo: Coherente de consistencia dura a profundidad en m. entre	10-20	3	3	3	3	2	4	3
		20-40	2	2	2	2	2	3	2
	Estrato de apoyo: Granular de gravas o arenas compactas a profundidad en m. entre	10-20	4	4	2	3	2	2	3
		20-40	3	3	2	2	2	2	2
P ≤ 3F	Estrato coherente de consistencia media prácticamente homogéneo en profundidad		2	2	2	2	2	2	2
	Estrato coherente de consistencia firme o muy firme prácticamente homogéneo en profundidad		2	2	4	1	3	5	4
	Estratos alternados coherentes medios y granulares sueltos en profundidad		3	4	2	3	2	2	3
	Estrato granular de gravas finas o arenas sueltas en profundidad		3	5	1	2	1	NO	1

Tabla 49. Tipo de Pilotaje más adecuado según la NTE. Puntuación Básica

		CPI2	CPI3	CPI4	CPI5	CPI6	CPI7	CPI8
	Estrato granular de gravas en profundidad	2	3	3	2	2	2	3

Tabla 50. Tipo de Pilotaje más adecuado según la NTE. Sumandos correctores

		CPI2	CPI3	CPI4	CPI5	CPI6	CPI7	CPI8
Atraviesa antes de llegar a las capas portantes o en las mismas	Capas de gravas sin cementar, capas finas de areniscas, bolos pequeños	-1.5	-1.0	+1.0	+1.0	+0.5	+0.5	+0.5
	Bolos grandes, cimientos antiguos, gravas cementadas	NO	NO	+1.5	+1.5	+0.5	NO	NO
	Capas de terreno granular fino en presencia de agua	-1.5	-1.0	-1.5	+0.5	-1.5	-2.0	-1.5
	Flujo de agua en el terreno	-2.0	-1.5	-2.0	0.0	-2.0	NO	-2.0
	Medio agresivo al hormigón	-2.0	-1.5	-2.5	0.0	-2.0	-2.5	-2.0
Carga media por pilar de la estructura en toneladas	0-200	+0.5	+0.5	+1.0	+1.0	+0.5	0.0	+0.5
	200-500	0.0	0.0	+0.5	+0.5	0.0	+0.5	0.0
Número de pilares del edificio	<20	-1.0	-1.0	+2.0	+1.0	+0.5	+0.5	+1.0
	20-100	0.0	0.0	+1.0	+0.5	0.0	+0.5	+0.5
	>100	+0.5	-0.5	0.0	0.0	-0.5	+1.0	0.0

14.1.2.- Tipología de pilote de acuerdo al CTE

Por otro lado, el Código Técnico de la Edificación, distingue los mismos tipos de pilote que la NTE añadiendo el de pilotes de desplazamiento por rotación, y remite a la aplicación de las normas UNE 1536 "Pilotes Perforados" y UNE EN 12699 "Pilotes de desplazamiento".

Las condiciones constructivas indicadas se reproducen a continuación:

Pilotes hormigonados "in situ"

- Los pilotes hormigonados al amparo de entubaciones metálicas (camisas) recuperables deben avanzar la entubación hasta la zona donde el terreno presente paredes estables, debiéndose limpiar el fondo. La entubación se retirará al mismo tiempo que se hormigone el pilote, debiéndose mantener durante todo este proceso

un resguardo de al menos 3 m de hormigón fresco por encima del extremo inferior de la tubería recuperable.

- En los casos en los que existan corrientes subterráneas capaces de producir el lavado del hormigón y el corte del pilote o en terrenos susceptibles de sufrir deformaciones debidas a la presión lateral ejercida por el hormigón se debe considerar la posibilidad de dejar una camisa perdida.
- Cuando las paredes del terreno resulten estables, los pilotes podrán excavar sin ningún tipo de entibación (excavación en seco), siempre y cuando no exista riesgo de alteración de las paredes ni del fondo de la excavación.
- En el caso de paredes en terrenos susceptibles de alteración, la ejecución de pilotes excavados, con o sin entibación, debe contemplar la necesidad o no de usar lodos tixotrópicos para su estabilización.
- El uso de lodos tixotrópicos podrá también plantearse como método alternativo o complementario a la ejecución con entubación recuperable siempre que se justifique adecuadamente.
- En el proceso de hormigonado se debe asegurar que la docilidad y fluidez del hormigón se mantiene durante todo el proceso de hormigonado, para garantizar que no se produzcan fenómenos de atascos en el tubo Tremie, o bolsas de hormigón segregado o mezclado con el lodo de perforación.
- El cemento a utilizar en el hormigón de los pilotes se ajustará a los tipos definidos en la instrucción vigente para la Recepción de Cemento.
- En los pilotes barrenados la entibación del terreno la produce el propio elemento de excavación (barrena o hélice continua). Una vez alcanzado el fondo, el hormigón se coloca sin invertir el sentido de la barrena y en un movimiento de extracción del útil de giro perforación. La armadura del pilotaje se introduce a posteriori, hincándola en el hormigón aún fresco hasta alcanzar la profundidad de proyecto, que será como mínimo de 6 m o 9D.
- A efectos de este DB no se deben realizar pilotes de barrena continua cuando:
 - a) se consideren pilotes aislados, salvo que se efectúen con registro continuo de parámetros de perforación y hormigonado, que aseguren la continuidad estructural del pilote;
 - b) la inclinación del pilote sea mayor de 6°, salvo que se tomen medidas para controlar el direccionado de la perforación y la colocación de la armadura;
 - c) existan capas de terreno inestable con un espesor mayor que 3 veces el diámetro del pilote, salvo que pueda demostrarse mediante pilotes de prueba que la ejecución es satisfactoria o se ejecuten pilotes con registro continuo de parámetros y tubo telescópico de hormigonado, que asegure la continuidad estructural del pilote.

- En relación con el apartado anterior, se considerarán terrenos inestables los siguientes:
 - a) terrenos uniformes no cohesivos con coeficiente de uniformidad (relación de diámetros correspondientes al 60 y al 10% en peso) inferior a 2 ($D_{60}/D_{10} < 2$) por debajo del nivel freático;
 - b) terrenos flojos no cohesivos con $N < 7$;
 - c) terrenos muy blandos cohesivos con resistencia al corte no drenado, c_u , inferior a 15 kPa.
- No se considera recomendable ejecutar pilotes con barrena continua en zonas de riesgo sísmico o que trabajen a tracción salvo que se pueda garantizar el armado en toda su longitud y el recubrimiento de la armadura.
- Para la ejecución de pilotes hormigonados "in situ" se consideran adecuadas las especificaciones constructivas con relación a este tipo de pilotes, recogidas en la norma UNE-EN 1536:2000.

Concretamente, la citada norma indica al respecto de los pilotes de perforación con hélice continua (CPI-8):

Los pilotes pueden perforarse, sin necesidad de otros medios de contención de la perforación usando una hélice continua de tal manera que la estabilidad de la perforación está proporcionada por el material contenido en las aletas.

Los pilotes de hélices continuas no podrán ejecutarse con inclinaciones de $n \leq 10$, a menos que se tomen medidas para controlar el direccionado de la perforación y la colocación de la armadura.

La perforación con hélice continua se llevará a cabo lo más rápidamente posible y con el menor número de rotaciones de la hélice, con el fin de minimizar los efectos en el terreno circundante.

Si existen estratos de terrenos inestables con espesor superior al diámetro del pilote, la viabilidad de la construcción tendrá que ser demostrada, antes del comienzo de la obra, por medio de pilotes de prueba o de experiencias locales.

Se consideran terrenos inestables:

- Terrenos uniformes no cohesivos ($d_{60}/d_{10} < 1.5$) por debajo del nivel freático
- Terrenos sueltos no cohesivos con densidad relativa $D_r < 0.3$ o que tengan un resultado presiométrico correspondiente
- Arcillas con alta sensibilidad
- Terrenos blandos con resistencia no drenada al corte $c_u < 15 \text{ kPa}$.

14.2.- Metodología para el cálculo de carga admisible en pilotes

14.2.1.- 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:

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

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 51. Coeficientes de seguridad parciales de resistencia

Situación de dimensionado	Método de cálculo	Coeficiente de seguridad parcial frente al hundimiento
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

14.2.2.- Resistencia unitaria por punta

En terrenos heterogéneos se supone que 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).

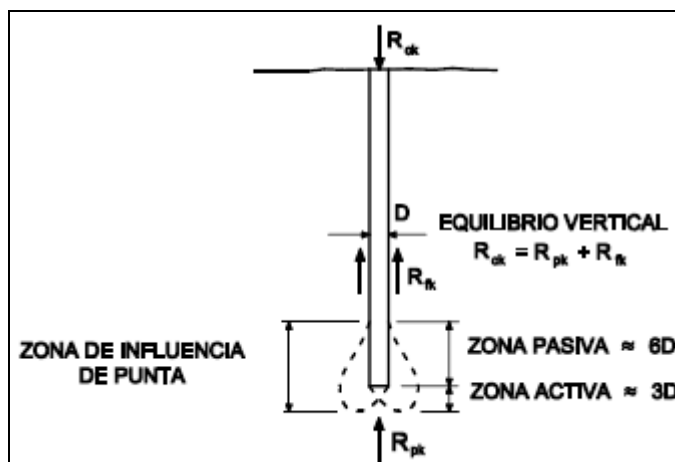


Figura Nº 34.- Esquema de distribución de la carga de un pilote aislado

La resistencia unitaria por punta de pilotes se estima mediante las siguientes expresiones, según el tipo de terreno:

Suelos granulares: $q_p = f_p \cdot \sigma'_{vp} \cdot N_q \leq 20 \text{ MPa}$

Suelos cohesivos: $q_p = N_p c_u$

Tabla 52. Variables para el cálculo de la resistencia unitaria por punta

Variable	Definición	Expresión
f_p	Factor de proporcionalidad de la punta	$f_p=3$ para pilotes hincados $f_p=2,5$ para pilotes hormigonados "in situ"
σ'_{vp}	Presión vertical efectiva al nivel de la punta	
N_p	Factor de capacidad de carga	$N_p = 9$
N_q	Factor de capacidad de carga	$\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot e^{\pi \tan \phi}$
N_q	Factor de capacidad de carga	$\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot e^{\pi \tan \phi}$
ϕ	Ángulo de rozamiento interno del suelo	
c_u	Resistencia al corte sin drenaje teniendo en cuenta la presión de confinamiento al nivel de la punta	

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

14.3.- 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 un sumatorio:

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

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

La resistencia unitaria por fuste de pilotes se estima mediante las siguientes expresiones, según el tipo de terreno:

Suelos granulares: $\tau_f = \sigma'_v \cdot k_f \cdot f \cdot \tan \phi \leq 120 \text{ kPa}$

Suelos cohesivos: $\tau_f = \frac{100c_u}{100 + c_u} (\tau_f \text{ y } c_u \text{ en kPa})$

Tabla 53. Variables para el cálculo de la resistencia unitaria por fuste

Variable	Definición	Expresión
f	Factor de reducción del rozamiento del fuste	f=1 para pilotes de hormigón "in situ" o de madera f=0,9 para pilotes prefabricados de hormigón f=,8 para pilotes de acero en el fuste
K _f	Coefficiente de empuje horizontal	K _f =1 para pilotes hincados K _f =0,75 para pilotes perforados
σ' _v	Presión vertical efectiva al nivel considerado	
φ	Ángulo de rozamiento interno del suelo	
c _u	Resistencia al corte sin drenaje	

14.4.-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 54. Valores del coeficiente de eficiencia

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

Tabla 54. Valores del coeficiente de eficiencia

<i>Separación entre ejes</i>	<i>General</i>	<i>Pilotes hincados en arenas densas</i>
$s > 3D$	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.

14.5.-Estimación de asientos del pilote aislado

En la mayoría de los casos, se considera que el asiento de un pilote vertical aislado 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:

$$s_i = \left(\frac{D}{40 R_{ck}} + \frac{l_1 + \alpha l_2}{AE} \right) P$$

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,

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

14.6.-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.

14.7.-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 55. Valores para el cálculo del tope estructural de pilotes

Procedimiento	Tipo de pilote	Valores de σ (Mpa)
Hincados	Hormigón pretensado o postesado	0.30 ($f_{ck} - 0.90 f_p$)
	Hormigón armado	0.30 f_{ck}
	Metálicos	0.30 f_{yk}
	Madera	5
Tipo de apoyo		
Suelo firme		Roca

Tabla 55. Valores para el cálculo del tope estructural de pilotes

Procedimiento	Tipo de pilote	Valores de σ (Mpa)	
Perforados	Entubados	5	6
	Lodos	4	6
	En seco	4	5
	Barrenados sin control de parámetros	3.5	5
	Barrenados con control de parámetros	4	-

14.8.-Efecto de rozamiento negativo

La situación de rozamiento negativo se produce cuando el asiento del terreno circundante al pilote es mayor que el asiento del pilote. En esta situación, el pilote soporta, además de la carga que le transmite la estructura, parte del peso del terreno. Como consecuencia, el rozamiento negativo hace que aumente la carga total de compresión que el pilote tiene que soportar.

Debe estudiarse el posible desarrollo de rozamiento negativo cuando se dé alguna de las circunstancias siguientes:

- Consolidación por su propio peso de rellenos o niveles de terreno de reciente deposición
- Consolidación de niveles compresibles bajo sobrecargas superficiales
- Variaciones del nivel freático
- Humectación de niveles colapsables
- Asientos de materiales granulares inducidos por cargas dinámicas (vibraciones, sismo)
- Subsidiencias inducidas por excavaciones o disolución de materiales profundos

La identificación del problema puede realizarse comparando, mediante un cálculo previo, los asientos del terreno y del pilote. En general es suficiente una pequeña diferencia de asientos para que se produzca rozamiento negativo. Un asiento de 1 cm puede producir efectos notables.

El rozamiento lateral por fuste se puede reducir notablemente en pilotes prefabricados (hormigón, metálicos o madera) tratándolo mediante pinturas bituminosas.

El rozamiento unitario negativo en el fuste se calculará con la expresión:

$$F_{s,neg} = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \sigma' v_i$$

Siendo:

i cada una de las unidades geotécnicas consideradas a lo largo del pilote

β 0,25 en arcillas y limos blandos; 0,1 en arenas flojas y 0,8 en arenas densas

σ'_{vi} la tensión efectiva en el punto del fuste considerado

Cuando el rozamiento negativo no se desarrolle en su totalidad a lo largo del fuste, podrán emplearse métodos de cálculo que consideren deformaciones relativas entre el suelo y el pilote para cuantificar la profundidad hasta la que se produce.

Los pilotes exteriores de los grupos de pilotes deben considerarse sometidos al mismo rozamiento negativo que si estuviesen aislados, especialmente los situados en las esquinas.

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.

14.9.-Cálculo de las resistencias unitarias

La columna litológica tipo estaría compuesta por los siguientes materiales y espesores:

Tabla 56. Modelo litológico

Litología	Espesor (m)
UG-1	3,6
UG-2a	3,0
UG-2b	Fin de pilote

La unidad UG.2a se refiere a la capa activa de la unidad UG.2. Este nivel superficial no se considera contribuye a la resistencia.

La UG.1 puede quedar asociada a fenómenos de rozamiento negativo.

Los parámetros de cálculo considerados son los aportados en el documento previo, incluyendo los valores de presión límite representativos:

Tabla 57. Parámetros de cálculo de la unidad UG-1

Parámetros	Unidades	Valor recomendado
Densidad natural	KN/m ³	18,0

Se aporta el valor de la densidad para la unidad UG.1, para la estimación del rozamiento negativo que pudiera darse.

No se aportan los datos de la parte superficial de la UG.2, UG.2a, debido a que se desprecia su contribución a la resistencia del pilote.

Tabla 58. Parámetros de cálculo de la unidad UG-2

Parámetros	Unidades	Valor recomendado
Densidad aparente	KN/m ³	19
Ángulo de rozamiento interno	°	26
Cohesión efectiva	KPa	20
Cohesión aparente sin drenaje	KPa	220

Adoptamos el cálculo en tensiones totales por establecerse la condición más desfavorable y correlacionado Cu con el valor conservador de N_{30} , sin perder de vista los valores de plasticidad obtenidos (Terzaghi-Peck) Teniendo presente que la fisuración de las muestras por retracción ha repercutido en el resultado de compresión simple y no resulta representativo.

Las resistencias unitarias por fuste y punta deducidas son las siguientes:

Tabla 59. Resistencia unitaria por fuste y punta de los terrenos atravesados (CTE)-Tensiones Totales

Unidad Geotécnica	Resistencia Unitaria por fuste (KPa)	Resistencia Unitaria por punta (KPa)
UG-1	-	-
UG-2a	-	-
UG-2b	68,75	1980

La metodología con la que se ha realizado el cálculo viene recogida en el Documento básico de Seguridad Estructural – Cimientos del Código Técnico de la Edificación, presente en este documento.

Las resistencias unitarias presentadas no tienen en cuenta los correspondientes coeficientes de seguridad a aplicar.

La resistencia estructural derivada del tope estructural adoptado, para los diámetros habituales considerados, es:

Tope Estructural			
35,0 Kp/cm2			
Resistencia estructural			
0,45 m	0,55 m	0,65 m	0,85 m
55,67 Tn	83,15 Tn	116,14 Tn	198,61 Tn

A continuación se acompañan las resistencias estructurales para un tope aumentado un 25%, por la consideración de la comprobación mediante ensayos de integridad.

Tope Estructural			
43,8 Kp/cm2			
Resistencia estructural			
0,45 m	0,55 m	0,65 m	0,85 m
69,58 Tn	103,94 Tn	145,18 Tn	248,26 Tn

Adoptamos los coeficientes de seguridad de la CTE, para las metodologías empleadas.

Para tensiones totales, método analítico:

F.S. fuste	2
F.S. punta	2

El dimensionado del sistema de cimentación mediante pilotaje podrá tener varias configuraciones, dependiendo del diámetro, longitud y número de pilotes. Conocidas las cargas de servicio solicitadas por cada uno de los apoyos, y fijando el tope estructural de trabajo a objeto de conseguir el máximo aprovechamiento estructural del pilote.

15.- Modelos de cimentación para elementos de urbanización Pozos - Vigas

A partir de las hipótesis planteadas entendemos factible la adopción de un modelo de cimentación mediante pozos de cimentación-vigas corridas para los elementos de urbanización, apoyadas en el sustrato portante referido como unidad UG.2 y definido Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media. Este nivel ha sido detectado a una profundidad máxima de 3,60 m., siendo ésta variable, desde la cota de rasante actual o boca de perforación. Entendemos adecuado que la cimentación deberá quedar empotrada en el material portante al menos 0,5 m.

Aunque del lado de la seguridad se ha establecido la capa activa en el nivel UG.2 y se recomienda una cimentación profunda para el caso de las edificaciones, en el caso de los elementos de urbanización, entendemos adecuado poder cimentar mediante pozos dado que de producirse desperfectos a largo plazo, con la progresiva alteración de la UG.1, la relación de costes para la subsanación es a todas luces compensatoria frente a otras tipologías de cimentación.

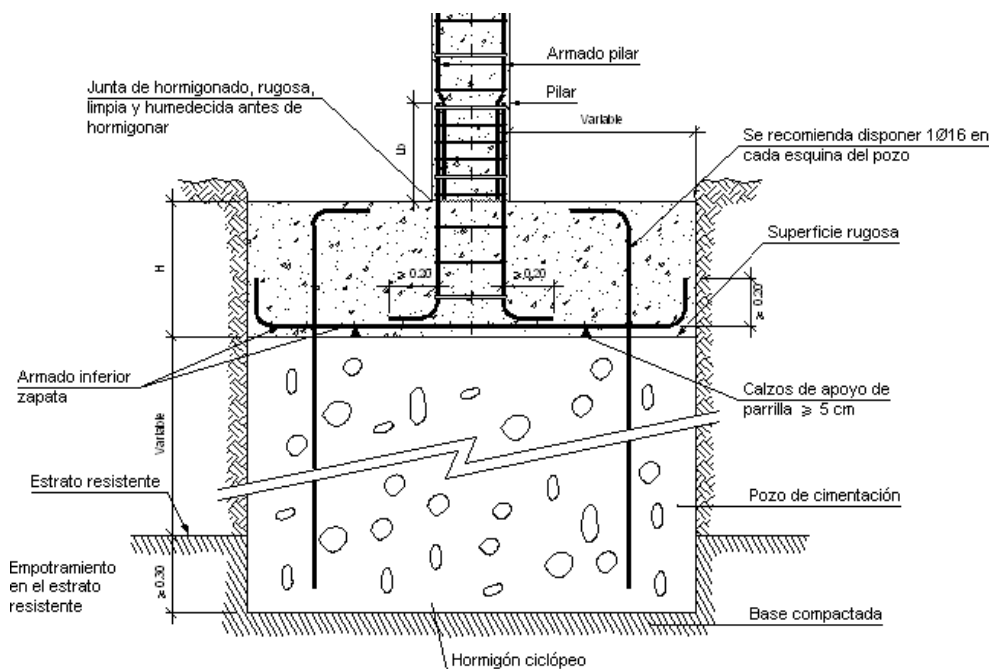


Figura Nº 35.- Modelo de pozo de cimentación.

La metodología de cálculo establecida se detalla a continuación.

15.1.- Metodología para el cálculo de cimentaciones directas en todo tipo de suelos

15.1.1.- Concepto de presión de hundimiento

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 siguiente figura se reproduce el estado límite último de hundimiento de un suelo, sobre el cual se apoya una cimentación, y se puede observar la formación de posibles líneas de fractura en el terreno.

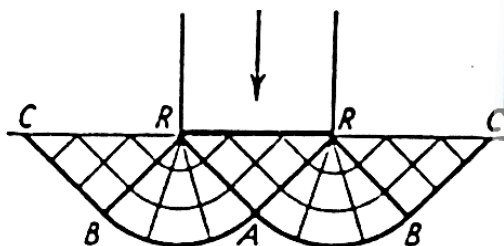


Figura Nº 36.- Mecanismo de rotura por hundimiento de una cimentación en medio plástico (Prandtl 1920)

Así, se define la presión de hundimiento de una cimentación como la presión actuante (total bruta) sobre el terreno bajo la cimentación que supera la resistencia característica del terreno frente a este modo de rotura.

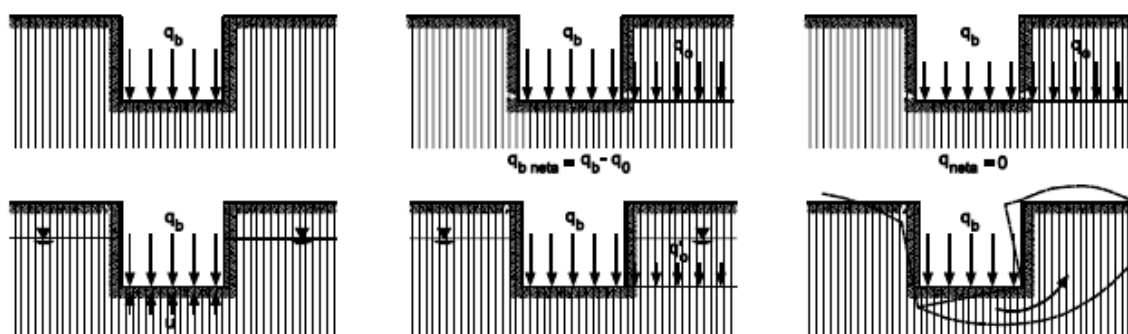


Figura Nº 37.- Definición de presiones.

Tabla 60. Definiciones para el estudio de cimentaciones directas

Símbolo	Variable y definición
q_b	Presión total bruta Presión vertical total que actúa en la base del cimiento, definida como el cociente entre la carga total actuante, incluyendo el peso del cimiento y aquello que pueda gravitar sobre él, y el área equivalente del cimiento.
$q_b' = q_b - u$	Presión efectiva bruta Diferencia entre la presión total bruta y la presión neutra al nivel de la base del cimiento
$q_{neta} = q_b - p_o$	Presión total neta Diferencia entre la presión total bruta y la presión vertical total en el terreno adyacente al nivel de la base del cimiento. Es por tanto, el incremento de presión vertical total a que se ve sometido el terreno por debajo del cimiento debido a las cargas de la cimentación.
$q'_{neta} = q_b' - p'_o = q_b - p_o = q_{neta}$	Presión efectiva neta Diferencia entre la presión efectiva bruta y la presión vertical efectiva al nivel de la base del cimiento, debida a la sobrecarga del terreno adyacente.

Tabla 60. Definiciones para el estudio de cimentaciones directas

<i>Símbolo</i>	<i>Variable y definición</i>
$q_h, q'_h = R_k$	Presión vertical de hundimiento Resistencia característica del terreno R_k para el estado límite de hundimiento. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión bruta o neta (ejemplo: $q'_{net,h}$ es la presión de carga efectiva neta que produce la rotura del terreno)
q_{adm}	Presión vertical admisible Es el valor de cálculo de la resistencia del terreno (R_d). Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión bruta o neta
q_s, q'_s	Presión vertical admisible de servicio Es la presión vertical admisible de una cimentación teniendo en cuenta no sólo la seguridad frente al hundimiento, sino también su tolerancia a los asentos, por tanto igual o menor que la presión vertical admisible. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión bruta o neta

La presión admisible o valor de cálculo de la resistencia del terreno se determina mediante la siguiente expresión:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R}$$

Siendo

γ_R el coeficiente parcial de resistencia

R_k la resistencia característica del terreno o presión vertical de hundimiento (q_h)

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 directas, según la tabla 2.1 del DB-SE-C:

Tabla 61. Coeficientes de seguridad parciales de resistencia

<i>Situación de dimensionado</i>	<i>Coeficiente de seguridad parcial frente al hundimiento</i>
Persistente o transitoria	3,0
Extraordinaria	2,0

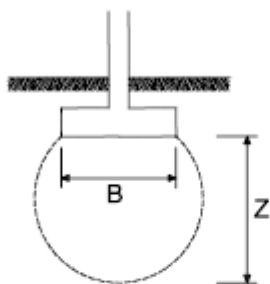
15.1.2.- Concepto de bulbo de tensiones

El incremento de presión transmitido al terreno por una cimentación directa disminuye progresivamente en profundidad con la distancia a ésta. A efectos de cálculo de asentos y salvo en el caso de suelos blandos, se podrá suponer que el límite de interés se circunscribe a una profundidad tal que el incremento de presión vertical originado en el terreno sea el menor de los siguientes valores:

- a) El 10% de la presión vertical neta transmitida por la cimentación
- b) El 5% de la presión efectiva vertical existente a esa profundidad antes de construir el edificio

El criterio apuntado en el anterior párrafo suele dar lugar a que, el citado límite de interés en el terreno tenga una profundidad aproximada de $2B$, siendo B el ancho o dimensión menor en planta de la cimentación correspondiente.

El lugar geométrico del espacio de suelo así definido se denomina “bulbo de tensiones”, cuya forma cualitativa se muestra en la figura siguiente. El incremento de presión recibido por el suelo más allá de este bulbo será, en la mayoría de los casos, los suficientemente pequeño como para que sus efectos sean comparativamente despreciables.



B : ancho de la cimentación (dimensión menor en planta en el caso de cimentaciones rectangulares, ancho medio en trapezoidales y diámetro en circulares).

Z : Profundidad de Influencia ($\approx 1,5$ a $2B$)

Figura Nº 38.- Concepto de bulbo de tensiones

Las observaciones anteriores indican que, a igualdad del resto de condiciones, el asiento que experimentará una cimentación directa dependerá de las dimensiones del área cargada.

Si el diseño de las cimentaciones da lugar a zapata relativamente próximas, los bulbos de tensiones se solaparán en profundidad, por lo que, a efectos de asiento, habrá que comprobar la cimentación como si tuviera el ancho total del conjunto de las zapatas.

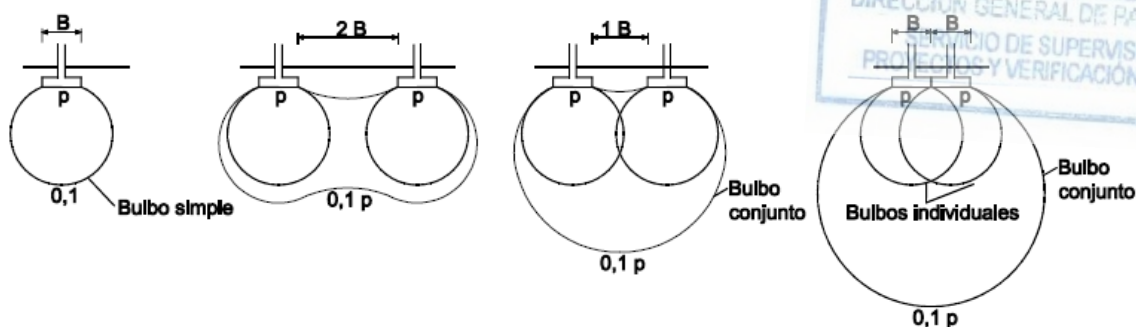


Figura Nº 39.- Influencia de la proximidad de zapatas

Será de gran interés en el cálculo de asentamientos disponer de suficiente información geotécnica referente al posible crecimiento del módulo de deformación del terreno con la profundidad, factor éste que puede contribuir a atenuar los asentamientos diferenciales asociados a la variación de las dimensiones de las zapatas.

15.1.3.- Cálculo de la presión vertical de hundimiento

La presión de hundimiento de una cimentación directa en todo tipo de suelos viene definida analíticamente por la expresión recogida en el apartado 4.3.2.1 del DB-SE-C, debida a Brinch-Hansen (1970):

$$q_h = c_K N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0K} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B^* \gamma_K N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

Dicha fórmula podrá expresarse en términos de presiones totales o efectivas, brutas o netas. 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 62. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

Variable	Definición	Expresión
q_h	Presión vertical de hundimiento o resistencia característica del terreno R_K	
q_{0K}	Presión vertical característica alrededor del cimientto al nivel de su base	(véase nota 1)
c_K	Valor característico de la cohesión del terreno	
B^*	Ancho equivalente del cimientto	

Tabla 62. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

Variable	Definición	Expresión
γ_K	Peso específico característico del terreno por debajo de la base del cimiento	$\gamma_K = \gamma_{ap}$ si el N.F. se encuentra a profundidad mayor que B^* bajo el plano de cimentación $\gamma_K = \gamma'$ si el N.F. se encuentra en o sobre el plano de cimentación $\gamma_K = \gamma' + \frac{z}{B} (\gamma_{ap} - \gamma')$ si el NF se sitúa entre los anteriores
D	Profundidad del plano de cimentación	(véase nota 2)
N_c	Factor de capacidad de carga para la cohesión efectiva	$N_c = (N_q - 1) \cdot \cotg \phi'$; para $\phi' = 0: N_c = 1$
N_q	Factor de capacidad de carga para la sobrecarga en el plano de cimentación	$N_q = \frac{1 + \sen \phi'}{1 - \sen \phi'} e^{\pi \cdot \tg \phi'}$
N_γ	Factor de capacidad de carga para el peso específico del terreno	$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \cdot \tg \phi'$
d_c	Coefficiente corrector de influencia por profundidad	$d_c = 1 + 0,34 \arctg(D/B^*)$ (ver nota 3)
d_q	Coefficiente corrector de influencia por profundidad	$d_q = 1 + 2 \frac{N_q}{N_c} (1 - \sen \phi_k)^2 \arctan \frac{D}{B^*}$; para $\phi_k = 0: d_q = 1$
d_γ	Coefficiente corrector de influencia por profundidad	$d_\gamma = 1$
s_c	Coefficiente corrector de influencia de forma	$s_c = 1 + 0,2 \frac{B^*}{L^*}$ (véase nota 4)
s_q	Coefficiente corrector de influencia de forma	$s_q = 1 + 1,5 \tg \phi_k \frac{B^*}{L^*}$
s_γ	Coefficiente corrector de influencia de forma	$s_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B^*}{L^*}$
i_c	Coefficiente corrector de influencia de inclinación de la resultante (δ)	$i_c = \frac{i_q N_q - 1}{N_q - 1}$; para $\phi_k = 0: i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{B^* L^* c_k}} \right)$
i_q	Coefficiente corrector de influencia de inclinación de la resultante (δ)	$i_q = (1 - 0,7 \tg \delta_B)^3 \cdot (1 - \tg \delta_L)$ (véase nota 5)
i_γ	Coefficiente corrector de influencia de inclinación de la resultante (δ)	$i_\gamma = (1 - \tg \delta_B)^3 \cdot (1 - \tg \delta_L)$
t_c	Coefficiente corrector de influencia de la proximidad a un talud de inclinación β	$t_c = e^{-2\beta \tg \phi_k}$ (véase nota 6)

Tabla 62. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

Variable	Definición	Expresión
t_q	Coefficiente corrector de influencia de la proximidad a un talud de inclinación β	$t_q = 1 - \sin 2\beta$
t_γ	Coefficiente corrector de influencia de la proximidad a un talud de inclinación β	$t_\gamma = 1 - \sin 2\beta$

Nota 1: La presión característica alrededor de la cimentación q_{0K} o sobrecarga debida al terreno en derredor del cimiento debe emplearse prudentemente en cimentaciones someras, debiendo asegurarse en su caso que las hipótesis realizadas se mantendrán durante la vida útil de la obra. Podrá incluirse además las siguientes cargas:

- En edificios cimentados con zapatas aisladas y corridas, edificios con forjados o cámaras sanitarias y soleras, puede añadirse a q_{0K} el peso del encache, la solera y demás cargas permanentes que pueda garantizarse que existirán durante la vida útil de la obra.
- En edificios cimentados con losa, puede añadirse a q_{0K} el peso de los elementos permanentes en el exterior de la misma.

Nota 2: La profundidad D a considerar en el cálculo de dicho coeficiente será la representada en la siguiente figura:



Figura N° 40.- Profundidad D a considerar en la determinación de la presión de hundimiento

Nota 3: El coeficiente corrector de influencia por profundidad no se tendrá en cuenta en los siguientes supuestos:

- Si se construyen zapatas poco profundas en terrenos arcillosos, de plasticidad elevada, que en épocas secas puedan desarrollar grietas por retracción.
- Si la profundidad de cimentación D es inferior a 2m
- Si la cimentación está cercana a un talud
- Si no se puede garantizar la permanencia, en el tiempo, del terreno situado por encima de la base de cimentación

Nota 4: En el caso de zapatas circulares los coeficientes correctores de influencia de la forma toman los siguientes valores: $s_c = s_q = 1,2$; $s_\gamma = 0,6$

Nota 5: Podrá despreciarse la influencia de la inclinación de la resultante cuando la componente horizontal de la misma sea inferior al 10% de la vertical. Cuando se pueda asegurar cierta cohesión en el contacto de la cimentación con el terreno se podrá emplear un ángulo de inclinación de la resultante menor:

$$\operatorname{tg} \delta^* = \frac{\operatorname{tg} \delta}{1 + \frac{B \cdot L \cdot c_k}{V \cdot \operatorname{tg} \phi_k}}$$

Nota 6: Podrá despreciarse la influencia de la proximidad a un talud si su inclinación es igual o inferior a 5°. Por el contrario, para inclinaciones superiores a $\phi'/2$ debe llevarse a cabo un estudio específico de estabilidad global.

15.1.4.- Situaciones transitorias de carga sin drenaje

En suelos finos (limos y arcillas), saturados y de baja permeabilidad, suelen ser más desfavorables las **situaciones de dimensionado transitorias de carga sin drenaje**. Bajo esta hipótesis se supone que los incrementos de presión intersticial generados por las cargas del edificio no se disipan instantáneamente tras su aplicación. En términos generales, esta situación de dimensionado se da si el coeficiente de permeabilidad del terreno saturado resulta inferior a $K=10^{-6}$ m/s. Para el cálculo de la presión de hundimiento en estas situaciones se entran en cuenta las siguientes consideraciones:

- La presión de hundimiento se expresará en términos de tensiones totales, estando la resistencia al corte del terreno representada por $\phi_K=0$ y $c_K=c_u$.
- El valor de q_{0K} será la presión vertical total debida a la sobrecarga

En caso de que la resistencia al corte sin drenaje de suelo aumente linealmente con la profundidad según una ley de tipo $c_u=c_0+m \cdot z$, se podrá adoptar para el cálculo de la presión de hundimiento el valor de c_u a una profundidad $B/4$ bajo la cimentación, siempre que dicho valor no supere $2 \cdot c_0$.

15.1.5.- Comprobación de asientos

En el caso de arcillas sobreconsolidadas en las que con las presiones aplicadas por la cimentación no se llegue a superar la presión de preconsolidación y no se produzcan plastificaciones locales, la estimación de asientos se llevará a cabo por medio de métodos elásticos, como por ejemplo el método aproximado de Steinbrenner (1936), que considera el terreno situado bajo la cimentación como un semiespacio elástico. Según este método, el asiento viene dado por la siguiente expresión:

$$S_z = \frac{q_b \cdot B}{2 \cdot E} (A \cdot N_1 \cdot (a, b, c) - B \cdot N_2 \cdot (a, b, c))$$

siendo:

- q_b = Presión bruta (efectiva) transmitida por la cimentación al terreno.
- B = Ancho de la cimentación.
- E = Módulo de Elasticidad.
- A y B = Coeficientes dependientes del módulo de Poisson considerado.
- N_1, N_2 = Funciones dependientes de las dimensiones de la cimentación y de la profundidad estimada.

A efectos prácticos, este método será aplicable en suelos cuya resistencia a compresión simple sea superior a la presión transmitida al terreno por la cimentación, así como en todo tipo de suelos cuyo comportamiento pueda suponerse elástico y lineal, representado por sus parámetros elásticos E y ν .

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 siguiente tabla.

Tabla 63. Asientos generales admisibles según NBE-AE-88

Características del edificio	Asiento general máximo (mm)	
	Terrenos sin cohesión	Terrenos cohesivos
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 siguiente tabla.

Tabla 64. Asientos admisibles en función de la distorsión angular

Características del edificio	Distorsión angular β
Estructuras isostáticas y muros de contención	1 / 300
Estructuras reticuladas con tabiquería de separación	1 / 500
Estructuras de paneles prefabricados	1 / 700
Muros de carga sin armar con flexión cóncava hacia arriba	1 / 100
Muros de carga sin armar con flexión cóncava hacia abajo	1 / 2000
Muros de carga	1 / 2000
Observaciones: se define distorsión angular como la diferencia de asientos entre dos puntos dividida por la distancia en planta entre dichos puntos	

En este estudio se ha operado en sentido inverso: fijado el asiento máximo admisible para la estructura proyectada se ha calculado la denominada **presión vertical admisible por asientos**, simplemente despejando el término q_b en la expresión enunciada al inicio de este apartado. Dicha presión podrá ser neta, de utilidad para las cimentaciones compensadas (ap. 4.4 del DB-SE-C).

15.2.- Cálculo de la presión admisible de servicio

Se define la presión admisible de servicio 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.

Las hipótesis para el cálculo de presiones admisibles, tanto por hundimiento como por asientos, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 65. Hipótesis de cálculo

Tipología de cimentación	-	Pozos-Vigas	
Profundidad de empotramiento de la cimentación en el material portante	m	0,50 m (*)	
Densidad del terreno bajo el plano de cimentación	kN/m ³	19,0 (**)	
Situación de dimensionado	-	Transitoria a corto plazo (sin drenaje)	
Ángulo de rozamiento efectivo	°	-	
Cohesión efectiva	kPa	-	
Cohesión sin drenaje	kPa	120 (***)	
Modelo constitutivo para estimación de asientos	-	Elástico – largo plazo	
Asiento admisible	cm	5,00 cm	
Compresibilidad del terreno bajo la cimentación	Potencia	E'	v
	m	MPa	(coef. poisson)
UG.2	Influencia cimiento	25,0 (****)	0,3

(*) No considerado el empotramiento total, resistencia lateral, adopción fundamentada en los fenómenos de expansividad descritos.

(**) Densidad considerada superior a la obtenida en el ensayo de laboratorio, atribuido a la representatividad del material condicionado por la fisuración.

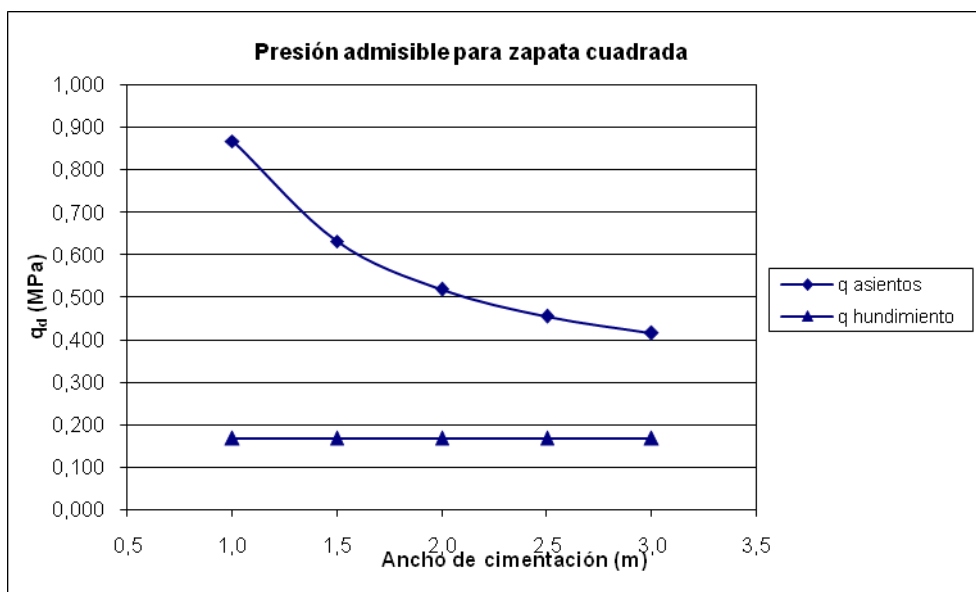
(***) Valor adoptado teniendo en cuenta el posible deterioro a largo plazo por los fenómenos de expansividad descritos.

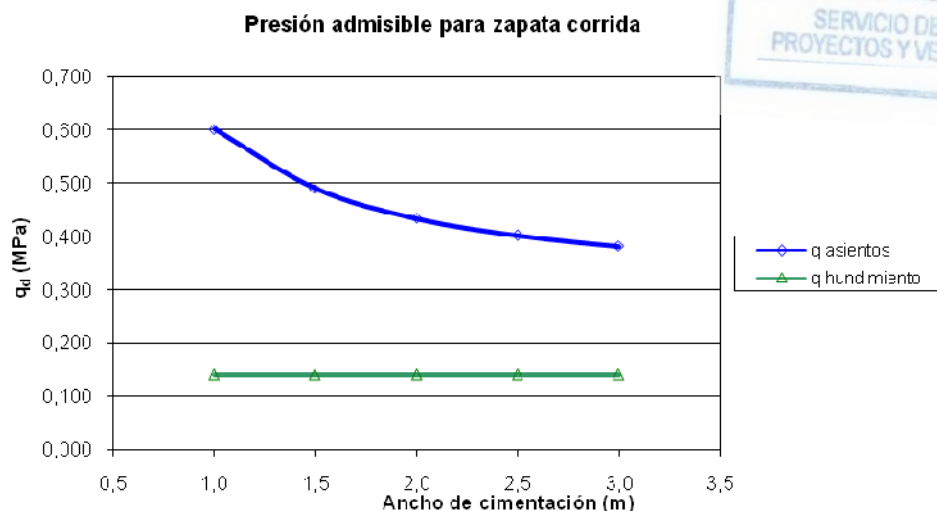
(****) Valor correlacionado a partir de los ensayos de resistencia de campo sin perder de vista la posible pérdida de resistencia debido a la influencia de los cambios higroscópicos que pudiera darse.

Adoptamos el cálculo en tensiones totales por la posibilidad de saturación del terreno, del lado de la seguridad.

El cálculo completo de dichas presiones y otros parámetros intermedios, según la metodología descrita anteriormente, está desarrollado en el anejo correspondiente.

La representación grafica de los valores obtenidos de carga admisible por hundimiento y asientos es la siguiente:





Los valores obtenidos para la carga admisible se detallan a continuación:

Tabla 66. Presión vertical admisible de servicio para zapatas

Ancho de zapata	Pozos cuadrado		Viga corrida	
	q'_s	Criterio	q'_s	Criterio
<i>m</i>	<i>MPa</i>	-	<i>MPa</i>	-
1,0	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
1,5	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
2,0	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
2,5	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
3,0	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento

Con carácter general puede adoptarse, para pozos de dimensiones habituales de 1,5 x 1,5 m una presión admisible de servicio de 0,168 MPa en la situación de dimensionado considerada, si bien podrá atenderse, en cualquier caso, a lo indicado en la tabla precedente.

15.3.- Módulo de balasto vertical

El semiespacio de Winkler (1867) es un medio elástico sin rigidez transversal en el que los desplazamientos verticales (s) son proporcionales a la presión vertical efectiva (σ'_v), con un coeficiente de proporcionalidad K llamado módulo de balasto que tiene unidades de peso específico.

El modelo de Winkler permite estudiar, de una forma sencilla, la interacción entre el terreno y los elementos de cimentación. De este modo pueden obtenerse leyes de presiones en el contacto de la cimentación con el suelo y, finalmente, dimensionar adecuadamente los elementos estructurales.

El módulo de balasto puede estimarse de dos formas diferentes:

- A partir de ensayos de carga con placa, recomendándose el empleo de placas de diámetro equivalente igual o superior a 60cm.
- A partir de cálculos geotécnicos de asientos en base a los parámetros de deformabilidad característicos del terreno bajo la zona de influencia de la cimentación, obtenidos mediante ensayos in situ o de laboratorio.

La principal dificultad de este modelo estriba en que el módulo de balasto no es un parámetro intrínseco del terreno ya que también depende de las dimensiones en planta de la cimentación. Para obtener el módulo de balasto de referencia (K_{sB}) a partir de las dimensiones de la cimentación (B) y del módulo para una placa de 30x30cm (K_{sp30}) puede emplearse la siguiente formulación debida a Terzaghi (1955):

Tabla 67. Conversión del módulo de balasto

Tipo de terreno	Zapata cuadrada	Zapata rectangular	Conversión para placa de 60cm
Cohesivo	$k_{sB} = k_{sp30} \frac{0,3}{B}$	$k_{sBL} = k_{sB} \left(1 + \frac{B}{2L}\right)$	$k_{sB} = k_{sp60} \frac{0,6}{B}$
Granular	$k_{sB} = k_{sp30} \left(\frac{B+0,3}{2B}\right)^2$	$k_{sBL} = k_{sB} \left(1 + \frac{B}{2L}\right)$	$k_{sB} = \frac{k_{sp60}}{\left(\frac{0,6+0,3}{2 \cdot 0,6}\right)^2} \left(\frac{B+0,3}{2B}\right)^2$

En el anejo correspondiente se recoge el valor del módulo de balasto en la zona de influencia de la cimentación determinado a partir del cálculo elástico de asientos para cada una de las dimensiones de cimentación propuestas en este estudio.

Tabla 68. Módulo de balasto

Ancho de zapata	Pozos cuadrado		Viga corrida	
	KsB	$Ksp30$	KsB	$Ksp30$
<i>m</i>	MN/m3	MN/m3	MN/m3	MN/m3

Tabla 68. Módulo de balasto

Ancho de zapata	Pozos cuadrado		Viga corrida	
	KsB	Ksp30	KsB	Ksp30
m	MN/m3	MN/m3	MN/m3	MN/m3
1,0	17	58	12	40
1,5	13	63	10	49
2,0	10	69	9	58
2,5	9	76	8	67
3,0	8	83	8	76
	Valor medio	70	Valor medio	58

El módulo de balasto medio obtenido para placas de $0.30 \times 0.30 \text{ m}^2$ es de 70 MN/m^3 en pozos, y 58 MN/m^3 en vigas corridas.

16.- Resumen y Conclusiones

A partir de todos los trabajos realizados y lo referido anteriormente, en este documento, se pueden extraer este resumen a modo de conclusiones:

- El presente documento responde al **INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA en MADRID** solicitado a **CEMOSA** por **EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID**.
- El trabajo se establece con expediente O/1700551/4, perteneciente al CONTRATO 300/2016/00648-LOTE 4-ELABORACIÓN DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y TOPOGRÁFICOS PARA LA DIRECCIÓN GENERAL D, y realizado por la delegación de CEMOSA en Madrid.
- El objeto del presente documento es la definición de los condicionantes geotécnicos existentes en la parcela de estudio para poder valorar las recomendaciones de cimentación y otros aspectos de interés relacionados.
- El estudio geotécnico se ha realizado conforme al Documento Básico de Seguridad Estructural Cimientos (DB-SE-C), contenido en el Código Técnico de la Edificación (CTE), R.D. 314/2006, en vigor desde el 17 de marzo de 2006, quedando así justificada la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho, que se regula en

los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE.

- Los trabajos de campo realizados se definen a continuación.

Tabla 69. Trabajos de campo

Tipo	Unidades	Profundidad mínima alcanzada (m.)	Profundidad máxima alcanzada (m.)
Sondeos mecánicos con recuperación de testigo	2	18,45	21,45
Sondeos a penetración dinámica	2	4,60	4,80



Figura Nº 41.- Plano de ubicación de las prospecciones realizadas.

- Los resultados de los ensayos de penetración dinámica realizados muestran cierta similitud, alcanzando el nivel de rechazo en el entorno de los 4-5 m. La morfología de las gráficas se corresponde con niveles eminentemente cohesivos.
- Los ensayos y trabajos de campo realizados para determinar las características de los materiales detectados han sido los siguientes:

Tabla 70. Ensayos y Trabajos de campo

Ensayo	unidades	norma
Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo abierto	2	ASTM D6169-98, ASTM D3550-01, XP P94-202
Ensayo de penetración estándar (SPT)	13	UNE 103800
Testigo parafinado	4	ASTM D6640-01

- Los ensayos de laboratorio realizados para la elaboración de este documento quedan reflejados en las tablas siguientes:

Tabla 71. Trabajos de laboratorio

Ensayo	unidades	norma
Clasificación USCS	6	ISSMGE
Análisis granulométrico por tamizado	6	UNE 103101
Determinación de los límites de Atterberg	6	UNE 103103 - 104
Determinación de humedad natural	4	UNE 103300
Determinación de peso específico aparente	4	UNE 103301
Ensayo de compresión simple en suelos	4	UNE 103400
Ensayo de corte directo con drenaje	2	UNE 103401
Determinación de la presión de hinchamiento	1	UNE 103602
Ensayo de inundación bajo carga	1	-
Análisis de agresividad del agua según EHE	1	EHE

- En función de los trabajos de campo realizados, junto con ensayos de laboratorio ejecutados podemos establecer la siguiente secuencia estratigráfica modelo:

Tabla 72. Modelo estratigráfico establecido.

Nivel	Material	Desde (m.)	Hasta (m.)
UG.1	Rellenos antrópicos	0,00	3,60
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	3,60	Fin de reconocimientos

- El perfil esquemático obtenido se adapta a la siguiente secuencia de materiales detectados.

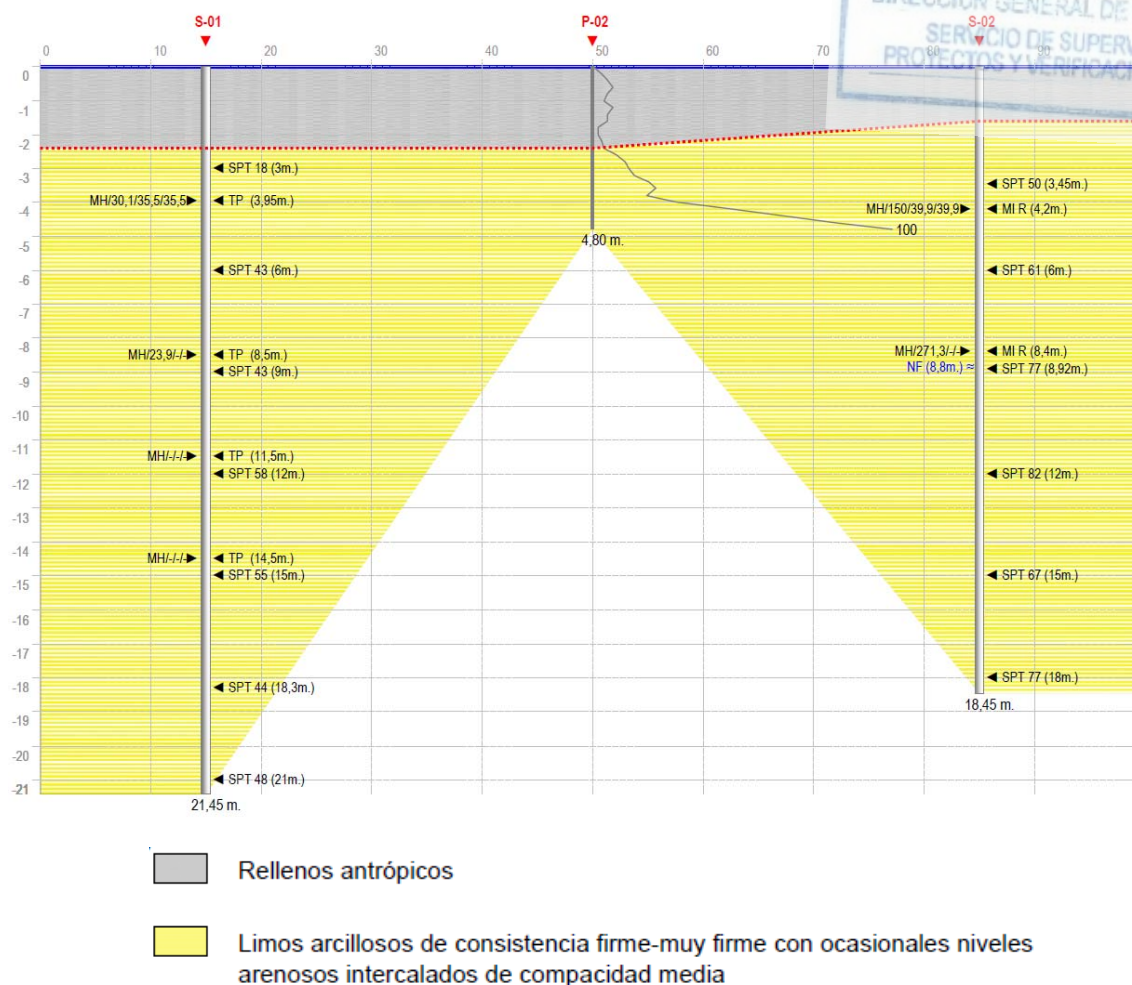


Figura Nº 42.- Perfil esquemático.

- Se ha detectado el nivel freático en los siguientes reconocimientos: S-02. Las profundidades respectivas a las cuales se ha detectado dicho nivel freático son las siguientes: -8,80.
- Hemos de hacer notar que las medidas del nivel freático se han realizado a la finalización de las perforaciones.
- Es probable que el nivel freático pueda oscilar en función del régimen climático y estacional no permaneciendo inalterable, consideración que habrá de ser tomada en cuenta.
- Según los trabajos realizados se establecen los siguientes tipos de exposición obtenidos, en suelos:

Tabla 73. Tipos de exposición obtenidos.

Unidad Geotécnica	Definición	Tipo de exposición
UG.1	Rellenos antrópicos	-
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	No agresivo

- Según los trabajos realizados se establecen los siguientes tipos de exposición obtenidos, en aguas:

Parámetros	Normas	Resultados de Ensayo	Tipo de Exposición		
			Qa	Qb	Qc
Valor del pH	UNE 83952:2008	8.1	Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
CO ₂ agresivo* (mg CO ₂ /l)	UNE EN 13577:2008	No contiene	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5
Ión Amonio (mg NH ₄ ⁺ /l)	UNE 83954:2008	0,1677	15 – 40	40 – 100	> 100
Ión Magnesio (mg Mg ²⁺ /l)	UNE 83955:2008	107,98	15 – 30	30 – 60	> 60
Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l)	UNE 83956:2008	142	300 – 1000	1000 – 3000	> 3000
Residuo Seco (mg/l)	UNE 83957:2008	1305	200 – 600	600 – 3000	> 3000
			75 – 150	50 – 75	< 50

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD

NO AGRESIVA

Resultados adoptados a partir de los ensayos de laboratorio realizados.

- Según los trabajos realizados se establecen los siguientes parámetros de permeabilidad:

Tabla 74. Valores de permeabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	K (m/seg)
UG.1	Rellenos antrópicos	-
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁹ m/s

Valores adoptados de los resultados obtenidos en los ensayos de identificación realizados.

- De acuerdo con los resultados obtenidos en los diferentes trabajos realizados se puede estimar la excavabilidad del siguiente modo, para cada uno de los niveles definidos en los apartados anteriores apartados:

Tabla 75. Excavabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	Excavabilidad
UG.1	Rellenos antrópicos	Excavación manual
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	Maquinaria común

Excavabilidad definida a partir de los ensayos de resistencia de campo y laboratorio y atendiendo a la naturaleza del material.

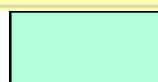
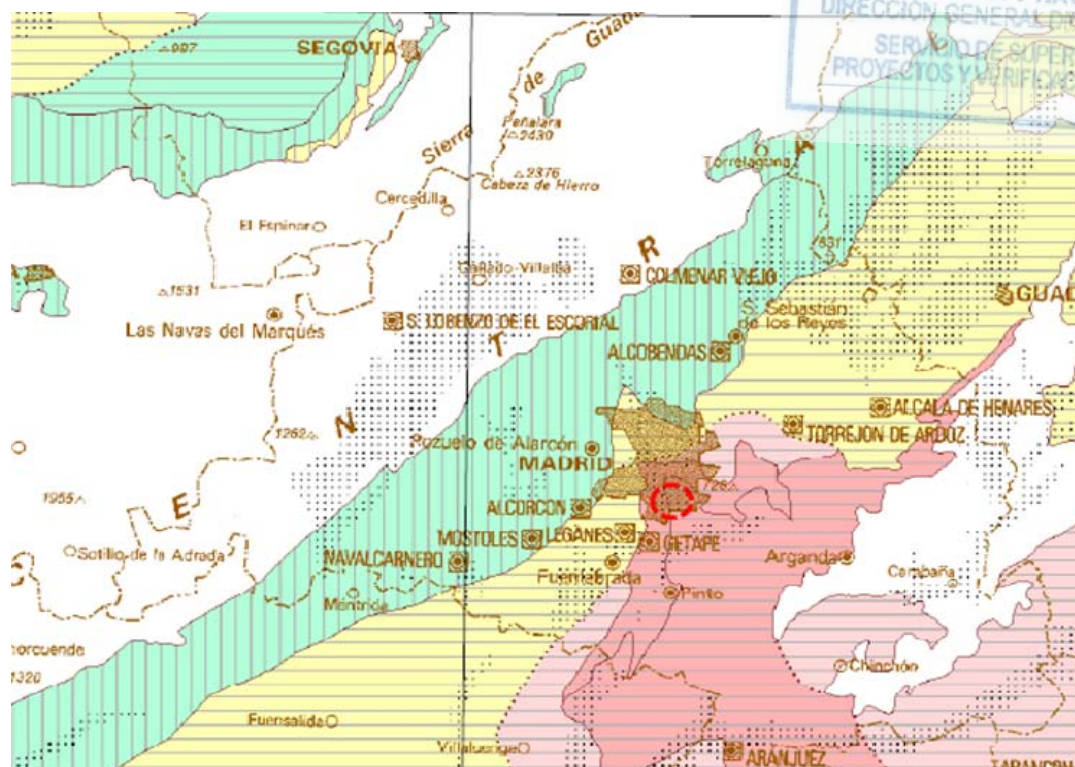
- Según los trabajos realizados se han podido establecer los siguientes valores de expansividad según los criterios utilizados:

Tabla 76. Valores de expansividad

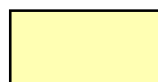
Unidad Geotécnica	Definición	Clasificación
UG.1	Rellenos antrópicos	-
UG.2	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media	Crítico-Muy crítico

La clasificación se ha realizado a partir de ensayos específicos y mediante la correlación con los límites de plasticidad, adoptando la consideración más desfavorable. Aplicado el criterio de Jiménez Salas.

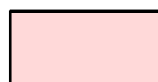
- A continuación se muestra un mapa de expansividad publicado por el IGME en el que ha señalado la zona de estudio.



ARCILLAS NO EXPANSIVAS O DISPERSAS EN MATRIZ NO ARCILLOSA:
RIESGO DE EXPANSIVIDAD NULO O BAJO



ARCILLAS EXPANSIVAS SUBORDINADAS O EMPLAZADAS
EN ZONAS CLIMATICAS SIN DEFICIT ANUAL DE HUMEDAD:
RIESGO DE EXPANSIVIDAD BAJO A MODERADO



ARCILLAS EXPANSIVAS LOCALMENTE PREDOMINANTES Y EMPLAZADAS
EN ZONAS CLIMATICAS CON DEFICIT ANUAL DE HUMEDAD:
RIESGO DE EXPANSIVIDAD MODERADO A ALTO



ARCILLAS EXPANSIVAS PREDOMINANTES O ZONAS
DONDE SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS DE EXPANSIVIDAD
RIESGO DE EXPANSIVIDAD ALTO A MUY ALTO

Figura Nº 43.- Mapa de expansividad del IGME.

- 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 77. Parámetros para estructuras de contención

Peso Específico efectivo	Cohesión efectiva	Angulo rozamiento efectivo	Unidad geotécnica
γ KN/m ³	c' KPa	ϕ' º	-
18,00	0,00	17,00	Rellenos antrópicos
19,00	20,00	26,00	Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media
γ' (peso específico efectivo), c' (cohesión efectiva) y ϕ' (ángulo de rozamiento interno efectivo)			

- Hemos adoptado los parámetros para elementos de contención del lado de la seguridad, si bien al tratarse de taludes provisionales hemos asignado 5kPa de cohesión efectiva para la UG.1. Los resultados de los taludes provisionales para una altura de 3 m. son de 30º -UG.1 y 70º - UG.2.
- No se ha detectado la presencia de nivel freático a las cotas de excavación previstas por lo que se podrá adoptar los valores del ábaco nº1 en condiciones secas. No obstante, se recomienda cuidar los tiempos de exposición de los taludes.
- La edificación prevista constará de dos plantas sobre rasante, con una parte en la que se ejecutará planta de sótano.



Figura Nº 44.- Planta de proyecto; en rosa la zona donde se prevé la ejecución de sótano.

- Los condicionantes geotécnicos implicados en elección de la tipología de cimentación, se exponen a continuación:
 - Se han detectado un primer nivel constituido por rellenos antrópicos, unidad geotécnica UG.1, con un espesor variable máximo detectado 3,6 m; *ver perfil geológico-geotécnico*. Desde un punto de vista mecánico-geotécnico, este material se caracteriza por presentar bajo e irregular grado de compacidad, siendo imprevisibles los asentos que se pueden producir. Por tal motivo, no lo consideramos apto para cimentar directamente sobre él.
 - Grado de expansividad clasificado como crítico-muy crítico para la unidad geotécnica UG.2. *Valores adoptados a partir de ensayos específicos y mediante las correlaciones con los valores de plasticidad, valorando la representatividad de los resultados. Los valores de expansividad detectados en los ensayos no han de ser los máximos absolutos existentes en el terreno de apoyo de la cimentación, por este motivo y a la luz de los valores de plasticidad obtenidos no se descartan resultados de presión de hinchamiento por encima de los ensayos de laboratorio.*
 - o Según los criterios de WEBB (1969) u GROMKO (1974), para una expansividad entre media-alta, es adecuado proyectar una cimentación a una profundidad de 0.8 Z_a , siendo Z_a la profundidad de la zona activa, que hemos fijado en 4,0 mtrs. a partir de las formulaciones empíricas de Carlos Crespo Villalaz. Con el criterio anterior situamos la base de la cimentación a una profundidad suficientemente estable frente a cambios higrométricos producidos por agentes exteriores.
 - o Habrá de comprobarse que las cimentaciones previstas deberán quedar empotradas en el material portante al menos a una profundidad de 3,0 m. lo que garantizaría la anulación del 80% del nivel activo, que se sitúa en la región entorno a una potencia de 4,0 m.
 - o Este nivel superficial de la unidad UG.2 no se deberá considerar que contribuya a la resistencia de carga admisible del terreno para la tipología de cimentación recomendada.
 - Se ha detectado Nivel freático en los reconocimientos ejecutados, S-02, a una profundidad de 8,8 m. Es probable que el nivel freático pueda oscilar en función del régimen climático y estacional no permaneciendo inalterable, consideración que habrá de ser tenida en cuenta.
- Por todo lo expuesto, consideramos que la unidad portante para cualquier elemento de cimentación ha de ser la unidad geotécnica UG.2.
- Fundamentado en la presencia de un importante espesor de rellenos antrópicos, UG.1, así como a la necesidad de empotrar la cimentación 3,0 m. en la unidad geotécnica UG.2, Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales

niveles arenosos intercalados de compacidad media, a la luz de los datos disponibles de potencial expansivo en la unidad portante, **se recomienda una cimentación**

- El tipo de cimentación recomendada es de tipo profundo mediante pilotes **empotrados al menos 6 diámetros en la unidad geotécnica UG.2.**, localizada a una profundidad máxima detectada de 3,6 m., ésta será variable, desde la cota de realización de las prospecciones. Con este empotramiento mínimo se asegura que la zona de influencia de la punta del pilote quede en el entorno de los materiales de la unidad geotécnica establecida como portante.
- No se recomiendan en cualquier caso, cimentaciones sobre la unidad geotécnica UG.1.
- Ya que no se garantiza la homogeneidad del relleno en otros puntos de la parcela, no consideramos a la UG.1 como parte de la capa activa, si bien aparentemente pudiera presentar permeabilidades como para ello, del lado de la seguridad, y teniendo en cuenta que la capa activa, con la progresión de la alteración pudiera trasladarse a las profundidades establecidas de la unidad geotécnica UG.2. En relación, resaltar lo valores de los ensayos de penetración dinámica que alcanzan un nivel de rechazo a las profundidades que consideramos como parte de la potencial capa activa, teniendo en cuenta las posibles variaciones de humedad que pudieran darse a lo largo del tiempo por la alteración sustancial de la UG.1.
- La columna litológica tipo estaría compuesta por los siguientes materiales y espesores:

Tabla 78. Modelo litológico

Litología	Espesor (m)
UG-1	3,6
UG-2a	3,0
UG-2b	Fin de pilote

La unidad UG.2a se refiere a la capa activa de la unidad UG.2. Este nivel superficial no se considera contribuye a la resistencia.

La UG.1 puede quedar asociada a fenómenos de rozamiento negativo.

- Los parámetros de cálculo considerados son los aportados en el documento previo, incluyendo los valores de presión límite representativos:
- *Se aporta el valor de la densidad para la unidad UG.1, para la estimación del rozamiento negativo que pudiera darse.*
- *No se aportan los datos de la parte superficial de la UG.2, UG.2a, debido a que se desprecia su contribución a la resistencia del pilote.*

Tabla 79. Parámetros de cálculo de la unidad UG-1

Parámetros	Unidades	Valor recomendado
Densidad saturada	KN/m ³	18

Tabla 80. Parámetros de cálculo de la unidad UG-2

Parámetros	Unidades	Valor recomendado
Densidad aparente	KN/m ³	19
Ángulo de rozamiento interno	°	26
Cohesión efectiva	KPa	20
Cohesión aparente sin drenaje	KPa	220

Adoptamos el cálculo en tensiones totales por establecerse la condición más desfavorable y correlacionado C_u con el valor conservador de N_{30} , sin perder de vista los valores de plasticidad obtenidos (Terzaghi-Peck) Teniendo presente que la fisuración de las muestras por retracción ha repercutido en el resultado de compresión simple y no resulta representativo.

- Las resistencias unitarias por fuste y punta deducidas son las siguientes:

Tabla 81. Resistencia unitaria por fuste y punta de los terrenos atravesados (CTE)-Tensiones Totales

Unidad Geotécnica	Resistencia Unitaria por fuste (KPa)	Resistencia Unitaria por punta (KPa)
UG-1	-	-
UG-2a	-	-
UG-2b	68,75	1980

- El dimensionado del sistema de cimentación mediante pilotaje podrá tener varias configuraciones, dependiendo del diámetro, longitud y número de pilotes. Conocidas las cargas de servicio solicitadas por cada uno de los apoyos, y fijando el tope estructural de trabajo a objeto de conseguir el máximo aprovechamiento estructural del pilote.
- A partir de las hipótesis planteadas entendemos factible la adopción de un modelo de cimentación mediante pozos de cimentación-vigas corridas para los elementos de urbanización, apoyadas en el sustrato portante referido como unidad UG.2 y definido Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media. Este nivel ha sido detectado a una profundidad máxima de 3,60 m., siendo ésta variable, desde la cota de rasante actual o boca de perforación. Entendemos adecuado que la cimentación deberá queda empotrada en el material portante al menos 0,5 m.
- Aunque del lado de la seguridad se ha establecido la capa activa en el nivel UG.2 y se recomienda una cimentación profunda para el caso de las edificaciones, en el caso de los elementos de urbanización, entendemos adecuado poder cimentar mediante pozos dado que de producirse desperfectos a largo plazo, con la progresiva alteración de la UG.1, la relación de costes para la subsanación es a todas luces compensatoria frente a otras tipologías de cimentación.

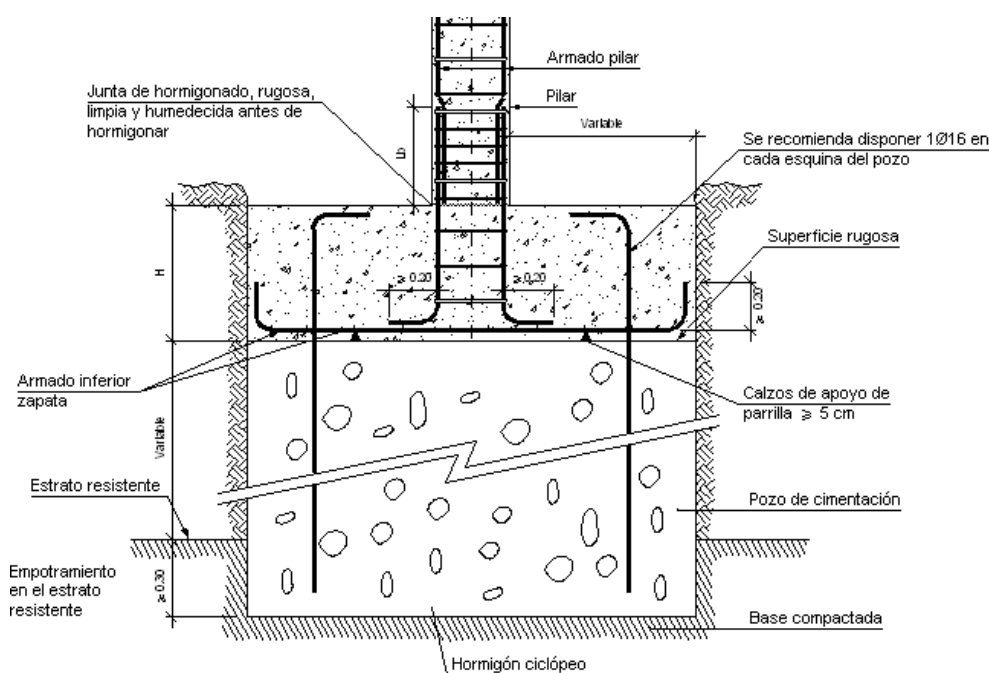


Figura Nº 45.- Modelo de pozo de cimentación.

- Las hipótesis para el cálculo de presiones admisibles, tanto por hundimiento como por asentos, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 82. Hipótesis de cálculo

Tipología de cimentación	-	Pozos-Vigas	
Profundidad de empotramiento de la cimentación en el material portante	m	0,50 m (*)	
Densidad del terreno bajo el plano de cimentación	kN/m ³	19,0 (**)	
Situación de dimensionado	-	Transitoria a corto plazo (sin drenaje)	
Ángulo de rozamiento efectivo	°	-	
Cohesión efectiva	kPa	-	
Cohesión sin drenaje	kPa	80 (***)	
Modelo constitutivo para estimación de asientos	-	Elástico – largo plazo	
Asiento admisible	cm	5,00 cm	
Compresibilidad del terreno bajo la cimentación	Potencia	E'	v
	m	MPa	(coef. poisson)
UG.2	Influencia cimiento	15,0 (****)	0,3

(*) No considerado el empotramiento total, resistencia lateral, adopción fundamentada en los fenómenos de expansividad descritos.

(**) Densidad considerada superior a la obtenida en el ensayo de laboratorio, atribuido a la representatividad del material condicionado por la fisuración.

(***) Valor adoptado teniendo en cuenta el posible deterioro a largo plazo por los fenómenos de expansividad descritos.

(****) Valor correlacionado a partir de los ensayos de resistencia de campo sin perder de vista la posible pérdida de resistencia debido a la influencia de los cambios higroscópicos que pudiera darse.

Adoptamos el cálculo en tensiones totales por la posibilidad de saturación del terreno, del lado de la seguridad.

Los valores obtenidos para la carga admisible se detallan a continuación:

Tabla 83. Presión vertical admisible de servicio para zapatas

Ancho de zapata	Pozos cuadrado		Viga corrida	
	q'_s	Criterio	q'_s	Criterio
<i>m</i>	MPa	-	MPa	-
1,0	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
1,5	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
2,0	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
2,5	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
3,0	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento

- Con carácter general puede adoptarse, para pozos de dimensiones habituales de 1,5 x 1,5 m una presión admisible de servicio de 0,168 MPa en la situación de dimensionado considerada, si bien podrá atenderse, en cualquier caso, a lo indicado en la tabla precedente.
- El módulo de balasto medio obtenido para placas de 0.30x0.30 m² es de 70MN/m³ en pozos, y 58 MN/m³ en vigas corridas.
- 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 un 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 existentes se ajustan a lo previsto en el presente estudio.



- No se detectan corrientes subterráneas que puedan provocar socavación o arrastres.

El presente estudio geotécnico consta de una memoria de 98 páginas, 6 anejos a la memoria y un apéndice.

En Madrid y firmado en Abril de 2017

Juan Mena Pastor
Ldo. en CC. Geológicas
Delegación de Córdoba
Técnico Redactor

Isidro Ocete Ruiz
Ldo. en CC. Geológicas
D.E.A. Ingeniería del Terreno
Técnico Redactor

Juan Alfonso Delgado Capllonch
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Delegación de Granada
Supervisor

Francisco Ureña Fernández
Ldo. en CC. Geológicas
Director Técnico
Supervisor



ANEJO 1. PLANTA GENERAL Y DE SITUACIÓN

PLANTA

EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

PLANO 1

INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA,MADRID

FECHA abril-17

cemosa

Ingeniería y Control

MADRID

ÁREA DE GOBIERNO DE ECONOMÍA Y HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO

SERVICIO DE SUPERVISIÓN DE PROYECTOS Y VERIFICACIÓN DE OBRAS

The plan shows a building footprint with four specific foundation points marked: P-01 (green circle with cross), P-02 (green circle with cross), S-01 (red circle with cross), and S-02 (red circle with cross). The building is situated on a plot of 1901.90 m². A green line along the top boundary indicates a planting area for windbreakers. Various dimensions and levels are noted throughout the plan.

PETICIONARIO:
EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

EJECUTADO POR:
cemosa
Ingeniería y Control

TITULO DEL TRABAJO
INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA,MADRID

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

PRESUPUESTO:
EXPEDIENTE:

O/1700551/4

ESCALA:
Referida

TITULO:
PLANTA

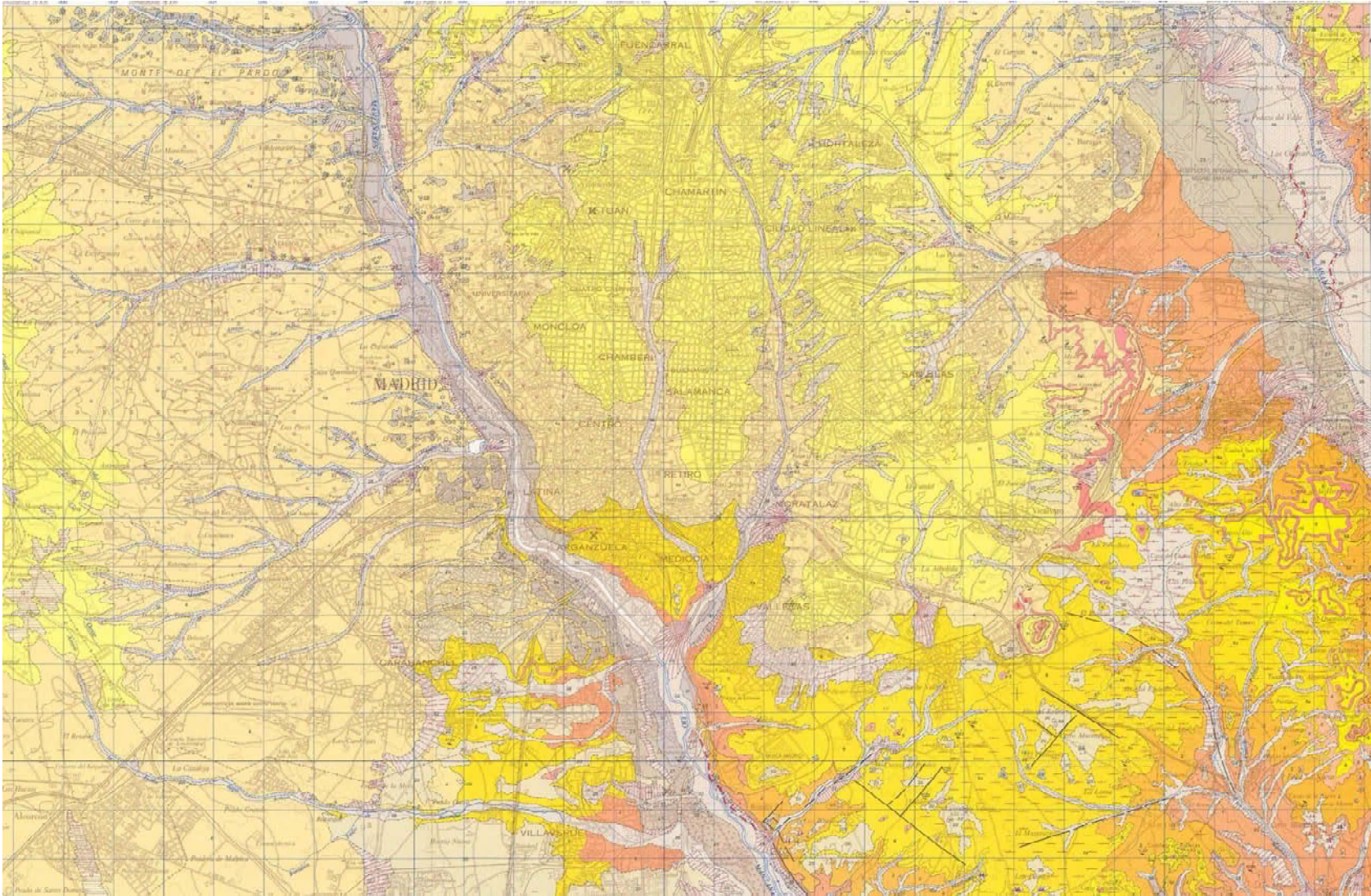
NÚMERO:
1

FICHA:
1 de 1



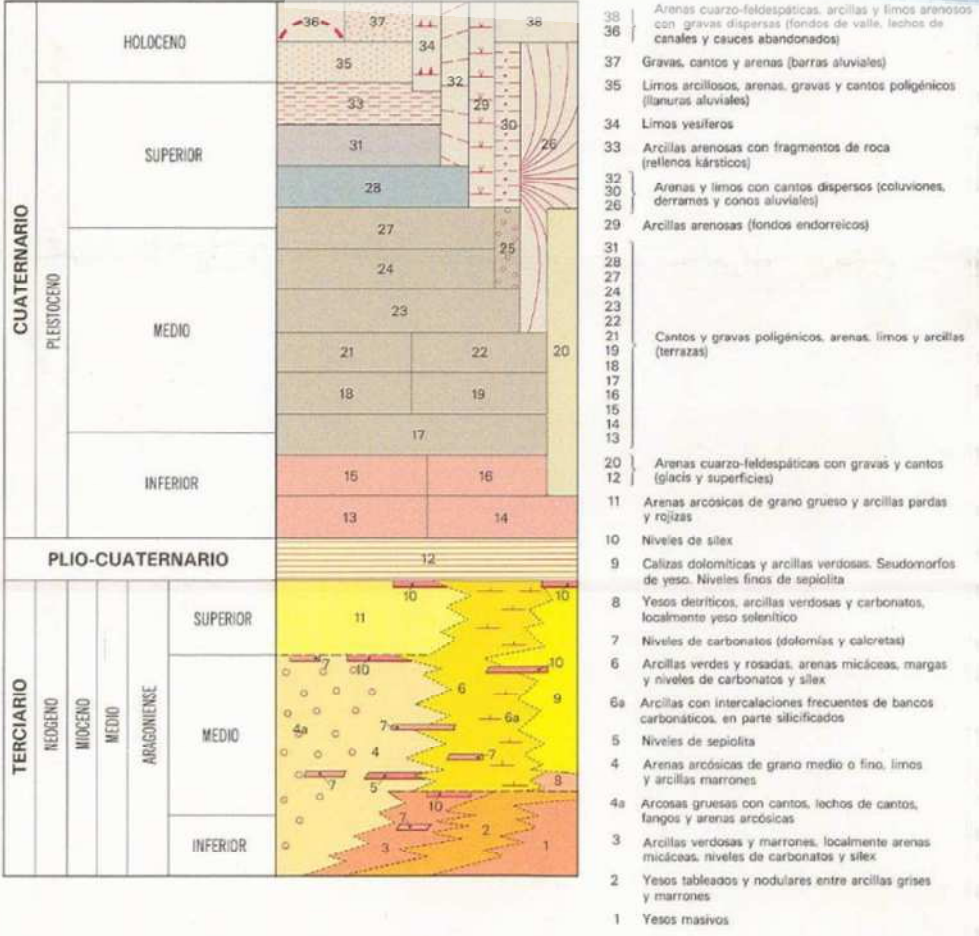
ANEJO 2. MARCO GEOLÓGICO

MARCO GEOLÓGICO



MADRID
ÁREA DE GOBIERNO DE ECONOMÍA Y HACIENDA
DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO
SERVICIO DE SUPERVISIÓN DE PROYECTOS Y VERIFICACIÓN DE OBRAS

LEYENDA



CONTEXTO GEOLÓGICO, PLANO Y LEYENDA DE LA ZONA EN ESTUDIO
HOJA MAGNA 559/19-22 MADRID
ESCALA ORIGINAL: 1.50.000

PETICIONARIO:

EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

EJECUTADO POR:

cemosa Ingeniería y Control

TÍTULO DEL TRABAJO

INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA,MADRID

SUSTITUYE A:

PRESUPUESTO:

ESCALA:

TÍTULO:

NÚMERO:

2

SUSTITUIDO POR:

EXPEDIENTE:

Referida

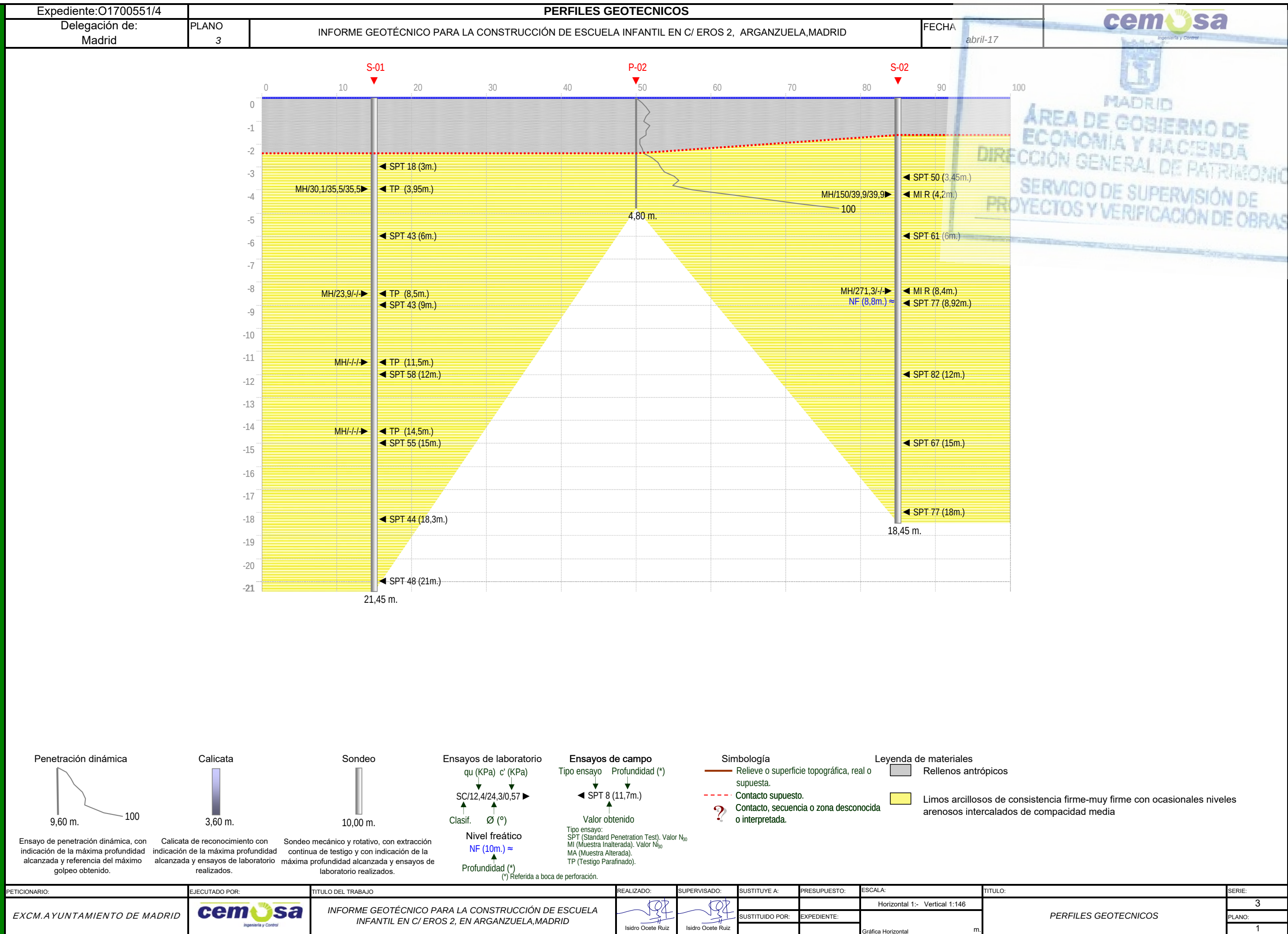
ENTORNO GEOLÓGICO

FICHA:

1 de 1



ANEJO 3. PERFIL GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO



The diagram illustrates a cross-section of the ground with a horizontal axis from 0 to 100 meters and a vertical axis from 0 to -21 meters. Three boreholes are shown: S-01 at approximately 15m, P-02 at 50m, and S-02 at 85m. Soil strata are color-coded: grey for anthropogenic fills and yellow for firm to very firm silty clays with occasional sandy layers. Test results are indicated by arrows and labels: SPT (Standard Penetration Test), TP (Testigo Parafinado), and MH (Muestra Alterada). Key depths include 4.80m, 18.45m, and 21.45m. A dashed red line indicates a suspected contact at approximately -1.8m.

Borehole	Test	Depth (m)
S-01	SPT 18	3.0
	TP	3.95
	SPT 43	6.0
	TP	8.5
	SPT 43	9.0
P-02	SPT 50	3.45
	MI R	4.2
	SPT 61	6.0
	MI R	8.4
	SPT 77	8.92
S-02	SPT 82	12.0
	SPT 67	15.0
	SPT 77	18.0
	SPT 44	18.3
	SPT 48	21.0

Penetración dinámica

9,60 m. 100

Ensayo de penetración dinámica, con indicación de la máxima profundidad alcanzada y referencia del máximo golpeo obtenido.

Calicata

3,60 m.

Calicata de reconocimiento con indicación de la máxima profundidad alcanzada y ensayos de laboratorio realizados.

Sondeo

10,00 m.

Sondeo mecánico y rotativo, con extracción continua de testigo y con indicación de la máxima profundidad alcanzada y ensayos de laboratorio realizados.

Ensayos de laboratorio

qu (KPa) c' (KPa)

SC/12,4/24,3/0,57

Clasif. Ø (°)

Nivel freático NF (10m.) ≈

Profundidad (*)

(*) Referida a boca de perforación.

Ensayos de campo

Tipo ensayo Profundidad (*)

SPT 8 (11,7m.)

Valor obtenido

Tipo ensayo: SPT (Standard Penetration Test). Valor N₆₀ MI (Muestra Inalterada). Valor N₆₀ MA (Muestra Alterada). TP (Testigo Parafinado).

Simbología

- Relieve o superficie topográfica, real o supuesta.
- Contacto supuesto.
- Contacto, secuencia o zona desconocida o interpretada.

Leyenda de materiales

- Rellenos antrópicos
- Limos arcillosos de consistencia firme-muy firme con ocasionales niveles arenosos intercalados de compacidad media

PETICIONARIO:

EJECUTADO POR:

TITULO DEL TRABAJO

REALIZADO:

SUPERVISADO:

SUSTITUYE A:

PRESUPUESTO:

ESCALA:

TITULO:

SERIE:

EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

cemosa

INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA,MADRID

Isidro Ocete Ruiz

Isidro Ocete Ruiz

SUSTITUIDO POR:

EXPEDIENTE:

Gráfica Horizontal

m.

PERFILES GEOTECNICOS

3

PLANO:

1



ANEJO 4. TRABAJOS DE CAMPO



ANEJO 4.1 Registro de sondeos a rotación

 INGENIERÍA Y CONTROL C/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400			REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN TRABAJO: ESCUELA INFANTIL C/EROS, 2 (ARGANZUELA) PETICIONARIO: AYTO MADRID MÁQUINA: TP-50 INICIO: 07/03/2017 FIN: 08/03/2017 COORDENADAS UTM: X: 442.262 Y: 4.471.689 Z: 590.1				SONDEO: S-01 MADRID ÁREA DE GOBIERNO DE ECONOMÍA Y HACIENDA DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO SERVICIO DE CONTROL DE OBRAS PROYECTOS Y VERIFICACIÓN DE OBRAS EXP.: O/1700551/4/01										
PROFUND.		PERFORACION (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	RECUP. (%)		SPT N30					ENSAYOS/ TOMA DE MUESTRAS				
Profundidad (m)	Cota absoluta					25	75	0	20	40	60	80	100	SÍMBOLO	DENOM.	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)
1				Rellenos Arenas color marrón oscuro													
2																	
3		-2,40		Arenas micáceas color verde-marrón													
4		-4,25															
5				Arcilla arenosa color verde-marrón													
6																	
7		-6,70															
8				Limos arcillosos color verdoso													
9																	
10																	
11																	

FECHA: 15/03/2017







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

Fdo. Yolanda Garrido Camacho
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Medioambientales

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 D2113-99, 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 INGENIERIA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)

REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN

TRABAJO: ESCUELA INFANTIL C/EROS, 2 (ARGANZUELA)

PETICIONARIO: AYTO MADRID

MÁQUINA: TP-50

INICIO: 07/03/2017

FIN: 08/03/2017

COORDENADAS UTM:

X: 442.262

Y: 4.471.689

Z: 590.1

SONDEO: S-01

MADRID
ÁREA DE GOBIERNO DE
ECONOMÍA Y HACIENDA
DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO
SERVICIO DE CONTROL DE OBRAS
PROYECTOS Y VERIFICACIÓN DE OBRAS

PROFUND.		PERFORACION (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	ENSAYOS/ TOMA DE MUESTRAS																								
Profundidad (m)	Cota absoluta					RECUP. (%)		SPT N30					TIPO		PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	GOLPEO /15 cm													
						25	75	0	20	40	60	80	100	SÍMBOLO	DENOM.															
12															TP	11,50	11,80													
														SPT	12,00	12,45	17-23-35													
13																														
14																														
15																										TP	14,50	14,80		
																										SPT	15,00	15,45	17-23-32	
16																														
17																														
18																										SPT	18,30	18,75	12-17-27	
19																														
20																														
21															SPT	21,00	21,45	14-22-26												
22	22,00																													

FECHA: 15/03/2017

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

Fdo.Yolanda Garrido Camacho
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Medioambientales

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 N° AND-L-018
ÁREA DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnia), ÁREA DE ACTUACIÓN INGENIERIA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)

REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN

TRABAJO: ESCUELA INFANTIL C/EROS, 2 (ARGANZUELA)

PETICIONARIO: AYTO MADRID

MÁQUINA: TP-50

INICIO: 08/03/2017

FIN: 08/03/2017

COORDENADAS UTM:

X: 442.226

Y: 4.471.716

Z: 591.8

SONDEO: S-02

MADRID
ÁREA DE GOBIERNO DE
ECONOMÍA Y HACIENDA
DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO
EXP.: O/1700551/4/01

PROFUND.		PERFORACION (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	ENSAYOS/ TOMA DE MUESTRAS														
Profundidad (m)	Cota absoluta					RECUP. (%)		SPT N30					TIPO		PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	GOLPEO /15 cm			
						25	75	0	20	40	60	80	100	SÍMBOLO				DENOM.		
1				Rellenos color verde grisáceo																
2	-1,60			Arcilla arenosa color verdoso																
3	-2,40			Limos arcillosos color verdoso																
4																				
5																				
6																				
7																				
8	-7,30			Limos arcillosos color verdoso																
9																				
10																				
11																				

FECHA: 15/03/2017

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

Fdo.Yolanda Garrido Camacho
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Medioambientales

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 D2113-99, 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 N° AND-L-018
ÁREA DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnica), ÁREA DE ACTUACIÓN INGENIERÍA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)



C/Benague 9
29004 Málaga
Tlf:902 111 400

REGISTRO DE SONDEO A ROTACIÓN

TRABAJO: ESCUELA INFANTIL C/EROS, 2 (ARGANZUELA)

PETICIONARIO: AYTO MADRID

MÁQUINA: TP-50

INICIO: 08/03/2017

FIN: 08/03/2017

COORDENADAS UTM:

X: 442.226

Y: 4.471.716

Z: 591.8

SONDEO: S-02

MADRID
ÁREA DE GOBIERNO DE
ECONOMÍA Y HACIENDA
DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO
SERVICIO DE CONTROL DE OBRAS
PROYECTOS Y VERIFICACIÓN DE OBRAS
EXP.: O/1700551/4/01

PROFUND.		PERFORACION (mm)	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NIVEL FREÁTICO	ENSAYOS/ TOMA DE MUESTRAS					PROYECTOS Y VERIFICACION DE OBRA									
Profundidad (m)	Cota absoluta					RECUP. (%)	SPT N30				TIPO		PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	GOLPEO /15 cm					
						25	75	0	20	40	60	80	100	SÍMBOLO	DENOM.					
12															SPT	12,00	12,45		22-37-45	
13																				
14																				
15																				
16															SPT	15,00	15,45		17-29-38	
17																				
18															SPT	18,00	18,45		20-33-44	
19																				
20																				
21																				
22	22,00																			

FECHA: 15/03/2017

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

Fdo.Yolanda Garrido Camacho
Responsable de Ensayos Físicos
Lda. Ciencias Medioambientales

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 N° AND-L-018
ÁREA DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotécnica), ÁREA DE ACTUACIÓN INGENIERÍA CIVIL: D (Ensayos de reconocimiento geotécnico)



ANEJO 4.2 Fotografías de testigos de sondeos a rotación

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Sondeo Mecánico Rotativo

TRABAJO:

INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA
INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID

PETICIONARIO:

EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

ENSAYO: S-01

Expediente:

O/1700551/4



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 1.



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 2.

	REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo		ENSAYO: S-01
	TRABAJO:	INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID	Expediente: O/1700551/4
	PETICIONARIO:	EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID	

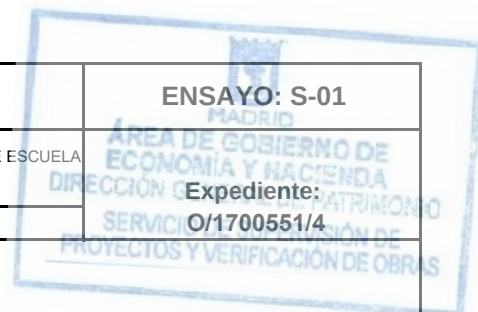


Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 3.



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 4.

 cemosa Ingeniería y Control c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400	REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo		ENSAYO: S-01
	TRABAJO: INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID		 Expediente: O/1700551/4
	PETICIONARIO: EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID		



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 5.



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 6.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Sondeo Mecánico Rotativo

TRABAJO:

INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA
INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID

PETICIONARIO:

EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

ENSAYO: S-01

MADRID
ÁREA DE GOBIERNO DE
ECONOMÍA Y HACIENDA
DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO
SERVICIO DE GESTIÓN DE
PROYECTOS Y VERIFICACIÓN DE OBRAS

Expediente:
O/1700551/4



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 1, Caja 7.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Sondeo Mecánico Rotativo

TRABAJO:

INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA
INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID

PETICIONARIO:

EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

ENSAYO: S-02

MADRID
ÁREA DE GOBIERNO DE
ECONOMÍA Y HACIENDA
DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO
SERVICIO DE EJECUCIÓN DE
PROYECTOS Y VERIFICACIÓN DE OBRAS

Expediente:
O/1700551/4



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 2, Caja 1.



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 2, Caja 2.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Sondeo Mecánico Rotativo

TRABAJO:

INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID

PETICIONARIO:

EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

ENSAYO: S-02

ÁREA DE GOBIERNO DE ECONOMÍA Y HACIENDA
DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO
SERVICIO DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS Y VERIFICACIÓN DE OBRAS
Expediente: O/1700551/4



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 2, Caja 3.



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 2, Caja 4.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Sondeo Mecánico Rotativo

TRABAJO:

INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID

PETICIONARIO:

EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

ENSAYO: S-02

Expediente:

O/1700551/4



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 2, Caja 5.



Foto de testigo de sondeo. Sondeo 2, Caja 6.



ANEJO 4.3 Registro de penetraciones dinámicas

REGISTRO DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Ensayo acreditado. Junta de Andalucía.

TRABAJO: INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2. EN ARGANZUELA.MADRID

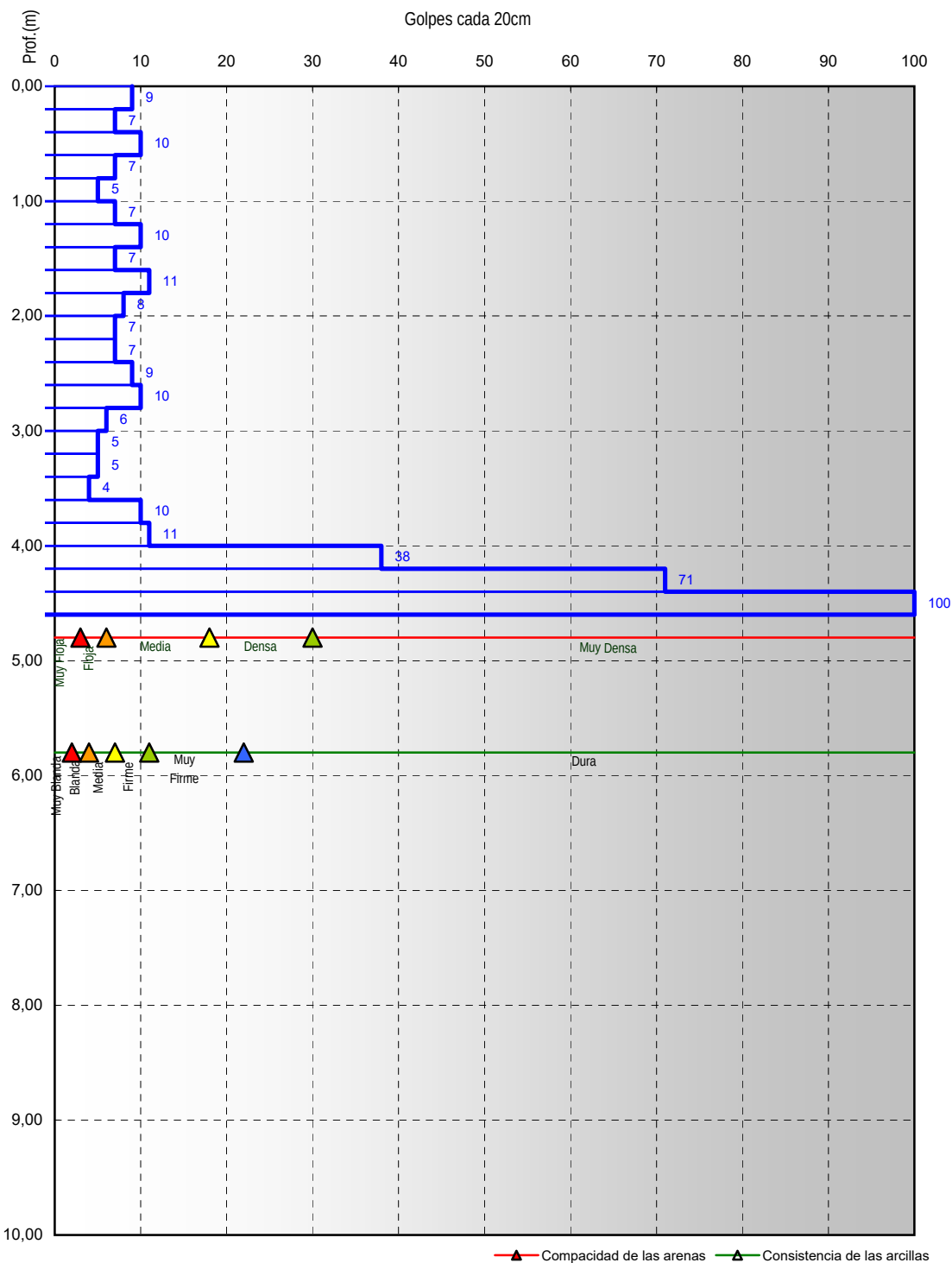
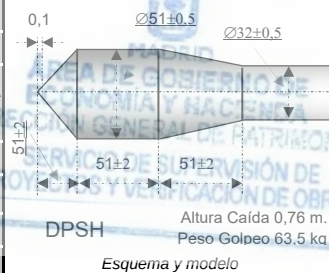
PETICIONARIO:	EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID
---------------	-----------------------------

MÁQUINA:	ROLATEC ML 76-A	FECHA:	abril-17
-----------------	-----------------	---------------	----------

COORDENADAS UTM:	X	Y	Z
	442240	4471668	591

Referencia: P-01

Expediente:
O/1700551/4



Prof.	N2o	Prof.	N2o
0,00	0		
0,20	9	15,20	
0,40	7	15,40	
0,60	10	15,60	
0,80	7	15,80	
1,00	5	16,00	
1,20	7	16,20	
1,40	10	16,40	
1,60	7	16,60	
1,80	11	16,80	
2,00	8	17,00	
2,20	7	17,20	
2,40	7	17,40	
2,60	9	17,60	
2,80	10	17,80	
3,00	6	18,00	
3,20	5	18,20	
3,40	5	18,40	
3,60	4	18,60	
3,80	10	18,80	
4,00	11	19,00	
4,20	38	19,20	
4,40	71	19,40	
4,60	100	19,60	
4,80		19,80	
5,00		20,00	
5,20		20,20	
5,40		20,40	
5,60		20,60	
5,80		20,80	
6,00		21,00	
6,20		21,20	
6,40		21,40	
6,60		21,60	
6,80		21,80	
7,00		22,00	
7,20		22,20	
7,40		22,40	
7,60		22,60	
7,80		22,80	
8,00		23,00	
8,20		23,20	
8,40		23,40	
8,60		23,60	
8,80		23,80	
9,00		24,00	
9,20		24,20	
9,40		24,40	
9,60		24,60	
9,80		24,80	
10,00		25,00	
10,20		25,20	
10,40		25,40	
10,60		25,60	
10,80		25,80	
11,00		26,00	
11,20		26,20	
11,40		26,40	
11,60		26,60	
11,80		26,80	
12,00		27,00	
12,20		27,20	
12,40		27,40	
12,60		27,60	
12,80		27,80	
13,00		28,00	
13,20		28,20	
13,40		28,40	
13,60		28,60	
13,80		28,80	
14,00		29,00	
14,20		29,20	
14,40		29,40	
14,60		29,60	
14,80		29,80	
15,00		30,00	

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

cemosa
Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía

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

Dispositivo de golpeo DPSH: Puntaza de sección cónica 20cm², machina 63.5Kp, altura de caída 75cm, peso de varillaje 6Kp/ml

Nórmās de aplicaci3n: Prueba continua de penetraci3n superpesada UNE 103-801:1994

CEMOSA, entidad acreditada para la prestación de asistencia técnica a la construcción y obra pública R.D. 1230/89. Nº de inscripción del R.E.A. LE023-MA05 BOJA 24/02/05
Acreditado en el grupo de áreas de geotecnia: GTC Área de sondos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos, GTL Área de ensayos de laboratorio de geotecnia

REGISTRO DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Ensayo acreditado. Junta de Andalucía.

TRABAJO: INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA
INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID

PETICIONARIO: EXCM.AYUNTAMIENTO DE MADRID

MÁQUINA: ROLATEC ML 76-A FECHA: abril-17

COORD.UTM: X Y Z
442234 4471708 591

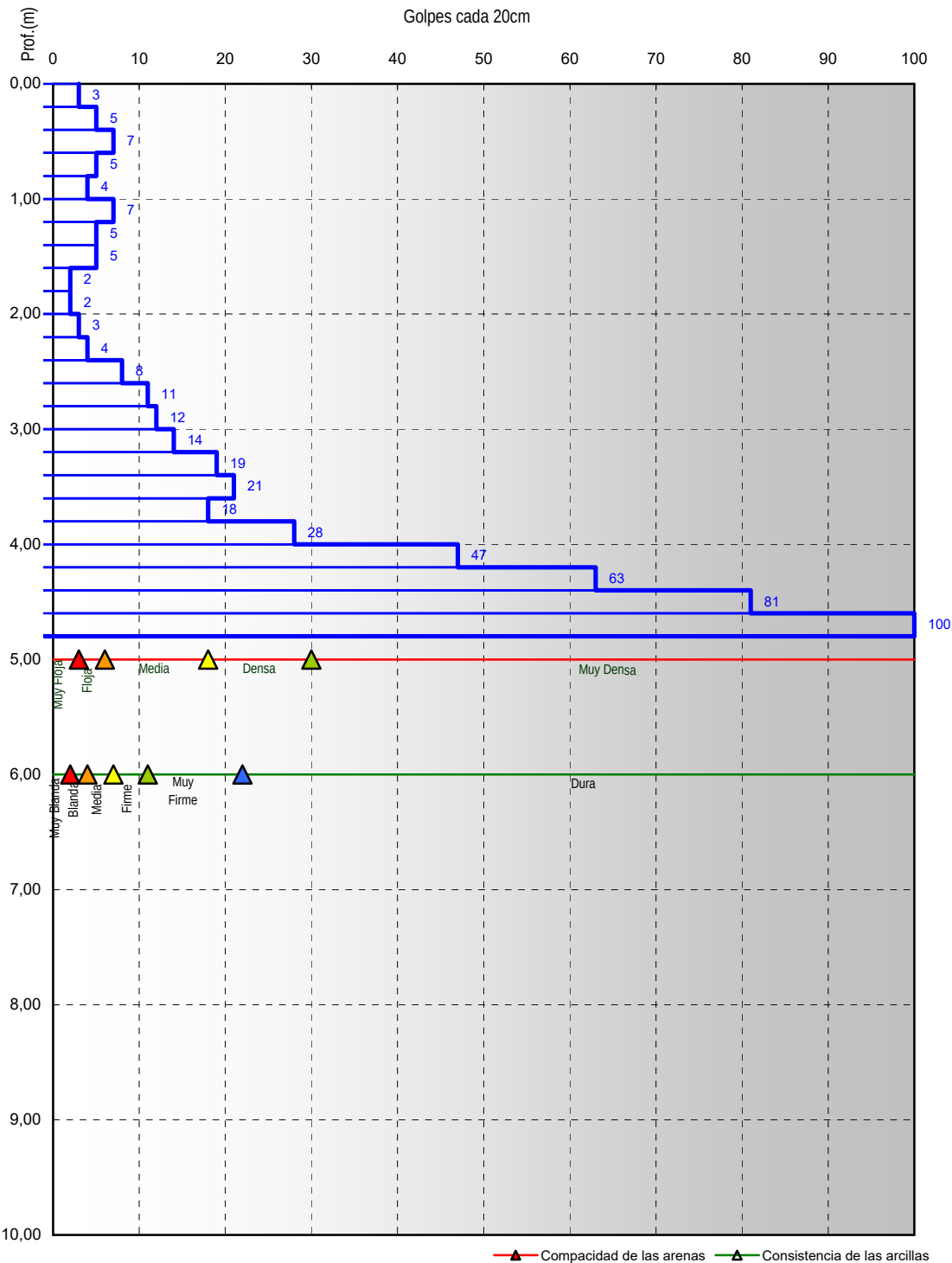
Referencia: P-02

Expediente:
O/1700551/4



Altura Caída 0,76 m.
Peso Golpeo 63,5 kg

Esquema y modelo



Prof.	N20	Prof.	N20
0,00	0	15,20	30,00
0,20	3	15,40	
0,40	5	15,60	
0,60	7	15,80	
0,80	5	16,00	
1,00	4	16,20	
1,20	7	16,40	
1,40	5	16,60	
1,60	5	16,80	
1,80	2	17,00	
2,00	2	17,20	
2,20	3	17,40	
2,40	4	17,60	
2,60	8	17,80	
2,80	11	18,00	
3,00	12	18,20	
3,20	14	18,40	
3,40	19	18,60	
3,60	21	18,80	
3,80	18	19,00	
4,00	28	19,20	
4,20	47	19,40	
4,40	63	19,60	
4,60	81	19,80	
4,80	100	20,00	
5,00		20,20	
5,20		20,40	
5,40		20,60	
5,60		20,80	
5,80		21,00	
6,00		21,20	
6,20		21,40	
6,40		21,60	
6,60		21,80	
6,80		22,00	
7,00		22,20	
7,20		22,40	
7,40		22,60	
7,60		22,80	
7,80		23,00	
8,00		23,20	
8,20		23,40	
8,40		23,60	
8,60		23,80	
8,80		24,00	
9,00		24,20	
9,20		24,40	
9,40		24,60	
9,60		24,80	
9,80		25,00	
10,00		25,20	
10,20		25,40	
10,40		25,60	
10,60		25,80	
10,80		26,00	
11,00		26,20	
11,20		26,40	
11,40		26,60	
11,60		26,80	
11,80		27,00	
12,00		27,20	
12,20		27,40	
12,40		27,60	
12,60		27,80	
12,80		28,00	
13,00		28,20	
13,20		28,40	
13,40		28,60	
13,60		28,80	
13,80		29,00	
14,00		29,20	
14,20		29,40	
14,40		29,60	
14,60		29,80	
14,80		30,00	

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

cemosa
Ensayo Acreditado
Junta de Andalucía

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

Dispositivo de golpeo DPSH: Puntaza de sección cónica 20cm², máquina 63.5Kp, altura de caída 75cm, peso de varillaje 6Kp/ml

Nórm. de aplicación: Prueba continua de penetración superpesada UNE 103-801:1994

CEMOSA, entidad acreditada para la prestación de asistencia técnica a la construcción y obra pública R.D. 1230/89. N° de inscripción del R.E.A. LE023-MA05 BOJA 24/02/05
Acreditado en el grupo de áreas de geotecnia: GTC Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos, GTL Área de ensayos de laboratorio de geotecnia



ANEJO 5. ACTAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Expediente: O/1700551/42
 Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
 Peticionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
 Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
 Contratista:
 Dirección Técnica:
 Modalidad de control:
 Nº Acta: 17-17/002655/1 Anula a:

AYUNTAMIENTO DE MADRID
 C/ BARCO Nº 20-22
 28004 MADRID (Madrid) España

Agresividad Química del Agua frente al Hormigón - EHE 2008

1.MATERIAL

FECHA TOMA:	27/03/2017	10:00	ALBARÁN:	1700551..
COD. MUESTRA:	1201/17/2017/2288		OPERADOR DE TOMA:	JOSE SERRANO CORDOBA
TIPO MATERIAL:	Agua		MODALIDAD MUESTREO:	ML - Muestreo por laboratorio
ORIGEN DE LA MUESTRA:			PROFUNDIDAD:	
LUGAR DE TOMA:	8.00MTS		Tª AGUA EN LA TOMA:	
PROCEDENCIA:	S-2		NORMA DE MUESTREO:	UNE 83951:2008
UBICACIÓN:	S-2		LOTE CLIENTE:	
OBSERVACIONES			LOTE LABORATORIO:	

2.RESULTADOS

Tª AGUA ANTES DE LOS ENSAYOS:

Parámetros	Normas	Resultados de Ensayo	Tipo de Exposición		
			Qa	Qb	Qc
			Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
Valor del pH	UNE 83952:2008	8.1	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5
CO ₂ agresivo*(mg CO ₂ /l)	UNE EN 13577:2008	No contiene	15 – 40	40 – 100	> 100
Ión Amonio (mg NH ⁴ +/l)	UNE 83954:2008	0,1677	15 – 30	30 – 60	> 60
Ión Magnesio (mg Mg ² +/l)	UNE 83955:2008	107,98	300 – 1000	1000 - 3000	> 3000
Ión Sulfato (mg SO ₄ ² /l)	UNE 83956:2008	142	200 – 600	600 – 3000	> 3000
Residuo Seco (mg/l)	UNE 83957:2008	1305	75 - 150	50 - 75	< 50

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD

NO AGRESIVA

Fdo.: JOSÉ SERRANO CORDOBA
 Director Técnico Laboratorio
 Ldo. en Geología

Madrid
 3 de abril de 2017

Fdo.: JOSÉ SERRANO CORDOBA
 Responsable de Ensayos Químicos
 Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002612/1 Anula a:

C/ Innovación 11 28906 GETAFE
TEL. 916828727
FAX 916019683
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: madrid@cemosa.es
LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN
SEGÚN RD 410/2010

AYUNTAMIENTO DE MADRID
C/ BARCO Nº 20-22
28004 MADRID (Madrid) España

Ensayos de Idoneidad de Suelos

PROCEDENCIA: - LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
UBICACIÓN: - CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002264
DESC. MUESTRA: S-1 3,95-4,25

2. TRABAJOS REALIZADOS

De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos

- SUE Análisis granulométrico	UNE 103101:1995
- SUE Límites de Atterberg	UNE 103103:1994
- SUE Clasificación e índice de grupo	ASTM 2487:2000
- ROC Tallado de muestra testigo	
- SUE Ensayo de compresión simple	UNE 103400:1993
- SUE Presión de hinchamiento edómetro	UNE 103602:1996
- SUE Acidez Bauman-Gully	UNE 83962:2008
- SUE Corte directo residual	UNE 103401:1998

3. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

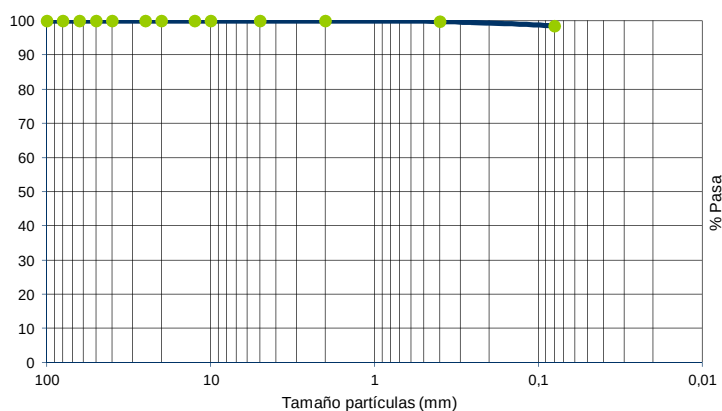
Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Petionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de Control:
Nº Acta: 17-17/002612/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-1 3,95-4,25

LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002264

Análisis Granulométrico

Tamiz (mm)	% PASA
100	100,0
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
12,5	100,0
10	100,0
5	100,0
2	100,0
0,4	99,8
0,08	98,6

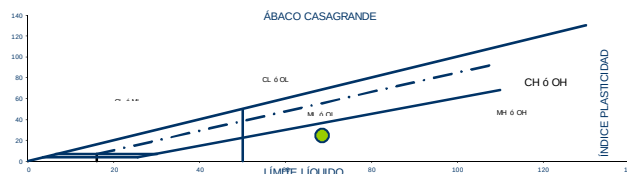


Límites de Atterberg

Límite líquido: 68,4 Límite plástico: 43,6 Índice de plasticidad: 24,8

Clasificación

Limo de Alta Plasticidad
AASHTO: A-7-5 U.S.C.S: MH
Índice de grupo: 20



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

ÁREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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.

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002612/1 Anula a:

PROCEDENCIA: - LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
UBICACIÓN: - CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002264
DESC. MUESTRA: S-1 3,95-4,25

Densidad y Humedad

Densidad Humeda (g/cm³): - Humedad (%)
UNE 103301 Seca (g/cm³): - UNE 103201: 0.00

Análisis químico

Sulfatos (% SO₃) UNE 103201 - Sales Solubles (g/100g suelo) NLT 114 -
Materia Orgánica (%) UNE 103204 - Yesos NLT 115 -
Carbonatos (% CaCO₃) UNE 103200 - Peso específico (g/cm³) UNE 103302 -

Agresividad química del Suelo frente al Hormigón

Parámetros	Normas	Resultado	Tipo de exposición		
			Qa Ataque débil	Qb Ataque medio	Qc Ataque fuerte
Acidez Baumann-Gully (ml/Kg)	UNE 83962	4,00	> 200	no aplicable	no aplicable
Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /Kg suelo seco)	UNE 83963	-	2000-3000	3000-12000	>12000

Evaluación de la Agresividad	1	NO AGRESIVA
------------------------------	---	-------------

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Responsable de Ensayos Químicos
Ldo. en Geología
Madrid , 31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN
RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002612/1 Anula a:

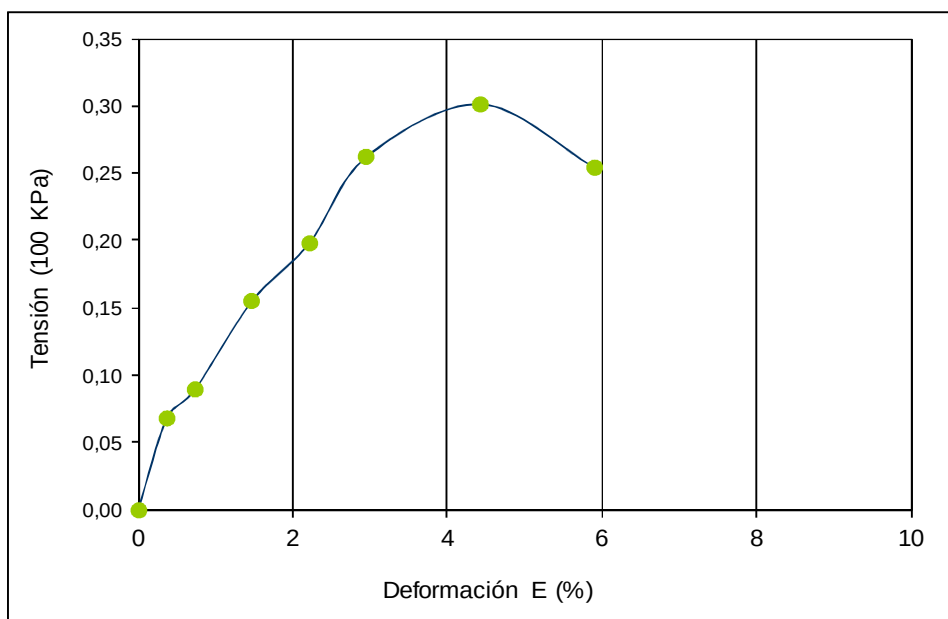
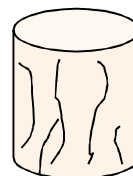
PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-1 3,95-4,25

LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002264

Rotura a Compresión Simple en Probetas de Suelo

Ensayo con muestra	437381
Diametro d (cm)	7,45
Altura h (cm)	13,53
Humedad W (%)	16,83
R. Comp. Simple (Kpa)	30,1
R. Comp. Simple (Kp/cm2)	0,31
Deform. en Rotura E(%)	4,43
Densidad Humeda (g/cm3)	1,66
Densidad Seca (g/cm3)	1,42

Forma de Rotura



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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.

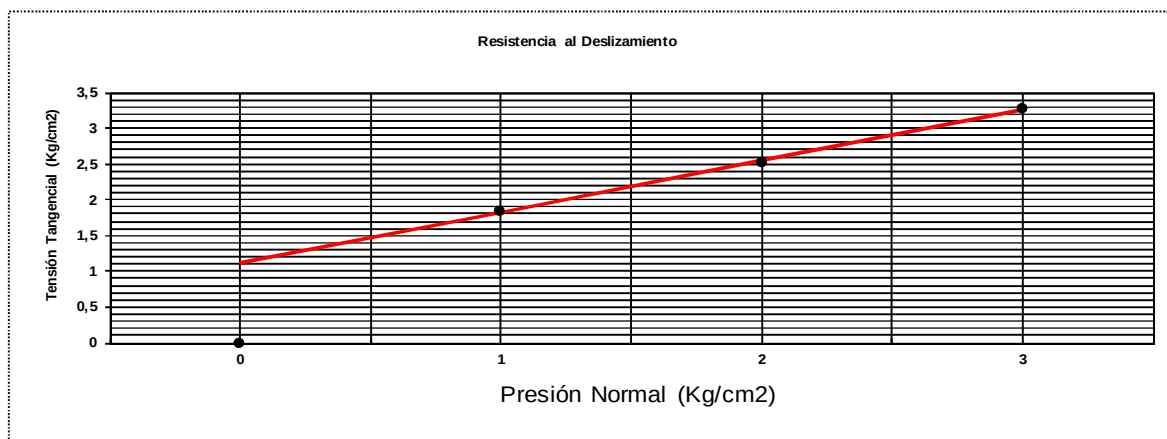
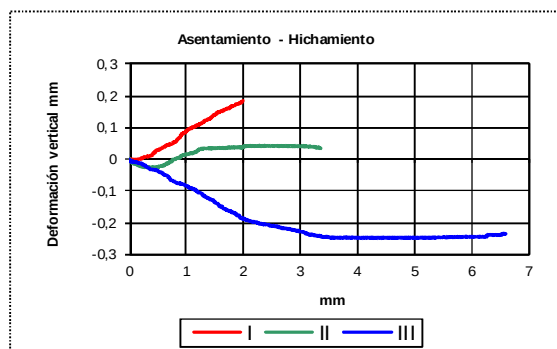
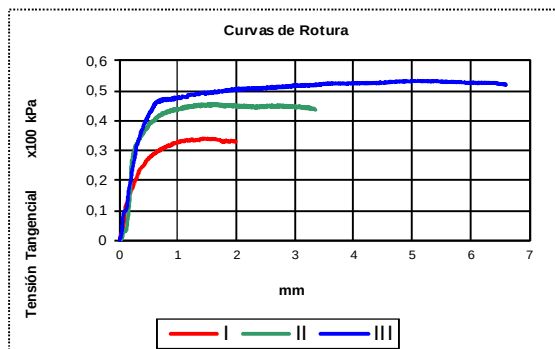
Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002612/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-1 3,95-4,25

LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002264

Corte Directo

Probeta Nº	I	II	III	Datos de Ensayo			
Tensión tang. (Kg/cm ²)	184	2,53	3,27	Densidad húmeda (gr/cm ³)	158	156	156
Humedad Inicial (%)	44,16	44,16	44,16	Estado Muestra :	REMOLDEADA		
Humedad Final (%)	49,93	51,86	56,67	Caja :	CILINDRICA		
Densidad seca (gr/cm ³)	109	108	108	Tipo :	CYD		



Angulo de Rozamiento =	35,5	°
Cohesión =	1,12	Kg/ cm ²

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002612/1 Anula a:

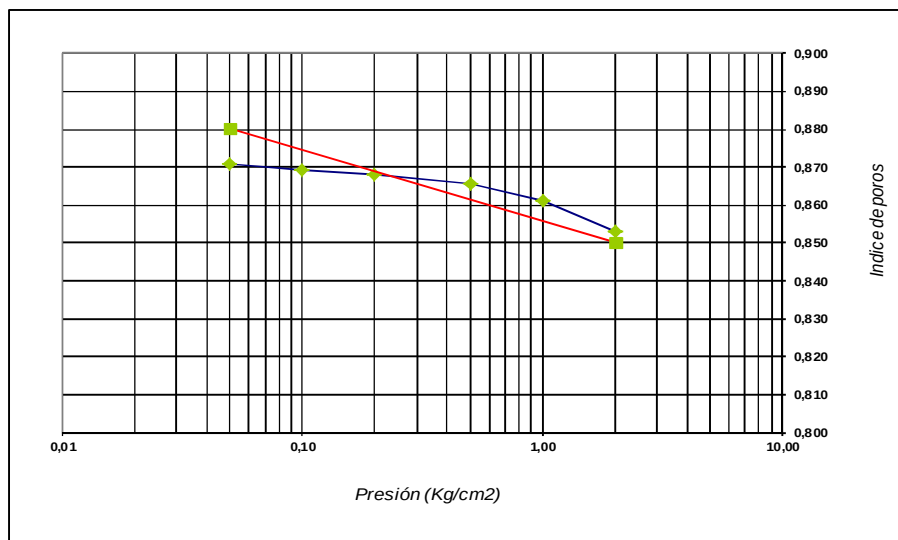
PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-1 3,95-4,25

LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002264

Inundación Bajo Carga

Humedad			Datos de la probeta		Datos Celula	
	Inicial	Final	Peso específico (g/cm ³)	2,139	Volumen (cm ³)	39,270
Tara+Suelo+Agua	80,14	128,08	Densidad húmeda inicial (g/cm ³)	1,67	Area (cm ²)	19,635
Tara+Suelo	65,92	105,97	Densidad seca (gr/cc)	1,14	Altura (mm)	20
Tara	34,90	61,07	Grado de saturación inicial (%)	112,59	Diámetro(mm)	50
Suelo	31,02	44,90	Indice de poros inicial (e0)	0,871		
Agua	14,22	22,11	Altura sólidos inicial (Hs)	10690		
Humedad (%)	45,8	49,2	Altura de poros inicial (Hv)	9310		

Escalón	Presión (Kg/cm ²)	Lectura deformación	Incremento deformación	Altura poros (Hv)	Indice poros (e1)
HUMEDAD NATURAL	0,00	5000		9310	0,871
	0,05	4997	3	9307	0,871
	0,10	4983	14	9293	0,869
	0,20	4969	14	9279	0,868
	0,50	4944	25	9254	0,866
	1,00	4894	50	9204	0,861
	2,00	4809	85	9119	0,853
SATURACIÓN	0,05	5100	-100	9410	0,880
	2,00	4780	220	9090	0,850



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002613/1 Anula a:

C/ Innovación 11 28906 GETAFE
TEL. 916828727
FAX 916019683
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: madrid@cemosa.es
LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN
SEGÚN RD 410/2010

AYUNTAMIENTO DE MADRID
C/ BARCO Nº 20-22
28004 MADRID (Madrid) España

Ensayos de Idoneidad de Suelos

PROCEDENCIA: - LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
UBICACIÓN: - CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002265
DESC. MUESTRA: S-1 8.50-8.80

2. TRABAJOS REALIZADOS

De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos

- | | |
|--|-----------------|
| - SUE Análisis granulométrico | UNE 103101:1995 |
| - SUE Límites de Atterberg | UNE 103103:1994 |
| - SUE Clasificación e índice de grupo | ASTM 2487:2000 |
| - ROC Tallado de muestra testigo | |
| - SUE Ensayo de compresión simple | UNE 103400:1993 |
| - SUE Sulfatos solubles (cuantitativo) | UNE 103201:1996 |

3. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

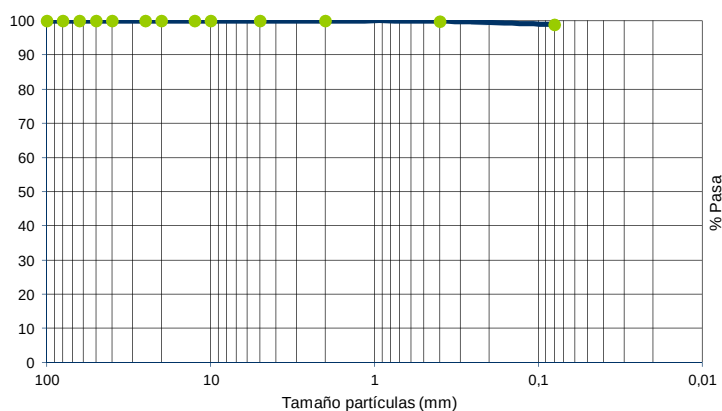
Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Petitionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de Control:
Nº Acta: 17-17/002613/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-1 8.50-8.80

LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002265

Análisis Granulométrico

Tamiz (mm)	% PASA
100	100,0
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
12,5	100,0
10	100,0
5	100,0
2	100,0
0,4	99,9
0,08	98,9

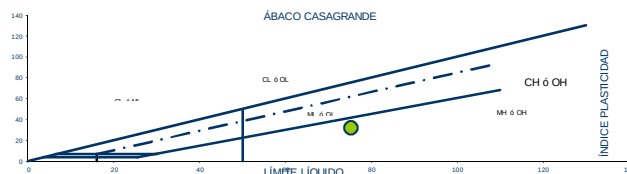


Límites de Atterberg

Límite líquido: 75,1 Límite plástico: 42,9 Índice de plasticidad: 32,2

Clasificación

Limo de Alta Plasticidad U.S.C.S: MH
AASHTO: A-7-5 Índice de grupo: 20



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

ÁREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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.

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002613/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-1 8.50-8.80

LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002265

Densidad y Humedad

Densidad	Húmeda (g/cm ³):	-	Humedad (%)	
UNE 103301	Seca (g/cm ³):	-	UNE 103201:	0.00

Análisis químico

Sulfatos (% SO ₃)	UNE 103201	0	Sales Solubles (g/100g suelo)	NLT 114	-
Materia Orgánica (%)	UNE 103204	-	Yesos	NLT 115	-
Carbonatos (% CaCO ₃)	UNE 103200	-	Peso específico (g/cm ³)	UNE 103302	

Agresividad química del Suelo frente al Hormigón

Parámetros	Normas	Resultado	Tipo de exposición		
			Qa Ataque débil	Qb Ataque medio	Qc Ataque fuerte
Acidez Baumann-Gully (ml/Kg)	UNE 83962	-	> 200	no aplicable	no aplicable
Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /Kg suelo seco)	UNE 83963	0,000000	2000-3000	3000-12000	>12000

Evaluación de la Agresividad	-
------------------------------	---

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Responsable de Ensayos Químicos
Ldo. en Geología
Madrid , 31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Petitionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002613/1 Anula a:

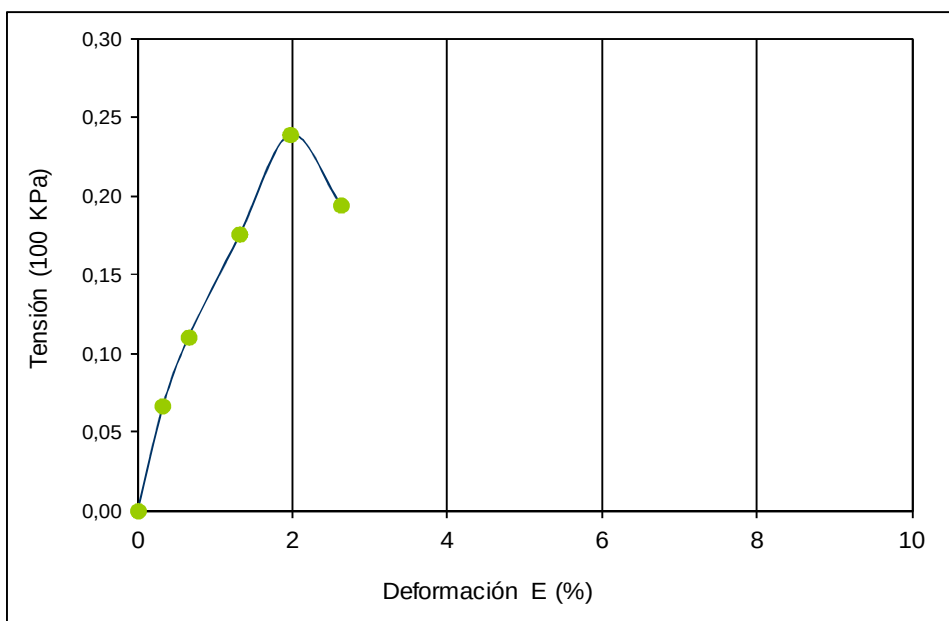
PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-1 8.50-8.80

LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002265

Rotura a Compresión Simple en Probetas de Suelo

Ensayo con muestra	437381
Diametro d (cm)	7,51
Altura h (cm)	15,20
Humedad W (%)	53,99
R. Comp. Simple (Kpa)	23,9
R. Comp. Simple (Kp/cm2)	0,24
Deform. en Rotura E(%)	1,97
Densidad Humeda (g/cm3)	1,57
Densidad Seca (g/cm3)	1,02

Forma de Rotura



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002614/1 Anula a:

C/ Innovación 11 28906 GETAFE
TEL. 916828727
FAX 916019683
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: madrid@cemosa.es
LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN
SEGÚN RD 410/2010

AYUNTAMIENTO DE MADRID
C/ BARCO Nº 20-22
28004 MADRID (Madrid) España

Ensayos de Idoneidad de Suelos

PROCEDENCIA: - LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
UBICACIÓN: - CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002266
DESC. MUESTRA: S-1 11.5-11.80

2. TRABAJOS REALIZADOS

De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos

- SUE Análisis granulométrico
 - SUE Límites de Atterberg
 - SUE Clasificación e índice de grupo
 - ROC Tallado de muestra testigo
- UNE 103101:1995
UNE 103103:1994
ASTM 2487:2000

3. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

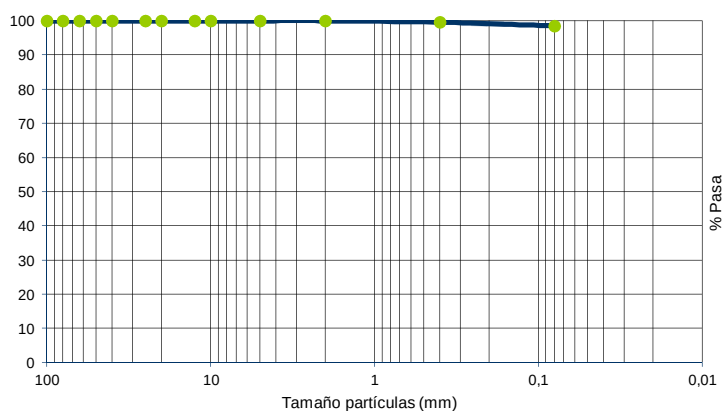
Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Petionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de Control:
Nº Acta: 17-17/002614/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-1 11.5-11.80

LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002266

Análisis Granulométrico

Tamiz (mm)	% PASA
100	100,0
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
12,5	100,0
10	100,0
5	100,0
2	100,0
0,4	99,6
0,08	98,5

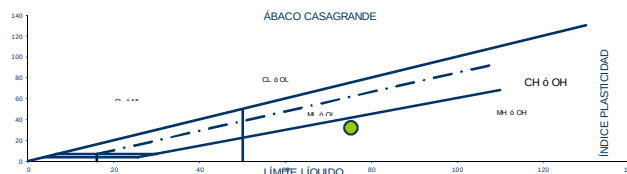


Límites de Atterberg

Límite líquido: 75,1 Límite plástico: 42,8 Índice de plasticidad: 32,3

Clasificación

Limo de Alta Plasticidad
AASHTO: A-7-5 U.S.C.S: MH
Índice de grupo: 20



[Firma]

[Firma]

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

ÁREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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.

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002615/1 Anula a:

C/ Innovación 11 28906 GETAFE
TEL. 916828727
FAX 916019683
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: madrid@cemosa.es
LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN
SEGÚN RD 410/2010

AYUNTAMIENTO DE MADRID
C/ BARCO Nº 20-22
28004 MADRID (Madrid) España

Ensayos de Idoneidad de Suelos

PROCEDENCIA: - LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
UBICACIÓN: - CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002267
DESC. MUESTRA: S-1 14.50-14.80

2. TRABAJOS REALIZADOS

De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos

- SUE Análisis granulométrico
 - SUE Límites de Atterberg
 - SUE Clasificación e índice de grupo
 - ROC Tallado de muestra testigo
- UNE 103101:1995
UNE 103103:1994
ASTM 2487:2000

3. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

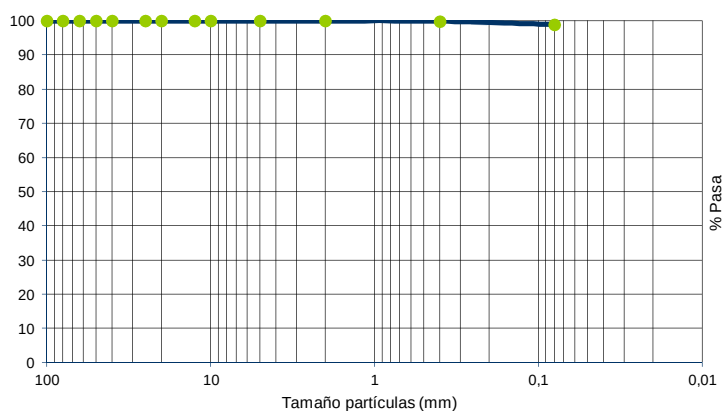
Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de Control:
Nº Acta: 17-17/002615/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-1 14.50-14.80

LUGAR DE TOMA: SONDEO 1
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002267

Análisis Granulométrico

Tamiz (mm)	% PASA
100	100,0
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
12,5	100,0
10	100,0
5	100,0
2	100,0
0,4	99,9
0,08	98,9

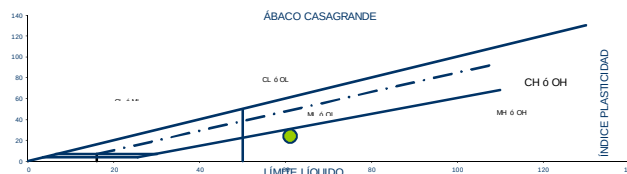


Límites de Atterberg

Límite líquido: 60,9 Límite plástico: 36,4 Índice de plasticidad: 24,5

Clasificación

Limo de Alta Plasticidad
AASHTO: A-7-5 U.S.C.S: MH
Índice de grupo: 20



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

ÁREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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.

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002616/1 Anula a:

C/ Innovación 11 28906 GETAFE
TEL. 916828727
FAX 916019683
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: madrid@cemosa.es
LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN
SEGÚN RD 410/2010

AYUNTAMIENTO DE MADRID
C/ BARCO Nº 20-22
28004 MADRID (Madrid) España

Ensayos de Idoneidad de Suelos

PROCEDENCIA: - LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
UBICACIÓN: - CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002268
DESC. MUESTRA: S-2 4.20-4.63

2. TRABAJOS REALIZADOS

De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos

- SUE Análisis granulométrico	UNE 103101:1995
- SUE Límites de Atterberg	UNE 103103:1994
- SUE Clasificación e índice de grupo	ASTM 2487:2000
- ROC Tallado de muestra testigo	
- SUE Ensayo de compresión simple	UNE 103400:1993
- SUE Sulfatos solubles (cuantitativo)	UNE 103201:1996
- SUE Presión de hinchamiento edómetro	UNE 103602:1996
- SUE Corte directo residual	UNE 103401:1998

3. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

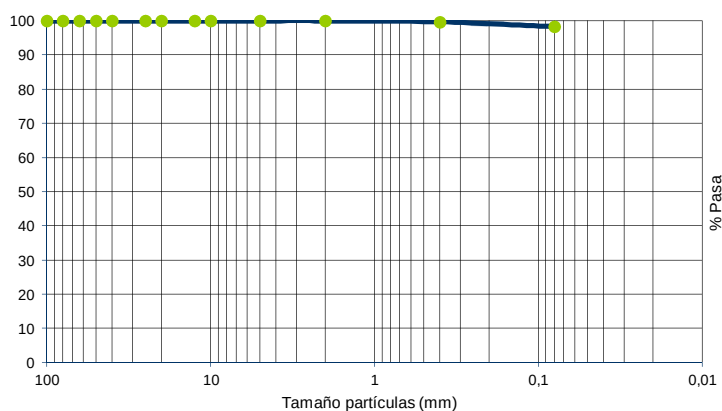
Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Petitionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de Control:
Nº Acta: 17-17/002616/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-2 4.20-4.63

LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002268

Análisis Granulométrico

Tamiz (mm)	% PASA
100	100,0
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
12,5	100,0
10	100,0
5	100,0
2	100,0
0,4	99,7
0,08	98,3



Límites de Atterberg

Límite líquido: 70,1 Límite plástico: 42,4 Índice de plasticidad: 27,7

Clasificación

Limo de Alta Plasticidad
AASHTO: A-7-5 U.S.C.S: MH
Índice de grupo: 20



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

ÁREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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.

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002616/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-2 4.20-4.63

LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002268

Densidad y Humedad

Densidad	Húmeda (g/cm ³):	-	Humedad (%)	0.00
UNE 103301	Seca (g/cm ³):	-	UNE 103201:	

Análisis químico

Sulfatos (% SO ₃)	UNE 103201	0	Sales Solubles (g/100g suelo)	NLT 114	-
Materia Orgánica (%)	UNE 103204	-	Yesos	NLT 115	-
Carbonatos (% CaCO ₃)	UNE 103200	-	Peso específico (g/cm ³)	UNE 103302	-

Agresividad química del Suelo frente al Hormigón

Parámetros	Normas	Resultado	Tipo de exposición		
			Qa Ataque débil	Qb Ataque medio	Qc Ataque fuerte
Acidez Baumann-Gully (ml/Kg)	UNE 83962	-	> 200	no aplicable	no aplicable
Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /Kg suelo seco)	UNE 83963	0,000000	2000-3000	3000-12000	>12000

Evaluación de la Agresividad	-
------------------------------	---

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Responsable de Ensayos Químicos
Ldo. en Geología
Madrid , 31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN
RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Petitionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002616/1 Anula a:

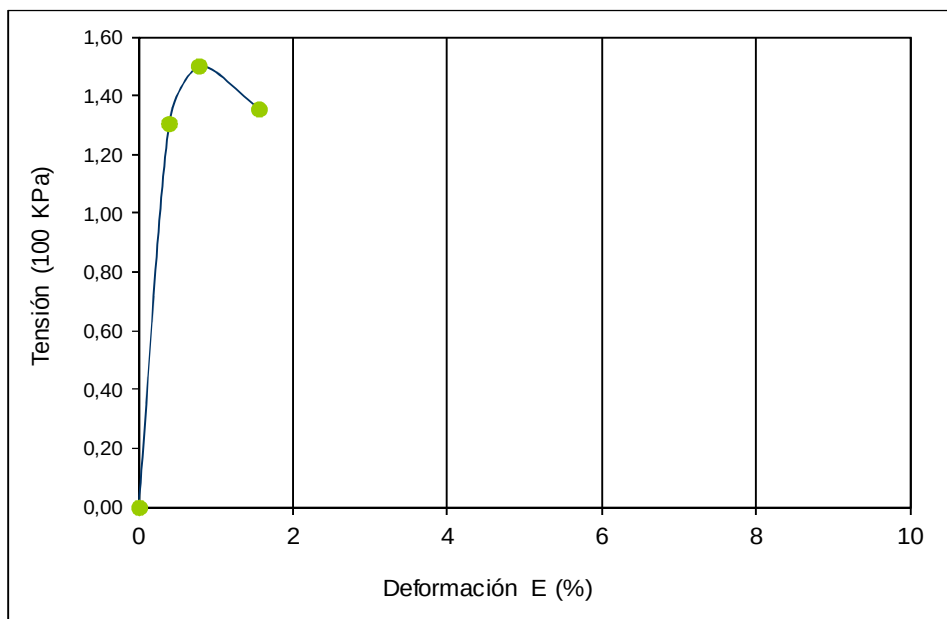
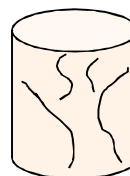
PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-2 4.20-4.63

LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002268

Rotura a Compresión Simple en Probetas de Suelo

Ensayo con muestra	437381
Diametro d (cm)	6,03
Altura h (cm)	12,72
Humedad W (%)	31,69
R. Comp. Simple (Kpa)	150,0
R. Comp. Simple (Kp/cm2)	1,53
Deform. en Rotura E(%)	0,79
Densidad Humeda (g/cm3)	1,72
Densidad Seca (g/cm3)	1,30

Forma de Rotura



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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.

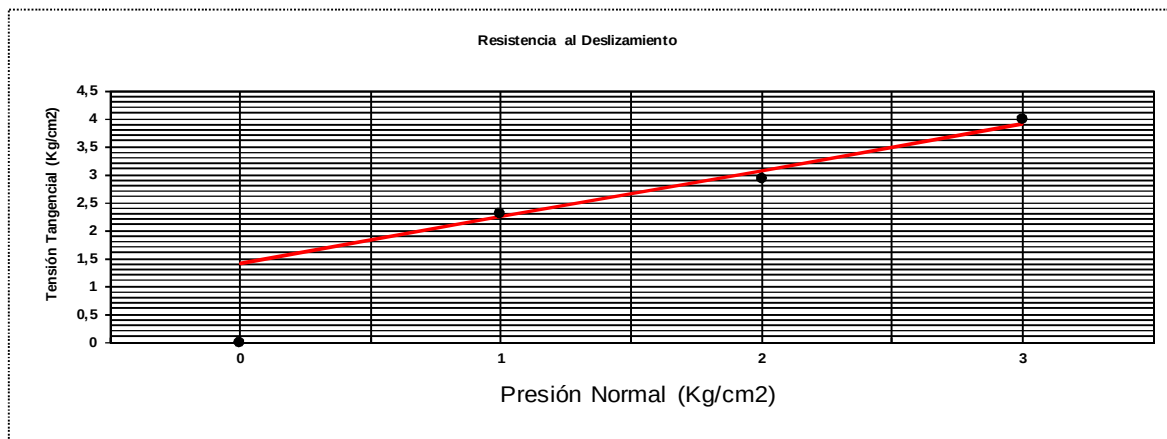
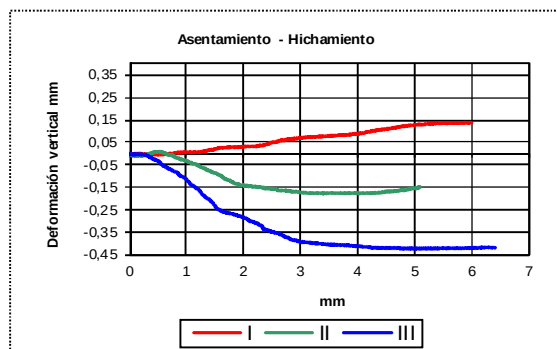
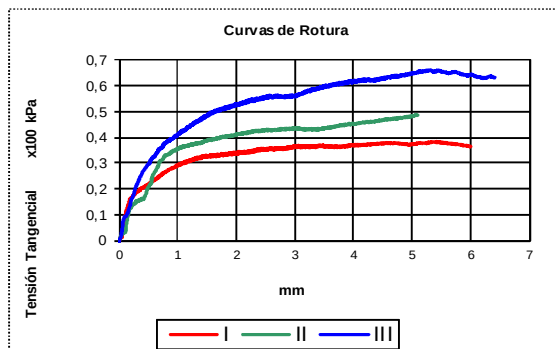
Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002616/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-2 4.20-4.63

LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002268

Corte Directo

Probeta Nº	I	II	III	Datos de Ensayo		
Tensión tang. (Kg/cm ²)	2,31	2,92	3,99	Densidad húmeda (gr/cm ³)	153	149
Humedad Inicial (%)	36,00	36,00	36,00	Estado Muestra :	REMOLDEADA	
Humedad Final (%)	56,71	56,59	53,69	Caja :	CILINDRICA	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,13	1,10	1,10	Tipo :	CYD	



Angulo de Rozamiento =	39,9	°
Cohesión =	1,40	Kg/ cm ²

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

ÁREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002616/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-2 4.20-4.63

LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002268

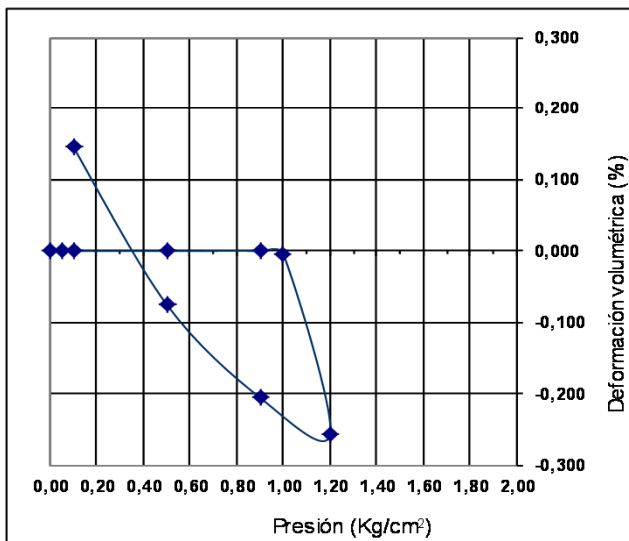
Presión de Hinchamiento

Humedad		
	Inicial	Final
Tara+Suelo+Agua	76,57	124,23
Tara+Suelo	65,12	101,83
Tara	34,93	58,21
Suelo	30,19	43,62
Agua	11,45	22,40
Humedad (%)	37,9	51,4

Datos de la probeta	
Peso específico (g/cm ³)	
Densidad húmeda inicial (g/cm ³)	1,53
Densidad seca (g/cm ³)	1,11

Datos Celula	
Volumen (cm ³)	39,26
Area (cm ²)	19,63
Altura (mm)	20

Presión (Kg/cm ²)	Presión (KPa)	Deformación (%)
0,00	0,00	0,000
0,05	4,90	0,000
0,10	9,81	0,000
0,50	49,03	0,000
0,90	88,26	0,000
1,00	98,07	-0,005
1,20	117,68	-0,255
0,90	88,26	-0,205
0,50	49,03	-0,075
0,10	9,81	0,145



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002617/1 Anula a:

C/ Innovación 11 28906 GETAFE
TEL. 916828727
FAX 916019683
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: madrid@cemosa.es
LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN
SEGÚN RD 410/2010

AYUNTAMIENTO DE MADRID
C/ BARCO Nº 20-22
28004 MADRID (Madrid) España

Ensayos de Idoneidad de Suelos

PROCEDENCIA: - LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
UBICACIÓN: - CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002269
DESC. MUESTRA: S-2C 8.40-8.92

2. TRABAJOS REALIZADOS

De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos

- | | |
|---------------------------------------|-----------------|
| - SUE Análisis granulométrico | UNE 103101:1995 |
| - SUE Límites de Atterberg | UNE 103103:1994 |
| - SUE Clasificación e índice de grupo | ASTM 2487:2000 |
| - ROC Tallado de muestra testigo | |
| - SUE Ensayo de compresión simple | UNE 103400:1993 |
| - SUE Acidez Bauman-Gully | UNE 83962:2008 |

3. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

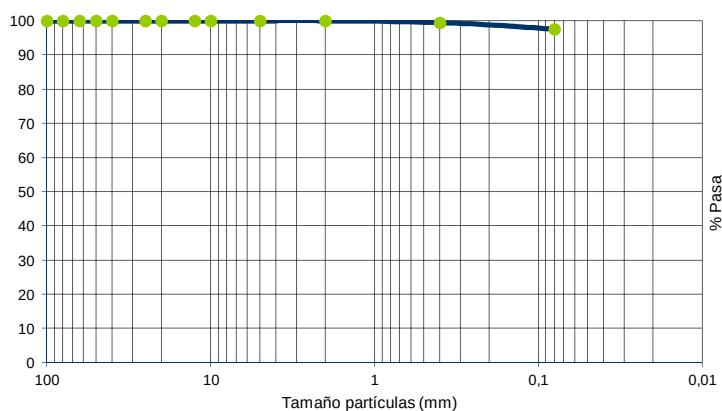
Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Petitionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de Control:
Nº Acta: 17-17/002617/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-2C 8.40-8.92

LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002269

Análisis Granulométrico

Tamiz (mm)	% PASA
100	100,0
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
12,5	100,0
10	100,0
5	100,0
2	100,0
0,4	99,5
0,08	97,6

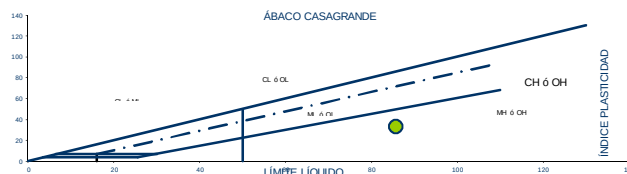


Límites de Atterberg

Límite líquido: 85,6 Límite plástico: 52,0 Índice de plasticidad: 33,6

Clasificación

Limo de Alta Plasticidad
AASHTO: A-7-5 U.S.C.S: MH
Índice de grupo: 20



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

ÁREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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.

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticionario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002617/1 Anula a:

PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-2C 8.40-8.92

LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002269

Densidad y Humedad

Densidad	Húmeda (g/cm ³):	-	Humedad (%)	
UNE 103301	Seca (g/cm ³):	-	UNE 103201:	0.00

Análisis químico

Sulfatos (% SO ₃)	UNE 103201	-	Sales Solubles (g/100g suelo)	NLT 114	-
Materia Orgánica (%)	UNE 103204	-	Yesos	NLT 115	-
Carbonatos (% CaCO ₃)	UNE 103200	-	Peso específico (g/cm ³)	UNE 103302	

Agresividad química del Suelo frente al Hormigón

Parámetros	Normas	Resultado	Tipo de exposición		
			Qa Ataque débil	Qb Ataque medio	Qc Ataque fuerte
Acidez Baumann-Gully (ml/Kg)	UNE 83962	4,00	> 200	no aplicable	no aplicable
Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /Kg suelo seco)	UNE 83963	-	2000-3000	3000-12000	>12000

Evaluación de la Agresividad	1	NO AGRESIVA
------------------------------	---	-------------

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Responsable de Ensayos Químicos
Ldo. en Geología
Madrid , 31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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

Expediente: O/1700551/42
Obra: ESCUELA INFANTIL C/ EROS,2 ARGANZUELA
Peticiónario: AYUNTAMIENTO DE MADRID
Dirección: C/ BARCO Nº 20-22 , 28004 MADRID
Contratista:
Dirección Técnica:
Modalidad de control:
Nº Acta: 17-17/002617/1 Anula a:

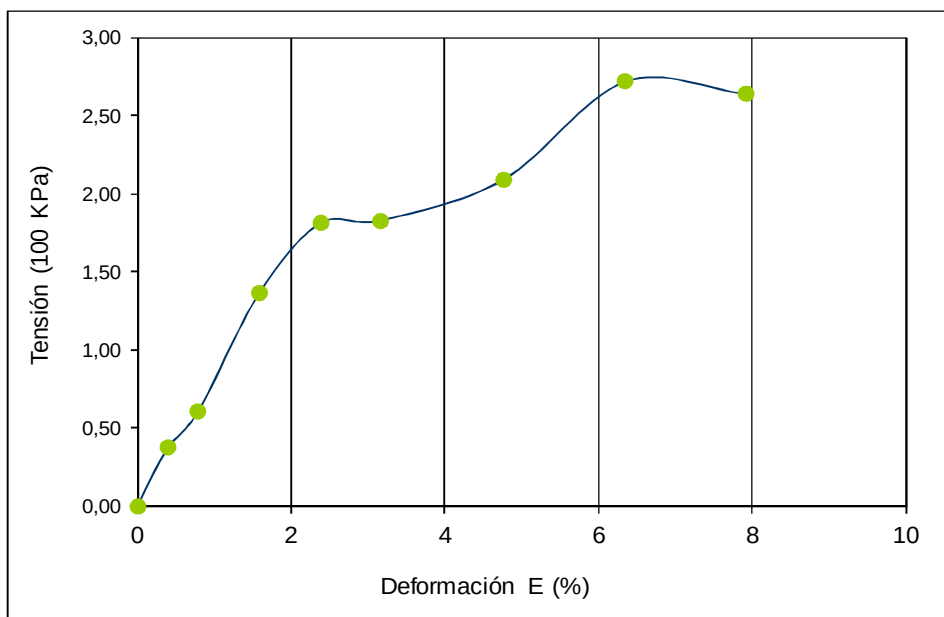
PROCEDENCIA: -
UBICACIÓN: -
DESC. MUESTRA: S-2C 8.40-8.92

LUGAR DE TOMA: SONDEO 2
CÓDIGO MUESTRA: 1201/17/2017/002269

Rotura a Compresión Simple en Probetas de Suelo

Ensayo con muestra	441725
Diametro d (cm)	6,09
Altura h (cm)	12,61
Humedad W (%)	48,04
R. Comp. Simple (Kpa)	271,3
R. Comp. Simple (Kp/cm ²)	2,77
Deform. en Rotura E(%)	6,34
Densidad Humeda (g/cm ³)	1,66
Densidad Seca (g/cm ³)	1,12

Forma de Rotura



Fdo.: JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid
31 de marzo de 2017

Fdo.: LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (C.T.E.)
MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº MAD-L-036

AREAS DE ACTUACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) 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 estructura 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.

ANEJO 6. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN TODO TIPO DE SUELOS

Peticionario EXCMO. AYUNTAMIENTO DE MADRID
Trabajo INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID
Expediente O/1700551/4

CÁLCULO DE LA PRESIÓN VERTICAL DE HUNDIMIENTO

EXPRESIÓN ANALÍTICA BÁSICA

$$q_h = c_k N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0k} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B \cdot \gamma_k N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

SITUACIÓN DE DIMENSIONADO

Situación de dimensionado

Transitoria a corto plazo (sin drenaje)

Forma de la cimentación

Rectangular

Ancho equivalente B* (m)

1,0 1,5 2,0 2,5 3,0

Profundidad de la base de la cimentación

D= 0,50 m

Nivel freático

8,8 m

¿Existe flujo ascendente?

No $i_v = 0,4$

Gradiente vertical medio en 1,5B bajo la base de la cimentación

Inclinación del terreno situado junto a la cimentación

$\beta = 0,00^\circ$

Si $\beta > \phi/2$ se recomienda llevar a cabo un estudio específico de estabilidad global

¿Talud en situación transitoria y sin drenaje?

No

En situaciones transitorias y sin drenaje, puede calcularse la presión de hundimiento como en terreno horizontal y después reducirla en $2\beta c_u$

$2\beta c_u = 0,00 \text{ KPa}$

Factor de seguridad

Situación transitoria

$\gamma_R = 3$

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL TERRENO

Resistencia al corte

$\phi_k = 0^\circ$
 $c_k = 80,0 \text{ KPa}$

c_k y ϕ_k representativos de una profundidad entre B y 1,5B, a contar desde la base de la cimentación

En situaciones sin drenaje, c_u aumenta linealmente con la profundidad?

No

z m	c_u kPa
0,0	50
10,0	150

Peso específico por debajo de la base de cimentación

$\gamma' = 19,0 \text{ KN/m}^3$

En cálculo a corto plazo considerar peso específico aparente

$\gamma_{ap} = 19,0 \text{ KN/m}^3$

B* m	c_k kPa	γ_k kN/m ³
1,0	80,0	19,0
1,5	80,0	19,0
2,0	80,0	19,0
2,5	80,0	19,0
3,0	80,0	19,0

Sobrecarga al nivel de la base de la cimentación

¿Tener en cuenta?

Si

$\gamma_{ap} (\text{sup}) =$

19,0 KN/m³

H=

0,50 m

$q_{0k} =$

9,5 KPa

Para contar con el término de sobrecarga q_{0k} se debe asegurar durante la vida útil de la obra que no se realicen excavaciones junto a las cimentaciones que pudieran dar lugar a una reducción, o incluso anulación, de la misma.

Resistencia al corte del terreno situado sobre la base de la cimentación

¿Tener en cuenta?

No

No se debe tener en cuenta en los siguientes casos:

- Cimentaciones someras en arcillas muy plásticas que en épocas secas puedan desarrollar grietas por retracción.
- Profundidades de cimentación D inferiores a 2m.
- Cimentaciones cercanas a taludes
- Cuando no se pueda garantizar la permanencia en el tiempo del terreno situado por encima de la base de cimentación

FACTORES CORRECTORES O DE INFLUENCIA

B* (m)	Zapata cuadrada (L*=B*)					Zapata corrida (L*>>B*)				
	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
Influencia de la resistencia al corte del terreno situado sobre la base de la cimentación										
d_{c-}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
d_{c+}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
d_{c-}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Influencia de la forma de la cimentación										
s_c	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
s_q	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
s_γ	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

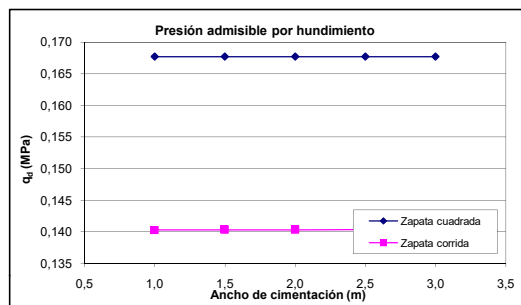
Factores de capacidad de carga	
N_c	5,14
N_q	1,00
N_γ	0,00

Influencia de la proximidad de un talud a la cimentación	
t_c	1,00
t_q	1,00
t_γ	1,00

Influencia de la inclinación de la resultante de acciones sobre la cimentación (A considerar en fase de proyecto)	
$i_c = \frac{i_q N_q - 1}{N_q - 1}$; para $\phi_k = 0$: $i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{B \cdot L \cdot c_k}} \right)$	$i_q = (1 - 0,7 \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L)$
	$i_\gamma = (1 - \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L)$

PRESIÓN VERTICAL ADMISIBLE POR HUNDIMIENTO

Ancho de cimentación m	Zapata cuadrada	Zapata corrida
	q_d MPa	q_d MPa
1,0	0,168	0,140
1,5	0,168	0,140
2,0	0,168	0,140
2,5	0,168	0,140
3,0	0,168	0,140

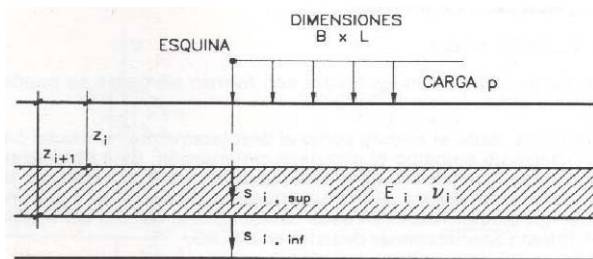


CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN TODO TIPO DE SUELOS

Peticionario EXCMO. AYUNTAMIENTO DE MADRID
Trabajo INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA, MADRID
Expediente O/1700551/4

CÁLCULO DE LA PRESIÓN VERTICAL ADMISIBLE DE SERVICIO

CÁLCULO ELÁSTICO DE ASIENTOS - MÉTODO DE STEINBRENNER



Asiento en profundidad

$$s(z) = \frac{p \cdot B}{2 \cdot E} (A \cdot \phi_1 - B \cdot \phi_2)$$

Acortamiento del estrato

$$\bar{i} = s_i(z_i) - s_i(z_{i+1})$$

siendo:

$$A = 1 - \nu^2$$

$$B = 1 - \nu - 2\nu^2$$

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \left(\ln \frac{t+n}{t-n} + n \cdot \ln \frac{t+1}{t-1} \right)$$

$$\phi_2 = \frac{m}{\pi} \arctg \frac{n}{t \cdot m}$$

$$m = \frac{z}{B}$$

$$n = \frac{L}{B}$$

$$t = (1 + n^2 + m^2)^{\frac{1}{2}}$$

PARAMETROS CARACTERÍSTICOS DEL TERRENO

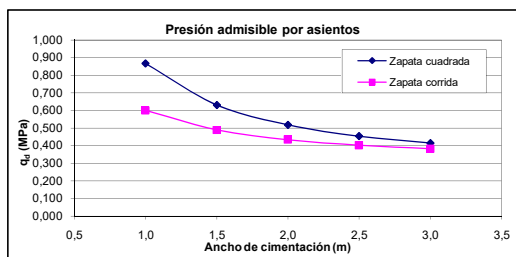
	UNIDAD GEOTÉCNICA	Prof. inicial m	Prof. final m	Espesor m	E MPa	v
NIVEL 1	UG.2	0,0	6,1	6,1	15,0	0,3
NIVEL 2				0,0		
NIVEL 3				0,0		
NIVEL 4				0,0		
NIVEL 5				0,0		
Total				6,1		

PRESIÓN VERTICAL ADMISIBLE POR ASIENTOS

Asiento admisible

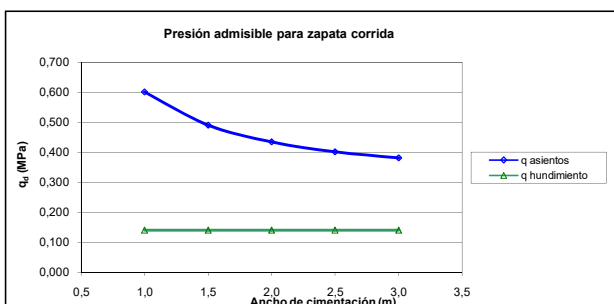
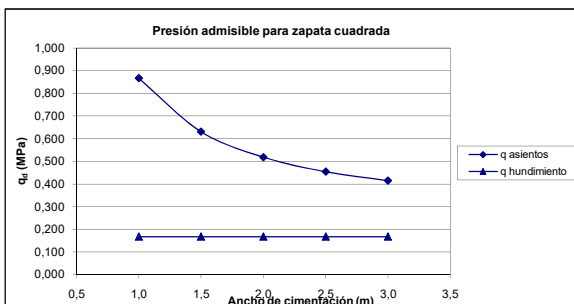
5 cm

Ancho de cimentación m	Zapata cuadrada q _d MPa	Zapata corrida q _d MPa	¿Espesor > 2·B?
1,0	0,866	0,601	SI
1,5	0,631	0,490	SI
2,0	0,518	0,434	SI
2,5	0,454	0,402	SI
3,0	0,415	0,382	SI



PRESIÓN VERTICAL ADMISIBLE DE SERVICIO

Ancho de cimentación m	Zapata cuadrada		Zapata corrida	
	q _d MPa	Limitación	q _d MPa	Limitación
1,0	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
1,5	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
2,0	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
2,5	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento
3,0	0,168	Hundimiento	0,140	Hundimiento



VALORES DE K_{sp30} DEDUCIDOS DEL CÁLCULO DE ASIENTOS

Ancho de cimentación m	Zapata cuadrada		Zapata corrida	
	K _{sp} MN/m ³	K _{sp30} MN/m ³	K _{sp} MN/m ³	K _{sp30} MN/m ³
1,0	17	58	12	40
1,5	13	63	10	49
2,0	10	69	9	58
2,5	9	76	8	67
3,0	8	83	8	76
Valor medio		70	Valor medio	58



APÉNDICE 1. HOJA DOCUMENTAL

FICHA DOCUMENTAL

El presente informe, de título **INFORME GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESCUELA INFANTIL EN C/ EROS 2, EN ARGANZUELA,MADRID** ha sido realizado por CEMOSA, en su delegación de **Madrid**, en la siguiente dirección:

Pol. Ind. Los Olivos. C/ Innovación,11 (28906)

MADRID - GETAFE

El teléfono y email de contacto son los siguientes:

Tel: 916 828 727 Fax: 916 019 683

madrid@cemosa.es

Para cualquier consulta o aclaración, así como para cualquier cuestión relacionada con este documento habrá de dirigirse al siguiente técnico de contacto:

Juan Mena Pastor



Juan Mena Pastor

Centro de estudios de Materiales y Control de Obra S.A C.\Benaque Nº9, 29004 (Málaga) C.I.F.: A-29021334. R.J. de Málaga. T.185, L.98-SA, F.195, P.1356