



**INFORME GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DEL COLEGIO PÚBLICO
DOÑA ALVARA ALVAREZ EN LA PARCELA 18 DEL POLÍGONO 1
DE FALCES (NAVARRA)**

CLIENTE: DEPARTAMENTO EDUCACIÓN GOBIERNO DE NAVARRA

Pamplona, mayo de 2026

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	4
3. CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO	5
3.1. MARCO GEOLÓGICO. CARTOGRAFÍA.....	5
3.2. HIDROLOGÍA	6
3.3. SISMICIDAD.....	7
3.4. PROTECCIÓN FRENTE A EXPOSICIÓN AL RADÓN	9
4. RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO	12
4.1. SONDEOS MECÁNICOS	12
4.2. ENSAYOS “In Situ” (S.P.T.).....	14
4.3. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA (UNE EN ISO 22476-2).....	15
5. ENSAYOS DE LABORATORIO	19
5.1. COLAPSO.....	19
6. CÁLCULO CARGAS ADMISIBLES	22
6.1. INTERPRETACIÓN ENSAYOS D.P.S.H.	22
6.1. ESTIMACIÓN CARGA ADMISIBLE NIVEL GEOTÉCNICO 1 (gravas).....	23
7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	25
8. SOLUCIONES DE CIMENTACIÓN.....	28
8.1. TIPOLOGÍA CIMENTACIÓN.....	28
8.2. CÁLCULO DE ASIENTOS.....	30
8.2.1. Método de SCHMERTMANN para cimentaciones convencionales	30
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31

ANEXO 1: Mapa geológico y leyenda

ANEXO 2: Registro y fotografías del sondeo

ANEXO 3: Ensayos de Penetración Dinámica DPSH

ANEXO 4: Perfil de correlación

ANEXO 5: Boletines de los ensayos de laboratorio

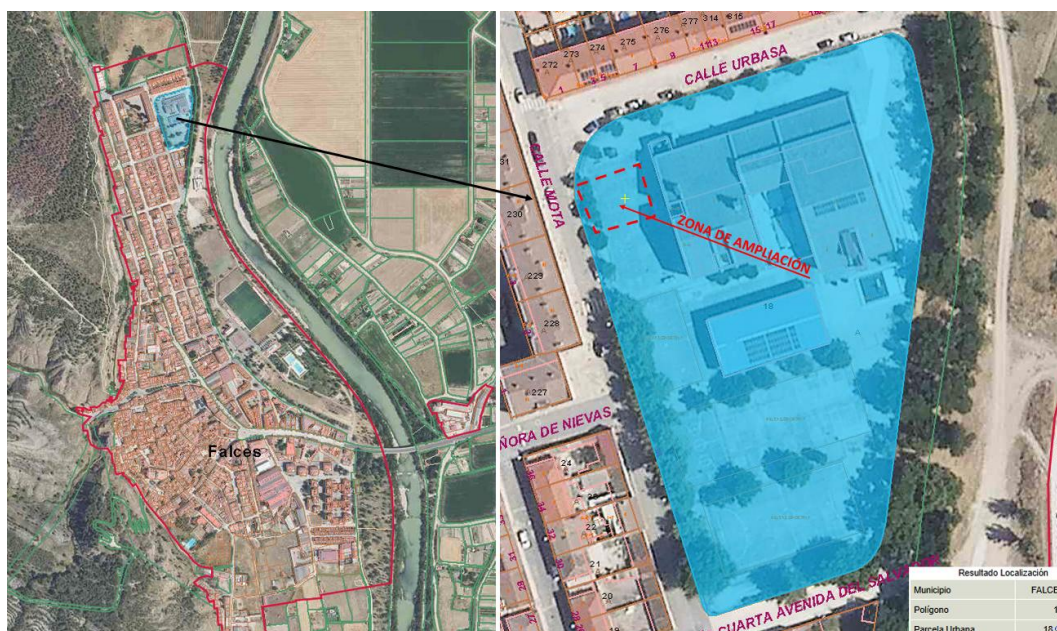
ANEXO 6: Plano de ubicación de ensayos

INFORME: IRGE 3064 0226

Revisión	Fecha entrega	Descripción
IRGE 3064 0226	12/05/2026	Entrega informe geotécnico.

1. INTRODUCCIÓN

Se solicita a GEEA Geólogos S.L. a requerimiento del Departamento de Educación del Gobierno de Navarra, la realización de un Estudio Geológico y Geotécnico para la ampliación del Colegio Público Doña Alvara Alvarez en la parcela 18 del polígono 1 de la localidad de Falces (Navarra). El edificio previsto se desarrollaría en planta baja con una superficie construida inferior a 300 m².



Ubicación parcelas objeto de estudio en el Catastro de Navarra.

El trabajo contratado se resume básicamente en el estudio geológico-geotécnico del terreno. Se trata de caracterizar el terreno, identificar los diferentes tipos de materiales, obtener las profundidades y situación de estos, las resistencias de estos, y aconsejar sobre la base de ello las cimentaciones más apropiadas, las profundidades a las que se deben realizar y las cargas admisibles del terreno.

Los Geólogos que firman el presente informe están avalados por su titulación para la realización de ensayos geotécnicos “in situ”, según se recoge en el Real Decreto 1378/2001 de 7 de diciembre, en el que se definen las funciones profesionales del Geólogo. Los ensayos se han realizado por GEEA GEOLOGOS S.L. laboratorio acreditado para la realización de dichos ensayos.

Siendo estas cuestiones expuestas en este informe con fecha de febrero de 2026.

2. METODOLOGÍA

Una vez aprobado el presupuesto e indicados los objetivos de la investigación, el método ha sido ordenado de la siguiente manera:

Antecedentes del lugar

1. IGME// Mapa geológico de España, hoja 206 (Peralta), escala 1:50.000.
2. Gobierno de Navarra // Mapa Geológico de Navarra, hoja 206-3 (Peralta), escala 1:25.000.
3. Estudios previos realizados en la zona.
4. Visores SIG: IDENA, IBERPIX, Google Earth, ArcGIS, QGIS.
5. Estudios previos realizados en la zona.

Cumplimiento CTE

1. Ampliación colegio en PB, con una superficie construida inferior a 300 m².
2. Tipo de construcción: construcción: C1 en terreno T1.
3. Nº de ensayos realizados en campo: 1 sondeo mecánico a rotación con extracción de muestra continua y 2 Ud. ensayos D.P.S.H. distribuidos tal y como queda reflejado en el croquis de ubicación (anexo 6).
4. Caracterización del horizonte de cimentación en laboratorio (anexo 5).
5. Secciones geotécnicas (anexo 4).
6. Plano de ubicación de ensayos de campo (anexo 6).

Contenidos en informe

- Descripción geológica, hidrogeológica y sísmica (apartado 3).
- Reconocimiento geotécnico, tipo ensayos y profundidades (apartado 4).
- Ensayos de laboratorio (apartado 5).
- Cálculo de cargas admisibles (apartado 6).
- Parámetros geotécnicos, espesores, litologías (apartado 7).
- Cota, tipología de cimentación y asientos (apartado 8).
- Cargas admisibles, hundimiento, asientos admisibles, nivel freático, excavabilidad, estabilidad de taludes, agresividad (apartado 9).

3. CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO

3.1. MARCO GEOLÓGICO. CARTOGRAFÍA

Desde el punto de vista geológico, esta región está situada en el borde norte de la Depresión del Ebro. Los materiales que la constituyen son de origen continental y tienen edades comprendidas entre el Oligoceno y Mioceno, sobre los que se han depositado sedimentos cuaternarios.

La creación de las condiciones para la sedimentación de los materiales terciarios de la zona se remonta al tránsito Eoceno-Oligoceno, en el cual se produjo un cambio de signo en la sedimentación del denominado Surco Pirenaico: las primeras fases de plegamiento de la cordillera pirenaica transformaron progresivamente el surco marino eoceno en una serie de cuencas de menor tamaño, de dirección general E-O, en las cuales se inició la sedimentación, en régimen continental endorreico con fuerte subsidencia, de los materiales terciarios de la región.

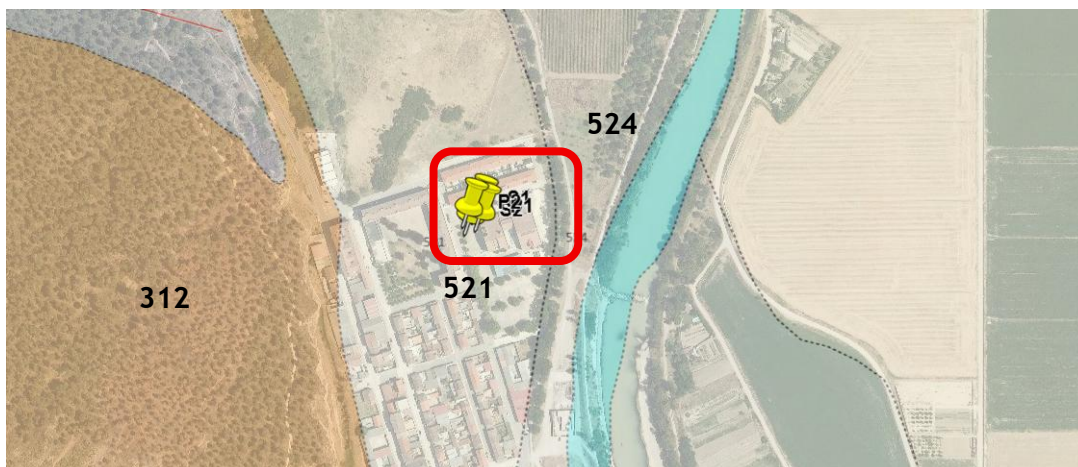
El sustrato terciario se estructura en pliegues laxos de dirección predominante ONO-ESE, en los que las formaciones yesíferas, de origen lacustre, forman resaltes morfológicos dando lugar a sierras de mediana altitud.

En la zona en la que se emplaza la localidad de Falces, el sustrato rocoso lo componen los yesos y margas de Falces, los cuales consisten en una alternancia de lutitas y yesos lamino-nodulares. Los tramos yesíferos pueden contener niveles dolomíticos, laminados y carniolares. Los tramos lutíticos presentan mayor desarrollo hacia el techo de la unidad, coloraciones rojizas y grisáceas y están compuestos por arcillas y margas dolomíticas con un alto contenido en yesos. Todo el conjunto presenta espesores superiores a los 300 m.

Sobre estos materiales se encuentran depósitos coluviales y aluviales compuestos por gravas, arenas y arcillas. Es concretamente sobre estos depósitos aluviales, sobre los que se emplaza la parcela objeto del presente estudio.

En la presente imagen se expone la cartografía geológica de la zona, en donde marcamos en rojo la situación de la parcela.

A continuación, podemos ver la cartografía geológica de la zona en la que se encuentra la parcela de estudio, la cual se señala en el interior del círculo rojo.



Recorte mapa geológico 206-III del visor Idena.

La parcela se encuentra ubicada sobre materiales señalados como depósitos aluviales (Unidad 521), formada por gravas, arenas, limos y arcillas de terraza.

A la izquierda de la imagen se observa una zona marcada en naranja, correspondiente a los altos formados por los Yesos de Falces, sustrato rocoso del lugar en donde se encuentra la localidad.

En el anexo 1 del presente informe, se presenta el mapa geológico y leyenda de la zona de estudio.

3.2. HIDROLOGÍA

Los materiales terciarios, que constituyen el sustrato rocoso de la zona de estudio, presentan en su conjunto una permeabilidad baja en función de su grado de fracturación, considerándose a escala global como un acuícludo o impermeable. Localmente, pueden presentar una mayor permeabilidad a favor de diaclasado abierto, preferentemente en los niveles más superficiales, por descompresión y/o alteración. El coeficiente de permeabilidad estimado para estos materiales en su estado sano será bajo, en torno a 10-8 cm/s.

Las arcillas limosas aluviales son consideradas como un material de media permeabilidad, estimándose para ellos un valor de coeficiente de permeabilidad bajo, en torno a 10-3 a 10-5 cm/s.

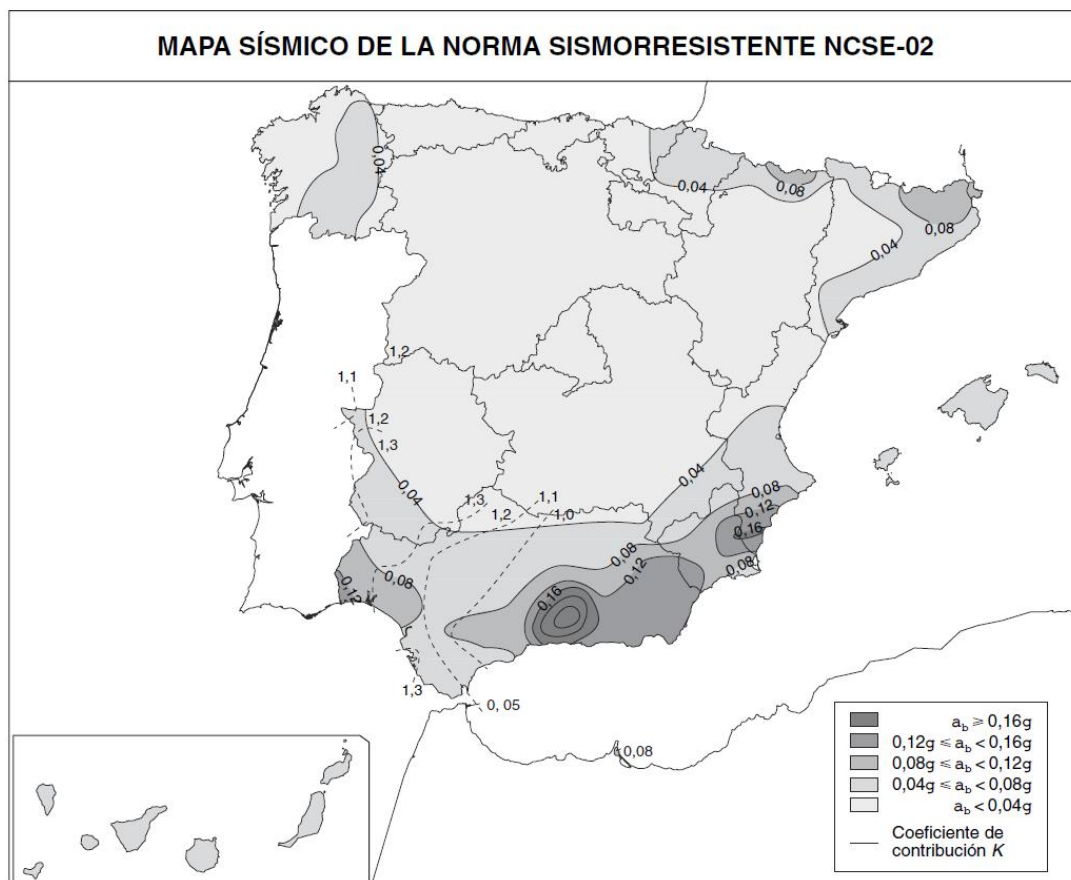
Las gravas aluviales, no observadas directamente en los trabajos de campo realizados para este trabajo, pero sí en emplazamientos próximos estudiados por GEEA GEÓLOGOS, son consideradas permeables. Dicha permeabilidad vendrá dada por su porosidad, menor cuanto más fino sea el material, por lo que, en función de la aparición de mayor o menor contenido en arcillas y arenas, puede ser más o menos permeable. El valor de coeficiente de permeabilidad para estas gravas se estima que será superior a 10-3 cm/s.

Durante la fase de ejecución de los trabajos de campo no se ha identificado el nivel freático, habiéndose investigado una profundidad máxima de 3,90 metros en la calicata C1. Se observa un incremento de la humedad a partir de 2,50 m de profundidad, donde el material es más arenoso.

3.3. SISMICIDAD

El presente apartado tiene como objeto proporcionar los criterios que han de seguirse para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que le sea aplicable de acuerdo con las especificaciones dadas en 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 localidad de Falces (Navarra), posee unas características sísmicas tales que la aceleración sísmica básica es de $a_b < 0,04g$, siendo g la aceleración de la gravedad, y el coeficiente de contribución $K_v = 1$.



Mapa de peligrosidad sísmica NCSE-02 - octubre de 2002, actualmente vigente

Según la clasificación de las construcciones dada por la citada Norma NCSE-02 actualmente vigente, el tipo de construcción en proyecto se calificaría como de Normal Importancia (aquellas construcciones cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos).

No es obligatoria la aplicación de la NCSE-02 en los casos de construcciones de moderada importancia, en las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica (a_b) sea inferior a $0,04g$, siendo g la aceleración de la gravedad, **o en las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí, en todas las direcciones**, cuando la aceleración sísmica básica (a_b) sea inferior a $0,08g$. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, (a_c) es igual o mayor a $0,08g$.

No obstante, conviene puntualizar que actualmente existe el Mapa Peligrosidad Sísmica de España 2016 (Anejo Nacional UNE-EN 1998, Eurocódigo-8). Este mapa devuelve para un punto de interés los valores interpolados de peligrosidad sísmica, PGA y K, asociados a un periodo de retorno de 475 años. Los valores corresponden al mapa de peligrosidad sísmica propuesto en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSR-23 y también en el Anejo Nacional de la norma UNE-EN-1998. De dicho mapa se extrae que en donde la zona de estudio, posee unas características sísmicas tales que la aceleración sísmica básica es de a_b $0,09g$, siendo g la aceleración de la gravedad, y el coeficiente de contribución $K_v = 1,0$.

Peligrosidad Sísmica de España (2016-Anejo Nacional UNE-EN 1998)

Cálculo de los valores de peligrosidad sísmica en España

Este mapa devuelve para un punto de interés los valores interpolados de peligrosidad sísmica, PGA y K, asociados a un periodo de retorno de 475 años. Los valores corresponden al mapa de peligrosidad sísmica propuesto en el Anejo Nacional de la norma UNE-EN-1998 (Eurocódigo-8)



Coordenadas UTM ETRS89		Peligrosidad sísmica		Coordenadas	
X UTM	599035	PGA (g)	0.06	Longitud (°)	-1.796713
Y UTM	4694359	K	1	Latitud (°)	42.395213
Huso	30			X (m)	599035
				Y (m)	4694359
				Huso	30

Calcular

Mapa Peligrosidad Sísmica de España (2016-Anejo Nacional UNE-EN 1998), incluyendo una coordenada del proyecto objeto de estudio.

Así pues, considerando la aceleración sísmica obtenida 0,06-g, (2016-anejo Nacional UNE-EN 1998) se ha calculado un valor del coeficiente C ponderado del terreno $C = 1,19$ para los 30 primeros metros del perfil geológico: los primeros 3,50 son de tipo II, los siguientes 2,45 m son de tipo III, los siguientes 1,95 m son de tipo II, y los restantes como tipo I siendo una aceleración de cálculo de 0,056888.

	0,056888	$a_c = S \times \rho \times a_b$	
ab Aceleración sísmica básica	0,06		
ρ coeficiente adimensional de riesgo	1	1,0 Normal imp. 1,3 Especial Imp.	
S Coeficiente de ampliación del terreno	0,95	Para $\rho \times a_b < 0,1 \text{ g}$	$S = C/1,25$
		Para $0,1 \text{ g} < \rho \times a_b < 0,4 \text{ g}$	$S = C/1,25 + 3,33 (\rho \times a_b / \text{g} - 0,1) (1 - C/1,25)$
		Para $0,4 \text{ g} < \rho \times a_b$	$S = 1,0$
El coeficiente C depende del terreno	1,19		
tipo I: roca compacta $C=1$ tipo II: roca fracturada, suelo granular denso o cohesivo duro $C=1,3$ tipo III: suelo granular de compactidad media o cohesivo de consistencia firme a muy firme $C=1,6$ tipo IV: suelo granular suelto o cohesivo blando $C=2,0$			

3.4 PROTECCIÓN FRENTE A EXPOSICIÓN AL RADÓN

El radón es un gas radioactivo y cancerígeno que se genera por la descomposición natural del uranio, el cual se encuentra en casi todos los tipos de suelo. El radón se genera en el subsuelo y asciende entre los poros del terreno hasta alcanzar la superficie. Una vez ha alcanzado la superficie, podrá diluirse entre los gases de la atmósfera o penetrar en el interior de los edificios, ya sean viviendas o lugares de trabajo, a través de los materiales de construcción como las soleras de hormigón, los muros de carga o directamente por las fisuras. Al penetrar en un espacio cerrado como los sótanos o plantas bajas, el gas se va acumulando y va aumentando su concentración de manera imperceptible, ya que es un gas inodoro, incoloro e inerte.

En la sección DB-HS6 del CTE, se establecen las medidas básicas de protección para limitar la penetración del gas radón en los edificios de zonas donde se supera el nivel de referencia anual de 300 Bq/m^3 .

Las medidas de protección del DB-HS6 son de aplicación obligada en aquellos edificios de nueva construcción y para intervenciones en edificios existentes como ampliaciones, cambios de uso o reformas que estén ubicadas en zonas de riesgo de exposición a Radón. No obstante, estas medidas pueden ser aplicadas de manera preventiva en cualquier edificio con locales habitables, ya sean viviendas o lugares de trabajo.

El DB-HS6 define dos categorías de zonas sobre las que aplicar las medidas de protección en función del nivel de riesgo de radón del municipio en que se ubiquen:

- Zonas de riesgo I: entre 300 y 600 Bq/m^3
- Zonas de riesgo II: si superan los 600 Bq/m^3

Los municipios aparecen relacionados y clasificados en el apéndice B del DB-HS6.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece que en aquellos edificios ubicados en los términos municipales en que se supere el nivel de referencia anual y que, por tanto, figuran en el apéndice B, deben implementarse las siguientes soluciones, en función de la zona a la que pertenezcan:

Zona I

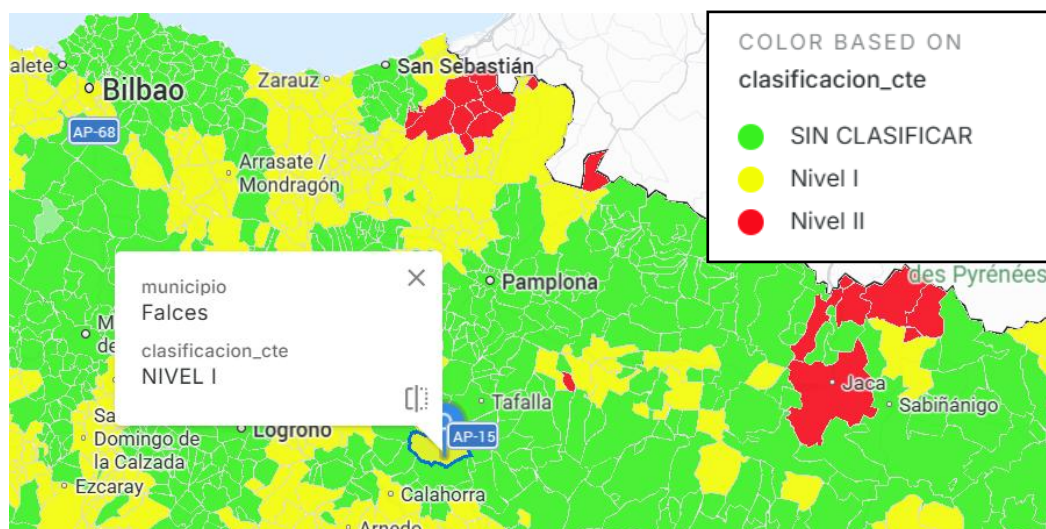
En los municipios con un nivel de radón promedio anual esperado de hasta el doble del valor permitido, se dispondrán como mínimo una de las siguientes medidas protectoras:

- Barrera de protección entre el terreno y los locales habitables del edificio que limite el paso de los gases provenientes del terreno.
- Cámara de aire destinada a mitigar la entrada del gas radón a estos locales, ventilada y separada de los locales habitables mediante un cerramiento sin grietas o fisuras, denominada cámara sanitaria.

Zona II

En los municipios que pueden superar el doble del nivel de radón promedio anual permitido se debe implantar la barrera de protección y una de las siguientes medidas:

- Cámara de aire destinada a mitigar la entrada del gas radón a estos locales, ventilada y separada de los locales habitables mediante un cerramiento sin grietas o fisuras.
- Un sistema de despresurización del terreno que permita extraer los gases contenidos en el terreno colindante al edificio.



Recorte mapa zonas radón nuevo CTE DBHS 6

De acuerdo con la clasificación de municipios en función del potencial de radón (Apéndice B de la Sección HS6 del CTE), Falces (Navarra) se encuentra incluida dentro de la zona I de las áreas de riesgo, por lo que será necesario tomar las medidas adicionales incluidas en la Zona I con respecto a la exposición frente al radón.

4. RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO

Para establecer las características geotécnicas de la parcela objeto de estudio se ha realizado un reconocimiento, que ha consistido en la realización de 2 sondeos mecánicos con extracción continua de testigo y 2 ensayos de penetración dinámica tipo D.P.S.H. distribuidos tal y como se muestra a continuación en la imagen:



Ubicación ensayos realizados.

Los sondeos de reconocimiento nos permiten reconocer el terreno hasta la profundidad alcanzada y de los testigos obtenidos se han extraído muestras para caracterizar los materiales y determinar la agresividad del terreno con relación a los sulfatos que pudieran existir y que puedan afectar a las cimentaciones.

Las penetraciones dinámicas permiten establecer un perfil de resistencias en función de la profundidad, hasta la cota de finalización del ensayo. Sin embargo, no se obtiene muestra del terreno, por lo que no se puede caracterizar su naturaleza, así como tampoco es posible conocer datos del perfil por debajo de la cota de rechazo.

Adjunto a esta memoria, en la que se describen las características del terreno y las conclusiones y recomendaciones que se deducen del estudio, se presentan unos anexos que contienen el mapa geológico y la leyenda (anexo 1), testificación de los sondeos y las fotos (anexo 2), ensayos de penetración dinámica tipo D.P.S.H. (anexo 3), perfiles de correlación (anexo 4), ensayos de laboratorio (anexo 5) y un croquis con la ubicación de los ensayos realizados (anexo 6).

4.1. SONDEOS MECÁNICOS

Criterios de reconocimiento

Para la descripción de los sondeos mecánico se han seguido los criterios propuestos por

la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (I.S.M.R.):

GRADO	DENOMINACIÓN	CRITERIOS DE RECONOCIMIENTO
IA	SANA	No hay señales de alteración de la roca matriz.
IB	DÉBILMENTE METEORIZADA	Decoloración de superficies de discontinuidades principales.
II	LIGERAMENTE METEORIZADA	La decoloración indica alteración de roca matriz y de superficies de discontinuidad. La roca matriz puede estar decolorada y puede ser más débil que en su estado sano.
III	MODERADAMENTE METEORIZADA	Menos de la mitad del material descompuesto y/o desintegrado como suelo. Puede haber zonas de roca sana y decolorada, formando un marco continuo o como bloques sanos.
IV	MUY METEORIZADA	Más de la mitad de la roca descompuesta y/o desintegrada en suelo. Puede haber zonas de roca sana o decolorada formando un marco continuo o como bloques / núcleos sanos.
V	COMPLETAMENTE METEORIZADA	Roca descompuesta y/o desintegrada en forma de suelo. Estructura original del macizo fundamentalmente intacta.
VI	SUELO RESIDUAL	Toda la roca convertida en suelo. Destruída la estructura del macizo y material. Se produce un gran cambio de volumen, pero el suelo no ha sido transformado de modo significativo.

Entre el 17 y 18 de febrero de 2026 se realizaron dos sondeos mecánicos con un equipo sonda mediante el método de rotación con extracción de testigo continuo. La sonda está compuesta por una batería con una corona cortante unida al equipo mediante un varillaje que le transmite el movimiento de rotación y empuje ejercido por la máquina de perforación. El testigo se aloja en la batería durante la perforación y es extraído cada cierto tiempo. Las baterías de rotación pueden ser de tubo simple, doble o triple (para una mejor recuperación).

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO 1

TRAMOS	NIVEL GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN DE LA LITOLOGÍA ATRAVESADA
0,00 a 1,20 m	0	Solera de hormigón (0,20 m) y rellenos antrópicos heterogéneos formados por arcillas marrones que contienen restos de tejas, ladrillos, cantos, fragmentos rocosos, etc.

1,20 a 3,50 m	1	Limos arcillosos marrones que contienen cantos mma cm de forma dispersa y pasada de arenas los últimos 0,50 m del tramo.
3,50 a 5,95 m	2	Gravas formados por cantos de formas subredondeadas de tamaños mm a cm en matriz limoarenosa de color marron.
5,95 a 7,90 m	3	Sustrato rocoso alterado grado IV-III formado por unas arcillas y margas grises que han perdido su consistencia original y van alcanzando estados más sanos en profundidad.
3,80 m	N.F.	Nivel freático

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO 2

TRAMOS	NIVEL GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN DE LA LITOLOGÍA ATRAVESADA
0,00 a 0,70 m	0	Solera de hormigón (0,20 m) y rellenos antrópicos heterogéneos formados por arcillas marrones que contienen restos de tejas, ladrillos, cantos, fragmentos rocosos, etc.
0,70 a 3,15 m	1	Limos arcillosos marrones que contienen cantos mma cm de forma dispersa. En la base limos arenosos marrones.
3,15 a 6,10 m	2	Gravas formados por cantos de formas subredondeadas de tamaños mm a cm en matriz limoarenosa de color marron.
3,80 m	N.F.	Nivel freático

4.2. ENSAYOS “In Situ” (S.P.T.)

Dentro de los trabajos llevados a cabo durante la ejecución de los sondeos, se han realizado 7 ensayos de penetración estándar (S.P.T.).

Cuando el terreno es arenoso - limoso, se utiliza la cuchara de Terzaghi y Peck (normalizado), de 2 pulgadas de diámetro exterior y 1 1/3 pulgadas de diámetro interior, mientras que para gravas se utiliza la puntaza cónica, cerrada en punta, de 2 pulgadas de diámetro y 60° de ángulo en punta.

Objeto y datos del ensayo

El objeto de este ensayo es 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. Este ensayo se realiza en el interior de sondeos durante la perforación.

Para la ejecución del ensayo, se ha de limpiar la perforación al llegar a la cota deseada para el ensayo, se retira la batería de perforación y en su lugar se instala un tomamuestras de dimensiones estándar. Este tomamuestras se divide en tres elementos: una zapata, un tubo bipartido y la cabeza de acoplamiento al varillaje del equipo sonda. Se hincan en el suelo una longitud de 60 cm contando el número de golpes necesario para hincar tramos de 15 cm. El golpeo se realiza con una maza de 63,5 Kg que cae libremente desde una altura de 76 cm sobre una cabeza de golpeo. Las lecturas del primer y último tramo no se tienen en cuenta por la alteración del suelo provocada por la perforación, en el primer caso, y por la sobrecompactación que pueda producir el golpeo en el segundo caso. Así, con la suma de los valores de los dos tramos centrales se obtiene un valor NSPT, que se correlaciona según unos métodos establecidos para la obtención de la resistencia del terreno. Si el número de golpes para un tramo de 15 cm es superior a 100 se considera como rechazo a la penetración. Si el ensayo se realiza a una cota por debajo del nivel freático, el valor de NSPT se ha de corregir mediante la expresión: $N = 15 + (N' - 15)/2$.

Siendo N' el valor de penetración medido y siempre y cuando este sea superior a 15. (Terzaghi y Peck, 1948 - en Ayala Carcedo, 1991)

El valor del NSPT se puede correlacionar con una serie de parámetros geotécnicos, según los criterios definidos por varios autores basados en el uso generalizado de este ensayo. Los parámetros geotécnicos deducibles de los ensayos SPT son: la densidad relativa, la compacidad, el ángulo de rozamiento interno (j') en suelos granulares (aplicable a partir de 2 m de profundidad). En la siguiente tabla se muestra la profundidad y los valores obtenidos en los ensayos SPT realizados:

Sondeo	SPT n°:	Profundidad	Valores SPT, (N_{30})	N.G.
1	1	1,70-2,30	2-2-2-4 (4)	1
1	2	3,05-3,65	5-3-4-5 (7)	1-2
1	3	4,60-5,20	7-5-5-4 (10)	2
1	4	7,90-8,50	3-2-5-4 (7)	3
2	1	1,20-1,80	4-4-5-5 (9)	1
2	2	3,15-3,75	5-5-16-24 (21)	1
2	3	4,70-5,30	14-16-18-22 (34)	2

4.3. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA (UNE EN ISO 22476-2)

Se han llevado a cabo un total de 2 ensayos de penetración dinámica con el fin de conocer la carga admisible de las litologías descritas en los sondeos realizados. En el

anexo 3 se muestran las gráficas correspondientes a cada ensayo. La ubicación de los ensayos queda indicada en el anexo 6 del presente informe.

Objeto y datos del ensayo

El ensayo 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 logra golpeando el conjunto en su parte superior con una maza en caída libre. Esta maza, que pesa 63,5 Kg, se deja caer desde una altura de 75 cm. La resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa mediante el número de golpes necesarios para clavar la varilla 20 cm en dicho terreno. Este número de golpes se designará en lo sucesivo como N_{20} y servirá para darnos información acerca de las características físicas y geotécnicas del terreno. A partir de N_{20} y con una serie de correlaciones e interpretaciones se puede determinar la carga admisible, la resistencia dinámica en punta, etc.

Realización de ensayo 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. La puntaza sobresale por su parte inferior y al colocar la meseta horizontal, se clava en el terreno.

Si la magnitud que se introduce es del orden de 20 cm, no se consideran los golpes correspondientes a esta primera división.

Cuando por algún motivo, se precisa realizar una excavación en el terreno para la introducción de la puntaza al comienzo del ensayo, se descenderá 20 cm o un múltiplo de esta cantidad, con objeto de poder comenzar el ensayo a una cota concreta.

Se continúa el ensayo 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.

Se dará por finalizado el ensayo cuando dadas 2 andanadas de 100 golpes de penetración cada una, la penetración sea igual o inferior a 5 cm (de manera aislada en cada una de ellas), cuando tres valores consecutivos de N_{20} sean iguales o superiores a 75 golpes o cuando se alcance la profundidad que previamente se haya establecido.

Siempre que la penetración sea inferior a 20 cm, el número de golpes que se considerará será el proporcional correspondiente.

El resultado de los ensayos de penetración se representa en un gráfico: en ordenadas figura la profundidad que se ensaya en tramos de 20 cm y en abscisas el golpeo obtenido para cada tramo.

El ensayo se ha realizado mediante un penetrómetro automático ROLATEC modelo ML-76-A 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

El ensayo de penetración se ha realizado siguiendo la norma DPSH:

- Relación longitud/diámetro de la maza $> \phi = 1$ y $< \phi = 2$.
- Masa de la Maza: 63,5 Kg
- Altura de Caída 75,0 cm.
- 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/m
- Desviación máxima en primeros 5 metros 1 %.
- Desviación máxima a partir de 5 metros 2 %.
- Sección de la puntaza Cilindro-cónica.
- Área de la puntaza 20,0 cm²
- Angulo de la puntaza 90°
- Cuento de golpes cada N 20,0 cm.

Cálculo de resultados

Sobre la base de los resultados de los ensayos de penetración, se puede estimar la resistencia dinámica del terreno utilizando para ello la fórmula de hincia:

Fórmula dinámica de los holandeses:

La estimación de la resistencia admisible del terreno se realiza a partir de los ensayos de penetración dinámica realizados, para ello se calcula la resistencia dinámica al hundimiento mediante la denominada "Fórmula de los Holandeses", cuya expresión es:

$$R = \frac{(M^2 \cdot H)}{\left((M + P) \cdot A \cdot \left(\frac{20}{N_{20}} \right) \right)}$$

siendo:

M= peso de la maza (=63.5 Kg)

H= altura de caída de la maza (=75 cm)

P = peso de yunque + varillas (8 kg/m)

A = área de la puntaza (20 cm²)

$20/N_{20}$ = penetración por golpe, en cm

Mediante el coeficiente de Buisson, (que para el caso que nos ocupa se ha considerado un coeficiente de 0,5), se establece la correlación entre la resistencia a la penetración dinámica y estática.

Para la obtención de la presión admisible del terreno, aplicamos la fórmula de MEYERHOF simplificada, según la cual:

$$Q_{adm} = \frac{R_e}{F}$$

siendo:

Q_{adm} = presión admisible de cálculo, en kg/cm².

R_e = resistencia estática.

F = coeficiente de seguridad (se ha adoptado un valor de 20).

Para el contraste de los resultados se aplica la formulación de Meyerhof (1956) en suelos cohesivos: sobre la base del número de golpes N_{20} del ensayo de penetración.

para $B > 1,22$ m

$$Q_{adm.} = q_c / 25 \times [(1 + 3,28 B) / (3,28 B)]^2$$

para $B < 1,22$ m

$$Q_{adm.} = q_c / 15$$

B = ancho de la zapata

q_c = Resistencia por punta.

Según Meyerhof: $q_c = \alpha \times 1,428 \times N_{20}$; $\alpha = 2,3$ a $1,8$ según la dureza de las arcillas. A partir del valor de la resistencia dinámica R_p es posible estimar la resistencia en punta estática q_c (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.

5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los resultados de los ensayos se han obtenido de acuerdo con la Normativa o, en su defecto, a través de técnicas habituales en mecánica de suelos. Cada ensayo tiene un grado de precisión recogido en la Norma asignada y, generalmente, en la bibliografía técnica.

Las características de los sucesivos materiales localizados en los ensayos, más allá de los puntos analizados, se pueden inferir a partir de los resultados en los mencionados puntos. Ahora bien, es necesario considerar que el conjunto no presenta variaciones litológicas y/o mecánicas bruscas. Esta condición previa puede ser, en ocasiones, incorrecta, declinando esta empresa toda responsabilidad derivada de la proyección de los resultados fuera de los puntos de ensayo.

Sobre la base del perfil litológico, obtenido del sondeo de reconocimiento, se seleccionaron muestras representativas de los distintos niveles geotécnicos identificados para ser trasladadas al laboratorio acreditado, donde fueron examinadas por personal técnico especializado, realizándose los oportunos ensayos de clasificación y caracterización geomecánica. El número y tipo de ensayos ejecutados se han realizado según la siguiente normativa:

	S1	S1	S1	S2	S1	Norma
Referencia	N22739	N22740	N22741	N22743	N33742	
N.G.	0	2	3	1	AGUA	
Profundidad (m)	0,5	3,60	6,00	1,20	3,80	
Límites Atterberg: LL/LP/IP	-	N.P.	-	22/19,4/2,6	-	UNE 103103/94 103104/93
% pasa tamiz 0,08/0,4/2	-	9/22/37	-	67/100/100	-	UNE 103103/95
Colapso (Ic)	-	-	-	0,4	-	NLT 254/9
Sulfatos (mg/kg SO ₄ ²⁻)	9260	0	7381	1648	-	UNE 83963:08 / Erratum 11
Sulfatos (mg/l SO ₄ ²⁻)	-	-	-	-	808	UNE 83956:08
Clasificación SUCS/ AASTHO	-	GM-C/A-1-b	-	CL-ML/A-4	-	

5.1. COLAPSO

Los suelos colapsables se caracterizan por tener una estructura muy abierta y floja, mantienen su estabilidad por el estado de sequedad. Se trata de suelos metaestables geotécnicamente hablando, tiene un comportamiento que varía según el contenido de

humedad. Al aumentar ésta, la estructura inicial puede ser destruida, produciéndose una disminución del volumen aparente (colapso) y el consiguiente asiento (además de un posible arrastre de partículas por agua con cierta velocidad). Para la clasificación de las muestras según su potencial colapso utilizaremos la siguiente tabla:

CRITERIOS DE COLAPASABILIDAD		
GRADO DE COLAPSO	PESO ESPECÍFICO SECO (kn/m ²)	POTENCIAL DE COLAPSO (%) (*)
Bajo	>14,0	<0,25
Bajo a medio	12,0-14,0	0,25-1,0
Medio a alto	10,-12,0	1,0-5,0
Alto a muy alto	<10,0	>5,0

(*) Asiento inducido por colapso bajo inundación referido a la altura inicial de la muestra

Se ha analizado la muestra del N.G. 1, muestra obtenida del S2 a 1,20 m, obteniendo un resultado de 0,4 indicando un colapso bajo a medio.

En este sentido a continuación se incluyen una serie de medidas preventivas para suelos colapsables:

- En la ejecución, deberá evitarse la exposición prolongada del sustrato de apoyo a la acción de la naturaleza, excavándose y hormigonándose en el menor tiempo posible.
- Se deberán evitar cambios de humedad en las zonas de afección de las cimentaciones, mediante la utilización de impermeabilizaciones y drenajes efectivos.
- Se podrá disminuir la acción del colapso cuando la tensión transmitida por la cimentación sea regular y constante, no debiendo aparecer diferencias importantes de carga de unas a otras.
- Conducciones subterráneas, deberá controlarse tanto de proyecto como de ejecución, todas las conducciones subterráneas, saneamientos, canalizaciones y tuberías, para evitar roturas o fugas de agua que alteran el estado de humedad del suelo y se puedan producir movimientos del sustrato.
- Colocación de un lecho de hormigón bajo las tuberías rellenándose y compactándose adecuadamente con suelo granular fino.
- Arquetas y encuentros con las tuberías, flexibles que no rompan.
- Urbanización exterior, aceras amplias y pavimentaciones extensas impermeables debidamente armadas para evitar roturas; dispuestas de forma perimetral, con pendiente hacia fuera y cunetas en el borde exterior. Las zonas ajardinadas deberán disponer de un sistema adecuado de drenaje que impida cambios de humedad del suelo.

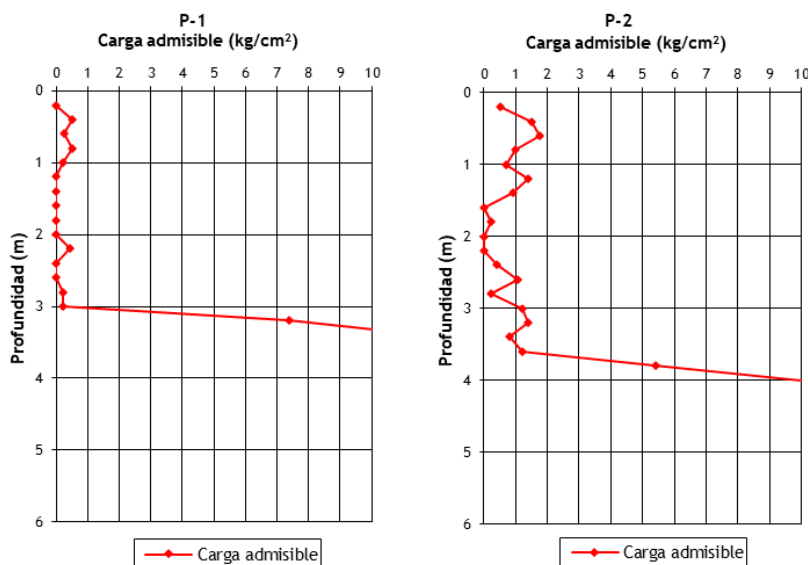
- Drenaje, sistemas de drenaje perimetral efectivos, con tubos dren profundos y sistemas que eviten la colmatación de los mismos (geotextiles, etc) y permitan la correcta evacuación de las aguas superficiales.

6. CÁLCULO CARGAS ADMISIBLES

6.1. INTERPRETACIÓN ENSAYOS D.P.S.H.

Se han realizado dos ensayos de penetración dinámica para estimar las cargas admisibles de las litologías atravesadas en los sondeos reconocimiento cuya ubicación se incluye en el anexo 6 del presente informe. En el anexo 3 se muestran las gráficas correspondientes a cada ensayo.

A partir de la interpretación del ensayo por varios métodos, se obtienen valores de carga admisibles para el terreno ensayado. A continuación, se muestran las gráficas en las que queda representado el perfil de cargas admisibles obtenido para cada tramo de 20 cm ensayado hasta la profundidad alcanzada en los ensayos realizados. Hay que señalar que las profundidades indicadas son a partir del inicio del ensayo, que se corresponde con la rasante de ejecución de estos en el momento de su realización, solera de la nave existente.



A partir de estas gráficas y correlacionando las con los materiales identificados en el sondeo, se estiman las siguientes cargas:

- Nivel geotécnico 1, con carga admisible inferiores a 0,20 kg/cm² y 1,00 kg/cm² alcanzando valores superiores e inferiores en función de la concentración de cantos tanto en profundidad como en los distintos puntos ensayados.
- Nivel geotécnico 2, con carga admisible que varía entre 1,00 kg/cm² y valores superiores a 3,00 kg/cm², en función de la concentración de cantos. A partir

de la testificación de los sondeos, se puede decir que en ambos ensayos se ha obtenido un falso rechazo en ambos ensayos en este nivel geotécnico.

A partir de la testificación de los sondeos, la interpretación de los ensayos D.P.S.H. realizados, y las cargas admisibles estimadas para cada horizonte se han elaborado dos perfiles de correlación que se incluye en el anexo 4 del presente informe y muestra la estimación de la distribución de los distintos niveles geotécnicos identificados en el sondeo. Es necesario tener en cuenta que los ensayos de campo realizados para la elaboración de la presente memoria sólo son válidos para los puntos donde se realizan los mismos, por lo que en la extrapolación de resultados debe tenerse en cuenta esta limitación.

Se debe insistir que el perfil de resistencias aportado por los ensayos D.P.S.H. carece de reconocimiento visual de los horizontes, por lo que las estimaciones realizadas pueden no ser representativas de la realidad terreno.

Para la determinación de los parámetros geomecánicos de los materiales consideraremos el N_{30} obtenido de los S.P.T. y D.P.S.H. realizados considerando los valores más restrictivos.

- N.G. 1, con un N_{30} de 4.
- N.G. 2, con un N_{30} de 25.

6.1. ESTIMACIÓN CARGA ADMISIBLE NIVEL GEOTÉCNICO 1 (gravas)

Para el cálculo de la tensión admisible del Nivel geotécnico 1 (gravas) se ha empleado el N_{30} obtenido a partir de los ensayos de resistencia D.P.S.H. y SPT realizados en la campaña de investigación y la ecuación del Código Técnico de la edificación, tal y como se muestran a continuación:

ZAPATAS INFERIORES A 1,20 m

$$\text{CTE: } Q_{ad} = 12N \cdot (1 + (D/3B)) \cdot (S/25)$$

ZAPATAS SUPERIORES A 1,20 m

$$\text{CTE: } Q_{ad} = 8N \cdot (1 + D/3B) \cdot (S/25) \cdot (B + 0.3/B)^2$$

Donde:

$$N = N_{30}$$

S = asiento, 1 pulgada

D = empotramiento cimentación en m

B= ancho zapata (m)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

ZAPATAS INFERIORES A 1,20 m

Cimentación Ancho zapata (m)	según CTE kg/cm ²
0,80	3,05
1,00	3,05
1,20	3,05

ZAPATAS SUPERIORES A 1,20 m

Cimentación Ancho zapata (m)	según CTE kg/cm ²
1,50	2,93
2,00	2,69
3,00	2,46

A partir de estos resultados obtenidos y considerando la heterogeneidad del horizonte, propia de un depósito granular, así como posible existencia de pasadas con menor concentración de cantos se limita la tensión de diseño de estos materiales a 2,50 kg/cm² con el fin de que el bulbo de presiones transmitido por la cimentación sea absorbido tanto a cota de desplante de cimentación como en profundidad por la tensión admisible del terreno.

7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

El objeto de todo estudio geotécnico es definir las características de los diferentes estratos y niveles litológicos reconocidos, a fin de contar con los datos necesarios para un adecuado planteamiento posterior de la tipología y cota de cimentación, etc.

Los datos mostrados a continuación han sido obtenidos por métodos directos mediante la descripción del sondeo mecánico realizado, así como los resultados de laboratorio, y por métodos indirectos a partir de los ensayos de resistencia S.P.T. y D.P.S.H. realizados. Posteriormente se han contrastado todos los datos obtenidos, además de consultar referencias bibliográficas.

Se han diferenciado 4 niveles geotécnicos tal y como se especifica a continuación. Los espesores de los horizontes se estiman por testificación directa en los puntos en los que se han realizado los sondeos y a partir de la interpretación de los golpes en los puntos en los que se han realizado los ensayos de penetración dinámica.

Los horizontes litológicos que se han diferenciado son los siguientes:

- **Nivel geotécnico 0, rellenos antrópicos:** en la siguiente tabla se indica el espesor de estos materiales localizados en los distintos puntos ensayados:

N.G. 0, rellenos	S1	S2	P1	P2
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	0,00	0,00	0,00	0,00
Profundidad base (m) referida boca ensayo	1,20	0,70	1,20	1,40
Espesor (m)	1,20	0,70	1,20	1,40

Estos materiales no son aptos para el desplante de la cimentación y deberán ser previamente retirados. Para el caso de pantallas, pilotes o micropilotes los valores de resistencia unitaria por fuste deberán considerarse negativos. Los parámetros geotécnicos estimados para este nivel geotécnico con el N_{30} de 10 son los siguientes:

Naturaleza: granular

Compacidad: media

Angulo de rozamiento interno Φ' : 22°-28° (estimado)

Cohesión c' : 0,05-0,10 kg/cm² (estimado)

Micropilotaje ($N_{30}-4$):

Resistencia unitaria por fuste: 0,41 kg/cm²*

Pilotaje (N_{30-4}):*Resistencia unitaria por fuste: 0,10 kg/cm²**Resistencia unitaria por punta: 8,00 kg/cm²*

- **Nivel geotécnico 1, limos arcillosos.** En la siguiente tabla se muestra la profundidad y espesor al que se localiza este horizonte en los puntos muestreados:

N.G. 1, limos	S1	S2	P1	P2
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	1,20	0,70	1,20	1,40
Profundidad base (m) referida boca ensayo	3,50	3,15	3,00	3,60
Espesor (m)	2,30	2,45	1,80	2,20

Los parámetros geotécnicos estimados para este nivel geotécnico con el N_{30} de 3 son los siguientes:

*Naturaleza: mixta**Compacidad: blanda**Densidad aparente: 1,70-1,80 g/cm³ (bibliografía)**Angulo de rozamiento interno, Φ_u : 0**Resistencia a la compresión simple, q_u : 0,38 kg/cm²**Cohesión sin drenaje, c_u : 0,19 kg/cm²**Módulo elástico: 23,40 kg/cm²**Angulo de rozamiento interno, Φ' : 21° (estimado)**Cohesión c' : 0,05 kg/cm² (estimado)**Carga admisible: varía entre <0,20 y 0,50 kg/cm².**Módulo balasto: $K_{\phi 30} = 0,98 \text{ kg/cm}^3$; $K_{30 \times 30} = 0,83 \text{ kg/cm}^3$* Micropilotaje:*Resistencia unitaria por fuste (q_{hf}): 0,38* kg/cm²*Pilotaje:*Resistencia unitaria por fuste (q_{hf}): 0,16 kg/cm²**Resistencia unitaria por punta (q_{hp}): 1,69 kg/cm²*

- **Nivel geotécnico 2, gravas.** En la siguiente tabla se muestra la profundidad y espesor al que se localiza este horizonte en los puntos muestreados:

N.G. 2, gravas	S1	S2	P1	P2
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	3,50	3,15	3,00	3,60
Profundidad base (m) referida boca ensayo	5,95	6,10	3,60	4,20
Espesor mínimo (m)	2,45	2,95	0,60*	4,00*

* Falso rechazo en este nivel geotécnico.

Los parámetros geotécnicos estimados para este nivel geotécnico con el N_{30} de 25 son los siguientes:

Naturaleza: granular

Compacidad: media

Densidad: 2,00-2,05 g/cm³ (bibliográfico)

Angulo de rozamiento interno Φ_u : 35,93°

Cohesión sin drenaje c_u : 0,00 kg/cm²

Módulo elástico: 300,40 kg/cm²

Angulo de rozamiento interno Φ' : 34° (estimado)

Cohesión c' : varía entre 0 kg/cm² (si está saturado) y 0,09 kg/cm² (estimado)

Carga admisible: 2,50 kg/cm²

Módulo balasto: $K_{\phi 30} = 13,08 \text{ kg/cm}^3$; $K_{30 \times 30} = 11,08 \text{ kg/cm}^3$

Clasificación Casagrande/AASHTO: GM-C/A-1-b

Micropilotaje:

Resistencia unitaria por fuste (q_{hf}): 1,39 kg/cm²*

Pilotaje:

Resistencia unitaria por fuste (q_{hf}): 0,63 kg/cm²

Resistencia unitaria por punta (q_{hp}): 50,00 kg/cm²

- **Nivel geotécnico 3, sustrato rocoso alterado.** En la siguiente tabla se indica la profundidad a la que se localizan estos materiales en los puntos muestreados.

N.G. 3, sustrato rocoso alterado	S1	S2	P1	P2
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	5,95	NO SE ALCANZA		
Profundidad (m) alcanzada	7,90			

No se incluyen parámetros geomecánicos porque sólo se dispone de un ensayo SPT en este tramo, no consideramos apropiado caracterizar este nivel geotécnico con un solo ensayo.

* Los valores de resistencia unitaria para cimentaciones profundas pueden sufrir variaciones en función del tipo de inyección aplicada para la realización de los micropilotes: IU, inyección única global; IR, inyección repetitiva; IRS, inyección repetitiva y selectiva. Los parámetros indicados son para una inyección tipo IU.

8. SOLUCIONES DE CIMENTACIÓN

Se expone a continuación el desarrollo de las soluciones que se consideran como válidas a utilizar en el diseño de las cimentaciones de las edificaciones 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.

Se recomienda que las conclusiones emitidas en el presente informe, sean corroboradas y matizadas durante los trabajos de ejecución, considerando necesario que durante la excavación y cimentación esté presente un geólogo, ante la posibilidad de la aparición de elementos singulares, como pueden ser cambios laterales de facies muy puntuales que hagan que varíe la profundidad de los materiales que aparecen en este informe, de difícil detección mediante la extrapolación de los resultados obtenidos.

8.1. TIPOLOGÍA CIMENTACIÓN

A partir de los trabajos realizados, los resultados obtenidos en ellos, y considerando las exiguas cargas del nivel geotécnico 1 (inferiores a 0,20 kg/cm² en algunos puntos) se propone una única solución de cimentación de la estructura proyectada desplantada en las gravas tal y como se indica a continuación:

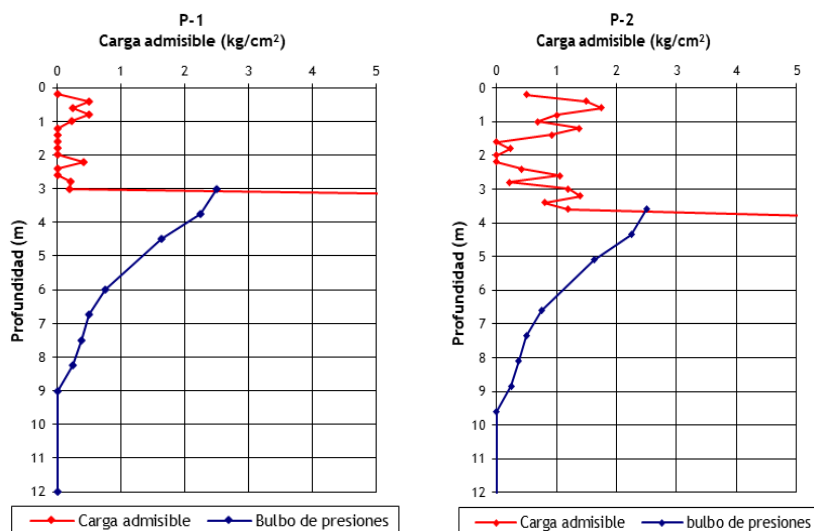
1.- Cimentación desplantada en el nivel geotécnico 2

- En este caso, se recomienda la realización de una cimentación mediante zapatas aisladas o corridas desplantadas en el N.G.2 una vez eliminado el nivel geotécnico 0 y 1.
- La tensión de diseño será igual o inferior a 2,50 kg/cm².
- En los puntos ensayados se localiza el N.G. 2 a las siguientes profundidades (referidas al inicio del ensayo coincidente con la rasante de la parcela en el momento de la ejecución de los ensayos):

N.G. 2, gravas	S1	S2	P1	P2
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	3,50	3,15	3,00	3,60

- A continuación, se incluye el bulbo de presiones generado por una zapata puntual de 3,00 m de ancho desplantada a -3,00 m de profundidad en P1 y -3,60 m en P2 (línea azul), frente a la carga admisible del terreno (línea roja) con una tensión de

diseño de 2,50 kg/cm²:



Como puede verse en ambas gráficas el bulbo de presiones generado por la zapata es absorbido por el terreno tanto a cota de desplante como en profundidad.

- El desplante de la zapata deberá realizarse desde una planta geomecánicamente homogénea, por lo que se deberán alcanzar en todos los puntos de apoyo los mismos o similares materiales que así lo garanticen. En caso de detectar humedades y/o blandones que puedan afectar a alguno de los puntos de apoyo, estos deberán ser saneados y corregidos definitivamente.
- En caso de tratarse de una cimentación semiprofunda, los 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 o ciclópeo, una vez retirado el terreno inadecuado. Sobre los pozos se apoyarán a la cota requerida, las zapatas de hormigón armado correspondientes.
- En cualquier caso, una vez realizada la excavación de las zapatas se deberá proceder continuamente a realizar la cimentación no permitiendo la variación de las características geotécnicas de estos materiales por fenómenos climáticos o de otra naturaleza, ya que pueden variar las condiciones geomecánicas de los materiales.

8.2. CÁLCULO DE ASIENTOS

8.2.1. Método de SCHMERTMANN para cimentaciones convencionales

La estimación de asientos para el nivel geotécnico 2 se realiza mediante el método de Schmertmann, que supone que los asientos para zapatas cuadradas o circulares quedan limitados a una profundidad $Z = 2B$,

siendo B el ancho de la zapata. El asiento se calcula por:

$$s = C_1 \cdot q \cdot \sum \frac{I_{zi}}{E_i} \cdot \Delta Z_i$$

siendo:

- C_1 : Un factor de forma que depende de la profundidad de empotramiento de la zapata y de valor: $C_1 = 1 - 0,5 \cdot \frac{q_0}{q}$
- I_{zi} un coeficiente de influencia, que depende de la relación Z/B , siendo Z la profundidad y B el ancho de zapata, y de la forma de la cimentación.
- E_i el módulo de deformabilidad, que según Schmertmann puede estimarse por:

$$E = 2,5 \cdot R_p \text{ (zapatas cuadradas)}$$

$$E = 3,5 \cdot R_p \text{ (zapatas corridas)}$$

Siendo R_p la resistencia a penetración estática con cono, que se puede correlacionar con el N_{30} obtenido en los ensayos de penetración dinámica a partir del suelo de afectación. Para los materiales que nos ocupan dicha relación es igual a 2,50.

Nivel geotécnico 2:

Tomando un golpeo N_{30} de 25 obtenemos por lo tanto para una zapata cuadrada, un módulo de deformación $E = 62,50 \text{ kg/cm}^2$ y para una zapata corrida de $E = 87,50 \text{ kg/cm}^2$.

Los asientos estimados para el nivel geotécnico 1 y una carga aplicada de $1,00 \text{ kg/cm}^2$ son los siguientes:

Asiento en mm						
Ancho de zapata	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m
Zapata cuadrada	4,71	7,07	9,42	11,78	14,14	16,49
Ancho de zapata	0,60 m	0,80 m	1,00 m	1,20 m	1,40 m	1,60 m
Zapata corrida	4,13	5,51	6,89	8,27	9,65	11,02

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

TENSIONES ADMISIBLES

Nivel geotécnico 1

Aplicando los parámetros obtenidos a la formulación de Terzaghi, obtenemos que la presión de hundimiento para el horizonte cohesivo es:

$$\text{Nivel geotécnico 1: } P_{vh} = 0,63 \times 5,14 = 3,23 \text{ Kg/cm}^2$$

Para obtener la tensión admisible en la base de la zapata, se debe afectar la carga de hundimiento por un coeficiente de seguridad que, en la práctica habitual, para situaciones permanentes (cimentaciones) se sitúa entre 3 y 5.

$$\text{Nivel geotécnico 1, } q_{adm} = P_{vh}/3 = 3,23/3 = 1,07 \text{ Kg/cm}^2 \approx 1,00 \text{ Kg/cm}^2$$

ASIENTOS ADMISIBLES

Método de SCHMERTMANN para la cimentación desplantada en el nivel geotécnico 2: los asientos totales estimados para el caso de cimentación convencional desplantada en el nivel geotécnico 2 mediante zapatas cuadrada o corridas con las dimensiones y tensiones indicadas, son admisibles, según NTE 1998, “Acondicionamiento del Terreno y Cimentación” hasta un ancho de zapata inferior a 3,50 m.

En cuanto a los asientos diferenciales deberán ser comprobados con el plano de cimentación conjugando las dimensiones de las zapatas con las distancias entre ellas.

Asiento	Máximo en mm		Diferencial (mm/m)
	Granular	Cohesivo	
Edificios monumentales	12	25	1,3
Edificios hormigón armado gran rigidez	35	50	2,0
Edificio de fábrica de ladrillo de pórticos de hormigón y acero de pequeña rigidez	50	75	2,0
Estructuras metálicas isostáticas, de madera y provisionales	50	75	2,0

Asientos Admisibles (Según NTE 1998, “Acondicionamiento del Terreno y Cimentación”)

Si alguna de las zapatas posee mayor asiento del indicado en esta tabla, o bien entre dos zapatas consecutivas existe un asiento diferencial relativo a su separación, superior al indicado en la misma, se rebajará la presión de diseño de la zapata que asiente más,

aumentando sus dimensiones hasta que cumpla, o se diseñará de nuevo la cimentación en el sustrato rocoso más sano.

AGUAS FREÁTICAS

Una vez finalizados los sondeos se localizó agua a -3,80 m de profundidad (referida a la boca del ensayo) en ambos sondeos.

Debido a la naturaleza granular de estos horizontes y a su proximidad al cauce fluvial del río Arga, la recarga de los mismos va estar influenciada por la dinámica fluvial-nival, con lo que el nivel freático puede manifestar oscilaciones bruscas que puedan afectar puntualmente a la edificación proyectada.

En función de la época del año en la que tengan lugar las obras y teniendo en cuenta que la profundidad del agua es susceptible de variación (en invierno y primavera puede subir la cota del agua o coincidiendo con momentos de lluvias intensas), si se localizara el agua en el momento de la ejecución de la cimentación se debe contemplar la necesidad del drenaje del mismo durante los trabajos de excavación y cimentación de la misma.

En caso de excavar sótano y no prever drenes laterales en los trasdoses de los muros y la evacuación de estas aguas fuera del ámbito del edificio, se deberá considerar la posible acumulación de agua entre el vaciado y la construcción, y por ende, se deberán considerar las preceptivas soluciones de impermeabilización, las presiones hidrostáticas sobre muros-estructura.

Considerando la proximidad de la zona objeto de estudio al cauce del río Arga, a continuación, se incluye las áreas delimitadas como inundables correspondientes a los escenarios de alta probabilidad de inundación (periodo de retorno de 10 años), media (periodo de retorno de 100 años) y baja (periodo de retorno de 500 años) en el ámbito de la Comunidad Foral de Navarra, incorporadas en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZ) de acuerdo con el Real Decreto 8903/2010.



Recorte zonas inundables en la zona objeto de estudio extraído de Idena.

Como se puede ver en el recorte de riesgos de inundación extraído de IDENA, la parcela en la que está previsto actuar) está incluida dentro de un periodo de retorno de 500 años.

Además, también se incluye las áreas delimitadas como Zonas de Riesgo de inundación según los criterios territoriales recogidos en el anexo PN5 “Criterios relativos a la Zonificación de Áreas Inundables y Usos Admisibles en las mismas, “común a los cinco planes de Ordenación Territorial de Navarra (POT)



Recorte zonas de riesgo de Inundación en la zona objeto de estudio extraído de Idena.

Como se puede ver en el recorte de riesgos de inundación extraído de IDENA, la parte de la parcela en la que está previsto actuar (zona N de la misma) está incluida dentro de zona inundable de riesgo bajo.

EXCAVABILIDAD Y ESTABILIDAD DE TALUDES

Excavabilidad:

Los movimientos de tierras previstos para la adecuación de las zapatas afectaran a los niveles geotécnicos 0 y 1.

La excavación de estos niveles geotécnicos podrá realizarse con medios mecánicos convencionales tipo retroexcavadora.

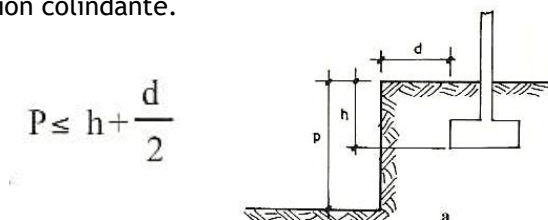
Estabilidad:

Se considera que para las alturas de los taludes previstos (pozos de cimentación), en este tipo de materiales los taludes pueden mantenerse verticalizados a corto plazo pero teniendo en cuenta la ausencia de cohesión de los limos, así como la presencia de nivel freático se producirán derrumbes y puede ser necesaria la contención de las excavaciones.

Otros factores que pueden incidir en la desestabilización de los taludes son: los agentes atmosféricos, las surgencias de aguas freáticas, las sobrecargas, o conducciones subterráneas paralelas a la excavación.

No obstante, quedan a criterio y juicio del técnico proyectista, las soluciones de contención y sostenimiento lateral del terreno, una vez ponderados y valorados otros criterios además de los específicamente geotécnicos.

En taludes lindantes con edificaciones contiguas, en el caso de excavar por debajo del desplante de la cimentación colindante y no poderse mantener que la distancia desde el canto de la zapata más próximo al talud, sea igual o superior que la distancia restante desde la parte superior de la zapata hasta la parte baja del talud, según requisito de la N.T.E. Acondicionamiento del Terreno, Cimentaciones, 1998 (ver figura), se deberán tomar las medidas adicionales de contención como son pantallas de micropilotes, muros pantalla para evitar la descompresión de los horizontes sobre los que se desplanta la cimentación colindante.



En caso de que las cimentaciones colindantes sean lineales de hormigón armado y conserven su rigidez estructural, se podrá plantear la ejecución de obra tradicional mediante bataches cortos, aunque este último método ofrece menos seguridad que los anteriores.

No obstante, quedan a criterio y juicio del técnico proyectista, las soluciones de contención y sostenimiento lateral del terreno, una vez ponderados y valorados otros criterios además de los específicamente geotécnicos.

ESTIMACIÓN DEL GRADO DE PERMEABILIDAD DE LOS HORIZONTES

Referentes al grado de impermeabilidad de los horizontes definidos en el Informe Geotécnico, y teniendo en cuenta el CTE, Sección HS 1 Protección frente a la humedad; Diseño; Muros; Grado de impermeabilidad, se efectúan las siguientes consideraciones:

MUROS:

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros que están en contacto con el terreno frente a la penetración del agua del terreno y de las escorrentías se obtiene en la tabla 2.1 en función de la presencia de agua y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

		Coeficiente de permeabilidad del terreno		
		$K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} < K_s < 10^{-2}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Presencia de agua	Alta	5	5	4
	Media	3	2	2
	Baja	1	1	1

Tabla 2.1 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros

SUELOS:

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos que están en contacto con el terreno frente a la penetración del agua de éste y de las escorrentías se obtiene en función de la presencia de agua del coeficiente de permeabilidad del terreno

		Coeficiente de permeabilidad del terreno	
		$K_s > 10^{-5}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Presencia de agua	Alta	5	4
	Media	4	3
	Baja	2	1

Tabla 2.3 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a suelos

Tanto para muros como para suelos, la presencia de agua se considera:

- baja cuando la cara inferior del suelo en contacto con el terreno se encuentra por encima del nivel freático;
- media cuando la cara inferior del suelo en contacto con el terreno se encuentra a la misma profundidad que el nivel freático o a menos de dos metros por debajo;
- alta cuando la cara inferior del suelo en contacto con el terreno se encuentra a dos o más metros por debajo del nivel freático.

En el caso que nos ocupa, se contemplan los siguientes horizontes y los coeficientes estimados de permeabilidad en cm/s correspondientes a los siguientes horizontes en función del análisis granulométrico, experiencias previas y valores típicos contemplados en bibliografía son los siguientes:

K en cm/s	10 ²	10 ¹	1,0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje	Muy bueno		Bueno				Malo		Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo	Grava limpia		Arenas limpias, zahorras			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena limosa y arcillas, depósitos glaciares, arcillas estratigráficas, etc.			Suelos impermeables como arcillas homogéneas			
						Suelos impermeables por efecto de la vegetación y la intemperie						
Determinación directa de K	Realizar test de permeabilidad, directamente en el emplazamiento a estudiar. Para obtener resultados fidedignos se requiere mucha experiencia.											
	Obtener K mediante el permeámetro de carga constante. Se requiere poca experiencia.											
Determinación indirecta de K			Usar permeámetro de carga variable requiere poca experiencia			Con el permeámetro de carga decreciente, se requiere mucha experiencia.			Con el permeámetro de carga decreciente se requiere bastante experiencia por lo que es medianamente fiable.			
	Obtener K a partir de la curva granulométrica. Sólo sirve para arenas y gravas poco cohesivas y limpias									Obtener K a partir de ensayos de consolidación. Se requiere bastante experiencia.		

Tabla 1. Coeficiente de permeabilidad K (cm/s) de suelos (según Casagrande Y Fadum)

- De $K = 10^{-2}$ a $K = 10^{-6}$ cm/s Nivel geotécnico 1, limos arcillosos.
- De $K = 10^{-1}$ a $K = 10^{-3}$ cm/s Nivel geotécnico 2, gravas.
- De $K = 10^{-6}$ a $K = 10^{-8}$ cm/s Nivel geotécnico 3, sustrato rocoso alterado

ANALÍTICA DE LABORATORIO

Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados indican que el contenido de sulfatos solubles en suelos ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{Kg}$) es de:

- 9260 en el N.G. 0, presenta ataque medio, será necesario usar cementos sulforresistentes para una exposición XA2.
- 1648 en el N.G. 1, no presenta ataque.
- 0 en el N.G. 2, no presenta ataque.
- 7381 en el N.G. 3, 0 presenta ataque medio, será necesario usar cementos sulforresistentes para una exposición XA2.

En el agua analizada el contenido de sulfatos solubles en agua ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{l}$) es de 808 por lo que presenta ataque medio y será necesario usar cementos sulforresistentes para una exposición XA2.

A la vista de los resultados obtenidos será necesario el uso de cementos sulforresistentes para una exposición XA2.

Pamplona, mayo de 2026

Firmado: EDUARDO ARANA RICO, Geólogo. Col. N° 3.461



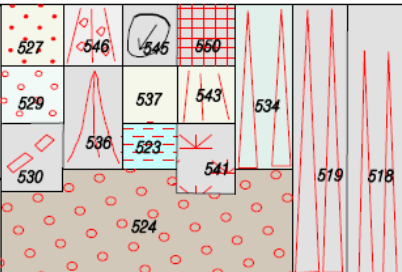
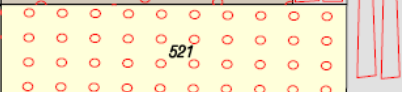
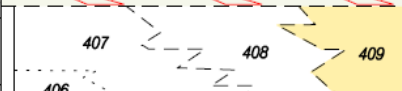
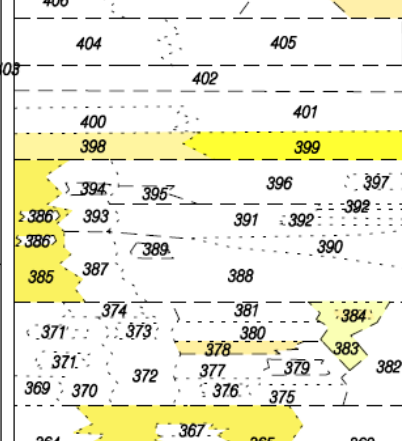
Firmado: GUILLERMO ERICE LACABE, Geólogo. Col. N° 2.577



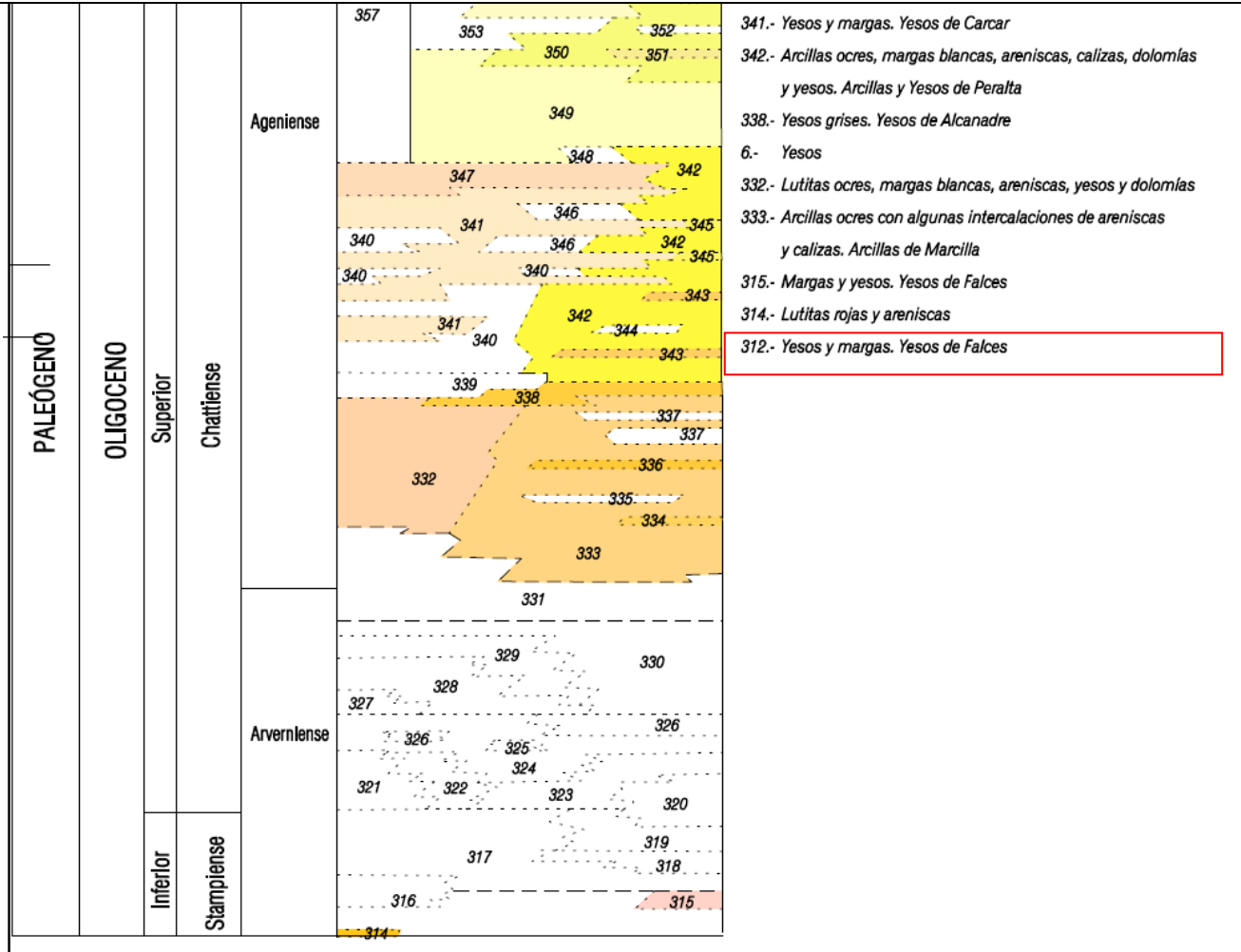
ANEXO 1

Mapa geológico y Leyenda



CUATERNARIO		HOLOCENO					
NEÓGENO	PLEISTOCENO	SUPERIOR				550.- Escombros y vertidos (Depósitos antrópicos) 546.- Bloques y cantos (Desprendimientos) 545.- Grandes bloques, arcillas y limos (Deslizamientos) 543.- Lutitas y arenas con cantos y bloques (Coluviones) 541.- Arcillas y limos (Fondos endorreicos) 537.- Lutitas, cantos y arenas (Aluvial-coluvial) 536.- Limos y arcillas con cantos (Conos de deyección) 530.- Gravas, arenas y lutitas (Cauces abandonados y meandros) 529.- Gravas, arenas y lutitas (Barras) 527.- Lutitas con cantos, gravas y arenas (Fondos de valle) 523.- Arcillas (Arcillas de descalcificación) 518, 519 y 534.- Cantos y gravas con matriz limo-arcillosa y lutitas con cantos (Glacis y glacis degradados) 515.- Conglomerados con encostramientos carbonatados a techo (Glacis de techo de piedemonte)	
		MEDIO				521.- Conglomerados, gravas, arenas y lutitas (Terrazas altas, medias y bajas y llanura de inundación de los ríos Aragón, Arga y Cidacos)	
		INFERIOR				508, 521, 524.- Conglomerados, gravas, arenas y lutitas (Terrazas altas, medias y bajas y llanura de inundación de los ríos Aragón, Arga y Cidacos)	
						515.- Conglomerados con encostramientos carbonatados a techo (Glacis de techo de piedemonte)	
	MIOCENO	Medio	S. Vallesiense				
			Serravallo	Astaraciense			
			Langhiense	Aragoniense			
		Inferior	Burdigaliense	Ramblíense			
				Orleaniense			
			Aquitaniense				
				409.- Areniscas y lutitas. Areniscas de Ujúe 399.- Arcillas rojas con algunas intercalaciones de areniscas y calizas. Unidad de Artajona 398.- Areniscas (paleocanales) y fangos. Unidad de Artajona 378.- Arcillas ocre y rojas con intercalaciones de areniscas, calizas y yesos dispersos. Facies Tudela 385.- Calizas y margocalizas. Unidad de Miranda de Arga 384.- Arcillas rojas y areniscas con algunas intercalaciones de calizas. Unidad de Miranda de Arga 383.- Arcillas ocre y rojizas con intercalaciones de areniscas.			

LEYENDA



ANEXO 2

Registros y fotografías del sondeo

SONDEO:	COORDENADAS UTM
SM-2	X: - Y: - Z: -

FECHA: 18 de febrero de 2026

REF.: G20391

REF. INFORME: IRGE 3064 0226

The figure consists of four photographs of sediment core sections, each housed in a yellow tray. The sections are labeled with handwritten notes and numbers:

- Top Left:** Labeled "T.M. 100" and "200-300". The sediment is light-colored and fragmented. A vertical label on the left reads "200", "250", "300", and "350".
- Top Right:** Labeled "T.M. 100" and "200-300". The sediment is dark brown and fragmented. A vertical label on the left reads "200", "250", "300", and "350".
- Bottom Left:** Labeled "T.M. 100" and "200-300". The sediment is light-colored and fragmented. A vertical label on the left reads "200", "250", "300", and "350".
- Bottom Right:** Labeled "T.M. 100" and "200-300". The sediment is light-colored and fragmented. A vertical label on the left reads "200", "250", "300", and "350".

ANEXO 3

Ensayos de penetración dinámica tipo D.P.S.H.



GEEA GEÓLOGOS, S.L.

P.I. Miguel de Eguía, c/Zarapuz 2, **31200 Estella**

T: 948 554 811; F:948 111 131; M: 606 507 335

P. I. Areta, c/ Irumuga 45, 31620 **Huarte Pamplona**

T: 948 382 975, F: 948 382 319, M: 696 435 907

Baltasar Gracián nº 11, 1º, of 5, 26006 **Logroño**

T: 941 509 482, M: 695 363336

www.geea.es

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (D.P.S.H)

Obra: Ampliación del C.P. Doña Álvora Álvarez, Falces (Navarra)

Cliente: DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN Y CULTURA, G.D.N.

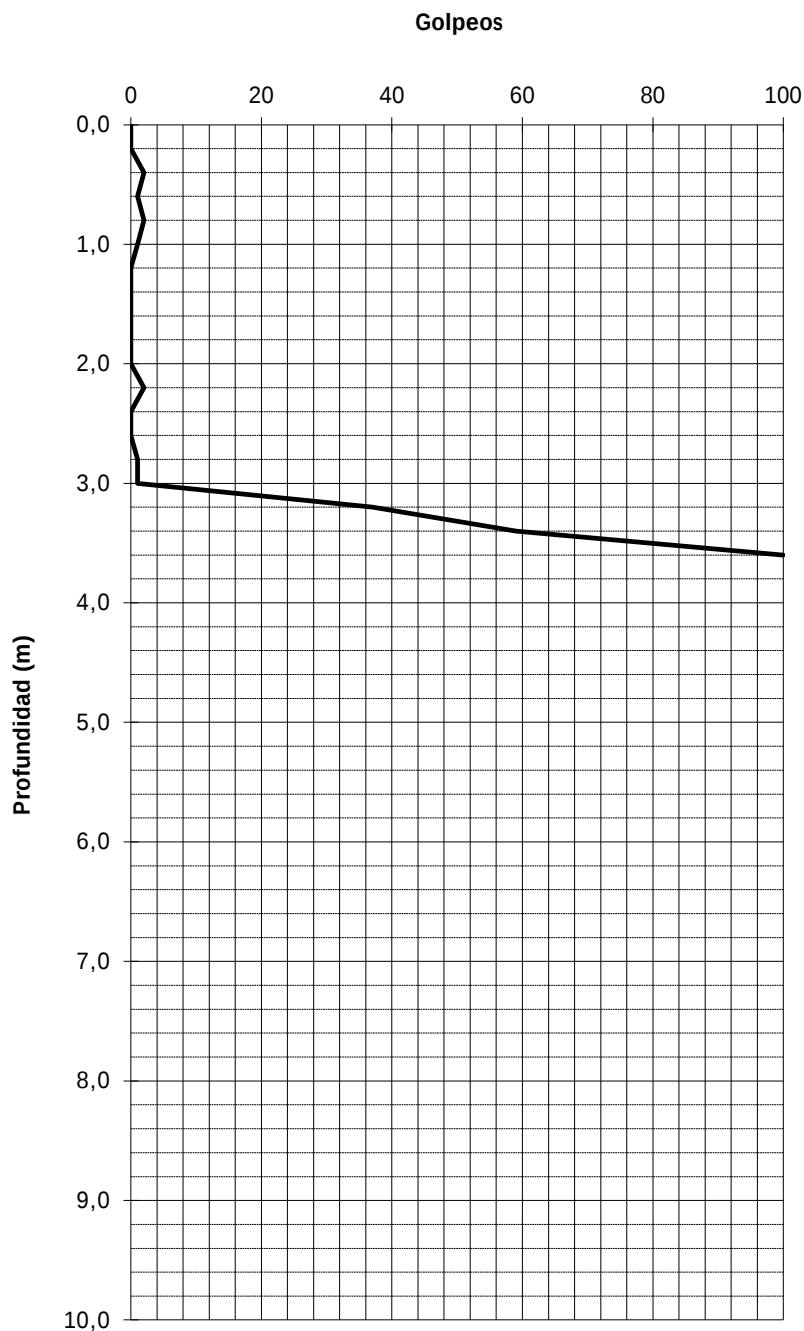
Ref. Inf.: IRGE 3064 0226

Penetración N°: P-1

Referencia: G20392

Fecha: 18 de febrero de 2026

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	0
0.20-0.40	2
0.40-0.60	1
0.60-0.80	2
0.80-1.00	1
1.00-1.20	0
1.20-1.40	0
1.40-1.60	0
1.60-1.80	0
1.80-2.00	0
2.00-2.20	2
2.20-2.40	0
2.40-2.60	0
2.60-2.80	1
2.80-3.00	1
3.00-3.20	37
3.20-3.40	59
3.40-3.60	RECHAZO
3.60-3.80	
3.80-4.00	
4.00-4.20	
4.20-4.40	
4.40-4.60	
4.60-4.80	
4.80-5.00	
5.00-5.20	
5.20-5.40	
5.40-5.60	
5.60-5.80	
5.80-6.00	
6.00-6.20	
6.20-6.40	
6.40-6.60	
6.60-6.80	
6.80-7.00	
7.00-7.20	
7.20-7.40	
7.40-7.60	
7.60-7.80	
7.80-8.00	
8.00-8.20	
8.20-8.40	
8.40-8.60	
8.60-8.80	
8.80-9.00	
9.00-9.20	
9.20-9.40	
9.40-9.60	
9.60-9.80	
9.80-10.00	





www.geea.es

GEEA GEÓLOGOS, S.L.

P.I. Miguel de Eguía, c/Zarapuz 2, **31200 Estella**

T: 948 554 811; F:948 111 131; , M: 606 507 335

P. I. Areta, c/ Irumuga 45, 31620 **Huarte Pamplona**

T: 948 382 975, F: 948 382 319, M: 696 435 907

Baltasar Gracián nº 11, 1º, of 5, 26006 **Logroño**

T: 941 509 482, M: 695 363336

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (D.P.S.H)

Obra: Ampliación del C.P. Doña Álvora Álvarez, Falces (Navarra)

Cliente: DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN Y CULTURA, G.D.N.

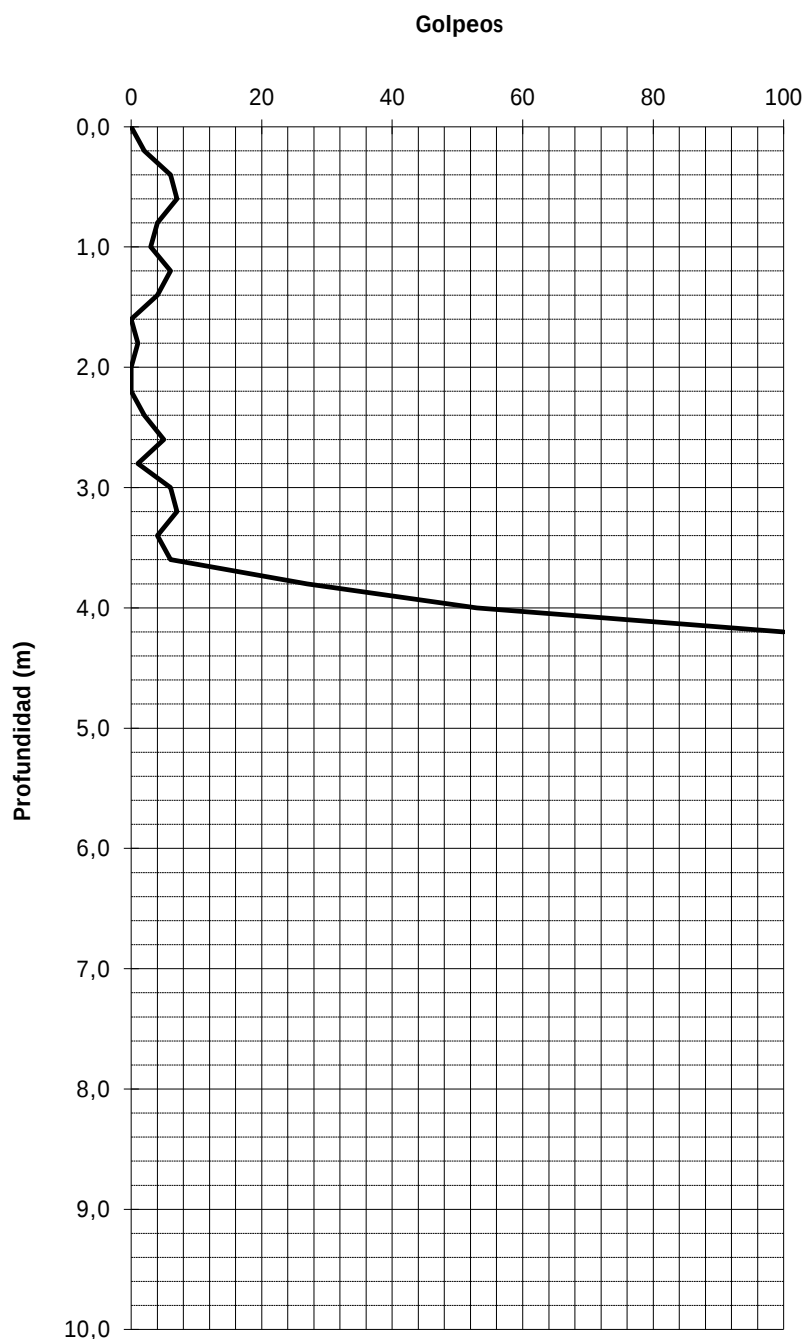
Ref. Inf.: IRGE 3064 0226

Penetración N°: P-2

Referencia: G20392

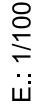
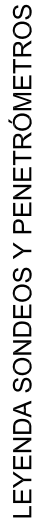
Fecha: 18 de febrero de 2026

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	2
0.20-0.40	6
0.40-0.60	7
0.60-0.80	4
0.80-1.00	3
1.00-1.20	6
1.20-1.40	4
1.40-1.60	0
1.60-1.80	1
1.80-2.00	0
2.00-2.20	0
2.20-2.40	2
2.40-2.60	5
2.60-2.80	1
2.80-3.00	6
3.00-3.20	7
3.20-3.40	4
3.40-3.60	6
3.60-3.80	27
3.80-4.00	53
4.00-4.20	RECHAZO
4.20-4.40	
4.40-4.60	
4.60-4.80	
4.80-5.00	
5.00-5.20	
5.20-5.40	
5.40-5.60	
5.60-5.80	
5.80-6.00	
6.00-6.20	
6.20-6.40	
6.40-6.60	
6.60-6.80	
6.80-7.00	
7.00-7.20	
7.20-7.40	
7.40-7.60	
7.60-7.80	
7.80-8.00	
8.00-8.20	
8.20-8.40	
8.40-8.60	
8.60-8.80	
8.80-9.00	
9.00-9.20	
9.20-9.40	
9.40-9.60	
9.60-9.80	
9.80-10.00	



ANEXO 4

Perfil de correlación



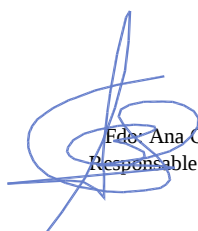
ANEXO 5

Boletín de los ensayos de laboratorio

	GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo SUELOS AGRESIVOS DETERMINACION ION SULFATO	
		Norma UNE 83963:08/ Erratum 11	
		Acta n° AN84910	N° Copia Copia 1. EDUCACION GDN

Referencia Muestra....	N22739.	Referencia Informe.....	EN-603
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 M1 0,5 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA	20 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA	FALCES

RESULTADO ENSAYO	
$\text{SO}_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)=411600*m/M	
$\text{SO}_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)	9260


Fde: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

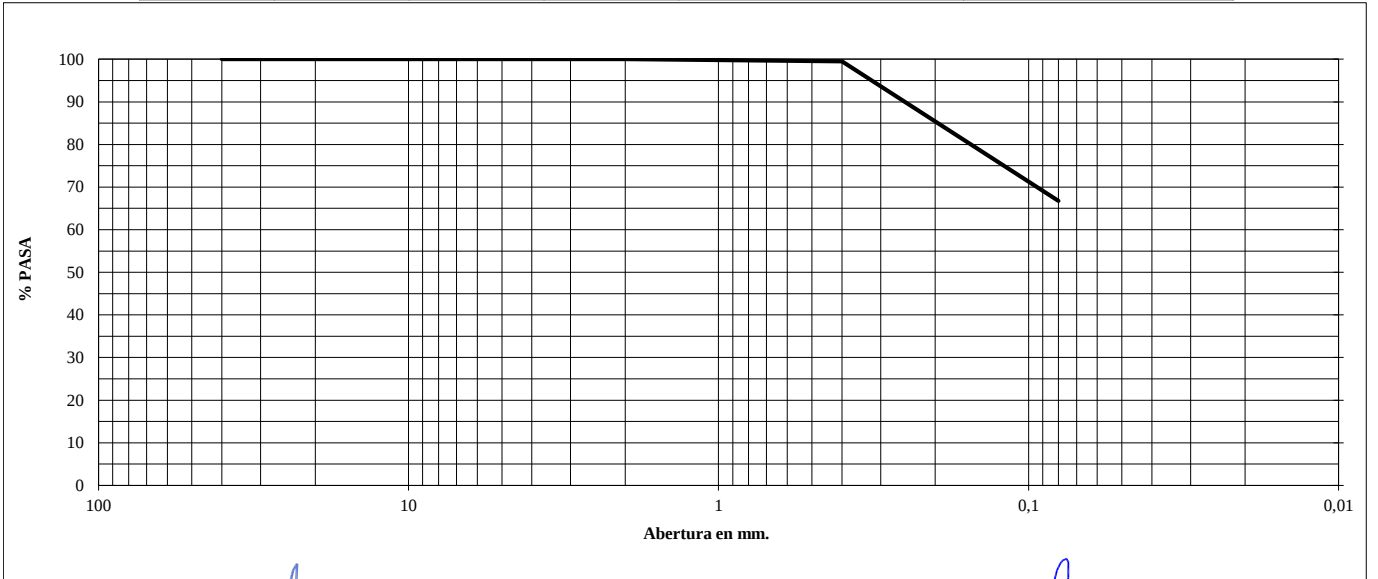
Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal.
Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra

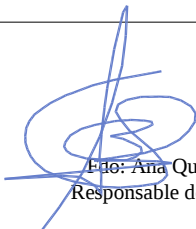
 GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO	
	Norma UNE 103101/95	
	Acta n° AN84916	N° Copia Copia 1. EDUCACION GDN

Referencia Muestra....	N22743.	Referencia Informe.....	EN-603
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 M1 DE 1,2 A 1,8 METROS
TIPO DE MUESTRA	INALTERADA	PETICIONARIO	EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA	20 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA	FALCES

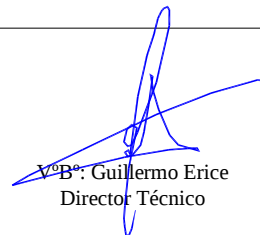
CALCULOS PREVIOS		
A	Muestra total seca al aire	106,9
B	Gruesos lavados	0,0
$C = (A - B) * f$	Fracción fina seca	106,8
$D = (B + C)$	Muestra total seca	106,8
E	Frac. fina ensayada seca al aire	106,9
$F = E * f$	Frac. fina ensayada seca	106,8
C/F		1,0

CALCULO CURVA GRANULOMETRICA POR TAMIZADO					
Tamiz U.N.E.	Tamiz ASTM	Retenido entre tamices		Pasa en muestra total	
		Grs. en parte fina ensayada	Grs. en Muestra total	Gramos	%
125	5				
100	4			0,0	
80	3			0,0	
63	2,5			0,0	
50	2			0,0	
40	1,5			0,0	100
25	1			0,0	100
20	3/4			0,0	100
12,5	1/2			0,0	100
10	3/8			0,0	100
5	4			0,0	100
2	10			106,8	100
0,4	40	0,5	0,5	106,3	100
0,08	200	35,0	35,0	71,3	67




Edo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo



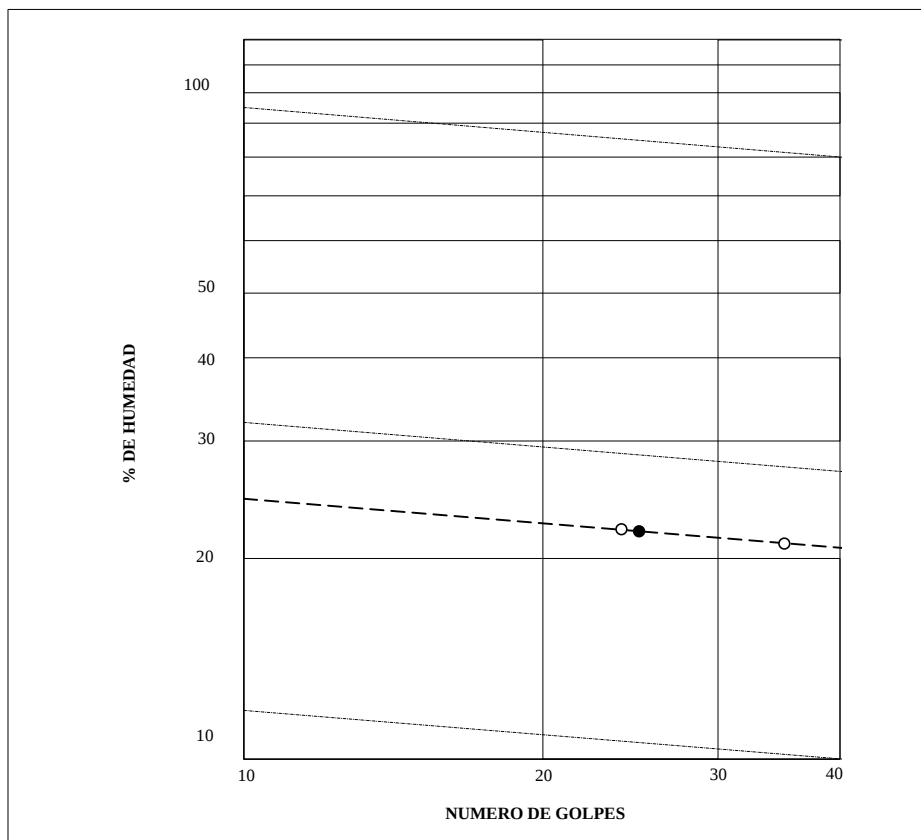

VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal.
Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra

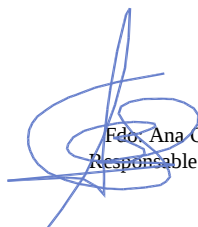
 GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG	
	Norma	UNE 103103/94 103104/93
	Acta n° AN84917	N° Copia Copia 1. EDUCACION GDN

Referencia Muestra.... N22743.	Referencia Informe..... EN-603
PROCEDENCIA SONDEO	REF. CLIENTE S2 M1 DE 1,2 A 1,8 METROS
TIPO DE MUESTRA INALTERADA	PETICIONARIO EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA 20 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA FALCES

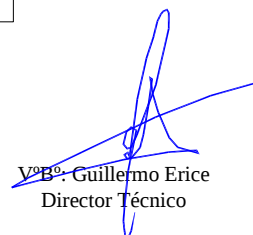
CALCULO LIMITE LIQUIDO				CALCULO LIMITE PLASTICO			
-	Nº de golpes	24	35	-	Referencia tara	3	5
-	Referencia tara	4	13	$a=(t+s+a)-(t+s)$	Agua	0,98	0,82
$a=(t+s+a)-(t+s)$	Agua	1,51	1,32	$t+s+a$	Tara + suelo + agua	15,46	14,63
$t+s+a$	Tara + suelo + agua	17,87	16,93	$t+s$	Tara + suelo	14,48	13,81
$t+s$	Tara + suelo	16,36	15,61	t	Tara	9,42	9,58
t	Tara	9,53	9,34	$s=(t+s)-t$	Suelo	5,06	4,23
$s=(t+s)-t$	Suelo	6,83	6,27	$w=100*(a/s)$	% Humedad	19,4	19,4
$w=100*(a/s)$	% Humedad	22,1	21,1				



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LIMITE LIQUIDO =	22,0
LIMITE PLASTICO =	19,4
INDICE PLASTICIDAD =	2,6


Edo. Ana Quintanar
Responsable del ensayo



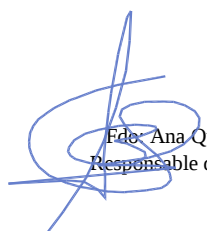

VºBº. Guillermo Erice
Director Técnico

Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal.
Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra

	GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11		Ensayo SUELOS AGRESIVOS DETERMINACION ION SULFATO
	Norma UNE 83963:08/ Erratum 11		
	Acta n° AN84918	N° Copia Copia 1. EDUCACION GDN	

Referencia Muestra....	N22743.	Referencia Informe.....	EN-603
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 M1 DE 1,2 A 1,8 METROS
TIPO DE MUESTRA	INALTERADA	PETICIONARIO	EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA	20 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA	FALCES

RESULTADO ENSAYO	
$\text{SO}_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)=411600*m/M	
$\text{SO}_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)	1648


Fde: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal.
Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra

	GEEA GEÓLOGOS S.L.		<i>Ensayo</i> ENSAYO DE COLAPSO DE SUELOS	
	Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11		<i>Norma</i> NLT 254/99 // UNE 103405/94	
			<i>Acta nº</i> AN84919	<i>Nº Copia</i> Copia 1. EDUCACION GDN

Referencia Muestra....	N22743.	Referencia Informe.....	EN-603
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 M1 DE 1,2 A 1,8 METROS
TIPO DE MUESTRA	INALTERADA	PETICIONARIO	EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA	20 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA	FALCES

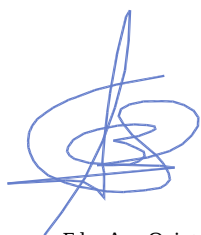
Cálculo de humedad	
Peso anillo (g)	85,07
Peso anillo + muestra + agua (g)	167,00
Peso tara (g)	545,45
Peso tara + muestra + agua (g)	627,73
Peso tara + muestra (g)	615,53
Humedad antes ensayo (%)	16,91
Humedad después ensayo (%)	17,41

Célula	
Tipo de célula	Cilíndrica
Diámetro (mm)	50,2
Área (cm ²)	19,79
Altura (mm)	20
Volumen (cm ³)	39,58

Cálculo densidad	
Densidad seca (g/cm3)	1,77

DATOS ENSAYO	
ALTURA INICIAL (mm)	10,00
ALTURA FINAL S/INUNDAR (mm)	8,86
CARGA MÁXIMA (Kg/cm2)	2,00
ALTURA FINAL INUNDADA (mm)	8,78

RESULTADO DEL ENSAYO	
INDICE DE COLAPSO, I =	0,4
Potencial porcentual de colapso, Ic =	0,4



Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

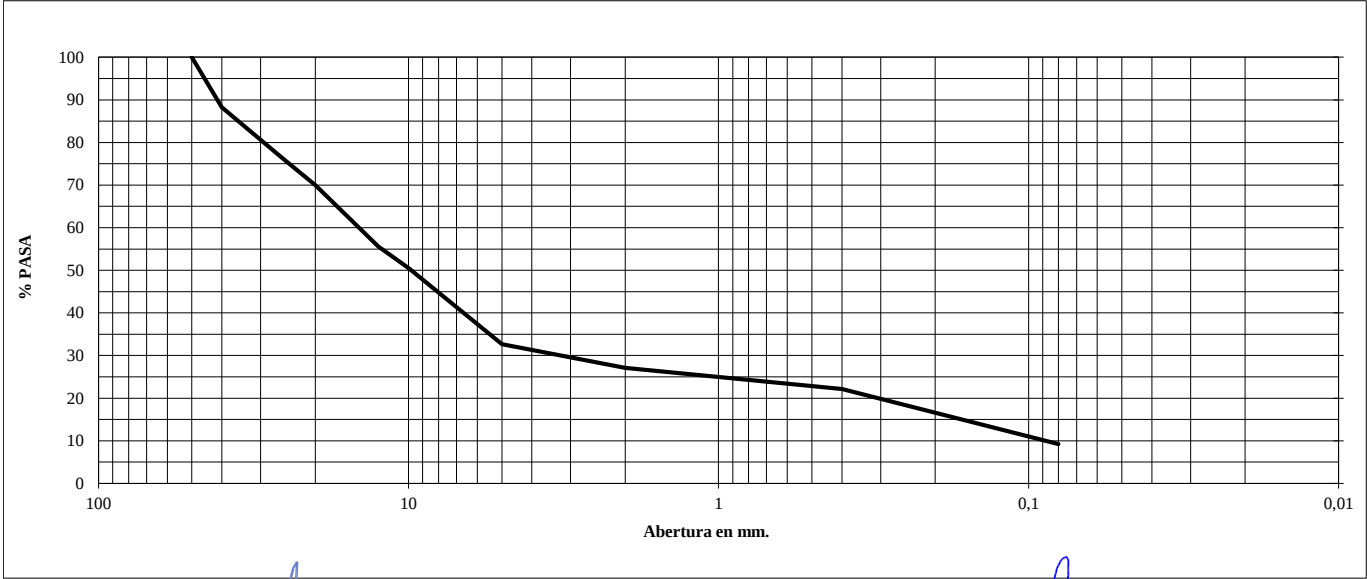
Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal.
Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO	
	Norma UNE 103101/95	
	Acta n° AN84911	N° Copia Copia 1. EDUCACION GDN

Referencia Muestra....	N22740.	Referencia Informe.....	EN-603
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 M2 DE 3,6 A 4 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA	20 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA	FALCES

CALCULOS PREVIOS		
A	Muestra total seca al aire	4783,0
B	Gruesos lavados	3487,3
$C = (A - B) * f$	Fracción fina seca	1295,3
$D = (B + C)$	Muestra total seca	4782,6
E	Frac. fina ensayada seca al aire	177,0
$F = E * f$	Frac. fina ensayada seca	177,0
C/F		7,3

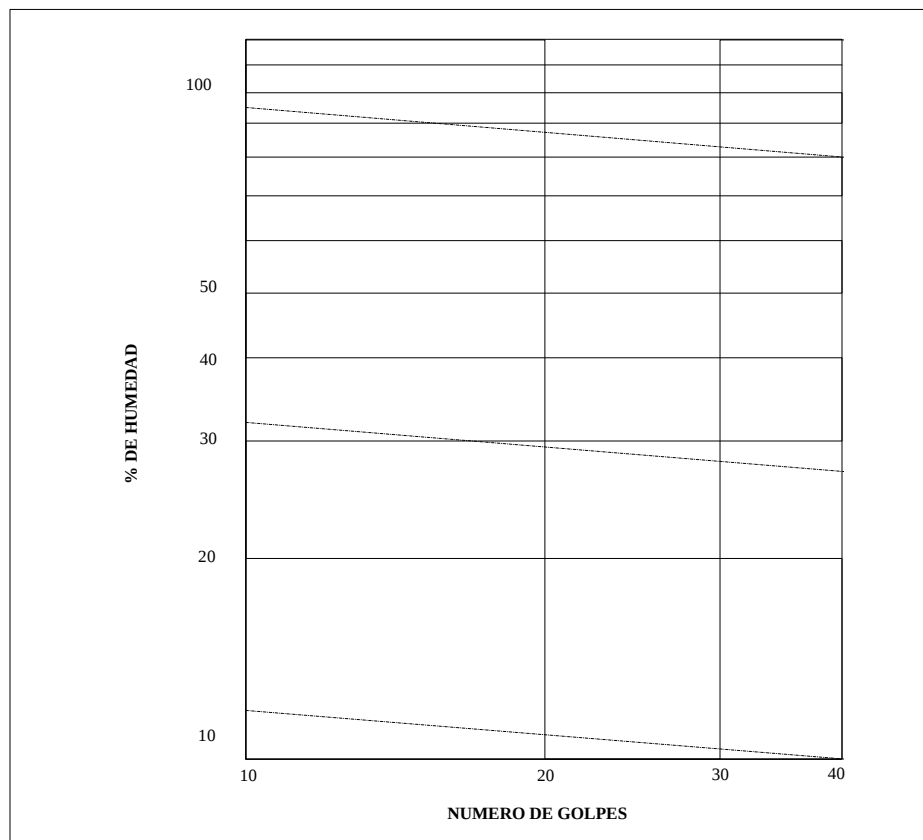
CALCULO CURVA GRANULOMETRICA POR TAMIZADO					
Tamiz U.N.E.	Tamiz ASTM	Retenido entre tamices		Pasa en muestra total	
		Grs. en parte fina ensayada	Grs. en Muestra total	Gramos	%
125	5				
100	4			0,0	
80	3			0,0	
63	2,5			0,0	
50	2			4782,6	100
40	1,5		561,2	4221,4	88
25	1		597,2	3624,2	76
20	3/4		278,2	3346,0	70
12,5	1/2		688,3	2657,7	56
10	3/8		241,1	2416,6	51
5	4		855,1	1561,5	33
2	10		266,2	1295,3	27
0,4	40	32,3	236,3	1059,0	22
0,08	200	84,6	618,8	440,2	9



 GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG	
	Norma UNE 103103/94 103104/93	
	Acta n° AN84912	N° Copia Copia 1. EDUCACION GDN

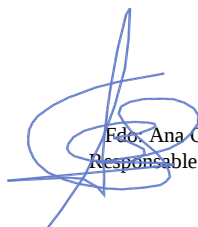
Referencia Muestra....	N22740.	Referencia Informe.....	EN-603
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 M2 DE 3,6 A 4 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA	20 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA	FALCES

CALCULO LIMITE LIQUIDO				CALCULO LIMITE PLASTICO			
-	Nº de golpes			-	Referencia tara		
-	Referencia tara			$a=(t+s+a)-(t+s)$	Agua		
$a=(t+s+a)-(t+s)$	Agua			$t+s+a$	Tara + suelo + agua		
$t+s+a$	Tara + suelo + agua			$t+s$	Tara + suelo		
$t+s$	Tara + suelo			t	Tara		
t	Tara			$s=(t+s)-t$	Suelo		
$s=(t+s)-t$	Suelo			$w=100*(a/s)$	% Humedad		
$w=100*(a/s)$	% Humedad						

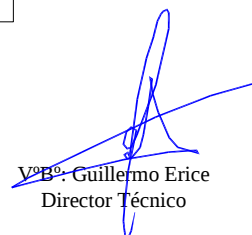


RESULTADOS DEL ENSAYO	
LIMITE LIQUIDO =	N. P.*
LIMITE PLASTICO =	N. P.*
INDICE PLASTICIDAD =	N. P.*

*N.P. = NO PRESENTA LÍMITE


Edo. Ana Quintanar
Responsable del ensayo



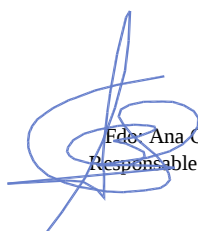

VºBº Guillermo Erice
Director Técnico

Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal.
Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra

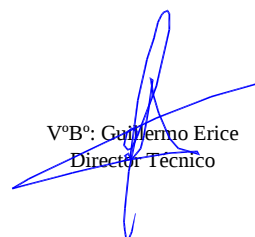
	GEEA GEÓLOGOS S.L.		<i>Ensayo</i> SUELOS AGRESIVOS DETERMINACION ION SULFATO	
	Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11		<i>Norma</i> UNE 83963:08/ Erratum 11	
			<i>Acta nº</i> AN84913	<i>Nº Copia</i> Copia 1. EDUCACION GDN

Referencia Muestra....	N22740.	Referencia Informe.....	EN-603
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 M2 DE 3,6 A 4 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA	20 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA	FALCES

RESULTADO ENSAYO	
$SO_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)=411600*m/M	
$SO_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)	0


Fde: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

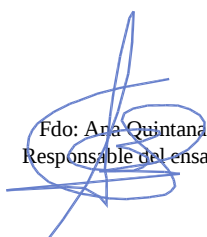
Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal.
Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DEN ION SULFATO, AGUAS	
	Norma	UNE 83956:08
	Acta nº AN84915	Nº Copia Copia 1. EDUCACION GDN

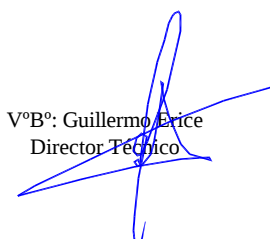
Referencia Muestra....	NN22742.	Referencia Informe.....	EN-603
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 3,8 METROS
TIPO DE MUESTRA	AGUA	PETICIONARIO	EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA	16 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA	FALCES

DATOS ENSAYO		
-	Referencia tara	B
M	Muestra ensayada (ml)	200
m ₃	Tara crisol (g)	19,8724
m ₄	Tara Crisol + Peso residuo (g)	20,0688
m = m ₄ -m ₃	Residuo calcinado en mufla (g)	0,1964

RESULTADO ENSAYO
$SO_4^{=} = m * 4116$ SO₄ (mg/l) = 808


Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo

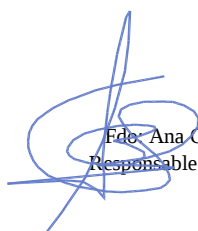



VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

	GEEA GEÓLOGOS S.L.		SUELOS AGRESIVOS	
	Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11		DETERMINACION ION SULFATO	
			<i>Ensayo</i>	
		<i>Norma</i>	UNE 83963:08/ Erratum 11	
		<i>Acta nº</i>	AN84914	<i>Nº Copia</i>
		Copia 1. EDUCACION GDN		

Referencia Muestra....	N22741.	Referencia Informe.....	EN-603
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 M2 6 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	EDUCACION GDN
FECHA ENTRADA	20 DE FEBRERO DE 2026	DEN. OBRA	FALCES

RESULTADO ENSAYO	
$\text{SO}_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)=411600*m/M	
$\text{SO}_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)	7381


Fde: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

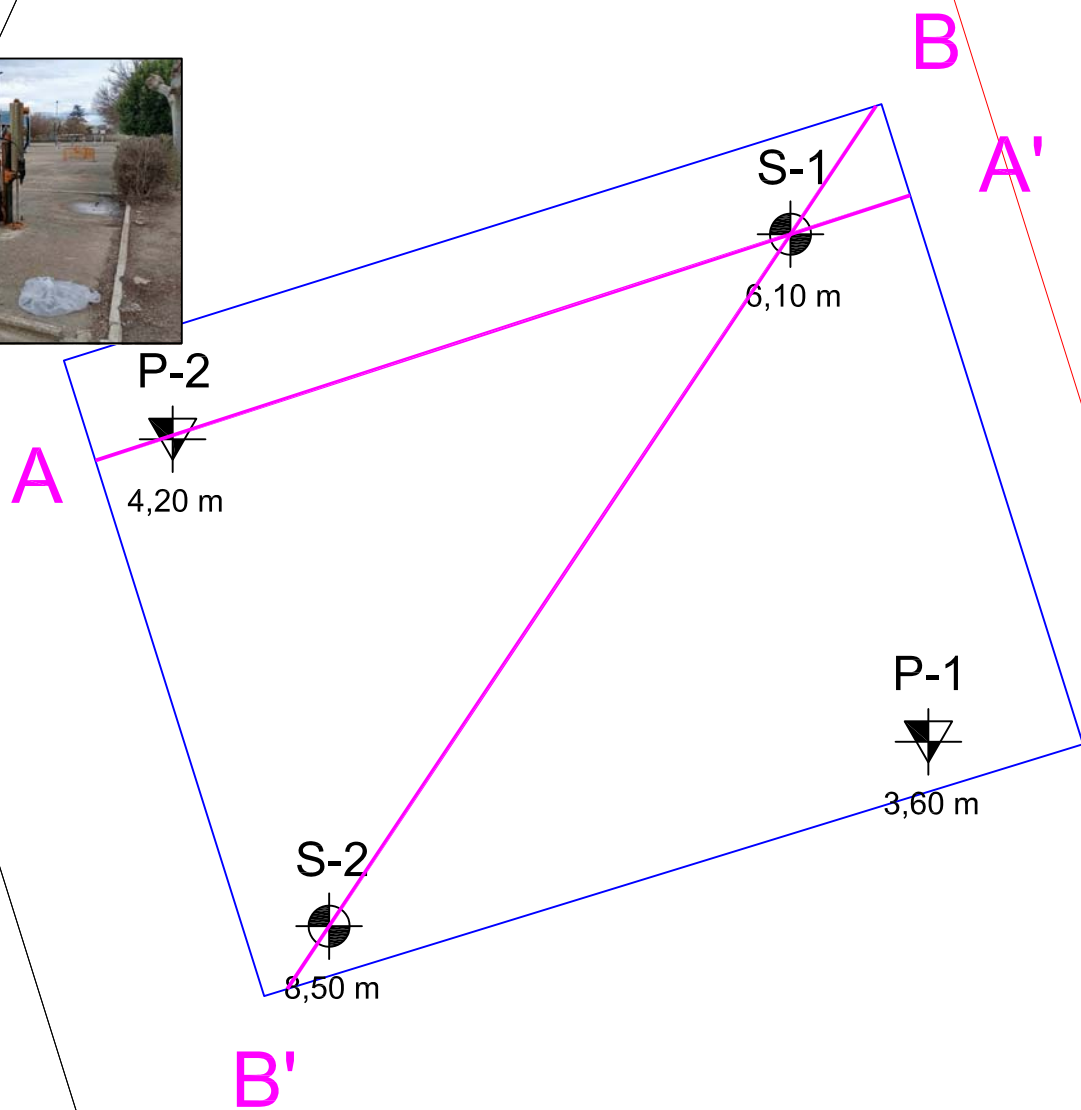
Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal.
Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra

ANEXO 6

Plano de ubicación de los ensayos



CALLE MOTA



P+T

P+I

I+

