
ANEJO Nº 3

ESTUDIO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO

Ampliación del depósito y bombeo de
Montes de Cierzo, en Tudela
(Navarra)

Junta Municipal de Aguas de Tudela
Oficina Técnica



ANEJO Nº 3. ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Estudio realizado por LABORATORIOS ENTECSA, S.A.



Proyecto Geológico-Geotécnico



Proyecto Geológico-Geotécnico. Documento 1 texto	
Cliente	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA
Obra: 25316	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)
Nº Albarán: 163270	Página 1 de 19
Editado e impreso por ©Laboratorios Entecsa. Reproducción prohibida. Este proyecto geotécnico sólo puede reproducirse totalmente con la autorización por escrito de la empresa Laboratorios Entecsa®	

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo, Tudela (Navarra)



Índice

Documento 1. TEXTO

1	Antecedentes.....	3
2	Objetivo del reconocimiento geotécnico.....	3
3	Acreditaciones oficiales para la realización del proyecto geotécnico.....	3
4	Descripción de la obra proyectada y del solar.....	3
4.1	Descripción y localización del solar.....	3
4.2	Descripción de la obra proyectada.....	4
5	Campaña geotécnica.....	4
5.1	Normativa utilizada.....	4
5.2	Justificación de la campaña. Trabajos de campo.....	4
6	Encuadre geológico.....	5
6.1	Situación geológica. Estratigrafía y naturaleza del terreno.....	5
6.2	Hidrogeología.....	5
6.3	Tectónica.....	6
6.4	Geomorfología.....	6
6.5	Sismicidad.....	6
6.6	Inundabilidad.....	7
7	Trabajos realizados.....	7
7.1	Sondeos de reconocimiento.....	7
7.1.1	Perfil litológico.....	8
7.1.2	Nivel freático.....	9
7.1.3	Ensayo estándar de penetración (SPT).....	10
7.2	Ensayo de penetración dinámica.....	10
7.3	Ensayos de laboratorio.....	11
7.3.1	Toma de muestras.....	11
7.3.2	Resultados obtenidos.....	11
8	Propiedades geotécnicas de los materiales.....	12
8.1	Rellenos.....	12
8.2	Limos y arenas aluviales. UG-1.....	12
8.3	Gravas aluviales. UG-2.....	13
9	Análisis de la cimentación.....	13
10	Parámetros de cálculo.....	14
10.1	Cálculo de tensionesCálculo de tensiones.....	14
10.1.1	Tensiones admisibles a partir de la carga de hundimiento.....	14
10.1.2	Tensiones admisibles a partir de asentos.....	16
10.1.3	Resumen. Tensiones admisibles.....	17
10.2	Excavabilidad.....	18
10.3	Taludes.....	18
10.4	Cimentación de grúas y elementos auxiliares.....	18
11	Recomendaciones y conclusiones.....	18
12	Limitaciones del estudio.....	19

Documento 2. ANEJOS

- ANEJO 1: PLANO DE SITUACIÓN DE LOS TRABAJOS
- ANEJO 2: SITUACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA
- ANEJO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO
- ANEJO 4: PERFILES DE CORRELACIÓN
- ANEJO 5: TRABAJOS DE CAMPO

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



1 ANTECEDENTES

A solicitud de la junta municipal de aguas de Tudela, se emite presupuesto para la realización de un estudio geotécnico del terreno para la ampliación del depósito de aguas en Montes del Cierzo, término de Tudela (Navarra).

El presupuesto emitido es aceptado, realizándose los trabajos de campo que se recogen en el presente informe, en fecha 6 de febrero de 2018.

Se hace llegar al personal del departamento de Geotecnia y Cimientos de Laboratorios Entecsa S.A., la siguiente documentación para la ejecución del proyecto geotécnico

- Plano de situación.
- Plano de situación actual y propuesta de rehabilitación.

2 OBJETIVO DEL RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO

El objetivo de este proyecto geotécnico es dar a conocer al peticionario y al proyectista el perfil del terreno existente en la parcela (determinar la naturaleza, espesor y distribución de los materiales que aparecen en la zona de estudio), las características y propiedades geotécnicas de cada uno de los materiales que aparecen en la zona de estudio, situar el nivel freático, determinar la carga admisible del terreno (con objeto de recomendar la cimentación más apropiada y estimar los asentamientos generados bajo estas condiciones), y otras recomendaciones en cuanto a las características de los taludes, excavabilidad del terreno, tipo de hormigón a utilizar en función de la agresividad del terreno y otras recomendaciones que se consideren oportunas, con el fin de ofrecer todos los datos necesarios para el cálculo de las estructuras proyectadas.

3 ACREDITACIONES OFICIALES PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO GEOTÉCNICO

Laboratorios Entecsa® está inscrito en el Registro General de Laboratorios Acreditados del Ministerio de vivienda en varias áreas de acreditación, para la realización de este proyecto geotécnico se destacan:

- (GTC)- Área de sondeos, toma de muestras y ensayos in situ para reconocimientos geotécnicos
- (GTL)- Área de ensayos de laboratorio de geotecnia

4 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA PROYECTADA Y DEL SOLAR

4.1 DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL SOLAR

La parcela de actuación corresponde a la parcela 170 del polígono 25, término municipal de Tudela (Navarra).

Registro de la Riqueza Territorial - Catastro de Navarra

Consulta de referencia catastral

Municipio: TUDELA (232)
Polígono: 25
Parcela: 170
Paraje: Cza Santico
Superficie: 19.501,01 m²
----- Opciones para la Parcela -----

Subparcelas rústicas

Bien Inmueble	SUBPARCELA	Tipo de Tierra	Cultivo	Clase	Superficie (m²)
310000000001379381PT *	A	SECANO	T. LABOR SECANO	300	12.599,49
310000000001379381PT *	B	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	0	644,74
310000000001379381PT *	C	FORESTAL-PASTOS	PASTOS	300	6.256,78

Figura 1: Descripción de la parcela.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)





Figura 2: Situación de la zona de estudio (<https://catastro.navarra.es>)

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA PROYECTADA

El proyecto contempla la construcción, junto al depósito actual, de un nuevo depósito de agua de 22x33 metros y unos 6 metros de altura, de los cuales unos 3 metros van enterrados. geotécnico.

5 CAMPAÑA GEOTÉCNICA

Se determina la realización de la Campaña: CTE.

5.1 NORMATIVA UTILIZADA

- NCSR-02. Norma de la construcción sismorresistente: Parte general y edificación
- Código Técnico de la Edificación. Seguridad Estructural. Cimientos
- Normas UNE, relativas a los procedimientos de ensayo ejecutados “in situ” o en el laboratorio
- Normas EHE. Instrucción de hormigón estructural.

5.2 JUSTIFICACIÓN DE LA CAMPAÑA. TRABAJOS DE CAMPO

De acuerdo con las características de la obra proyectada según la información facilitada y el tipo de terreno que previsiblemente puede aparecer en la zona de estudio por su emplazamiento geológico, la campaña geotécnica se clasifica según el CTE:

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	GRUPO DE TERRENO	SUPERFICIE OCUPADA (PLANTA/CONSTRUIDA)
C-1	T-1	726 m² (nueva construcción)

Las técnicas que se han utilizado son las adecuadas para asegurar el conocimiento de las características del terreno así como su grado de homogeneidad, en este caso se han utilizado:

- 2 sondeos mecánicos a rotación con extracción continua de muestra.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



- 2 pruebas de penetración dinámica superpesada, según Norma UNE – ENE ISO 22476 -2 2008.
- Pruebas de penetración estándar, según Norma UNE – EN ISO 22476 – 3 2006, realizadas en los sondeos de investigación.

6 ENCUADRE GEOLÓGICO.

6.1 SITUACIÓN GEOLÓGICA. ESTRATIGRAFÍA Y NATURALEZA DEL TERRENO

Geológicamente, la zona estudiada y sus alrededores se encuentran ubicados en la Cuenca Terciaria del Ebro. Esta cuenca se estructuró a lo largo del Terciario como consecuencia de la orogenia Alpina y de una regresión que tuvo lugar asociada a ésta; la orogenia Alpina produjo, junto con el levantamiento de las cordilleras Ibérica y Pirenaica, una serie de fallas que facilitaron la formación de una fosa. La posterior erosión de las cordilleras levantadas provocó el relleno de la cuenca y esto, la regresión de las aguas marinas que por aquel entonces recubrían lo que hoy es el valle del Ebro. Finalmente, durante el Cuaternario, se produjo la sedimentación de depósitos fluviales y aluviales sobre los materiales preexistentes.

Los materiales aflorantes en la zona de actuación corresponden a depósitos aluviales cuaternarios pertenecientes al sistema de terrazas aluviales del río Ebro. Concretamente corresponden con el conjunto de terrazas medias – altas del río Ebro, probablemente la QT5, situada a una altura relativa entre 5 - 10 metros sobre la actual llanura aluvial. Están formadas por gravas con matriz arenolimosas, que representan las facies de cauce fluvial de mayor energía, limos arenosos y arcillosos y arcillas más o menos limosas, correspondientes a facies de decantación en régimen de llanura de inundación.

El sustrato terciario aflora al sur del polígono industrial, estando representado por arcillas rojas con niveles de calizas, correspondientes a la Formación Tudela (Mioceno).

El depósito de aguas de Montes del Cierzo se sitúa sobre los materiales aluviales de la terraza alta del río Ebro, concretamente sobre la T2, terraza alta colgada y situada entre 100 – 110 metros de altura con respecto al nivel actual del río.

6.2 HIDROGEOLOGÍA

El sustrato terciario, representado por las arcillas de la Formación Alfaro, presenta un carácter marcadamente impermeable.

En cuanto a la cobertera cuaternaria aluvial existente en la zona de estudio, constituye en el ámbito regional unos depósitos granulares con una elevada porosidad y permeabilidad intergranular de tipo primario, que en los tramos donde se encuentra saturado da lugar a un acuífero de entidad regional, catalogada según Confederación Hidrográfica del Ebro como unidad 049, aluvial del Ebro – Aragón, Lodosa – Tudela. Se trata de un acuífero intergranular, generalmente con carácter libre, desarrollado principalmente a favor de las terrazas aluviales (gravas y arenas) del sistema Ebro y sus afluentes, con el que interrelacionan ocasionalmente glacia.

El acuífero está constituido por el cuaternario aluvial, formado por las terrazas conectadas con el río y los aluviales actuales de los ríos Ebro, Cidacos, Alhama, Arga, Ega y Aragón. También está formada por depósitos terciarios continentales (arenas y areniscas). La terraza baja conectada con el río se encuentra a una altura máxima de 10 metros respecto al cauce aluvial. Los espesores se sitúan entre los 10 metros en los afluentes y hasta 35 metros en el sector central.

El flujo de las aguas subterráneas coincide en general con el de las aguas superficiales, modificadas local y temporalmente por las extracciones y durante las crecidas, que invierten el sentido de la relación río acuífero, pasando de ser en condiciones normales dren a alimentar en época de avenida.

CHE dispone de cuatro piezómetros de su red piezométrica situados en esta unidad hidrogeológica.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)

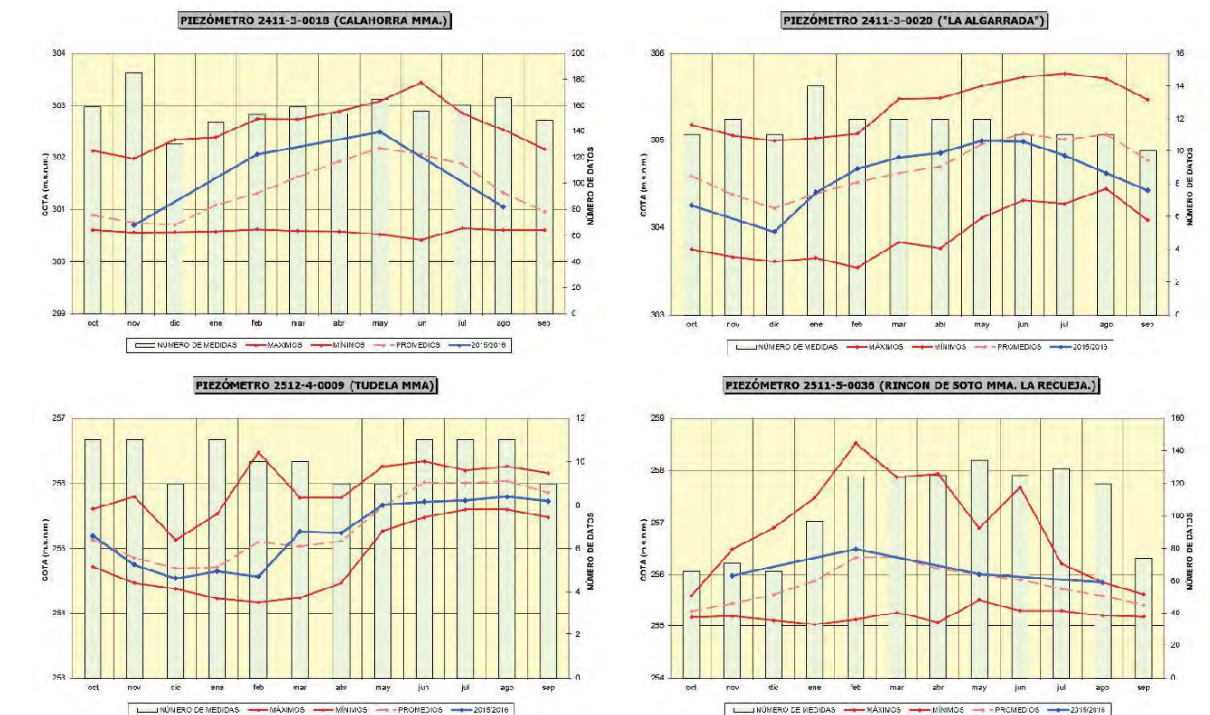


Figura 3: Fichas estadísticas piezómetros UH 09. Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro. <http://www.chebro.es>

En general, los niveles piezométricos registrados presentan variaciones del orden de 3 – 3,5 metros, correspondiendo el nivel en la fecha medida a valores piezométricos medios - altos del acuífero, pudiéndose estimar que pueden existir máximos piezométricos que pueden elevar el nivel actual en torno a 1 – 1,5 metros respecto al nivel registrado en el sondeo.

La parcela de estudio se sitúa fuera del ámbito del acuífero aluvial, sobre los depósitos de terraza alta y por lo tanto desconectados del régimen general del acuífero. Puede existir flujo ocasional de agua en el contacto entre la terraza aluvial (en general de alta permeabilidad) y el sustrato terciario (formación Tudela), de permeabilidad baja a muy baja, de la formación Alfaro, de carácter muy impermeable. Puede existir circulación o flujo de, de carácter estacional o asociado a períodos de riego o lluvias.

6.3 TECTÓNICA

Desde un punto de vista tectónico, el área de estudio no presenta ningún tipo de interés. Los accidentes tectónicos que pueden afectar al terciario se encuentran en los bordes de cuenca, que se encuentran lejos del área de estudio. Por su parte, los movimientos de tipo halocinético asociados a deformaciones por yesos tampoco afectan la zona, ya que las facies yesíferas han desaparecido, estando únicamente representadas en los afloramientos de Arguedas.

El terciario presenta una serie monoclinas monótona con buzamientos subhorizontales o ligeros buzamientos de 1 – 5° hacia el sur. Sobre él, discordante, los recubrimientos cuaternarios no reflejan ninguna actividad reciente.

6.4 GEOMORFOLOGÍA

Señalar el efecto modelar de la red fluvial sobre la zona, responsable tanto de la formación de los distintos niveles de terraza como de su posterior modelado, modelado que se ve complementado por la acción antrópica, principalmente de tipo agrícola.

6.5 SISMICIDAD

El territorio nacional se encuentra dividido en zonas sísmicas:

- Con aceleración sísmica de $a_b < 0.04 g$
- Con aceleración sísmica de $0.04g < a_b < 0.08g$

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



- Con aceleración sísmica de $0.08g < a_b < 0.12g$
- Con aceleración sísmica de $0.12g < a_b < 0.16g$
- Con aceleración sísmica de $0.16g < a_b$

La aceleración sísmica viene definida por la expresión: $a = S \times p \times a_b$, siendo p =coeficiente de riesgo en función del periodo de vida con el que se proyecta la construcción y S un coeficiente de amplificación de terreno dependiente del valor de $p \times a_b$.

Dado que el área donde se ubica la zona de estudio está caracterizada por tener una aceleración sísmica menor de 0.04, según la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02) no será necesario tomar en consideración medidas contra los efectos sísmicos en las estructuras de la edificación en las que se aplique la citada norma.

6.6 INUNDABILIDAD

Según la cartografía de zonas inundables (<http://iber.chebro.es/geoportal/>) la zona de actuación no presenta riesgo de inundación por avenidas, situándose fuera de las zonas inundables cartografiadas por CHE.

7 TRABAJOS REALIZADOS

Se han realizado dos (2) sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo, y dos (2) ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH hasta rechazo, cuya ubicación puede consultarse en el anejo nº 1. Sobre muestras representativas de los diferentes tipos de suelos, se han realizado los correspondientes ensayos de laboratorio

Los trabajos de campo se ejecutaron en fecha 6 de febrero de 2018.

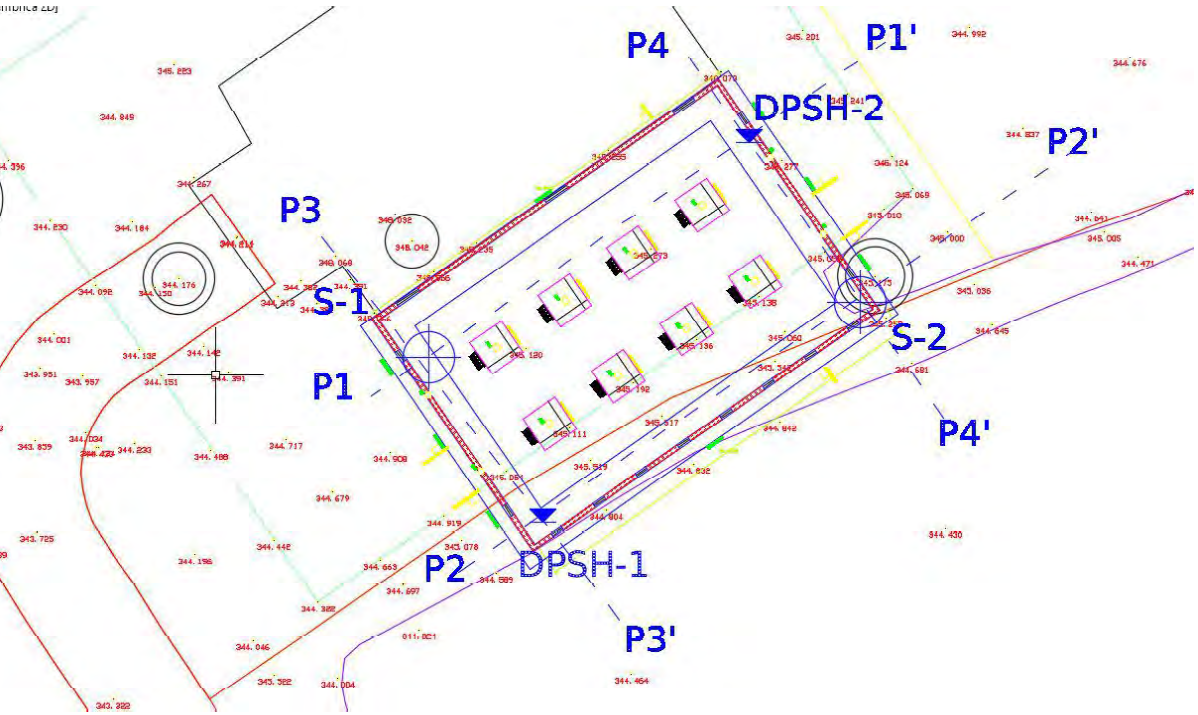


Figura 4: Situación de los puntos de investigación.

7.1 SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

Los sondeos alcanzaron una profundidad de investigación de 8,40 metros, habiéndose perforado un total de 16,80 metros.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



Para su realización se ha empleado una máquina de rotación con circulación directa y empuje hidráulico TECOINSA TP30 montada sobre vehículo LAND ROVER DEFENDER, utilizándose un diámetro máximo de perforación de 113 mm.

Los testigos recuperados, así como las correspondientes muestras plastificadas, fueron colocados en cajas de cartón parafinadas que, debidamente organizadas (ver anejo fotográfico), fueron trasladadas al laboratorio, para ser examinadas por personal técnico especializado.

Las columnas litológicas del sondeo se pueden consultar en el anejo nº 4, adjunto al final de la presente memoria.

7.1.1 Perfil litológico

El perfil litológico que se observa en los sondeos realizados está compuesto por los siguientes niveles litológicos.

- Rellenos antrópicos (UG-1): Constituyen el nivel superior de suelo vegetal y terreno alterado, de unos 30 – 50 cm de espesor. No obstante, se incluyen en este apartado el primer tramo granular identificado en los sondeos, constituidos por gravas con abundante matriz areno limosa de color marrón – grisácea no plástica y compacidad medianamente densa y cuya base se alcanza a 1,80 metros en el sondeo 1 y a 1,30 metros en el sondeo 2. La atribución de este nivel resulta un poco dudosa, aunque se piensa que puede tratarse de materiales procedentes de la propia excavación y extensión alrededor del depósito antiguo, por lo tanto, de idénticas características litológicas y difíciles de diferenciar, si bien parecen tener una estructura un tanto desordenada.
- Arenas limosas y limos arenosos (UG-2). Constituyen el término superior de los depósitos aluviales, desarrollándose entre los 1,30 – 1,80 y los 5,70 – 6,10 metros de profundidad. Constituidos por arenas marrón – rojizas con abundante matriz limosa no plástica y limos arenosos no plásticos. Presentan una compacidad medianamente densa (N_{30} característico de 17). Se corresponden con depósitos aluviales en régimen de baja energía (llanura de inundación).
- Gravas con matriz arenosa (UG-3). Cantos calizos, centilo sobre los 8 cm y tamaño medio en torno a los 3 – 4 cm, redondeados a subredondeados, textura parcialmente granosostenida. Matriz areno limosa de color marrón claro, no plástica. Compacidad densa a muy densa. Se prolonga por debajo de la profundidad de investigación alcanzada en los sondeos, presentando en la zona espesores que no suelen superar los 10 – 12 metros

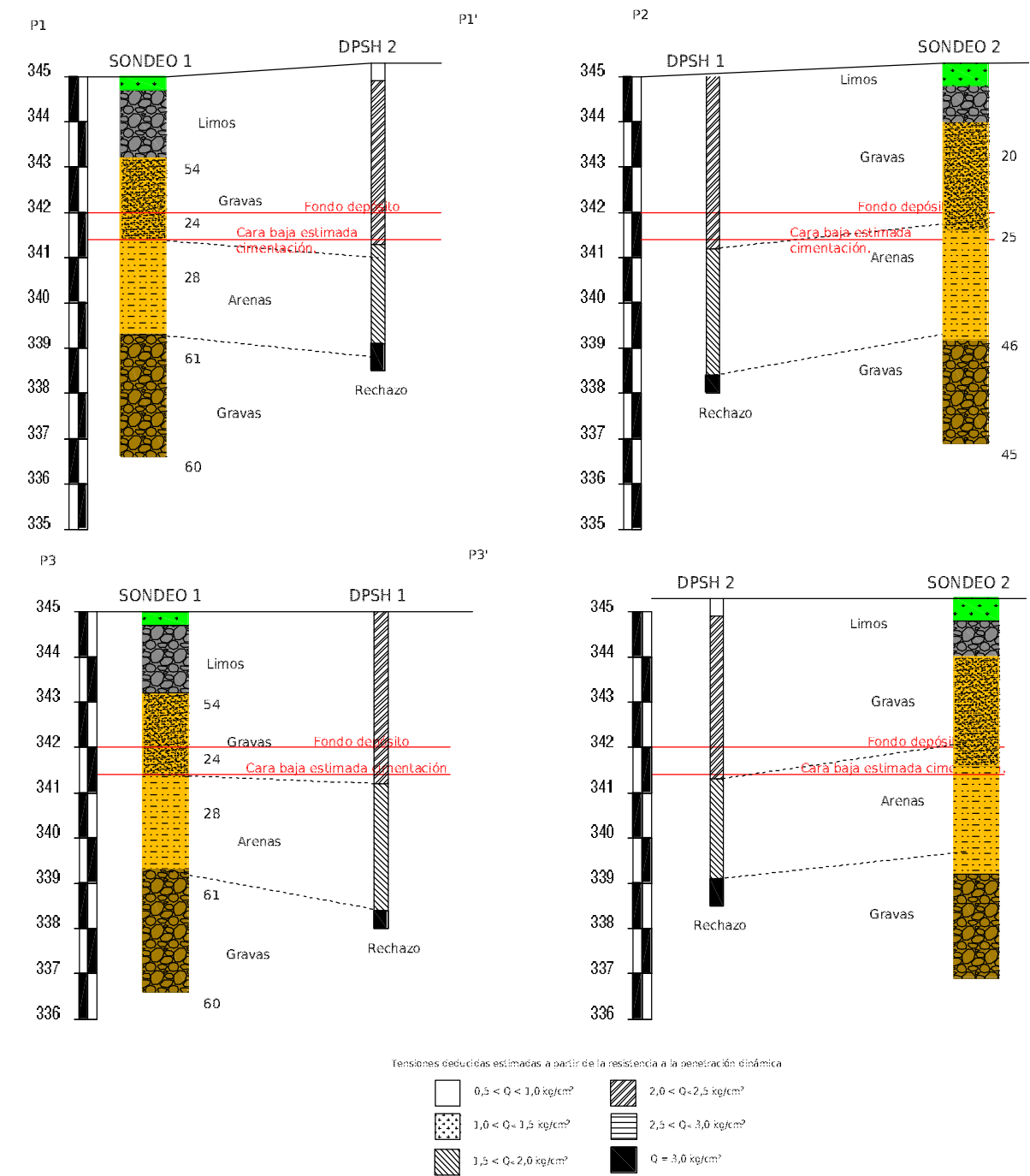


Figura 5: Perfiles geotécnicos.

7.1.2 Nivel freático

Durante la realización de los trabajos de campo en fecha 6 de febrero de 2018, no se ha identificado la presencia de nivel freático en el sondeo de reconocimiento, siendo la profundidad máxima de investigación alcanzada de 8,40 metros.

Se debe tener en cuenta que el nivel freático no se trata de un nivel estable, sino que puede sufrir continuas variaciones por épocas, decrecidas o estiajes, así como por la frecuencia de precipitaciones en las diferentes estaciones.

7.1.3 Ensayo estándar de penetración (SPT)

Dentro de los trabajos llevados a cabo durante la ejecución de los sondeos, se han realizado ensayos de penetración estándar (S.P.T.), con objeto de estimar la resistencia, así como la mayor o menor compacidad de los diferentes estratos atravesados, a partir de la determinación de la resistencia del suelo a la penetración de un tomamuestras tubular de acero, en el interior del sondeo. El ensayo se encuentra descrito en la norma UNE – EN ISO 22476-3 (julio 2006) y viene explicado en el anejo 5, trabajos de campo.

Los ensayos SPT realizados en cada uno de los sondeos y los valores obtenidos son los siguientes:

Sondeo	Cota	Litología	UG	N15	N15	N15	N15	N30
1	1,80 - 2,40	Arenas	1	14	27	27	25	54
	3,00 - 3,60	Arenas	1	10	12	12	15	24
	4,20 - 4,80	Arenas	1	11	14	14	18	28
	6,00 - 6,60	Gravas	2	16	28	33	33	61
	8,40 - 9,00	Gravas	2	23	31	29	28	60
2	1,80 - 2,40	Arenas	1	8	10	10	12	20
	3,60 - 4,20	Arenas	1	9	11	14	14	25
	6,00 - 6,60	Gravas	2	13	19	27	34	46
	8,40 - 9,00	Gravas	2	17	23	22	43	45

7.2 ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA

El ensayo continuo de penetración dinámica consiste en la hincas de una puntaza con su varilla en el terreno, mediante golpes de maza, con una altura de caída constante. Se ha utilizado un penetrómetro con caída de maza libre tipo DPSH - B. El ensayo se encuentra descrito en la norma UNE – EN ISO 22476-2, Investigación y ensayos geotécnicos, Ensayos de campo. Parte 2: Ensayo de penetración dinámica. Tanto su realización como su interpretación vienen explicadas en el anejo 5, trabajos de campo.

Los trabajos de campo se realizaron el día 6 de febrero de 2018. Con los datos obtenidos en el ensayo se ha confeccionado el correspondiente gráfico de penetración, que relaciona el número de golpes (N20) con la profundidad en metros, que puede consultarse en el anejo nº 2, adjunto al final del presente informe.

En el siguiente cuadro resumen, se indican las resistencias estimadas en los diferentes tramos diferenciados.

Ensayo	Profundidad (m)	Resistencia estimada (kg/cm²)
DPSH-1	0,00-3,80	2,0
	3,80-6,60	1,5
	6,60-7,00	3,0
	7,00	Rechazo
DPSH-2	0,00-0,40	0,5
	0,40-4,00	2,0
	4,00-6,20	1,5
	6,20-6,80	3,0
	6,80	Rechazo

Los ensayos de penetración dinámica denotan:

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



- Un primer nivel, con resistencias estimadas a la penetración del orden de 1,5 – 2,0 kg/cm², que se prolongan hasta los 6,20 – 6,60 metros de profundidad y que se correlacionan con las arenas limosas y limos arenosos aluviales.
- A continuación, un tramo con golpes altos y resistencias estimadas del orden o superiores a los 3 kg/cm², que se correlacionan con las gravas aluviales. El rechazo se encuentra asociado a estas mismas gravas.

Se debe de tener en cuenta que en los DPSH no se obtiene testigo litológico, realizándose la correlación únicamente a partir de los golpes N₂₀ obtenidos con las observaciones en los sondeos de reconocimiento, por lo que se deberá confirmar estas observaciones durante los trabajos de urbanización y cimentación.

7.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

7.3.1 Toma de muestras

Sobre la base del perfil del terreno, obtenido de la testificación del material extraído en los sondeos, se seleccionaron una serie de muestras representativas de los diferentes tipos de terreno reconocidos, para ser trasladadas al laboratorio, donde fueron examinadas por personal técnico especializado, realizándose los oportunos ensayos de clasificación y caracterización geomecánica.

Las muestras extraídas son representativas (R) obtenidas con el sacamuestras del ensayo S.P.T y de testigo de perforación.

A continuación se expone una tabla de situación de las distintas muestras ensayadas.

Código muestra	Procedencia	Muestra	Ensayos										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
163270-GEO-TNA-SON1-M1	SONDEO 1 A 1,20 M.	ALTERADA	X		X	X	X	X					
163270-GEO-TNA-SON1-M2	SONDEO 1 A 2,40 M.	ALTERADA	X		X	X	X	X					
163270-GEO-TNA-SON1-M3	SONDEO 1 A 4,20 M.	ALTERADA	X		X	X	X	X					
163270-GEO-TNA-SON1-M4	SONDEO 1 A 6,00 M.	ALTERADA	X		X	X	X	X					
163270-GEO-TNA-SON2-M1	SONDEO 2 A 4,80 M.	ALTERADA	X		X	X	X	X					
163270-GEO-TNA-SON2-M3	SONDEO 2 A 6,60 M.	ALTERADA	X		X	X	X	X					

1. Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa s/Norma UNE 103300:1993
2. Determinación de la densidad de un suelo s/Norma UNE 103301:1994
3. Análisis granulométrico de suelos por tamizado s/Norma UNE 103101:1995
4. Determinación del límite líquido de un suelo, método de Casagrande, s/Norma UNE 103103:1994
5. Determinación del límite plástico de un suelo s/Norma UNE 103104:1993
6. Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de suelo, s/Norma UNE 103201:1996
7. Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo, s/Norma UNE 103400:1993
8. Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo, s/Norma UNE 103401:1998
9. Ensayo de presión de hinchamiento libre de un suelo en edómetro, según Norma UNE 103 602:1996
10. Geotecnia. Ensayo consolidación unidimensional de suelo en edómetro, s/Norma UNE 103405:1994.
11. Determinación de la agresividad de un agua según anejo 5 de la EHE (apartado 8 EHE-08).

7.3.2 Resultados obtenidos

Se adjunta a continuación un cuadro resumen de resultados de los ensayos realizados, cuyo informe desarrollado puede consultarse en el anejo nº 3, adjunto al final de la presente memoria.

Sondeo	Muestra nº:	Profundidad (m)	% Pasa 0,08 mm	LL	LP	IP	Clas.	W (%)	Sulfatos (% SO ₃)
S-1	M-1	1,20-1,80	20,3	-	-	-	GM	2	<800
	M-2	2,40-3,00	47,9	-	-	NP	SM	8	<800

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



Sondeo	Muestra nº:	Profundidad (m)	% Pasa 0,08 mm	LL	LP	IP	Clas.	W (%)	Sulfatos (% SO ₃)
S-2	M-3	4,20-4,60	83,0	-	-	NP	ML	12	<800
	M-4	6,00-6,60	12,3	-	-	NP	GM	2	<800
	M-1	2,40-3,00	38,8	-	-	NP	SM	8	<800
	M-2	4,80-5,40	76,0	-	-	NP	ML	10	<800
	M-3	6,60-7,20	9,4	-	-	NP	GM	4	<800

8 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Para determinar las características geotécnicas y conocer la naturaleza y el estado del terreno, a parte de los trabajos de campo, son necesarios los ensayos de laboratorio.

Se han tomado muestras representativas de cada tipo de material con el objeto de determinar sus características geotécnicas (los resultados pueden consultarse en el Documento 2: ENSAYOS DE LABORATORIO).

A continuación, se describen las características geotécnicas de los materiales que se identifican en el sondeo de reconocimiento. No se incluye el nivel superior de rellenos antrópicos (zahorras) dado que se desconoce su homogeneidad, así como sus condiciones de puesta en obra, recomendándose su retirada y no debiéndose utilizar como nivel de apoyo de cimentaciones, soleras o estructuras.

- Rellenos.
- Limos y arenas aluviales. UG-1.
- Gravas aluviales. UG-2.

8.1 RELLENOS

Representan el nivel más superficial de la zona de estudio. Se asigna a este nivel, el tramo superior de gravas y arenas y atribución dudosa (hasta 1,30 – 1,80 metros de profundidad) con matriz marrón – grisácea, que presentan una estructura más desordenada y que se considera pueden corresponder a material procedente de la excavación del antiguo depósito y extendido en la zona. Al tratarse del mismo material natural de la zona, resulta difícil diferenciar y establecer con certeza su pertenencia a una u otra unidad. En cualquier caso, dada esta incertidumbre, se recomienda evitar este nivel como apoyo de materiales de cimentación.

Se trata de un material que podría ser aprovechado con clasificación de adecuado ha seleccionado.

8.2 LIMOS Y ARENAS ALUVIALES. UG-1.

Representan el término superior de la terraza aluvial.

CLASIFICACION			
Granulometría	% pasa tamiz 5 UNE		% pasa tamiz 0,08 UNE
	96 – 100		38 – 86
Límites de Atterberg %	L. Líquido (w _p)	L. Plástico (w _L)	I. Plasticidad (I _p)
	-	-	N.P.
Clasificación S.U.C.S.	Arenas limosas, limos arenosos (SM, ML)		
PROPIEDADES MECANICAS			
Cohesión, C'	0 KPa*	Angulo rozamiento interno, Φ'	≈ 32 – 33 ° *
Presión de hinchamiento	Nula (suelos granulares gruesos)		
Colapsabilidad	Nula		
Módulo de deformación, E	25 MPa *		
Módulo balasto (30 x 30 cm.), K ₃₀	35 MN/m²		
Coeficiente de Poisson	0,3		
Ensayo penetración	N ₂₀ D.P.S.H.		N ₃₀ S.P.T.
	9 – 24 (x̄=16)		20 – 25 (x̄=17 tras correcciones)

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



Compacidad	Medianamente densa		
Meteorización	Baja		
Excavabilidad	Fácil (medios convencionales)		
PARAMETROS FISICO- QUIMICOS			
Densidad, γ_d	17 KN/m ³ *	Humedad	8 – 10 %
Permeabilidad	$\approx 10^{-2} - 10^{-5}$ cm/s		
Sulfatos solubles en agua	No agresivo al hormigón		

*→ Valor estimado por experiencia en materiales similares analizados en zonas próximas y por correlación con fórmulas recogidas en bibliografía reconocida.
S.U.C.S. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

8.3 GRAVAS ALUVIALES. UG-2.

CLASIFICACION			
Granulometría	% pasa tamiz 5 UNE		% pasa tamiz 0,08 UNE
	36 – 48		12 - 10
Límites de Atterberg %	L. Líquido (w_p)	L. Plástico (w_L)	I. Plasticidad (I_p)
	-	-	N.P.
Clasificación S.U.C.S.	Gravas con limos no plásticos (GM)		
PROPIEDADES MECANICAS			
Cohesión, C'	0 KPa*	Angulo rozamiento interno, ϕ'	$\approx 38^\circ$ *
Presión de hinchamiento	Nula (suelos granulares gruesos)		
Colapsabilidad	Nula		
Módulo de deformación, E	45 MPa *		
Módulo balasto (30 x 30 cm.), K_{30}	110 MN/m ²		
Coeficiente de Poisson	0,3		
Ensayo penetración	N ₂₀ D.P.S.H.		N ₃₀ S.P.T.
	Rechazo ($\bar{x}$ =30)		45 – 61 ($\bar{x}$ =34 tras correcciones)
Compacidad	Densa a muy densa		
Meteorización	Baja		
Excavabilidad	Fácil (medios convencionales)		
PARAMETROS FISICO- QUIMICOS			
Densidad, γ_d	20 KN/m ³ *	Humedad	2 – 4 %
Permeabilidad	$\approx 10^{-2}$ cm/s		
Sulfatos solubles en agua	No agresivo al hormigón.		

*→ Valor estimado por experiencia en materiales similares analizados en zonas próximas y por correlación con fórmulas recogidas en bibliografía reconocida.
S.U.C.S. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

9 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

Se expone a continuación el desarrollo de las distintas posibilidades que se recomiendan como válidas a utilizar en el diseño de las cimentaciones de las instalaciones objeto de los trabajos. **La elección de la más adecuada es potestad del técnico proyectista de la obra, una vez considerados otros criterios además de los estrictamente geotécnicos.**

Debe hacerse mención que los planteamientos aquí expuestos, están realizados a partir de los datos obtenidos con los medios de investigación utilizados y sus limitaciones, referidas a lo largo del presente informe. Estos planteamientos se realizan a partir del esquema de correlación que se adjunta en el anejo nº4.

El proyecto contempla la construcción de un nuevo depósito de agua junto al existente en la zona de Montes del Cierzo en Tudela (Navarra), con unas dimensiones de 22x33 metros y una altura de unos 6 metros. El depósito irá enterrado unos 3 metros.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



Según la información facilitada por la ingeniería autora del proyecto, se contempla la cimentación mediante zapata continua de muro perimetral y pilares intermedios con zapatas cuadradas, con un canto de zapata de unos 60 cm, situándose la cota de cimentación aproximadamente a unos 3,6 metros de profundidad, esto es, sobre 341,4. Esta cota se sitúa dentro del estrato de limos arenosos y arenas finas limosas aluviales.

A partir de los trabajos realizados y los resultados obtenidos, se plantea la siguiente solución de cimentación:

➤ **Cimentación mediante zapatas sobre las arenas limosas y limos arenosos aluviales (UG-1). Para el cálculo de la cimentación se podrá considerar una tensión admisible no superior a 170 KPa.**

En caso de aparición de lentejones de materiales más finos (arcillas), habituales en los depósitos aluviales, pero de difícil identificación dado el carácter puntual de los sondeos de investigación, se deberá retirar hasta alcanzar de nuevo el estrato de arenas limosas, complementando con hormigón de limpieza hasta cota de cara baja de zapata si fuera necesario.

Dada la granulometría y no plasticidad de estos materiales, deben considerarse fácilmente erosionables y que pueden presentar riesgo de sifonamientos y licuefacción en caso de total saturación, por lo que se recomienda la adopción de medidas de drenaje y protección de la cimentación.

Alternativamente, se analiza la siguiente solución de cimentación:

➤ **Cimentación semiprofunda mediante pozos hasta alcanzar el estrato de gravas aluviales (UG-2). Se podrá adoptar para el diseño de la cimentación, una tensión admisible no superior a 330 KPa.**

El estrato de gravas aluviales se sitúa en los sondeos realizados, sobre los 5,70 – 6,10 metros de profundidad y se asocia en los ensayos de penetración dinámica a los golpes obtenidos a partir de los 6,20 – 6,60 metros de profundidad, por lo que la longitud de pozos estimada variará entre los 2 – 3 metros. Debe de tenerse en cuenta que en los ensayos DPSH no se obtiene muestra litológica, por lo que estos datos se deberán de corroborar a la hora de realizar los pozos de cimentación.

En cualquier caso, se deberá asegurar que se alcanza el estrato de gravas densas a muy densas (UG-2), eliminando cualquier nivel que se haya desarrollado sobre el mismo.

Estos pozos tendrán idénticas dimensiones en planta que las zapatas correspondientes y un canto igual a la profundidad requerida y citada anteriormente, menos la profundidad existente hasta cara baja de zapata. Se utilizará, en su ejecución, hormigón pobre tipo H-100 o ciclópeo, una vez retirado el terreno inadecuado. Sobre los pozos se apoyarán a la cota requerida, las zapatas correspondientes

10 PARÁMETROS DE CÁLCULO

10.1 CÁLCULO DE TENSIONESCÁLCULO DE TENSIONES.

A efectos de cálculo, consideraremos ambos niveles como suelos granulares y partiremos del supuesto de una cimentación mediante zapatas aisladas, con la carga vertical centrada y apoyadas en el conjunto granular identificado. Para la obtención de la tensión admisible de trabajo, utilizaremos dos métodos: el primero, a partir del cálculo de la carga de hundimiento y el segundo, a partir de la consideración de los asientos admisibles. El detalle de cálculo es el siguiente:

10.1.1 Tensiones admisibles a partir de la carga de hundimiento

La expresión de una cimentación directa vendrá definida por la ecuación:

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



$$q_h = c_k \cdot N_c \cdot d_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot t_c + q_{0k} \cdot N_q \cdot d_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot t_q + \frac{1}{2} \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot t_\gamma$$

Siendo:

- q_h : La presión vertical de hundimiento o resistencia característica del terreno.
- q_{0k} : La presión vertical característica al nivel del cimiento, alrededor de éste.
- c_k : El valor característico de la cohesión del terreno.
- B : El ancho equivalente del cimiento.
- γ_k : Peso específico característico por debajo del terreno de cimentación.
- N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga. Son adimensionales y dependen exclusivamente del valor característico del ángulo de rozamiento interno del terreno (ϕ). Se denominan respectivamente factor de cohesión, de sobrecarga y de peso específico.
- d_c, d_q, d_γ : Los coeficientes correctores o de influencia para considerar la resistencia al corte del terreno situado por encima y alrededor de la base del cimiento. Se denominan factores de profundidad.
- s_c, s_q, s_γ : Coeficientes correctores de influencia para considerar la forma en planta del cimiento.
- i_c, i_q, i_γ : Coeficientes de influencia para considerar el efecto de la inclinación de la resultante de las acciones con respecto a la vertical.
- t_c, t_q, t_γ : Coeficientes correctores de influencia para considerar la proximidad del cimiento a un talud.

Los parámetros característicos de la resistencia del terreno (c_k, ϕ) deben de ser representativos para cada situación de dimensionado, de la resistencia del terreno en una profundidad comprendida al menos entre vez y media y dos veces el ancho real de la cimentación (B) a contar desde la base de ésta.

10.1.1.1 Tensiones del estrato de arenas y limos (UG-1).

Como consideramos que el terreno es no cohesivo, ($c = 0$), para un ángulo de rozamiento interno $\phi = 32^\circ$, los factores de capacidad de carga serán:

- $N_q = 23,18$
- $N_\gamma = 20,79$

Se ha considerado un empotramiento de la zapata de 0,60 metros. En la siguiente tabla se dan los valores de carga de hundimiento y de cargas admisibles, aplicando un factor de seguridad $F = 3$ (habitual en cimentaciones) para diferentes anchos de zapata (supuesta cuadrada).

B (m)	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
L (m)	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
Q _h KPa	594	625	655	685	716	746	776	807	837	867	898
FS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Q _{adm} (KPa)	198	208	218	228	239	249	259	269	279	289	299
Q _{adm} (kg/cm²)	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1

10.1.1.2 Tensiones del estrato de gravas densas a muy densas (UG-2).

Para este caso se adopta un $\phi = 38^\circ$ y los factores de capacidad de carga serán:

- $N_q = 48,93$
- $N_\gamma = 56,17$

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



Se ha considerado un empotramiento de la zapata de 0,60 metros. En la siguiente tabla se dan los valores de carga de hundimiento y de cargas admisibles, aplicando un factor de seguridad $F = 3$ (habitual en cimentaciones) para diferentes anchos de zapata (supuesta cuadrada).

B (m)	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
L (m)	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
Q _h KPa	1316	1398	1481	1563	1646	1729	1811	1894	1976	2059	2141
FS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Q _{adm} (KPa)	439	466	494	521	549	576	604	631	659	686	714
Q _{adm} (kg/cm²)	4,5	4,8	5,0	5,3	5,6	5,9	6,2	6,4	6,7	7,0	7,3

10.1.2 Tensiones admisibles a partir de asientos

En suelos granulares, la presión vertical admisible de servicio suele encontrarse limitada por condiciones de asiento más que por hundimiento. Dada la dificultad de muestreo de estos suelos, un método tradicional para el diseño de cimentaciones consiste en el empleo de correlaciones más o menos directas con el ensayo de penetración SPT o con otro tipo de ensayos *in situ* a su vez correlacionables con el mismo.

A efectos del “Documento Básico SE-C Seguridad estructura: Cimentaciones” del Código Técnico de la Edificación, siempre que se admitan asientos de hasta 2,50 cm, la presión vertical admisible de servicio (en kPa) podrá evaluarse mediante las siguientes expresiones basadas en el golpeo N obtenido en el ensayo SPT.:

Para anchos de zapata $B < 1,2$ metros:

$$Q_{adm} = 12N \left(1 + \frac{D}{3B} \right)$$

Para anchos de zapata $B > 1,2$ metros:

$$Q_{adm} = 8N \left(1 + \frac{D}{3B} \right) \left(\frac{B + 0,3}{B} \right)^2$$

siendo N el valor medio de los resultados, obtenidos en la zona de influencia de la cimentación comprendida entre un plano situado a una distancia 0,5B por encima de su base y otro situado a una distancia mínima 2B por debajo de la misma.

El valor de $\left(1 + \frac{D}{3B} \right)$ a introducir en la ecuación será menor o igual a 1,3.

- Para la aplicación de estas ecuaciones se tendrá en cuenta:
- El terreno será marcadamente horizontal (pendiente inferior al 10%).
- La inclinación con la vertical de la resultante de las acciones sea menor del 10%.
- Si existe nivel freático a la altura del apoyo de cimentación o por encima, debe garantizarse mediante un adecuado proceso constructivo que las características mecánicas del terreno de cimentación no se alteran respecto a los valores determinados en el reconocimiento geotécnico.
- Para anchuras de cimentación superiores a 5,00 metros o cuando los asientos máximos admisibles sean inferiores a 2,50 cm, deberán comprobarse los asientos mediante otros métodos (Burland y Burbidge).

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



10.1.2.1 Tensiones del estrato de arenas y limos (UG-1).

De esta manera y considerando un valor medio N_{30} en la zona de influencia de la cimentación de 17, las cargas admisibles obtenidas para asientos máximos de 2,50 cm y diferentes anchos de zapata son los siguientes:

Anchura zapata B (m)	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Q_{adm} (kN/m ²)	196	187	180	175	171	167	165	162	160	159	157	156	155	154	153
Q_{adm} (kg/cm ²)	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

10.1.2.2 Tensiones del estrato de gravas densas a muy densas (UG-2).

Para el caso de las gravas densas, se adopta un valor N_{30} característico de 34, por lo que las tensiones obtenidas son;

Anchura zapata B (m)	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Q_{adm} (kN/m ²)	392	373	360	349	341	335	329	325	321	317	314	312	309	307	306
Q_{adm} (kg/cm ²)	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1

10.1.3 Resumen. Tensiones admisibles

10.1.3.1 Tensiones admisibles para las arenas y limos (UG-1)

En la siguiente tabla se presentan resumidos las cargas máximas admisibles calculadas para diferentes anchos de zapata, considerando tanto la carga de hundimiento como la limitación por asientos, limitados éstos a un máximo de 2,5 centímetros:

Anchura zapata B (m)	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Q_{adm} KPa.	196	187	180	175	171	167	165	162	160	159	157	156	155	154	153
Q_{adm} (kg/cm ²)	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

Con carácter general y a modo de resumen, puede adoptarse una tensión admisible de 170 KPa. Con carácter más particular, pueden adoptarse las tensiones admisibles indicadas en la tabla anterior para los diferentes anchos de zapata indicados.

Desde el punto de vista de la disipación de tensiones tenemos que el bulbo de presiones creado bajo una zapata cuadrada transmite una carga prácticamente nula a una profundidad igual a 2B. Para una zapata de ancho igual a 2.0 metros las tensiones máximas creadas en la base de desplante de las zapatas, quedarían disipadas casi en su totalidad, a unos 4 m de la cota de desplante. Esta disipación se producirá dentro del terreno identificado por los ensayos realizados.

10.1.3.2 Tensiones admisibles para las gravas (UG-2)

En la siguiente tabla se presentan resumidos las cargas máximas admisibles calculadas para diferentes anchos de zapata, considerando tanto la carga de hundimiento como la limitación por asientos, limitados éstos a un máximo de 2,5 centímetros:

Anchura zapata B (m)	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Q_{adm} KPa.	392	373	360	349	341	335	329	325	321	317	314	312	309	307	306
Q_{adm} (kg/cm ²)	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1

Con carácter general y a modo de resumen, puede adoptarse una tensión admisible de 330 KPa. Con carácter más particular, pueden adoptarse las tensiones admisibles indicadas en la tabla anterior para los diferentes anchos de zapata indicados.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



Desde el punto de vista de la disipación de tensiones tenemos que el bulbo de presiones creado bajo una zapata cuadrada transmite una carga prácticamente nula a una profundidad igual a 2B. Para una zapata de ancho igual a 2.0 metros las tensiones máximas creadas en la base de desplante de las zapatas, quedarían disipadas casi en su totalidad, a unos 4 m de la cota de desplante. Esta disipación se producirá dentro del terreno identificado por los ensayos realizados.

10.2 EXCAVABILIDAD

La excavabilidad de los depósitos cuaternarios no debe presentar problemas, siendo posible su realización mediante medios convencionales. A techo del estrato aluvial pueden existir zonas parcialmente cementadas que pueden presentar una mayor dificultad.

10.3 TALUDES

Para la ejecución de taludes, se podrán adoptar inclinaciones no superiores a 50º para alturas de talud no superiores a 3,00 metros, siempre en ausencia de nivel freático. En caso de alcanzar el citado nivel freático, se deberán adoptar las medidas de contención que a criterio del técnico proyectista se consideren más adecuados.

Se deberá poner especial atención durante la excavación, especialmente en los niveles de rellenos superiores, en previsión de tramos o bolsas de material de peor calidad y baja consistencia y que pueden ser de difícil identificación por el carácter puntal de los reconocimientos realizados, que pueden obligar a adoptar taludes más tendidos o bien a la adopción de medidas de contención complementarias.

10.4 CIMENTACIÓN DE GRÚAS Y ELEMENTOS AUXILIARES

La cimentación de elementos auxiliares, tales como grúas, etc, podrá realizarse siguiendo los mismos criterios ya indicados anteriormente, sobre las arena y limos cuaternarios (UG-1). Para una cimentación de anchura B = 5,00 metros, habitual en grúas, podrá adoptarse una tensión admisible no superior a 150 KPa para asientos máximos estimados de 2,5 cm.

11 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

- Este estudio geotécnico está basado en los criterios indicados en el Documento Básico SE – C del Código Técnico de la Construcción de marzo del 2006, definiéndose la siguiente campaña de campo mediante la realización de dos (2) sondeos de reconocimiento y dos (2) ensayos de penetración dinámica continua (DPSH) hasta rechazo.
 - Tipo de construcción:** Depósito de agua con estructura de hormigón armado, de dimensiones 33x22 metros y 6 metros de altura. Irá enterrado unos 3 metros (profundidad estimada de cimentación, -3,6 metros: **Edificio tipo C-1.**
 - Geología del terreno:** Puede describirse como “terrenos de baja variabilidad”. **Grupo T-1.**
- Según la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02), según lo establecido en el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre (B.O.E. nº 244 de 11 de octubre de 2002), la aceleración básica de cálculo a_b es <0,04g, por lo que no es obligatoria la aplicación de medidas correctoras de las acciones sísmicas para la construcción que nos ocupa.
- El perfil litológico que se observa en el sondeo realizado está compuesto por los siguientes niveles litológicos.
 - Rellenos antrópicos (UG-1): Constituyen el nivel superior de suelo vegetal y terreno alterado, de unos 30 – 50 cm de espesor. No obstante, se incluyen en este apartado el primer tramo granular identificado en los sondeos, constituidos por gravas con abundante matriz areno limosa de color marrón – grisácea no plástica y compacidad medianamente densa y cuya base se alcanza a 1,80 metros en el sondeo 1 y a 1,30 metros en el sondeo 2. La atribución de este nivel resulta un poco dudosa, aunque se piensa que puede tratarse de materiales procedentes de la propia excavación y

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



extensión alrededor del depósito antiguo, por lo tanto, de idénticas características litológicas y difíciles de diferenciar, si bien parecen tener una estructura un tanto desordenada.

- Arenas limosas y limos arenosos (UG-2). Constituyen el término superior de los depósitos aluviales, desarrollándose entre los 1,30 – 1,80 y los 5,70 – 6,10 metros de profundidad. Constituidos por arenas marrón – rojizas con abundante matriz limosa no plástica y limos arenosos no plásticos. Presentan una compacidad medianamente densa (N_{30} característico de 17). Se corresponden con depósitos aluviales en régimen de baja energía (llanura de inundación).
- Gravas con matriz arenosa (UG-3). Cantos calizos, centilo sobre los 8 cm y tamaño medio en torno a los 3 – 4 cm, redondeados a subredondeados, textura parcialmente granosostenida. Matriz areno limosa de color marrón claro, no plástica. Compacidad densa a muy densa. Se prolonga por debajo de la profundidad de investigación alcanzada en los sondeos, presentando en la zona espesores que no suelen superar los 10 – 12 metros
- Durante la realización de los trabajos de campo en fecha 6 de febrero de 2018, no se ha identificado la presencia de nivel freático en el sondeo de reconocimiento, siendo la profundidad máxima de investigación alcanzada de 8,40 metros.
- A partir de los trabajos realizados y los resultados obtenidos, se analizan las siguientes soluciones de cimentación, cuyo desarrollo completo se presenta en el apartado 9 del presente informe. La elección de la más adecuada es potestad del técnico proyectista de la obra, una vez considerados otros criterios además de los estrictamente geotécnicos.

- **Cimentación mediante zapatas sobre las arenas limosas y limos arenosos aluviales (UG-1). Para el cálculo de la cimentación se podrá considerar una tensión admisible no superior a 170 KPa.**
- **Cimentación semiprofunda mediante pozos hasta alcanzar el estrato de gravas aluviales (UG-2). Se podrá adoptar para el diseño de la cimentación, una tensión admisible no superior a 330 KPa.**

- La excavabilidad de los depósitos cuaternarios no debe presentar problemas, siendo posible su realización mediante medios convencionales.
- Para la ejecución de taludes, se recomienda adoptar inclinaciones no superiores a 50º para alturas de talud no superiores a 3,00 metros, siempre en ausencia de nivel freático.
- La cimentación de elementos auxiliares, tales como grúas, etc, podrá realizarse sobre las arenas y limos cuaternarios (UG-1), con una tensión admisible no superior a 150 KPa.
- Los análisis químicos realizados indican que las muestras de suelos analizadas y a las profundidades indicadas, no presentan agresividad al hormigón.
- Se recomienda que las conclusiones emitidas en el presente informe, sean corroboradas y matizadas durante los trabajos de urbanización y edificación de la parcela mediante un seguimiento por técnico especializado, ante la posibilidad de la aparición de elementos singulares de difícil detección mediante la extrapolación de los resultados obtenidos.
- Los resultados y conclusiones reflejados en el presente documento carecen de validez técnica y aplicación para parcelas o terrenos colindantes, no incluidos en este estudio.

12 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Para la confección de este informe se han realizado 2 sondeos y dos penetrómetros. Además se ha realizado un reconocimiento en campo de la parcela.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



Con posterioridad y una vez realizados todos los ensayos de campo se han elaborado los correspondientes ensayos de laboratorio a las muestras seleccionadas, correspondiendo en este caso a los ensayos que se pueden observar en el cuadro del apartado 7.3.

Asumiendo un grupo de terreno T-1 según el Código Técnico de Edificación y teniendo en cuenta la información previa existente, la extensión del área, el tipo de edificación prevista y nuestra experiencia en la zona, se ha definido la campaña anteriormente descrita.

La sección realizada, así como la testificación de los sondeos, constituyen una interpretación de los datos obtenidos en los ensayos de campo. De este modo asumimos esta interpretación como la más razonable, dentro de las limitaciones existentes por el carácter puntual de los reconocimientos realizados, lo que implica la existencia de otras interpretaciones posibles.

Este informe se realiza a partir de los datos obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio, de tal modo que los mismos han sido interpretados y correlacionados a toda el área de estudio. Existen puntos de la parcela en los que no se han realizado reconocimiento y que por lo tanto no se encuentran definidos, por lo que es probable que existan variaciones asumibles.

Una vez iniciada la obra e iniciadas las excavaciones, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de la cimentación, el Director de Obra apreciará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y del resto de la estructura a las características geotécnicas del terreno.

Tudela, 19 de febrero de 2018

Fdo:

Jaime Murillo Jaso
Ingeniero de Caminos C. y P.

Fdo:

Julián Clemente Gracia
Geólogo. Colegiado nº 3102
Jefe de área de geología y geotecnia

Fdo:

Ana Isabel Tierno Vera
Química. Directora del laboratorio

Fdo:

Rosalina Bolea Til
Geóloga. Colegiada nº 7474
Directora departamento de proyectos



Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



TRABAÍOS DE CAMPO: Equipo Penetrómetro DPSH - Sonda Rotativa TP-30.

Sondistas: Ismael Izquierdo Gil

Geólogo Supervisor: Julián Clemente

TRABAÍOS DE LABORATORIO: Licenciada en Química: Ana Isabel Tierno Vera
Ayudante técnico de laboratorio: Javier González Gil

TRABAIO DE GABINETE (equipo técnico): Rosalina Bolea Til. Julián Clemente Gracia.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Monte del Cierzo. Tudela (Navarra)



Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



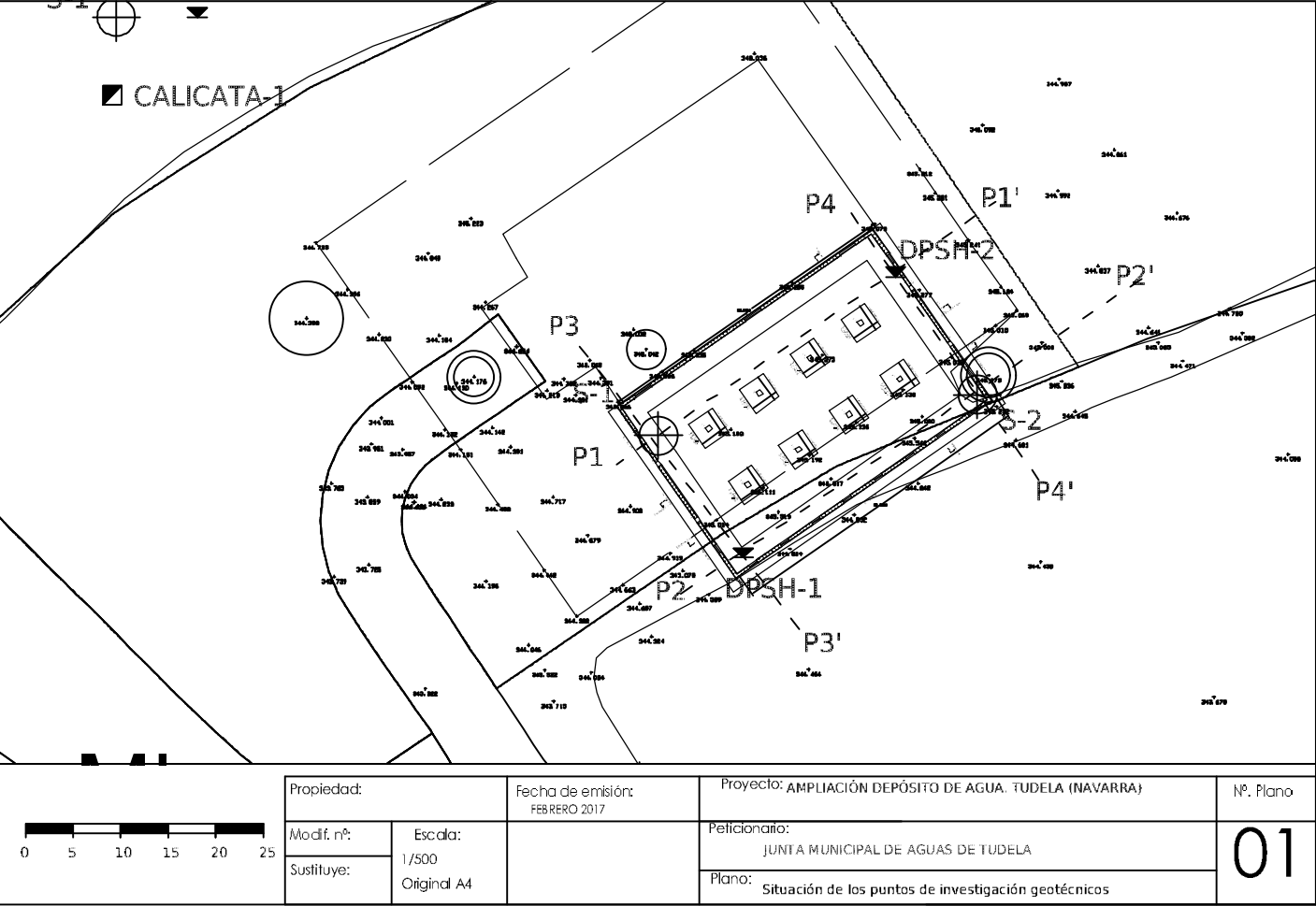
Proyecto Geológico-Geotécnico



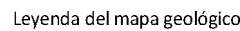
ANEJO 1
PLANO DE SITUACIÓN DE LOS TRABAJOS

Proyecto Geológico-Geotécnico. Documento 2 anejos	
Cliente	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA
Obra: 25316	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)
Nº Albarán: 163270	
Editado e impreso por ©Laboratorios Entecsa. Reproducción prohibida. Este proyecto geotécnico sólo puede reproducirse totalmente con la autorización por escrito de la empresa Laboratorios Entecsa®	

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



ANEJO 2
MAPA GEOLOGICO Y LEYENDA



Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



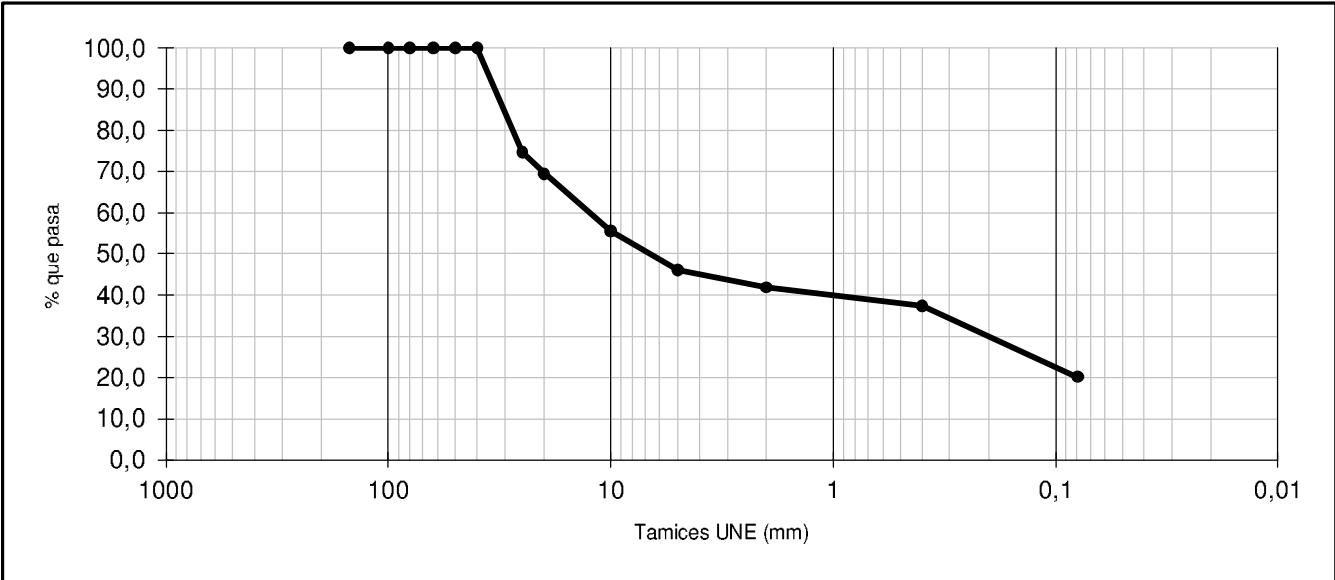
Situación geológica de la zona de estudio. Mapa geológico digital nacional (IGME).

ANEJO 3
ENSAYOS DE LABORATORIO

Peticionario:	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				
Obra:	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				
Nº acta	Nº Albarán	Fecha ensayo	Fecha muestra	Muestra	Material y procedencia de la muestra
	163270	16/02/2018	06/02/2018	163270-GEO-TNA-S1-M1	SONDEO 1, M-1 (1,20-1,80)

GEO-01 - GRANULOMETRIA, LIMITES ATTERBERG, CLASIFICACION
SUL-01: SULFATOS SOLUBLES EN AGUA

Resultados: ANALISIS GRANULOMETRICO (UNE 103101/95)



Tamices	150	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
% pasa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	74,8	69,6	55,6	46,1	42,0	37,3	20,3

LIMITES DE ATTERBERG (UNE 103 104/ 93, UNE 103 103/ 94)

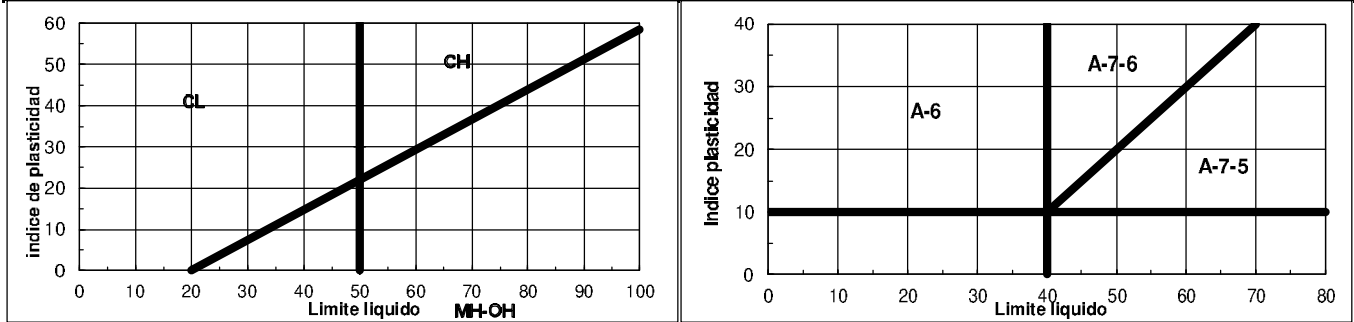
LIMITE LIQUIDO	---	
LIMITE PLASTICO	---	
INDICE DE PLASTICIDAD	NO PLÁSTICO	

DETERMINACION DE LA HUMEDAD (UNE 103300:1993)

HUMEDAD NATURAL (%)	2	
CLASIFICACION DEL SUELO	SUCS	GRAVAS CON LIMOS (GM)
	CTE	GRAVAS ARENOSAS CON ABUNDANTE LIMO

CONTENIDO EN SULFATOS DE UN SUELO (mg/kg de SO ₄ ²⁻):	<800
OBSERVACIONES: La muestra ensayada, a la profundidad indicada, NO PRESENTA AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN	

DENSIDAD APARENTE (g/cm³):	-
DENSIDAD SECA (g/cm³):	-
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm³):	-



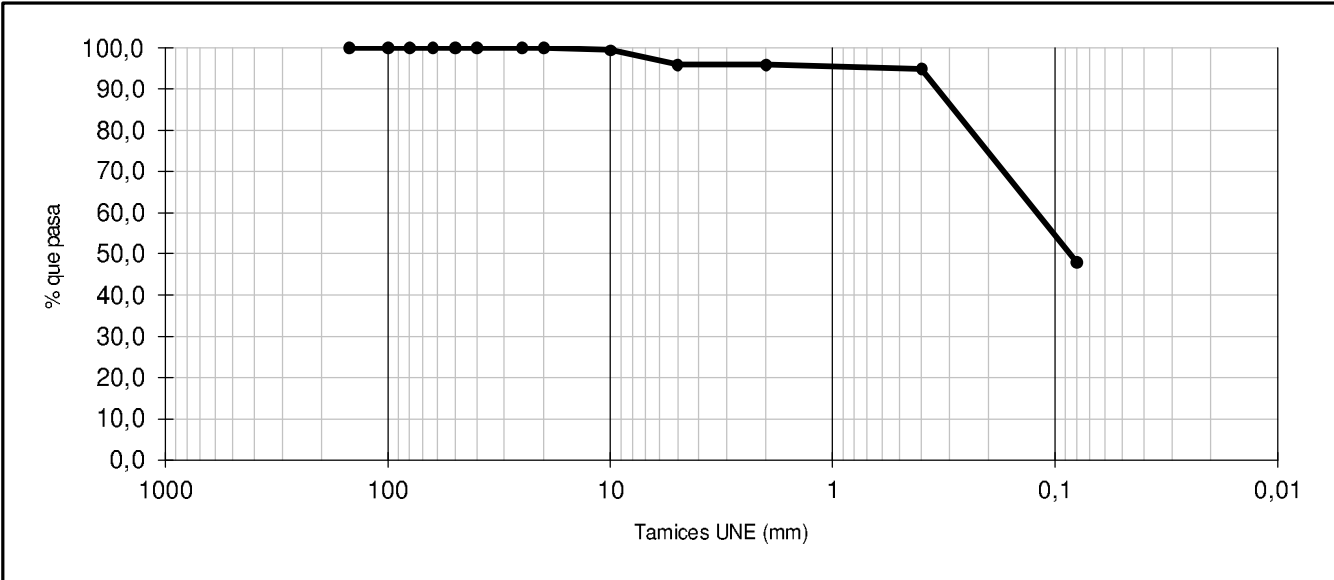
Director de Laboratorio:

Responsable del área GTL:

Peticionario:	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				
Obra:	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				
Nº acta	Nº Albarán	Fecha ensayo	Fecha muestra	Muestra	Material y procedencia de la muestra
	163270	16/02/2018	06/02/2018	163270-GEO-TNA-S1-M2	SONDEO 1, M2 (2,40-3,00)

GEO-01 - GRANULOMETRIA, LIMITES ATTERBERG, CLASIFICACION
SUL-01: SULFATOS SOLUBLES EN AGUA

Resultados: ANALISIS GRANULOMETRICO (UNE 103101/95)



Tamices	150	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
% pasa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,4	95,9	94,9	94,9	47,9

LIMITES DE ATTERBERG (UNE 103 104/ 93, UNE 103 103/ 94)

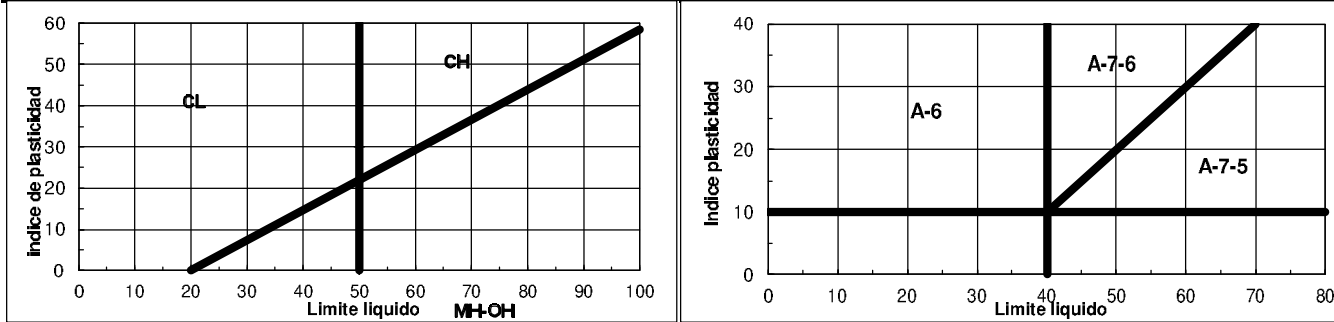
LIMITE LIQUIDO	---	
LIMITE PLASTICO	---	
INDICE DE PLASTICIDAD	NO PLÁSTICO	

DETERMINACION DE LA HUMEDAD (UNE 103300:1993)

HUMEDAD NATURAL (%)	8	
CLASIFICACION DEL SUELO	SUCS	ARENAS LIMOSAS NO PLÁSTICAS (SM)
	CTE	LIMOS ARENOSOS

CONTENIDO EN SULFATOS DE UN SUELO (mg/kg de SO ₄ ²⁻):	<800
OBSERVACIONES: La muestra ensayada, a la profundidad indicada, NO PRESENTA AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN	

DENSIDAD APARENTE (g/cm³):	-
DENSIDAD SECA (g/cm³):	-
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm³):	-



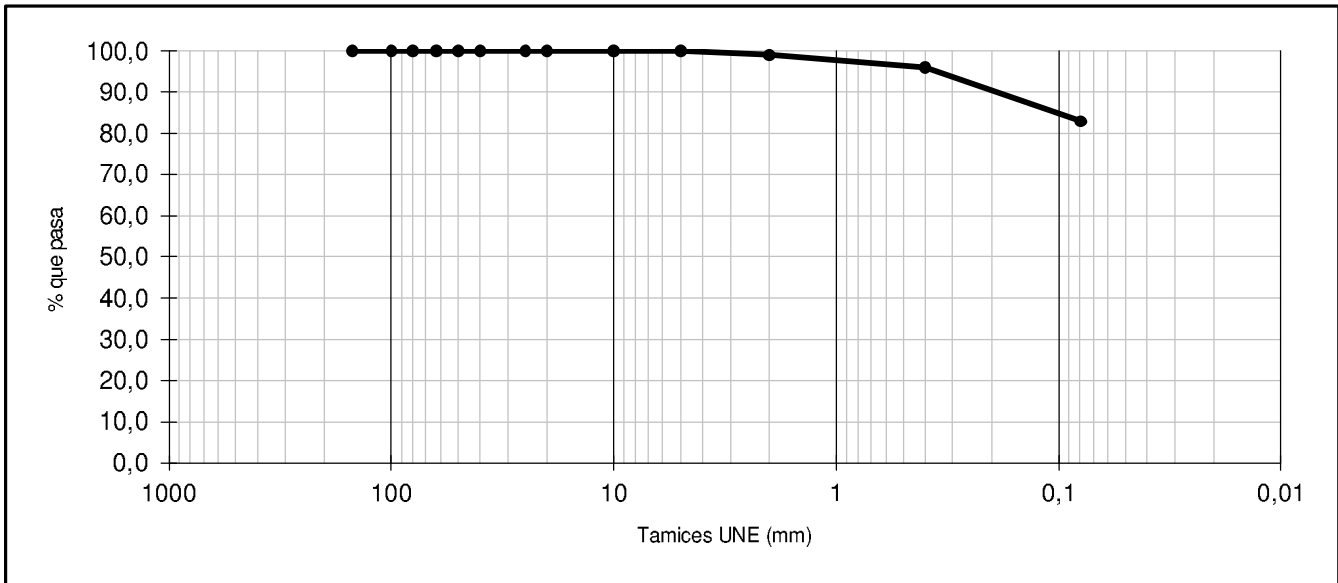
Director de Laboratorio:

Responsable del área GTL:

Peticionario:	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				
Obra:	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				
Nº acta	Nº Albarán	Fecha ensayo	Fecha muestra	Muestra	Material y procedencia de la muestra
	163270	16/02/2018	06/02/2018	163270-GEO-TNA-S1-M3	SONDEO 1, M3 (4,20-4,60)

GEO-01 - GRANULOMETRIA, LIMITES ATTERBERG, CLASIFICACION
SUL-01: SULFATOS SOLUBLES EN AGUA

Resultados: ANALISIS GRANULOMETRICO (UNE 103101/95)



Tamices	150	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
% pasa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,0	96,0	83,0

LIMITES DE ATTERBERG (UNE 103 104/ 93, UNE 103 103/ 94)

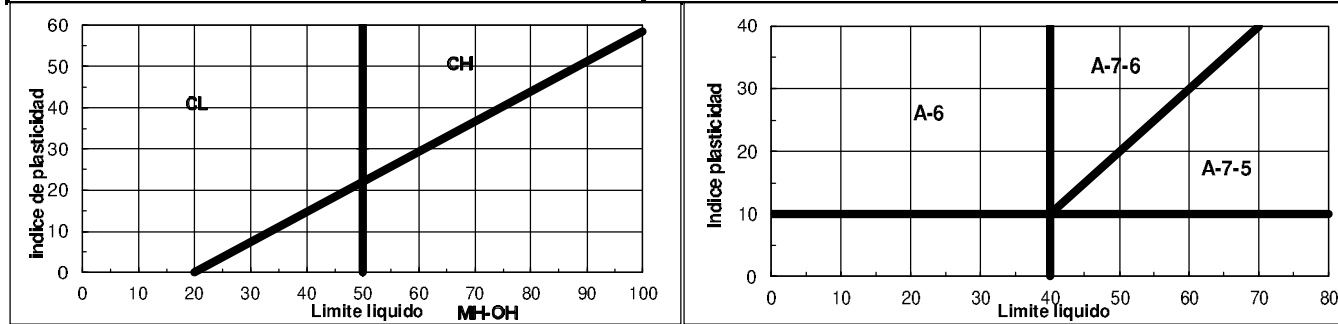
LIMITE LIQUIDO	---	
LIMITE PLASTICO	---	
INDICE DE PLASTICIDAD	NO PLÁSTICO	

DETERMINACION DE LA HUMEDAD (UNE 103300:1993)

HUMEDAD NATURAL (%)	12	
CLASIFICACION DEL SUELO	SUCS	LIMOS ARENOSOS NO PLÁSTICOS (ML)
	CTE	LIMOS

CONTENIDO EN SULFATOS DE UN SUELO (mg/kg de SO₄²⁻): <800
OBSERVACIONES: La muestra ensayada, a la profundidad indicada, NO PRESENTA AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

DENSIDAD APARENTE (g/cm³):	-
DENSIDAD SECA (g/cm³):	-
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm³):	-



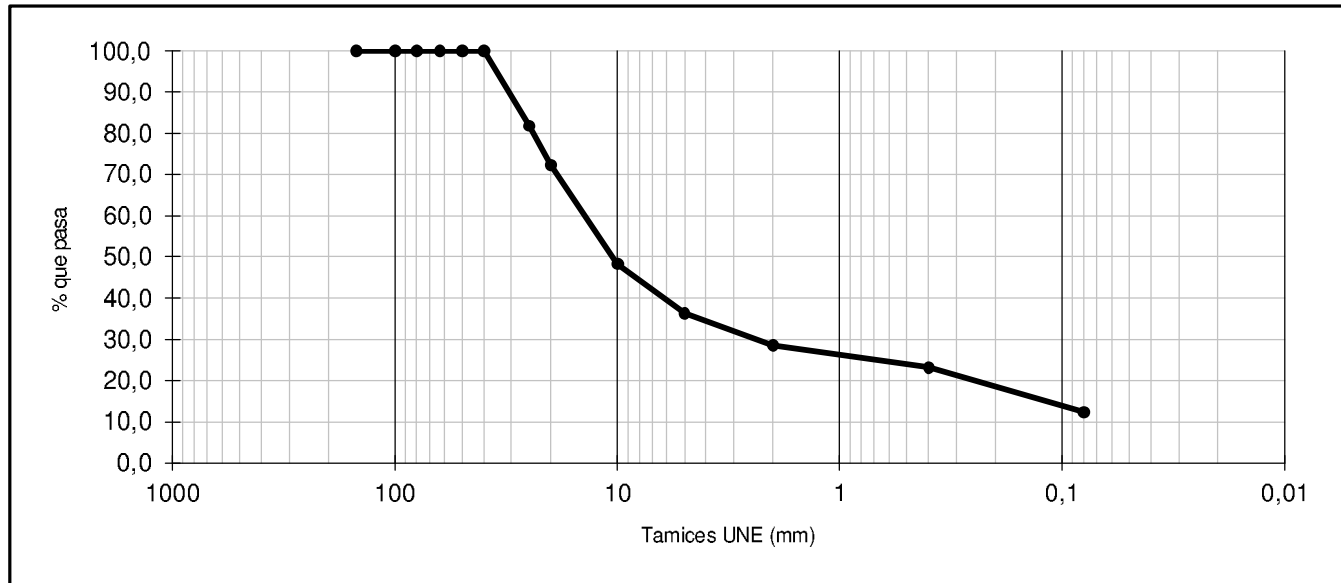
Director de Laboratorio:

Responsable del área GTL:

Peticionario:	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				
Obra:	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				
Nº acta	Nº Albarán	Fecha ensayo	Fecha muestra	Muestra	Material y procedencia de la muestra
	163270	16/02/2018	06/02/2018	163270-GEO-TNA-S1-M4	SONDEO 1, M4 (5,70-6,00)

GEO-01 - GRANULOMETRIA, LIMITES ATTERBERG, CLASIFICACION
SUL-01: SULFATOS SOLUBLES EN AGUA

Resultados: ANALISIS GRANULOMETRICO (UNE 103101/95)



Tamices	150	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
% pasa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	81,9	72,3	48,4	36,3	28,7	23,2	12,3

LIMITES DE ATTERBERG (UNE 103 104/ 93, UNE 103 103/ 94)

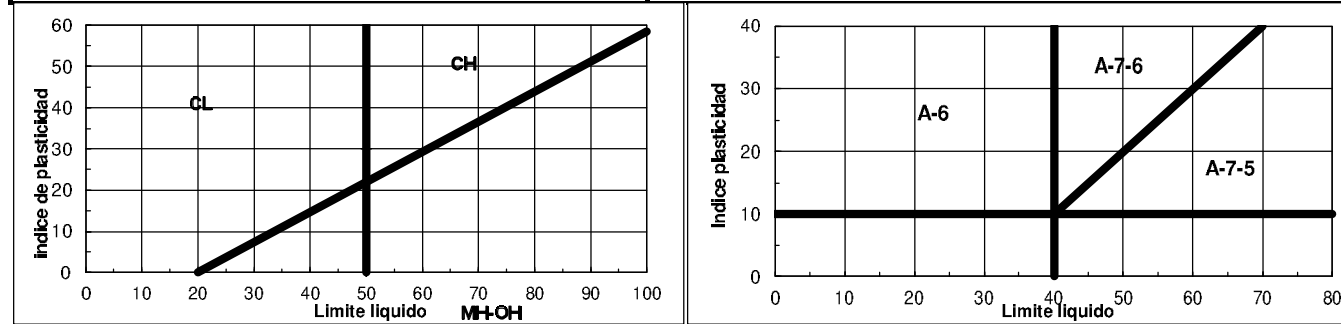
LIMITE LIQUIDO	---	
LIMITE PLASTICO	---	
INDICE DE PLASTICIDAD	NO PLÁSTICO	

DETERMINACION DE LA HUMEDAD (UNE 103300:1993)

HUMEDAD NATURAL (%)	2	
CLASIFICACION DEL SUELO	SUCS	GRAVAS CON LIOS NO PLÁSTICOS (GM)
	CTE	GRAVAS ARENOSAS CON ALGO DE LIMOS

CONTENIDO EN SULFATOS DE UN SUELO (mg/kg de SO₄²⁻): <800
OBSERVACIONES: La muestra ensayada, a la profundidad indicada, NO PRESENTA AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

DENSIDAD APARENTE (g/cm³):	-
DENSIDAD SECA (g/cm³):	-
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm³):	-



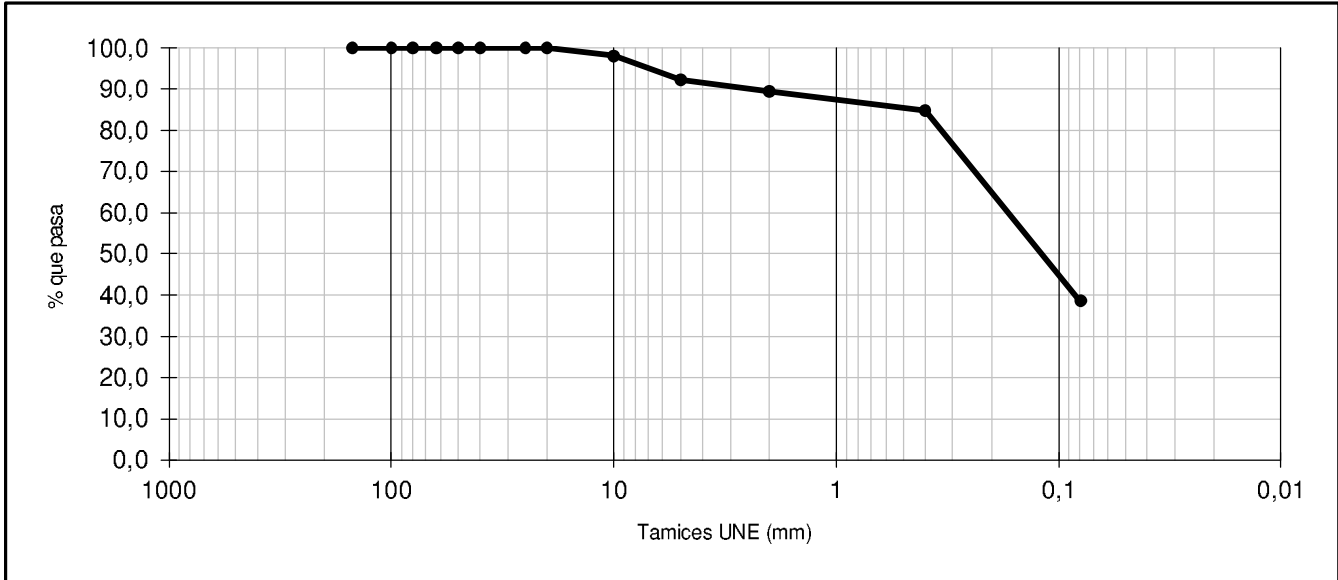
Director de Laboratorio:

Responsable del área GTL:

Peticionario:	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				
Obra:	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				
Nº acta	Nº Albarán	Fecha ensayo	Fecha muestra	Muestra	Material y procedencia de la muestra
	163270	16/02/2018	06/02/2018	163270-GEO-TNA-S2-M1	SONDEO 2, M1 (2,40-3,00)

GEO-01 - GRANULOMETRIA, LIMITES ATTERBERG, CLASIFICACION
SUL-01: SULFATOS SOLUBLES EN AGUA

Resultados: ANALISIS GRANULOMETRICO (UNE 103101/95)



Tamices	150	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
% pasa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,1	92,3	89,5	84,9	38,8

LIMITES DE ATTERBERG (UNE 103 104/ 93, UNE 103 103/ 94)

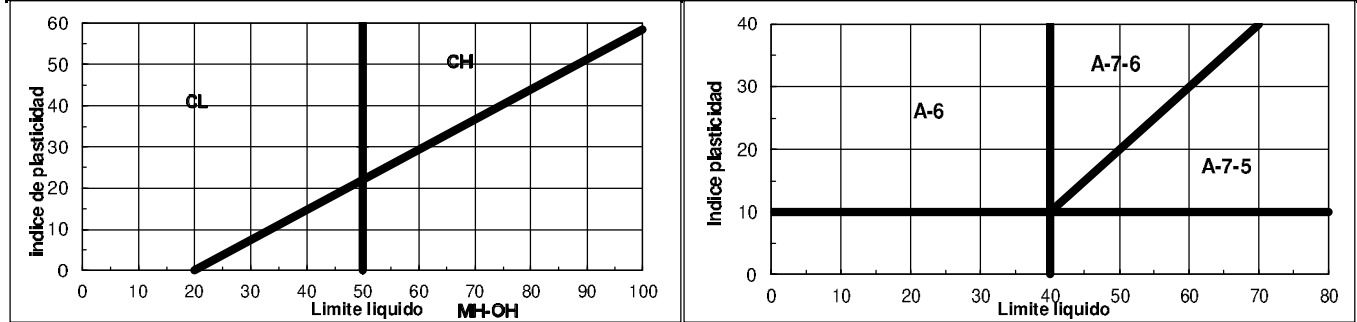
LIMITE LIQUIDO	---
LIMITE PLASTICO	---
INDICE DE PLASTICIDAD	NO PLÁSTICO

DETERMINACION DE LA HUMEDAD (UNE 103300:1993)

HUMEDAD NATURAL (%)	5	
CLASIFICACION DEL SUELO	SUCS	ARENAS CON LIMOS NO PLÁSTICOS (SM)
	CTE	LIMOS

CONTENIDO EN SULFATOS DE UN SUELO (mg/kg de SO ₄ ²⁻):	<800
OBSERVACIONES: La muestra ensayada, a la profundidad indicada, NO PRESENTA AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN	

DENSIDAD APARENTE (g/cm³):	-
DENSIDAD SECA (g/cm³):	-
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm³):	-



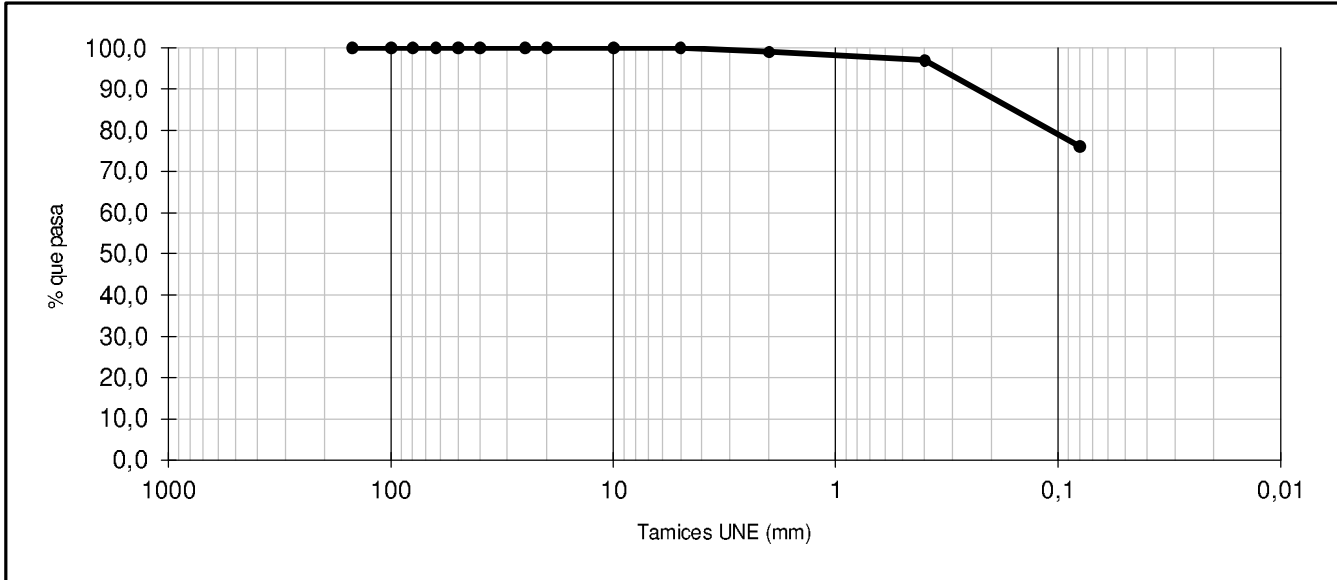
Director de Laboratorio:

Responsable del área GTL:

Peticionario:	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				
Obra:	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				
Nº acta	Nº Albarán	Fecha ensayo	Fecha muestra	Muestra	Material y procedencia de la muestra
	163270	16/02/2018	06/02/2018	163270-GEO-TNA-S2-M2	SONDEO 2, M2 (4,80-5,40)

GEO-01 - GRANULOMETRIA, LIMITES ATTERBERG, CLASIFICACION
SUL-01: SULFATOS SOLUBLES EN AGUA

Resultados: ANALISIS GRANULOMETRICO (UNE 103101/95)



Tamices	150	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
% pasa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,0	97,0	76,0

LIMITES DE ATTERBERG (UNE 103 104/ 93, UNE 103 103/ 94)

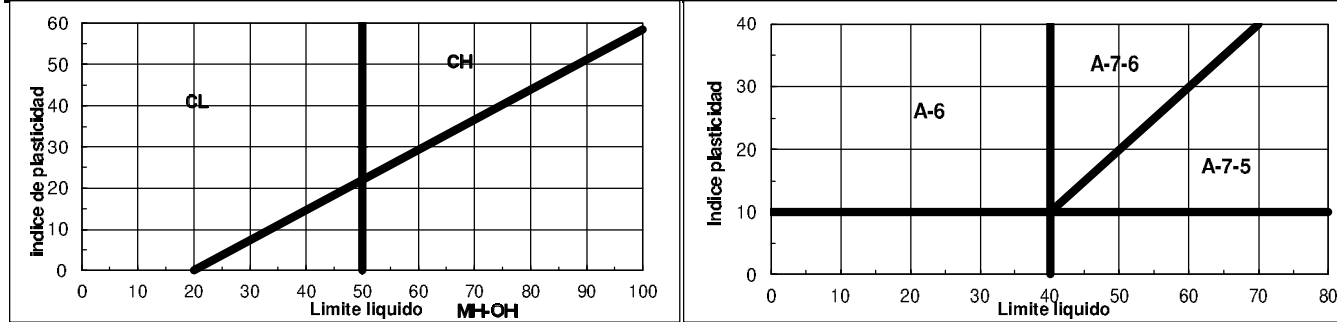
LIMITE LIQUIDO	---
LIMITE PLASTICO	---
INDICE DE PLASTICIDAD	NO PLÁSTICO

DETERMINACION DE LA HUMEDAD (UNE 103300:1993)

HUMEDAD NATURAL (%)	10	
CLASIFICACION DEL SUELO	SUCS	LIMOS ARENOSOS (ML)
	CTE	LIMOS

CONTENIDO EN SULFATOS DE UN SUELO (mg/kg de SO ₄ ²⁻):	<800
OBSERVACIONES: La muestra ensayada, a la profundidad indicada, NO PRESENTA AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN	

DENSIDAD APARENTE (g/cm³):	-
DENSIDAD SECA (g/cm³):	-
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm³):	-



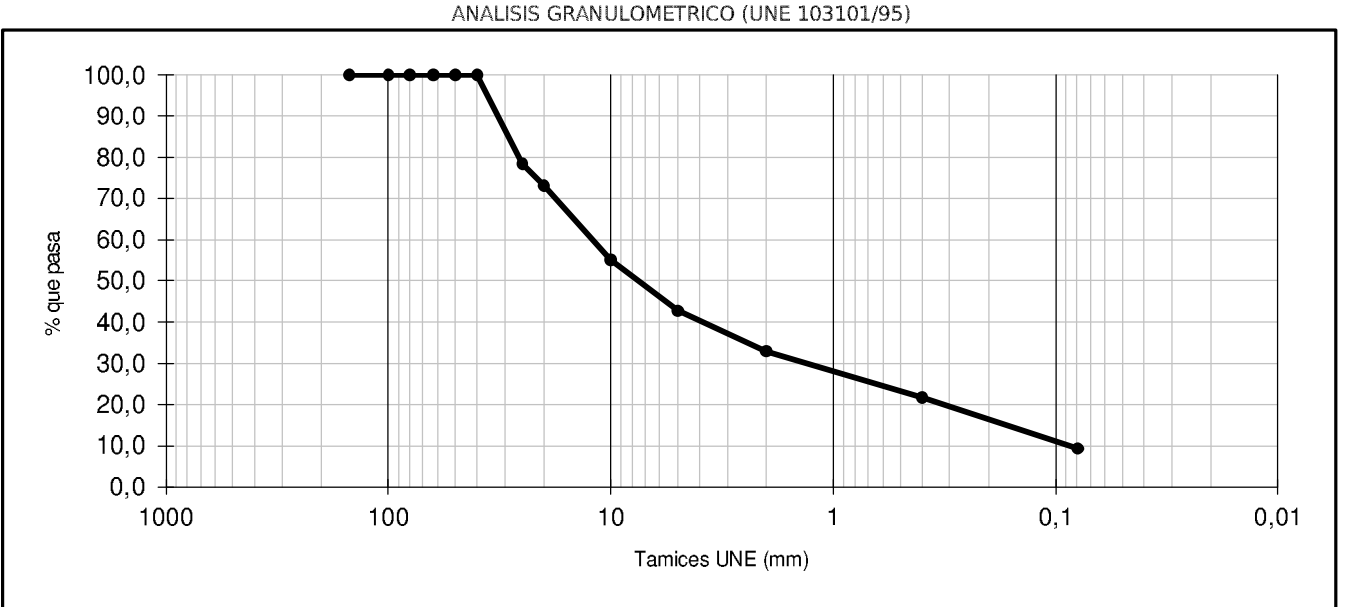
Director de Laboratorio:

Responsable del área GTL:

Peticionario:	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				
Obra:	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				
Nº acta	Nº Albarán	Fecha ensayo	Fecha muestra	Muestra	Material y procedencia de la muestra
	163270	16/02/2018	06/02/2018	163270-GEO-TNA-S2-M3	SONDEO 2, M3 (6,60-7,20)

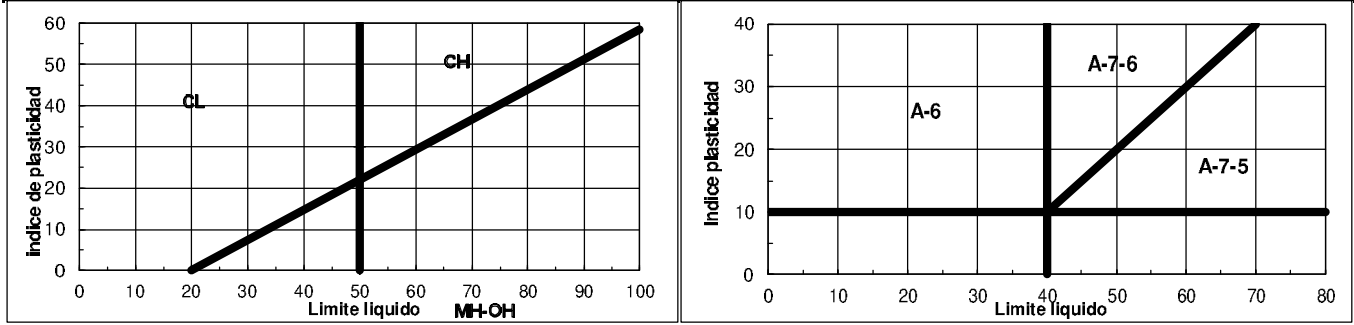
GEO-01 - GRANULOMETRIA, LIMITES ATTERBERG, CLASIFICACION
SUL-01: SULFATOS SOLUBLES EN AGUA

Resultados: _____



Tamices	150	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
% pasa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	78,5	73,1	55,2	42,8	32,9	21,8	9,4

LIMITES DE ATTERBERG (UNE 103 104/ 93, UNE 103 103/ 94)		
LIMITE LIQUIDO		---
LIMITE PLASTICO		---
INDICE DE PLASTICIDAD		NO PLÁSTICO
DETERMINACION DE LA HUMEDAD (UNE 103300:1993)		
HUMEDAD NATURAL (%)		4
CLASIFICACION DEL SUELO	SUCS	GRAVAS CON LIOS NO PLÁSTICOS (GM)
	CTE	GRAVAS ARENOSAS CON ALGO DE LIMOS
CONTENIDO EN SULFATOS DE UN SUELO (mg/kg de SO ₄ ²⁻):		<800
OBSERVACIONES: La muestra ensayada, a la profundidad indicada, NO PRESENTA AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN		
DENSIDAD APARENTE (g/cm³):		-
DENSIDAD SECA (g/cm³):		-
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm³):		-



Director de Laboratorio:



Responsable del área GTL:



ANEJO 4
PERFILES DE CORRELACIÓN

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



ANEJO 5
TRABAJOS DE CAMPO

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



TRABAJOS DE CAMPO

**Sondeo a rotación con extracción continua de muestra
y ejecución de ensayos de penetración S.P.T.**

El sondeo se realiza a rotación con obtención continua de muestra mediante batería provista de corona de widia.

La máquina empleada es una sonda rotativa automática sobre orugas tipo RL-46 ROLATEC, TP-30 TECOINSA, TP-50 TECOINSA

Para obtener una orden de magnitud acerca de la capacidad portante del terreno se realizaron diversos ensayos de penetración (S.P.T), a distintas profundidades.

El ensayo S.P.T se realiza según norma UNE – EN ISO 22476 – 3 2006. Consiste en lo siguiente: Se trata de contar el número de golpes necesario para hincar 30 cm. (15 + 15) un tomamuestras de 2” x 1 3/8” de diámetro con tubo bipartido, normalizado, mediante golpeo de una maza de 63.5 Kg de peso que cae desde una altura de 75 cm.

Para realizar el ensayo se marcan en el varillaje 60 cm., en tramos de 15 cm., contándose los golpes para los 30 centrales. Se considera que se obtiene rechazo y se suspende el ensayo cuando después de dar una serie de 100 golpes no se introducen los 30 cm, en su totalidad o cuando tras dar 50 golpes el tomamuestras no se ha introducido 5 cm.

Los ensayos se realizaron con un penetrómetro automático ROLATEC TECOINSA que cumple las siguientes normas: N. I. De la SIMSFE y D.P.S.H, y que está previsto de cuentagolpes electrónico digital.

Asimismo se toman varias muestras inalteradas a percusión mediante un tomamuestras G.M.P.V de pared gruesa en cuyo interior se aloja un tubo de PVC donde se introduce la muestra. Inmediatamente después de su extracción se parafinan sus extremos para evitar pérdidas de humedad. La hincada del tomamuestras se realiza mediante una maza de 63.5 Kg que cae desde una altura de 75 cm.

Peticionario	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				Código: X 628274	Sistema referencia: ETR589
Obra	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				Código: Y 1571157	
Nº Acta	Albarén	Fecha inicio	Fecha final	Muestra	Tipo de material y procedencia de la muestra	
	163270	6/2/2018	6/2/2018	163270-G-I-O	Proyecto geotécnico - sondeo de reconocimiento.	

SONDEO				1		NORMAS: ASIM D2113-99, XP94-202				TIPO DE PERFORACIÓN: ROTACIÓN CONTINUA: TECOINSA TP-50								
CAJAS TESTIFICADAS:				3		PROFUNDIDAD TOTAL: 8,40 M												
Hoja 1 de 1: De 0,00 a 9,00 m.																		
Revestimiento	Ø perf.(mm)	Barrido	Profundidad	Columna litológica	Profundidad	Ejesor	Nivel freático	Muestras	SPT	Recuperación	RQD	Consistencia en sulfatos (mg/kg)	Compresión simple (KP/cm²)	Presión hinchamiento (KPa)	Límite líquido / límite plástico	Clasificación de Casagrande	Descripción litológica	
SIN REVESTIR	9805-w	Seco	0.00		0.50	No se identifica nivel freático											Limos con cantos. Rellenos / suelo vegetal.	
			1		1.50												Arenas limosas marrón blancuzcas con canto de tamaño grava. Posible nivel de rellenos.	
			2		3.00		MA 1.20-1.80		54									Grava con matriz arenolimosa de color grisáceo. Presentan una textura algo desordenada. Posible nivel de rellenos.
			3		4.50		MA 2.40-3.00		24	100%								Arenas de grano fino a medio, algo limosas, de color marrón, no plásticas. Cuaternario aluvial.
			4		6.00		MA 4.20-4.80		28									
			5		7.00		MA 6.00-6.60		61									Gravas con abundante matriz arenolimosa marrón Cantos mayormente calizos, subredondeados, centilo sobre los 5cm y tamaño medio 2 - 3 cm, textura parcialmente granosostenida. Matriz arenosa a limosa marrón no plástica. Terraza aluvial (cuaternario).
			6		8.40													
			7															
			8															
9									60									



De 0,00 a 3,00 m.



De 3,00 a 6,00 m.



De 6,00 a 9,00 m.

Escala vertical: 1:100 (3cm = 1,0 m). Original A4.

Director de Laboratorio: Ana Isabel Tierno Vera

Responsable del Área GTC: Julián Clemente

Observaciones:

MA: Muestra alterada / MI: Muestra inalterada / TP: Testigo parafinado

Peticionario	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				Código: X: 628274	Sistema referencia: ETR589
Obra	AMPLIACIÓN DEPÓSITO MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				Código: Y: 1571157	
Nº Acta	Albarén	Fecha inicio	Fecha final	Muestra	Tipo de material y procedencia de la muestra	
	163270	6/2/2018	6/2/2018	163270-G-I-O	Proyecto geotécnico - sondeo de reconocimiento.	

SONDEO				2		NORMAS: ASIM D2113-99, XP94-202				TIPO DE PERFORACIÓN: ROTACIÓN CONTINUA: TECOINSA TP-50										
CAJAS TESTIFICADAS:				3		PROFUNDIDAD TOTAL: 8,40 M														
Hoja 1 de 1: De 0,00 a 9,00 m.																				
Revestimiento	Ø perf.(mm)	Barrido	Profundidad	Columna litológica	Profundidad	Espesor	Nivel freático	Muestras	SPT	Recuperación	RQD	Contenido en sulfatos (mg/kg)	Compresión simple (KPa/cm²)	Presión hinchamiento (KPa)	Límite líquido / límite plástico	Clasificación de Casagrande	Descripción litológica			
SIN REVESTIR	9805-W	Seco	1		0.00	No se identifica nivel freático											Limos marrones con cantos. Rellenos y suelo vegetal.			
			2		1.50												Arenas limosas con cantos de grava.			
			3		3.00													Gravas con abundante matriz limosa.		
			4		4.50														Arenas de grano fino a medio, algo limosas, de color marrón, no plásticas. Cuaternario aluvial.	
			5		6.00															
			6		6.50															
			7		7.00															Gravas con abundante matriz arenolimosa marrón Cantos mayormente calizos, subredondeados, centilo sobre los 5cm y tamaño medio 2 - 3 cm, textura parcialmente granosostenida. Matriz arenosa a limosa marrón no plástica. Terraza aluvial (cuaternario).
			8		8.40															
			9																	

Escala vertical: 1:100 (3cm = 1,0 m). Original A4.

Director de Laboratorio: Ana Isabel Tierno Vera

Responsable del Área GTC: Julián Clemente

Observaciones:

MA: Muestra alterada / MI: Muestra inalterada / TP: Testigo parafinado

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



Prueba de penetración dinámica superpesada: D.P.S.H.
NORMA: UNE-EN ISO 2476-2 2008

Objeto y datos de la prueba.

La prueba consiste en clavar en el terreno una puntaza maciza de hierro que se encuentra situada en el extremo de una varilla. La varilla tiene un diámetro inferior al de la puntaza, con objeto de evitar lo máximo posible el rozamiento de la misma en el terreno. La hinca en el terreno se consigue golpeando el conjunto en su parte superior con una maza en caída libre.

La resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa mediante el nº de golpes necesarios para clavar la varilla 20 cm en dicho terreno. Este nº de golpes se designará en lo sucesivo como n20, y servirá para darnos información acerca de las características físicas y geotécnicas del terreno, con una serie de correlaciones e interpretaciones se puede determinar a partir de n20: la carga admisible, la resistencia dinámica en punta, etc.

Realización de la prueba y maquinaria utilizada.

Introducida la primera varilla en la meseta de guía, se fija la puntaza a su extremo y se sitúa la meseta en su posición definitiva. Como la puntaza sobresale por su parte inferior, al poner la meseta horizontal, se clava parte en el terreno. Dado que esta magnitud que se introduce es, normalmente, del orden de 20 cm, no se consideran los golpes correspondientes a esta primera división.

Se continúa la prueba mediante los golpes necesarios para introducir cada una de las divisiones de 20 cm de la varilla. La velocidad de golpeo de la maza se debe estimar a razón de 30 golpes por minuto.

El resultado de los mismos se representa en gráficos donde en ordenadas, figura la profundidad que se ensaya en tramos de 20 cm, y en abscisas el golpeo obtenido para cada tramo.

La prueba se ha realizado mediante un penetrómetro automático dinámico portátil sobre orugas serie P (diesel) Modelo PDP 3.10D que cumple con las normas siguientes del SIMSFE (Sociedad internacional de Mecánica del Suelo y Cimentaciones y el Comité Técnico de Pruebas de Penetración de Suelos):

- DPSH-Dynamic Probing Super Heavy
- S.P.T. Standard Penetration Test
- Mecanismo de golpeo automático

Las pruebas de penetración se han realizado siguiendo la norma DPSH, con las características siguientes:

- Masa de la Maza 63,5 Kg
- Altura de Caída 75,0 cm.
- Relación longitud/diámetro de la maza ≥ 1 y ≤ 2 .
- Masa yunque 7,2 Kg.
- Longitud de la varilla 1,0 m.
- Diámetro exterior de la varilla 32,0 mm.
- Masa máxima varilla + niple 6,31 Kg.
- Desviación máxima en primeros 5 m 1 %.
- Desviación máxima a partir de 5m 2 %.
- Sección de la puntaza Cilindro-cónica.
- Área de la puntaza 20.0 cm².
- Angulo de la puntaza 90°

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



- Cuento de golpes cada N 20.0 cm.

Cálculo de resultados.

En base a los resultados de la prueba de penetración, se puede estimar la resistencia dinámica del terreno utilizando para ello la fórmula de hincas:

Fórmula dinámica de los holandeses:

$$Rp = \frac{Pm^2 * h}{(Pm + Pv) * S * d}$$

Siendo:

Rp= Resistencia dinámica unitaria en Kg/ cm².

Pm= Peso de la maza (63,5 Kg).

h= Altura de caída libre (75 cm).

Pv= Peso que carga sobre la puntaza: yunque(7,2 Kg)+ varillas(6,31 Kg)+ cabeza golpeo(0,8 kg)

S= Sección de la puntaza (20 cm²).

d= Penetración por golpe (20/ N20).

A partir del valor de la resistencia dinámica **Rp** es posible estimar la resistencia en punta estática **qc** (véase Buisson y otros), mediante unas correlaciones y coeficientes de transformación, éstos dependen fundamentalmente de la naturaleza del terreno y de su estado en el momento de efectuar el ensayo.

La carga admisible se puede estimar a partir de la resistencia dinámica en punta **Rp** según diversas correlaciones (véase Sanglerat, Meyerhof y otros). Así como la fórmula del Servicio Geológico de Obras Públicas, muy utilizada en los hasta los 8 primeros metros de profundidad:

$$Qadm = \frac{Pm^2 * h}{40 * (Pm + Pv) * S * d}$$



20 años de experiencia a su servicio

Gracias

Informe de ensayo
Laboratorios Entecsa SA inscrita en el Registro Mercantil de Navarra, en el tomo 431 general, folio 55, hoja NA-9467, Inscr. 1ª a 7ª. C.I.F.: A-31536113. Polígono Industrial, 31500 Tudela (Navarra) Tel. 648412535. Empresa certificada por AENOR (Nº ER-1923/2000), según norma UNE EN ISO 9001 (nº: GA-2011/0098), según norma UNE EN ISO 14001. Sistema de calidad conforme a los requisitos de la norma UNE EN ISO IEC 17025. Laboratorio legislado según RD 410/2010, e inscrito en el Registro General del Código Técnico de la Edificación de los laboratorios de ensayos para el control de calidad en los grupos de ensayo: ensayos de geotecnia, viales, pruebas de servicio, de estructuras de hormigón estructural, de estructuras de acero estructural, de obras de albañilería. Los resultados contenidos en la presente acta sólo se refieren al material sometido a ensayo. Este acta no podrá ser reproducida sin el consentimiento de Laboratorios Entecsa.

Peticionario:	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				
Obra:	AMPLIACIÓN DEPÓSITO DE AGUA MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				
Nº acta	Nº Albarán	Fecha ensayo	Fecha muestra	Muestra	Material y procedencia de la muestra
	163270	06/02/2018	06/02/2018	163270-GEO	DPSH

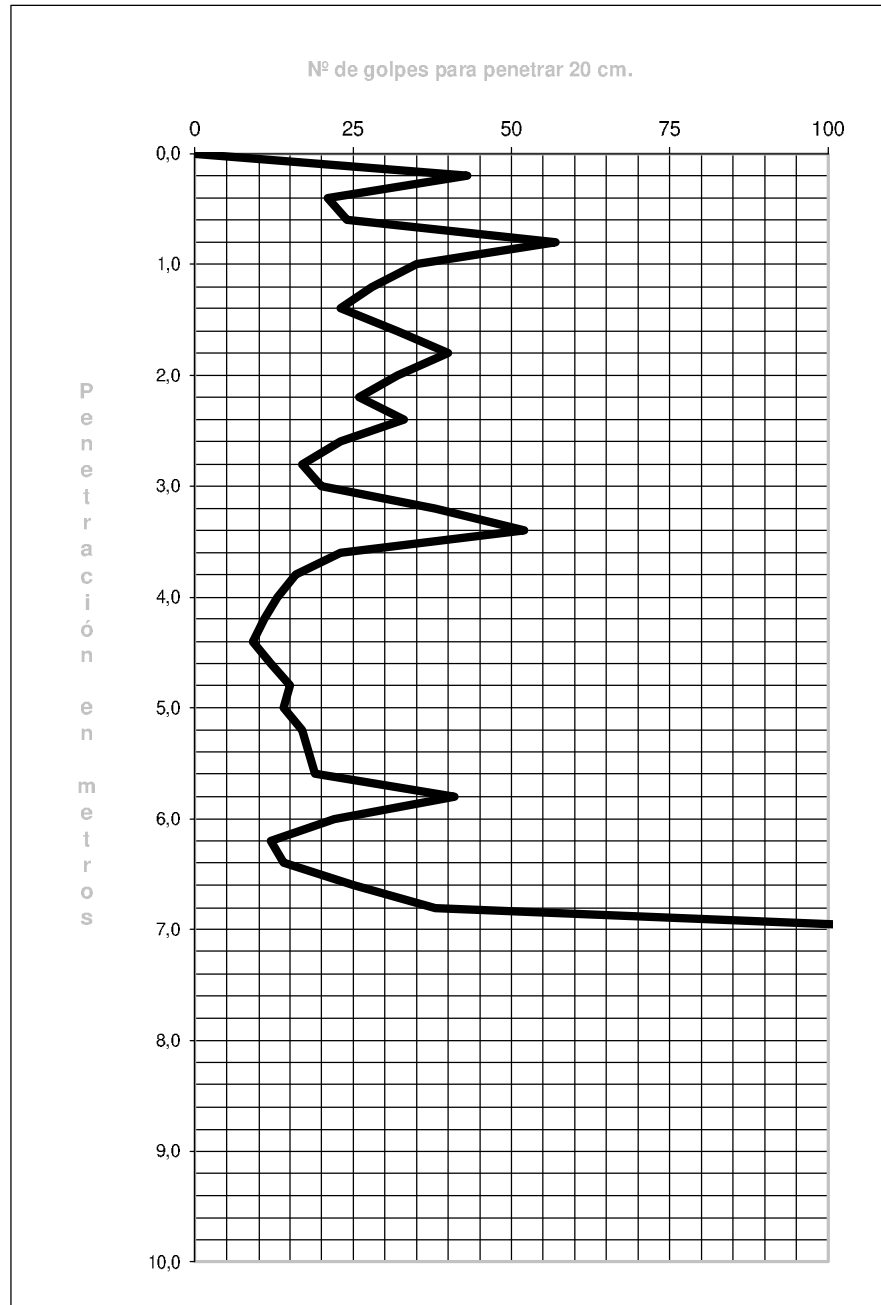
PRUEBA DE PENETRACION DINAMICA SUPERPESADA -

NORMA: UNE EN ISO 22476-2:2008

DPSH Nº: 1

DATOS DEL ENSAYO

Prof. (m.)	Nº golpes	Prof. (m.)	Nº golpes
0,0	0	10,2	
0,2	43	10,4	
0,4	21	10,6	
0,6	24	10,8	
0,8	57	11,0	
1,0	35	11,2	
1,2	28	11,4	
1,4	23	11,6	
1,6	32	11,8	
1,8	40	12,0	
2,0	32	12,2	
2,2	26	12,4	
2,4	33	12,6	
2,6	23	12,8	
2,8	17	13,0	
3,0	20	13,2	
3,2	38	13,4	
3,4	52	13,6	
3,6	23	13,8	
3,8	16	14,0	
4,0	13	14,2	
4,2	11	14,4	
4,4	9	14,6	
4,6	12	14,8	
4,8	15	15,0	
5,0	14	15,2	
5,2	17	15,4	
5,4	18	15,6	
5,6	19	15,8	
5,8	41	16,0	
6,0	22	16,2	
6,2	12	16,4	
6,4	14	16,6	
6,6	25	16,8	
6,8	38	17,0	
7,0	120	17,2	
7,2		17,4	
7,4		17,6	
7,6		17,8	
7,8		18,0	
8,0		18,2	
8,2		18,4	
8,4		18,6	
8,6		18,8	
8,8		19,0	
9,0		19,2	
9,2		19,4	
9,4		19,6	
9,6		19,8	
9,8		20,0	
10,0		20,2	



Observaciones:

Director de Laboratorio:
ANA ISABEL TIERNO VERA

Responsable del área GTC:
Julián Clemente



20 años de experiencia a su servicio

Gracias

Informe de ensayo
Laboratorios Entecsa SA inscrita en el Registro Mercantil de Navarra, en el tomo 431 general, folio 55, hoja NA-9467, Inscr. 1ª a 7ª. C.I.F.: A-31536113. Polígono Industrial, 31500 Tudela (Navarra) Tel. 648412535. Empresa certificada por AENOR (Nº ER-1923/2000), según norma UNE EN ISO 9001 (nº: GA-2011/0098), según norma UNE EN ISO 14001. Sistema de calidad conforme a los requisitos de la norma UNE EN ISO IEC 17025. Laboratorio legislado según RD 410/2010, e inscrito en el Registro General del Código Técnico de la Edificación de los laboratorios de ensayos para el control de calidad en los grupos de ensayo: ensayos de geotecnia, viales, pruebas de servicio, de estructuras de hormigón estructural, de estructuras de acero estructural, de obras de albañilería. Los resultados contenidos en la presente acta sólo se refieren al material sometido a ensayo. Este acta no podrá ser reproducida sin el consentimiento de Laboratorios Entecsa.

Peticionario:	JUNTA MUNICIPAL DE AGUAS DE TUDELA				
Obra:	AMPLIACIÓN DEPÓSITO DE AGUA MONTES DEL CIERZO. TUDELA (NAVARRA)				
Nº acta	Nº Albarán	Fecha ensayo	Fecha muestra	Muestra	Material y procedencia de la muestra
	163270	06/02/2018	06/02/2018	163270-GEO	DPSH

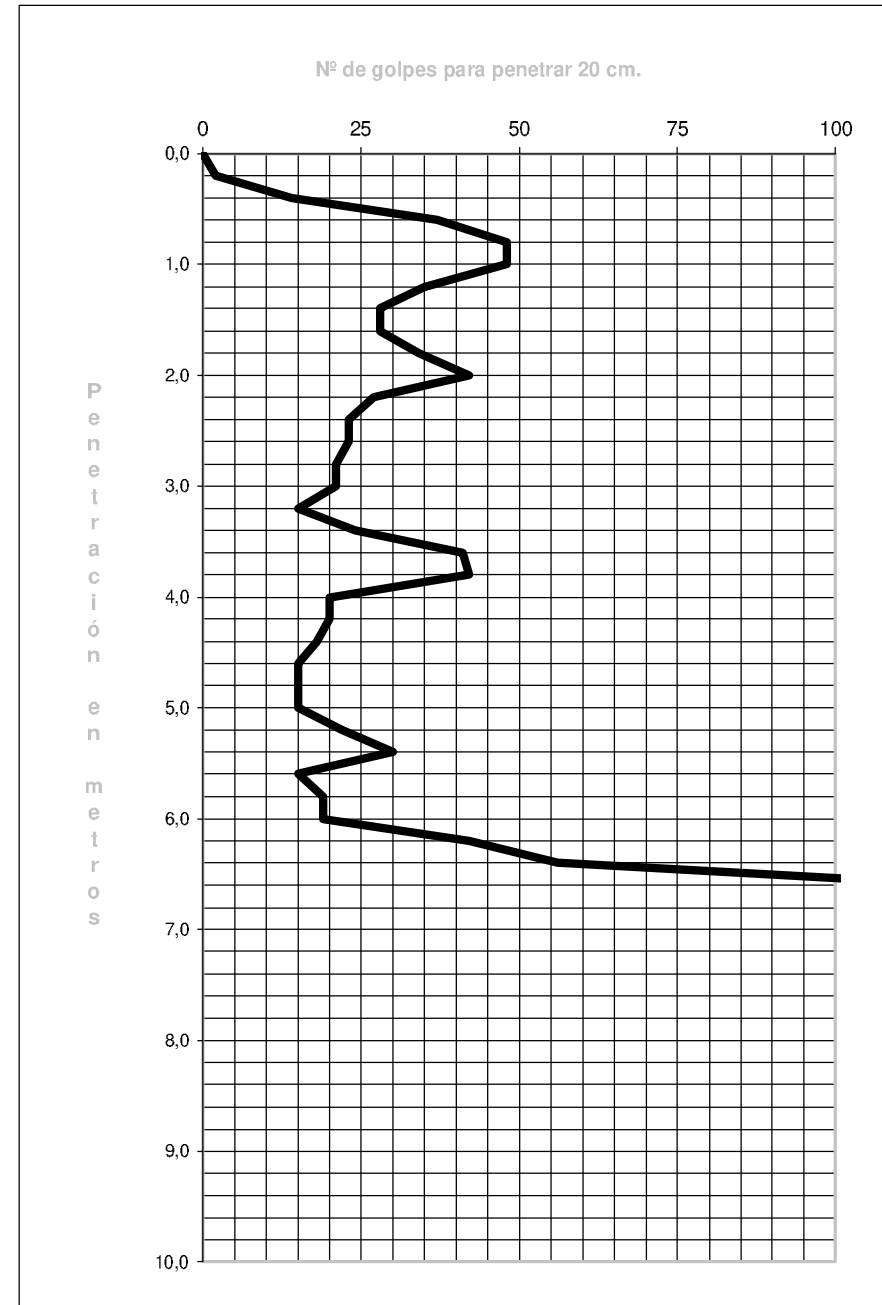
PRUEBA DE PENETRACION DINAMICA SUPERPESADA -

NORMA: UNE EN ISO 22476-2:2008

DPSH Nº: 2

DATOS DEL ENSAYO

Prof. (m.)	Nº golpes	Prof. (m.)	Nº golpes
0,0	0	10,2	
0,2	2	10,4	
0,4	14	10,6	
0,6	37	10,8	
0,8	48	11,0	
1,0	48	11,2	
1,2	35	11,4	
1,4	28	11,6	
1,6	28	11,8	
1,8	34	12,0	
2,0	42	12,2	
2,2	27	12,4	
2,4	23	12,6	
2,6	23	12,8	
2,8	21	13,0	
3,0	21	13,2	
3,2	15	13,4	
3,4	24	13,6	
3,6	41	13,8	
3,8	42	14,0	
4,0	20	14,2	
4,2	20	14,4	
4,4	18	14,6	
4,6	15	14,8	
4,8	15	15,0	
5,0	15	15,2	
5,2	22	15,4	
5,4	30	15,6	
5,6	15	15,8	
5,8	19	16,0	
6,0	19	16,2	
6,2	42	16,4	
6,4	56	16,6	
6,6	120	16,8	
6,8		17,0	
7,0		17,2	
7,2		17,4	
7,4		17,6	
7,6		17,8	
7,8		18,0	
8,0		18,2	
8,2		18,4	
8,4		18,6	
8,6		18,8	
8,8		19,0	
9,0		19,2	
9,2		19,4	
9,4		19,6	
9,6		19,8	
9,8		20,0	
10,0		20,2	



Observaciones:

Director de Laboratorio:
ANA ISABEL TIERNO VERA

Responsable del área GTC:
Julián Clemente

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



REPORTAJE FOTOGRAFICO



Vista general de la zona donde se construirá el depósito.



Situación sondeo 1.

Peticionario:	Junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



Sondeo 1, de 0 a 3 m.



Sondeo 1, de 3 a 6 m.

Peticionario:	Junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



Sondeo 1, de 6 a 8,4 m.



Situación del sondeo 2.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



Sondeo 2, de 0 a 3 m.



Sondeo 2, de 3 a 6 m.

Peticionario:	junta municipal de aguas de Tudela
Obra:	Ampliación depósito Montes del Cierzo. Tudela (Navarra).



Sondeo 2, de 6 a 8,4 m.