



INDICE GENERAL DEL PROYECTO -

TOMO 1 vol. 1/2

I MEMORIA

MD-MEMORIA DESCRIPTIVA.

MD1 DATOS BÁSICOS

MD2 INFORMACIÓN PREVIA

MD3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

MC-MEMORIA CONSTRUCTIVA Y DE CÁLCULO

MC0 ACTUACIONES PREVIAS

MC1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO (CIMENTACIÓN Y SANEAMIENTO)

MC2 SISTEMA ESTRUCTURAL

MC3 SISTEMA ENVOLVENTE

MC4 SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN

MC5- SISTEMA DE ACABADOS

MC6 SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES

MC7 URBANIZACIÓN Y EQUIPAMIENTO DEPORTIVO EXTERIOR

MA- MEMORIA ADMINISTRATIVA

MJ-MEMORIA JUSTIFICATIVA DE CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA

TOMO 1 vol. 2/2

AM-ANEJOS MEMORIA

AM1 CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

AM2 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA. CAENER. CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

AM3 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y/O DEMOLICIÓN

AM4 MEMORIA DE OBTENCIÓN DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS

AM5 INSTRUCCIONES SOBRE USO, CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

AM6 NORMAS DE ACTUACIÓN EN CASO DE SINIESTRO O EMERGENCIA

TOMO 2

AM7 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

TOMO 3

AM8 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y TOPOGRÁFICO

TOMO 4

II PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

TOMO 5

III MEDICIONES Y PRESUPUESTO

PLANOS

IV PLANOS



INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACION DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)

Peticionario: **CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.**

Termino Municipal: **TORREMOCHA DE JARAMA**



Expediente: **O/2005036/17/01**

Fecha: **Agosto de 2021**

Edición: **nº0** Revisión: **nº0**

cemosa
Ingeniería y Control

Pol. 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

TITULO DEL DOCUMENTO: INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACION DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)

Edición número: 0 Fecha edición : Agosto de 2021
Revisión número: 0 Fecha revisión : Agosto de 2021
Edición y Revisión número: 1 Fecha revisión :
Edición y Revisión número: 2 Fecha revisión :
Edición y Revisión número: 3 Fecha revisión :

CONTROL DE CALIDAD

	Nombre	Firma	Fecha
Realizado por	Manuel Bermejo Martínez	 Manuel Bermejo Martínez	Agosto de 2021
Revisado	Isidro Ocete Ruiz		Agosto de 2021
Aprobado	Isidro Ocete Ruiz		Agosto de 2021

REGISTRO DE MODIFICACIONES

Edic./Rev.	Fecha	Responsable modificación	Secc./Párrafo Modificado	Modificación efectuada
0/0	Agosto de 2021	-	-	Edición inicial

*Este documento refiere la Edición vigente **nº** y revisión vigente **nº**. Esta edición y/o revisión anula a las anteriores.*

MEMORIA

1.-	INTRODUCCIÓN.....	1
2.-	ENTORNO GEOGRÁFICO.....	3
3.-	TRABAJOS REALIZADOS	5
3.1.-	Reconocimientos de campo	5
3.2.-	Resultados de los ensayos de penetración dinámica	7
3.3.-	Ensayos de campo y laboratorio	8
4.-	GEOLOGÍA.....	10
5.-	SISMOLOGÍA	12
5.1.-	Introducción	12
5.2.-	Mapa de peligrosidad sísmica. Coeficiente de distribución.....	13
5.3.-	Mapa de peligrosidad sísmica. Aceleración sísmica básica.	13
5.4.-	Clasificación del terreno. Coeficiente del terreno.....	14
6.-	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES.....	16
6.1.-	Nivel freático	17
6.1.-	UG.1 Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	18
6.2.-	Muestras ensayada en la UG-1.....	19
6.2.1.-	Identificación	19
6.2.2.-	Ensayos químicos y agresividad en suelos.....	22
6.2.3.-	Parámetros de estado natural.....	23
6.2.4.-	Parámetros de resistencia	23
6.2.5.-	Ensayos de expansividad y colapso	24
6.1.-	UG.2 Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos.....	24
6.2.-	Muestras ensayada en la UG-2.....	26
6.2.1.-	Identificación	26
6.3.-	UG.3 Tosco compuesto por arcillas y limos duros.....	28
6.4.-	Muestras ensayada en la UG-3.....	29
6.4.1.-	Identificación	29
6.4.2.-	Parámetros de resistencia	32

7.-	AGRESIVIDAD	33
7.1.-	Definición del tipo de ambiente	33
7.2.-	Clases generales de exposición ambiental en relación con la corrosión de armaduras.....	33
7.2.1.-	Clases específicas de exposición ambiental en relación con otros procesos de degradación distintos de la corrosión.	34
7.3.-	Valores obtenidos	36
8.-	EXPANSIVIDAD	37
8.1.-	Valores y cuantificaciones obtenidas.....	39
9.-	PERMEABILIDAD.....	40
9.1.-	Movimiento del agua libre	40
9.2.-	Factores que influyen en la permeabilidad	42
9.3.-	Valores obtenidos	43
10.-	DETERMINACIÓN DE LA EXCAVABILIDAD	43
10.1.-	Metodología	43
10.2.-	Evaluación de la excavabilidad	47
11.-	MODELOS DE CIMENTACIÓN PLANTEADOS	48
11.1.-	Metodología para el cálculo de cimentaciones directas en todo tipo de suelos 48	
11.1.1.-	Concepto de presión de hundimiento	48
11.1.2.-	Concepto de bulbo de tensiones	50
11.1.3.-	Situaciones transitorias de carga sin drenaje.....	54
11.1.4.-	Comprobación de asientos	54
11.2.-	Cálculo de la presión admisible de servicio	56
11.3.-	Módulo de balasto vertical.....	58
12.-	RESUMEN Y CONCLUSIONES	59

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. ANEJO DE CÁLCULOS

APENDICES

- APÉNDICE 1. HOJA DOCUMENTAL

1.- Introducción

El presente documento responde al **INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)** en **TORREMOCHA DE JARAMA** solicitado a **CEMOSA** por **CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.**

El trabajo se establece con expediente O/2005036/17/01, y realizado por la delegación de CEMOSA en Madrid.

El objeto del presente estudio viene dado por la necesidad de determinar la tipología y las condiciones de cimentación para la construcción que se refiere.

Para este cometido se han realizado los trabajos de campo, consistentes en penetraciones dinámicas y continuas, junto sondeos mecánicos y rotativos, con extracción continua de testigo.

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.
- Determinación de la permeabilidad.
- Evaluación de la expansividad.
- Definición de la excavabilidad.
- Recomendaciones de cimentación: tipología, carga admisible y otros aspectos.

Se van a construir una ampliación en el CEIP de El Vellón (Madrid)

La zona de actuación en la parcela tiene una superficie aproximada total 450 m², y las nuevas aulas tendrán una única planta.





Figura Nº 1.- Fotografía aérea del área de estudio

Las aulas se consideran una construcción tipo C-1, según CTE (construcciones de menos de 4 plantas, y superficie construida mayor a 300 m²).

En cuanto al relieve de la zona de estudio, la zona se encuentra sobre un cono de deyección procedente del relieve que constituye las calizas cretácicas de Patones. Este cono de deyección (de edad cuaternaria) se encuentra asociado al curso del Arroyo San Román, a la base del Pico Montelindo. La pendiente natural del terreno no sobrepasa los 10° y está constituida principalmente por depósitos arcillosos (procedente de la alteración de los depósitos cretácicos antes marcados y pizarras paleozoicas, que es donde nace el curso del arroyo).

Intercalados con estos depósitos encontramos las terrazas más altas del río Jarama, que se caracterizan organolépticamente por depósitos de gravas y arenas de potencia métrica. Bajo estos depósitos se encuentra el substrato terciario arcilloso (facies Alcalá).

En cuanto a la geomorfología, la zona presenta una pendiente natural de unos 10. Siendo posible encontrar en la zona áreas con muy mala escorrentía que favorecen el desarrollo de encharcamientos.

2.- Entorno geográfico

La zona estudiada se sitúa en el término municipal de TORREMOCHA DE JARAMA.

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

**Tabla 1. Coordenadas
aproximadas UTM**

UTM	
X	Y
458.023	4.520.862

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.- Imagen de la ejecución del sondeo mecánico y rotativo con extracción continua de testigo referido como S-01.



Figura Nº 3.- Imagen de la ejecución del sondeo mecánico y rotativo con extracción continua de testigo referido como S-02.



Figura Nº 4.- Trabajos para la realización de la penetración dinámica, tipo DPSH, referida como P-01.



Figura Nº 5.- Trabajos para la realización de la penetración dinámica, tipo DPSH, referida como 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	17,80	17,90
Sondeos a penetración dinámica	2	7,80	9,80

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. Las perforaciones se realizaron con una sonda modelo TP-50/400. 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 N_i , 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 hincada 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. El aparato empleado en la realización de estos ensayos fue un penetrómetro modelo PDP 3.10.

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 N_{20} , 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.

3.2.- Resultados de los ensayos de penetración dinámica

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

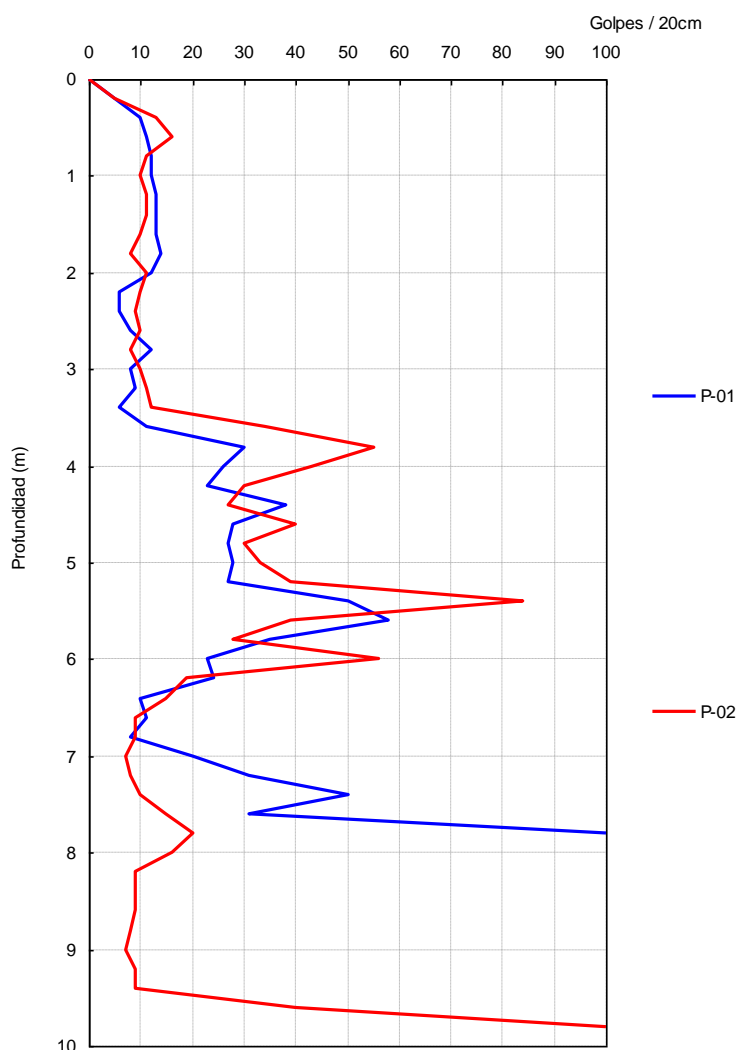


Figura Nº 6.- Registro de los ensayos de penetración dinámica realizados.

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 3. Ensayos y Trabajos de campo

Ensayo	unidades	norma
Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo abierto	5	ASTM D6169-98, ASTM D3550-01, XP P94-202
Ensayo de penetración estandar (SPT)	10	UNE 103800
Testigo parafinado	1	ASTM D6640-01

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

Tabla 4. 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	3	UNE 103301
Ensayo de compresión simple en suelos	2	UNE 103400
Ensayo Lambe	2	UNE 103600
Determinación del contenido en sulfatos	2	UNE 103202
Determinación del grado de acidez Baumann-Gully	2	EHE

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

Tabla 5. 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	MI	3,00	5	6	4	4	10		
S-01	SPT	3,60	2	2	2	2		4	
S-01	MI	6,00	9	10	13	13			
S-01	SPT	6,60	6	5	3	3		8	
S-01	SPT	9,30	43	36	20	17		56	
S-01	MI	13,10	37	R			R		
S-01	SPT	13,40	29	R				R	
S-01	SPT	16,00	30	44	50			94	

Tabla 5. 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-02	MI	3,00	16	17	17	24	34		
S-02	SPT	3,60	17	18	20	16		48	
S-02	MI	5,80	22	13	10	6	23		
S-02	SPT	6,40	5	6	6	8		12	
S-02	SPT	9,30	R					R	
S-02	SPT	11,70	36	49	39	14		88	
S-02	SPT	15,50	27	38	49	50		87	

Tabla 6. 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	Índice Plasticidad	
S-01	MI	3,00	95,00	53,10	21,10	6,50	4,20	78,90	16,90	4,20	26,40	17,30	9,10	SP
S-01	MI	6,00	100,00	97,00	93,60	83,70	60,80	6,40	32,80	60,80	23,50	18,30	5,20	CL
S-01	SPT	13,40	100,00	97,20	97,00	94,90	81,40	3,00	15,60	81,40	39,20	25,20	14,00	CL
S-02	MI	5,80	100,00	92,10	84,30	68,30	56,80	15,70	27,50	56,80	29,60	17,60	11,90	CL
S-02	SPT	9,30	100,00	47,90	37,40	13,40	11,40	62,60	26,00	11,40	0,00	0,00	0,00	GP
S-02	TP	14,30	100,00	99,90	99,80	98,70	85,60	0,20	14,20	85,60	48,20	26,80	21,50	CL

Tabla 7. 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	SPT	3,60		0,12	1416,00	31,57			
S-02	SPT	6,40		0,03	338,00	13,33			

Tabla 8. 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 kN/m3	Humedad %				Corte Directo / Triaxial	Ang. Rozamiento Efectivo °	Cohesión Efectiva Kpa	Corte Directo / Triaxial
S-01	MI	3,00				11,00							
S-01	MI	6,00		19,20	22,10	15,40	155,00						
S-02	MI	5,80		18,10	21,50	18,90							
S-02	TP	14,30		16,40	20,70	25,70	715,00						

Tabla 9. 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-01	MI	3,00					No crítico					
S-02	MI	5,80					No crítico					

4.- Geología

La ubicación geológica, a efectos gráficos, del término municipal de TORREMOCHA DE JARAMA 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 7.- Mapa geológico donde se sitúa el área estudiada en el término municipal de TORREMOCHA DE JARAMA. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.

La zona objeto de estudio se sitúa en la Hoja de Valdepeñas de la Sierra formando parte de las estribaciones meridionales del sector nororiental del Sistema Central. Se caracteriza por la existencia de un relieve fuerte y accidentado, con cotas que varían entre 1811 y 675 metros.

El área de estudio se sitúa en el borde entre la zona oriental del Sistema Central y la Cuenca Meso- Terciaria del Tajo.

En el término municipal de Torremocha de Jarama se encuentra sobre depósitos Cuaternarios, observando materiales de edad de Pleistoceno Medio-Superior.

Litológicamente la gran mayoría del área del proyecto está constituida por varias familias de conos o abanicos aluviales. Los de mejor desarrollo, presentan radios mayores de 2 km, son aquellos que provienen del macizo pizarroso de la Sierra. Están formados por pizarras y alguna cuarcita. En ocasiones se encuentran bloques de cuarzo, cuarcita o caliza mesozoica. Las gravas pizarrosas con una escasa matriz arenosa presentan estructuras sedimentarias de estratificación cruzada planar a media y gran escala, con cantos imbricados, separándose en la vertical unas coladas de otras por niveles masivos de limo-arcillas arenosas probablemente clasificadas. La presencia de estos conos puede ser superiores a los 4 o 5 metros.

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.

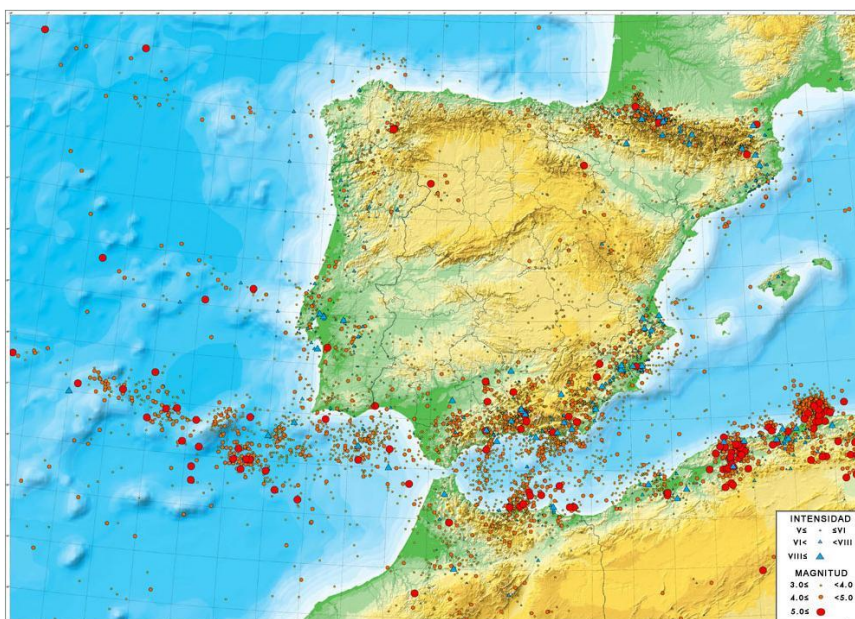


Figura Nº 8.- Magnitud y profundidad de los principales sismos en la zona. Ministerio de Fomento Subsecretaría. Dirección General del Instituto Geográfico.

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 10. 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, ab –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 ab > ó = a 0,04g, organizado por comunidades autónomas.

El valor obtenido es el siguiente:

Tabla 11. Aceleración sísmica básica

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

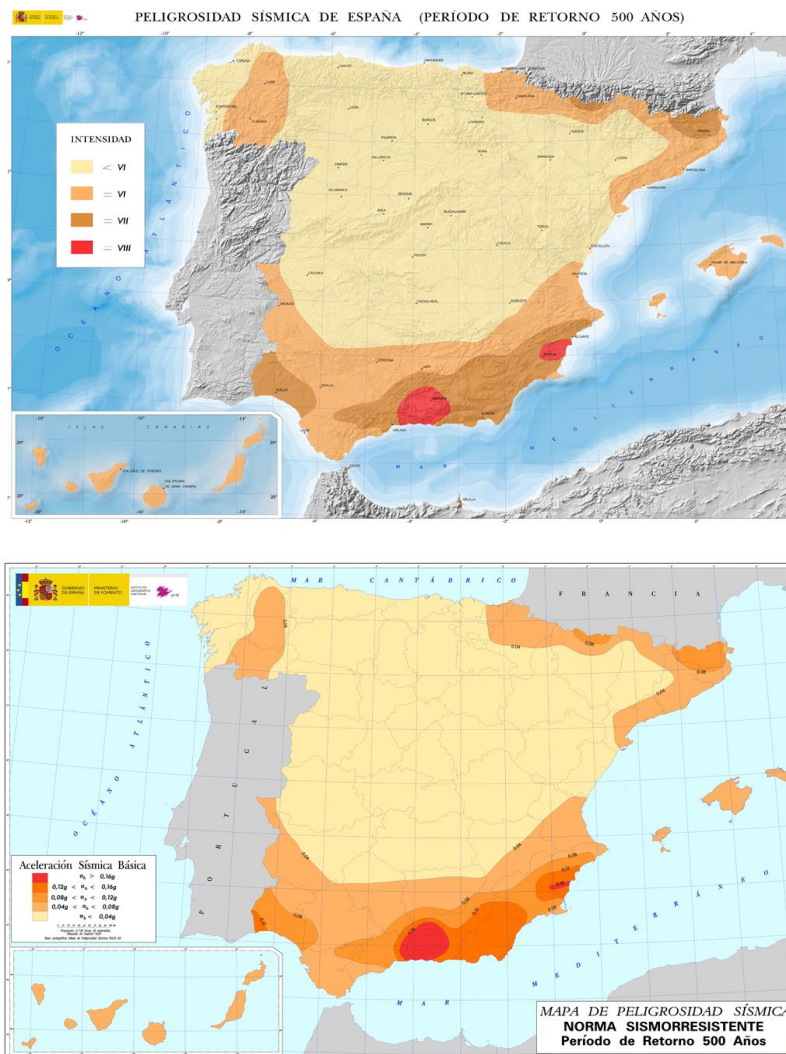


Figura Nº 9.- Peligrosidad sísmica de España (Periodo de retorno 500 años). Intensidad y aceleración sísmica básica.

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 12. 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 13. Estimación del coeficiente C.

Material	Tipo Terreno	Espesor	Coef. C	Ponderacion	Coef. C
Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	IV	7,40	2,00	14,80	1,70
Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	III	4,00	1,60	6,40	
Tosco compuesto por arcillas y limos duros	III	18,60	1,60	29,76	

Tabla 14. Valores fundamentales

Variable	símbolo	valor
Aceleración sísmica de cálculo	ac / g	0,00

Tabla 14. Valores fundamentales

Variable	símbolo	valor
Coeficiente de contribución	K	0,00
Aceleración sísmica básica	ab / g	0,00
Coeficiente adimensional de riesgo	r	1,00
Coeficiente de amplificación del terreno	S	1,36
Coeficiente del terreno	C	1,70
Municipio	TORREMOCHA DE JARAMA	

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 15. Modelo estratigráfico establecido.

Nivel	Material	Desde (m.)	Hasta (m.)
UG.1	Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	0,00	7,40
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	7,40	11,40
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	11,40	Fin de reconocimientos

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

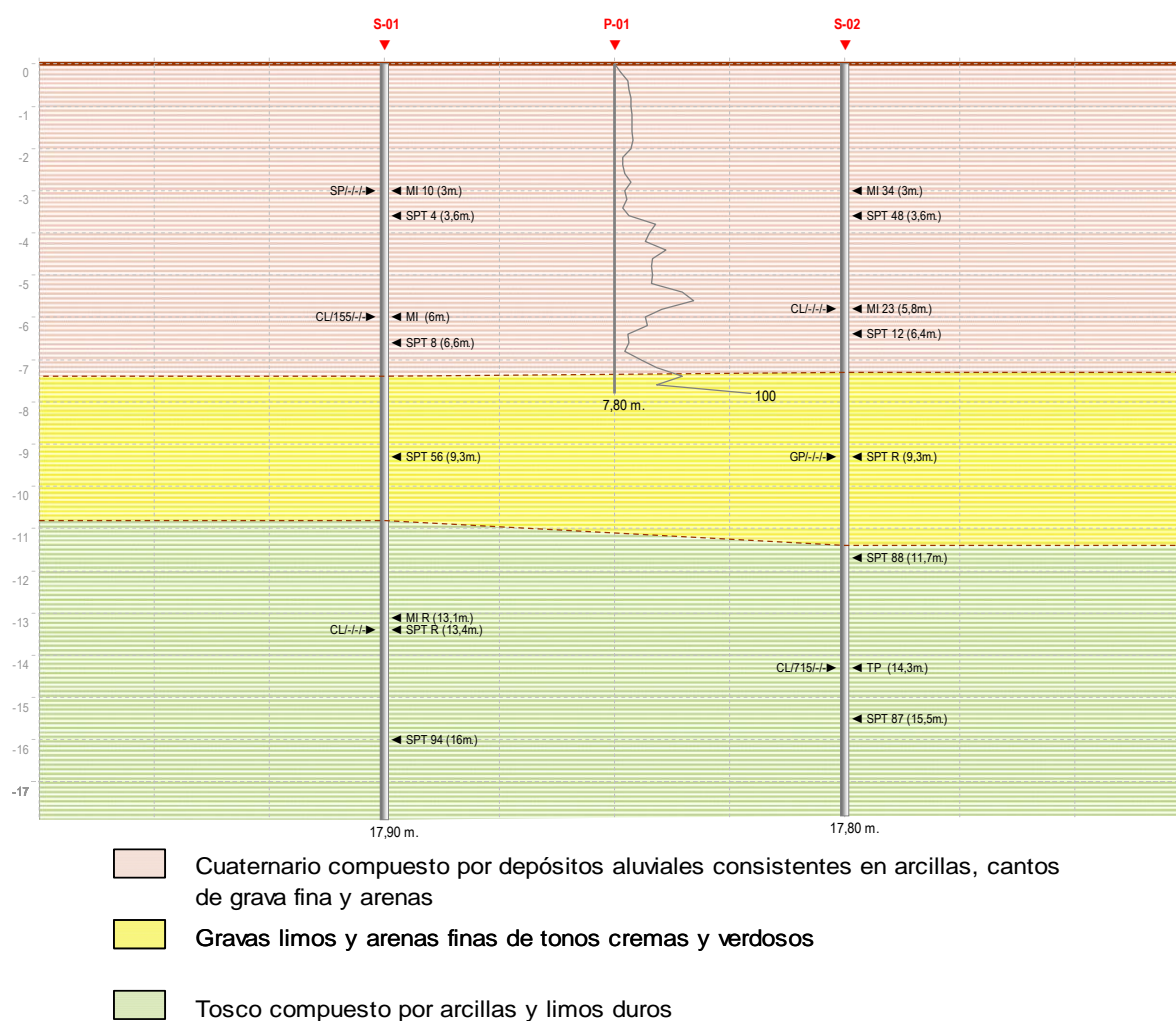


Figura Nº 10.- Perfil esquemático.

6.1.- Nivel freático

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

No se ha detectado Nivel freático en los reconocimientos ejecutados.

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.

6.1.- UG.1 Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas

La UG.1 esta formada por Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas, 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 16. Distribución y potencia del nivel estudiado.

	S-01	S-02
UG-01	7,40	7,30
UG-02	3,40	4,10
UG-03	7,10	6,40

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 0,00 m. a techo y 7,40 m. a muro, según el siguiente modelo:

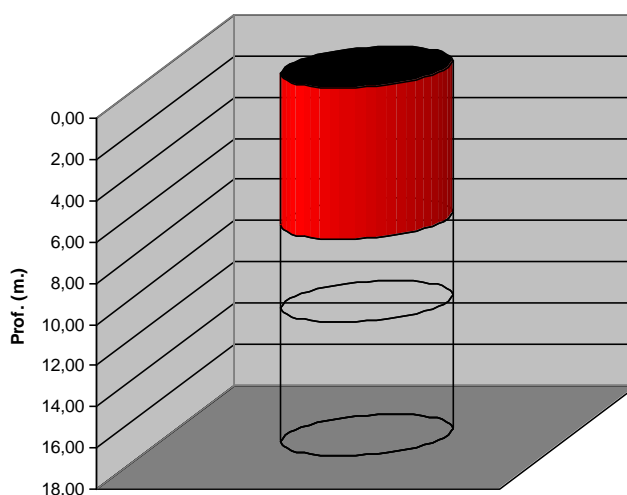


Figura Nº 11.- Distribución del nivel dentro del modelo establecido.

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

Tabla 17. 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	MI	3,00	5	6	4	4	10	
S-01	SPT	3,60	2	2	2	2		4
S-01	MI	6,00	9	10	13	13		
S-01	SPT	6,60	6	5	3	3		8
S-02	MI	3,00	16	17	17	24	34	
S-02	SPT	3,60	17	18	20	16		48
S-02	MI	5,80	22	13	10	6	23	
S-02	SPT	6,40	5	6	6	8		12

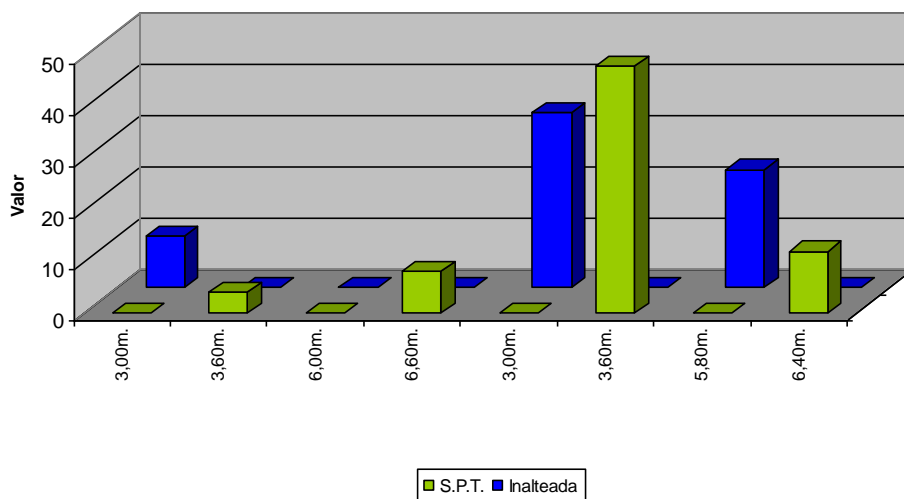


Figura Nº 12.- Valores de compacidad o consistencia.

6.2.- Muestras ensayada en la UG-1.

6.2.1.- Identificación

De los ensayos granulométricos y de límites de Atterberg, se puede observar que la mayoría de las muestras ensayadas responden a CL (Arcillas inorgánicas de bajas plasticidad).

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

Tabla 18. Valores granulométricos

Recon.	Prof. (m.)	Diámetro (mm.)				
		20,00	5,00	2,00	0,40	0,08
S-01	3,00	95,00	53,10	21,10	6,50	4,20
S-01	6,00	100,00	97,00	93,60	83,70	60,80
S-02	5,80	100,00	92,10	84,30	68,30	56,80

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

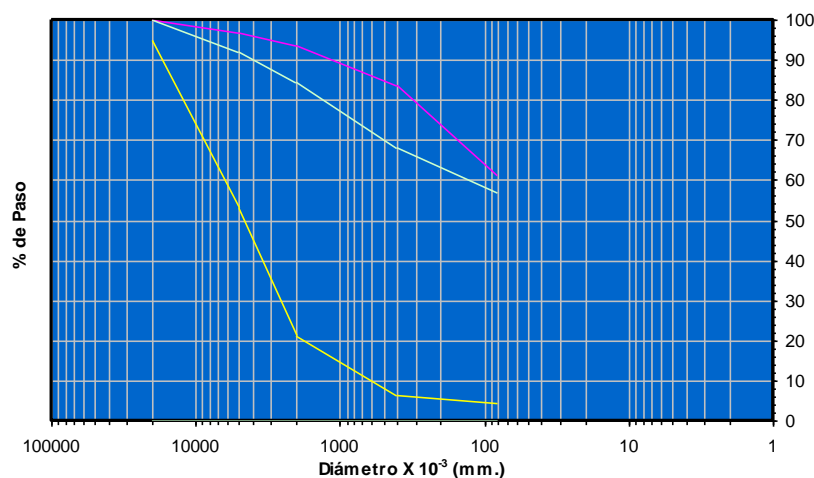


Figura Nº 13.- Distribución de curvas granulométricas.

Los valores medios obtenidos han sido los siguientes:

Tabla 19. Valores estadísticos granulométricos

	Diámetro (mm.)				
	20,00	5,00	2,00	0,40	0,08
Mínimo (%)	95,00	53,10	21,10	6,50	4,20
Máximo (%)	100,00	97,00	93,60	83,70	60,80
Media (%)	98,33	80,73	66,33	52,83	40,60
Desviación	2,89	24,06	39,45	40,86	31,59
Nº de ensayos	3	3	3	3	3

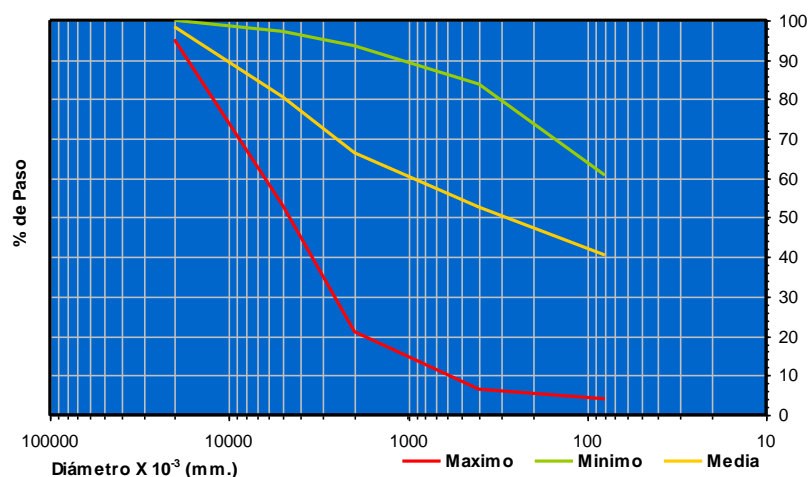


Figura Nº 14.- Valores estadísticos gráficos.

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

Tabla 20. Límites de Atterberg

Recon.	Prof. (m.)	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad
S-01	3,00	26,40	17,30	9,10
S-01	6,00	23,50	18,30	5,20
S-02	5,80	29,60	17,60	11,90

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

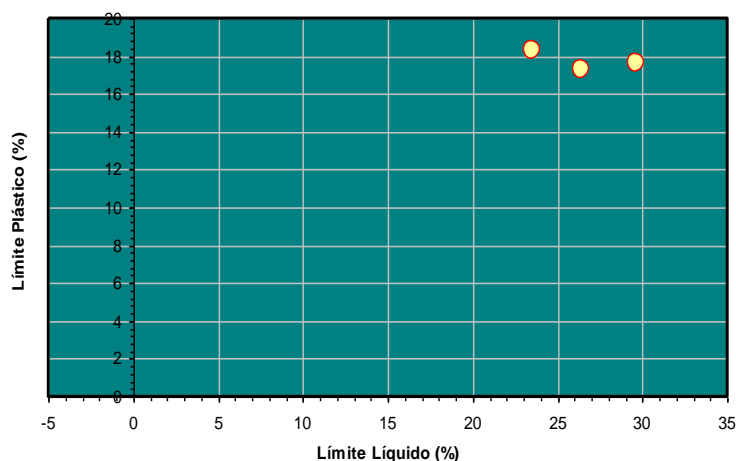


Figura Nº 15.- Variación de entre los límites líquido y plástico.

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.

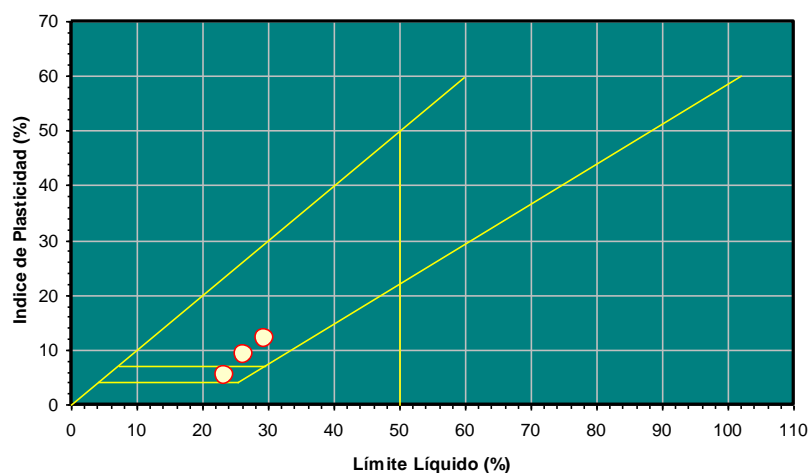


Figura Nº 16.- Carta de Casagrande.

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

**Tabla 21. Valores estadísticos
Límites de Atterberg**

	<i>L. Líquido</i>	<i>I. Plasticidad</i>
<i>Mínimo (%)</i>	23,50	5,20
<i>Máximo (%)</i>	29,60	11,90
<i>Media (%)</i>	26,50	8,73
<i>Desviación</i>	3,05	3,37
<i>Nº de ensayos</i>	3	3

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

**Tabla 22. Clasificación
(Sistema Unificado de
Clasificación de Suelos)**

<i>Recon.</i>	<i>Prof. (m.)</i>	<i>Clasificación</i>
S-01	3,00	SP
S-01	6,00	CL
S-02	5,80	CL

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

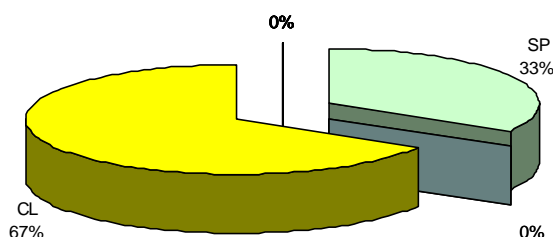


Figura Nº 17.- Clasificación.

6.2.2.- Ensayos químicos y agresividad en suelos

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

Tabla 23. Valores estadísticos de ensayos químicos

	<i>M. Orgánica (%)</i>	<i>Sulfatos (SO3) (%)</i>	<i>Sulfatos (SO4) mg/Kg</i>	<i>A. Baumann- Gully</i>	<i>Yesos (%)</i>	<i>Sales Solubles (%)</i>	<i>Carbonatos (CO3) (%)</i>
<i>Mínimo</i>	-	0,03	338,00	13,33	-	-	-
<i>Máximo</i>	-	0,12	1416,00	31,57	-	-	-
<i>Media</i>	-	0,08	877,00	22,45	-	-	-
<i>Desviación</i>	-	0,06	762,26	12,90	-	-	-
<i>Nº de ensayos</i>	0	2	2	2	0	0	0

6.2.3.- Parámetros de estado natural

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

Tabla 24. Valores obtenidos de estado natural

Recon.	Prof. (m.)	Peso Específico (kN/m ³)	Densidad seca (kN/m ³)	Densidad aparente (kN/m ³)	Humedad (%)
S-01	3,00				11,00
S-01	6,00		19,20	22,10	15,40
S-02	5,80		18,10	21,50	18,90

Los valores estadísticos del estado natural son los siguientes:

Tabla 25. Valores estadísticos

	P.Específico (kN/m ³)	Densidad seca (kN/m ³)	Densidad aparente (kN/m ³)	Humedad (%)
Mínimo	-	18,10	21,50	11,00
Máximo	-	19,20	22,10	18,90
Media	-	18,65	21,80	15,10
Desviación	-	0,78	0,42	3,96
Nº de ensayos	0	2	2	3

6.2.4.- Parámetros de resistencia

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

Tabla 26. 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	6,00	155,00						

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

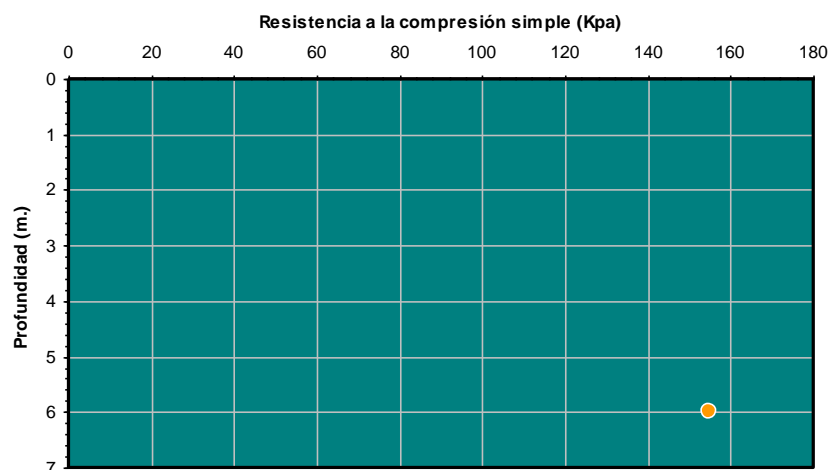


Figura Nº 18.- Valores de compresión simple en relación a la profundidad.

6.2.5.- Ensayos de expansividad y colapso

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

Tabla 27. 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-01	3,00					NO CRÍTICO	
S-02	5,80					NO CRÍTICO	

6.1.- UG.2 Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos

La UG.2 está formada por Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos, 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 28. Distribución y potencia del nivel estudiado.

	S-01	S-02
UG-01	7,40	7,30
UG-02	3,40	4,10
UG-03	7,10	6,40

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 7,40 m. a techo y 11,40 m. a muro, según el siguiente modelo:

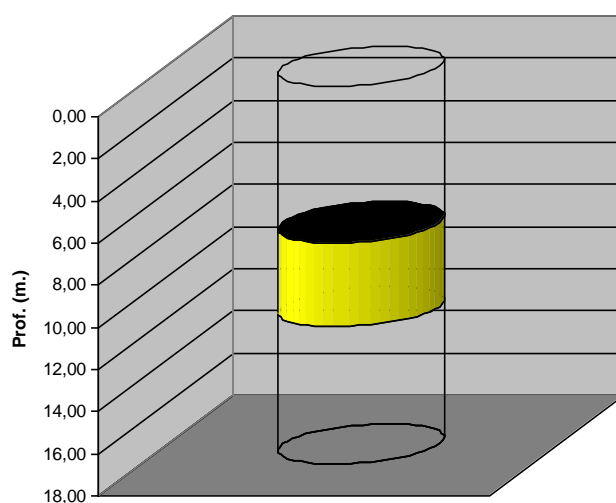


Figura Nº 19.- Distribución del nivel dentro del modelo establecido.

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

Tabla 29. 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	9,30	43	36	20	17		56
S-02	SPT	9,30	R					R

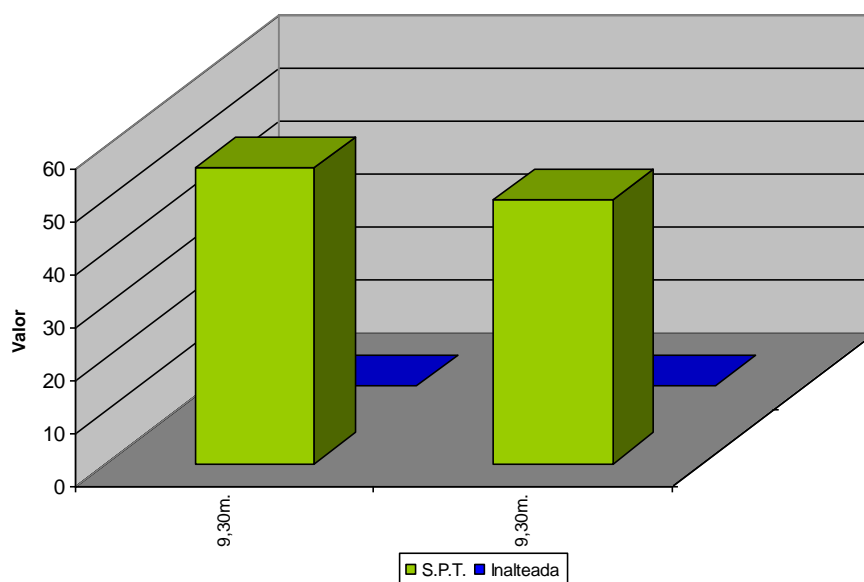


Figura Nº 20.- Valores de compacidad o consistencia.

6.2.- Muestras ensayada en la UG-2.

6.2.1.- Identificación

De los ensayos granulométricos y de límites de Atterberg, se puede observar que la mayoría de las muestras ensayadas responden a GP (Gravas mal graduadas).

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

Tabla 30. Valores granulométricos

Recon.	Prof. (m.)	Diámetro (mm.)				
		20,00	5,00	2,00	0,40	0,08
S-02	9,30	100,00	47,90	37,40	13,40	11,40

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

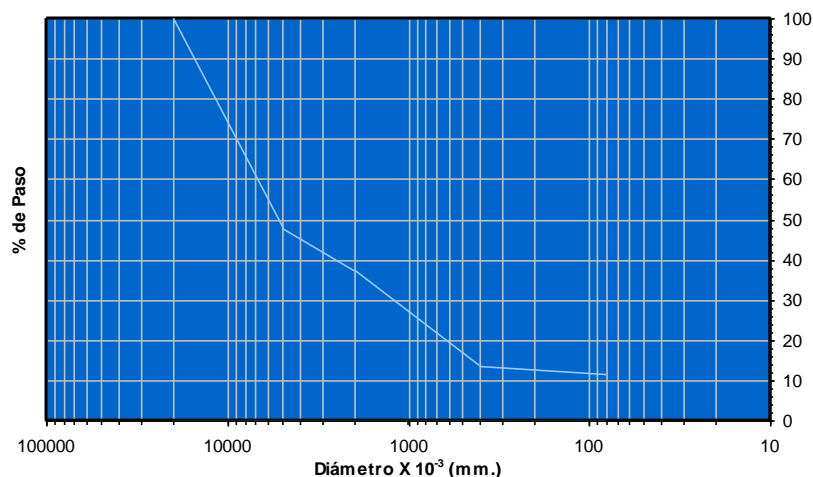


Figura Nº 21.- Distribución de curvas granulométricas.

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

Tabla 31. Límites de Atterberg

Recon.	Prof. (m.)	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad
S-02	9,30	0,00	0,00	0,00

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

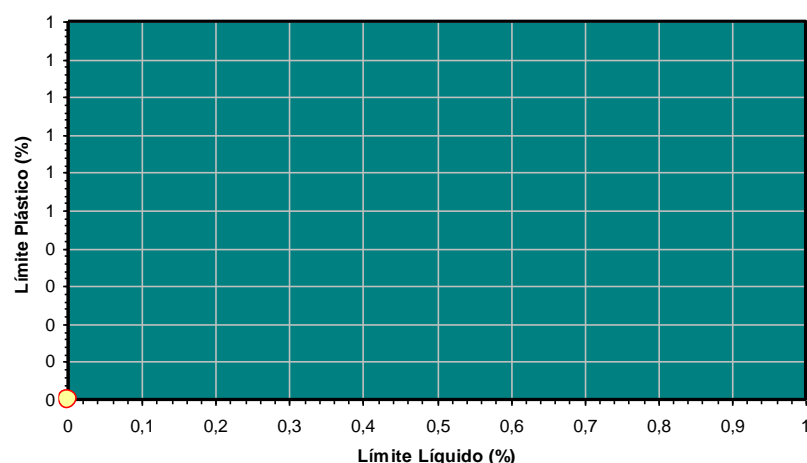


Figura Nº 22.- Variación de entre los límites líquido y plástico.

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.

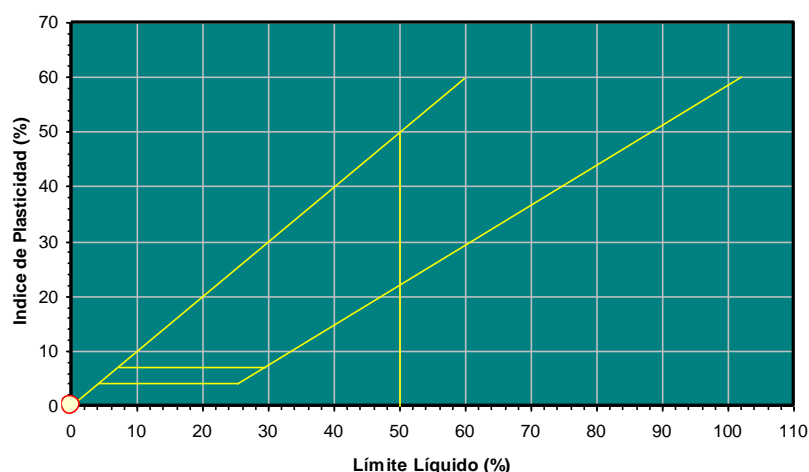


Figura Nº 23.- Carta de Casagrande.

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

**Tabla 32. Clasificación
(Sistema Unificado de
Clasificación de Suelos)**

Recon.	Prof. (m.)	Clasificación
S-02	9,30	GP

6.3.- UG.3 Tosco compuesto por arcillas y limos duros

La UG.3 está formada por Tosco compuesto por arcillas y limos duros, 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 33. Distribución y potencia del nivel estudiado.

	S-01	S-02
UG-01	7,40	7,30
UG-02	3,40	4,10
UG-03	7,10	6,40

Este nivel, para la columna estratigráfica adoptada, se ha situado entre las cotas 11,40 m. a techo y hasta la máxima profundidad reconocida, según el siguiente modelo:

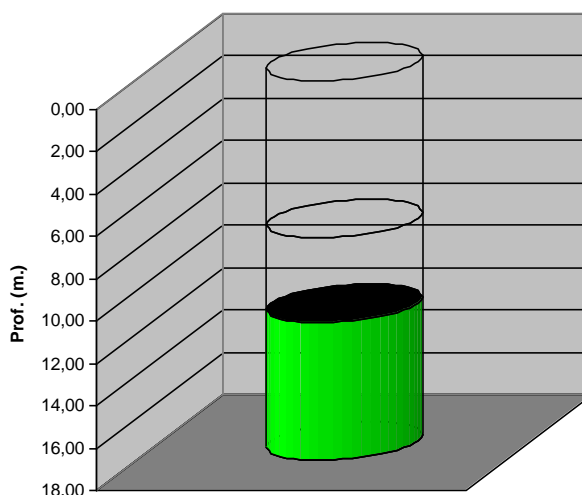


Figura Nº 24.- Distribución del nivel dentro del modelo establecido.

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

Tabla 34. 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	MI	13,10	37	R			R	
S-01	SPT	13,40	29	R				R
S-01	SPT	16,00	30	44	50			94
S-02	SPT	11,70	36	49	39	14		88
S-02	TP	14,30						
S-02	SPT	15,50	27	38	49	50		87

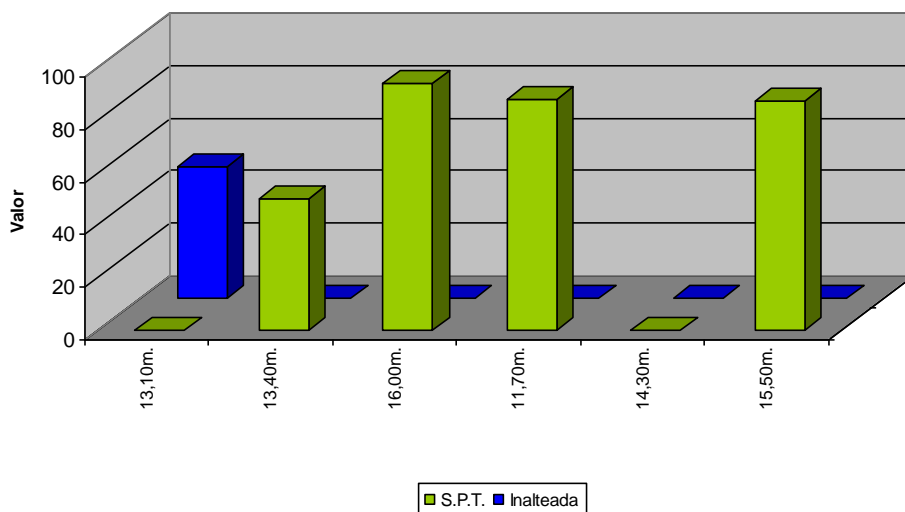


Figura Nº 25.- Valores de compacidad o consistencia.

6.4.- Muestras ensayada en la UG-3.

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 CL (Arcillas inorgánicas de bajas plasticidad).

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

Tabla 35. Valores granulométricos

Recon.	Prof. (m.)	Diámetro (mm.)				
		20,00	5,00	2,00	0,40	0,08
S-01	13,40	100,00	97,20	97,00	94,90	81,40
S-02	14,30	100,00	99,90	99,80	98,70	85,60

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

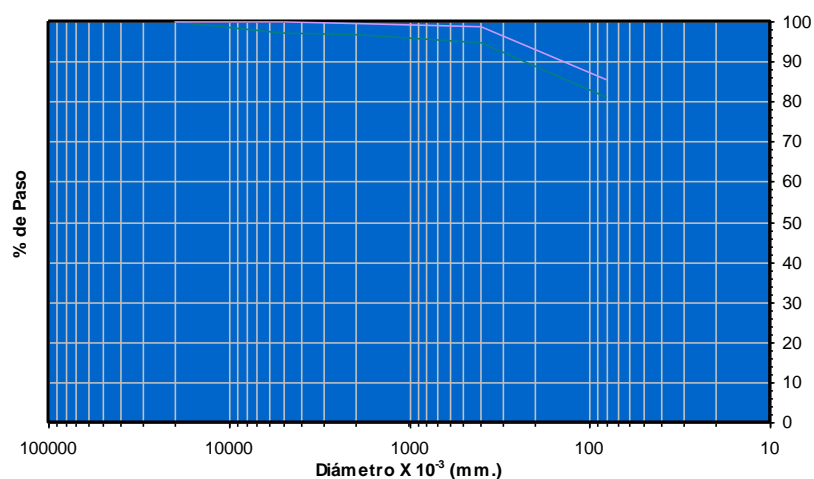


Figura N° 26.- Distribución de curvas granulométricas.

Los valores medios obtenidos han sido los siguientes:

Tabla 36. Valores estadísticos granulométricos

	Diámetro (mm.)				
	20,00	5,00	2,00	0,40	0,08
Mínimo (%)	100,00	97,20	97,00	94,90	81,40
Máximo (%)	100,00	99,90	99,80	98,70	85,60
Media (%)	100,00	98,55	98,40	96,80	83,50
Desviación		1,91	1,98	2,69	2,97
Nº de ensayos	2	2	2	2	2

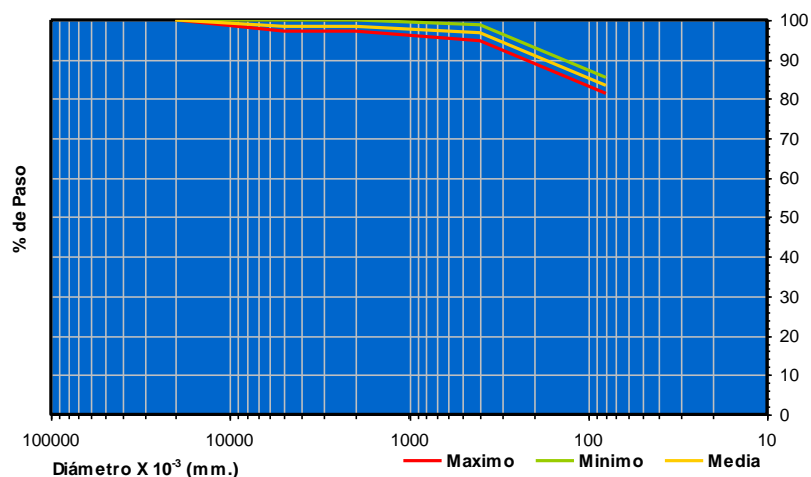


Figura N° 27.- Valores estadísticos gráficos.

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

Tabla 37. Límites de Atterberg

Recon.	Prof. (m.)	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad
S-01	13,40	39,20	25,20	14,00
S-02	14,30	48,20	26,80	21,50

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

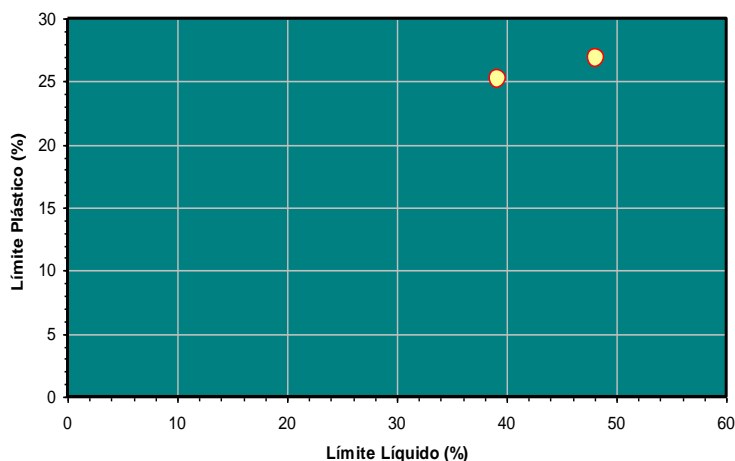


Figura N° 28.- Variación de entre los límites líquido y plástico.

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.

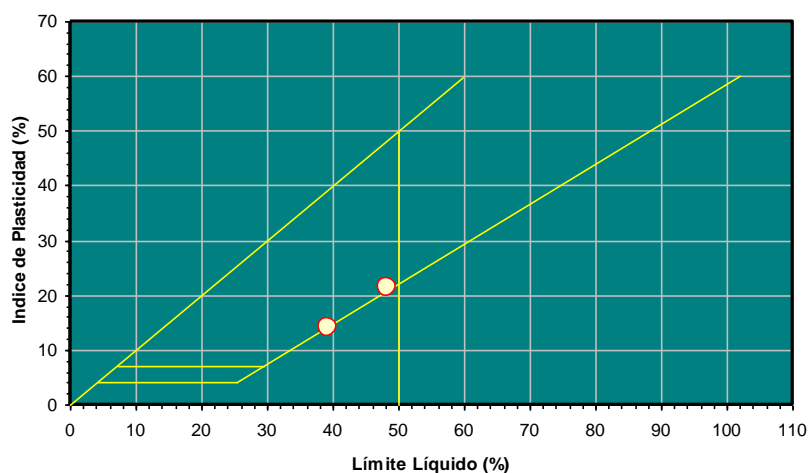


Figura N° 29.- Carta de Casagrande.

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

**Tabla 38. Valores estadísticos
Límites de Atterberg**

	<i>L. Líquido</i>	<i>I. Plasticidad</i>
<i>Mínimo (%)</i>	39,20	14,00
<i>Máximo (%)</i>	48,20	21,50
<i>Media (%)</i>	43,70	17,75
<i>Desviación</i>	6,36	5,30
<i>Nº de ensayos</i>	2	2

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

**Tabla 39. Clasificación
(Sistema Unificado de
Clasificación de Suelos)**

<i>Recon.</i>	<i>Prof. (m.)</i>	<i>Clasificación</i>
S-01	13,40	CL
S-02	14,30	CL

6.4.2.- Parámetros de resistencia

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

Tabla 40. 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).

<i>Recon.</i>	<i>Prof. (m.)</i>	<i>Comp.Simple (KPa)</i>	<i>Ensayos con Drenaje</i>			<i>Ensayos sin Drenaje</i>		
			<i>Tipo de ensayo</i>	<i>Ang.roz. Efectivo</i>	<i>Coh.Efect. (Kpa)</i>	<i>Tipo de ensayo</i>	<i>Ang.roz. sin drenaje</i>	<i>Coh.sin dren.(Kpa)</i>
S-02	14,30	715,00						

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

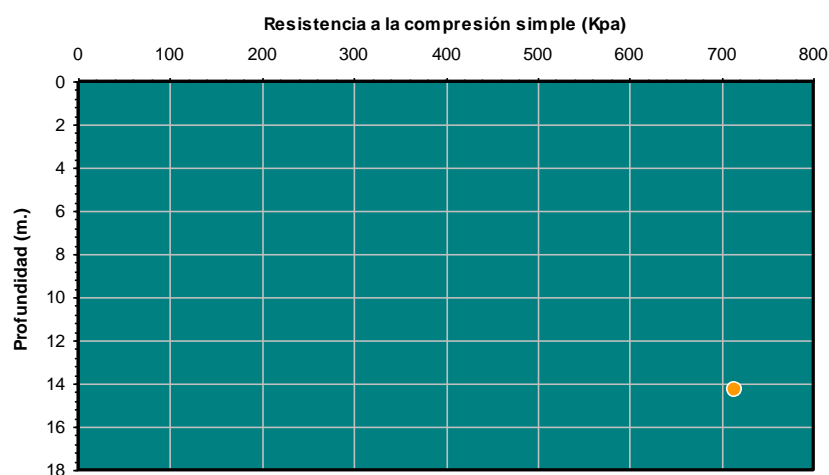


Figura Nº 30.- Valores de compresión simple en relación a la profundidad.

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 sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

El tipo de ambiente viene definido por la combinación de:

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

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

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

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

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 41. 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.
	Humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente de los cloruros	- 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.
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, pantaneros 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, pantaneros 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, pantaneros y otras obras de defensa litoral. - Zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea.

Tabla 41. Clase general de exposición.

Clase general de exposición				Descripción	Ejemplos
Clase	Subclase	Designac	Tipo de proceso		
Con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el mundo marino. - Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Piscinas e interiores de los edificios que las albergan. - Pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve. - Estaciones de tratamiento de agua.

Tabla 42. Clase específica de exposición (Cont.).

Clase específica de exposición				Descripción	Ejemplos
Clase	Subclase	Design	Tipo de proceso		
Química agresiva	Débil	Qa	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - 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) 	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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) 	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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) 	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - Construcciones en zonas de alta montaña. - Estaciones invernales.
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña, en las que se utilizan sales fundentes.

Tabla 42. Clase específica de exposición (Cont.).

Clase específica de exposición				Descripción	Ejemplos
Clase	Subclase	Design	Tipo de proceso		
	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 43. 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

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

Tabla 44. Tipos de exposición obtenidos.

Unidad Geotécnica	Definición	Tipo de exposición
UG.1	Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	No agresivo
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	-
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	-

8.- 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 silíceo denominados silicatos. Dentro de estos, en función de la distribución de los tetraedros de SiO_4 - (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.

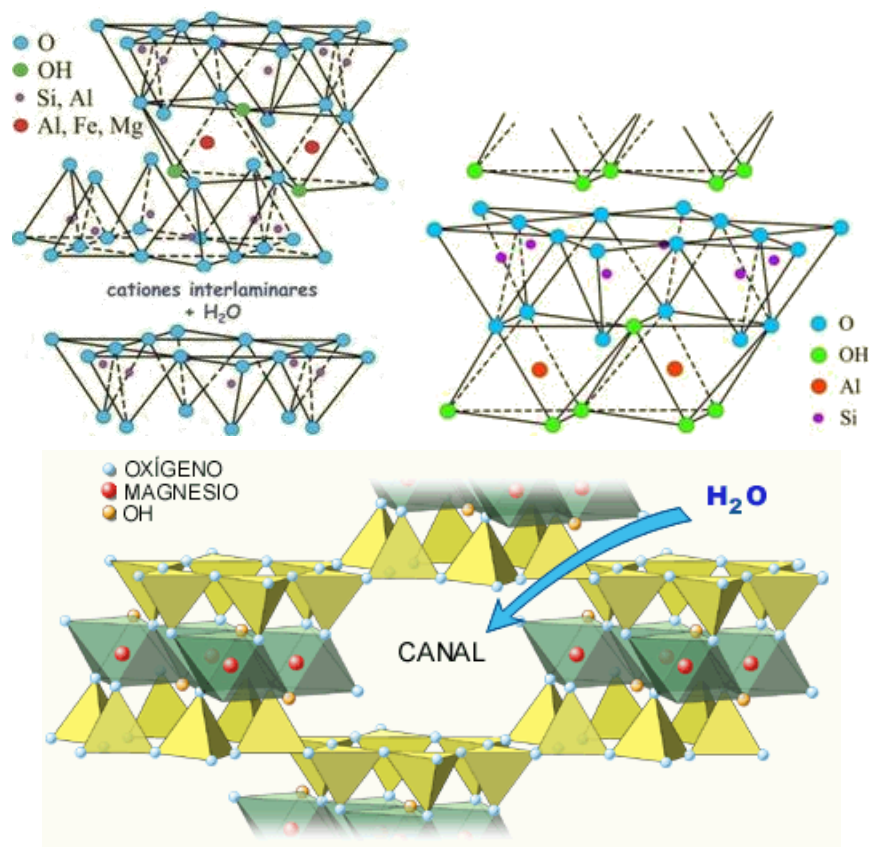


Figura Nº 31.- Estructura química general de las arcillas.

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:

- Ensayo de Hinchamiento Libre: Obtención de las deformaciones que sufre el suelo sometido a niveles tensionales muy bajos.
- 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:

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

Los criterios de peligrosidad más aceptados son los siguientes:

Tabla 45. 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 46. Criterios de peligrosidad según Chen.

% Pasa por Tamiz 200	Límite líquido	S.P.T.	Expansión Probable %	Presión de Hinchamiento	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

8.1.- Valores y cuantificaciones obtenidas

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

Tabla 47. Valoración de la expansividad.

Unidad Geotécnica	Definición	Criterio de peligrosidad
UG.1	Cuaternal compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	Nulo
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	Nulo
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	Marginal-Crítico

9.- 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 se juntan debido al choque de las partículas de agua que se mueven indisciplinadamente. Es propio de las gravas.

9.1.- 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 $h \cdot \gamma_w$, donde γ_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 ($\text{g} \cdot \text{seg} / \text{cm}^2$)
 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.

Área 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:

$$i < 0.4 \text{ en arenas densas } i < 0.2 \text{ en arenas sueltas}$$

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).

9.2.- 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 la 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 48. 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}
Prácticamente impermeable	Menor de 10^{-7}

Tabla 49. 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 50. 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 de gravas y arena limpia	10^{-2} a 10^{-5}
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	10^{-5} a 10^{-9}
Arcilla	$< 10^{-9}$

9.3.- Valores obtenidos

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

Tabla 51. Valores de permeabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	K (m/seg)
UG.1	Cuaternalario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	10^{-2} a 10^{-5}
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	10^{-2} a 10^{-5}
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	10^{-5} a 10^{-9}

10.- Determinación de la excavabilidad

10.1.- 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 52. 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
Roca muy dura	Ripado muy difícil	2450 - 2750	≥ 350
Roca extremadamente dura	Ripado extremadamente difícil o voladura	>3000	≥ 500

En el caso de rocas, existen numerosos métodos para estimar la facilidad de excavación o ripabilidad del terreno, dependientes todos ellos del tipo de maquinaria empleada o los parámetros del macizo rocoso.

El primer caso es evidente, por cuanto la utilización de maquinaria más potente puede hacer que sea “excavable” un terreno que no lo era con medios más modestos.

En cuanto a los factores inherentes al terreno que influyen en la excavabilidad se pueden señalar los siguientes:

- Tipo de roca: Las rocas sedimentarias son normalmente más fáciles de ripar debido en parte a su estratificación. Las rocas metamórficas son generalmente más difíciles de ripar, aunque esto es muy variable, dependiendo de su grado de foliación. Las rocas ígneas son las más difíciles de excavar debido a la escasa existencia de planos de debilidad.
- Estructura: Las discontinuidades en las rocas facilitan el ripado. Establecer la continuidad, espaciado, orientación e inclinación de las juntas, existencia o no de rellenos, es de particular importancia para asegurar la ripabilidad
- Resistencia: Las rocas con menor resistencia a la compresión simple son más fácilmente excavables.

- Meteorización: Las rocas más alteradas se excavan más fácilmente
- Fábrica: Las rocas de grano grueso se ripan más fácilmente que las de grano fino.

El método de determinación de la ripabilidad mediante la medida de la velocidad de las ondas sísmicas fue desarrollado inicialmente en 1958 por la empresa constructora de maquinaria Caterpillar, y se basa en que las ondas sísmicas viajan más rápidamente a través de rocas que tienen una alta densidad que por las menos consolidadas. La velocidad sísmica media depende de factores geológicos tales como dureza, estratificación, grado de fracturación y grado de meteorización, que como se ha indicado anteriormente, todos ellos influyen en la ripabilidad.

Sin embargo, la simple determinación de la velocidad sísmica media no se correlaciona bien con la ripabilidad, de modo que rocas con velocidades sísmicas similares pueden presentar distinta resistencia a la excavación.

Así, Caterpillar desarrolla una serie de gráficos de ripabilidad en función del tipo de maquinaria, litología implicada y velocidad sísmica. Ejemplos de estos gráficos se muestran en las siguientes figuras:

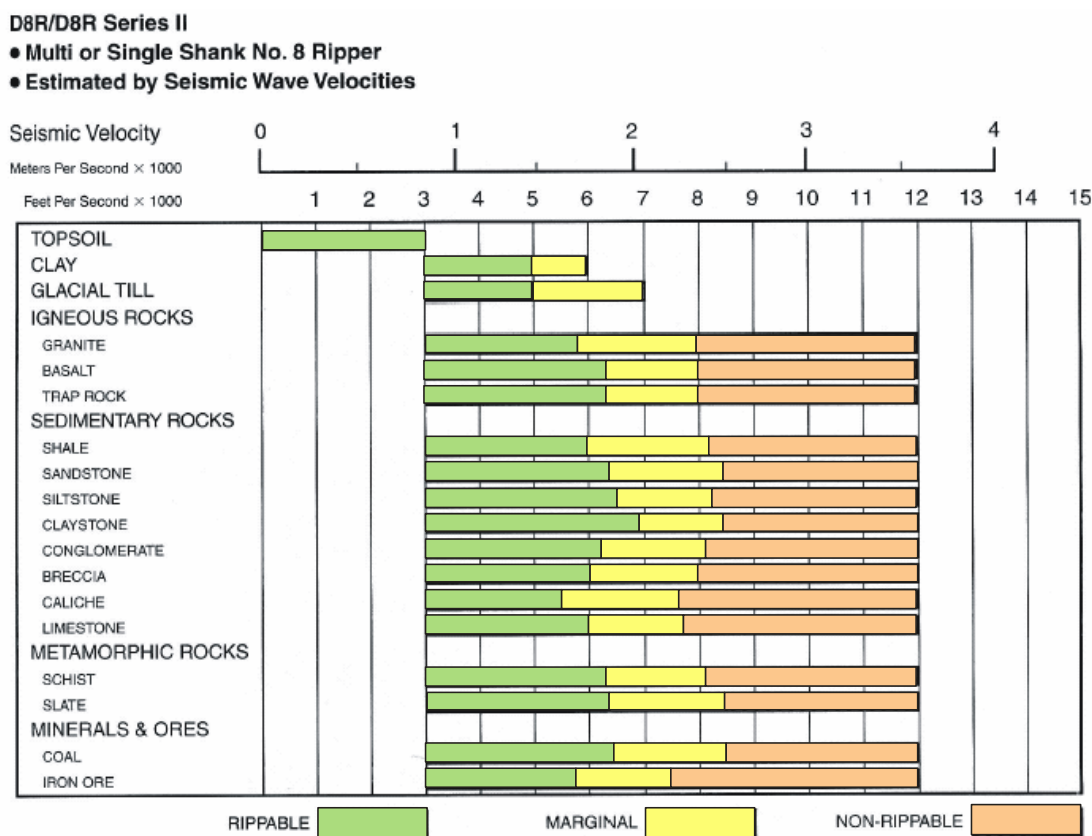


Figura Nº 32.- Ejemplo de gráfico de ripabilidad de Caterpillar para un bulldozer tipo D8.

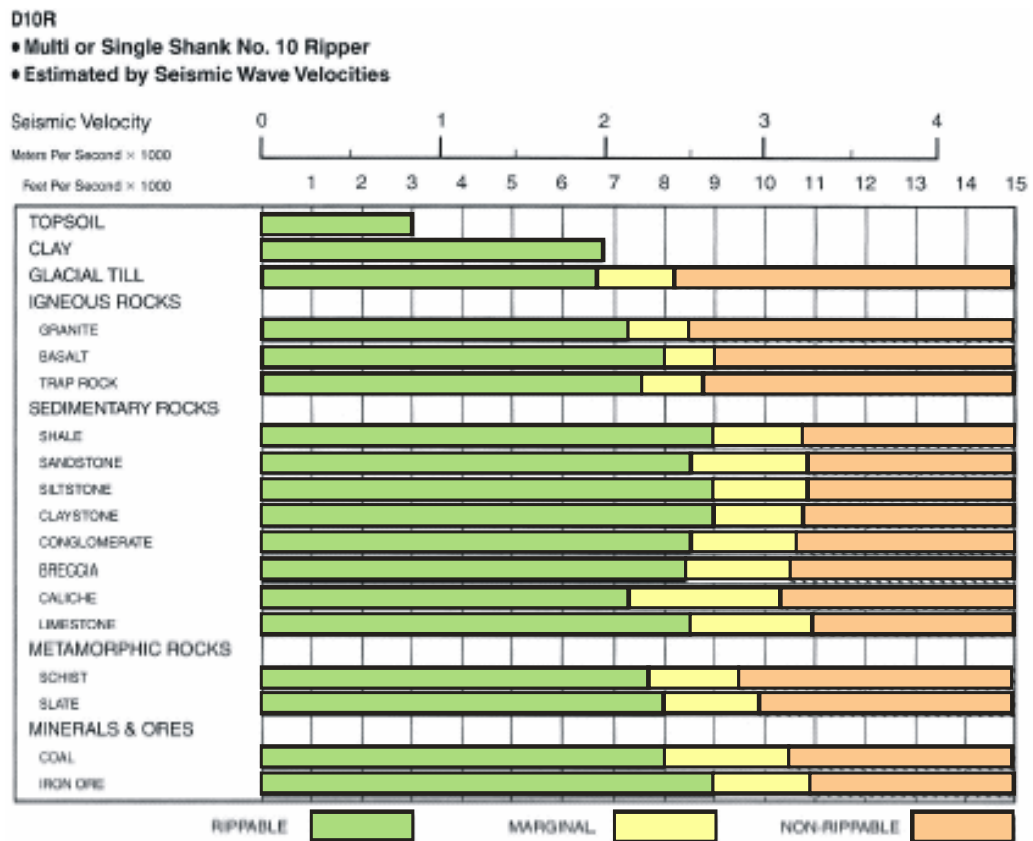


Figura Nº 33.- Ejemplo de gráfico de ripabilidad de Caterpillar para un bulldozer tipo D10.

Igualmente, se han desarrollado gráficos de estimación de la productividad, si bien es necesario señalar que se refieren a condiciones ideales de máquinas que dedican todo su tiempo al escarificado, con el cien por cien de eficiencia, por lo que los resultados reales pueden ser considerablemente menores:

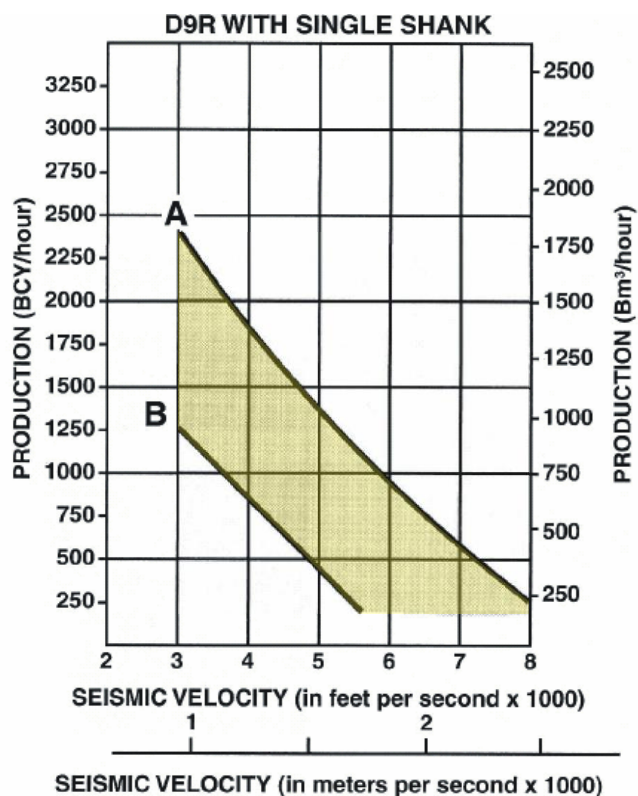


Figura Nº 34.- Ejemplo de gráfico de productividad de Caterpillar para un bulldozer tipo D9.

10.2.- 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:

Tabla 53. Excavabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	Excavabilidad
UG.1	Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	Maquinaria común
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	Maquinaria común
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	Maquinaria común

11.- Modelos de cimentación planteados

A partir de las hipótesis planteadas entendemos factible **la adopción de un modelo de cimentación mediante losa**, apoyadas en el sustrato portante referido como unidad UG.1 y definido como Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas. Este nivel ha sido detectado a una profundidad generalizada de 0,00 m. y una potencia de 7,40 m. desde la cota de rasante actual o boca de perforación.

La metodología de cálculo establecida se detalla a continuación.

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

11.1.1.- 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.

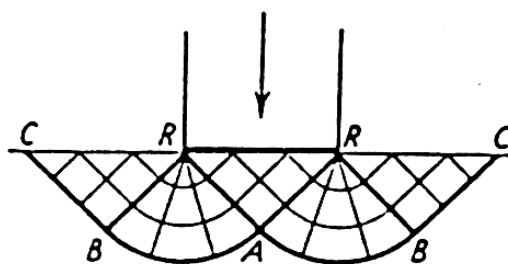


Figura Nº 35.- Mecanismo de rotura por hundimiento de una cimentación en medio plástico (Prandtl 1920)

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.

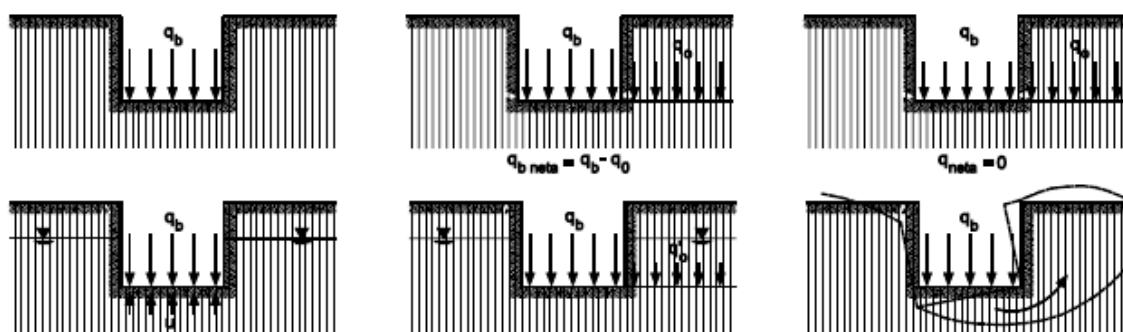


Figura Nº 36.- Definición de presiones

Tabla 54. 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.
$q_h, q'_h = R_k$	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 asentamientos, 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 55. 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

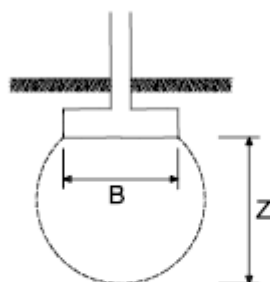
11.1.2.- Concepto de bulbo de tensiones

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:

- El 10% de la presión vertical neta transmitida por la cimentación
- 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 37.- 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 solapan 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.

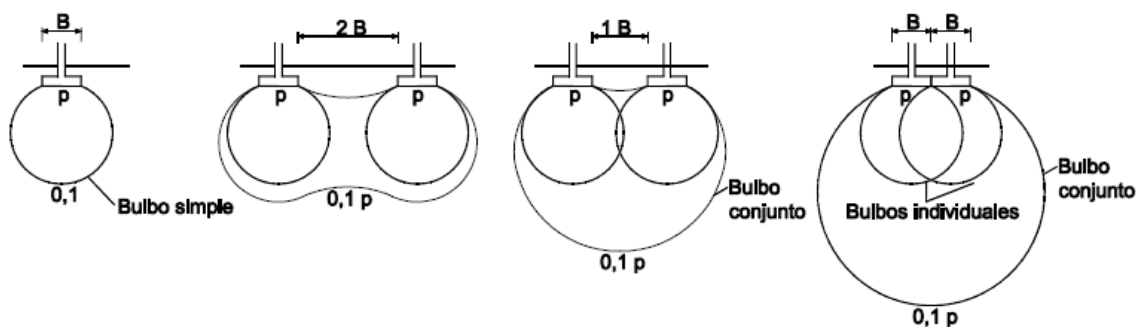


Figura Nº 38.- Influencia de la proximidad de zapatas

Será de gran interés en el cálculo de asientos 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 asientos diferenciales asociados a la variación de las dimensiones de las zapatas.

11.1.2.1.- 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 56. 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 cimiento al nivel de su base	(véase nota 1)
c_K	Valor característico de la cohesión del terreno	
B^*	Ancho equivalente del cimiento	
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	Coeficiente corrector de influencia por profundidad	$d_c = 1 + 0,34 \cdot \arctg(D/B^*)$ (ver nota 3)
d_q	Coeficiente 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	Coeficiente corrector de influencia por profundidad	$d_\gamma = 1$
s_c	Coeficiente corrector de influencia de forma	$s_c = 1 + 0,2 \frac{B^*}{L^*}$ (véase nota 4)

Tabla 56. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

Variable	Definición	Expresión
s_q	Coeficiente corrector de influencia de forma	$s_q = 1 + 1,5 \cdot \text{tg} \phi_k \frac{B^*}{L^*}$
s_γ	Coeficiente corrector de influencia de forma	$s_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B^*}{L^*}$
i_c	Coeficiente 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	Coeficiente corrector de influencia de inclinación de la resultante (δ)	$i_q = (1 - 0,7 \cdot \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L)$ (véase nota 5)
i_γ	Coeficiente corrector de influencia de inclinación de la resultante (δ)	$i_\gamma = (1 - \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L)$
t_c	Coeficiente corrector de influencia de la proximidad a un talud de inclinación β	$t_c = e^{-2\beta \text{tg} \phi_k}$ (véase nota 6)
t_q	Coeficiente corrector de influencia de la proximidad a un talud de inclinación β	$t_q = 1 - \text{sen} 2\beta$
t_γ	Coeficiente corrector de influencia de la proximidad a un talud de inclinación β	$t_\gamma = 1 - \text{sen} 2\beta$

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:

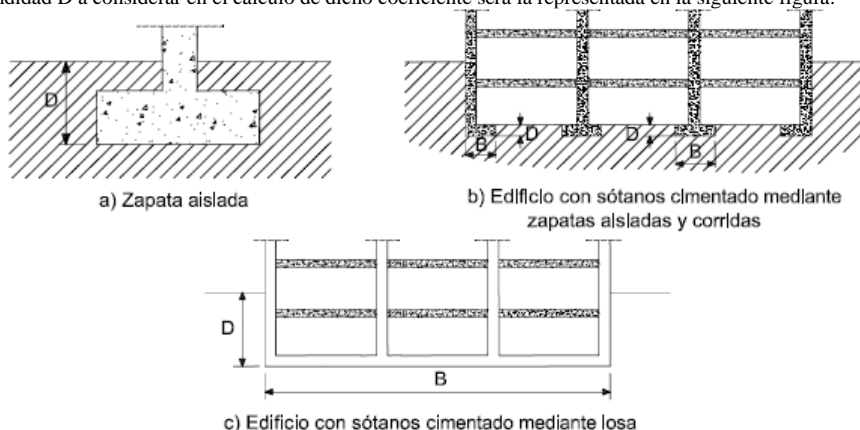


Figura Nº 39.- Profundidad D a considerar en la determinación de la presión de hundimiento

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

- a) Si se construyen zapatas poco profundas en terrenos arcillosos, de plasticidad elevada, que en épocas secas puedan desarrollar grietas por retracción.
- b) Si la profundidad de cimentación D es inferior a 2m
- c) Si la cimentación está cercana a un talud
- d) 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: $s_c=s_q=1,2$; $s_r=0,6$

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.

11.1.3.- 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 $2 \cdot c_0$.

11.1.4.- 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 57. 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 58. Asientos admisibles en función de la distorsión angular

<i>Características del edificio</i>	<i>Distorsión angular β</i>
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).

11.2.- 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 59. Hipótesis de cálculo

Tipología de cimentación	-	Losa de Cimentación
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	21,8
Situación de dimensionado	-	Transitoria a corto plazo (sin drenaje)
Cohesión sin drenaje	kPa	77,50

Tabla 59. Hipótesis de cálculo

Modelo constitutivo para estimación de asientos	-	Elástico – largo plazo	
Asiento admisible	cm	3,50 cm	
Compresibilidad del terreno bajo la cimentación	Potencia	E'	ν
	m	MPa	(coef. poisson)
UG.1	6,9	8,0	0,3
UG.2	4,0	40,0	0,3
UG.3	Inf. Cim.	50,0	0,3

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:

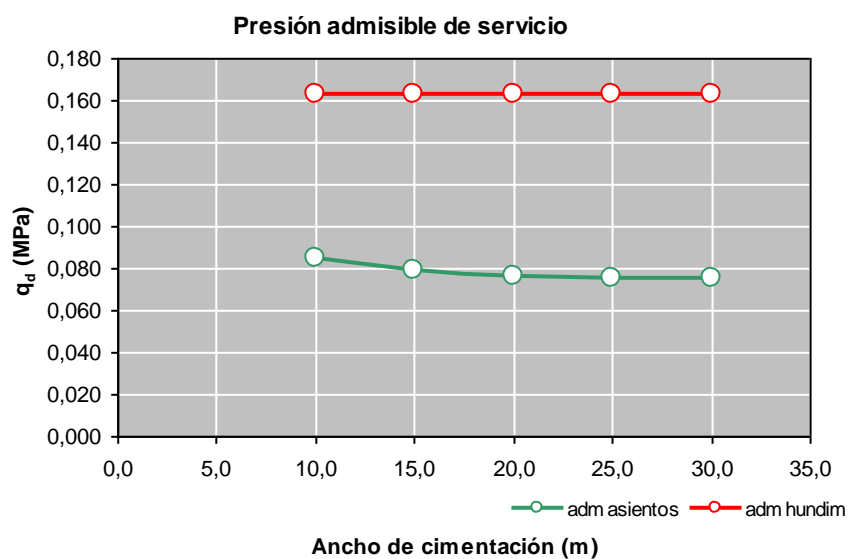


Figura Nº 40.- Presión admisible de servicio.

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

Tabla 60. Presión vertical admisible de servicio para losas

Ancho de losa	q'_s	Criterio
m	MPa	-
10,0	0,084	Asientos
15,0	0,079	Asientos
20,0	0,076	Asientos
25,0	0,075	Asientos
30,0	0,075	Asientos

Con carácter general puede adoptarse, para losas de dimensiones habituales de 20,0 m de anchura, una presión admisible de servicio de 0,076 MPa en la situación de dimensionado considerada, si bien podrá atenderse, en cualquier caso, a lo indicado en la tabla precedente.

11.3.- 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 61. 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 62. Módulo de Balasto

Ancho de cimentación	Losa	
	KsB	Ksp30
m	MN/m3	MN/m3
10,0	2,4	80
15,0	2,3	113
20,0	2,2	146
25,0	2,2	180
30,0	2,1	215

El módulo de balasto medio obtenido para placas de 0.30x0.30 m² es de 147 MN/m³ en losas.

12.- 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 SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACION DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)** en **TORREMOCHA DE JARAMA** solicitado a **CEMOSA** por **CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN**.

- El trabajo se establece con expediente O/2005036/17/01, y realizado por la delegación de CEMOSA en Madrid.
- Las coordenadas aproximadas de la zona estudiada se aportan a continuación:

Tabla 63. Coordenadas aproximadas UTM

UTM	
X	Y
458.023	4.520.862

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

- Los trabajos de campo realizados se definen a continuación.

Tabla 64. Trabajos de campo

Tipo	Unidades	Profundidad mínima alcanzada (m.)	Profundidad máxima alcanzada (m.)
Sondeos mecánicos con recuperación de testigo	2	17,80	17,90
Sondeos a penetración dinámica	2	7,80	9,80

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

Tabla 65. 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	3	UNE 103301
Ensayo de compresión simple en suelos	2	UNE 103400
Ensayo Lambe	2	UNE 103600
Determinación del contenido en sulfatos	2	UNE 103202
Determinación del grado de acidez Baumann-Gully	2	EHE

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

Tabla 66. Modelo estratigráfico establecido.

Nivel	Material	Desde (m.)	Hasta (m.)
UG.1	Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	0,00	7,40
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	7,40	11,40
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	11,40	Fin de reconocimientos

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

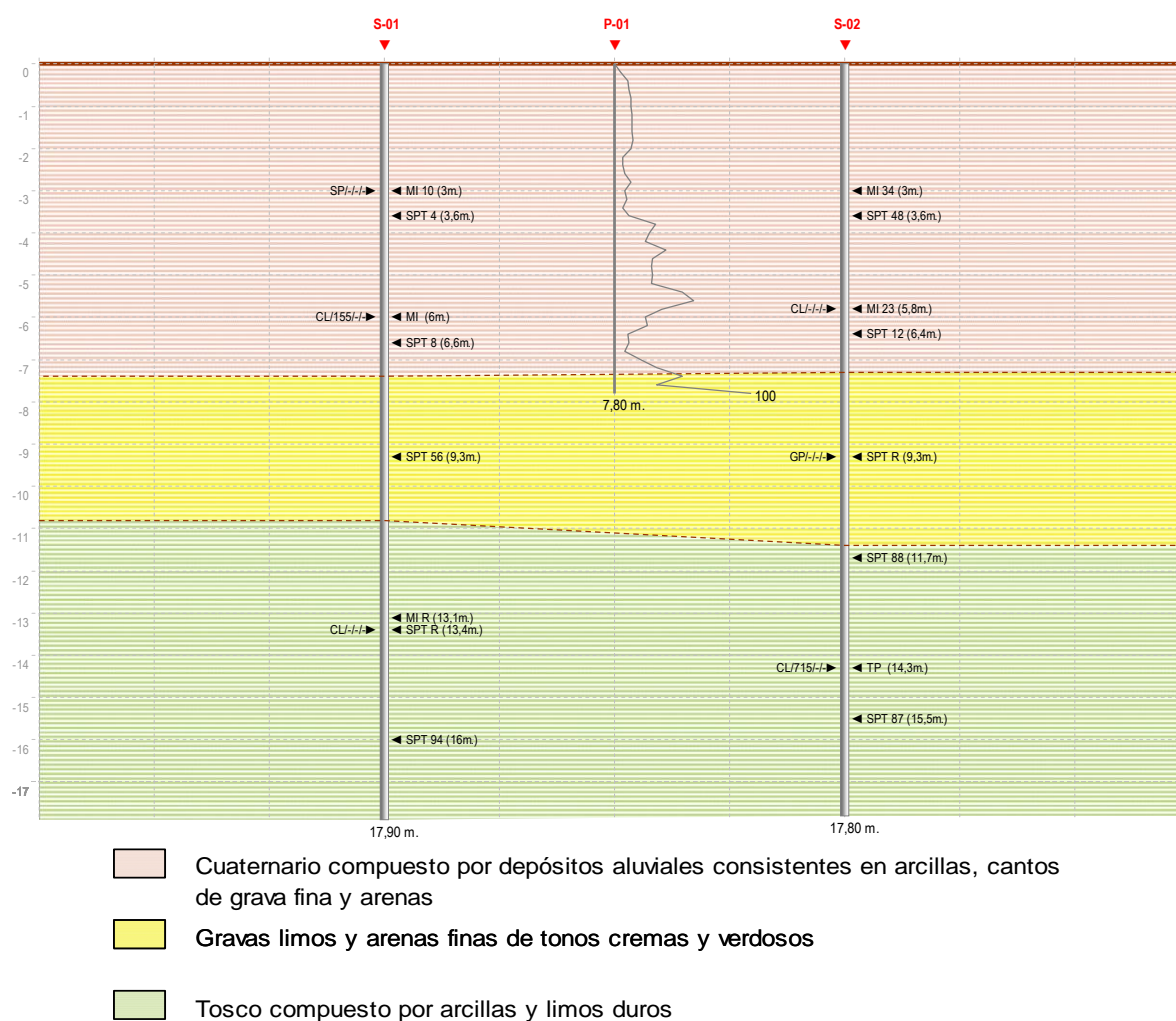


Figura Nº 41.- Perfil esquemático.

Durante las labores de campo se ha comprobado la existencia o no de los niveles freáticos. No se ha detectado Nivel freático en los reconocimientos ejecutados. 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.

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

Tabla 67. Tipos de exposición obtenidos.

Unidad Geotécnica	Definición	Tipo de exposición
UG.1	Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	No agresivo
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	-
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	-

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

Tabla 68. Valoración de la expansividad.

Unidad Geotécnica	Definición	Criterio de peligrosidad
UG.1	Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	Nulo
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	Nulo
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	Marginal-Critico

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

Tabla 69. Valores de permeabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	K (m/seg)
UG.1	Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	10^{-2} a 10^{-5}
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	10^{-2} a 10^{-5}
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	10^{-5} a 10^{-9}

- 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:

Tabla 70. Excavabilidad.

Unidad Geotécnica	Definición	Excavabilidad
UG.1	Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas	Maquinaria común
UG.2	Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos	Maquinaria común
UG.3	Tosco compuesto por arcillas y limos duros	Maquinaria común

- A partir de las hipótesis planteadas entendemos factible la adopción de un modelo de cimentación mediante losa, apoyadas en el sustrato portante referido como unidad UG.1 y definido como Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas. Este nivel ha sido detectado a una profundidad generalizada de 0,00 m. y una potencia de 7,40 m. desde la cota de rasante actual o boca de perforación.
- Las hipótesis para el cálculo de presiones admisibles, tanto por hundimiento como por asentos, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 71. Hipótesis de cálculo

Tipología de cimentación	-	Losa de Cimentación
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	21,8
Situación de dimensionado	-	Transitoria a corto plazo (sin drenaje)
Cohesión sin drenaje	kPa	77,50
Modelo constitutivo para estimación de asentos	-	Elástico – largo plazo
Asiento admisible	cm	3,50 cm
Compresibilidad del terreno bajo la cimentación	Potencia	E' v

Tabla 71. Hipótesis de cálculo

	m	MPa	(coef. poisson)
UG.1	6,9	8,0	0,3
UG.2	4,0	40,0	0,3
UG.3	Inf. Cim.	50,0	0,3

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

Tabla 72. Presión vertical admisible de servicio para losas

Ancho de losa	q'_s	Criterio
m	MPa	-
10,0	0,084	Asientos
15,0	0,079	Asientos
20,0	0,076	Asientos
25,0	0,075	Asientos
30,0	0,075	Asientos

- Con carácter general puede adoptarse, para losas de dimensiones habituales de 20,0 m de anchura, una presión admisible de servicio de 0,076 MPa en la situación de dimensionado considerada, si bien podrá atenderse, en cualquier caso, a lo indicado en la tabla precedente.
- 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 65 páginas, 6 anejos a la memoria y un apéndice.

En Madrid y firmado en Agosto de 2021



Manuel Bermejo Martínez
Geólogo. Master Ingeniería Geológica
Delegación de Madrid
Técnico Redactor



Carlos Álvarez Calvo
Grado Ingeniería Civil
Equipo de Redacción
Técnico Redactor



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



Isidro Ocete Ruiz
Ldo. CC. Geológicas. DEA Ingeniería Terreno
Director Técnico Dpto. Geotecnia
Supervisor



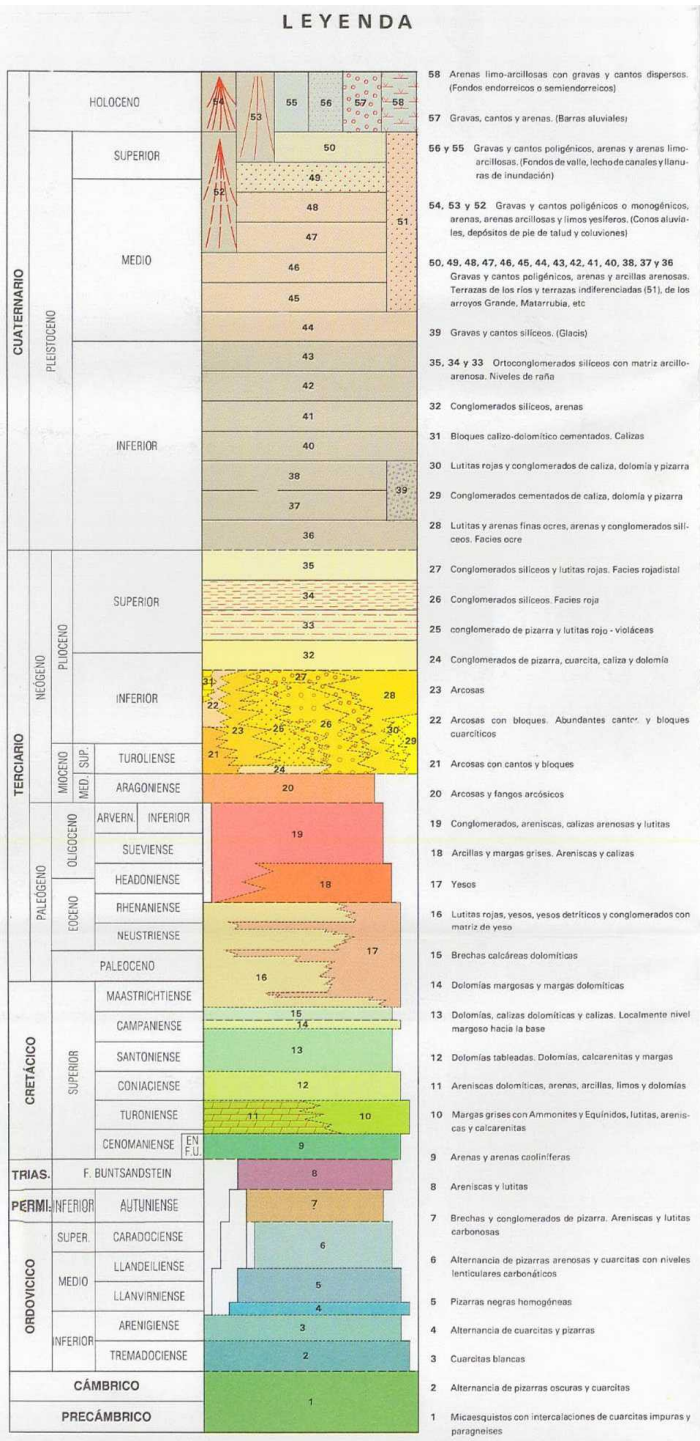
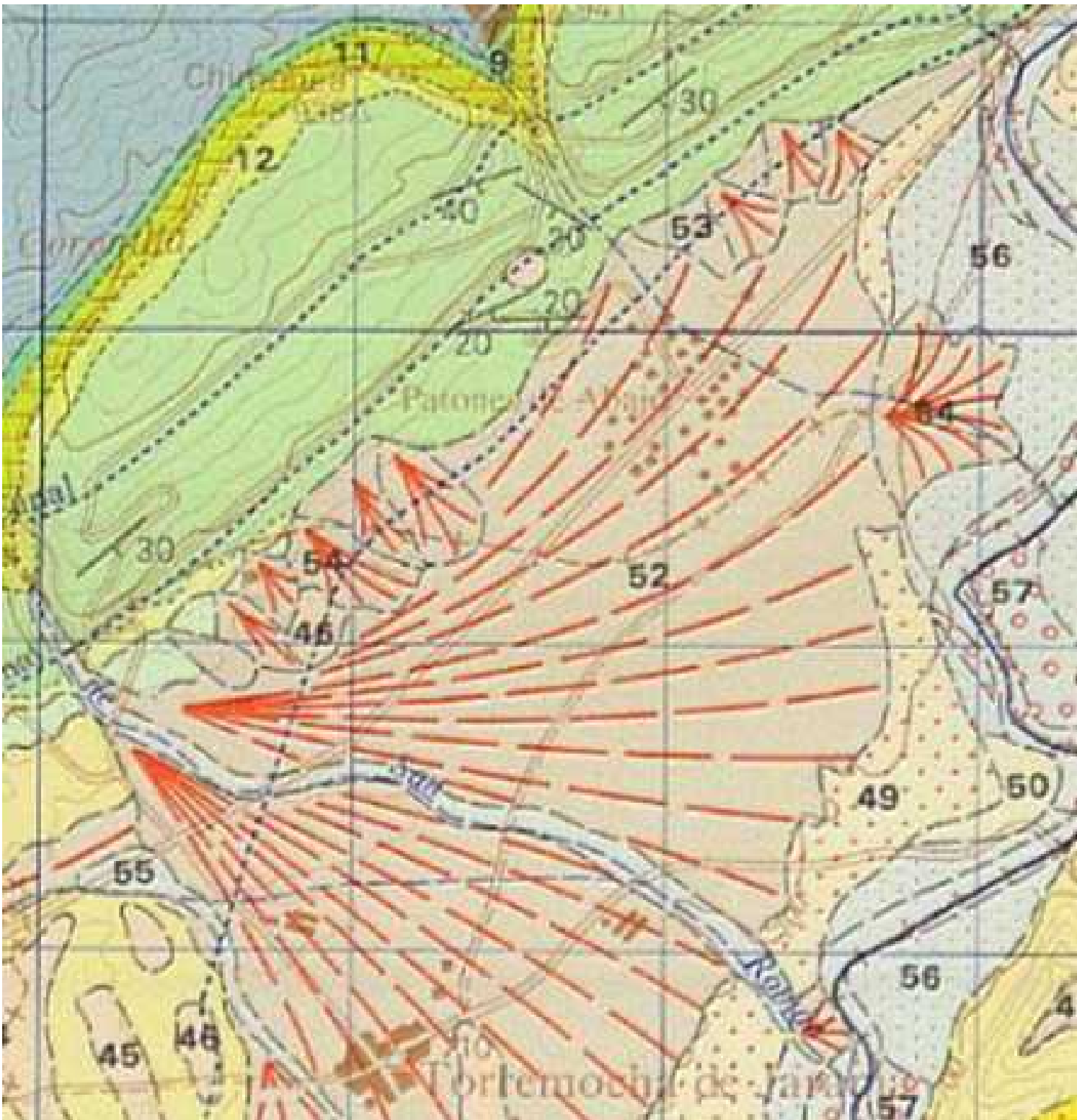


ANEJO 1. PLANTA GENERAL Y DE SITUACIÓN



ANEJO 2. MARCO GEOLÓGICO

MARCO GEOLÓGICO



ANEJO Nº 2

CONTEXTO GEOLÓGICO, PLANO Y LEYENDA DE LA ZONA EN ESTUDIO

HOJA MAGNA 485/20-19 VALDEPEÑAS DE LA SIERRA

CALA ORIGINAL: 1.50.000

PETICIONARIO:

CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.

EJECUTADO POR:

cemosa Ingeniería y Control

TITULO DEL TRABAJO

INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACION DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)

SUSTITUYE A:

PRESUPUESTO: 1200

SUSTITUIDO POR:

EXPEDIENTE: O/2005036/17/01

ESCALA:

Referida

TITULO:

ENTORNO GEOLÓGICO

NÚMERO:

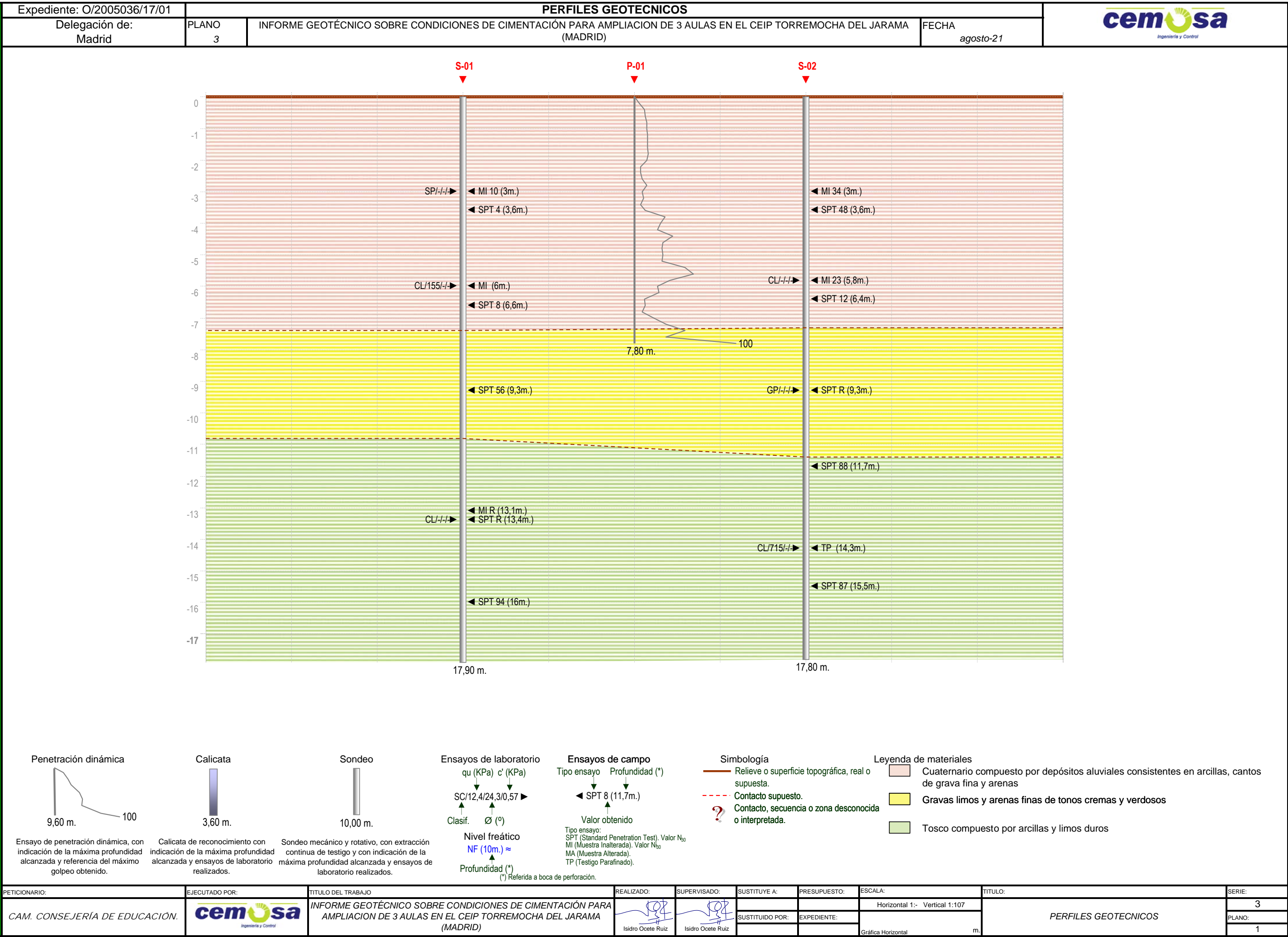
2

FICHA:

1 de 1



ANEJO 3. PERFIL GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO



S-01

P-01

S-02

0

-1

-2

-3

-4

-5

-6

-7

-8

-9

-10

-11

-12

-13

-14

-15

-16

-17

SP/-/->

CL/155/-/->

CL/-/->

CL/-/->

CL/-/->

MI 10 (3m.)

SPT 4 (3,6m.)

MI (6m.)

SPT 8 (6,6m.)

MI R (13,1m.)

SPT R (13,4m.)

SPT 94 (16m.)

7,80 m.

100

17,90 m.

MI 34 (3m.)

SPT 48 (3,6m.)

MI 23 (5,8m.)

SPT 12 (6,4m.)

SPT R (9,3m.)

SPT 88 (11,7m.)

TP (14,3m.)

SPT 87 (15,5m.)

GPI/-/->

CL/715/-/->

17,80 m.

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

 Cuaternario compuesto por depósitos aluviales consistentes en arcillas, cantos de grava fina y arenas

 Gravas limos y arenas finas de tonos cremas y verdosos

 Tosco compuesto por arcillas y limos duros

PETICIONARIO:

EJECUTADO POR:

TITULO DEL TRABAJO

REALIZADO:

SUPERVISADO:

SUSTITUYE A:

PRESUPUESTO:

ESCALA:

TITULO:

SERIE:

CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.



INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACION DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)





SUSTITUIDO POR:

EXPEDIENTE:

Horizontal 1:- Vertical 1:107

Gráfica Horizontal

m.

PERFILES GEOTECNICOS

3

1



ANEJO 4. TRABAJOS DE CAMPO

ANEJO 4.1 Registro de sondeos a rotación

Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
CRA TORREMOCHA DEL JARAMA

P (m)	DF (m)	TRAMAS	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NF (m)	RECUP (%)	R.Q.D (%)	MUESTRAS
0						0	0	
2						40	20	MI 5/6/4/4 PI. 3 PF. 3.6
4			7.2	CUATERNARIO. Depósito de cono aluvial. Cantos tamaño grava, grano fino- medio, limos y arenas. Cantos pizarrosos, laminares. En menor proporción, cantos carbonáticos, redondeados. Con raíces, carbonato y pasadas arcillosas cohesivas. Color ocre- verdoso.		80	40	SPT 2/2/2/3 PI. 3.6 PF. 4.2
6		BW101				100	60	MI 9/10/13/15 PI. 6 PF. 6.6
8			0.2	ANTIGUO SUELO. Depósito de llanura de inundación. Arcillas, arenas y cantos de grava fina. Color marrón- verdoso.				SPT 6/5/3/3 PI. 6.6 PF. 7.2
10			3.4	GRAVAS, limos y arenas de grano fino. Los cantos son de grano medio- grueso, redondeados y cuarzo- feldespáticos. Color crema- verdoso.				SPT R PI. 9.6 PF. 9.9
12								
14		BW86	7.1	TOSCO. Arcillas y limos duros con moteado blanco- grisáceo. Aparece algún tramo deleznable (14,1- 14,7m y 17,4- 19,90 m). Color rojo intenso.				MI 37/R PI. 13.1 PF. 13.4
16								SPT 29/R PI. 13.4 PF. 13.75
								SPT 30/44/R PI. 16 PF. 16.4

COTA FINAL: 17,9 m

OBSERVACIONES:

Mi: Muestra realizada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo perforado MA: Muestra alterada J: Ensayo lateral LU: Ensayo Lúgani PE: Presiámetro NF: Nivel freático RECUP: Recuperación de testigo R.Q.D: Recuperación Rock Quality Designation: Perforación B (Batería simple), D (Batería doble), T (Batería triple), W (Corona de wida), d (Corona de diamante), P(m): Profundidad (m), D(p(m): Diámetro de perforación. Muestra PI: Profundidad inicial (m), PF: Profundidad final (m).

EDICIÓN: ED02 12/04/2021 SON-1 Nº Acta: 017-21/008353/1 Código de actividad: 1201/08/2021/382 (1093772) CENTRO DE ESTUDIOS DE MATERIALES Y CONTROL DE OBRA, S.A. (CEMOSA) Pol. Ind. Los Olivos C/ Innovación 11 28906 GETAFE TEL. 916828727 FAX. 916019683 URL: www.cemosa.es E-MAIL: madrid@cemosa.es

P (m)	DF (m)	TRAMAS	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	NF (m)	RECUP (%)	R.Q.D (%)	MUESTRAS
0						0	0	
2						20	20	
4						40	40	
6						60	60	
8						80	80	
10						100	100	
12								
14								
16								
COTA FINAL: 17,8 m								
OBSERVACIONES:								

Mi: Muestra realizada SPT: Ensayo de penetración estándar TP: Testigo perforado MA: Muestra alterada J: Ensayo lateral LU: Ensayo Lugeon PE: Presiónmetro NF: Nivel freático RECUP: Recuperación de testigo R.Q.D: Recuperación Rock Quality Designation Perforación B: (Batería simple), D: (Batería doble), T: (Batería triple), W: (corona de vidrio), d: (corona de diamante), Ø(m): Profundidad (m), ØP(m): Diámetro de perforación Muestra PI: Profundidad inicial (m), PF: Profundidad final (m)

ANEJO 4.2 Fotografías de testigos de sondeos a rotación


 <p> cemosa <small>Ingeniería y Control</small> c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400 </p>	REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo		ENSAYO: S-01
	TRABAJO:	INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)	Expediente: O/2005036/17/01
	PETICIONARIO:	CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.	



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



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


 <p> cemosa <small>Ingeniería y Control</small> c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400 </p>	REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo		ENSAYO: S-01
	TRABAJO:	INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)	
	PETICIONARIO:	CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.	
			Expediente: O/2005036/17/01



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



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


 <p> cemosa Ingeniería y Control c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400 </p>	REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo		ENSAYO: S-01
	TRABAJO:	INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)	Expediente: O/2005036/17/01
	PETICIONARIO:	CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.	



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



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


 <p> cemosa <small>Ingeniería y Control</small> c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400 </p>	REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo		ENSAYO: S-02
	TRABAJO:	INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)	
	PETICIONARIO:	CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.	
			Expediente: O/2005036/17/01



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



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


 <p> cemosa <small>Ingeniería y Control</small> c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400 </p>	REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo		ENSAYO: S-02
	TRABAJO:	INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)	Expediente: O/2005036/17/01
	PETICIONARIO:	CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.	



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



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


 <p> cemosa <small>Ingeniería y Control</small> c/Benague 9 29004 Málaga Tlf:902 111 400 </p>	REGISTRO FOTOGRÁFICO Sondeo Mecánico Rotativo		ENSAYO: S-02
	TRABAJO:	INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACIÓN DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (MADRID)	
	PETICIONARIO:	CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.	
			Expediente: O/2005036/17/01

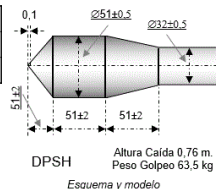


Foto de testigo de sondeo. Sondeo 2, Caja 5.



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

ANEJO 4.3 Registro de penetraciones dinámicas



Referencia:

P-01

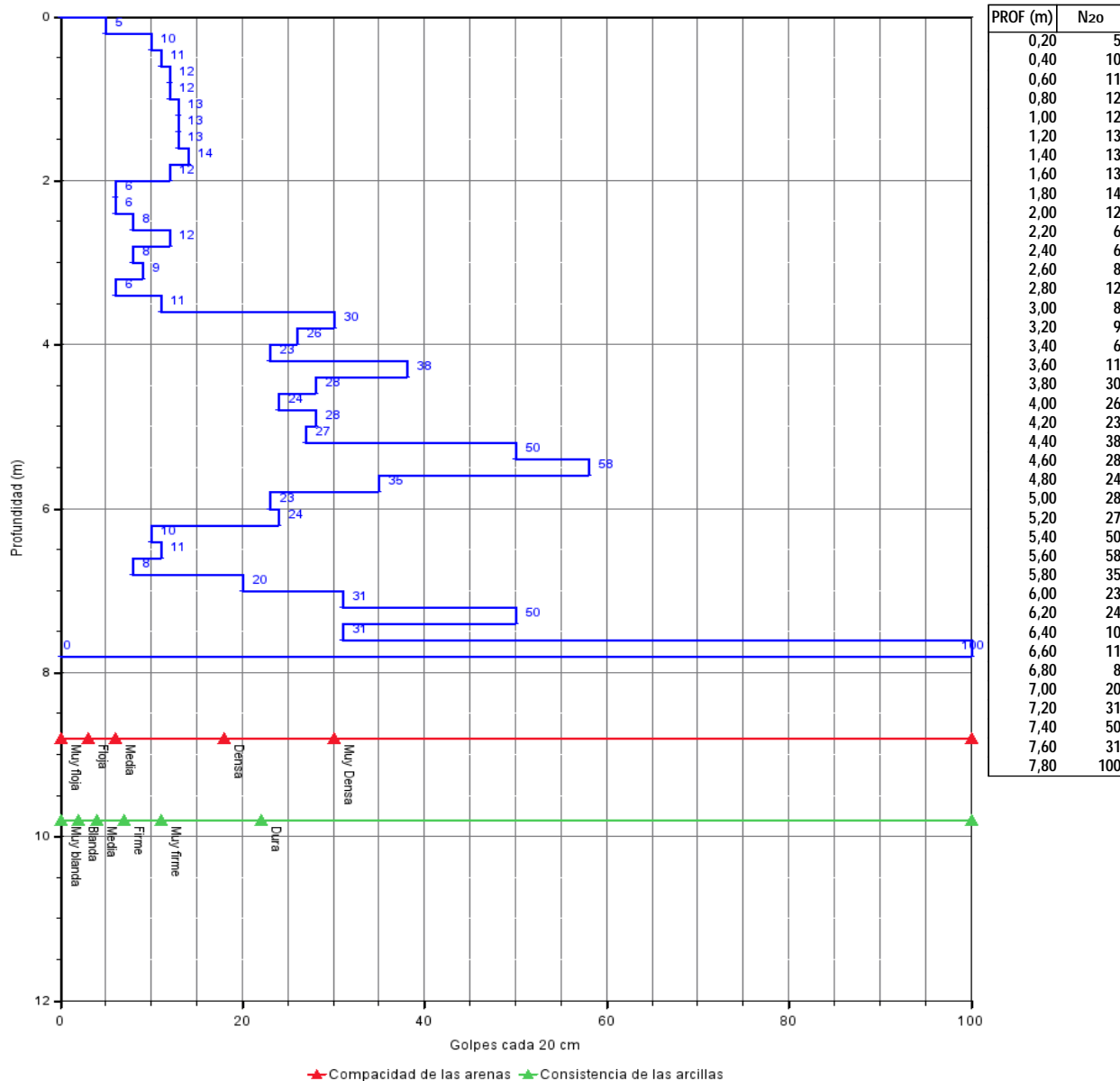
Expediente: O/2005036/17/01

Peticionario:
Coordenadas UTM:
Fecha:

CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
COMUNIDAD DE MADRID
X: 458030.000
22/07/2021 a

Y: 4520850.000
Equipo: TECOINSA PDP 3.10 DIN 05.19.018

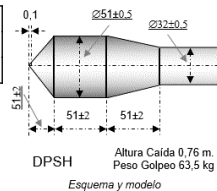
REGISTRO DE PENETRACIÓN DINÁMICA



Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

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

Madrid a 22/07/2021



Referencia:

P-02

Expediente: O/2005036/17/01

Peticionario:

CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
COMUNIDAD DE MADRID

Coordenadas UTM:

X: 458034.000

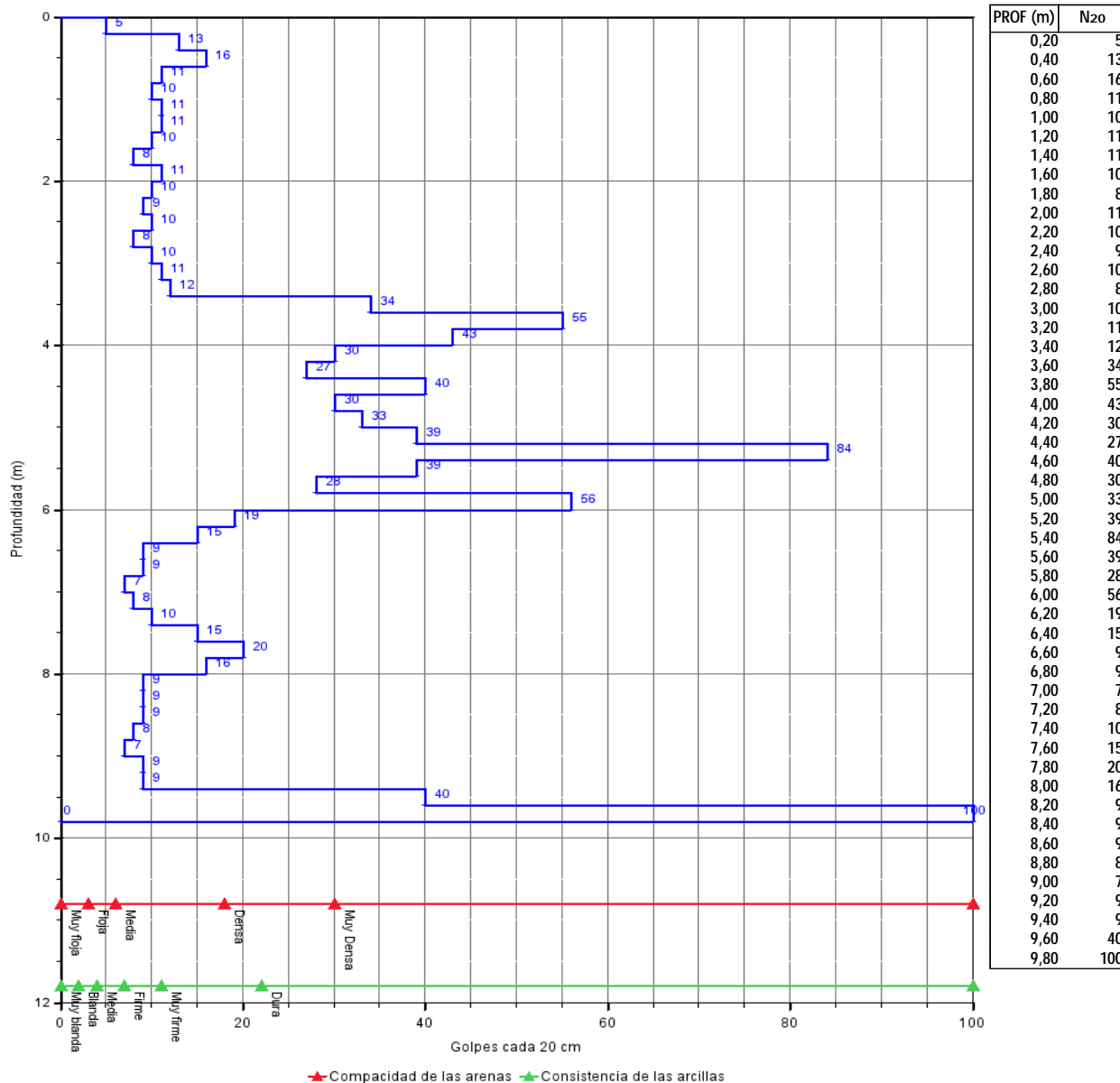
Y: 4520867.000

Fecha:

22/07/2021 a

Equipo: TECOINSA PDP 3.10 DIN 05.19.018

REGISTRO DE PENETRACIÓN DINÁMICA



Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

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

Madrid a 22/07/2021



ANEJO 5. ACTAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008141/1
Obra: CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: C/ MAUDES, 17- 1ª PTA 28003 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1640207** CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2021/008338(1093809)** FECHA TOMA: **24/06/2021-00:00**

MATERIAL

TIPO:	SUELO	MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA
DESCRIPCIÓN:	S-01 MI 3.00 - 3.60	MUESTREO POR:	JOSE LUIS MARTINEZ VELEZ
PROCEDENCIA:	S-01 MI 3.00 - 3.60	LOTE LABORATORIO:	
LUGAR DE TOMA:	S-01	LOTE CLIENTE:	
UBICACIÓN:			

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

Determinación de la humedad mediante secado en estufa (suelos)	UNE 103300:1993
Análisis granulométrico (suelos)	UNE 103101:1995
Límites de Atterberg (suelos)	UNE 103103:1994; UNE 103104:1993
Clasificación e índice de grupo (suelos)	ASTM 2487:2000
Cambio potencial de volumen por el método Lambe (suelos)	UNE 103600:1996

OBSERVACIONES:

Muestra disgregada en terrones, no es posible obtener la densidad.

RESULTADOS

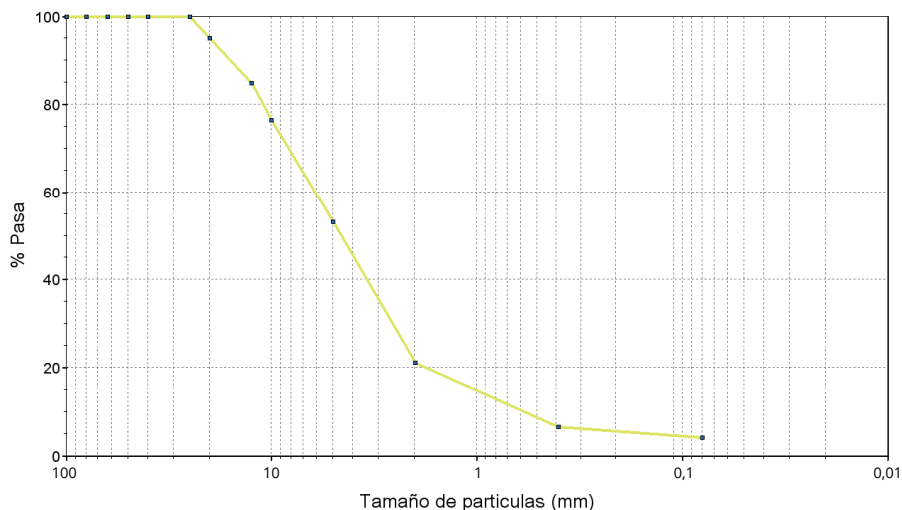
Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008141/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008338(1093809)
Procedencia: S-01 MI 3.00 - 3.60

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ (mm)	% PASA
100	100,0
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	95,0
12,5	84,8
10	76,5
5	53,1
2	21,1
0,4	6,5
0,080	4,2



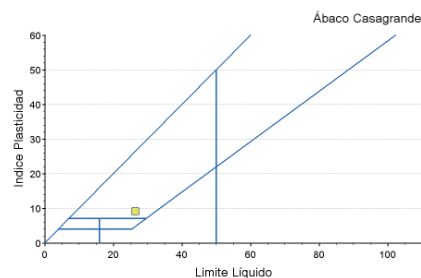
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **26,4** LÍMITE PLÁSTICO: **17,3** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **9,1**

CLASIFICACIÓN

Arena Mal Graduada

U.S.C.S:	SP
AASHTO:	A-2-4
ÍNDICE DE GRUPO:	0



DENSIDAD Y HUMEDAD

DENSIDAD - UNE 103301

HÚMEDA (g/cm³):	-
SECA (g/cm³):	-

HUMEDAD - UNE 103201

HUMEDAD (%): **11,0**

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008141/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008338(1093809)
Procedencia: S-01 MI 3.00 - 3.60

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

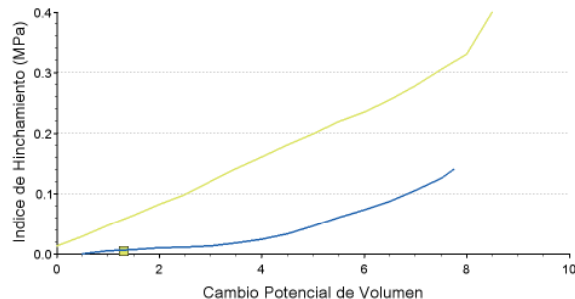
EXPANSIVIDAD DE UN SUELO EN APARATO LAMBE

DATOS DE LA CÉLULA

DIÁMETRO (mm): **70,00**
ALTURA (mm): **16,00**
ÁREA (mm²): **3848,45**

DATOS DE LA MUESTRA

HUMEDAD DE TRABAJO (%): **0,0**
HUMEDAD LÍMITE PLÁSTICO Wp (%): **17,3**
FUERZA A LAS 2 HORAS (N): **24180,52**



ÍNDICE DE HINCHAMIENTO (MPa): **0,005**

CAMBIO POTENCIAL DE VOLUMEN: **1,3**

CALIFICACIÓN DEL CPV: **NO CRÍTICO**

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA

Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 20/07/2021

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ

Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digital signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:27:06 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digital signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=IDCES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:27:00 +02'00'

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008143/1
Obra: CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: C/ MAUDES, 17- 1ª PTA 28003 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1640208** CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2021/008339(1093810)** FECHA TOMA: **24/06/2021-00:00**

MATERIAL

TIPO:	SUELO	MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA
DESCRIPCIÓN:	S-01 SPT 3.60 - 4.20	MUESTREO POR:	JOSE LUIS MARTINEZ VELEZ
PROCEDENCIA:	S-01 SPT 3.60 - 4.20	LOTE LABORATORIO:	
LUGAR DE TOMA:	S-01	LOTE CLIENTE:	
UBICACIÓN:			

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

Determinación del contenido de sulfatos solubles (cuantitativo) (suelos)	UNE 103201:2019
Determinación de la acidez Bauman-Gully (suelos)	UNE 83962:2008

RESULTADOS

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

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008143/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008339(1093810)
Procedencia: S-01 SPT 3.60 - 4.20

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ANÁLISIS QUÍMICO

SULFATO (% SO ₃):	0,12	SALES SOLUBLES (g/100g suelo):	-
MATERIA ORGÁNICA (%):	-	YESOS (%):	-
CARBONATOS (% CaCO ₃):	-		

AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL SUELO FRENTE AL HORMIGÓN

PARÁMETROS	NORMA	RESULTADO	TIPO DE EXPOSICIÓN		
			Qa - ATAQUE DEBIL	Qb - ATAQUE MEDIO	Qc - ATAQUE FUERTE
ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg):	UNE 83962	31,57	> 200	NO APLICABLE	NO APLICABLE
IÓN SULFATO (mg SO ₄ -2kg suelo seco):	UNE 83963	1416	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000
EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:		NO AGRESIVA			

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 20/07/2021

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

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DICES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:27:40 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=DICES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:27:34 +02'00'

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008144/1
Obra: CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: C/ MAUDES, 17- 1ª PTA 28003 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1640209**

CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2021/008340(1093811)**

FECHA TOMA: **24/06/2021-00:00**

MATERIAL

TIPO:	SUELO	MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA
DESCRIPCIÓN:	S-01 MI 6.00 - 6.60	MUESTREO POR:	JOSE LUIS MARTINEZ VELEZ
PROCEDENCIA:	S-01 MI 6.00 - 6.60	LOTE LABORATORIO:	
LUGAR DE TOMA:	S-01	LOTE CLIENTE:	
UBICACIÓN:			

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

Determinación de la humedad mediante secado en estufa (suelos)	UNE 103300:1993
Determinación de la densidad aparente (balanza hidrostática) (suelos)	UNE 103301:1994
Análisis granulométrico (suelos)	UNE 103101:1995
Límites de Atterberg (suelos)	UNE 103103:1994; UNE 103104:1993
Clasificación e índice de grupo (suelos)	ASTM 2487:2000
Ensayo de compresión simple (suelos)	UNE 103400:1993

RESULTADOS

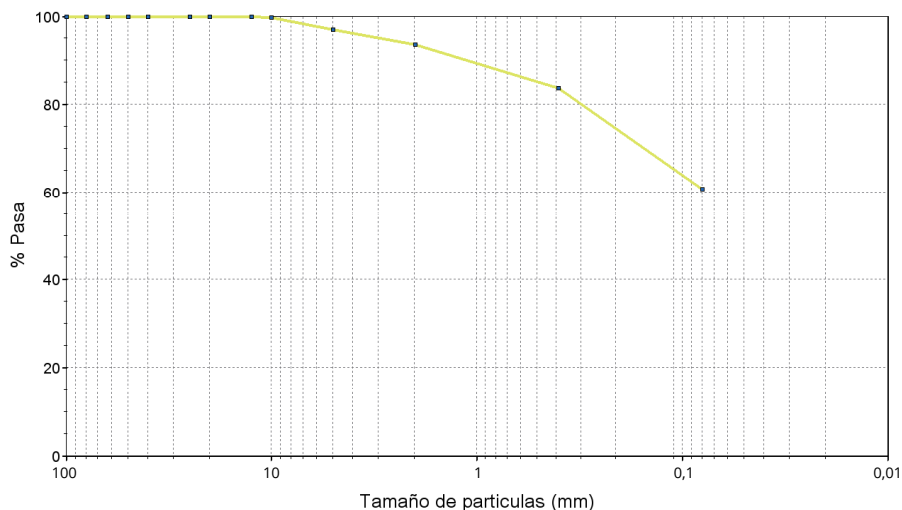
Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008144/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008340(1093811)
Procedencia: S-01 MI 6.00 - 6.60

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

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	99,8
5	97,0
2	93,6
0,4	83,7
0,080	60,8



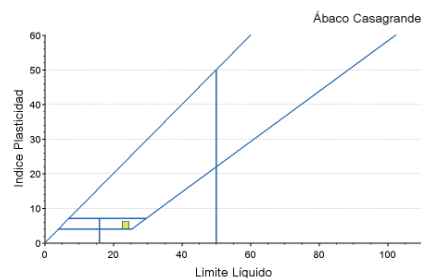
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **23,5** LÍMITE PLÁSTICO: **18,3** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **5,2**

CLASIFICACIÓN

Limo y Arcilla de Baja Plasticidad

U.S.C.S:	CL-ML
AASHTO:	A-4
ÍNDICE DE GRUPO:	1



DENSIDAD Y HUMEDAD

DENSIDAD - UNE 103301

HÚMEDA (g/cm³):	2,21
SECA (g/cm³):	1,92

HUMEDAD - UNE 103201

HUMEDAD (%):	15,4
--------------	-------------

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008144/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008340(1093811)
Procedencia: S-01 MI 6.00 - 6.60

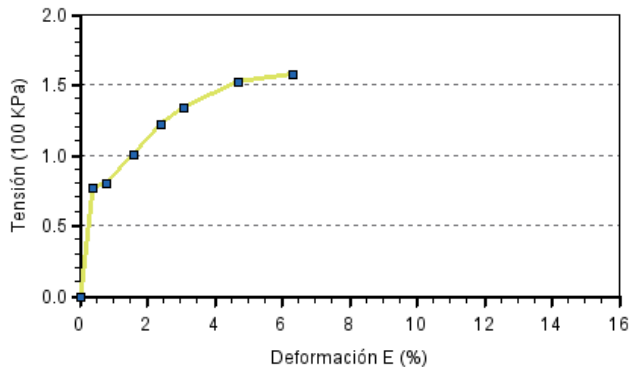
LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE

ENSAYO CON MUESTRA INALTERADA

DIÁMETRO (cm):	5,9
ALTURA (cm):	12,7
HUMEDAD (%):	15,36
R. COMP. SIMPLE (Kpa):	155
R. COMP. SIMPLE (Kp/cm²):	1,57
DEFORM. EN ROTURA (%):	6,30
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³):	2,22
DENSIDAD SECA (g/cm³):	1,92

FORMA DE ROTURA



Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 20/07/2021

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

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DICES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:28:15 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=DICES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:28:09 +02'00'

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008145/1
Obra: CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: C/ MAUDES, 17- 1ª PTA 28003 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1640230** CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2021/008342(1093812)** FECHA TOMA: **24/06/2021-00:00**

MATERIAL

TIPO:	SUELO	MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA
DESCRIPCIÓN:	S-01 SPT 13.40 - 13.75	MUESTREO POR:	JOSE LUIS MARTINEZ VELEZ
PROCEDENCIA:	S-01 SPT 13.40 - 13.45	LOTE LABORATORIO:	
LUGAR DE TOMA:	S-01	LOTE CLIENTE:	
UBICACIÓN:			

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

Análisis granulométrico (suelos)	UNE 103101:1995
Límites de Atterberg (suelos)	UNE 103103:1994; UNE 103104:1993
Clasificación e índice de grupo (suelos)	ASTM 2487:2000

RESULTADOS

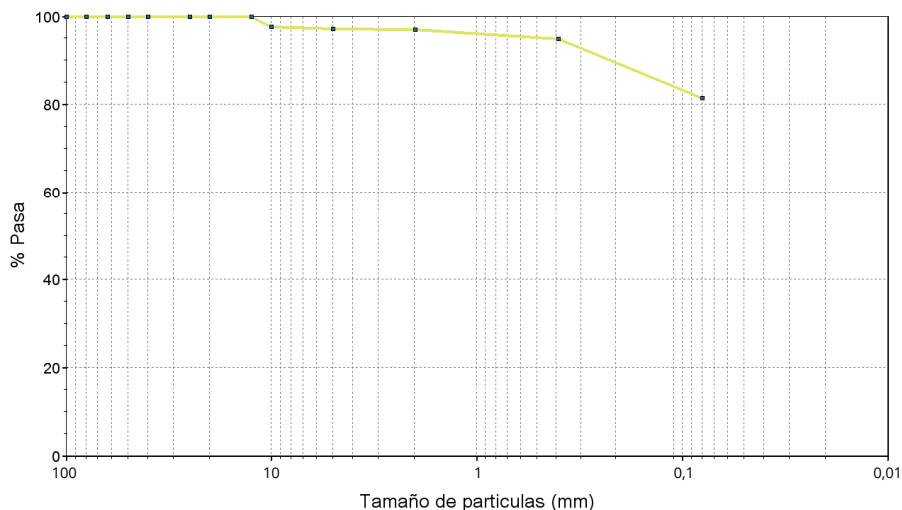
Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008145/1 Anula a:
Código de muestra: 1201/017/2021/008342(1093812)
Procedencia: S-01 SPT 13.40 - 13.45

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

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	97,6
5	97,2
2	97,0
0,4	94,9
0,080	81,4



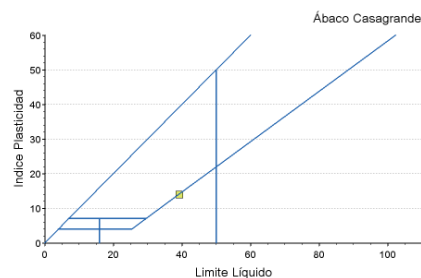
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **39,2** LÍMITE PLÁSTICO: **25,2** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **14,0**

CLASIFICACIÓN

Arcilla de Baja Plasticidad

U.S.C.S:	CL
AASHTO:	A-6
ÍNDICE DE GRUPO:	12



Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 20/07/2021

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

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DCE=30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:28:49 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=DCE=08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:28:43 +02'00'

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008142/1
Obra: CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: C/ MAUDES, 17- 1ª PTA 28003 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1640239**

CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2021/008348(1093821)**

FECHA TOMA: **24/06/2021-00:00**

MATERIAL

TIPO:	SUELO	MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA
DESCRIPCIÓN:	S-02 MI 5.80 - 6.40	MUESTREO POR:	JOSE LUIS MARTINEZ VELEZ
PROCEDENCIA:	S-02 MI 5.80 - 6.40	LOTE LABORATORIO:	
LUGAR DE TOMA:	S-02	LOTE CLIENTE:	
UBICACIÓN:			

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

Determinación de la humedad mediante secado en estufa (suelos)	UNE 103300:1993
Determinación de la densidad aparente (balanza hidrostática) (suelos)	UNE 103301:1994
Análisis granulométrico (suelos)	UNE 103101:1995
Límites de Atterberg (suelos)	UNE 103103:1994; UNE 103104:1993
Clasificación e índice de grupo (suelos)	ASTM 2487:2000
Cambio potencial de volumen por el método Lambe (suelos)	UNE 103600:1996

RESULTADOS

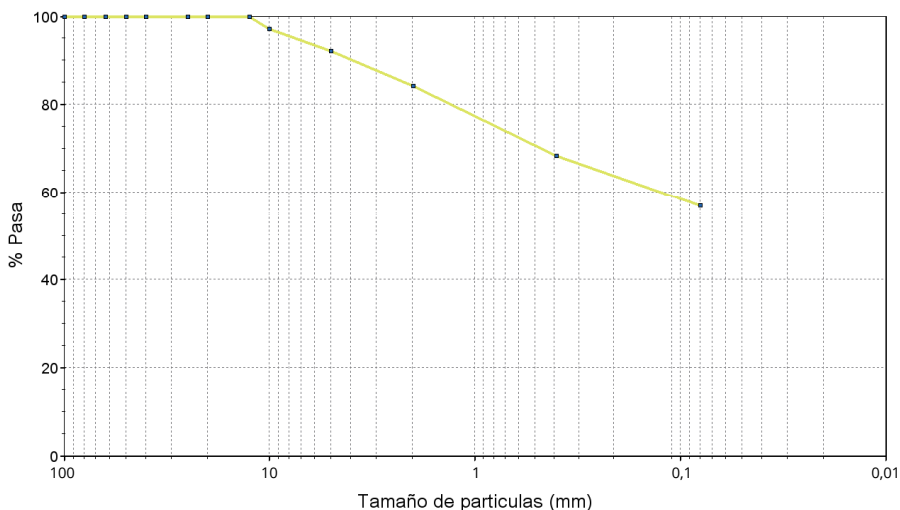
Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008142/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008348(1093821)
Procedencia: S-02 MI 5.80 - 6.40

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

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	97,1
5	92,1
2	84,3
0,4	68,3
0,080	56,8



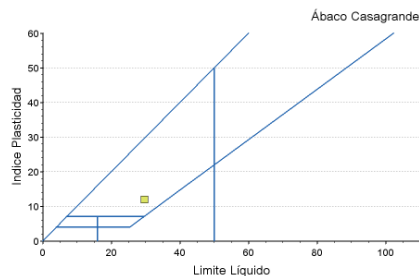
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **29,6** LÍMITE PLÁSTICO: **17,6** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **11,9**

CLASIFICACIÓN

Arcilla de Baja Plasticidad

U.S.C.S:	CL
AASHTO:	A-6
ÍNDICE DE GRUPO:	4



DENSIDAD Y HUMEDAD

DENSIDAD - UNE 103301

HÚMEDA (g/cm³):	2,15
SECA (g/cm³):	1,81

HUMEDAD - UNE 103201

HUMEDAD (%): **18,9**

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008142/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008348(1093821)
Procedencia: S-02 MI 5.80 - 6.40

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

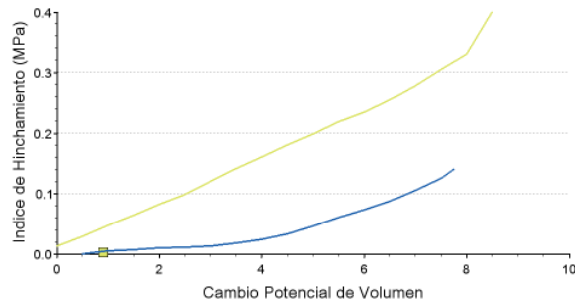
EXPANSIVIDAD DE UN SUELO EN APARATO LAMBE

DATOS DE LA CÉLULA

DIÁMETRO (mm): **70,00**
ALTURA (mm): **16,00**
ÁREA (mm²): **3848,45**

DATOS DE LA MUESTRA

HUMEDAD DE TRABAJO (%): **0,0**
HUMEDAD LÍMITE PLÁSTICO Wp (%): **17,4**
FUERZA A LAS 2 HORAS (N): **12090,26**



ÍNDICE DE HINCHAMIENTO (MPa): **0,0025**

CAMBIO POTENCIAL DE VOLUMEN: **0,9**

CALIFICACIÓN DEL CPV: **NO CRÍTICO**

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA

Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 20/07/2021

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ

Responsable de Ensayos Físicos
Ldo. en Geología

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digital signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=IDCES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:29:56 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digital signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=IDCES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:29:50 +02'00'

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008146/1
Obra: CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: C/ MAUDES, 17- 1ª PTA 28003 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1640240** CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2021/008349(1093822)** FECHA TOMA: **24/06/2021-00:00**

MATERIAL

TIPO:	SUELO	MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA
DESCRIPCIÓN:	S-02 SPT 6.40 - 7.00	MUESTREO POR:	JOSE LUIS MARTINEZ VELEZ
PROCEDENCIA:	S-02 SPT 6.40 - 7.00	LOTE LABORATORIO:	
LUGAR DE TOMA:	S-02	LOTE CLIENTE:	
UBICACIÓN:			

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

Determinación del contenido de sulfatos solubles (cuantitativo) (suelos)	UNE 103201:2019
Determinación de la acidez Bauman-Gully (suelos)	UNE 83962:2008

RESULTADOS

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

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008146/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008349(1093822)
Procedencia: S-02 SPT 6.40 - 7.00

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ANÁLISIS QUÍMICO

SULFATO (% SO ₃):	0,03	SALES SOLUBLES (g/100g suelo):	-
MATERIA ORGÁNICA (%):	-	YESOS (%):	-
CARBONATOS (% CaCO ₃):	-		

AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL SUELO FRENTE AL HORMIGÓN

PARÁMETROS	NORMA	RESULTADO	TIPO DE EXPOSICIÓN		
			Qa - ATAQUE DEBIL	Qb - ATAQUE MEDIO	Qc - ATAQUE FUERTE
ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg):	UNE 83962	13,33	> 200	NO APLICABLE	NO APLICABLE
IÓN SULFATO (mg SO ₄ -2kg suelo seco):	UNE 83963	338	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000
EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:		NO AGRESIVA			

Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 20/07/2021

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

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DCE=30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:31:27 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=DCE=08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:31:22 +02'00'

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008147/1
Obra: CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: C/ MAUDES, 17- 1ª PTA 28003 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1640241** CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2021/008350(1093823)** FECHA TOMA: **24/06/2021-00:00**

MATERIAL

TIPO:	SUELO	MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA
DESCRIPCIÓN:	S-02 SPT 9.30 - 9.40	MUESTREO POR:	JOSE LUIS MARTINEZ VELEZ
PROCEDENCIA:	S-02 SPT 9.30 - 9.40	LOTE LABORATORIO:	
LUGAR DE TOMA:	S-02	LOTE CLIENTE:	
UBICACIÓN:			

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

Análisis granulométrico (suelos)	UNE 103101:1995
Límites de Atterberg (suelos)	UNE 103103:1994; UNE 103104:1993
Clasificación e índice de grupo (suelos)	ASTM 2487:2000

RESULTADOS

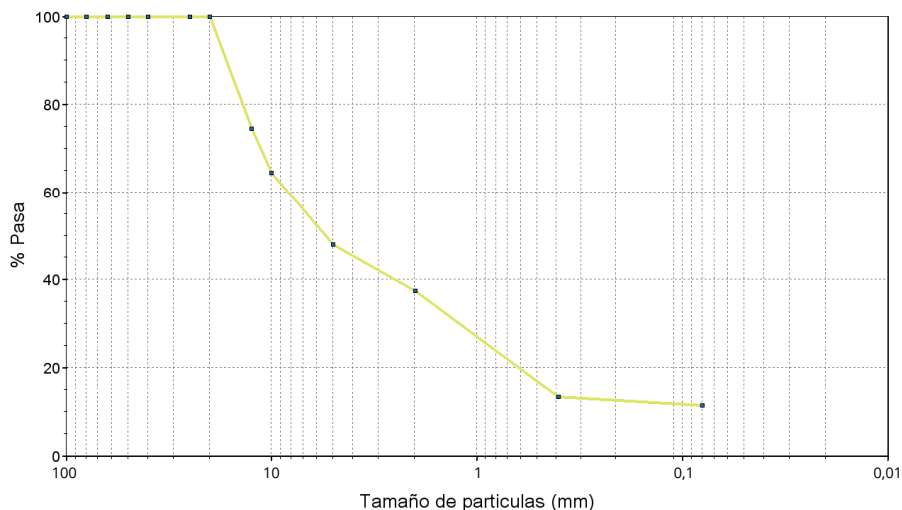
Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/008147/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008350(1093823)
Procedencia: S-02 SPT 9.30 - 9.40

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

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	74,5
10	64,5
5	47,9
2	37,4
0,4	13,4
0,080	11,4



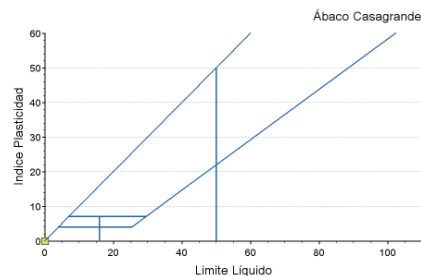
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: - LÍMITE PLÁSTICO: - ÍNDICE DE PLASTICIDAD: - **NO PLÁSTICO**

CLASIFICACIÓN

Grava Limosa Mal Graduada

U.S.C.S:	GP-GM
AASHTO:	A-1-A
ÍNDICE DE GRUPO:	0



Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 20/07/2021

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

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DCE=30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:32:21 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=DCE=08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 11:32:16 +02'00'

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/00814/2 Anula a: 017-21/008148/1
Obra: CRA TORREMOCHA DEL JARAMA
Peticionario: COMUNIDAD DE MADRID
Dirección: C/ MAUDES, 17- 1ª PTA 28003 MADRID
Contratista:
Dirección técnica:

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ENSAYO DE IDONEIDAD DE SUELOS

ALBARÁN: **1640242**

CÓDIGO DE MUESTRA: **1201/017/2021/008351(1093824)**

FECHA TOMA: **24/06/2021-00:00**

MATERIAL

TIPO:	SUELO	MODALIDAD DE MUESTREO:	GEO - MUESTREO POR GEOTECNIA
DESCRIPCIÓN:	S-02 TP 14.30 - 14.60	MUESTREO POR:	JOSE LUIS MARTINEZ VELEZ
PROCEDENCIA:	S-02 TP 14.30 - 14.60	LOTE LABORATORIO:	
LUGAR DE TOMA:	S-02	LOTE CLIENTE:	
UBICACIÓN:			

TRABAJOS REALIZADOS - De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

Determinación de la humedad mediante secado en estufa (suelos)	UNE 103300:1993
Determinación de la densidad aparente (balanza hidrostática) (suelos)	UNE 103301:1994
Análisis granulométrico (suelos)	UNE 103101:1995
Límites de Atterberg (suelos)	UNE 103103:1994; UNE 103104:1993
Clasificación e índice de grupo (suelos)	ASTM 2487:2000
Ensayo de compresión simple (suelos)	UNE 103400:1993

MOTIVO CAMBIO DE VERSIÓN DE ACTA:

-

RESULTADOS

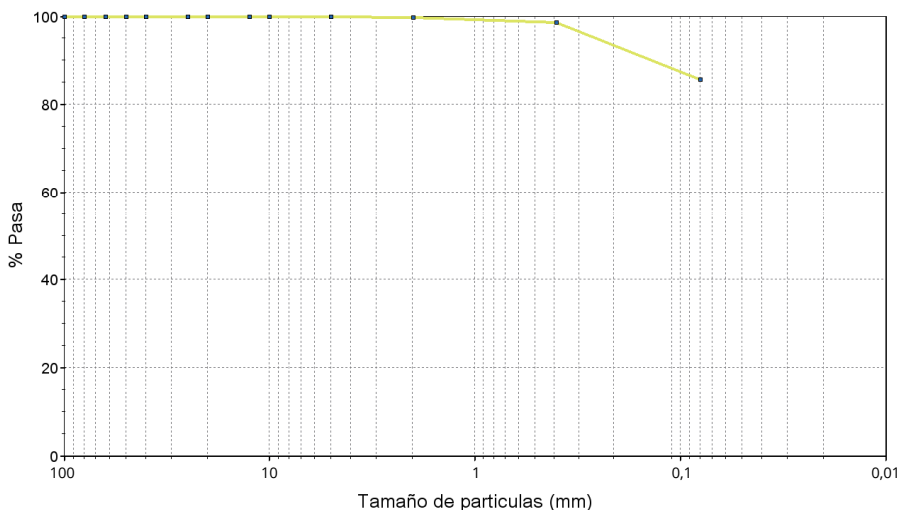
Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/00814/2 Anula a: 017-21/008148/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008351(1093824)
Procedencia: S-02 TP 14.30 - 14.60

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

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	99,9
2	99,8
0,4	98,7
0,080	85,6



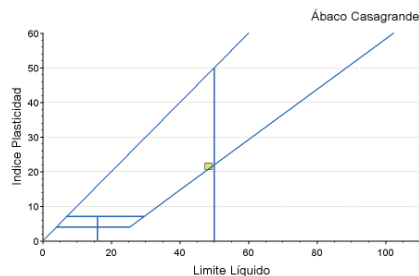
LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO: **48,2** LÍMITE PLÁSTICO: **26,8** ÍNDICE DE PLASTICIDAD: **21,5**

CLASIFICACIÓN

Arcilla de Baja Plasticidad

U.S.C.S:	CL
AASHTO:	A-7-6
ÍNDICE DE GRUPO:	20



DENSIDAD Y HUMEDAD

DENSIDAD - UNE 103301

HÚMEDA (g/cm³):	2,07
SECA (g/cm³):	1,64

HUMEDAD - UNE 103201

HUMEDAD (%): **25,7**

Expediente: **O/2005036/17/01**
Nº acta: 017-21/00814/2 Anula a: 017-21/008148/1
Código de muestra: 1201/017/2021/008351(1093824)
Procedencia: S-02 TP 14.30 - 14.60

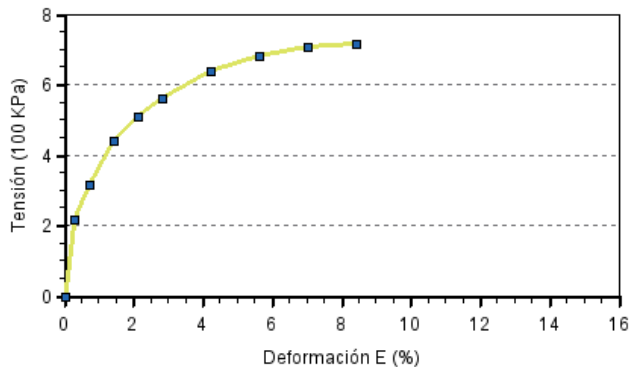
LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN RD 410/2010

ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE

ENSAYO CON MUESTRA INALTERADA

DIÁMETRO (cm):	7,2
ALTURA (cm):	14,3
HUMEDAD (%):	25,66
R. COMP. SIMPLE (Kpa):	715
R. COMP. SIMPLE (Kp/cm²):	7,17
DEFORM. EN ROTURA (%):	8,40
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³):	2,07
DENSIDAD SECA (g/cm³):	1,65

FORMA DE ROTURA



Fdo. JOSE SERRANO CORDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Ldo. en Geología

Madrid a 20/07/2021

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

SERRANO CORDOBA JOSE -
30829065A

Digitally signed by SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A
DN: cn=SERRANO CORDOBA JOSE - 30829065A, sn=SERRANO CORDOBA,
givenName=JOSE, c=ES, serialNumber=DICES-30829065A
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 12:39:29 +02'00'

FOLGADO FERNANDEZ LIDIA -
08926624W

Digitally signed by FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W
DN: cn=FOLGADO FERNANDEZ LIDIA - 08926624W, sn=FOLGADO FERNANDEZ,
givenName=LIDIA, c=ES, serialNumber=DICES-08926624W
Reason: I attest to the accuracy and integrity of this document
Date: 2021.07.20 12:39:22 +02'00'



ANEJO 6. ANEJO DE CÁLCULOS

CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN TODO TIPO DE SUELOS



Peticionario CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.

Trabajo INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACION DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (M)

Expediente O/2005036/17/01

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)

10,0 15,0 20,0 25,0 30,0

¿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

$\beta = 0$

Si $\beta > 4/2$ se recomienda llevar a cabo un estudio específico de estabilidad global

¿Salud 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 $2\beta c_k$

$2\beta c_k =$ KPa

Factor de seguridad

Situación persistente

$\gamma_R = 3$

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL TERRENO

Resistencia al corte

$\phi_k = 0$ c_k y ϕ_k representativos de una profundidad entre B y 1.5-B, a contar desde la base de la cimentación

$c_k = 77,5$ KPa

En situaciones sin drenaje, ¿ c_u aumenta linealmente con la profundidad?

No

z m	c_u kPa
10,0	30
15,0	50

Peso específico por debajo de la base de cimentación

$\gamma' = 21,8$ KN/m³ En cálculo a corto plazo considerar peso específico aparente

$\gamma_{ap} = 21,8$ KN/m³

B* m	c_k kPa	γ_k KN/m ³
10,0	77,5	21,8
15,0	77,5	21,8
20,0	77,5	21,8
25,0	77,5	21,8
30,0	77,5	21,8

Sobrecarga al nivel de la base de la cimentación

¿Tener en cuenta? Si $\gamma_{ap}(\text{sup}) = 21,8$ KN/m³

H = 0,50 m

$q_{ok} = 10,9$ KPa

Para contar con el término de sobrecarga q_{ok} 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

Factores de capacidad de carga	
$N_c =$	5,14
$N_q =$	1,00
$N_\gamma =$	

Influencia de la proximidad de un talud a la cimentación	
$i_c =$	1,00
$i_q =$	1,00
$i_\gamma =$	1,00

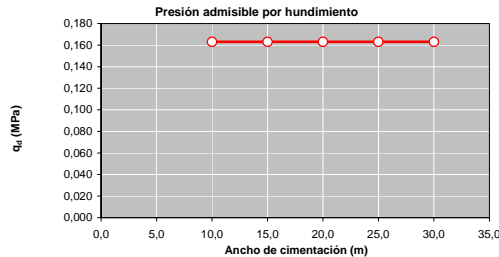
B* (m)	Losa (L*=B*)				
	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00
Influencia de la resistencia al corte del terreno situado sobre la base de la cimentación					
$d_c =$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$d_q =$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$d_\gamma =$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Influencia de la forma de la cimentación					
$s_c =$	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
$s_q =$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$s_\gamma =$	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Influencia de la inclinación de la resultante de acciones sobre la cimentación
(A considerar en fase de proyecto)

$$i_c = \frac{i_q N_q - 1}{N_q - 1}; \text{ para } \phi_k = 0 : i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{B \cdot L \cdot c_k}} \right) \quad i_q = (1 - 0,7 \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L)$$

$$i_\gamma = (1 - \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L)$$

PRESIÓN VERTICAL ADMISIBLE POR HUNDIMIENTO



Ancho de cimentación m	Losa de cimentación	
	q_{adm} MPa	
10,0	0,163	
15,0	0,163	
20,0	0,163	
25,0	0,163	
30,0	0,163	

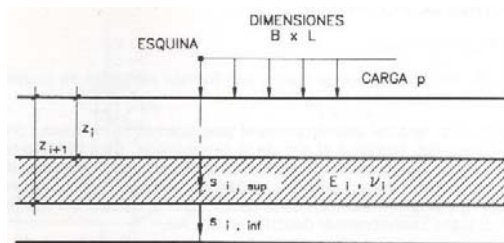
CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN TODO TIPO DE SUELOS



Peticionario CAM. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN.
Trabajo INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACION DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (M)
Expediente O/2005036/17/01

CALCULO DE LA PRESION VERTICAL ADMISIBLE DE SERVICIO

CALCULO ELASTICO DE ASIENTOS - METODO DE STEINBRENNER



Asiento en profundidad

Acortamiento del estrato

$$s(z) = \frac{p \cdot B}{2 \cdot E} (A \cdot \phi_1 - B \cdot \phi_2)$$

$$\dot{s} = s_i(z_i) - s_i(z_{i+1})$$

siendo:

$$A = 1 - \nu^2$$

$$B = 1 - \nu - 2\nu^2$$

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \left(\ln \frac{t+n}{t-n} + n \cdot \ln \frac{t+1}{t-1} \right)$$

$$\phi_2 = \frac{m}{\pi} \arctg \frac{n}{t \cdot m}$$

$$m = \frac{z}{B}$$

$$n = \frac{L}{B}$$

$$t = (1 + n^2 + m^2)^{\frac{1}{2}}$$

Asiento bajo el centro

$$s(\text{centro}) = s(\text{esquina}) \times 2$$

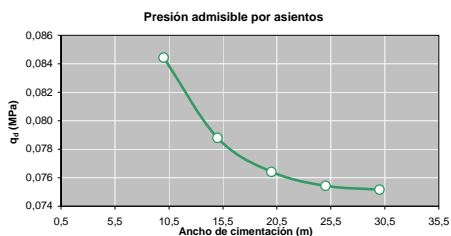
APLICABILIDAD

- Arcillas sobreconsolidadas en con las presiones aplicadas por el edificio no se llegue a superar la presión de sobreconsolidación y no se produzcan plastificaciones locales
- A efectos prácticos, esta última condición se cumple si la resistencia a compresión simple es superior a la presión de servicio transmitida por el edificio
- Suelos granulares con una proporción en peso de partículas de más de 20mm superior al 30%

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL TERRENO

	UNIDAD GEOTÉCNICA	Prof. inicial m	Prof. final m	Espesor m	E MPa	v
NIVEL 1	UG.1		6,9	6,9	8,0	0,3
NIVEL 2	UG.2	6,9	10,9	4,0	40,0	0,3
NIVEL 3	UG.3	10,9	30,0	19,1	50,0	0,3
NIVEL 4						
NIVEL 5						
Total				30,0		

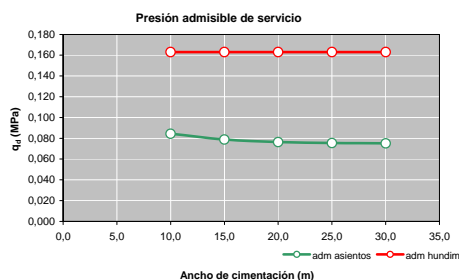
PRESION VERTICAL ADMISIBLE POR ASIENTOS



Asiento admisible
3,5 cm

Ancho de cimentación m	Losa	
	qadm MPa	
10,0	0,084	
15,0	0,079	
20,0	0,076	
25,0	0,075	
30,0	0,075	

PRESION VERTICAL ADMISIBLE DE SERVICIO



Ancho de cimentación m	Losa	
	q's MPa	Limitación
10,0	0,084	Asientos
15,0	0,079	Asientos
20,0	0,076	Asientos
25,0	0,075	Asientos
30,0	0,075	Asientos

VALORES DE Ksp30 DEDUCIDOS DEL CALCULO DE ASIENTOS

FORMULACIÓN BÁSICA

$$k_{sB} = k_{sp30} \frac{0,3}{B}$$

RESULTADO

Módulo de Balasto

Ancho de cimentación m	Losa	
	KsB MN/m ³	Ksp30 MN/m ³
10,0	2,4	80
15,0	2,3	113
20,0	2,2	146
25,0	2,2	180
30,0	2,1	215

Valor medio de Ksp30

147 MN/m³



APÉNDICE 1. HOJA DOCUMENTAL

FICHA DOCUMENTAL

El presente documento, de título **INFORME GEOTÉCNICO SOBRE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN PARA AMPLIACION DE 3 AULAS EN EL CEIP TORREMOCHA DEL JARAMA (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:

Manuel Bermejo Martínez



Manuel Bermejo Martínez

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