
Plan de recuperación, Transformación y Resiliencia
Proyectos sostenibles de mantenimiento y rehabilitación
del patrimonio histórico de uso turístico

Yesa (Navarra)
Monasterio San Salvador de Leyre

Mejora de la eficiencia energética y reducción
de emisiones GEI
Instalación fotovoltaica

Anexo 4. Estudio geotécnico

Abril de 2023

IONAVARRA, Estudios Técnicos, Control y Proyectos S.L

Gobierno de Navarra
Dirección General de Cultura-Institución Príncipe de Viana
Servicio de Patrimonio Histórico

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE. YESA (NAVARRA)



ESTUDIO GEOTÉCNICO

EXPEDIENTE N°: <i>2023/190-REV</i>	FECHA: <i>ABRIL 2021</i>	LOCALIDAD: <i>YESA</i>
CLIENTE: <i>SECCIÓN DE PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO DEL GOBIERNO DE NAVARRA</i>		
OBRA: <i>INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE</i>		

ÍNDICE

1.- DATOS BÁSICOS. ANTECEDENTES. CRITERIOS DE EMISIÓN DEL INFORME.	3
1.1.- DATOS BÁSICOS. ANTECEDENTES.	3
1.2.- TIPO DE RECONOCIMIENTO SEGÚN CTE.	4
1.3.- CRITERIOS DE EMISIÓN DEL INFORME.	4
2.- TRABAJOS REALIZADOS.	5
2.1.-TRABAJOS DE CAMPO.	5
2.2.-TRABAJOS DE LABORATORIO.	8
3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.	9
3.1.-MARCO GEOLÓGICO.	9
3.2.-LITOLOGÍA.	9
3.3.-TECTÓNICA.	10
3.4.-HIDROGEOLOGÍA.	11
4.- PERFIL GEOTÉCNICO DEL TERRENO.	12
4.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES: CAPAS GEOTÉCNICAS.	12
4.2.- PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ASOCIABLES A LAS CAPAS GEOTÉCNICAS.	16
4.3.- PRESENCIA DE AGUA Y PERMEABILIDAD DEL TERRENO.	16
5.- RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO.	17
5.1.- PERFIL GEOTÉCNICO.	17
5.2.- CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.	19
5.3.- CIMENTACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS CON APOYO SUPERFICIAL: CARGA ADMISIBLE.	19
5.4.- OTROS ASPECTOS GEOTÉCNICOS.	21
5.4.1.- Agresividad del terreno al hormigón.	21
5.4.2.- Aspectos de sismicidad.	21
5.4.3.- Estabilidad de excavaciones.	22
5.4.4.- Excavabilidad del terreno.	22
5.4.5.- Consideraciones sobre aspectos constructivos respecto al Radón.	22

ANEXOS

ANEXO 1: ESQUEMA DE SITUACIÓN DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN Y PERFILES GEOTÉCNICOS ESTIMADOS.

ANEXO 2: CALICATAS: PERFILES LITOLÓGICOS.

ANEXO 3: INFORMES DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

ANEXO 4: INFORMES DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH.

ANEXO 5: FOTOGRAFÍAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

1.- DATOS BÁSICOS. ANTECEDENTES. CRITERIOS DE EMISIÓN DEL INFORME.**1.1.- DATOS BÁSICOS. ANTECEDENTES.**

El presente informe se realiza a petición de la Sección de Patrimonio Arquitectónico del Gobierno de Navarra, quien asume los costes de su realización.

El área de estudio se sitúa a unos 150 m al este del Monasterio de Leyre, donde está prevista la construcción de una instalación fotovoltaica con módulos de paneles solares que ocuparán unos 2400 m². Estos se distribuirán entre la parcela urbana 403 y la parcela rústica 385, del Polígono 1 del municipio de Yesa.

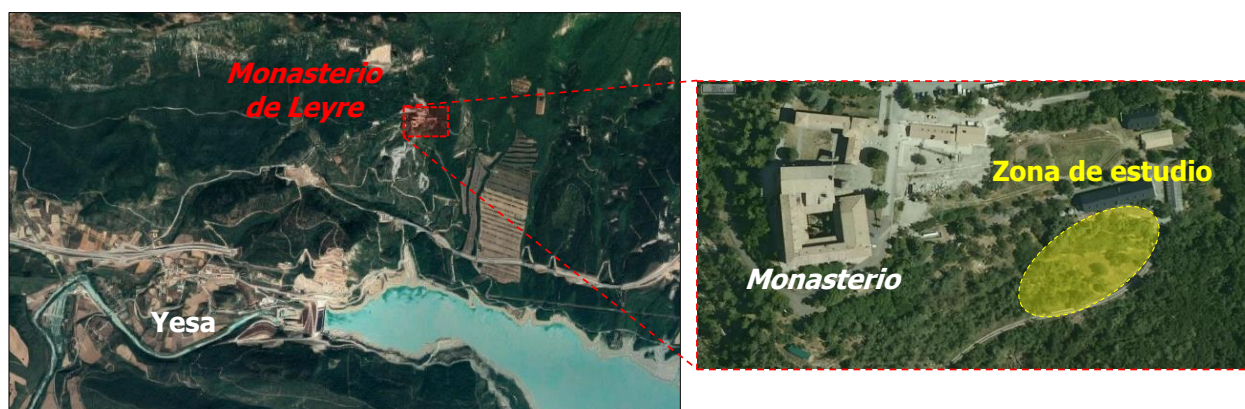


Figura 1. Esquema de ubicación de la zona objeto de estudio (visor google).

Los módulos fotovoltaicos se situarán en una zona de ladera de pendiente moderada (con un valor medio del orden del 10%), entre las cotas 735 y 745, estando actualmente vegetada parcialmente con arbustos y árboles de porte medio.



Figura 2. Esquema de distribución de los módulos fotovoltaicos.

Para la instalación de los paneles fotovoltaicos, se valoran dos sistemas de cimentación, bien mediante losas de hormigón apoyadas de forma superficial en el terreno o bien mediante un sistema de cimentación hincado, que alcanza profundidades de hasta dos metros.

El trabajo de investigación efectuado ha consistido en la realización de **cuatro calicatas excavadas mediante retroexcavadora y cuatro ensayos de penetración dinámica** superpesada DPSH. La situación de los puntos de investigación puede consultarse en el croquis del anexo 1.

El presente informe analiza los resultados de la campaña de investigación in situ y de los trabajos de laboratorio realizados sobre las muestras tomadas en las calicatas, con objeto de definir las características geotécnicas más superficiales del terreno y realizar recomendaciones de cimentación para la actuación proyectada.

1.2.- TIPO DE RECONOCIMIENTO SEGÚN CTE.

No aplica. *(El Código Técnico de la Edificación, en su Artículo 2. Ámbito de aplicación, indica: El CTE se aplicará a las obras de edificación de nueva construcción, excepto a aquellas construcciones de sencillez técnica y de escasa entidad constructiva, que no tengan carácter residencial o público, ya sea de forma eventual o permanente, que se desarrollen en una sola planta y no afecten a la seguridad de las personas).*

1.3.- CRITERIOS DE EMISIÓN DEL INFORME.

- Los ensayos in situ y de laboratorio se han realizado de acuerdo con procedimientos normalizados. Cada ensayo tiene un grado de precisión asignable que puede consultarse en la normativa correspondiente o en la literatura especializada. El uso de los datos proporcionados por los ensayos implica el necesario conocimiento de los grados de precisión asignables y la incertidumbre propia de la metodología empleada.

- La situación y características de los distintos niveles del terreno en profundidad fuera de los puntos de investigación, se pueden estimar de acuerdo con lo observado en estos, suponiendo siempre una variación continua y sin brusquedades de los datos tomados de un punto a otro, y de su situación en planta.

- En determinados puntos del informe pueden formularse recomendaciones de actuación. Estas recomendaciones se formulan para corregir o atenuar problemas detectados en base a criterios de ingeniería generalmente aceptados y consisten en explicaciones someras de las

tareas a realizar y líneas de actuación para realizarlas correctamente. Es responsabilidad del peticionario y/o técnicos responsables, la vigilancia o supervisión sobre la realización de las actuaciones recomendadas. Las descripciones técnicas que se realizan, en ningún caso deben interpretarse como un proyecto de ejecución de las mismas, estando obligado el cliente a cumplir la normativa vigente respecto a la preceptiva redacción de un proyecto de ejecución según el tipo y alcance de la obra, y cumplir el resto de trámites derivados.

- El presente documento se encuentra firmado electrónicamente. Toda reproducción en papel se considera copia.

2.- TRABAJOS REALIZADOS.

2.1.-TRABAJOS DE CAMPO.

- **Resumen de trabajos realizados.**

En fecha 29-03-2023 se han realizado **cuatro calicatas** excavadas mediante retroexcavadora, con descripción por geólogo del perfil del terreno observado. Las profundidades alcanzadas (entre 2,40 y 3,40 m) vinieron determinadas por la excavabilidad del terreno. En las calicatas se tomaron dos muestras de terreno para posteriores ensayos de laboratorio.

Por otro lado, en la misma fecha, se realizaron **cuatro ensayos de penetración dinámica superpesada DPSH.**

- **Equipos utilizados.**

CALICATAS.

Las calicatas se realizaron mediante retroexcavadora VOLVO ECR58D.

ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH.

Los ensayos DPSH se realizaron con sonda hidráulica autónoma, con orugas de caucho, modelo ROLATEC ML-76-A.

El ensayo de penetración dinámica DPSH consiste en la hinca en el terreno de una puntaza normalizada mediante el golpeo de una maza de 63.5 Kg que cae libremente desde una altura de 75 cm. Durante la hinca se registra el número de golpes (N_{20}) necesarios para la penetración de sucesivos intervalos de 20 cm, deteniéndose el ensayo a una profundidad fijada o al obtenerse el rechazo (R) que se corresponde con un golpeo de $N_{20} > 100$.

• **Alcance de los trabajos realizados.**

En la tabla 1 se resumen las profundidades máximas alcanzadas en cada uno de los puntos de investigación, así como las coordenadas aproximadas de su situación.

Punto de investigación	Tipo de reconocimiento	Profundidad alcanzada (m)	Coordenadas UTM y cota* del punto de implantación (ETRS-89)		
			X	Y	Z
C-1	CALICATA	3,40	650070	4721925	743,1
C-2		2,40	650106	4721925	743,3
C-3		2,40	650085	4721906	740,5
C-4		2,40	650053	4721901	739,4
P-1	ENSAYO DE PENETRACIÓN DPSH	8,08	650064	4721943	745,9
P-2		4,96	650088	4721927	743,3
P-3		4,96	650064	4721920	742,9
P-4		9,37	650070	4721897	738,8

*Estimada de topografía aportada por el peticionario

Tabla 1. Profundidad alcanzada en los puntos de investigación y coordenadas de implantación.

Se resumen a continuación en forma de gráfico, los golpes obtenidos en los ensayos de penetración dinámica DPSH:

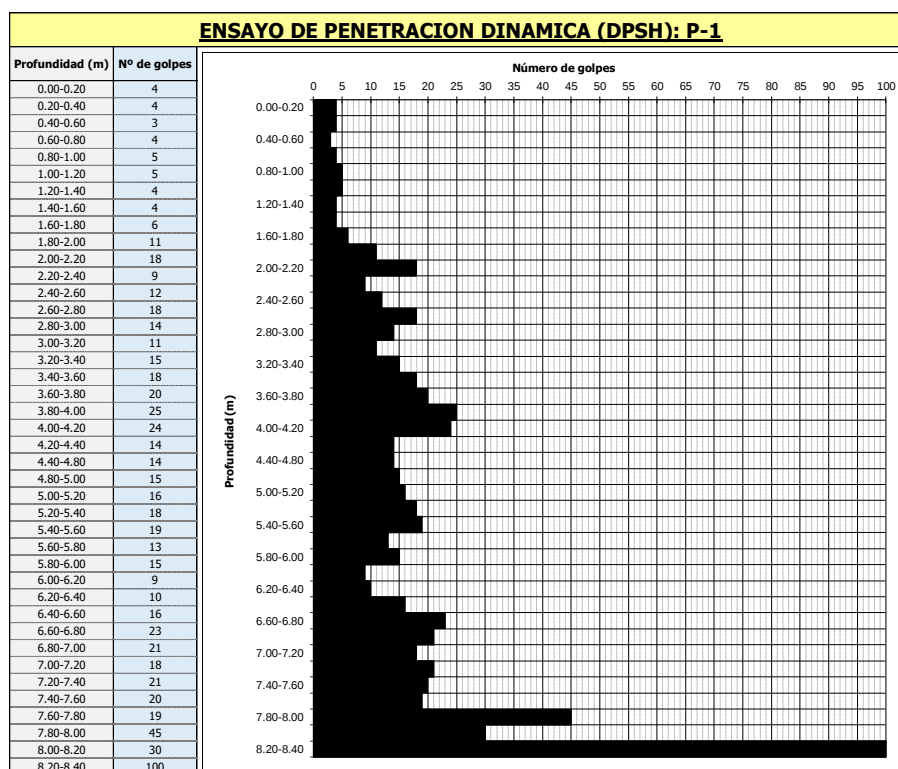


Figura 3. Representación de golpes en el ensayo DPSH P-1.

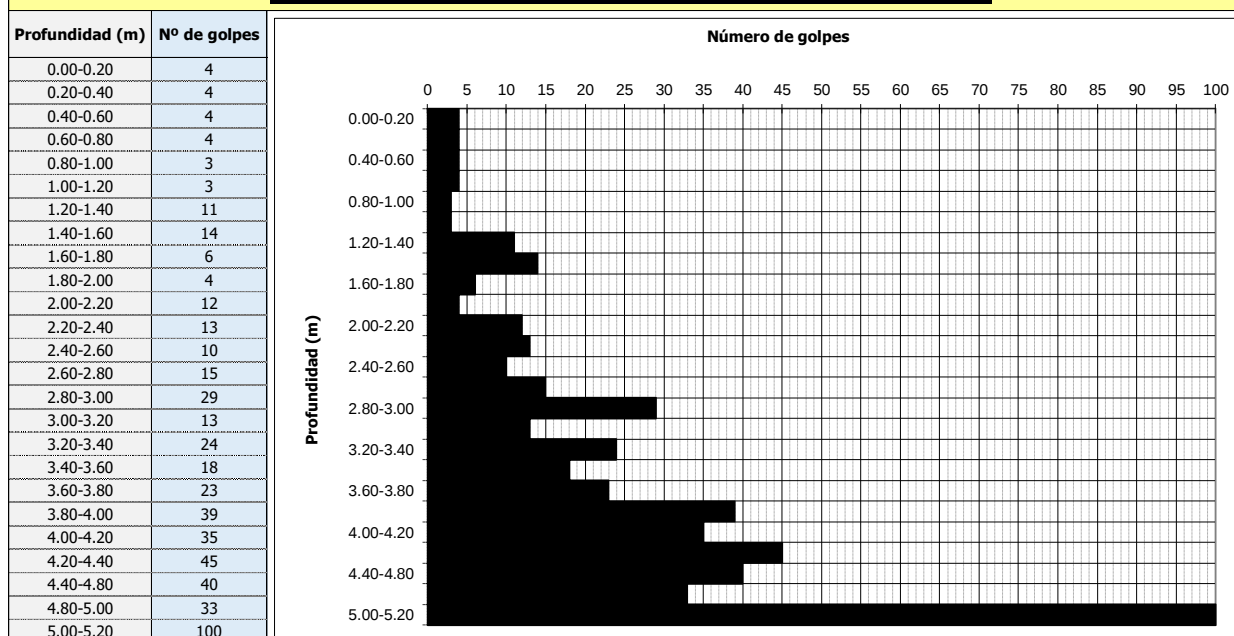
ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA (DPSH): P-2

Figura 4. Representación de golpes en el ensayo DPSH P-2.

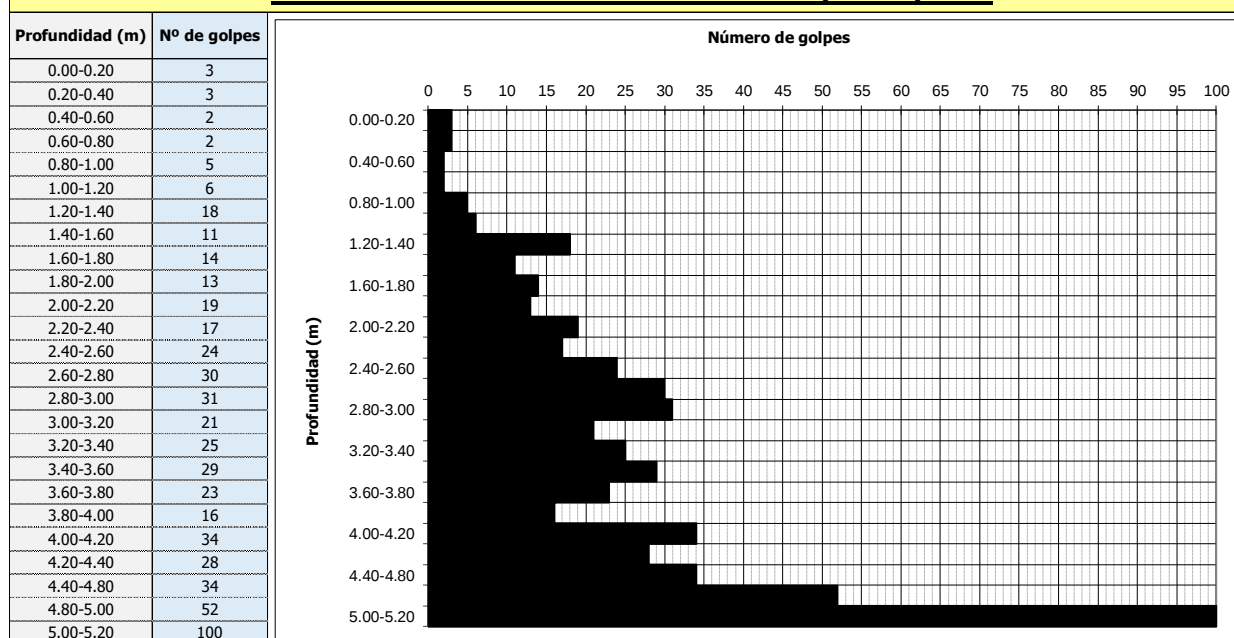
ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA (DPSH): P-3

Figura 5. Representación de golpes en el ensayo DPSH P-3.

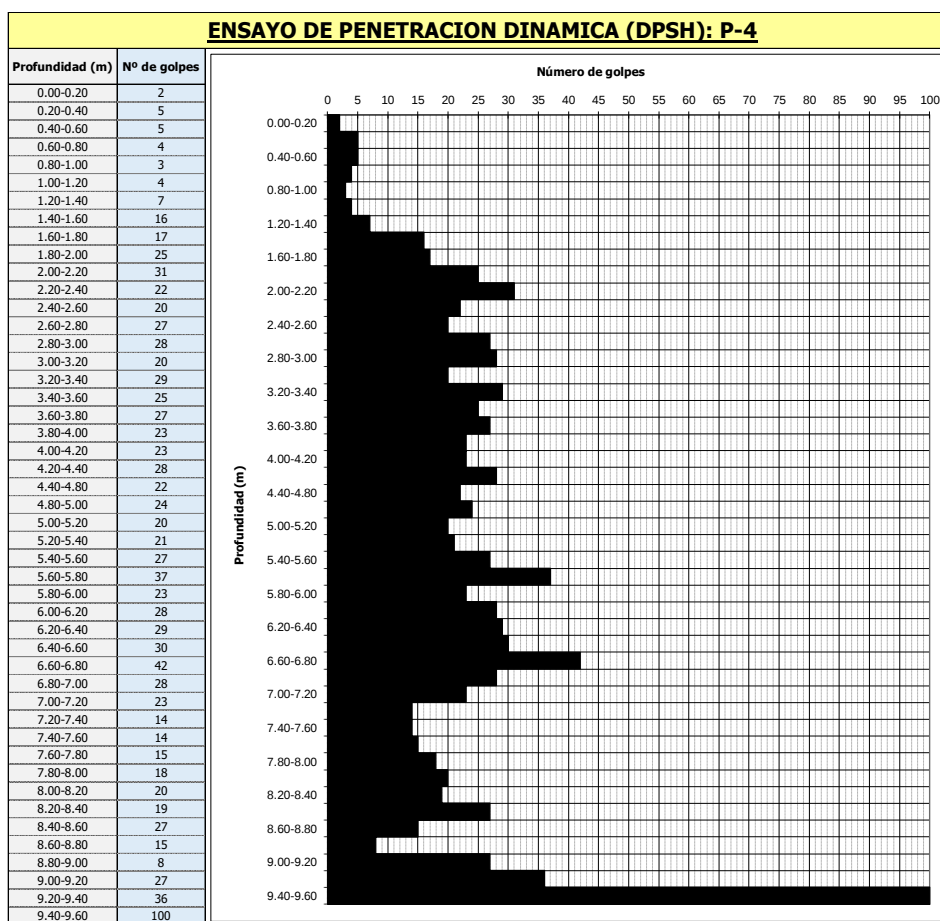


Figura 6. Representación de golpes en el ensayo DPSH P-4.

En el anexo 4 puede consultarse los informes de ensayo de los DPSH.

2.2.-TRABAJOS DE LABORATORIO.

De las cuatro calicatas realizadas se tomaron dos muestras de terreno para posteriores ensayos de laboratorio. Los ensayos realizados sobre cada una de ellas se definieron en función de su naturaleza y características geotécnicas.

Sobre una de las muestras de terreno tomadas se realizaron en laboratorio ensayos de humedad, granulometría por tamizado, Límites de Atterberg y contenido en sulfatos. Sobre la segunda, se determinó su contenido de humedad y los límites de Atterberg. En la tabla 2 se resumen los resultados obtenidos.

				Humedad	Granulometría					Límites de Atterberg			Sulfatos	
CALICATA	Muestra	Material	Profundidad (m)		%	Pasa por tamiz 40 UNE	Pasa por tamiz 20 UNE	Pasa por tamiz 5 UNE	Pasa por tamiz 2 UNE	Contenido en finos	Pasa por tamiz 0.08UNE	Límite Líquido		Límite Plástico
				%	%Peso	%Peso	%Peso	%Peso	%Peso	%Peso	W _L	L _p	I _p	% mg/kg
C-1	M-1	Arcilla arenosa con grava	1,80	10,7	100	77	54	40	13,1		23,0	15,1	7,9	79
C-4	M-1	Marga meteorizada	1,80	17,4							40,0	20,0	20,0	

Tabla 2. Resumen de resultados de ensayos de laboratorio.

En el anexo 3 pueden consultarse los informes de ensayo.

3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

3.1.-MARCO GEOLÓGICO.

Desde el punto de vista geológico el Monasterio de Leyre y su entorno se enmarcan en las estribaciones meridionales del Pirineo Occidental o Navarro, unidad fisiográfica que forma parte de la gran cadena montañosa lineal que se extiende desde el Mediterráneo hasta el Cantábrico, y que se estructura en un cinturón de pliegues y cabalgamientos de orientación general E-O vergentes al sur. Esta cadena montañosa se desarrolló desde finales del Cretácico Superior y hasta finales del Mioceno Inferior, teniendo su origen en la colisión de las placas ibérica y europea.

La cadena presenta una elevada simetría con respecto a su franja central, denominada Zona Axial en la que afloran los materiales más antiguos, paleozoicos, constituidos por rocas plutónicas y metamórficas, que conforman el zócalo regional. A ambos lados del eje axial se disponen las Zonas Nor y Surpirenaica, constituidas por materiales mesozoicos y cenozoicos que integran la cobertera. Esta última zona cabalga sobre la Depresión del Ebro, que se encuentra rellena por sedimentos neógenos postorogénicos.

3.2.-LITOLOGÍA.

Según el Mapa Geológico de Navarra, escala 1:25.000 (Hoja 175-I), El monasterio de Leyre y su entorno más próximo se sitúan sobre un sustrato rocoso Terciario perteneciente a la Formación Margas de Pamplona (nivel 267), constituidos por una serie monótona de margas grises, nodulosas, con niveles centimétricos de calcarenitas. La potencia de esta unidad es muy variable, estimándose una potencia media de 400 a 500 m. Sedimentariamente estos niveles se

interpretan como pertenecientes a una plataforma externa. Los análisis petrológicos de estas margas presentan un 84 % de minerales de arcilla y calcita, con un 3 % de bioclastos, cuyo tamaño oscila entre 0,05 y 0,5 mm. Los opacos representan el 3 % y se presentan en tamaños comprendidos entre 0,02 y 0,25 mm, el cuarzo con un 10 % en tamaños entre 0,05 y 0,07 mm, con micas en un porcentaje menor al 1 %. La composición mineralógica de estas margas, han determinado un porcentaje de cuarzo que oscila entre el 15-17 %, de calcitas entre 40 y 51 %, de illita entre el 20 y 40 %, caolinita entre el 5 y el 12 %, attapulgitita con el 13 % como máximo y ankerita el 6 % como máximo.

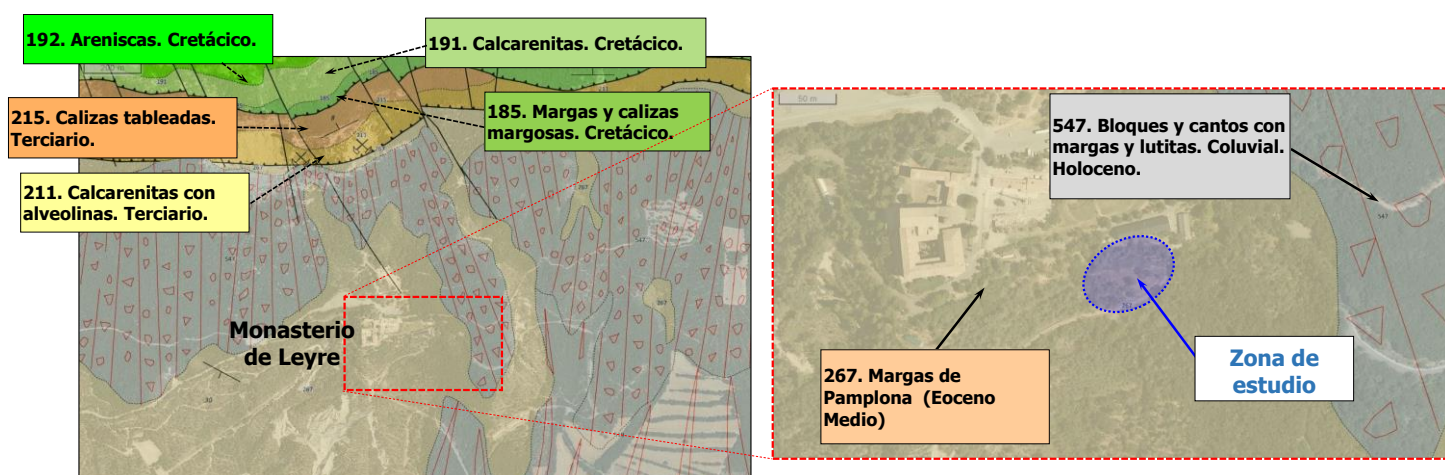


Figura 7. Situación de la zona de estudio en Mapa Geológico (Cartografía Geológica de Navarra. Escala 1:25000, IDENA).

Inmediatamente al este y norte, tapizan el sustrato margoso depósitos coluviales constituidos por cantos y bloques inmersos en una masa caótica de margas y/o lutitas de tonalidades grises o rojizas, pudiendo llegar a estar ligeramente cementados por carbonatos. Los bloques a veces llegan a alcanzar un tamaño métrico considerable. Su composición es también variable, encontrando bloques y cantos de calizas eocenas así como de areniscas y calcarenitas cretácicas.

Mas al norte y a cotas más elevadas, afloran en la Sierra de Leyre, calizas con alveolinas paleocenas (nivel 211), calizas masivas eocenas (nivel 215), margas y margocalizas grises cretácicas (nivel 185), calcarenitas cretácicas (nivel 191), y areniscas silíceas y conglomerados de cuarzo (nivel 192) que dibujan el borde de la sierra.

3.3.-TECTÓNICA.

A grandes rasgos el Pirineo en el sector donde se sitúa Leyre, se ha dividido clásicamente según una transversal N-S y de acuerdo a sus características fisiográficas y geológicas en Sierras

Interiores y Sierras Exteriores. Las Sierras Interiores están constituidas por la Zona Axial y una cobertera muy potente mesozoica y paleógena marina imbricada hacia el sur, constituida fundamentalmente por materiales carbonatados y margosos. Las Sierras Exteriores, las más meridionales de todas cabalgan a la Cuenca del Ebro y presentan características estratigráficas similares a las Interiores, aunque las series son mucho menos potentes. Entre ambas se desarrolla una importante estructura: el sinclinal de Guarga, constituido por potentes series detríticas paleógenas continentales. La zona objeto de estudio se localiza en las estribaciones meridionales de las Sierras Interiores, entre los valles del Roncal y Salazar, constituyendo la Sierra de Leyre la lámina cabalgante aflorante más baja de dicha unidad morfoestructural. Esta lámina de dirección E-O cubre a las margas eocenas que constituyen el relleno de la cuenca de Jaca-Pamplona, conformando en este sector estos materiales una suave estructura anticlinal de igual dirección.

3.4.-HIDROGEOLOGÍA.

Desde un punto de vista hidrogeológico, el sustrato rocoso constituido por las Margas de Pamplona, no se considera una unidad susceptible de almacenar y transmitir el agua y por tanto constituir un acuífero desde el punto de vista hidrogeológico (únicamente los niveles de calcarenita pueden contener y transmitir algo de agua). El agua percolada desde superficie tiende a formar flujos dirigidos a través de los planos de fractura más superficiales de la roca (la mayoría generados por descompresión del macizo).

4.- PERFIL GEOTÉCNICO DEL TERRENO.

4.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES: CAPAS GEOTÉCNICAS.

Este apartado tiene por objeto definir la estructura del terreno en profundidad deducida a partir de la investigación realizada, de forma agrupada y simplificada para facilitar su estudio. Como es lógico, la naturaleza del terreno sólo se conoce con precisión en los puntos de las calicatas realizadas (hasta las profundidades máximas alcanzadas) y puede consultarse su descripción detallada en el anexo 2. Cualquier interpretación de la naturaleza o del comportamiento del terreno en otros puntos pasa necesariamente por la extrapolación de los parámetros conocidos, lo que genera los naturales elementos de incertidumbre puestos de manifiesto en el apartado 1.3. del presente informe.

Se definen las siguientes capas geotécnicas, ordenadas desde superficie en profundidad:

• CAPA 1. ARCILLAS ARENOSAS MARRONES - RELLENOS ANTRÓPICOS.

Nivel superficial constituido por arcillas arenosas marrones oscuras, que contienen cantos dispersos, raíces y otros restos vegetales. Los cantos son poligénicos (caliza, arenisca...), de formas angulosas y de tamaños variables (máximo observado 20 cm). También contienen de forma más dispersa fragmentos de ladrillo y de cerámica.

Presentan en conjunto una consistencia media (tabla D.3 del DB SE-C del CTE) y una humedad media-alta.

El origen de esta capa se asocia con la capa de suelo vegetal desarrollada por la actividad de la flora local, que ha sido alterada y modificada en algunas zonas por la actividad antrópica. La evidencia de esta actividad antrópica no resulta clara, reconociéndose únicamente por la presencia de restos de ladrillo y cerámica.

Esta capa se ha observado de forma superficial en todas las calicatas con los siguientes espesores:

- C-1: 0,60 m
- C-2: 0,80 m
- C-3: 0,30 m
- C-4: 0,30 m.

En los puntos de investigación mediante ensayo de penetración dinámica DPSH, se asocian a esta capa valores de golpeo N_{20} más superficiales variables desde 2 y 5.

• **CAPA 2. ARENAS ARCILLOSAS CON GRAVAS, BOLOS Y BLOQUES.**

Nivel constituido por proporciones variables de arenas y arcillas de color marrón claro anaranjado, que contienen gravas, bolos y bloques de roca en su seno.

Los cantos y bolos presentan formas subredondeadas a angulosas, compuestos principalmente por areniscas y microconglomerados silíceos. El tamaño de los cantos y bolos es muy variable, habiéndose observado bolos de 50 cm.

También contienen bloques de arenisca silícea de escala métrica, habiéndose encontrado estos en dos de las cuatro calicatas realizadas. Estos grandes bloques también pudieron observarse de forma aislada en la superficie de la zona de estudio.



Fotografías 1 y 2. Presencia de bloques en superficie, de tamaño métrico, en la zona occidental de la zona de estudio.

Presentan en conjunto una estructura matrizsoportada y una compacidad media (tabla D.2 de DB SE-C del CTE). La matriz areno-arcillosa presenta una plasticidad baja, con un valor de límite líquido en la muestra analizada de 23,0 y un índice de plasticidad de 7,9. A partir de la granulometría realizada y plasticidad medida, el material se clasifica como SC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (U.S.C.S.).

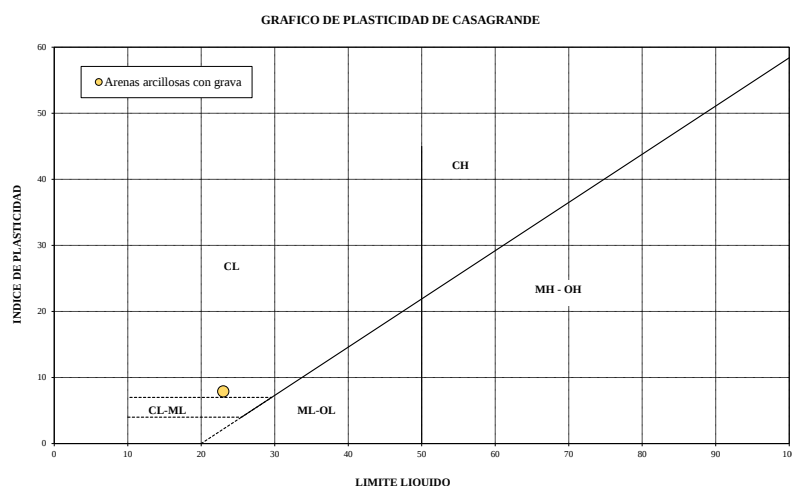


Figura 8. Gráfico de plasticidad de Casagrande con resultado obtenido en la muestra tomada en la CAPA 2.

Cabe destacar la ausencia de carbonatos tanto en la matriz areno-arcillosa como en los cantos observados (no presentando reactividad al HCl).

El origen de esta capa se asocia con depósitos coluviales, pudiendo asociarse con el nivel 547 de la cartografía geológica.

Esta capa se ha observado en las cuatro calicatas realizadas con los siguientes espesores:

- C-1: 1,80 m (entre 0,60 y 2,40 m de profundidad).
- C-2: >1,60 m (entre 0,80 y fin de cata a 2,40 m).
- C-3: >2,10 m (entre 0,30 y fin de cata a 2,40 m).
- C-4: 1,20 m (entre 0,30 y 1,50 m de profundidad).

En los puntos de investigación mediante ensayo de penetración dinámica DPSH, se asocian a esta capa valores de golpeo variable, con un “perfil dentado en profundidad” (que se observan inmediatamente bajo la zona más superficial de valores $N_{20} \approx 4$). Se le asocian valores N_{20} que oscilarían entre 4 y 40, con un valor medio en la zona más superficial del orden de 10, que se incrementa en profundidad a un valor medio en torno a 15. Si bien con este criterio es posible identificar en estos ensayos el límite superior de la capa, no resulta posible identificar de forma clara su base, al contactar con la CAPA 3 donde pueden obtenerse golpes de magnitud similar.

• **CAPA 3. ARCILLAS MARGOSAS – MARGA METEORIZADA.**

Se incluyen en este nivel arcillas carbonatadas de color marrón claro con tonos anaranjados y grises (estos últimos más abundantes en profundidad), procedentes de la meteorización in situ de la roca margosa subyacente, formando en la zona más superficial un horizonte de suelo residual en un grado de alteración VI a V según escala ISRM. El grado de alteración disminuye en profundidad de forma más o menos progresiva, pudiendo en algunas zonas desarrollar un perfil de varios metros de espesor con un grado de alteración VI-V, antes de pasar a un grado de alteración III-II.

Desde un punto de vista geotécnico, hasta las profundidades alcanzadas en las calicatas, presentan en conjunto el comportamiento de un suelo arcilloso muy firme a duro según criterios recogidos en la tabla D.3 de DB SE-C del CTE. A mayores profundidades el comportamiento del material se tornaría hacia el de una roca muy blanda, antes de alcanzar el sustrato rocoso sano. El Mapa Geotécnico del Área de Pamplona (donde también aflora este sustrato rocoso) asigna a estos materiales valores de resistencia a compresión simple entre 0,8 y 5,0 kp/cm^2 . A partir de experiencias comparables con el mismo nivel geotécnico, un valor de 0,8 kp/cm^2 resulta excesivamente conservador (valor posiblemente afectado por diaclasado de la muestra) considerándose más representativos valores de resistencia entre 2,0 y 8,0 kp/cm^2 .

La plasticidad medida es media, con un valor de límite líquido de 40,0 y un índice de plasticidad de 20,0, lo que clasifica al material entre CL, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (U.S.C.S.). La humedad medida en la muestra analizada se situó en 17,4 (por debajo del límite plástico del material).

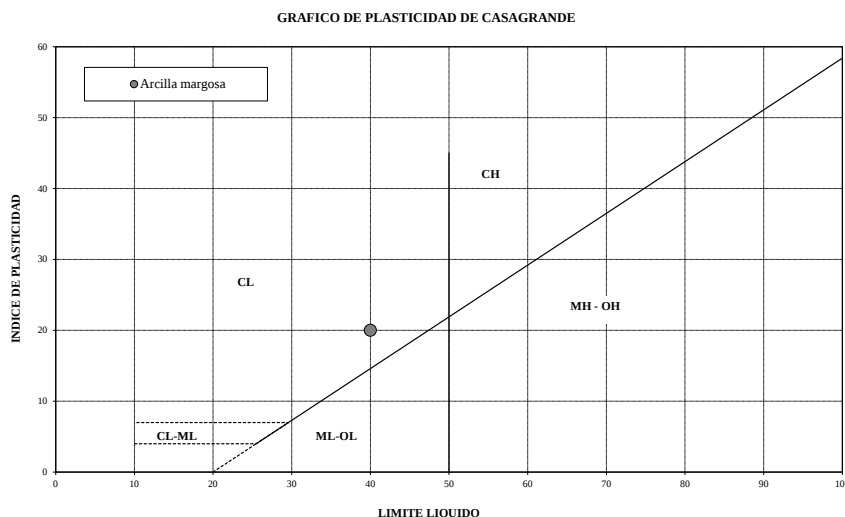


Figura 9. Gráfico de plasticidad de Casagrande con resultado obtenido en la muestra de arcilla margosa.

Esta capa se ha alcanzado únicamente en dos de las cuatro calicatas realizadas: en C-1 entre 2,40 y fin de cata (a 3,40 m) y en C-4 entre 1,50 y fin de cata (a 2,40 m).

Tal como se ha comentado, en los ensayos de penetración dinámica no resulta posible identificar de forma clara el límite superior de esta capa, si bien cabe asociarle valores de golpeo $N_{20} \geq 15$ (dándose también en la CAPA 2). Con carácter general, hacia la base de la capa los golpes N_{20} aumentan en profundidad de forma progresiva hasta el rechazo ($N_{20} > 100$).

• **CAPA 4. MARGA GRIS**

Las margas meteorizadas de la zona más profunda de la CAPA 3, pasan en profundidad a un sustrato rocoso de margas grises correspondientes a la formación Margas de Pamplona.

Desde un punto de vista geotécnico, estos materiales se describen como una roca blanda, fácilmente meteorizable al quedar expuestos a los agentes atmosféricos.

En un sondeo realizado en las inmediaciones (para las obras de ampliación del Centro de Visitantes de Leyre), el sustrato presentaba un aspecto masivo y homogéneo, sin planos de fractura, habiéndose medido un valor de RQD = 100 y determinado un valor RMR de 72, que clasificaría el macizo como de calidad buena. En testigos plastificados tomados en dicho sondeo se obtuvieron valores de resistencia a compresión simple de 149 y 160 kp/cm^2 , con un valor de densidad aparente $\approx 2,57 \text{ T/m}^3$.

El Mapa Geotécnico del Área de Pamplona asocia a estos materiales valores de resistencia a compresión simple entre 44 y 731 kp/cm^2 , valores de módulo de deformación variables entre ≈ 32000 y $\approx 131000 \text{ kp/cm}^2$ (con un valor medio de $\approx 87000 \text{ kp/cm}^2$) y un coeficiente de Poisson de 0.25. A partir experiencias comparables se considera que un valor de módulo de deformación para la parte más superficial del sustrato rocoso del orden de 10000 kp/cm^2 , resulta más adecuado.

Esta capa no se ha alcanzado en ninguna de las calicatas realizadas. En los ensayos de penetración dinámica se considera que se alcanza rechazo ($N_{20} > 100$) en el límite superior de esta capa.

El espesor de las Margas de Pamplona en la zona se estima del orden de cientos de metros.

4.2.- PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ASOCIABLES A LAS CAPAS GEOTÉCNICAS.

De las características geotécnicas definidas en el punto anterior y de datos obtenidos en experiencias próximas, se resumen a continuación en forma de tabla, parámetros geotécnicos recomendados, asociables a cada una de las capas geotécnicas definidas.

CAPA GEOTÉCNICA	MATERIAL	Densidad aparente	Resistencia a compresión simple	Módulo de deformación	Cohesión efectiva	Ángulo de rozamiento interno efectivo	Coeficiente de balasto
		γ g/cm^3	q_u kp/cm^2	E kp/cm^2	c' Kp/cm^2	ϕ' $^\circ$	K_{30} Kp/cm^3
CAPA 1	ARCILLAS - RELLENOS	2,0	1,0	80	0,1	20°	3
CAPA 2	ARENAS ARCILLOSAS CON GRAVAS Y BLOQUES	2,2	0,5	500	0,01	30°	15
CAPA 3	ARCILLAS MARGOSAS - MARGA METEORIZADA	2,1 - 2,3	3,0 - 15,0	500 - 5000	0,1 - 0,5	25° - 28°	6 - 100
CAPA 4	MARGA GRIS	2,5	150	10000	>5	30°	300

Tabla 3. Resumen de parámetros geotécnicos asociables a las capas geotécnicas definidas.

4.3.- PRESENCIA DE AGUA Y PERMEABILIDAD DEL TERRENO.

Durante la excavación de las calicatas (en fecha 29-03-2023), en ninguna de ellas se detectó un nivel de lámina de agua hasta las profundidades máximas alcanzadas.

En los ensayos de penetración dinámicas, realizados en la misma fecha, únicamente en el ensayo P-1 se recuperó el varillaje parcialmente humedecido a partir de dos metros de profundidad.

De forma general, a las arcillas-rellenos de la CAPA 1, cabe asociar una permeabilidad variable de media a baja. Las arenas arcillosas con grava de la CAPA 2 presentarán una permeabilidad variable de media a muy alta. Por su naturaleza arcillosa, a la CAPA 3 cabe asociar una permeabilidad baja. Por último, la matriz margosa del sustrato rocoso (CAPA 4) presentaría una permeabilidad muy baja (impermeable a efectos prácticos), quedando la permeabilidad del conjunto del macizo rocoso definida por el entramado de planos de discontinuidad y sus propiedades hidráulicas.

La baja permeabilidad del sustrato rocoso margoso provoca que el agua que se infiltra desde superficie, se acumule y/o fluya inmediatamente por encima de este, canalizándose a favor de zonas o niveles más permeables de la CAPA 2 y/o a favor de las fisuras y planos de discontinuidad más superficiales del sustrato rocoso.

(Se conoce la existencia de una arqueta de recogida de aguas subterráneas en la esquina suroccidental de edificio de recepción de visitantes del monasterio).

5.- RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO.

5.1.- PERFIL GEOTÉCNICO.

De acuerdo con los datos obtenidos en la investigación realizada se ha definido un perfil del terreno constituido por cuatro capas geotécnicas:

- *CAPA 1: ARCILLAS MARRONES - RELLENOS.*
- *CAPA 2: ARENAS ARCILLOSAS CON GRAVAS, BOLOS Y BLOQUES.*
- *CAPA 3: ARCILLAS MARGOSAS - MARGA METEORIZADA.*
- *CAPA 4: MARGA GRIS.*

En el apartado 4.1 se han descrito las características geotécnicas y el espesor de estos materiales.

Se muestran a continuación de forma esquemática, dos perfiles geotécnicos estimados a partir de la investigación realizada, incluyéndose de nuevo en el anexo 1:

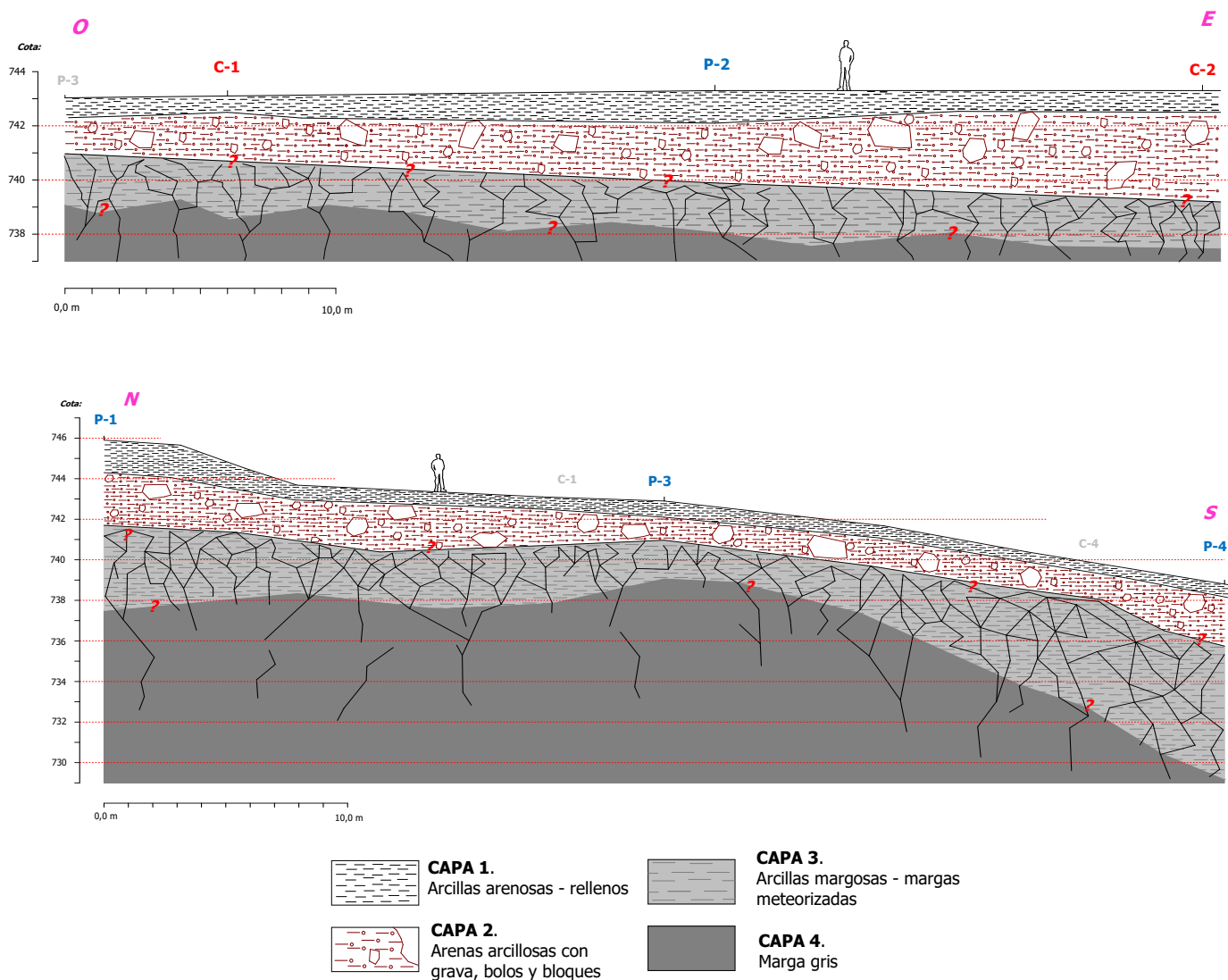


Figura 10. Perfiles geotécnicos estimados.

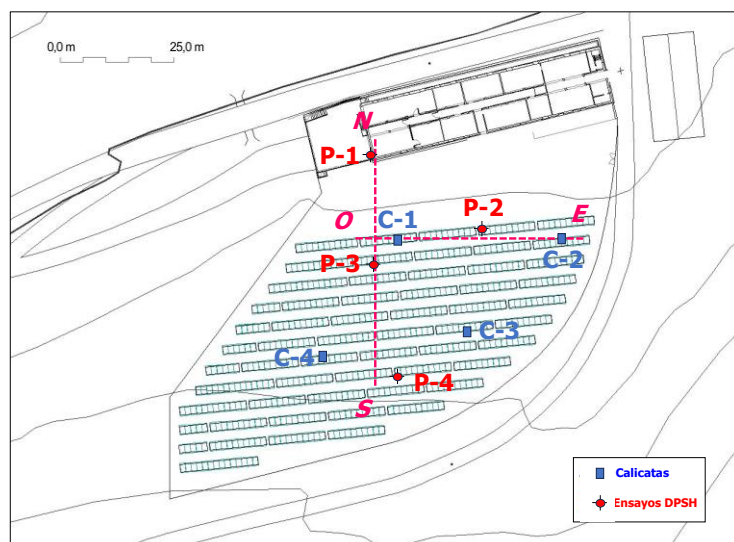


Figura 11. Esquema de orientación de los perfiles geotécnicos.

5.2.- CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.

Según lo indicado por el peticionario, para la instalación de los módulos fotovoltaicos se han valorado dos sistemas de cimentación, bien mediante losas de hormigón apoyados de forma superficial en el terreno, o bien mediante un sistema de cimentación hincado de perfiles metálicos hasta unos dos metros de profundidad.

Para la elección o valoración del tipo de cimentación, la característica geotécnica más destacable es la presencia en toda el área de estudio de la CAPA 2 de arenas arcillosas con gravas, bolos y bloques, a partir de 0,30 m de profundidad. Esta capa contiene **bloque de roca de escala métrica**, habiéndose encontrado en dos de las cuatro calicatas realizadas (lo que determinó la excavabilidad de las mismas). Estos bloques de roca también pueden observarse de forma superficial en la parte occidental de la zona de estudio.

Se considera altamente probable que la presencia de estos bloques imposibilitaría la hincado de perfiles metálicos para la cimentación de alguno de los módulos fotovoltaicos, recomendándose por ello decantarse por la alternativa de cimentación mediante losas de hormigón apoyadas superficialmente en el terreno.

5.3.- CIMENTACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS CON APOYO SUPERFICIAL: CARGA ADMISIBLE.

El apoyo superficial mediante losas de hormigón, requerirá de la retirada de la capa más superficial de suelos vegetal, más la correspondiente nivelación de las superficies de apoyo. Considerando el perfil geotécnico definido, las cargas transmitidas al terreno por las losas de hormigón serán soportadas fundamentalmente por el nivel de arenas arcillosas con grava, bolos y bloques de la CAPA 2.

Considerando la granulometría de estos materiales y su baja plasticidad, se considera aplicable el método simplificado para la determinación de la presión vertical admisible en suelos granulares desarrollado en el punto 4.3.3. del Documento Básico DB-SEC del Código Técnico de la Edificación (CTE). En materiales fundamentalmente granulares como los de la CAPA 2, la presión vertical admisible de servicio suele encontrarse limitada por condiciones de asiento, más que por hundimiento. Dada la dificultad en el muestreo de estos suelos, un método tradicional para el diseño de cimentaciones consiste en el empleo de correlaciones empíricas más o menos directas con ensayos de penetración, o con otro tipo de ensayos in situ a su vez correlacionables con el mismo.

A efectos del DB mencionado anteriormente, cuando la superficie del terreno presente

una pendiente inferior al 10%, la inclinación con la vertical de la resultante de las acciones sea menor del 10% y se admita la producción de asientos de hasta 25 mm, la presión vertical admisible de servicio podrá evaluarse mediante las expresiones de la figura 12 basadas en el golpeo N_{SPT} obtenido en el ensayo SPT.

a) Para $B^* < 1,2$ m	
$q_{adm} = 12N_{SPT} \left(1 + \frac{D}{3B^*}\right) \left(\frac{S_t}{25}\right) \text{ kN/m}^2$	(4.9)
b) Para $B^* \geq 1,2$ m:	
$q_d = 8 N_{SPT} \left[1 + \frac{D}{3B^*}\right] \left(\frac{S_t}{25}\right) \left(\frac{B^* + 0,3}{B^*}\right)^2 \text{ kN/m}^2$	(4.10)
siendo	
S_t	El asiento total admisible, en mm.
N_{SPT}	el valor medio de los resultados, obtenidos en una 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;
D	la profundidad definida en el Anejo F
El valor de $\left[1 + \frac{D}{3B^*}\right]$ a introducir en las ecuaciones será menor o igual a 1,3.	

Figura 12. Método simplificado de cálculo carga admisible para suelos granulares.

Punto 4.3.3. del DB SE-C.

En los ensayos DPSH se han asociado a la CAPA 2 valores de golpeo N_{20} variables, con un “perfil dentado en profundidad” y valores N_{20} medios del orden de 10 (en la zona más superficial, aumentando a un valor medio del orden de 15 en profundidad. Existen distintas y diversas correlaciones entre los valores de golpeo obtenidos en el ensayo DPSH y el ensayo de penetración estándar (SPT). A partir de la experiencia propia y para el tipo de terreno que nos ocupa, se ha adoptado un factor de correlación de 1,3 entre los valores N_{20} y N_{SPT} ($N_{SPT} \approx 1,3 \times N_{20}$). Esta correlación es similar a otras aproximaciones como las definidas en Bowles (1996) ó Dhalberg (1974). Así, del valor $N_{20} = 10$ se obtendría un valor $N_{SPT} \approx 13$.

Adoptando el valor $N_{SPT} = 13$ como valor característico de la zona superficial de la CAPA 2 y aplicando el método simplificado del punto 4.3.3 del DB SE-C para la determinación de presión vertical admisible en suelos granulares, considerando una cimentación con apoyo superficial y un ancho de cimiento de 1,5 metros, se obtendría un valor de **carga admisible q_{ad} de 2,2 kp/cm²** para cargas estáticas, y **limitando los asientos generados a unos 2,5 cm. Si el asiento admisible se aumenta hasta los 5,0 cm, la carga admisible se incrementa hasta un valor $q_{ad} = 3,0$ kp/cm².**

Para poder considerar los asientos estimados para las cargas admisibles definidas

anteriormente, deberá garantizarse una adecuada compactación de las superficies de apoyo una vez realizadas las labores de retirada de la capa de suelo vegetal y de nivelación.

5.4.- OTROS ASPECTOS GEOTÉCNICOS.

5.4.1.- Agresividad del terreno al hormigón.

A partir del ensayo de contenido en sulfatos realizado sobre una de las muestras analizadas de una de las calicatas, **el terreno no se considera agresivo para el hormigón.**

5.4.2.- Aspectos de sismicidad.

La Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 asigna al municipio de Yesa un valor de aceleración sísmica básica (a_b) = 0,04 g y un coeficiente de contribución (k) de 1.0.

La nueva Norma NCSE-22, pendiente de publicación en el Boletín Oficial del Estado, eleva el valor de aceleración sísmica básica a 0,09 g, con un coeficiente de contribución $K = 1$ (fuente www.citoparagon.es).

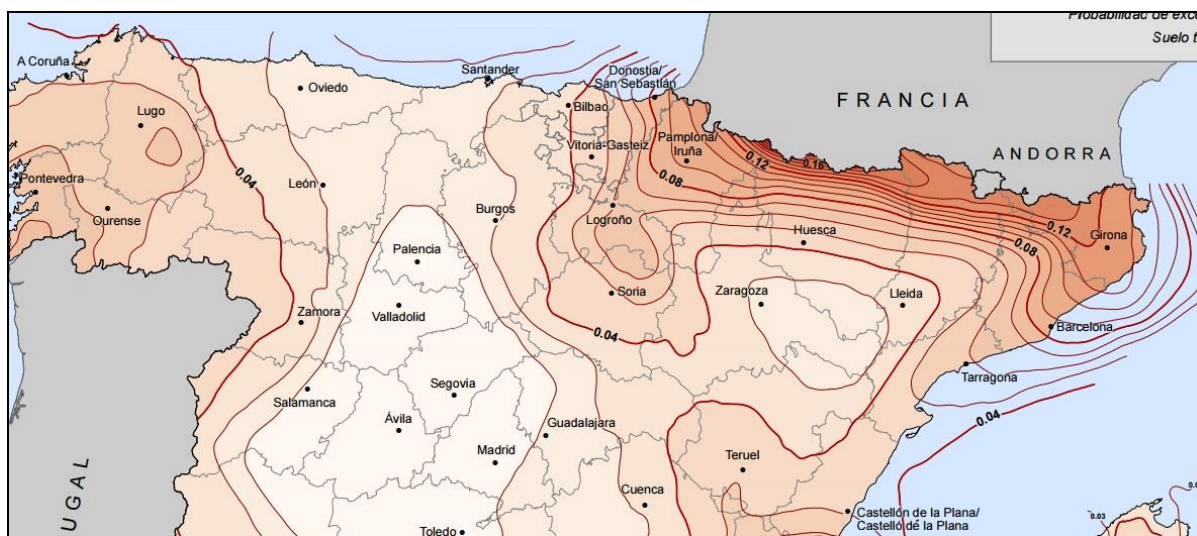


Figura 13. Mapa peligrosidad sísmica 2015 del Ministerio de Fomento.

Para la aceleración sísmica de cálculo (a_c), la CAPA 2 de apoyo de los módulos fotovoltaicos se consideran terreno Terreno Tipo III.

5.4.3.- Estabilidad de excavaciones.

La actuación prevista no contempla la generación de taludes permanentes en desmante.

Para la ejecución de excavaciones temporales de poca profundidad (zanjas para canalizaciones o elementos enterrados) debe tenerse presente que, si bien durante la ejecución de las calicatas realizadas para el presente estudio las paredes se mantuvieran estables hasta las profundidades máximas alcanzadas, incrementos significativos de humedad en la CAPA 2 de arenas arcillosas con grava podrían reducir la estabilidad de taludes verticalizados, debido a la baja cohesión de estos materiales.

5.4.4.- Excavabilidad del terreno.

Las CAPAS 1, 2 y 3 se consideran excavables con medios mecánicos de retroexcavación habituales, si bien la presencia de grandes bloques de roca en el seno de la CAPA 2 requeriría de sobreexcavaciones para la retirada de los mismos.

Por otro lado, las margas grises de la Capa 4 presentan desde un punto de vista geotécnico un comportamiento de roca. La excavación y profundización en el sustrato rocoso sano puede requerir la utilización de máquinas retroexcavadoras de gran potencia con empleo de martillos hidráulicos u otros sistemas de fracturación previa a su excavación.

5.4.5.- Consideraciones sobre aspectos constructivos respecto al Radón.

Según el Documento Básico HS del Código Técnico de la Edificación (CTE), en su Sección 6 "protección frente a la exposición al radón", para limitar el riesgo de exposición de los usuarios a concentraciones inadecuadas de radón procedente del terreno en el interior de los locales habitables, se establece un nivel de referencia para el promedio anual de concentración de radón en el interior de los mismos de 300 Bq/m³.

En el apéndice B del mismo documento se incluye un listado de términos municipales de toda España en los que, en base a las medidas realizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear, se considera que hay una probabilidad significativa de que los edificios allí construidos sin soluciones específicas de protección frente al radón presenten concentraciones de radón superiores al nivel de referencia.

El municipio de Yesa no se incluye entre los municipios del apéndice B. La página web del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) asigna a la zona de estudio un potencial de radón P₉₀ entre 101 y 200 Bq/m³.

Este informe consta de 23 páginas enumeradas correlativamente más un apartado con cinco anexos.

Pamplona, 21/04/2023

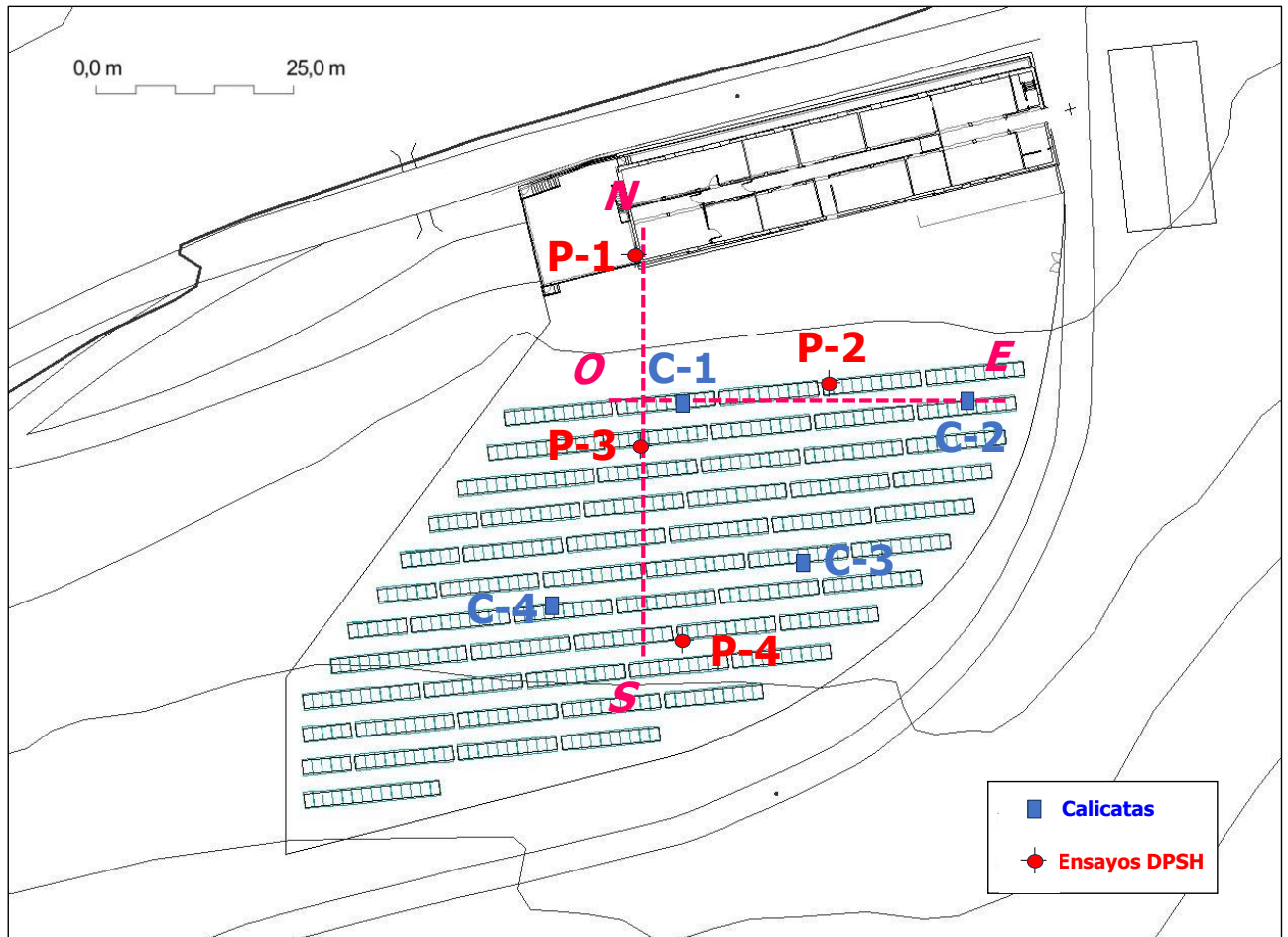


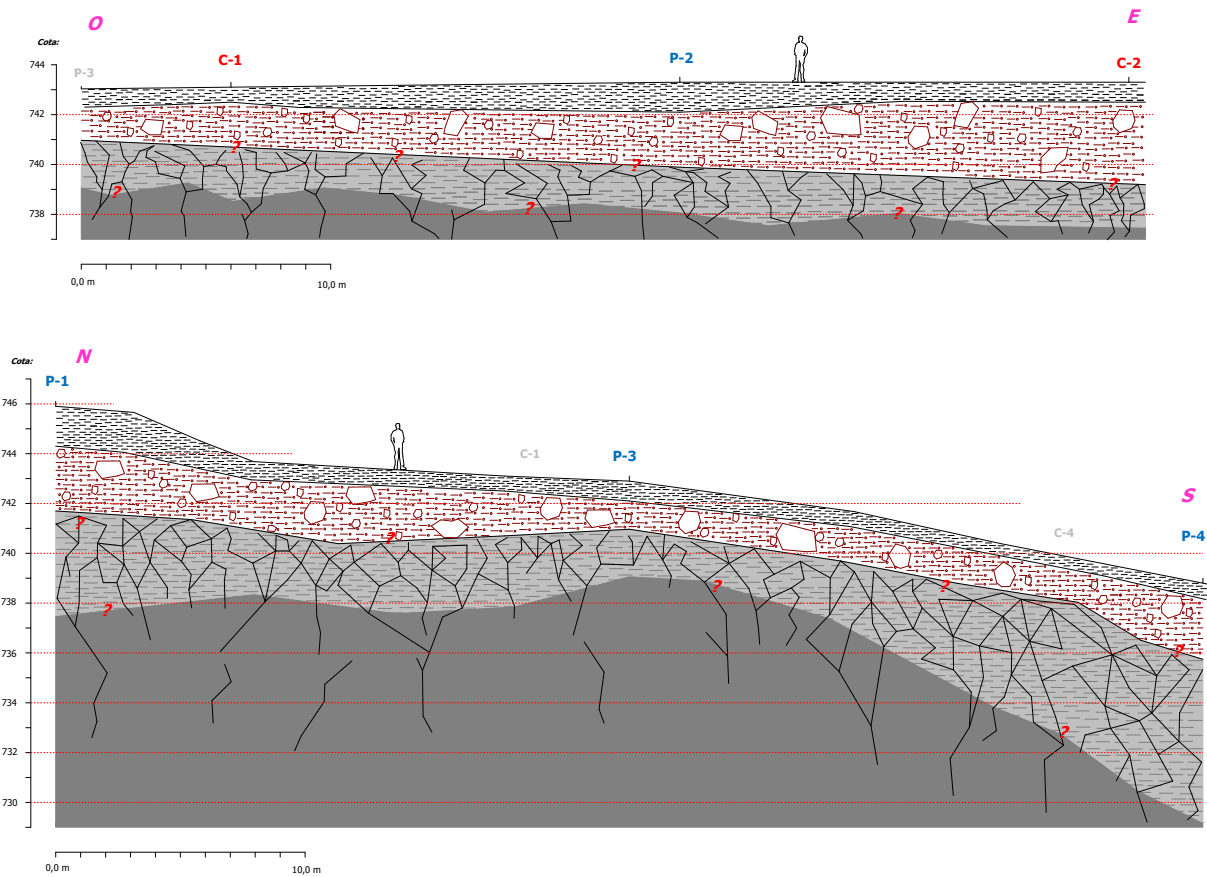
Fdo.: Jesús del Castillo García
Geólogo (colegiado nº: 3155)

ANEXO - 1.

ESQUEMA DE SITUACIÓN DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN Y PERFILES GEOTÉCNICOS ESTIMADOS.

SITUACIÓN DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN Y ORIENTACIÓN DE PERFILES
GEOTÉCNICOS:





Relación escalas
horizontal / vertical:
1/1

CAPA 1.
Arcillas arenosas - rellenos

CAPA 2.
Arenas arcillosas con
grava, bolos y bloques

CAPA 3.
Arcillas margosas - margas
meteorizadas

CAPA 4.
Marga gris

PERFILES GEOTÉCNICOS

Obra:
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN
EL MONASTERIO DE LEYRE

Exp: 2023/190
ABRIL 2023



ANEXO - 2.

CALICATAS: PERFILES LITOLÓGICOS.



OBRA:	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE	EXPEDIENTE N°:	2023/190
LOCALIDAD:	YESA	FECHA DE REALIZACIÓN DE LA CATA:	29/03/2023
PERFIL DEL TERRENO EN CALICATA		SITUACIÓN DE LA CATA:	X: 650070
		COORDENADAS UTM	Y: 4721925
		(Datum: ETRS-89):	Z:

CALICATA: C-1

Profundidad (m)	Trama Perfil Litológico	Color (aproximado)	Nivel piezométrico	DESCRIPCION DEL TERRENO	ESTABILIDAD PAREDES DURANTE LA EXCAVACIÓN	Muestras		Medidas con molinete de mano (Cu)		
						Referencia	Profundidad	Medida n°	Profundidad	Resultado (Kp/cm²)
0,00				RELLENOS de ARCILLAS ARENOSAS de color marrón oscuro CON CANTOS DISPERSOS . Contiene cantos poligénicos de formas angulosas y de tamaños variables (máximo observado 20 cm). También continen de forma más dispersa fragmentos de ladrillo y cerámica. Superficialmente acumulación de raíces y otros restos de materia orgánica. Presentan en conjunto una consistencia media (tabla D.3 del DB SE-C del CTE) y una humedad media-alta.	ESTABLE DURANTE LA EXCAVACIÓN	M1	1,80			
0,60				ARENAS ARCILLOSAS CON GRAVAS Y BOLOS de color marrón anaranjado. Contiene cantos y bolos de formas subredondeadas a angulosas, compuestos principalmente por areniscas y microconglomerados. El tamaño de los cantos y bolos es muy variable, habiéndose observado bolos de 50 cm. Presentan en conjunto una compacidad media (tabla D.2 de DB SE-C del CTE) y una estructura matrizsoportada. La humedad es media.						
2,40				ARCILLAS MARGOSAS - MARGAS METEORIZADAS de color ocre con tonos grises. Suelo residual formado por la meteorización in situ del sustrato rocoso margoso, en un grado VI a V según escala ISRM. Presenta desde un punto de vista geotécnico el comportamiento de un suelo arcilloso muy firme a duro (tabla D.3 de DB SE-C del CTE). La humedad es media.						
3,40				(FIN DE CATA)						

OBSERVACIONES:

Geólogo	Jesús del Castillo García
Retroexcavadora utilizada:	Volvo ECR580



OBRA:	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE	EXPEDIENTE N°:	2023/190
LOCALIDAD:	YESA	FECHA DE REALIZACIÓN DE LA CATA:	29/03/2023
PERFIL DEL TERRENO EN CALICATA		SITUACIÓN DE LA CATA:	X: 650106
		COORDENADAS UTM	Y: 4721925
		(Datum: ETRS-89):	Z:

CALICATA: C-2

Profundidad (m)	Trama Perfil Litológico	Color (aproximado)	Nivel piezométrico	DESCRIPCION DEL TERRENO	ESTABILIDAD PAREDES DURANTE LA EXCAVACIÓN	Muestras		Medidas con molinete de mano (Cu)		
						Referencia	Profundidad	Medida n°	Profundidad	Resultado (Kp/cm²)
0,00				RELLENOS de ARCILLAS ARENOSAS de color marrón oscuro CON CANTOS DISPERSOS . Los cantos son poligénicos (caliza, arenisca,...), de formas angulosas y de tamaños variables (máximo observado 20 cm). También contienen de forma más dispersa fragmentos de ladrillo y cerámica. En la zona más superficial se produce acumulación de raíces y otros restos de materia orgánica. Presentan en conjunto una consistencia media (tabla D.3 del DB SE-C del CTE) y						
0,80				ARENAS ARCILLOSAS CON GRAVAS Y BOLOS de color marrón anaranjado. Contiene cantos y bolos de formas subredondeadas a angulosas, compuestos principalmente por areniscas y microconglomerados. El tamaño de los cantos y bolos es muy variable, habiéndose observado bolos de 60 cm y bloques de tamaño métrico (que afectaron el avance de la excavación). Presentan en conjunto una compacidad media (tabla D.2 de DB SE-C del CTE) y una estructura matrizsoportada. La humedad es media.						
2,40				(FIN DE CATA)						

OBSERVACIONES:

Geólogo	Jesús del Castillo García
Retroexcavadora utilizada:	Volvo ECR580



OBRA:	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE	EXPEDIENTE N°:	2023/190
LOCALIDAD:	YESA	FECHA DE REALIZACIÓN DE LA CATA:	29/03/2023
PERFIL DEL TERRENO EN CALICATA		SITUACIÓN DE LA CATA:	X: 650085
		COORDENADAS UTM	Y: 4721906
		(Datum: ETRS-89):	Z:

CALICATA: C-3

Profundidad (m)	Trama Perfil Litológico	Color (aproximado)	Nivel piezométrico	DESCRIPCION DEL TERRENO	ESTABILIDAD PAREDES DURANTE LA EXCAVACIÓN	Muestras		Medidas con molinete de mano (Cu)		
						Referencia	Profundidad	Medida n°	Profundidad	Resultado (Kp/cm²)
0,00				ARCILLAS ARENOSAS de color marrón oscuro. Contienen raíces y otros restos de materia orgánica. Consistencia media (tabla D.3 del DB SE-C del CTE) y una humedad media-alta.						
0,30				ARENAS ARCILLOSAS CON GRAVAS Y BOLOS de color marrón anaranjado. Contiene cantos y bolos de formas subredondeadas a angulosas, compuestos principalmente por areniscas y microconglomerados. El tamaño de los cantos y bolos es muy variable, habiéndose observado bolos de 60 cm y un bloque de tamaño métrico que impidió el avance en el fondo de la excavación. Presentan en conjunto una compactidad media (tabla D.2 de DB SE-C del CTE) y una estructura matrizsoportada. La humedad es media.						
2,40				(FIN DE CATA)						

OBSERVACIONES:

Geólogo	Jesús del Castillo García
Retroexcavadora utilizada:	Volvo ECR580



OBRA:	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE	EXPEDIENTE N°:	2023/190
LOCALIDAD:	YESA	FECHA DE REALIZACIÓN DE LA CATA:	29/03/2023
PERFIL DEL TERRENO EN CALICATA		SITUACIÓN DE LA CATA:	X: 650053
		COORDENADAS UTM	Y: 4721901
		(Datum: ETRS-89):	Z:

CALICATA: C-4

Profundidad (m)	Trama Perfil Litológico	Color (aproximado)	Nivel piezométrico	DESCRIPCION DEL TERRENO	ESTABILIDAD PAREDES DURANTE LA EXCAVACIÓN	Muestras		Medidas con molinete de mano (Cu)		
						Referencia	Profundidad	Medida n°	Profundidad	Resultado (Kp/cm ²)
0,00				ARCILLAS ARENOSAS de color marrón oscuro. Contienen raíces y otros restos de materia orgánica. Consistencia media (tabla D.3 del DB SE-C del CTE) y una humedad media-alta.		M1	1,80			
0,30				ARENAS ARCILLOSAS CON GRAVAS Y BOLOS de color marrón anaranjado. Contiene cantos y bolos de formas subredondeadas a angulosas, compuestos principalmente por areniscas y microconglomerados. El tamaño de los cantos y bolos es muy variable, habiéndose observado bolos de 30 cm. Presentan en conjunto una compacidad media (tabla D.2 de DB SE-C del CTE) y una estructura matrizsoportada. La humedad es media.						
1,50				ARCILLAS MARGOSAS - MARGAS METEORIZADAS de color ocre con tonos grises y naranjas. Suelo residual formado por la meteorización in situ del sustrato rocoso margoso, en un grado VI a V según escala ISRM. Presenta desde un punto de vista geotécnico el comportamiento de un suelo arcilloso muy firme a duro (tabla D.3 de DB SE-C del CTE). La humedad es media.						
2,40				(FIN DE CATA)						

OBSERVACIONES:

Geólogo	Jesús del Castillo García
Retroexcavadora utilizada:	Volvo ECR580

ANEXO - 3.

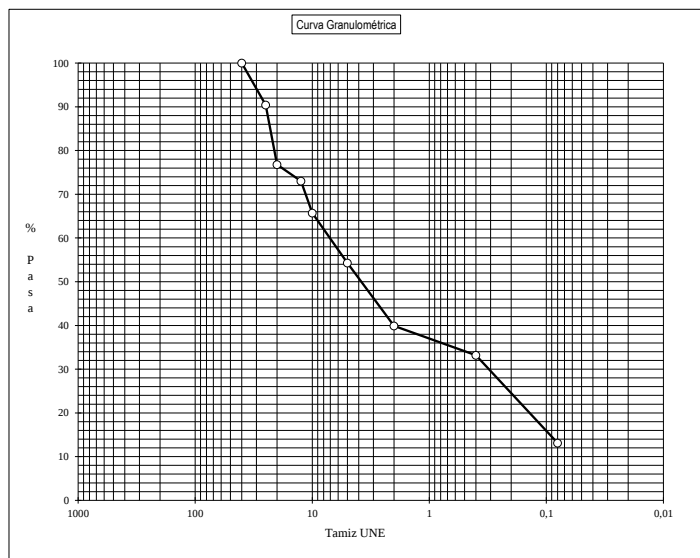
INFORMES DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

Peticionario:	Nombre:	JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA			
	Dirección:	C/ Consejo de Alzuza, nº 7, 2º C, 31016-Pamplona			
	Obra/trabajo:	INSATACION FOTOVOLTAICA EN LEYRE (NAVARRA)			
Petición:	Solicitud:	Mediante mail	Petición Nº:	-	
	Solicitante:	JESUS DEL CASTILLO GARCÍA	Ref. Peticionario:	-	
	Fecha solicitud:	Marzo de 2023			
	Observaciones:				
Muestreo:	Fecha:	29/03/2023	Lugar:	-	Códigos Muestra
	Hora:	-	Procedimiento:	-	4804/2023
	Condiciones:	-			
Muestra:	Denominación:	C1 M1 a 1,80 m			
	Tipo:	Suelo	Personal toma:	Peticionario	

ENSAYO SOLICITADO EN ÁREA VSG	NORMA / PROCEDIMIENTO
Análisis granulométrico de suelos por tamizado	UNE 103101
Límites de Atterberg	UNE 103103, UNE 103104
Humedad de un suelo mediante secado en estufa	UNE 103300
Ión sulfato	UNE 83956:2008

RESULTADOS OBTENIDOS

GRANULOMETRÍA	
Tamiz UNE	% pasa
200	
150	
125	
100	
80	
63	
50	
40	100
25	90,4
20	76,8
12,5	73,0
10	65,7
5	54,3
2	39,9
0,4	33,2
0,080	13,1



LÍMITES DE ATTERBERG	Límite Líquido	23,0
	Límite Plástico	15,1
	Índice de Plasticidad	7,9
HUMEDAD (%)		10,7

Clasificación	Casagrande	GC
	Índice de Grupo	0
	H.R.B.	A-2-4
ANÁLISIS QUÍMICO	Ión sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /Kg suelo seco)*	79

*Resultado ponderado a granulometría (tamiz 2mm UNE)

El contenido de este Acta no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización expresa de Control 7 SAU
 Los resultados expresados en el presente documento únicamente afectan a la muestra sometida a ensayo.

Fdo. Director Laboratorio	Fdo. Jefe de Área de Obra Civil y Edificación
	
Javier Gracia Abadías	Diego Dito Lahuerla

Peticionario:	Nombre:	JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA			
	Dirección:	C/ Consejo de Alzuza, nº 7, 2º C, 31016-Pamplona			
	Obra/trabajo:	INSALACION FOTOVOLTAICA EN LEYRE (NAVARRA)			
Petición:	Solicitud:	Mediante mail	Petición Nº:	-	
	Solicitante:	JESUS DEL CASTILLO GARCÍA	Ref. Peticionario:	-	
	Fecha solicitud:	Marzo de 2023			
	Observaciones:				
Muestreo:	Fecha:	29/03/2023	Lugar:	-	Códigos Muestra
	Hora:	-	Procedimiento:	-	4805/2023
	Condiciones:	-			
Muestra:	Denominación:	C4 M1 a 1,80 m			
	Tipo:	Suelo	Personal toma:	Peticionario	

ENSAYO SOLICITADO EN ÁREA VSG	NORMA / PROCEDIMIENTO
Límites de Atterberg	UNE 103103, UNE 103104
Humedad de un suelo mediante secado en estufa	UNE 103300

RESULTADOS OBTENIDOS

LÍMITES DE ATTERBERG	Límite Líquido	40,0
	Límite Plástico	20,0
	Índice de Plasticidad	20,0

HUMEDAD (%)	17,4
--------------------	-------------

El contenido de este Acta no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización expresa de Control 7 SAU
Los resultados expresados en el presente documento únicamente afectan a la muestra sometida a ensayo

Fdo. Director Laboratorio  Javier Gracia Abadías		Fdo. Jefe de Área de Obra Civil y Edificación  Diego Dito Lahuerla
---	---	--

ANEXO - 4.

INFORMES DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH.

JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO

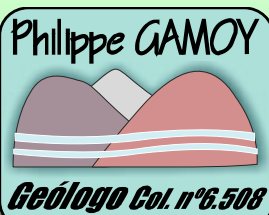
**C/ Concejo de Alzuza nº 7 - 2º G
31016 Pamplona (Navarra)**

ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

**Realización de cuatro (4) ensayos de penetración
dinámica D.P.S.H.**

**OBRA: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO
DE LEYRE – MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)**

29 de Marzo de 2023



Philippe GAMOY – Geólogo – Colegiado nº 6.508

C/ Concejo de Azpa, 1 - 1ºC – 31016 IRUÑA / PAMPLONA (Navarra)

 **620.796.005**

ph.gamoy@yahoo.com

ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

Se realizaron el 29 de Marzo de 2023, a petición de **JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO - C/ Concejo de Alzuza n.º 7 - 2º G - 31016 Pamplona (Navarra)**, cuatro (4) ensayos de penetración dinámica muy pesada D.P.S.H. para la obra de **INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE - MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)**.

Los cuatro ensayos P1, P2, P3 y P4 se realizaron en las parcelas 385 y 403 del Polígono 1 del municipio de Yesa (Navarra).

Las pruebas se realizaron con un penetrómetro dinámico ROLATEC modelo ML-76-A con mecanismo de golpeo automático, que cumple con las normas NI de la SIMSFE (Sociedad Internacional de Mecánica del Suelo y Cimentaciones y el Comité Técnico de Pruebas de Penetración en Suelos), la norma UNE 103-801:94 (Prueba de penetración dinámica superpesada).

La prueba consiste en hincar una puntaza maciza de hierro situada en el extremo de una varilla en el terreno mediante golpes de maza y altura de caída constante. 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 resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa mediante el n.º de golpes necesarios para clavar una longitud de varilla de 20 cm. Este n.º de golpes N_{20} sirve para dar información acerca de las características físicas y geotécnicas del terreno, con una serie de correlaciones e interpretaciones se puede determinar a partir de N_{20} la carga admisible, la resistencia dinámica en punta etc...

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	76 cm
- Masa yunque + cabeza de golpeo	70 kg
- Longitud de la varilla	1 m
- Diámetro exterior de la varilla	32 mm
- Masa máxima varilla + niple	6,31 kg/m
- Sección de la puntaza	cilindrocónica
- Área de la puntaza	20 cm ²
- Ángulo de la puntaza	90°
- Diámetro de la puntaza	50,5 mm

El rechazo corresponde a un número de golpes N_{20} superior a 100.

El resultado de las pruebas de penetración se presenta 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.

Se puede estimar la resistencia dinámica del terreno utilizando la fórmula dinámica de los holandeses:

$$qd = \frac{M^2 \cdot H}{(M + Pn) \cdot S} \times \frac{N_{20}}{e_{20}} = Kx \frac{N_{20}}{e_{20}} = \frac{K}{e}$$

Siendo:

qd	= resistencia dinámica en punta en kp/cm ²
M	= masa de la maza de golpeo (63,5 kg)
H	= altura de caída libre (76 cm)
Pn	= peso que carga sobre la puntaza: yunque + cabeza golpeo (70 kg) + varillas (6,31 kg/m)
S	= sección de la puntaza (20 cm ²)
N ₂₀	= número de golpes necesarios para clavar una longitud unitaria de varilla de 20 cm
e ₂₀	= longitud unitaria de varilla de 20 cm
e	= $e_{20}/N_{20} = K/qd$ = penetración para 1 golpe
K	= $M^2H/[(M+Pn)S] = qd \cdot e$

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de penetración dinámica y las fotografías de los ensayos.

CLIENTE: JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO

C/ Concejo de Alzuza n° 7 - 2º G

31016 Pamplona (Navarra)

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE - MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA (D.P.S.H.) - UNE 103-801-94

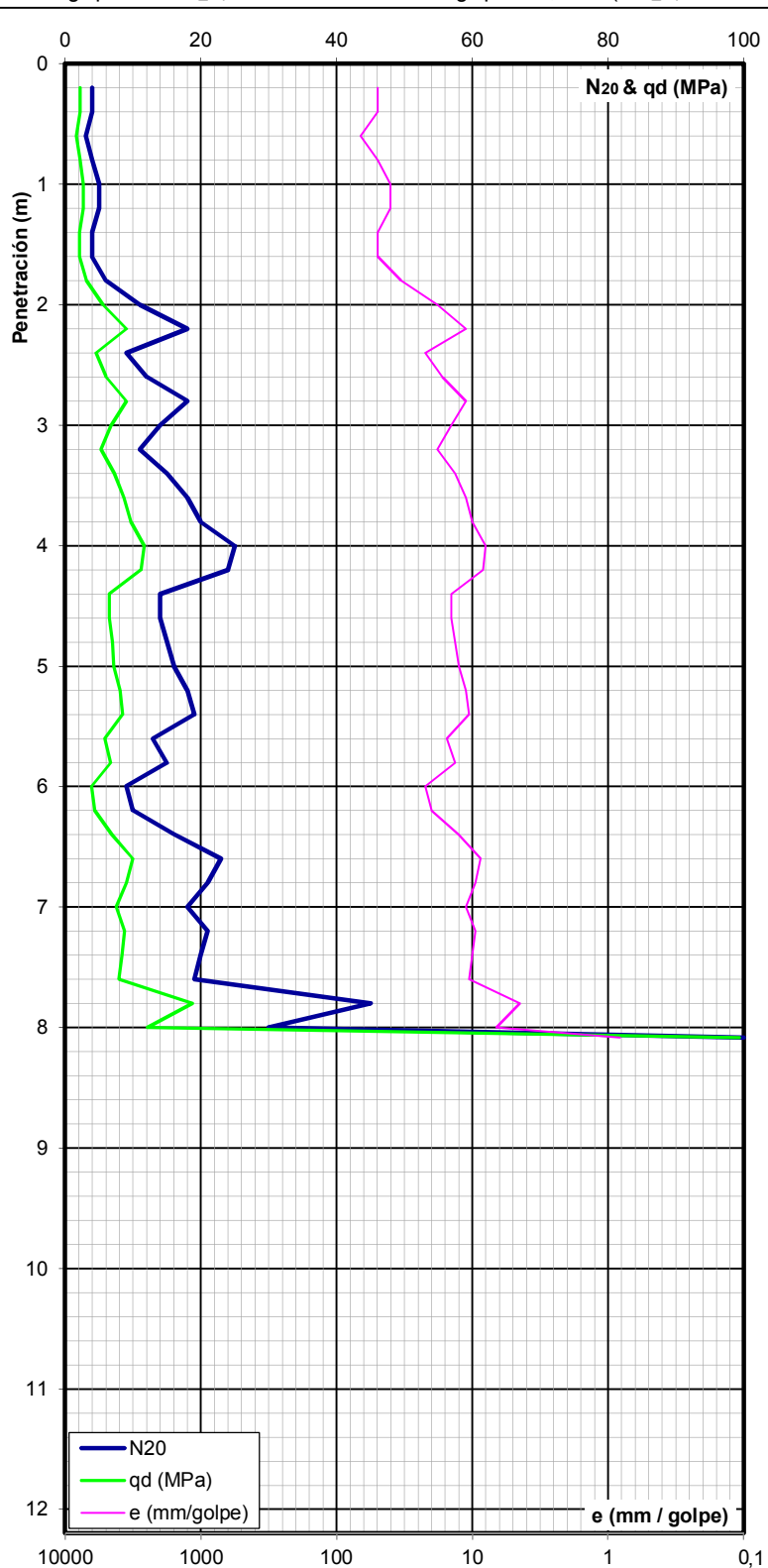
Nº Ensayo:	Código	Fecha:	Hora:	UTM30 X	UTM30 Y	Cota sup.	Prof final	Prof rechazo	Cota final
P-1	2023/JDC1/P1	29/03/2023	10:45	650064,0	4721943,0	+0,00	8,081	8,081	-8,08

Situación: Parcela 403 del polígono 1 del municipio de Yesa (Navarra).

Observaciones: Manchas de humedad locales sobre las barras a partir de 2 m.

(R)* → Rechazo de 8,00 a 8,081 m para 100 golpes → $N_{20_equiv.} = 247$ --- Últimos 30 golpes / 0,2 cm ($N_{20_equiv.} = 3000$).

Penetración (m)	Nº Golpes N_{20}	e (mm/golpe)	qd (MPa)
0,20	4	50,0	2,19
0,40	4	50,0	2,19
0,60	3	66,7	1,64
0,80	4	50,0	2,19
1,00	5	40,0	2,62
1,20	5	40,0	2,62
1,40	4	50,0	2,10
1,60	4	50,0	2,10
1,80	6	33,3	3,15
2,00	11	18,2	5,53
2,20	18	11,1	9,05
2,40	9	22,2	4,52
2,60	12	16,7	6,03
2,80	18	11,1	9,05
3,00	14	14,3	6,76
3,20	11	18,2	5,31
3,40	15	13,3	7,24
3,60	18	11,1	8,69
3,80	20	10,0	9,65
4,00	25	8,0	11,60
4,20	24	8,3	11,14
4,40	14	14,3	6,50
4,60	14	14,3	6,50
4,80	15	13,3	6,96
5,00	16	12,5	7,15
5,20	18	11,1	8,05
5,40	19	10,5	8,49
5,60	13	15,4	5,81
5,80	15	13,3	6,71
6,00	9	22,2	3,88
6,20	10	20,0	4,31
6,40	16	12,5	6,90
6,60	23	8,7	9,92
6,80	21	9,5	9,06
7,00	18	11,1	7,50
7,20	21	9,5	8,74
7,40	20	10,0	8,33
7,60	19	10,5	7,91
7,80	45	4,4	18,74
8,00	30	6,7	12,08
8,081	100 (R)*	0,8	99,41



Pamplona, 29 de marzo de 2023.

Fdo. Philippe GAMOY
-GEÓLOGO-

CLIENTE: JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO

C/ Concejo de Alzuza nº 7 - 2º G

31016 Pamplona (Navarra)

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE - MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)

ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA SUPERPESADA (D.P.S.H.) - UNE 103-801-94

Nº Ensayo:	Código	Fecha:	Hora:	UTM30 X	UTM30 Y	Cota sup.	Prof final	Prof rechazo	Cota final
P-1	2023/JDC1/P1	29/03/2023	10:45	650064,0	4721943,0	+0,00	8,081	8,081	-8,08

Situación: Parcela 403 del polígono 1 del municipio de Yesa (Navarra).

Observaciones: Manchas de humedad locales sobre las barras a partir de 2 m.

(R)* → Rechazo de 8,00 a 8,081 m para 100 golpes → N_{20_equiv.} = 247 --- Últimos 30 golpes / 0,2 cm (N_{20_equiv.} = 3000).

ÚLTIMOS 20 CM - RECHAZO A LA PENETRACIÓN DINÁMICA				
Nº Golpes	Penetración	e	qd	Nº Golpes
N	(cm)	(mm/golpe)	(MPa)	N _{20_equiv.}
10	6,8	6,8	11,8	29
20	7,3	0,5	161,0	400
30	7,6	0,3	268,4	667
40	7,65	0,1	1610,4	4000
50	7,7	0,05	1610,4	4000
60	7,8	0,1	805,2	2000
70	7,9	0,1	805,2	2000
80	8,0	0,1	805,2	2000
90	8,05	0,1	1610,4	4000
100	8,1	0,05	1610,4	4000

Ensayos de penetración dinámica muy pesada D.P.S.H. realizados con un penetrómetro dinámico ROLATEC modelo ML-76-A con las características siguientes:

Masa de la maza (M)	63,5 kg
Altura de caída libre (H)	76 cm
Masa yunque + cabeza de golpeo	70 kg
Longitud de la varilla	1,0 m
Diámetro exterior de la varilla	32 mm
Masa máxima varilla + niple	6,31 kg/m
Sección de la puntaza	cilindrocónica
Área de la puntaza (S)	20 cm²
Ángulo de la puntaza	90°
Diámetro de la puntaza	50,5 mm

Notaciones:

qd: resistencia dinámica en punta calculada por la fórmula dinámica de los holandeses siguiente (en MPa en las tablas):

$$qd = \frac{M^2 \cdot H}{(M + Pn) \cdot S} \times \frac{N_{20}}{e_{20}} = K \times \frac{N_{20}}{e_{20}} = \frac{K}{e}$$

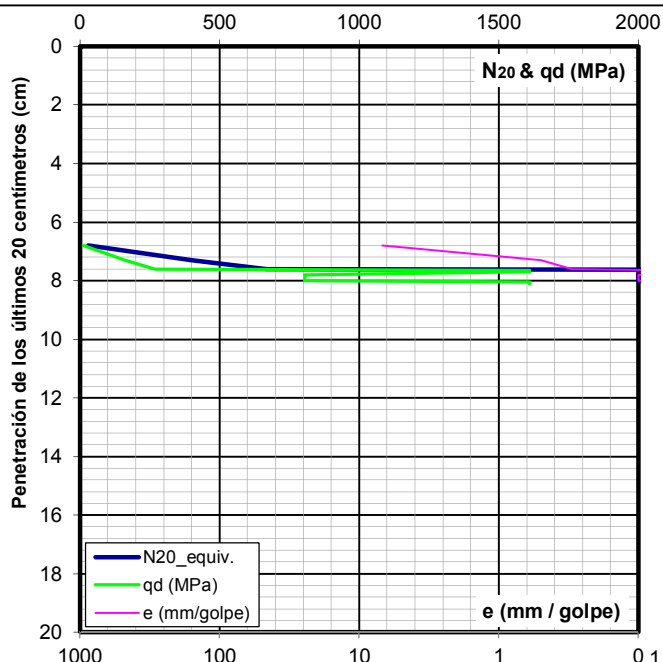
Pn = peso que carga sobre la puntaza: yunque + cabeza golpeo (70 kg) + varillas (6,31 kg/m)

N₂₀ = número de golpes necesarios para clavar una longitud unitaria de varilla de 20 cm

e₂₀ = longitud unitaria de varilla de 20 cm

e = e₂₀/N₂₀ = K/qd = penetración para 1 golpe

K = M²H/[(M+Pn)S] = qd * e



Pamplona, 29 de marzo de 2023.

Fdo.: Philippe GAMOY
-GEÓLOGO-

FOTOGRAFÍAS





CLIENTE: JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO

C/ Concejo de Alzuza nº 7 - 2º G

31016 Pamplona (Navarra)

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE - MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA (D.P.S.H.) - UNE 103-801-94

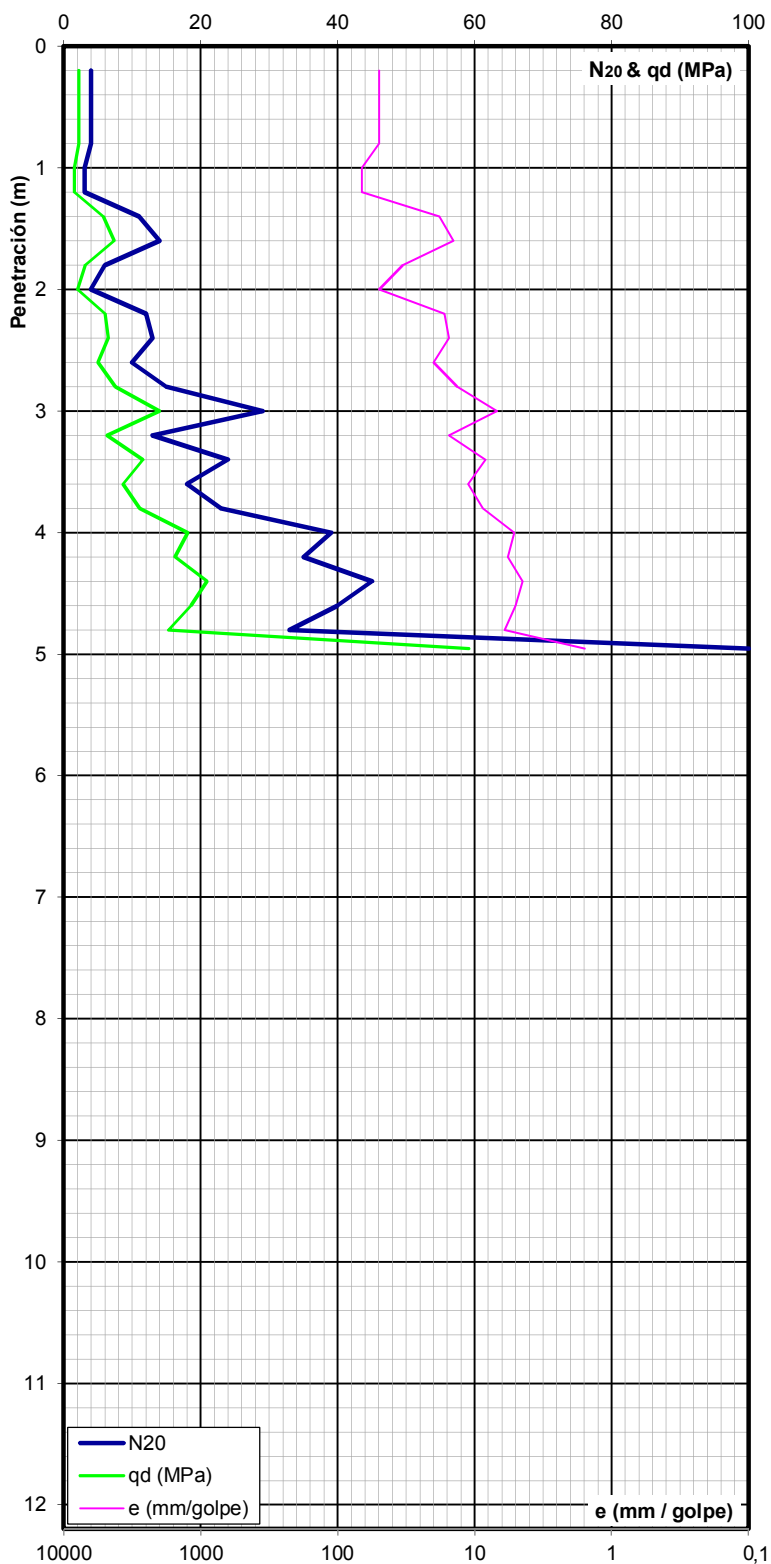
Nº Ensayo:	Código	Fecha:	Hora:	UTM30 X	UTM30 Y	Cota sup.	Prof final	Prof rechazo	Cota final
P-2	2023/JDC1/P2	29/03/2023	11:45	650088,0	4721927,0	+0,00	4,957	4,957	-4,96

Situación: Parcela 403 del polígono 1 del municipio de Yesa (Navarra).

Observaciones: Sin agua libre. Barras secas.

(R)* → Rechazo de 4,80 a 4,957 m para 100 golpes → $N_{20_equiv.} = 127$ --- Últimos 30 golpes / 7,6 cm ($N_{20_equiv.} = 79$).

Penetración (m)	Nº Golpes N_{20}	e (mm/golpe)	qd (MPa)
0,20	4	50,0	2,19
0,40	4	50,0	2,19
0,60	4	50,0	2,19
0,80	4	50,0	2,19
1,00	3	66,7	1,57
1,20	3	66,7	1,57
1,40	11	18,2	5,77
1,60	14	14,3	7,34
1,80	6	33,3	3,15
2,00	4	50,0	2,01
2,20	12	16,7	6,03
2,40	13	15,4	6,53
2,60	10	20,0	5,03
2,80	15	13,3	7,54
3,00	29	6,9	14,00
3,20	13	15,4	6,27
3,40	24	8,3	11,58
3,60	18	11,1	8,69
3,80	23	8,7	11,10
4,00	39	5,1	18,10
4,20	35	5,7	16,25
4,40	45	4,4	20,89
4,60	40	5,0	18,57
4,80	33	6,1	15,32
4,957	100 (R)*	1,6	59,13



Pamplona, 29 de marzo de 2023.

Fdo: Philippe GAMOY
-GEÓLOGO-

CLIENTE: JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO

C/ Concejo de Alzuza n° 7 - 2º G

31016 Pamplona (Navarra)

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE - MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)

ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA SUPERPESADA (D.P.S.H.) - UNE 103-801-94

Nº Ensayo:	Código	Fecha:	Hora:	UTM30 X	UTM30 Y	Cota sup.	Prof final	Prof rechazo	Cota final
P-2	2023/JDC1/P2	29/03/2023	11:45	650088,0	4721927,0	+0,00	4,957	4,957	-4,96

Situación: Parcela 403 del polígono 1 del municipio de Yesa (Navarra).

Observaciones: Sin agua libre. Barras secas.

(R)* → Rechazo de 4,80 a 4,957 m para 100 golpes → N_{20_equiv.} = 127 --- Últimos 30 golpes / 7,6 cm (N_{20_equiv.} = 79).

ÚLTIMOS 20 CM - RECHAZO A LA PENETRACIÓN DINÁMICA				
Nº Golpes	Penetración	e	qd	Nº Golpes
N	(cm)	(mm/golpe)	(MPa)	N _{20_equiv.}
10	1,9	1,9	48,9	105
20	3,1	1,2	77,4	167
30	4,3	1,2	77,4	167
40	5,3	1,0	92,8	200
50	6,3	1,00	92,8	200
60	7,4	1,1	84,4	182
70	8,1	0,7	132,6	286
80	11,5	3,4	27,3	59
90	13,7	2,2	42,2	91
100	15,7	2,00	46,4	100

Ensayos de penetración dinámica muy pesada D.P.S.H. realizados con un penetrómetro dinámico ROLATEC modelo ML-76-A con las características siguientes:

Masa de la maza (M)	63,5 kg
Altura de caída libre (H)	76 cm
Masa yunque + cabeza de golpeo	70 kg
Longitud de la varilla	1,0 m
Diámetro exterior de la varilla	32 mm
Masa máxima varilla + niple	6,31 kg/m
Sección de la puntaza	cilindrocónica
Área de la puntaza (S)	20 cm²
Ángulo de la puntaza	90°
Diámetro de la puntaza	50,5 mm

Notaciones:

qd: resistencia dinámica en punta calculada por la fórmula dinámica de los holandeses siguiente (en MPa en las tablas):

$$qd = \frac{M^2 \cdot H}{(M + Pn) \cdot S} \times \frac{N_{20}}{e_{20}} = K \times \frac{N_{20}}{e_{20}} = \frac{K}{e}$$

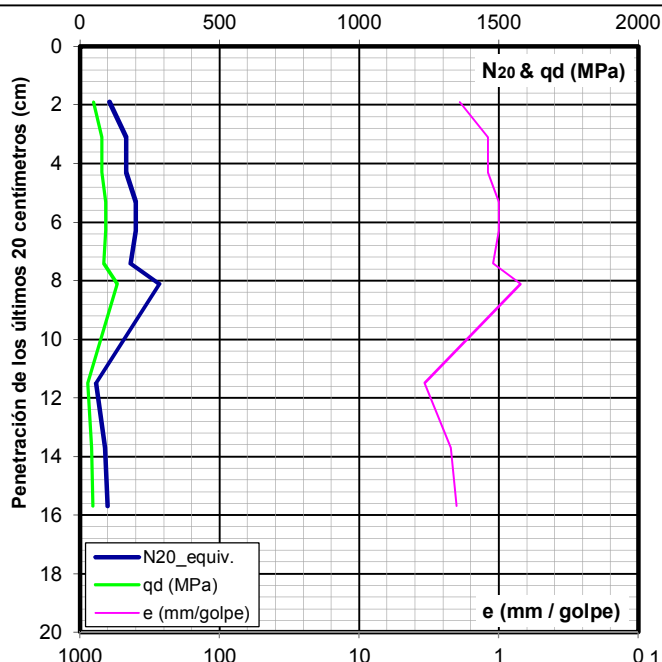
Pn = peso que carga sobre la puntaza: yunque + cabeza golpeo (70 kg) + varillas (6,31 kg/m)

N₂₀ = número de golpes necesarios para clavar una longitud unitaria de varilla de 20 cm

e₂₀ = longitud unitaria de varilla de 20 cm

e = e₂₀/N₂₀ = K/qd = penetración para 1 golpe

K = M²H/[(M+Pn)S] = qd * e



Pamplona, 29 de marzo de 2023.

Fdo.: Philippe GAMOY
-GEÓLOGO-

FOTOGRAFÍAS





CLIENTE: JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO

C/ Concejo de Alzuza nº 7 - 2º G

31016 Pamplona (Navarra)

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE - MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA (D.P.S.H.) - UNE 103-801-94

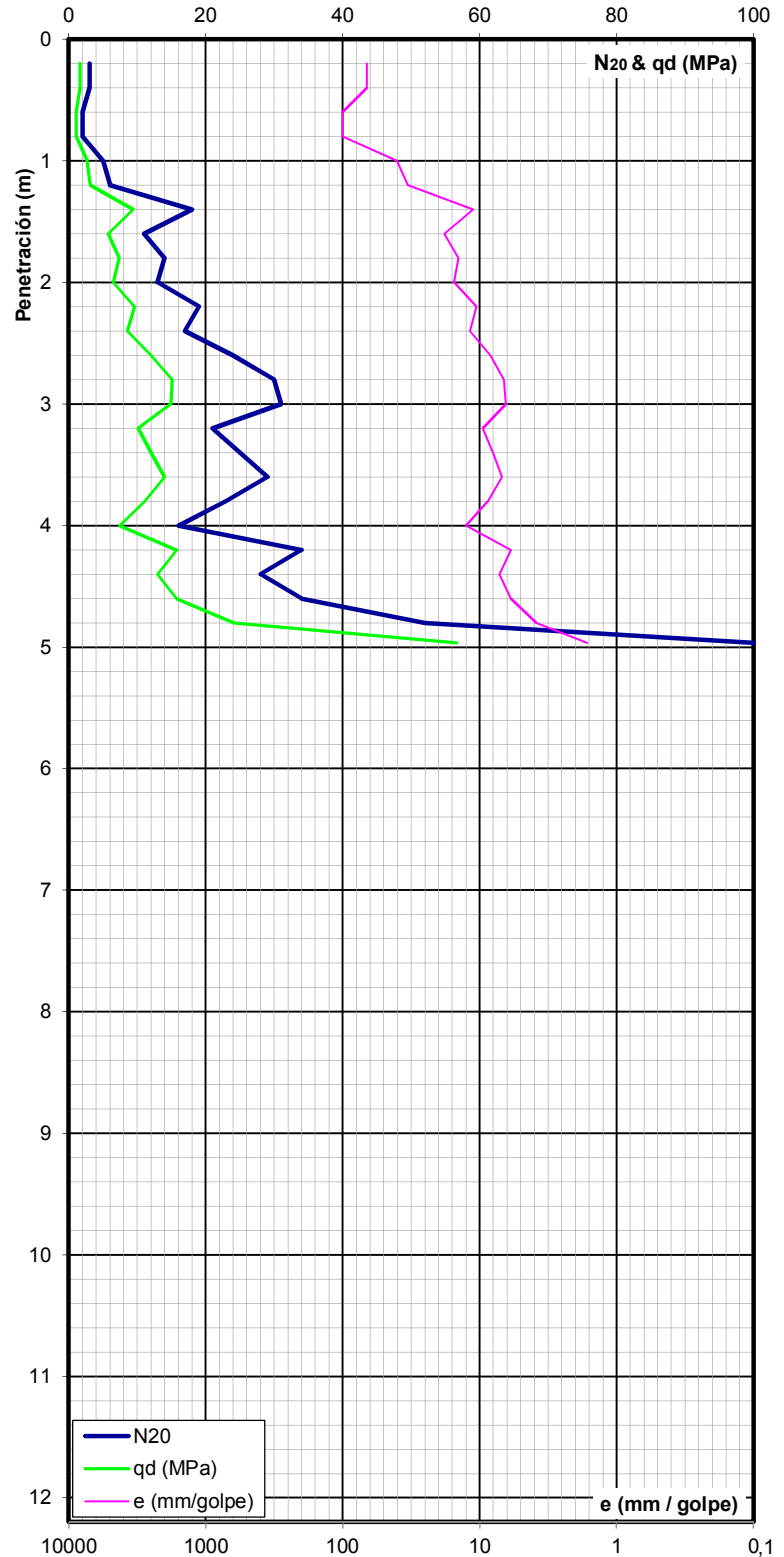
Nº Ensayo:	Código	Fecha:	Hora:	UTM30 X	UTM30 Y	Cota sup.	Prof final	Prof rechazo	Cota final
P-3	2023/JDC1/P3	29/03/2023	12:17	650064,0	4721920,0	+0,00	4,964	4,964	-4,96

Situación: Parcela 385 del polígono 1 del municipio de Yesa (Navarra).

Observaciones: Sin agua libre. Barras secas.

(R)* → Rechazo de 4,80 a 4,964 m para 100 golpes → $N_{20_equiv.} = 122$ --- Últimos 30 golpes / 3,9 cm ($N_{20_equiv.} = 154$).

Penetración (m)	Nº Golpes N_{20}	e (mm/golpe)	qd (MPa)
0,20	3	66,7	1,64
0,40	3	66,7	1,64
0,60	2	100,0	1,10
0,80	2	100,0	1,10
1,00	5	40,0	2,62
1,20	6	33,3	3,15
1,40	18	11,1	9,44
1,60	11	18,2	5,77
1,80	14	14,3	7,34
2,00	13	15,4	6,53
2,20	19	10,5	9,55
2,40	17	11,8	8,54
2,60	24	8,3	12,06
2,80	30	6,7	15,08
3,00	31	6,5	14,96
3,20	21	9,5	10,14
3,40	25	8,0	12,07
3,60	29	6,9	14,00
3,80	23	8,7	11,10
4,00	16	12,5	7,43
4,20	34	5,9	15,78
4,40	28	7,1	13,00
4,60	34	5,9	15,78
4,80	52	3,8	24,14
4,964	100 (R)*	1,6	56,61



Pamplona, 29 de marzo de 2023.

Fdo. Philippe GAMOY
-GEÓLOGO-

CLIENTE: JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO

C/ Concejo de Alzuza n° 7 - 2º G

31016 Pamplona (Navarra)

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE - MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)

ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA SUPERPESADA (D.P.S.H.) - UNE 103-801-94

Nº Ensayo:	Código	Fecha:	Hora:	UTM30 X	UTM30 Y	Cota sup.	Prof final	Prof rechazo	Cota final
P-3	2023/JDC1/P3	29/03/2023	12:17	650064,0	4721920,0	+0,00	4,964	4,964	-4,96

Situación: Parcela 385 del polígono 1 del municipio de Yesa (Navarra).

Observaciones: Sin agua libre. Barras secas.

(R)* → Rechazo de 4,80 a 4,964 m para 100 golpes → N_{20_equiv.} = 122 --- Últimos 30 golpes / 3,9 cm (N_{20_equiv.} = 154).

ÚLTIMOS 20 CM - RECHAZO A LA PENETRACIÓN DINÁMICA				
Nº Golpes	Penetración	e	qd	Nº Golpes
N	(cm)	(mm/golpe)	(MPa)	N _{20_equiv.}
10	3,0	3,0	30,9	67
20	4,7	1,7	54,6	118
30	6,0	1,3	71,4	154
40	7,3	1,3	71,4	154
50	9,7	2,40	38,7	83
60	11,0	1,3	71,4	154
70	12,5	1,5	61,9	133
80	13,9	1,4	66,3	143
90	15,2	1,3	71,4	154
100	16,4	1,20	77,4	167

Ensayos de penetración dinámica muy pesada D.P.S.H. realizados con un penetrómetro dinámico ROLATEC modelo ML-76-A con las características siguientes:

Masa de la maza (M)	63,5 kg
Altura de caída libre (H)	76 cm
Masa yunque + cabeza de golpeo	70 kg
Longitud de la varilla	1,0 m
Diámetro exterior de la varilla	32 mm
Masa máxima varilla + niple	6,31 kg/m
Sección de la puntaza	cilindrocónica
Área de la puntaza (S)	20 cm²
Ángulo de la puntaza	90°
Diámetro de la puntaza	50,5 mm

Notaciones:

qd: resistencia dinámica en punta calculada por la fórmula dinámica de los holandeses siguiente (en MPa en las tablas):

$$qd = \frac{M^2 \cdot H}{(M + P_n) \cdot S} \times \frac{N_{20}}{e_{20}} = K \times \frac{N_{20}}{e_{20}} = \frac{K}{e}$$

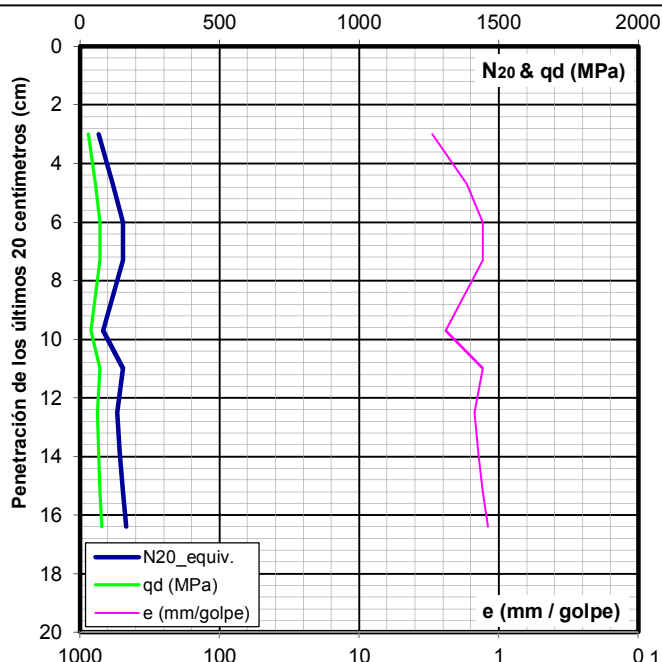
P_n = peso que carga sobre la puntaza: yunque + cabeza golpeo (70 kg) + varillas (6,31 kg/m)

N₂₀ = número de golpes necesarios para clavar una longitud unitaria de varilla de 20 cm

e₂₀ = longitud unitaria de varilla de 20 cm

e = e₂₀/N₂₀ = K/qd = penetración para 1 golpe

K = M²H/[(M+P_n)S] = qd * e



Pamplona, 29 de marzo de 2023.

Fdo.: Philippe GAMOY
-GEÓLOGO-

FOTOGRAFÍAS





CLIENTE: JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO

C/ Concejo de Alzuza nº 7 - 2º G

31016 Pamplona (Navarra)

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE - MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA (D.P.S.H.) - UNE 103-801-94

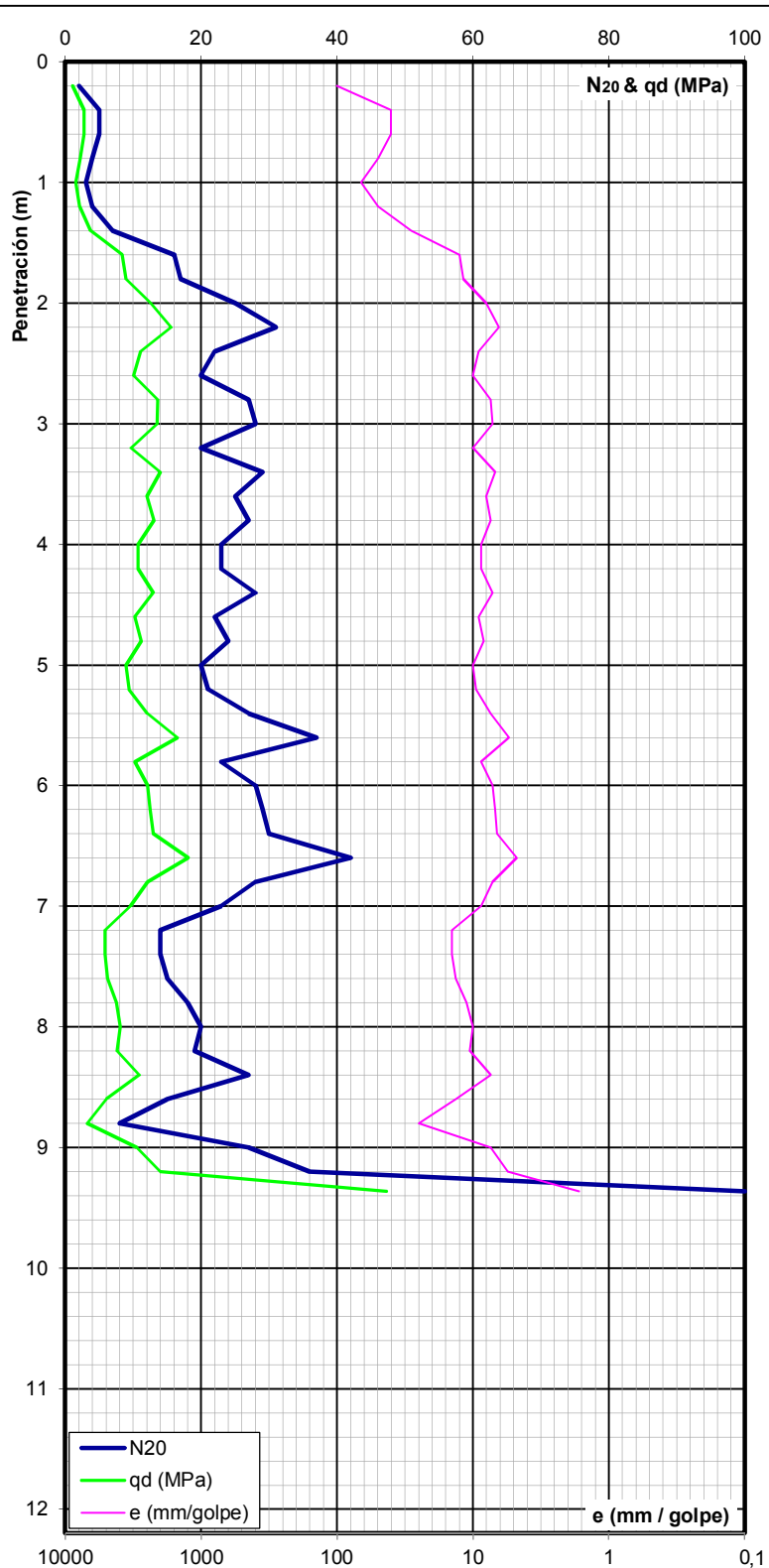
Nº Ensayo:	Código	Fecha:	Hora:	UTM30 X	UTM30 Y	Cota sup.	Prof final	Prof rechazo	Cota final
P-4	2023/JDC1/P4	29/03/2023	12:56	650070,0	4721897,0	+0,00	9,365	9,365	-9,37

Situación: Parcela 385 del polígono 1 del municipio de Yesa (Navarra).

Observaciones: Sin agua libre. Barras secas.

(R)* → Rechazo de 9,20 a 9,365 m para 100 golpes → $N_{20_equiv.} = 121$ --- Últimos 30 golpes / 4,1 cm ($N_{20_equiv.} = 146$).

Penetración (m)	Nº Golpes N_{20}	e (mm/golpe)	qd (MPa)
0,20	2	100,0	1,10
0,40	5	40,0	2,74
0,60	5	40,0	2,74
0,80	4	50,0	2,19
1,00	3	66,7	1,57
1,20	4	50,0	2,10
1,40	7	28,6	3,67
1,60	16	12,5	8,39
1,80	17	11,8	8,91
2,00	25	8,0	12,57
2,20	31	6,5	15,58
2,40	22	9,1	11,06
2,60	20	10,0	10,05
2,80	27	7,4	13,57
3,00	28	7,1	13,51
3,20	20	10,0	9,65
3,40	29	6,9	14,00
3,60	25	8,0	12,07
3,80	27	7,4	13,03
4,00	23	8,7	10,68
4,20	23	8,7	10,68
4,40	28	7,1	13,00
4,60	22	9,1	10,21
4,80	24	8,3	11,14
5,00	20	10,0	8,94
5,20	21	9,5	9,39
5,40	27	7,4	12,07
5,60	37	5,4	16,54
5,80	23	8,7	10,28
6,00	28	7,1	12,07
6,20	29	6,9	12,51
6,40	30	6,7	12,94
6,60	42	4,8	18,11
6,80	28	7,1	12,07
7,00	23	8,7	9,58
7,20	14	14,3	5,83
7,40	14	14,3	5,83
7,60	15	13,3	6,25
7,80	18	11,1	7,50
8,00	20	10,0	8,05
8,20	19	10,5	7,65
8,40	27	7,4	10,87
8,60	15	13,3	6,04
8,80	8	25,0	3,22
9,00	27	7,4	10,52
9,20	36	5,6	14,03
9,365	100 (R)*	1,7	47,23



Pamplona, 29 de marzo de 2023.

Fdo: Philippe GAMOY
-GEÓLOGO-

CLIENTE: JESÚS DEL CASTILLO GARCÍA - GEÓLOGO

C/ Concejo de Alzuza n.º 7 - 2.º G

31016 Pamplona (Navarra)

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL MONASTERIO DE LEYRE - MUNICIPIO DE YESA (NAVARRA)

ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA SUPERPESADA (D.P.S.H.) - UNE 103-801-94

Nº Ensayo:	Código	Fecha:	Hora:	UTM30 X	UTM30 Y	Cota sup.	Prof final	Prof rechazo	Cota final
P-4	2023/JDC1/P4	29/03/2023	12:56	650070,0	4721897,0	+0,00	9,365	9,365	-9,37

Situación: Parcela 385 del polígono 1 del municipio de Yesa (Navarra).

Observaciones: Sin agua libre. Barras secas.

(R)* → Rechazo de 9,20 a 9,365 m para 100 golpes → N_{20_equiv.} = 121 --- Últimos 30 golpes / 4,1 cm (N_{20_equiv.} = 146).

ÚLTIMOS 20 CM - RECHAZO A LA PENETRACIÓN DINÁMICA				
Nº Golpes	Penetración	e	qd	Nº Golpes
N	(cm)	(mm/golpe)	(MPa)	N _{20_equiv.}
10	2,5	2,5	31,2	80
20	4,3	1,8	43,3	111
30	6,2	1,9	41,0	105
40	7,8	1,6	48,7	125
50	9,3	1,50	52,0	133
60	10,8	1,5	52,0	133
70	12,4	1,6	48,7	125
80	13,9	1,5	52,0	133
90	15,3	1,4	55,7	143
100	16,5	1,20	64,9	167

Ensayos de penetración dinámica muy pesada D.P.S.H. realizados con un penetrómetro dinámico ROLATEC modelo ML-76-A con las características siguientes:

Masa de la maza (M)	63,5 kg
Altura de caída libre (H)	76 cm
Masa yunque + cabeza de golpeo	70 kg
Longitud de la varilla	1,0 m
Diámetro exterior de la varilla	32 mm
Masa máxima varilla + niple	6,31 kg/m
Sección de la puntaza	cilindrocónica
Área de la puntaza (S)	20 cm ²
Ángulo de la puntaza	90°
Diámetro de la puntaza	50,5 mm

Notaciones:

qd: resistencia dinámica en punta calculada por la fórmula dinámica de los holandeses siguiente (en MPa en las tablas):

$$qd = \frac{M^2 \cdot H}{(M + P_n) \cdot S} \times \frac{N_{20}}{e_{20}} = K \times \frac{N_{20}}{e_{20}} = \frac{K}{e}$$

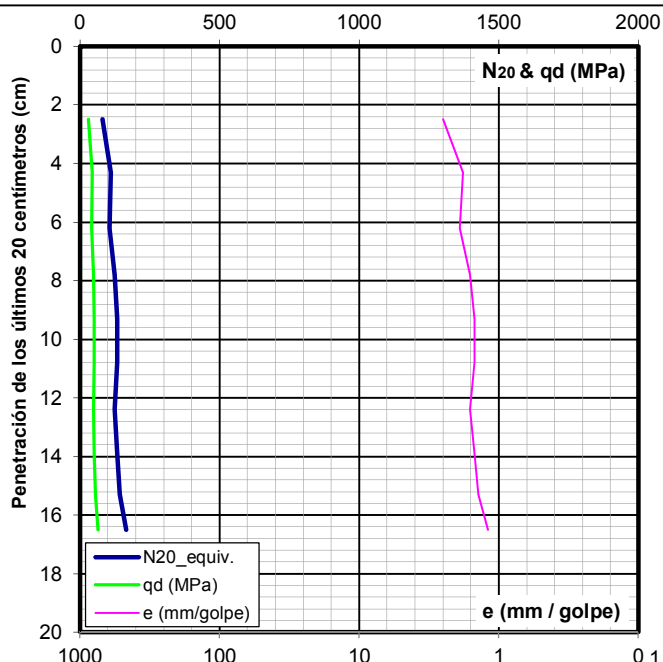
P_n = peso que carga sobre la puntaza: yunque + cabeza golpeo (70 kg) + varillas (6,31 kg/m)

N₂₀ = número de golpes necesarios para clavar una longitud unitaria de varilla de 20 cm

e₂₀ = longitud unitaria de varilla de 20 cm

e = e₂₀/N₂₀ = K/qd = penetración para 1 golpe

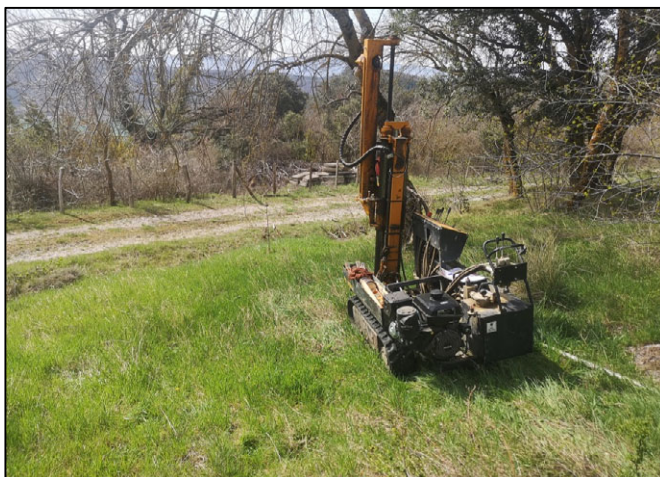
K = M²H/[(M+P_n)S] = qd * e



Pamplona, 29 de marzo de 2023.

Fdo.: Philippe GAMOY
-GEÓLOGO-

FOTOGRAFÍAS



ANEXO -5.

FOTOGRAFIAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.



Fotografía 1. Vista panorámica de la zona de estudio (vista hacia el norte).



Fotografía 2. Vista de la zona de estudio (hacia el noroeste).



Fotografía 3. Vista de la zona de estudio (hacia el norte).



Fotografía 4. Vista de la zona de estudio (hacia el noreste).



Fotografía 5. Bloque de roca en la superficie de la zona de estudio.



Fotografía 6. Bloques de roca en la superficie de la zona de estudio.