



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN EDIFICIO EN EL PALACIO DE CABO DE ARMERÍA,
DE BERRIOSUSO (BERRIOPLANO, NAVARRA).**

CLIENTE: ARPE ARQUITECTOS

REF. INFORME: ES/GE019/0210

ESTELLA, MARZO 2010

ÍNDICE

1	Introducción	1
2	Metodología	2
3	Características del terreno	3
3.1	Marco geológico, cartografía	3
3.2	Hidrogeología	4
3.3	Sismicidad	5
4	Trabajos de campo	7
4.1	Descripción de los sondeos.....	8
4.1.1	Ensayo estándar de penetración (S.P.T.)	9
4.2	Descripción de LOS penetrómetros.	10
5	Cálculo de tensiones	13
5.1	Resultado de los Ensayos de Penetración.....	14
5.2	Estimación de las cargas admisibles del macizo rocoso	15
6	Ensayos de laboratorio.....	19
6.1	Resumen de trabajos realizados	20
7	Características geotécnicas de los materiales	21
8	Soluciones de cimentación	23
9	Estabilidad de taludes y ripabilidad	27
10	Conclusiones y recomendaciones	28

ANEXOS:

ANEXO 1: Mapa geológico y leyenda.

ANEXO 2: Columna de sondeo y fotografías.

ANEXO 3: Registro de los ensayos de penetración dinámica.

ANEXO 4: Perfil de correlación.

ANEXO 5: Boletín de los ensayos de laboratorio.

ANEXO 6: Plano de ubicación de pruebas de campo.

1 INTRODUCCIÓN

Se solicita a **GEEA GEÓLOGOS S.L.**, a requerimiento de **ARPE ARQUITECTOS**, la prestación de servicios profesionales con relación al Palacio de Cabo de Armería de Berriosuso, Berrioplano (Navarra), en donde se proyecta la reconstrucción de un edificio en su interior y junto a torre y la fachada principal del palacio, elementos ya restaurados. El edificio constará de una planta baja y una altura, no estando prevista la excavación de sótano bajo rasante.

En relación a la caracterización de la construcción proyectada y la zona en la que se emplaza respecto a la nomenclatura utilizada por el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico SE-C, consideramos un tipo de construcción C-1 (Otras construcciones de menos de 4 plantas). El terreno es del grupo T-1.

Los servicios recogidos en el presente informe, tratan de caracterizar el terreno, identificar los diferentes tipos de materiales, obtener las resistencias de estos y proponer el tipo de cimentación más adecuada para el tipo de construcción que se piensa realizar, la profundidad de la misma, sobre que materiales debe estar apoyada y la carga a la que se podrán calcular las cimentaciones que se utilicen.

Los geólogos que firman el presente informe están avalados por su titulación para la realización de ensayos geotécnicos “in situ”, según consta en el real decreto 1378/2001 de 7 de diciembre, en el que se definen las funciones del geólogo. Los ensayos de laboratorio han sido realizados por GEEA Geólogos, laboratorio acreditado para la realización de dichos ensayos. Las conclusiones de unos y otros ensayos obtenidas por los geólogos que firman el informe, han permitido la realización del mismo, que se encuentra avalado por la misma ley anteriormente comentada y por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España que ha visado el informe. El visado incluye un seguro de Responsabilidad Civil.

Siendo estas cuestiones las que se exponen en este informe con fecha 16 de marzo de 2.010.

2 METODOLOGÍA

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

Antecedentes del lugar.

1. Gobierno de Navarra// Mapa geológico de Navarra, hoja 141-II (Pamplona), escala 1:25.000
2. Gobierno de Navarra// Mapa geológico de Navarra, hoja 115-IV (Ansoain), escala 1:25.000
3. Gobierno de Navarra// Mapa geológico de Navarra, escala 1:200.000
4. Estudios previos realizados en la zona.

Cumplimiento del CTE

1. Superficie construida de proyecto: 529 m². Edificio de planta baja y una altura.
2. Tipo de construcción C1, grupo de terreno T1.
3. Ensayos de campo: un sondeo (anexo 2) y dos ensayos DPSH (anexo 3).
4. Caracterización del horizonte de cimentación en laboratorio (anexo 5).
5. Secciones geotécnicas (anexo 4).
6. Plano de ubicación de los ensayos de campo (anexo 6).

Contenidos en informe.

1. Descripción geológica, hidrogeológica y sísmica (apartado 3).
2. Reconocimiento geotécnico, tipo de ensayos y profundidades (apartado 4).
3. Estimación de cargas admisibles (apartado 6).
4. Ensayos de laboratorio (apartado 5).
5. Parámetros geotécnicos, espesores, litologías (apartado 7).
6. Cota de cimentación y tipología de cimentación (apartado 8).
7. Cargas admisibles, asentos, agresividad (apartado 8).
8. Excavabilidad y estabilidad de taludes (apartado 9).

3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

3.1 MARCO GEOLÓGICO, CARTOGRAFÍA

El área estudiada se sitúa, geológicamente, tanto desde un punto de vista estratigráfico como tectónico, dentro del Dominio Pirenaico, en el subdominio Surpirenaico, de dirección Este-Oeste, limitado al oeste por la falla de Estella y extendiéndose al este hacia la zona de Jaca, formando una unidad denominada cuenca de Jaca-Pamplona, con predominio de materiales sedimentarios Paleocenos y Eocenos.

Estratigráficamente, y limitándonos al área de Pamplona aflora una serie de materiales de edad eocena, con la excepción de una serie de afloramientos de arcillas triásicas en facies Keuper de origen diapírico. La serie eocena está compuesta por una serie de depósitos margosos y arcillosos con facies flyschoides, siendo el nivel de referencia una formación de margas nodulosas grises con intercalaciones de niveles calcareníticos conocida como Margas de Pamplona, de edad Bartonense- Priabonense. La potencia de la serie varía entre 400 a 1500-2000 metros.

Desde un punto de vista tectónico, la cuenca de Jaca-Pamplona pertenece al subdominio surpirenaico, zona en la cual, materiales Mesozoicos y Cenozoicos han sufrido un empuje hacia el sur durante la orogenia alpina que ha desarrollado una serie de pliegues y cabalgamientos vergentes hacia el sur que se disponen sobre la cuenca terciaria del Ebro. Estos cabalgamientos se han desarrollado a favor de la migración de materiales salinos del Keuper en respuesta a los esfuerzos producidos durante la orogenia alpina, actuando en la mayor parte de los casos como nivel de despegue de los cabalgamientos. Dentro de esta estructura regional la cuenca de Pamplona, se puede considerar como una cuenca de *piggy-back* asociada al cabalgamiento de la Sierra de Alaiz - Puente la Reina. A menor escala, el área de estudio presenta una estructura simple caracterizada por la existencia de pliegues de dirección NO-SE de amplio radio.

Sobre los materiales descritos, la red de drenaje ha depositado durante el Cuaternario materiales de acarreo y se ha formado una extensa cobertera cuaternaria con un gran desarrollo de terrazas aluviales asociadas al río Arga y a sus afluentes, con un predominio de cantos rodados en una matriz arenoso-arcillosa; y una serie de coluviones y glaciares de relativa importancia en laderas y piedemontes formados por limos, limos arcillosos y arenas con cantos dispersos, etc.

Concretamente, parte de la parcela objeto de estudio se sitúa sobre las margas de Pamplona, las cuales aparecen bajo una capa de rellenos superficiales de potencia poco importante.

3.2 HIDROGEOLOGÍA

Con respecto al comportamiento hidrogeológico se reconocen en la zona dos litologías con un comportamiento hidráulico diferente:

- *Formaciones margosas del Terciario*, materiales de baja permeabilidad. En función de la fracturación que presenten, se puede infiltrar parte del agua de lluvia o del agua recogida por la red de drenaje superficial, pero no constituyen, a priori acuíferos de interés. En estado sano, estos materiales presentan un coeficiente de permeabilidad inferior a 10^{-9} m/s.
- *Rellenos y tierra vegetal* formados por arenas y arcillas con cantos, y arcillas margosas con cantos. Materiales cuya permeabilidad vendrá dada por su porosidad, la cual dependerá de su naturaleza y su granulometría. Los valores de coeficiente de permeabilidad atribuibles a este material será variable, entre 10^{-9} y 10^{-5} m/s para las arcillas, e incluso superior para las zonas superficiales de relleno.

Durante la ejecución del sondeo no se observó la presencia del nivel freático, si bien existe un pozo a escasos 30 metros del sondeo (hacia el lado opuesto de la parcela de estudio), el cual presenta agua a escasos 2 metros de profundidad. Dicho pozo parece ser poco profundo, y a priori recogerá las aguas circulantes a través de los materiales cuaternarios y rellenos superficiales existentes sobre las Margas de Pamplona, material que actúa como base impermeable.

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. nº244 de 11 de Octubre de 2002).

La zona de estudio, **Berrioplano (Navarra)**, presenta 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 **$K_v=1$** .

Si la aceleración sísmica básica (a_b) es igual o mayor de $0,04g$ deberá tenerse en cuenta los posibles efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables.

Según la clasificación de las construcciones dada por la citada Norma, 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 esta Norma 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 $0,08g$.

En los casos en que sea de aplicación esta Norma no se utilizarán estructuras de mampostería en seco, de adobe o de tapial en las edificaciones de importancia normal o especial.

En los edificios en que ha de aplicarse esta Norma se requiere calcular la construcción para la acción sísmica definida en el capítulo 2, mediante los procedimientos descritos en el capítulo 3 de la presente Norma y cumplir las reglas de proyecto y las prescripciones constructivas indicadas en el capítulo 4.

4 TRABAJOS DE CAMPO

Para establecer las características geotécnicas del terreno, se ha realizado un reconocimiento geológico que ha consistido en la ejecución de un sondeo mecánico y dos ensayos de penetración dinámica.

También se ha recopilado información de estudios previos y se ha realizado un reconocimiento visual del área afectada por el proyecto.

El sondeo mecánico a rotación con extracción de testigo nos permite reconocer la naturaleza del terreno hasta la profundidad requerida, pudiendo recoger muestras inalteradas del material perforado a cualquier profundidad.

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.

En el momento de ejecución de los ensayos de campo, la zona en la que se proyecta la construcción del edificio presenta una superficie irregular por la existencia de escombros, bloques de piedra y maleza. A pesar de que la torre sur del palacio y la fachada principal están restauradas, el edificio norte está parcialmente derruido (la zona se encuentra acordonada por seguridad ante posibles derrumbes tras uno ocurrido semanas antes de los trabajos de campo, y los escombros se encuentran tirados en la calle principal y en la lateral por su parte norte). Por la parte trasera, el acceso está obstruido por montones de escombros de más de 2 metros de altura.

Debido al precario estado del edificio norte del palacio y de cara a la seguridad de los trabajadores, se tomó la decisión de realizar los ensayos fuera del palacio, en la parcela contigua perteneciente al Ayuntamiento de Berrioplano. En la siguiente tabla aparecen las coordenadas U. T. M. de los ensayos de campo realizados.

ENSAYO	COORDENADA X	COORDENADA Y
Sondeo 1	607.265	4.746.228
Penetro 1	607.237	4.746.249
Penetro 2	607.253	4.746.230

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), la columna del sondeo y fotografías (anexo 2), el registro de los ensayos de penetración (anexo 3), perfil de correlación (anexo 4), ensayos de laboratorio (anexo 5) y un croquis con la ubicación de los ensayos realizados (anexo 6).

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SONDEOS

El sondeo se llevó a cabo el día 23 de febrero de 2.010, alcanzándose una profundidad de investigación de 6,60 metros. Para su realización se empleó una máquina de rotación, tipo TP30 LR montada sobre Land Rover, utilizándose un diámetro máximo de perforación de 113 mm. Los testigos recuperados, así como las correspondientes muestras, fueron colocados en cajas plastificadas que, debidamente organizadas (ver anejo fotográfico), fueron examinadas por personal técnico especializado.

Para la descripción de los materiales extraídos en los sondeos 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 la alteración de la roca matriz y de las superficies de discontinuidad. Toda la roca matriz puede estar decolorada y puede ser apreciablemente más débil que en su estado sano.
III	MODERADAMENTE	Menos de la mitad del material de la roca está descompuesto y/o

	METEORIZADA	desintegrado en forma de suelo. Pueden presentarse zonas de roca sana y decolorada, bien formando un marco continuo bien como bloques o núcleos sanos.
IV	MUY METEORIZADA	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada en suelo. Pueden presentarse zonas de roca sana o decolorada bien formando un marco continuo bien como bloques o núcleos sanos.
V	COMPLETAMENTE METEORIZADA	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada en forma de suelo. La estructura original del macizo permanece 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.

La columna litológica reconocida en dichos sondeos está compuesta por los siguientes niveles litológicos:

Sondeo 1	Perfil litológico
0,00-0,60 m	Tierra vegetal y rellenos de arena y arcillas con cantos.
0,60-1,00 m	Arcillas margosas de color ocre y verdoso, con cantos inferiores a 1 cm, y precipitados blancos de carbonato. Posible relleno.
1,00-2,10 m	Margas ocre y grises. Perfil de alteración con meteorización de grado VI a IV.
2,10-3,60 m	Margas ocre y grises. Perfil de alteración con meteorización de grado III.
3,60-6,60 m	Margas grises, poco alteradas (grado II-I) y sanas. Margas de Pamplona. Sustrato rocoso terciario.

No se observó la presencia de nivel freático en el sondeo.

En el anexo 2 del presente informe se adjunta la columna litológica y las fotografías de las cajas.

4.1.1 Ensayo estándar de penetración (S.P.T.)

El ensayo de penetración estándar (S.P.T.), se realiza con objeto de estimar la resistencia, así como la mayor o menor compacidad de los diferentes estratos atravesados, a partir

de la determinación de la resistencia del suelo a la penetración de un toma-muestras tubular de acero, en el interior del sondeo. El ensayo se encuentra descrito en la norma UNE 103-800.

Básicamente el ensayo viene definido por el número de golpes necesarios para hincar 30 cm un tubo toma-muestras normalizado, mediante una maza de 63,5 kg de peso, que cae desde una altura de 75 cm.

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 60º de ángulo en punta.

Durante la ejecución del sondeo se ha realizado un ensayo de penetración estándar (S.P.T.), de cara a comprobar la compacidad de los materiales atravesados.

Los golpes obtenidos y la profundidad a la que se realizó el ensayo se especifican a continuación:

Ensayo	Sondeo	Profundidad	Valores SPT, (N ₃₀)
1	1	1,50-2,05	8-17-22-50R baja 11

Dicho ensayo se realizó sobre la zona más alterada del perfil de meteorización del sustrato terciario, alcanzando el rechazo en el último tramo del ensayo, justo en el contacto observado en el sondeo entre el nivel de alteración VI-IV y el de alteración III.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PENETRÓMETROS.

Este tipo de ensayos consiste en clavar en el terreno una puntaza maciza de hierro que se encuentra situada en el extremo de una varilla. La hincada en el terreno se consigue golpeando el conjunto con una maza en caída libre.

La resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa mediante el Nº de golpes necesarios para clavar la varilla 20 cm en dicho terreno (N₂₀).

El día 1 de marzo de 2.010 se realizaron dos ensayos de penetración dinámica, cuyos registros se incluyen en el anexo 3, y su ubicación se puede encontrar en el croquis adjunto en el anexo 6.

Realización del ensayo y maquinaria necesaria

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

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 (en cada una de ellas aisladamente).

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

Los ensayos se han realizado mediante un penetrómetro automático ROLATEC modelo ML-60 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

Los ensayos de penetración se han realizado siguiendo la norma DPSH, con las características siguientes:

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 m	1 %
Desviación máxima a partir de 5 m	2 %
Sección de la puntaza	Cilindro-cónica
Área de la puntaza	20,0 cm ²
Ángulo de la puntaza	90º
Cuento de golpes cada	N 20,0 cm

Rechazo: Con un mínimo de 100 golpes se hince un tramo de 5 cm o menos.

5 CÁLCULO DE TENSIONES

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/N₂₀= 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 MEYER-HOF 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).

5.1 RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN

Se han realizado dos ensayos de penetración dinámica, para obtener la resistencia del terreno identificado en el sondeo de reconocimiento. El croquis con la ubicación del ensayo se adjunta en el anexo 6.

Los ensayos de penetración dinámica presentan una gráfica envolvente con valores de golpeo variables de unos puntos a otros. En el siguiente cuadro resumen, se indican las resistencias estimadas en los diferentes tramos diferenciados y en el anexo 3 se muestran las gráficas correspondientes a los mismos. Hay que señalar que las profundidades indicadas son a partir de inicio del ensayo.

Ensayo	Profundidad (m)	Resist. estimada (kg/cm ²)
P-1	0,00-1,60	0,75
	1,60-3,40	3,00
	3,40	Rechazo
P-2	0,00-1,60	0,50
	1,60-2,40	3,00
	2,40	Rechazo

El perfil litológico que ha sido reconocido en el sondeo de reconocimiento y las cargas registradas mediante el penetrómetro permite definir los siguientes niveles geotécnicos:

- **Rellenos y tierra vegetal.** (nivel geotécnico 0). En este nivel agruparemos tanto los rellenos antrópicos superficiales, como las arcillas con cantos observadas en el sondeo hasta el primer metro de profundidad. La potencia observada de este horizonte es 1,00 metro en el sondeo S1, pero se interpreta hasta la 1,60 metros en los dos penetrómetros. Este horizonte no se considera apto para su uso como nivel de cimentación de la estructura proyectada.
- **Arcillas margosas con alteración de grado VI-IV** (nivel geotécnico Ia). Este horizonte se observa en el sondeo hasta los 2,10 metros de profundidad. La carga admisible atribuida a este nivel es de 3,00 kg/cm². Su base se interpreta en los ensayos de penetración a la cota de rechazo, a 2,40 metros en el ensayo P2 y a 3,40 metros en el P1.

- **Margas ocre y grises con grado de alteración de grado III** (Nivel geotécnico Ib). Para este nivel se asignan valores de carga superiores a 3,00 kg/cm². La profundidad de la base del mismo se observa en el sondeo a 3,60 metros.
- **Margas ocre y grises con grado de alteración de grado II a sanas** (Nivel geotécnico Ic). Para este nivel se asignan valores de carga elevados, superiores a 4,00 kg/cm².

5.2 ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS ADMISIBLES DEL MACIZO ROCOSO

Para el caso del nivel geotécnico Ib

Se ha llevado a cabo un ensayo de compresión simple sobre una muestra recogida en el sondeo a la profundidad de 2,60 metros, resultando un valor de resistencia q_u de 3,24 kg/cm². Este valor es anormalmente bajo, sobre todo si tenemos en cuenta que a 2,05 metros se alcanza el rechazo del ensayo de SPT realizado. La razón de este resultado tan bajo está en que pueden existir zonas algo más fracturadas, que han sido más alteradas que el resto del material en el que se encuentra, y que durante el ensayo la muestra no está confinada, por lo que su resultado es inferior al que daría in situ, mediante el ensayo de penetración SPT.

Por otro lado, el ensayo de penetración tipo S.P.T. y los ensayos de penetración D.P.S.H. han dado rechazo, lo que según la correlación del Design Manual DM-7 significa consistencias de arcilla muy dura con resistencias a compresión simple por encima de 8 a 10 Kg/cm².

En tal caso la presión de hundimiento del terreno cohesivo vendría definido por la formulación de Terzaghi:

$$P_{vh} = c \times N_c + q \times N_q + 1/2 \gamma \times B \times N_\gamma$$

Según este método, la presión vertical de hundimiento se compone de tres términos que permiten evaluar el aporte de capacidad soporte debido a la resistencia del terreno, a su peso propio y a la sobrecarga al nivel de cimentación.

Siendo:

- P_{vh} , la presión vertical de hundimiento
- c , la cohesión del material
- q , la sobrecarga actuante al nivel del plano de cimentación
- γ , el peso específico del terreno
- B , el ancho del cimiento
- N_c , N_q , N_γ , los factores de capacidad de carga, dependientes del ángulo de rozamiento interno del material.

Teniendo en cuenta que se trata de un terreno principalmente cohesivo, la situación del análisis más desfavorable coincide con la hipótesis de corto plazo, es decir, sin permitir el drenaje de las presiones intersticiales. Esta consideración implica que el ángulo de rozamiento interno del material es nulo, por lo que los factores anteriores quedan:

$$N_c = \pi + 2 = 5,14; N_q = (1+0/1-0) \times e^{\pi \tan 0} = 1; N_\gamma = 1,5 (0-1) \tan 0 = 0$$

Por lo tanto la expresión queda de la siguiente forma:

$$P_{vh} = c \times N_c$$

Por otra parte, la cohesión a emplear se corresponde a la resistencia al corte sin drenaje del terreno cohesivo, la cual y según el criterio de Mohr, es la mitad de la resistencia a compresión simple considerada. Teniendo en cuenta que la compresión simple disponible de este nivel no es representativa, tomaremos una cohesión de $2,43 \text{ kg/cm}^2$ obtenida a partir del valor del SPT realizado (lo cual queda del lado de la seguridad ya que los primeros tramos de dicho ensayo se consideran realizados en el nivel Ia, más blando que el Ib el cual estamos analizando).

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

$$P_{vh} = 2,43 \times 5,14 = 12,49 \text{ Kg/cm}^2$$

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 en 3.

$$q_{adm} = P_{vh} / 3 = 12,49 / 3 = 4,16 \text{ Kg/cm}^2 \approx 4,00 \text{ Kg/cm}^2$$

Para el caso del nivel geotécnico Ic

La estimación de las cargas admisibles asignables al sustrato rocoso formado por margas grises terciarias, se realiza siguiendo la metodología de Serrano y Olalla (1993) para macizos rocosos homogéneos e isotrópicos.

El nivel Ic lo componen los materiales margosos terciarios poco alterados y sanos, sobre los que se ha realizado un ensayo de resistencia a la compresión simple obteniéndose un valor de 150,37 kg/cm².

La carga de hundimiento se estima a partir de los siguientes parámetros:

i_2 - Inclinación de la carga con respecto a la vertical.

σ_1 - presión vertical actuante en el contorno situado junto a la cimentación correspondiente a la sobrecarga de tierras por encima de la base de las zapatas.

α - inclinación de la superficie del terreno junto a la zapata.

Para la ejecución de los cálculos se considera que los valores de i_2 y α son iguales a cero, y el valor de σ_1 es igual a 0,68 Kg/cm² (para un espesor medio de 3,60 metros, con una densidad estimada para el conjunto de los niveles suprayacentes de 1,90 Kg/cm²).

La carga de hundimiento P_h se obtiene de la expresión:

$$P_h = \beta(N_\beta - \zeta) \quad \text{En donde:}$$

$$\beta = \frac{m\sigma_{ci}}{8}$$

$$\zeta = \frac{8s}{m^2}$$

Siendo m y s los parámetros del criterio de Hoek y Brown (1980), y σ_{ci} el valor de la resistencia a compresión simple. Los valores de m y s que se obtienen a partir del programa *RockLab 1.0* son iguales a:

M	1,562
S	0,0094

Por otra parte, N_β es el coeficiente de carga y se obtiene en función de la inclinación de las cargas (i_2) y de la sobrecarga externa normalizada (σ_{01}) actuando alrededor de la zapa-ta, que se determina como:

$$\sigma_{01} = \left(\frac{\sigma_1}{\beta} \right) + \zeta$$

El valor del coeficiente N_β se obtiene a partir de un gráfico que relaciona estos dos factores.

Para el valor de resistencia a compresión simple considerado tenemos que:

$$\beta = 29,35$$

$$\zeta = 0,0308$$

$$\sigma_{01} = 0,0541$$

$$N_\beta = 6,5$$

$$P_h = 189,87 \text{ Kg/cm}^2$$

La carga admisible del sustrato rocoso poco alterado (II-I) por margas de Pamplona, (q_{adm}) vendrá determinada por el cociente de la presión de hundimiento por un factor de seguridad (F_s) determinado en función del valor de RMR y del valor de σ_{ci} . Para el caso que nos ocupa consideraremos un valor de $F_s = 17,5$.

$$q_{adm} = \frac{189,87}{17,5} \approx 10,00 \text{ Kg/cm}^2$$

6 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 análisis de las pruebas de reconocimiento, se seleccionaron varias muestras representativas de los tipos de terreno reconocidos, para ser trasladadas al laboratorio acreditado, donde fueron examinadas por personal técnico especializado, realizándose los oportunos ensayos de clasificación y caracterización geomecánica. Dichas muestras se tomaron a 0,80 metros, 2,60 metros y 4,30 metros.

El número y tipo de ensayos ejecutados, se han realizado según la siguiente normativa:

Denominación ensayo	Norma aplicada	Número
Límites de Atterberg	UNE 103103/94-103104/93	1
Contenido en sulfatos	UNE 83001/00	2
Resistencia compresión simple	UNE 22950/90	2

6.1 RESUMEN DE TRABAJOS REALIZADOS

Se adjunta a continuación un cuadro resumen de resultados de los ensayos realizados, cuyo informe desarrollado puede consultarse en el anexo 5, adjunto al final de la presente memoria.

	S1	S1	S1
Nº Referencia	N04725	N04730	N04727
Profundidad (m)	0,80-1,00	2,60-2,80	4,30-4,80
Límite líquido	37,6	--	--
Límite plástico	27,8	--	--
Índice de plasticidad	9,8	--	--
Resistencia (kg/cm²)	--	3,24	150,37
Sulfatos (mg/kg, mg/l)	<100	--	<100
Suelo	Arcillas (nivel 0)	Margas (nivel Ib)	Margas (nivel Ic)

El valor de resistencia a compresión simple obtenido en el ensayo de la muestra N04730 es muy bajo para ser una marga con alteración III de la formación Margas de Pamplona. Esto se explica porque el nivel del que se extrajo la muestra es el nivel Ib pero en su parte superficial, en donde el material puede presentar una alteración de grado IV, que posteriormente decrece en profundidad.

El contenido en sulfatos en los análisis realizados clasifican a los suelos superficiales y a las margas como materiales no agresivos al hormigón.

7 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

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, empujes del terreno, etc.

Los diferentes niveles geotécnicos definidos sobre la base de los horizontes litológicos observados y su resistencia, tienen unas características geotécnicas, que son las siguientes:

1. En el primer nivel agruparemos los **rellenos y tierra vegetal** observados en la zona superficial del solar y **arcillas margosas con cantos** (materiales agrupados en un único nivel geotécnico 0). La potencia observada de este horizonte es de 1,00 metro en el sondeo S1. Este horizonte no se considera como apto para su uso como nivel de desplante de las estructuras proyectadas, debiendo ser atravesado.
2. Tras este nivel inicial se identifican **arcillas margosas ocre y grises** (Nivel geotécnico Ia), con alteración de grado VI-IV. Estos materiales constituyen el perfil de meteorización más alterado del sustrato rocoso. La base de este nivel se observa en el sondeo a la profundidad de 2,10 metros, interpretándose a la profundidad de 2,40 y 3,40 metros en los penetrómetros P2 y P1 respectivamente. Su comportamiento resistente se ha evaluado mediante ensayos de penetración dinámica tipo DPSH, obteniendo unos valores de cargas admisibles de entorno a 3,00 kg/cm². Los parámetros geotécnicos que se asocian a estos materiales son:

Peso específico aparente γ (g/cm ³)	1,50-2,20
Cohesión c (kg/cm ²)	2,34
Ángulo de rozamiento interno ϕ' (°)	16-28
Módulo de elasticidad E (kg/cm ²)	304,6

Fuente: Ensayos de laboratorio y Documento básico SE-C, C.T.E.

3. Por debajo se identifican **margas de colores ocre y grises** (Nivel geotécnico Ib), con alteración de grado III. Estos materiales constituyen el perfil de meteorización del sustrato rocoso subyacente, con menor alteración que el nivel anterior. La base de este nivel se observa en el sondeo a la profundidad de 3,60

metros. Su comportamiento resistente se ha evaluado mediante el ensayo de penetración SPT y los ensayos realizados, obteniendo un valor de carga admisible de $4,00 \text{ kg/cm}^2$. Los parámetros geotécnicos que se asocian a estos materiales son:

Peso específico aparente γ (g/cm^3)	2,00-2,33
Cohesión c (kg/cm^2)	2,43
Ángulo de rozamiento interno ϕ' ($^\circ$)	16-28
Módulo de elasticidad E (kg/cm^2)	1.000-5.000

Fuente: Ensayos de laboratorio y Documento básico SE-C, C.T.E.

4. Posteriormente se observan **margas grises** (nivel geotécnico Ic) con alteración de grado II a I y sanas, correspondiente a los materiales que forman las Margas de Pamplona, sustrato terciario de la zona. Su techo se observa en el sondeo a 3,60 metros de profundidad. Los parámetros geotécnicos que se asocian a estos materiales son:

Peso específico aparente γ (g/cm^3)	2,33-2,53
Cohesión c (kg/cm^2)	7,75
Ángulo de rozamiento interno ϕ' ($^\circ$)	29,80
Módulo de elasticidad E (km/cm^2)	56.960,4
Compresión simple (km/cm^2)	150,37

Fuente: Ensayos de laboratorio y Rocklab.

8 SOLUCIONES DE CIMENTACIÓN

A continuación, se expone el desarrollo de las posibles soluciones que se consideran como válidas a utilizar en el diseño de las cimentaciones. La elección de la más adecuada es potestad del técnico proyectista de la obra, una vez considerados otros factores 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.

En la parcela objeto de estudio está proyectada la construcción de un edificio que constará de planta baja y una altura, sin sótano bajo rasante.

El subsuelo de la zona está formado, según los datos obtenidos de la campaña de campo realizada, por margas grises con grado de meteorización variable, que en profundidad pasa a sustrato rocoso sano formado por las Margas de Pamplona. Sobre estos materiales aparece una capa superficial de rellenos y un nivel de arcillas cuaternario, agrupados en un solo nivel geotécnico con un espesor de un metro observado en el sondeo, y 1,60 metros interpretados en los ensayos de penetración.

De cara a la cimentación de la estructura proyectada, se considera como opción más conveniente la ejecución de una **cimentación semiprofunda mediante pozos** desplantados sobre el nivel de **arcillas margosas grises y ocreas con alteración de grado VI-IV (nivel geotécnico Ia)** con una **tensión de trabajo admisible no superior a 3,00 kg/cm²**.

Los pozos de cimentación tendrán idénticas dimensiones en planta que las zapatas correspondientes y un canto igual a la profundidad necesaria para alcanzar el nivel Ia, menos la profundidad existente hasta la cara baja de zapata. Se utilizará, en su ejecución, hormigón pobre, una vez retirado el terreno inadecuado. Sobre los pozos se apoyarán a la cota requerida, las zapatas correspondientes.

Para la ejecución de los pozos, se deberá excavar hasta alcanzar el perfil en cada punto. La cota de desplante será de al menos 1,60 metros de profundidad. Si ha esa profundidad no se alcanza el material requerido, se deberá profundizar hasta detectarlo.

El desplante de la cimentación 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 mediante la realización de obras de drenaje que así lo garanticen durante el período de vida de la edificación construida.

En el supuesto de que la estructura requiera mayor carga de trabajo, se podrá realizar una **cimentación mediante pozos desplantados sobre el nivel Ib** (margas ocre y grises con alteración III), **con una carga admisible de trabajo de 4,00 kg/cm²**. Para ello los pozos deberán tener una profundidad mínima suficiente para alcanzar el nivel requerido, el cual se interpreta a partir de profundidades variables de entre 2,40 y 3,40 metros.

De cara a la cimentación del edificio proyectado, la dirección de obra tomará las medidas oportunas de cara a la no afección a los edificios restantes que forman parte del palacio.

Cálculo de asientos

o Cimentación semiprofunda mediante pozos sobre el nivel la

Los asientos previsibles estimados, se determinan a través de la expresión de modelos elásticos isótropos, donde:

$$S = \frac{KBq(1-\nu^2)}{E}$$

siendo:

- S= Asiento total.
- K = Coeficiente.
- B = Ancho de zapata.
- q = Carga aplicada.
- ν = Coeficiente de Poisson.
- E = Módulo de elasticidad.

Para una carga admisible de $3,00 \text{ kg/cm}^2$, considerando valores de E para la zona superficial del nivel geotécnico Ia de $304,6 \text{ kg/cm}^2$, el asiento máximo estimado para diferentes anchos de zapatas son los siguientes:

Ancho B (m)	1,00	1,50	2,00	2,50
Asiento (cm)	0,92	1,39	1,85	2,31

o Cimentación semiprofunda mediante pozos sobre el nivel Ib

Los asientos previsibles estimados, se determinan a través de la expresión de modelos elásticos isótropos, donde:

$$S = \frac{KBq(1-\nu^2)}{E}$$

siendo:

- S= Asiento total.
- K = Coeficiente.
- B = Ancho de zapata.
- q = Carga aplicada.
- ν = Coeficiente de Poisson.
- E = Módulo de elasticidad.

Para una carga admisible de $4,00 \text{ kg/cm}^2$, considerando valores de E para la zona superficial del nivel geotécnico Ib de 1000 kg/cm^2 , el asiento máximo estimado para diferentes anchos de zapatas son los siguientes:

Ancho B (m)	1,00	1,50	2,00	2,50
Asiento (cm)	0,38	0,56	0,75	0,94

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los márgenes permitidos por la norma para el tipo de edificación considerado.

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

Asiento	Máximo (mm)		Diferencial (mm/m)
	Granular	Cohesivo	
Edificios monumentales	12	25	1,3
Edificios convencionales	35	50	2,0
Edificio de fabrica de ladrillo de pórticos de hormigón y acero de pequeña rigidez	50	75	2,0

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 rebajara la presión de diseño de la zapata que asiente más, aumentando sus dimensiones hasta que cumpla.

9 ESTABILIDAD DE TALUDES Y RIPABILIDAD

De acuerdo con la información del proyecto facilitada por el peticionario, no se prevé la ejecución de excavación, por lo que no se considera el análisis de taludes en el presente documento.

Por otro lado, en cuanto a la ripabilidad, de entre los materiales que forman el subsuelo de la parcela, el nivel de rellenos y arcillas superficiales (nivel 0), y el perfil más alterado del sustrato (nivel Ia), se consideran ripables mediante máquina retroexcavadora convencional. Los niveles subyacentes, tanto el Ib como el Ic, no se considera ripable mediante ese tipo de maquinaria, requiriéndose el uso de martillo picador para su excavación.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se solicita a **GEEA Geólogos S.L.**, a requerimiento de **ARPE ARQUITECTOS**, la prestación de servicios profesionales con relación al Palacio de Cabo de Armería de Berriosuso, Berrioplano (Navarra), en donde se proyecta la construcción de un edificio en su interior y junto a torre y la fachada principal del palacio, elementos ya restaurados. El edificio constará de una planta baja más una altura, no estando prevista la excavación de sótano bajo rasante.
- El perfil litológico obtenido a partir de los sondeos y calicatas de reconocimiento, y resistente, obtenido con el penetrómetro, permite definir los siguientes niveles geotécnicos:
 - o **Rellenos y tierra vegetal** observados en la zona superficial del solar y arcillas margosas con cantos (nivel geotécnico 0). La potencia observada de este horizonte es de 1,00 metro en el sondeo S1. Este horizonte no se considera como apto para su uso como nivel de desplante de las estructuras proyectadas, debiendo ser atravesado.
 - o **Arcillas margosas ocre y grises** (Nivel geotécnico Ia), con alteración de grado VI-IV. Estos materiales constituyen el perfil de meteorización más alterado del sustrato rocoso. La base de este nivel se observa en el sondeo a la profundidad de 2,10 metros, ininterpretabándose a la profundidad de 2,40 y 3,40 metros en los penetrómetros P2 y P1 respectivamente.
 - o **Margas de colores ocre y grises** (Nivel geotécnico Ib), con alteración de grado III. Estos materiales constituyen el perfil de meteorización del sustrato rocoso subyacente, con menor alteración que el nivel anterior. La base de este nivel se observa en el sondeo a la profundidad de 3,60 metros.
 - o **Margas grises** (nivel geotécnico Ic) con alteración de grado II a I y sanas, correspondiente a los materiales que forman las Margas de Pamplona, sustrato terciario de la zona. Su techo se observa en el sondeo a 3,60 metros de profundidad.
- Durante la ejecución del sondeo no se observó la presencia del nivel freático, si bien existe un pozo a escasos 30 metros del sondeo (hacia el lado opuesto de la parcela de estudio), el cual presenta agua a escasos 2 metros de profundidad.

- De cara a la cimentación de la estructura proyectada, se considera como opción más conveniente la ejecución de una **cimentación semiprofunda mediante pozos** desplantados sobre el nivel de **arcillas margosas grises y ocre con alteración de grado VI-IV (nivel geotécnico Ia)** con una **tensión de trabajo admisible no superior a 3,00 kg/cm²**. Para la ejecución de los pozos, se deberá excavar hasta alcanzar el perfil en cada punto. La cota de desplante será de al menos 1,60 metros de profundidad.
- En el supuesto de que la estructura requiera mayor carga de trabajo, se podrá realizar una **cimentación mediante pozos desplantados sobre el nivel Ib** (margas ocre y grises con alteración III), **con una carga admisible de trabajo de 4,00 kg/cm²**. Para ello los pozos deberán tener una profundidad mínima suficiente para alcanzar el nivel requerido, el cual se interpreta a partir de profundidades variables de entre 2,40 y 3,40 metros.
- Los asientos calculados se consideran dentro de lo admisible por la Norma Tecnológica de la Edificación para este tipo de edificación.
- El contenido en sulfatos de las muestras analizadas, permiten clasificar a los suelos como no agresivos al hormigón.
- Los materiales definidos como nivel 0 y nivel Ia, se consideran ripables mediante máquina retroexcavadora convencional. Los niveles subyacentes, tanto el Ib como el Ic, no se considera ripable mediante ese tipo de maquinaria, requiriéndose el uso de martillo picador para su excavación.
- Se recomienda que las conclusiones emitidas en el presente informe, sean corroboradas y matizadas durante los trabajos de edificación de la parcela, considerando necesario que durante la 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.



Estella, 16 de marzo de 2.010

GEEA Geólogos S.L.

Pº Sandua nº 28, 31012 **Pamplona**
T: 948.382.975, F: 948.382.319, M: 696.435.907

Cañada Real de Imas, nave 12, 31240 **Ayegui.**
T y F: 948.554.811, M: 606.507.335

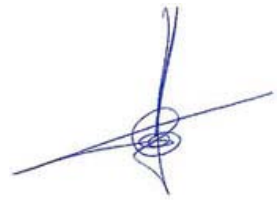
Baltasar Gracián 11,1º o.5,26006**Logroño**
T: 941.509.482, M: 695 36 33 36



Fdo. :
JAVIER ARNEDILLO RUIZ-AGUIRRE
GEÓLOGO Col. Nº 3.078



Fdo. :
GUILLERMO ERICE LACABE
GEÓLOGO Col. Nº 2.577.



Fdo. :
EDUARDO ARANA RICO
GEÓLOGO Col. Nº 3.461

ANEXO GRÁFICO

- **MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA.**
- **COLUMNA DE SONDEO Y FOTOGRAFÍAS.**
- **REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.**
- **PERFIL DE CORRELACIÓN.**
- **BOLETÍN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.**
- **PLANO DE UBICACIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO.**

ANEXO N° 1

MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA

CUATERNARIO		100- 100- 99- 98- 97- 96- 95- 94- 93- 92- 89- 88- 87- 86- 85	
HOLOCENO			
PLEISTOCENO			

ANEXO N° 2

COLUMNA DE SONDEO Y FOTOGRAFÍAS

PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO

OBRA: Restauración de un edificio en Berriosuso, Berrioplano (Navarra).

CLIENTE: ARPE ARQUITECTOS

SONDEO: 1

FECHA: 23 de febrero de 2010

REF. ENSAYO: G03471

REF. INFORME: ES/GE019/0210

Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.				Grado de meteorización		S.P.T.		Comp. simple			
							20	40	60	80	VI	V	IV	III	II	Prof. (m)	Nº de golpes	Prof. (m)
B	113	0,60	0,60		Rellenos de arenas y arcillas con cantos. Color oscuro.													
		1,00	0,40		Arcillas margosas de color ocre, verdoso, con cantos inferiores a 1 cm, y precipitados blancos de carbonato.													
		2,10	1,10		Arcillas margosas grises y ocre. Perfil de meteorización del sustrato con alteración VI-V.							1,50-2,05	8-17-22-50R baja 11 cm					
T	86	3,60	1,50		Margas grises. Perfil de meteorización del sustrato con alteración IV-III.											2,60-2,80	3,24	
		6,60	3,00		Margas grises. Sustrato poco alterado (II-I) y sano.										4,30-4,80	150,37		

M.I.: Muestra inalterada, M.P.: Muestra plastificada, R: Rechazo
 B: Batería simple, T: Batería doble tubo.

GEEA Geólogos S.L.

Pamplona

Pº Sandua nº 28, 31012

T: 948.382.975, F: 948.382.319, M: 696.435.907

Estella.

Cañada Real de Imas, nave 12, 31240 Ayegui

T y F: 948.554.811, M: 606.507.335

Logroño

Baltasar Gracián 11, 1º of. 5, 26006

T: 941.509.482, M: 695.363.336



Sondeo de reconocimiento 1, caja 1 de 0,00 a 2,40 m.



Sondeo de reconocimiento 1, caja 2, de 2,40 a 5,40 m.

GEEA Geólogos S.L.

Pamplona

Pº Sandua nº 28, 31012

T: 948.382.975, F: 948.382.319, M: 696.435.907

Estella

Cañada Real de Imas, nave 12, 31240 Ayegui

T y F: 948.554.811, M: 606.507.335

Logroño

Baltasar Gracián 11,1º of.5, 26006

T: 941.509.482, M: 695.363.336



Sondeo de reconocimiento 1, caja 3 de 5,40 a 6,60 m.

ANEXO N° 3

REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA



www.geea.es

GEEA GEÓLOGOS, S.L.

Cañada Real de Imas, nave 12, 31240 Ayegui

T y F: 948 554 811, M: 606 507 335

Pº Sandua nº 28, 31012 Pamplona

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

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

T: 941 216 586, M: 695 363 336

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

Obra: Restauración de un edificio en Berriosuso (Navarra).

Cliente: ARPE ARQUITECTOS

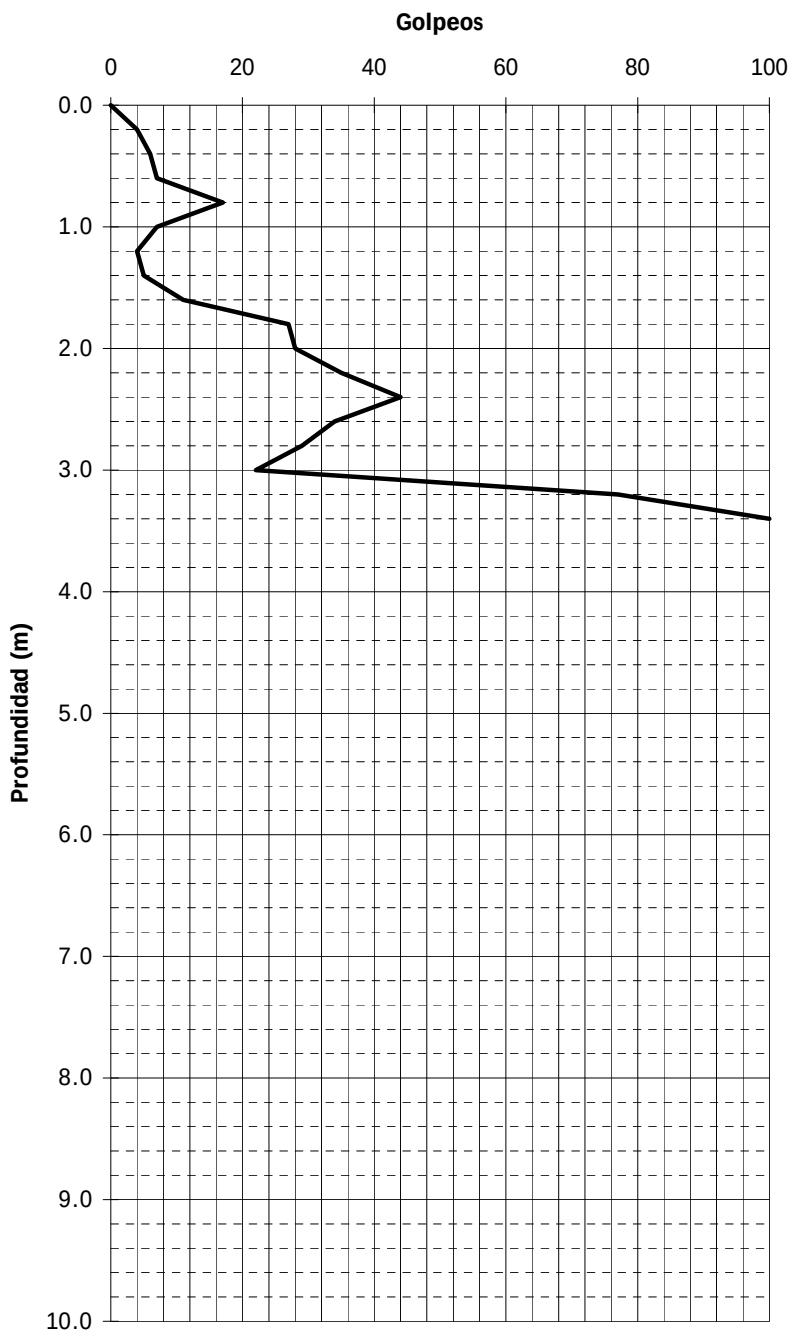
Ref. Inf.: ES/GE018/0210

Penetración N°: 1

Referencia: G03522

Fecha: 1 de marzo de 2010

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	4
0.20-0.40	6
0.40-0.60	7
0.60-0.80	17
0.80-1.00	7
1.00-1.20	4
1.20-1.40	5
1.40-1.60	11
1.60-1.80	27
1.80-2.00	28
2.00-2.20	35
2.20-2.40	44
2.40-2.60	34
2.60-2.80	29
2.80-3.00	22
3.00-3.20	77
3.20-3.40	Rechazo
3.40-3.60	
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.

Cañada Real de Imas, nave 12, 31240 Ayegui

T y F: 948 554 811, M: 606 507 335

Pº Sandua nº 28, 31012 Pamplona

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

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

T: 941 216 586, M: 695 363 336

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

Obra: Restauración de un edificio en Berriosuso (Navarra).

Cliente: ARPE ARQUITECTOS

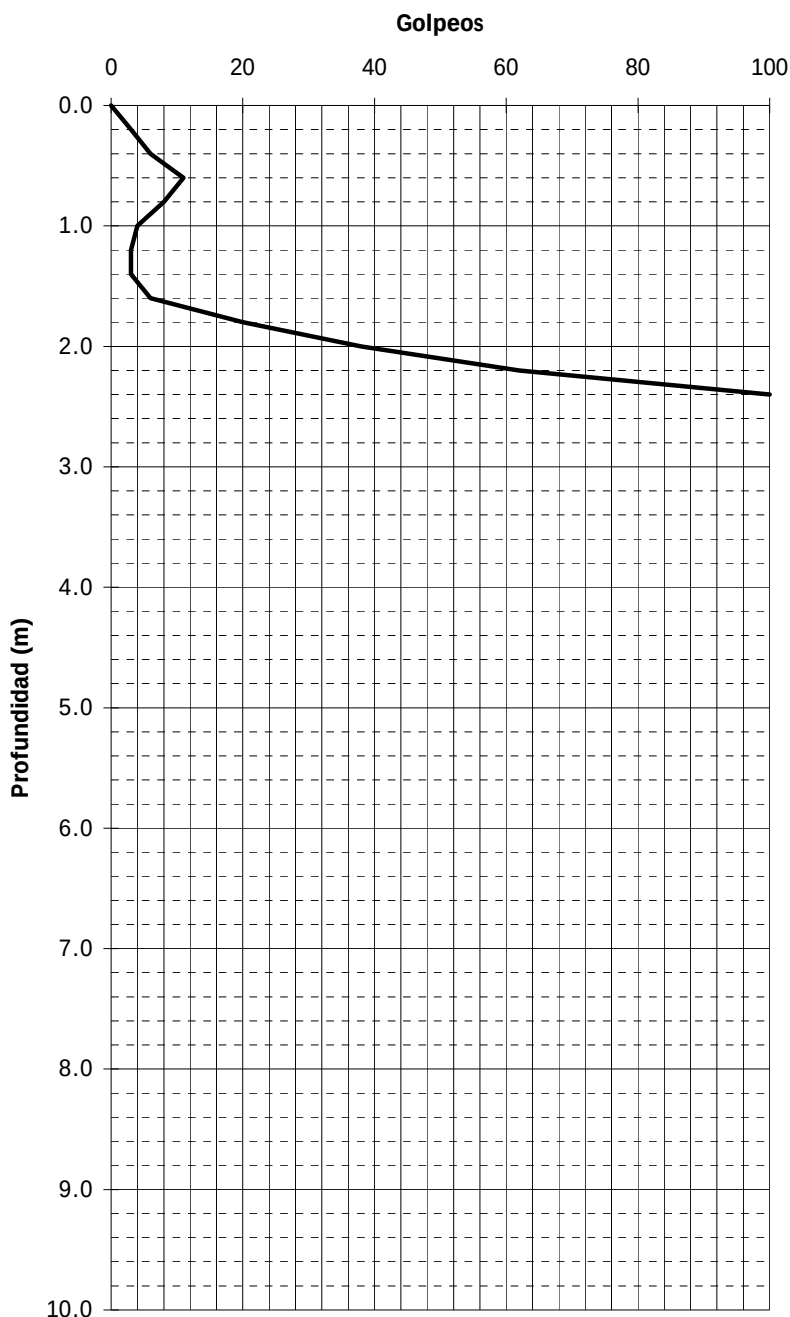
Ref. Inf.: ES/GE018/0210

Penetración N°: 2

Referencia: G03522

Fecha: 1 de marzo de 2010

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	3
0.20-0.40	6
0.40-0.60	11
0.60-0.80	8
0.80-1.00	4
1.00-1.20	3
1.20-1.40	3
1.40-1.60	6
1.60-1.80	20
1.80-2.00	38
2.00-2.20	62
2.20-2.40	Rechazo
2.40-2.60	
2.60-2.80	
2.80-3.00	
3.00-3.20	
3.20-3.40	
3.40-3.60	
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	

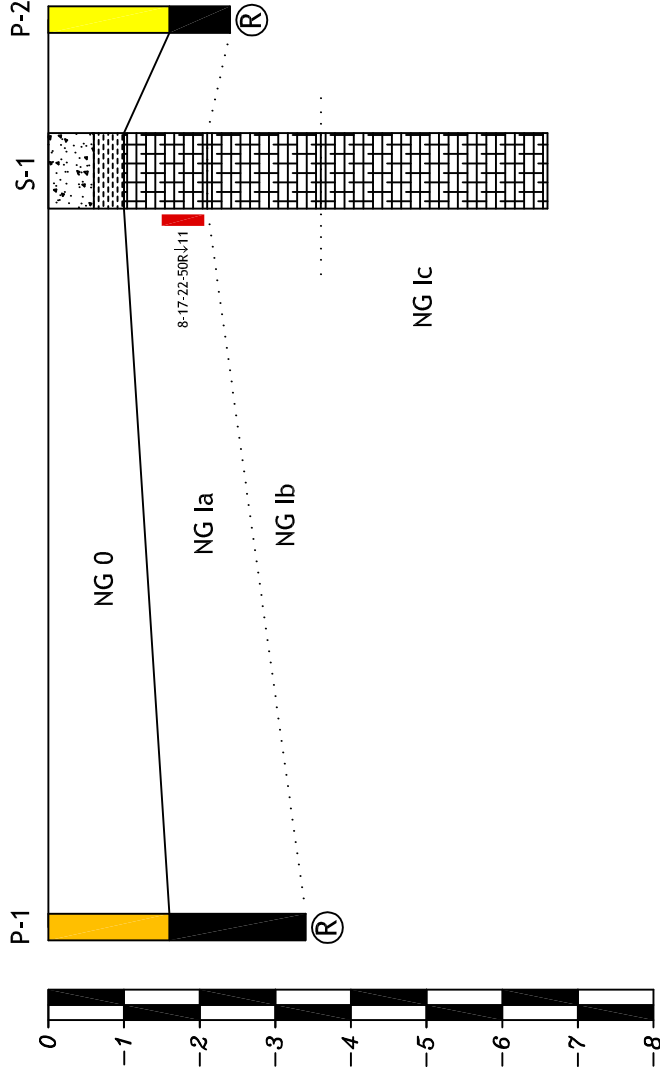


ANEXO N° 4

PERFIL DE CORRELACIÓN

B

A



Niveles geotécnicos:

- NG 0: Rellenos
- NG Ia: Sustrato alterado grado VI-IV
- NG Ib: Sustrato alterado grado III
- NG Ic: Sustrato poco alterado (II-I) y sano

Escala horizontal: 1/300

Escala vertical: 1/100

FECHA: 16 de marzo de 2010

OBRA: Restauración de un edificio en Berriosuso, Berrioplano (Navarra).

CLIENTE: ARPE ARQUITECTOS

REF. INFORME: ES/GE019/0210

PERFIL DE CORRELACIÓN

	$Q_{adm} = 0,50 \text{ kg/cm}^2$		Rellenos
	$Q_{adm} = 0,75 \text{ kg/cm}^2$		Arcillas
	$Q_{adm} \geq 3,00 \text{ kg/cm}^2$		Margas

S.: Sondeo mecánico
P.: Penetración dinámica
® Rechazo

ANEXO N° 5

BOLETÍN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

**GEEA GEÓLOGOS S.L.**

Cañada Real de Imas, nave 12
31240 Ayegui- Navarra
T. y F. 948 55 48 11

Ensayo

**DETERMINACIÓN DE
LÍMITES DE ATTERBERG**

Norma

UNE 103103/94 103104/93

Acta n°

N° Copia

AN13127

Copia 1 Arpe Arquitectos

Referencia Muestra.... N04725

PROCEDENCIA SONDEO
TIPO DE MUESTRA ALTERADA
FECHA ENTRADA 1 DE MARZO DE 2010

Referencia Informe..... EN-194/10

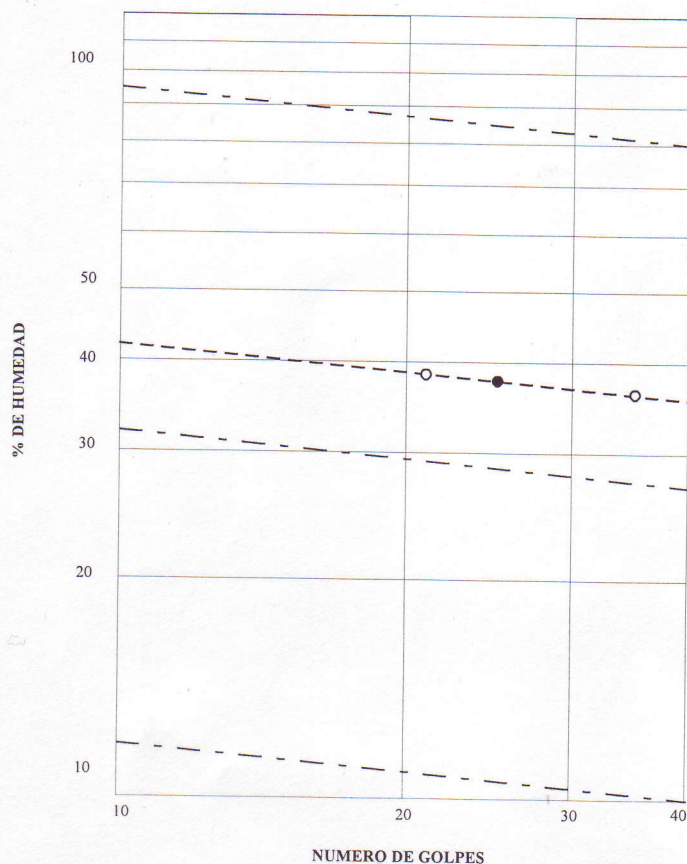
REF. CLIENTE S1 DE 0,8 A 1 METROS
PETICIONARIO ARPE ARQUITECTOS
DEN. OBRA BERRIOSUSO

CALCULO LIMITE LIQUIDO

-	Nº de golpes	21	35
-	Referencia tara		
$a=(t+s+a)-(t+s)$	Agua	4,61	4,31
$t+s+a$	Tara + suelo + agua	25,15	24,62
$t+s$	Tara + suelo	20,54	20,31
t	Tara	8,53	8,40
$s=(t+s)-t$	Suelo	12,01	11,91
$w=100*(a/s)$	% Humedad	38,4	36,2

CALCULO LIMITE PLASTICO

-	Referencia tara	
$a=(t+s+a)-(t+s)$	Agua	0,69
$t+s+a$	Tara + suelo + agua	11,86
$t+s$	Tara + suelo	11,17
t	Tara	8,69
$s=(t+s)-t$	Suelo	2,48
$w=100*(a/s)$	% Humedad	27,8

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

LIMITE LIQUIDO = 37,6

LIMITE PLASTICO = 27,8

INDICE PLASTICIDAD = 9,8

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo

VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

HOJA 1 DE 2

Ayegui, 4 DE MARZO DE 2010



Laboratorio de ensayos acreditado para el Control de Calidad en edificación por Gobierno de Navarra según Resolución 724/2008 de 2 de mayo de 2008

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.

**GEEA GEÓLOGOS S.L.**

Cañada Real de Imas, nave 12
31240 Ayegui- Navarra
T. y F. 948 55 48 11

*Ensayo***CONTENIDO DE
SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS***Norma***UNE 83001:2000***Acta nº***AN13128***Nº Copia***Copia 1 Arpe Arquitectos****Referencia Muestra.... N04725**

PROCEDENCIA SONDEO
TIPO DE MUESTRA ALTERADA
FECHA ENTRADA 1 DE MARZO DE 2010

Referencia Informe..... EN-194/10

REF. CLIENTE S1 DE 0,8 A 1 METROS
PETICIONARIO ARPE ARQUITECTOS
DEN. OBRA BERRIOSUSO

RESULTADO ENSAYO

$$SO_4^{=}(mg/kg \text{ de suelo seco}) = (0,416 * ((T+R) - T)) / M$$

$SO_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco) **<100**

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo



VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Ayegui, 4 DE MARZO DE 2010

HOJA 2 DE 2

Laboratorio de ensayos acreditado para el Control de Calidad en edificación por Gobierno de Navarra según Resolución 724/2008 de 2 de mayo de 2008

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.

**GEEA GEÓLOGOS S.L.**

Cañada Real de Imas, nave 12
31240 Ayegui- Navarra
T. y F. 948 55 48 11

Ensayo

**TALLADO, REFRENTADO Y ROTURA
DE PROBETAS CILINDRICAS DE ROCA**

Norma

UNE 22950/90

Acta n°

N° Copia

AN13095**Copia 1 Arpe Arquitectos**

Referencia Muestra....	N04730
PROCEDENCIA	SONDEO
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA
FECHA ENTRADA	1 DE MARZO DE 2010

Referencia Informe.....	EN-192/10
REF. CLIENTE	S1 DE 2,6 A 2,8 METROS
PETICIONARIO	ARPE ARQUITECTOS
DEN. OBRA	BERRIOSUSO

DATOS PROBETA

PESO (gr)	943,00	SUP. BASE (cm ²)	38,48
DIAMETRO. (mm)	70,00	VOL. PROBETA (cm ³)	404,09
ALTURA (mm)	105,00	DENS. PROB. (gr/cm ³)	2,33

RESULTADO DEL ENSAYO

LECTURA PRENSA (Tm)	0,13
ESBELTEZ	1,50
COEFICIENTE (K)	0,96
CARGA ROTURA CORREGIDA	0,12
TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm²)	3,24




Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo

VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Ayegui,

4 DE MARZO DE 2010

HOJA 1 DE 1

Laboratorio de ensayos acreditado para el Control de Calidad en edificación por Gobierno de Navarra según Resolución 724/2008 de 2 de mayo de 2008

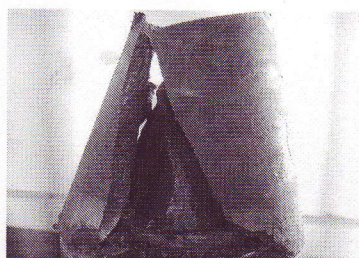
Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal. Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.

	GEEA GEÓLOGOS S.L. Cañada Real de Imas, nave 12 31240 Ayegui- Navarra T. y F. 948 55 48 11	<i>Ensayo</i> TALLADO, REFRENTADO Y ROTURA DE PROBETAS CILINDRICAS DE ROCA	
		<i>Norma</i> UNE 22950/90	
		<i>Acta n°</i> AN13132	<i>N° Copia</i> Copia 1 Arpe Arquitectos

Referencia Muestra....	N04727	Referencia Informe.....	EN-194/10
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 DE 4,3 A 4,8 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	ARPE ARQUITECTOS
FECHA ENTRADA	1 DE MARZO DE 2010	DEN. OBRA	BERRIOSUSO

DATOS PROBETA			
PESO (gr)	1341,10	SUP. BASE (cm ²)	38,48
DIAMETRO. (mm)	70,00	VOL. PROBETA (cm ³)	531,09
ALTURA (mm)	138,00	DENS. PROB. (gr/cm ³)	2,53

RESULTADO DEL ENSAYO	
LECTURA PRENSA (Tm)	5,80
ESBELTEZ	1,97
COEFICIENTE (K)	1,00
CARGA ROTURA CORREGIDA	5,79
TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm2)	150,37




 Fdo: Ana Quintanar
 Responsable del ensayo


 VºBº: Guillermo Erice
 Director Técnico

Ayegui, 4 DE MARZO DE 2010

HOJA 1 DE 2

Laboratorio de ensayos acreditado para el Control de Calidad en edificación por Gobierno de Navarra según Resolución 724/2008 de 2 de mayo de 2008

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.

**GEEA GEÓLOGOS S.L.**

Cañada Real de Imas, nave 12
31240 Ayegui- Navarra
T. y F. 948 55 48 11

*Ensayo***CONTENIDO DE
SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS***Norma***UNE 83001:2000***Acta n°*
AN13133*N° Copia*
Copia 1 Arpe Arquitectos**Referencia Muestra.... N04727**

PROCEDENCIA SONDEO
TIPO DE MUESTRA ALTERADA
FECHA ENTRADA 1 DE MARZO DE 2010

Referencia Informe..... EN-194/10

REF. CLIENTE S1 DE 4,3 A 4,8 METROS
PETICIONARIO ARPE ARQUITECTOS
DEN. OBRA BERRIOSUSO

RESULTADO ENSAYO
$$SO_4^{2-} \text{ (mg/kg de suelo seco)} = (0,416 * ((T+R) - T)) / M$$

SO_4^{2-} (mg/kg de suelo seco) <100


Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo

VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Ayegui, 4 DE MARZO DE 2010



HOJA 2 DE 2

Laboratorio de ensayos acreditado para el Control de Calidad en edificación por Gobierno de Navarra según Resolución 724/2008 de 2 de mayo de 2008

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.

ANEXO N° 6

PLANO DE UBICACIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO

Obra: Restauración de un edificio en Berriosuso, Berrioplano (Navarra).

Referencia: ES/GE019/0210



Sin escala



Escala 1/400