

INDICE

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL ESTUDIO
2. ENTORNO GEOLÓGICO
 - 2.1. FORMACIONES GEOLÓGICAS. LITOLOGÍAS
 - 2.2. HIDROGEOLOGÍA
 - 2.3. SISMICIDAD
3. TRABAJOS REALIZADOS
 - 3.1. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA
 - 3.2. SONDEOS GEOTÉCNICOS
 - 3.3. ENSAYOS DE LABORATORIO
4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO
5. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN
 - 5.1. DATOS PRELIMINARES
 - 5.2. CIMENTACIÓN PROFUNDA. PILOTES
 - 5.3. EXCAVACIÓN. MUROS PANTALLA
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES
7. ANEJOS
 - 7.1. LOCALIZACIÓN DE PROSPECCIONES
 - 7.2. GRÁFICOS DE PENETRACIÓN
 - 7.3. DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL SONDEO
 - 7.4. REPORTAJE FOTOGRÁFICO
 - 7.5. ENSAYOS DE LABORATORIO

1.- ANTECEDENTES Y OBJETO DEL ESTUDIO

Con intención de orientar a los alumnos para la ejecución de su proyecto en esta tierra de agua en el borde de la Ria de Betanzos se plantea un muestras mínimas que se puede extender linealmente. La muestra correspondiente al mínimo es de un sondeo y dos penetrometros para caracterizar un área.

La tipología de la edificación a construir es sótano + planta baja + 3 plantas + Bajo cubierta.

2.- ENTORNO GEOLÓGICO

El área de estudio se encuentra cartografiada geológicamente dentro de las hojas siguientes: Hoja 1: La Coruña, escala 1:200.000 y Hoja 45: Betanzos, escala 1:50.000, pertenecientes ambas al Plan Magna del I.G.M.E.

Geológicamente, la Hoja de A Coruña se sitúa en la Zona Centro-Ibérica (Complejo de Órdenes) establecida por LOTZE (1945), y posteriormente revisada por MATTE (1968a), al que denomina Zona IV, Galicia Media-Tras os Montes. Más recientemente JULIVERT, FONTBOTE, RIBEIRO y CONDE (1972) adoptan la división y terminología de LOTZE al establecer la división de la Península Ibérica.

En líneas generales, los materiales que conforman el sustrato rocoso en la zona de estudio definen una serie detrítica compuesta por unos esquistos grafitosos pertenecientes a la Serie de Ordenes.

Estos materiales muestran una esquistosidad de flujo bien desarrollada que va acompañada por una esquistosidad de crenulación subvertical.

Presentan metamorfismo regional de bajo a medio grado y han sufrido por lo menos dos fases de deformación.

2.1.- FORMACIONES GEOLÓGICAS. LITOLÓGÍAS

En el solar objeto de estudio se ha detectado la presencia de sustrato rocoso a una profundidad de 14,9 metros, en el sondeo geotécnico S1. Se trata de esquistos de color gris pardo que muestran un grado de alteración III - IV.

Por encima del sustrato rocoso se observa la presencia de un nivel producto de la alteración de éste. Se trata de Esquistos Grado V (Limos con fragmentos de roca).

Sobre estos se localizan niveles aluviales de limos arenosos con gravas y cantos y arenas algo limosas con gravas, fosilizados por un potente nivel de marisma, constituidos por limos orgánicos con gravas dispersas de color gris oscuro a negro.

Superficialmente se reconoce un nivel de rellenos heterogéneos edafizados.

2.2.- HIDROGEOLOGÍA

Las características hidrogeológicas de la zona están fuertemente condicionadas por la dinámica litoral. La zona objeto de estudio se encuentra situada en una zona de marisma relacionada con la desembocadura del Río Mandeo (Ría de Betanzos).

Los depósitos cuaternarios que conforman el subsuelo y que se corresponden con los depósitos de marisma, presentan una permeabilidad media-alta, por lo que la transmisividad de agua en estos materiales es elevada. Las subidas del nivel del agua debido a los episodios mareales se transmitirán rápidamente en los materiales que conforman el subsuelo.

Los ensayos de penetración se ejecutaron en un periodo temporal de altas precipitaciones (30/03/07). En este momento el nivel freático se encontraba de forma superficial.

En la ejecución del sondeo geotécnico (24/04/07) el nivel freático se detectó a una profundidad de 1,0 metro.

Se ha recogido una muestra de agua freática la cual ha sido trasladada al laboratorio para determinar su grado de agresividad frente al hormigón según EHE Anejo 5. El agua analizada es *no agresiva* frente al hormigón.

2.3.- SISMICIDAD

De acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente: NCSE-02, la edificación prevista se clasifica como de *importancia normal*, en una zona con aceleración sísmica básica $a_b < 0,04$ g.

Luego la aceleración sísmica de cálculo (a_c), vendrá definida por la expresión:

$$a_c = S \times \rho \times a_b$$

donde:

- a_b = Aceleración sísmica básica
- ρ = Coeficiente adimensional de riesgo
- S = Coeficiente de amplificación del terreno

Los valores de a_b , se recogen en un mapa de peligrosidad sísmica presente en la normativa anteriormente citada (NCSE-02).

Según lo expuesto en el artículo 1.2.3., la aplicación de esta Norma es obligatoria, excepto en los casos siguientes:

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

Dado que nos encontramos en el caso II, *edificación de importancia normal en una zona con aceleración sísmica básica $a_b < 0,04 g$* , la norma no es de obligada aplicación, pudiéndose realizar el cálculo estructural sin tener en cuenta los esfuerzos debidos a la sismicidad, si bien la norma aconseja que sea tenida en cuenta.

3.- TRABAJOS REALIZADOS

Entre los días 30 de Marzo y 24 de Abril de 2007, se realizaron los trabajos de campo correspondientes a este estudio geotécnico.

Para este estudio geotécnico se estimó necesaria la ejecución de una campaña de penetraciones dinámicas (DPSH), las cuales se situaron de forma que el terreno quedase lo más definido posible con las mismas. Se realizaron un total de dos ensayos de penetración dinámica.

Los resultados obtenidos en estos ensayos de penetración se complementaron con la realización de un sondeo geotécnico y ensayos de laboratorio, a efectos de identificación y caracterización de los materiales que constituyen el subsuelo objeto de estudio.

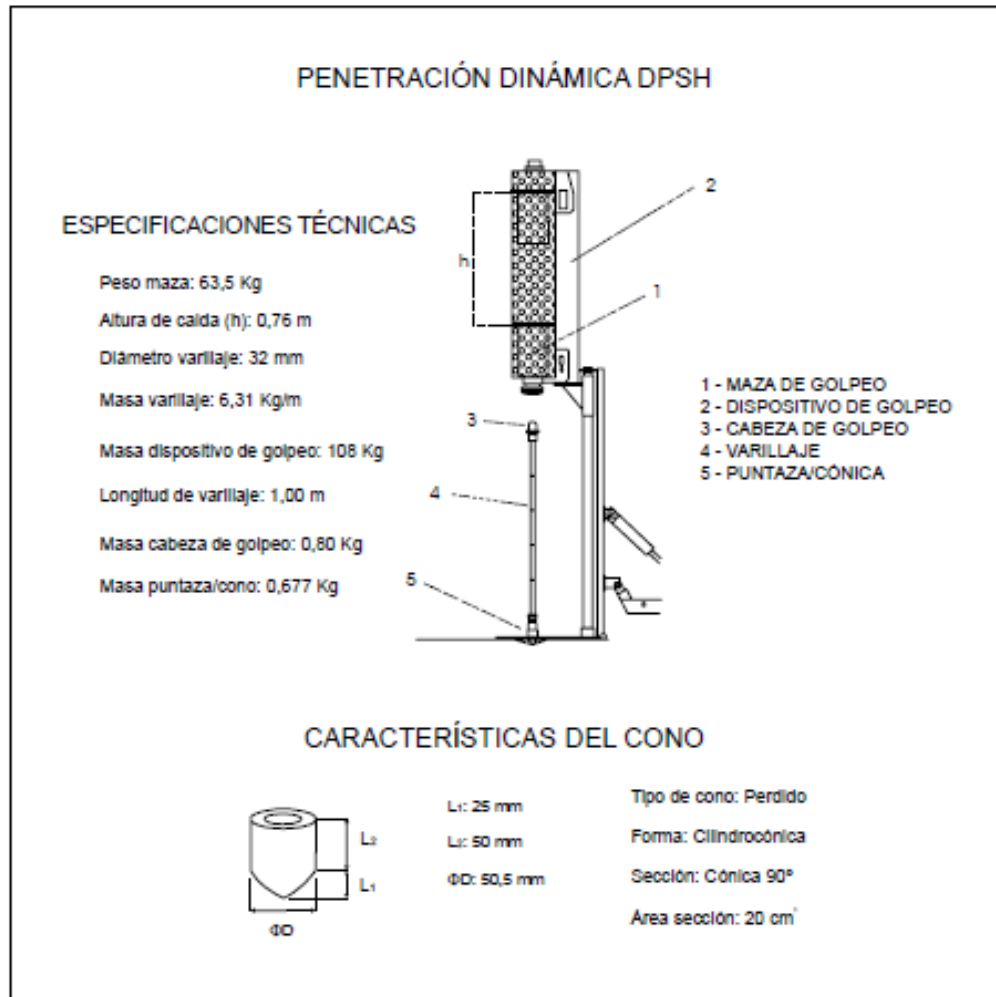
En el Anejo 7.1. se muestra la localización de las prospecciones realizadas.

3.1.- ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)

El día 30 de Marzo de 2007, se llevaron a cabo los ensayos de penetración dinámica continua superpesada (DPSH). Los ensayos penetrométricos realizados se hicieron siguiendo la normativa UNE 103801/94, con un penetrómetro Rolatec ML-60 A.

El ensayo consiste en la hincada en el terreno de una puntaza de acero cilíndrica que termina en forma cónica, con un ángulo de 90° y un área nominal de 20 cm^2 , mediante el golpeo sucesivo de una maza de 63,5 Kg que cae libremente desde una altura de 76 cm hasta un yunque que transmite la energía hasta la puntaza, a través de las varillas.

La puntaza penetra en el terreno determinándose el número de golpes necesarios para hincarla 20 cm.



El ensayo finaliza cuando se satisfaga alguna de las siguientes condiciones:

- Se alcance la profundidad que previamente se haya establecido.
- Se superen los 100 golpes para una penetración de 20 cm. Es decir $N_{20} > 100$.
- Cuando tres valores consecutivos de N_{20} sean iguales o superiores a 75 golpes.
- El valor del par de rozamiento supere los 200 N.m.

Con los datos obtenidos, se construye un gráfico en el que se reflejan en ordenadas crecientes hacia abajo, la profundidad de investigación y en abscisas crecientes hacia la derecha, los golpes por cada tramo de 20 cm de penetración.

En la parcela se ejecutaron dos penetraciones dinámicas, PD1 y PD2, de forma que el terreno investigado quedase lo mejor definido posible con las mismas. Las profundidades que se alcanzaron en las pruebas penetrométricas fueron las siguientes:

ENSAYO	PD1	PD2
PROFUNDIDAD (m)	12,4	13,0

En el Anejo 7.1 se muestra la localización de los ensayos.

En el Anejo 7.2 se incluyen los gráficos de los ensayos de penetración dinámica realizados.

3.2.- SONDEOS GEOTÉCNICOS

El día 23 de Abril de 2007, se llevo a cabo un sondeo geotécnico (S1). En dicho sondeo se alcanzó una profundidad de 17,5 m y su cota de inicio es la del vial anejo (Camino Carregal).

En dicho sondeo se ha detectado el siguiente perfil del terreno:

" Un nivel de Rellenos antrópicos, a continuación Depósitos de marisma (limos orgánicos y arenas algo limosas con gravas); en profundidad Residual de esquistos (Limos y limos arenosos) y Esquistos Grado V. Finalmente, se identifica el Sustrato Rocoso, constituido por Esquistos grado III - IV ".

A medida que avanza el sondeo, se obtienen muestras inalteradas de terreno, para su posterior identificación y caracterización en Laboratorio:

SONDEO	MUESTRA INALTERADA	COTA (en m)	MATERIAL	GOLPEOS
S1	M1	3,00-3,60	Limos orgánicos	2 / 2 / 1 / 2
S1	M2	9,00-9,60	Limos orgánicos	2 / 2 / 2 / 2

Mediante el ensayo SPT se estudia la compacidad de los depósitos de carácter granular. Los resultados obtenidos se expresan en el siguiente cuadro:

SONDEO	ENSAYO	COTA (en m)	MATERIAL	$N_{30} = N_{SPT}$
S1	SPT1	3,60-4,20	Limos orgánicos	5
S1	SPT2	6,00-6,60	Limos orgánicos	2
S1	SPT3	9,60-10,20	Limos orgánicos	6
S1	SPT4	12,00-12,60	Residual de Esquistos	25

En el Anejo 7.1 se presenta el plano de localización de los sondeos realizados.

En el Anejo 7.3 se muestra la descripción de los sondeos realizados.

En el Anejo 7.4 se presentan las fotografías del material recuperado en los sondeos.

3.4.- ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras extraídas durante la campaña de campo se trasladan al laboratorio para proceder a su identificación y caracterización.

Los ensayos ejecutados sobre las muestras de suelo son:

Preparación de muestras para los ensayos de suelos. UNE-103100

Granulometría de suelos por tamizado. UNE-103101

Densidad aparente húmeda. UNE-103301

Humedad mediante secado en estufa. UNE-103300

Límites de Atterberg. UNE-103103 / 103104

Contenido en sulfatos solubles en los suelos. UNE-103202

Acidez Baumann-Gully. EHE

Resistencia a la Compresión Simple en Suelos. UNE-103400

Los ensayos ejecutados sobre la muestra de agua freática son:

Agresividad frente al hormigón según Anejo 5, EHE

4.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

En el solar objeto de estudio se identificaron fundamentalmente cuatro niveles en el subsuelo, los cuales presentan características geotécnicas muy diferentes.

Estos cuatro niveles se corresponden con un nivel superficial de *Rellenos Heterogéneos*, con unos *Depósitos Fluvio-Marinos*, con un nivel de *Esquistos Grado V* y con el sustrato rocoso constituido por *Esquistos Grado III - IV*.

- RELLENOS HETEROGÉNEOS

Este nivel se detecta de manera superficial, con una potencia de 1,90 m en el sondeo realizado.

Están constituidos por arenas limosas beige y limos grises edafizados. Poseen una compacidad muy floja y se trata de un nivel inadecuado como cimiento de estructuras. Su excavación puede ser abordada mediante métodos mecánicos sencillos.

- DEPÓSITOS FLUVIO-MARINOS. LIMOS ORGÁNICOS – ARENAS CON GRAVAS

Bajo el nivel de Rellenos antrópicos, se presenta un nivel de limos orgánicos con gravas dispersas típicos de zona de marisma que registra un espesor de 9,6 m en el sondeo realizado.

Son de color gris oscuro a negro y despiden un olor fétido, todo ello debido a la presencia abundante de materia orgánica en descomposición. Presentan una alta plasticidad y una consistencia muy blanda. Su excavación puede ser abordada mediante métodos mecánicos sencillos tipo retroexcavadora o pala mixta.

Bajo estos limos orgánicos, encontramos un nivel aluvial de 2,45 m de espesor, en el sondeo S1, conformado por arenas algo limosas con gravas redondeadas, de color gris oscuro y limos arenosos marrón pardo con gravas y cantos redondeados.

De este nivel se tomaron varias muestras inalteradas, las cuales fueron trasladadas a laboratorio para su identificación y caracterización.

Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados son los siguientes:

CÓDIGO DE MUESTRA	07042612-MI
LOCALIZACIÓN	S1 (9,00-9,60)
<i>GRANULOMETRÍA, UNE-103101</i>	
Tamaño máx. mm	0,4
% que pasa tamiz UNE 0,08	92,2
<i>LIMITES DE ATTERBERG, UNE-103103/104</i>	
Límite Líquido UNE-103103	86,0
Límite Plástico UNE-103104	68,8
Índice de Plasticidad	17,2
<i>HUMEDAD (%), UNE-103300</i>	73,7
<i>DENSIDAD APARENTE (g/cm³), UNE-103301</i>	1,50
<i>SULFATOS SOLUBLES (cualitativa), UNE-103202</i>	Negativo
<i>GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg), Anejo 5 EHE</i>	222,2
<i>COMPRESIÓN SIMPLE EN SUELOS (Kg/cm²) UNE-103400</i>	0,48
<i>CLASIFICACIÓN Casagrande</i>	OL
<i>DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MATERIAL</i>	Limos orgánicos de alta plasticidad

- **ESQUISTOS GRADO V**

Proceden de la alteración "in situ" del sustrato rocoso subyacente, conformado por Esquistos y Filitas, pertenecientes a la Serie de Órdenes.

Son limos de color gris pardo con fragmentos de roca de baja resistencia, procedentes de la alteración de esquistos grafitosos. Presentan un espesor de 0,95 m en el sondeo realizado.

- SUSTRATO ROCOSO. ESQUISTOS GRADO III – IV

El sustrato rocoso se encuentra conformado por Esquistos grafitosos de color grisáceo que muestran un grado de alteración III – IV.

La roca se presenta con una marcada esquistosidad y muy fracturada con un espaciamiento de las discontinuidades *muy pequeño*, dando unos valores muy bajos de RQD (0 - 31,7 %) que clasifican el macizo como de *muy mala calidad a mala calidad*.

Se tomó un testigo de roca procedente del sondeo realizado, el cual fue sometido a ensayo de Resistencia a compresión simple. Los resultados obtenidos en dicho ensayo se detallan a continuación.

MUESTRA	DIÁMETRO ϕ , (cm)	ALTURA (cm)	ESBELTEZ h/ϕ	PESO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	TENSIÓN CORREGIDA (Kp/cm ²)
07042613-RO	7,24	16,36	2,26	1.718,00	2,55	297,3

5.- ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

5.1.- DATOS PRELIMINARES

En el solar objeto de estudio se han realizado dos ensayos de penetración dinámica, un sondeo geotécnico y ensayos de laboratorio, encaminados por un lado a identificar el terreno y por otro, a determinar sus características portantes a efectos de cimentación de un edificio de viviendas.

A partir de la campaña de campo realizada, se extraen las siguientes conclusiones generales, a efectos de cimentación de la obra prevista:

- A la profundidad de cimentación prevista, -3,00 m bajo la cota de inicio de las pruebas realizadas, se reconoce un nivel de Limos de color gris oscuro de consistencia muy blanda, inadmisibles como cimiento.
- Este nivel se presenta con un espesor de 8,5 m bajo la cota de cimentación, de acuerdo con lo observado en el sondeo geotécnico realizado.
- Estas pobres características que presenta el terreno en sus niveles más superficiales hace inviable la ejecución de una cimentación superficial tradicional mediante zapatas o losa de cimentación.
- El terreno de cimentación no mejora sus condiciones portantes en una profundidad intermedia, por lo que una solución mediante pozos de cimentación tampoco sería factible.
- De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se considera que la solución más recomendable para esta obra en concreto sería una cimentación profunda mediante pilotes.
- El nivel freático se identificó de manera superficial en el momento de inicio de la campaña de investigación y a - 1,0 m tras la ejecución del sondeo realizado por lo que interferirá con la excavación y cimentación previstas.

5.2.- CIMENTACIÓN PROFUNDA. PILOTES.

De la campaña de campo realizada se extrae que la solución de cimentación más recomendable corresponde con una cimentación profunda mediante pilotaje.

Los pilotes a ejecutar trabajarán fundamentalmente a punta, empotrados sobre el sustrato rocoso detectado (Esquistos Grado III-IV). La longitud de estos pilotes (sin incluir empotramiento), en función de las pruebas realizadas, se estima entre 11,0 y 12,0 m.

Para el dimensionamiento de este pilotaje se recomienda no considerar aportación de resistencia por fuste en los 8,5 primeros metros de acuerdo al sondeo realizado, dado que se encuentran conformados por Limos de muy pobres características geotécnicas y se han detectado sobre estos, un nivel de Rellenos antrópicos.

Debido a la existencia de edificios colindantes, de los que se desconoce las condiciones de cimentación no se recomienda el empleo de pilotes prefabricados, dado que la ejecución de este tipo de pilotes generaría asientos en las edificaciones colindantes debidos a la compactación de los materiales presentes (Limos y arenas), por la vibración generada en la hinca.

Los tipos de pilotes más recomendables, basándose en la NTE- "Acondicionamiento del terreno y Cimentaciones", serían los excavados o perforados y los barrenados. Los tipos de pilotes aconsejados se corresponden con pilotes in situ tipo CPI-4 ó CPI-5.

Para el dimensionamiento del pilotaje, se pueden hacer las siguientes consideraciones basándose en la NTE- "Acondicionamiento del terreno y Cimentaciones".

- *Los pilotes trabajarán fundamentalmente por punta (P).*
- *La profundidad media de los pilotes (sin incluir empotramiento), en función de los sondeos y ensayos penetrométricos realizados se establece entre 11,00 y 12,00 m, con un empotramiento de no menos de dos diámetros y medio (2,5 D).*
- *A efectos de cálculo el sustrato se clasificará como "Roca esquistosa blanda".*

Se recomienda consultar con la empresa encargada de realizar los trabajos de cimentación profunda, la resistencia estructural de sus pilotes.

5.3.- EXCAVACIÓN. MUROS PANTALLA

Para proceder al vaciado del solar, para la ejecución de los sótanos habrá que contener previamente los taludes de excavación. La posición del nivel freático y las pobres características que presentan los materiales a contener, hace que la solución de muros pantalla sea la más recomendable.

El nivel freático se ha localizado de forma superficial o subsuperficial (1,0 m), con lo que interferirá con la obra prevista.

Los materiales que se reconocen superficialmente (rellenos antrópicos), presentan una porosidad y permeabilidad elevada, por lo que la transmisividad del agua en estos materiales es grande. Se deberá prever en obra, por tanto, la existencia de medios de achique adecuados.

Debido a la alta permeabilidad de los terrenos que conforman el subsuelo objeto de estudio y, dado que la excavación se realizará por debajo del nivel freático, se comprobará la profundidad de la pantalla por consideraciones de sifonamiento o rotura del fondo de la excavación.

Con objeto de obtener un recinto lo más estanco posible, se recomienda empotrar los muros pantalla en el sustrato impermeable, para evitar problemas como: lavado de finos, sifonamientos, entrada de agua en el recinto, etc...

A partir de la campaña de campo realizada, se identifica el sustrato rocoso a una profundidad media de 14 - 15 m respecto a la superficie topográfica.

Para el cálculo de los muros de sótano se podrán aplicar los siguientes parámetros geotécnicos:

Material	Ángulo de rozamiento ψ'	Cohesión c' Tn / m ²	Densidad aparente húmeda g / cm ³
Rellenos antrópicos	22 - 24°	0,00	1,70
Depósitos Fluvio-marinos (Limos)	24 - 26°	0,00	1,50 - 1,60

6.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

Con intención de orientar a los alumnos para la ejecución de su proyecto en esta tierra de agua en el borde de la Ria de Betanzos se plantea un muestras mínimas que se puede extender linealmente. La muestra correspondiente al mínimo es de un sondeo y dos penetrométros para caracterizar un área.

La tipología de la edificación a construir es sótano + planta baja + 3 plantas + Bajo cubierta.

- Para este estudio geotécnico se estimó necesaria la ejecución de dos penetraciones dinámicas continuas (DPSH), un sondeo geotécnico y ensayos de laboratorio, encaminados por un lado a identificar el terreno y por otro, a determinar sus características portantes a efectos de cimentación.
- En el solar objeto de estudio se identificaron fundamentalmente cuatro niveles en el subsuelo, los cuales presentan características geotécnicas muy diferentes. Estos cuatro niveles se corresponden con un nivel superficial de *Rellenos Heterogéneos*, con un *Depósito Fluvio-Marino*, con un nivel de *Esquistos Grado V* y con el sustrato rocoso constituido por *Esquistos Grado III - IV*.
- A partir de la campaña de campo realizada, se extraen las siguientes conclusiones generales, a efectos de cimentación de la obra prevista:
 - A la profundidad de cimentación prevista, -3,00 m bajo la cota de inicio de las pruebas realizadas, se reconoce un nivel de Limos de color gris oscuro de consistencia muy blanda, inadmisibles como cimiento.
 - Este nivel se presenta con un espesor de 8,5 m bajo la cota de cimentación, de acuerdo con lo observado en el sondeo geotécnico realizado.
 - Estas pobres características que presenta el terreno en sus niveles más superficiales hace inviable la ejecución de una cimentación superficial tradicional mediante zapatas o losa de cimentación.
 - El terreno de cimentación no mejora sus condiciones portantes en una profundidad intermedia, por lo que una solución mediante pozos tampoco sería factible.

- De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se considera que la solución más recomendable para esta obra en concreto sería una cimentación profunda mediante pilotes.
- El nivel freático se identificó de manera superficial en el momento de inicio de la campaña de investigación y a – 1,0 m tras la ejecución del sondeo realizado por lo que interferirá con la excavación y cimentación previstas.
- Los pilotes a ejecutar trabajarán fundamentalmente a punta, empotrados sobre el sustrato rocoso detectado (Esquistos Grado III – IV).
- Para el dimensionamiento de este pilotaje se recomienda no considerar aportación de resistencia por fuste en los 8,5 primeros metros de acuerdo al sondeo realizado, dado que se encuentran conformados por Limos de muy pobres características geotécnicas y se han detectado sobre estos, un nivel de Rellenos antrópicos.
- Los tipos de pilotes más recomendables, basándose en la NTE- “Acondicionamiento del terreno y Cimentaciones”, serían los excavados o perforados y los barrenados. Los tipos de pilotes aconsejados se corresponden con pilotes in situ tipo CPI-4 ó CPI-5.
- Para el dimensionamiento del pilotaje, se pueden hacer las siguientes consideraciones basándose en la NTE- “Acondicionamiento del terreno y Cimentaciones”.

CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL PILOTAJE SEGÚN NTE:

- *Los pilotes trabajarán fundamentalmente por punta (P).*
- *La profundidad media de los pilotes (sin incluir empotramiento), en función de los sondeos y ensayos penetrométricos realizados se establece entre 11,00 y 12,00 m, con un empotramiento de no menos de dos diámetros y medio (2,5 D).*
- *A efectos de cálculo el sustrato se clasificará como “Roca esquistosa blanda”.*
- *Se recomienda consultar con la empresa encargada de realizar los trabajos de cimentación profunda, la resistencia estructural de sus pilotes.*

- Para proceder al vaciado del solar, para la ejecución de los sótanos habrá que contener previamente los taludes de excavación. La posición del nivel freático y las pobres características que presentan los materiales a contener, hace que la solución de muros pantalla sea la más recomendable.
- Los materiales que se reconocen superficialmente (rellenos antrópicos), presentan una porosidad y permeabilidad elevada, por lo que la transmisividad del agua en estos materiales es grande. Se deberá prever en obra, por tanto, la existencia de medios de achique adecuados.
- Debido a la alta permeabilidad de los terrenos que conforman el subsuelo objeto de estudio y, dado que la excavación se realizará por debajo del nivel freático, se comprobará la profundidad de la pantalla por consideraciones de sifonamiento o rotura del fondo de la excavación.
- Con objeto de obtener un recinto lo más estanco posible, se recomienda empotrar los muros pantalla en el sustrato impermeable, para evitar problemas como: lavado de finos, sifonamientos, entrada de agua en el recinto, etc...
- A partir de la campaña de campo realizada, se identifica el sustrato rocoso a una profundidad media de 14 - 15 m respecto a la superficie topográfica.
- Para el cálculo de los muros de sótano se podrán aplicar los siguientes parámetros geotécnicos:

Material	Ángulo de rozamiento ψ'	Cohesión c' Tn / m ²	Densidad aparente húmeda g / cm ³
Rellenos antrópicos	22 - 24°	0,00	1,70
Depósitos Fluvio-marinos (Limos)	22 - 24°	2,00	1,50 - 1,80

- La norma de Construcción Sismorresistente: NCSE-02, no es de obligada aplicación, pudiéndose realizar el cálculo estructural sin tener en cuenta los esfuerzos debidos a la sismicidad.

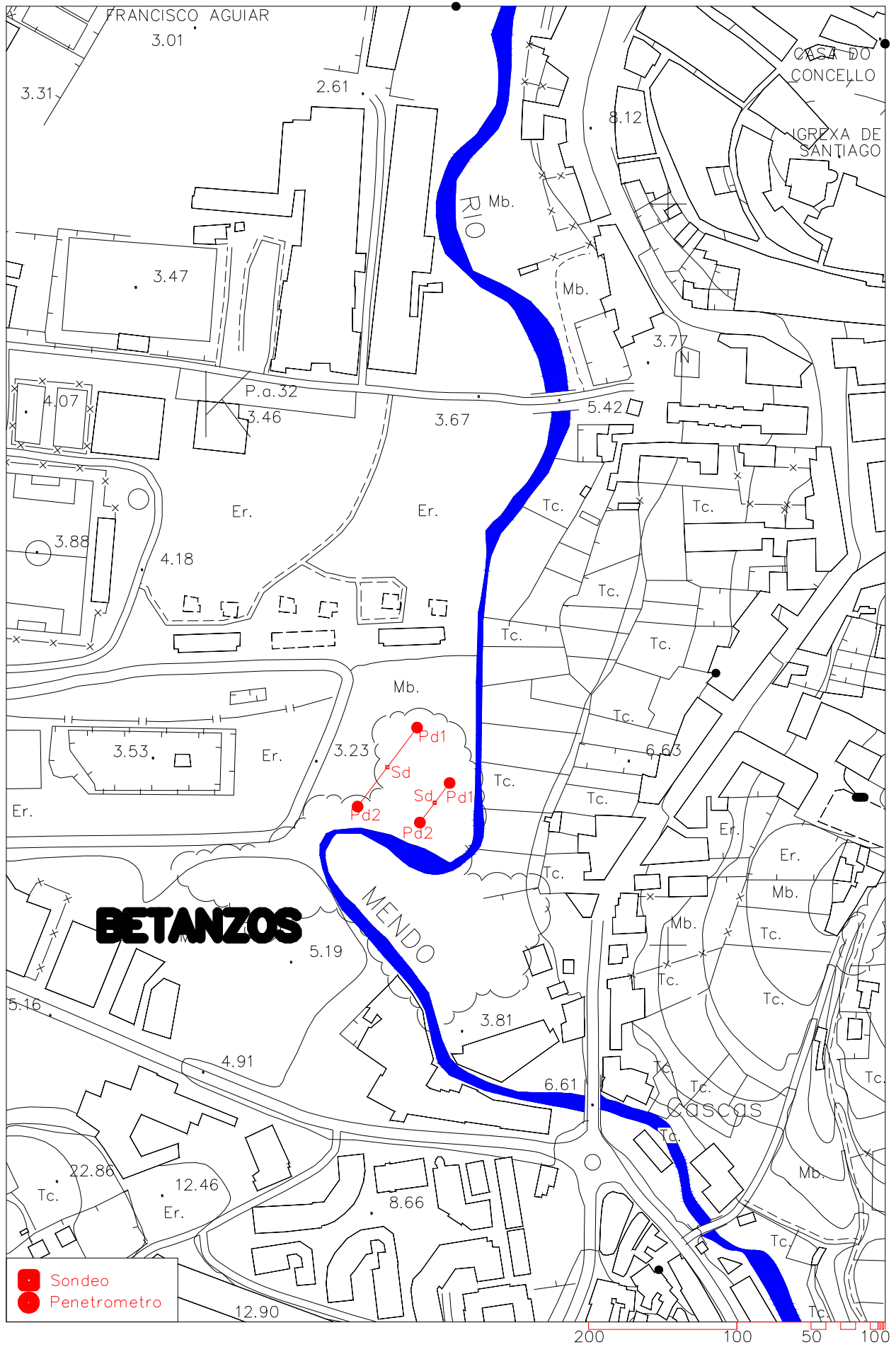
- La información suministrada por la campaña de reconocimientos, es sólo totalmente fidedigna en los puntos explorados y en la fecha de su ejecución, de modo que su extrapolación al resto del terreno objeto de estudio no es más que una interpretación razonable según el estado actual de la técnica. En consecuencia, conviene que al inicio de la construcción, algún técnico confirme que el subsuelo (terreno y agua) hallado esta en consonancia con lo expuesto en este Informe Geotécnico.

JEFE DE ÁREA

DIRECTOR TÉCNICO

7.- ANEJOS

7.1. LOCALIZACIÓN DE PROSPECCIONES

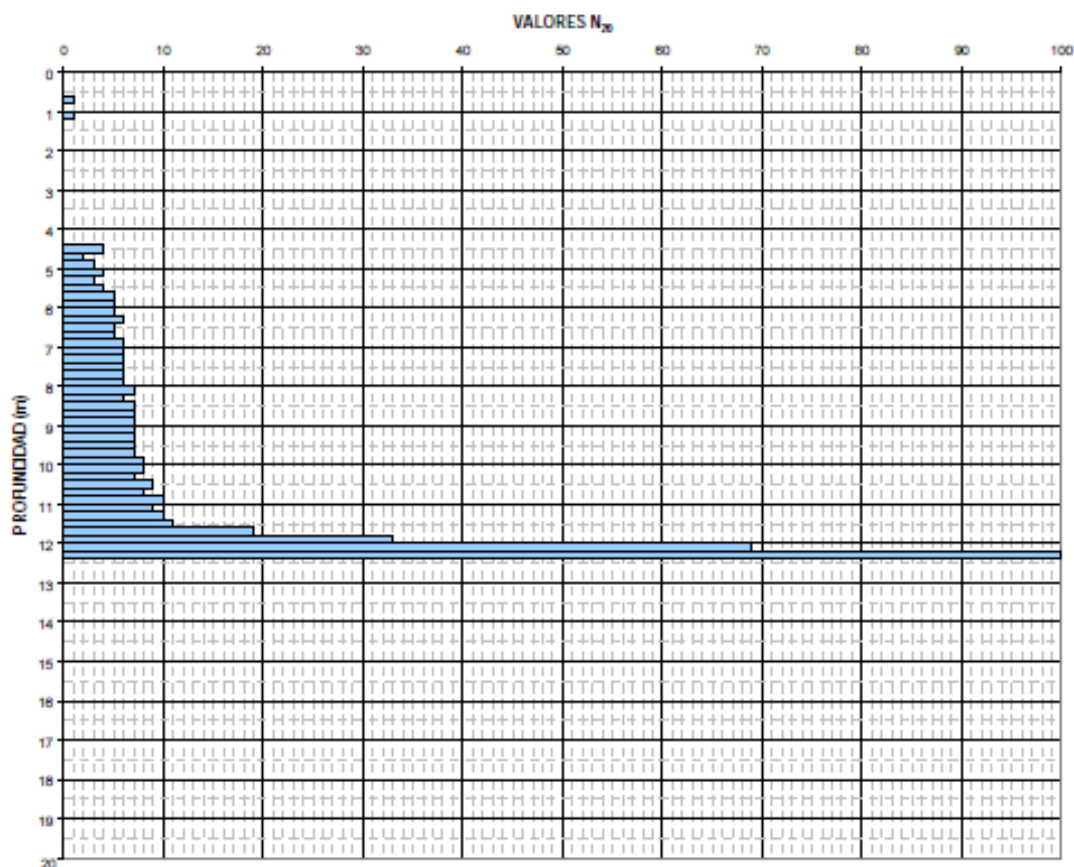


7.2. GRÁFICOS DE PENETRACIÓN

PRUEBA DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH. UNE 103-801-94

DENOMINACION:	ESTUDIO GEOTECNICO EDIFICIO DE VIVIENDAS	ENSAYO:	PD1
UBICACION:	Avda. de Fraga Iribarne y Camino Carregal, Betanzos (A Coruña)	FECHA:	30/03/07
COTA:	La del terreno en el momento de la investigación	N. FREATICO:	Superficie

GOLPEOS (N ₂₀)									
0 - 2 m	2 - 4 m	4 - 6 m	6 - 8 m	8 - 10 m	10 - 12 m	12 - 14 m	14 - 16 m	16 - 18 m	18 - 20 m
0,0-0,2	0	2,0-2,2	0	4,0-4,2	0	6,0-6,2	6	8,0-8,2	7
0,2-0,4	0	2,2-2,4	0	4,2-4,4	0	6,2-6,4	8	8,2-8,4	8
0,4-0,6	0	2,4-2,6	0	4,4-4,6	4	6,4-6,6	6	8,4-8,6	7
0,6-0,8	1	2,6-2,8	0	4,6-4,8	2	6,6-6,8	6	8,6-8,8	7
0,8-1,0	0	2,8-3,0	0	4,8-5,0	3	6,8-7,0	8	8,8-9,0	7
1,0-1,2	1	3,0-3,2	0	5,0-5,2	4	7,0-7,2	8	9,0-9,2	7
1,2-1,4	0	3,2-3,4	0	5,2-5,4	3	7,2-7,4	8	9,2-9,4	7
1,4-1,6	0	3,4-3,6	0	5,4-5,6	4	7,4-7,6	8	9,4-9,6	7
1,6-1,8	0	3,6-3,8	0	5,6-5,8	6	7,6-7,8	8	9,6-9,8	7
1,8-2,0	0	3,8-4,0	0	5,8-6,0	6	7,8-8,0	8	9,8-10,0	8

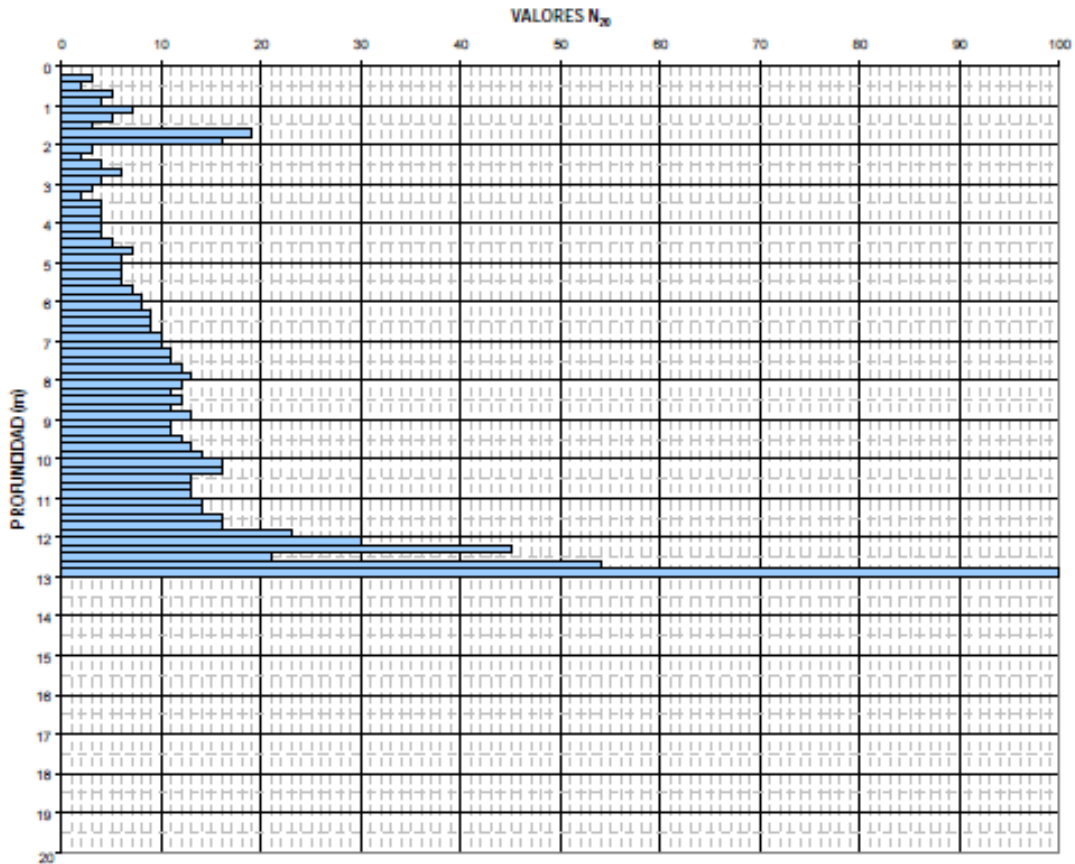


PRUEBA DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH. UNE 103-801-94

DENOMINACION: ESTUDIO GEOTECNICO EDIFICIO DE VIVIENDAS
 UBICACIÓN: Avda. de Fraga Iribarne y Camino Carregal, Betanzos (A Coruña)
 COTA: La del terreno en el momento de la investigación

ENSAYO: PD2
 FECHA: 30/03/07
 N. FREATICO: Superficie

GOLPEOS (N ₆₀)									
0 - 2 m	2 - 4 m	4 - 6 m	6 - 8 m	8 - 10 m	10 - 12 m	12 - 14 m	14 - 16 m	16 - 18 m	18 - 20 m
0,0-0,2	0	2,0-2,2	3	4,0-4,2	4	5,0-5,2	8	5,0-5,2	12
0,2-0,4	3	2,2-2,4	2	4,2-4,4	4	5,2-5,4	8	5,2-5,4	11
0,4-0,6	2	2,4-2,6	4	4,4-4,6	6	5,4-5,6	8	5,4-5,6	12
0,6-0,8	6	2,6-2,8	8	4,6-4,8	7	5,6-5,8	8	5,6-5,8	11
0,8-1,0	4	2,8-3,0	4	4,8-5,0	8	5,8-7,0	10	8,8-9,0	13
1,0-1,2	7	3,0-3,2	3	5,0-5,2	8	7,0-7,2	10	9,0-9,2	11
1,2-1,4	6	3,2-3,4	2	5,2-5,4	8	7,2-7,4	11	9,2-9,4	11
1,4-1,6	3	3,4-3,6	4	5,4-5,6	8	7,4-7,6	11	9,4-9,6	12
1,6-1,8	18	3,6-3,8	4	5,6-5,8	7	7,6-7,8	12	9,6-9,8	13
1,8-2,0	16	3,8-4,0	4	5,8-6,0	8	7,8-8,0	13	9,8-10,0	14



7.3.- DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL SONDEO

PROF. TOTAL: 17,50 m COORDENADAS: X: Y: Z:										SONDEO: S1													
DATOS GENERALES DEL SONDEO REALIZADO				ENSAYOS "IN SITU"			CARACTERÍSTICAS			ENSAYOS DE LABORATORIO													
φ mm	TIPO PERFORACIÓN	NIVEL PREFIENCO	PROFUNDIDAD	DOTA, m/m	ESPESOR DEL ESTRATO, m/m	COLUMNA LITOLÓGICA	NATURALEZA DEL TERRENO	MUESTRAS Y ENSAYOS (1)		SPT / MUESTRA INALTERADA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	LÍMITES ATTERBERG		HUMEDAD, w, en %	DENSIDAD APARENTE SECA, en g/cm ³	COMPRESIÓN SIMPLE SUELOS (q _u), en kgf/cm ²	COMPRESIÓN SIMPLE ROCAS (P _u), en kgf/cm ²	CORTE DIRECTO	COORDENADAS X			
								Tipos (2)	Profundidad, m/m	MP (Cabeza) / 5 cm	15		30	45						60	Mo	Wp	W _L
96	Y	100 m	11,00	11,60	9,60		Limos orgánicos de alta plasticidad con gravas dispersas. Consistencia muy blanda. De color gris oscuro a negro, elástico.																
			12,00	11,95	0,45		Arenas algo limosas, de color gris oscuro, con gravas redondeadas.																
			13,00	12,70	0,25		Limos gris oscuro compactos de plasticidad media.																
			14,00	13,95	1,25		Limos arenosos de color marfil - pardo, con gravas y carbos redondeados. De plasticidad media - baja y compacidad media.																
			15,00	14,90	0,95		Esquistos Grises de alteración Y. Limos arenosos con fragmentos de rocas de resistencia débil.																
			16,00																				
			17,00																				
			18,00																				
			19,00																				
			20,00																				
FIN DEL SONDEO A 17,50 m																							
11 - TIPO DE PERFORACIÓN										12 - MUESTRAS Y ENSAYOS													
W - WICIA D - DIAMANTE										TR - TESTIGO ROCA TP - TESTIGO PAFARMADO													
SPT - ENSAYO PENETRACIÓN STANDARD MI - MUESTRA INALTERADA										MA - MUESTRA ALTERADA SH - MUESTRA SHELLEY													
										DIRECTOR TÉCNICO													
										JEFE DE AREA													

7.4.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍAS DEL MATERIAL EXTRAÍDO EN EL SONDEO
SONDEO S1



Foto 2: Sondeo S1 de 0,00 m a 3,00 m.



Foto 3: Sondeo S1 de 3,00 m a 7,00 m.



Foto 4: Sondeo S1 de 7,00 m a 11,30 m.



Foto 5: Sondeo S1 de 11,30 m a 14,80 m.



Foto 6: Sondeo S1 de 14,80 m a 17,50 m.

7.5.- ENSAYOS DE LABORATORIO

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra 07042612-MI:

- Toma de muestra: Sondeo S1 (9,00-9,60 m.).
- Localización: Avda. Fraga Iribarne y Camino Carregal, Betanzos (A Coruña).
- Fecha de toma de muestra: 23-Abril-2007.
- Fecha de entrada de la muestra al laboratorio: 26-Abril-2007.
- Descripción: Muestra inalterada de suelo.
- Ensayos a realizar:
 - Preparación de muestras para los ensayos de suelos (UNE 103 100)
 - Humedad mediante secado en estufa (UNE 103 300)
 - Densidad aparente húmeda (UNE 103 301)
 - Granulometría por tamizado (UNE 103 101)
 - Límites de Atterberg (UNE 103 103 y UNE 103 104)
 - Determinación cualitativa del contenido en sulfatos (UNE 103 202)
 - Acidez Baumann-Gully (EHE)
 - Resistencia a Compresión Simple en Suelo (UNE 103 400)

Muestra 07042613-RO:

- Toma de muestra: Sondeo S1 (15,80-16,00 m.).
- Localización: Avda. Fraga Iribarne y Camino Carregal, Betanzos (A Coruña).
- Fecha de toma de muestra: 23-Abril-2007.
- Fecha de entrada de la muestra al laboratorio: 26-Abril-2007.
- Descripción: Testigo de roca.
- Ensayos a realizar:
 - Resistencia a Compresión Simple en Roca (UNE 22950)

Muestra 07033003-A:

- Toma de muestra: Superficial.
- Localización: Avda. Fraga Iribarne, Betanzos (A Coruña).
- Fecha de toma de muestra: 30-Marzo-2007.
- Fecha de entrada de la muestra al laboratorio: 30-Marzo-2007.
- Descripción: Agua freática.
- Ensayos a realizar:
 - Agresividad (EHE)

JEFE DE ÁREA

DIRECTOR TÉCNICO

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

1.- SUELO

MUESTRA		07042612-MI
LOCALIZACIÓN		S1 (9,00-9,60)
LÍMITES UNE 103 103/104	Límite Líquido: Límite Plástico: Índice de plasticidad:	86,0 68,8 17,2
DENSIDAD AP. HÚMEDA UNE 103 301		1,50 g/cm ³
HUMEDAD UNE 103 300		73,7 %
COMPRESIÓN SIMPLE UNE 103 400	Densidad seca:	0,86 g/cm ³
	Humedad:	76,9 %
	Rotura:	0,48 kg/cm ²
SULFATOS UNE 103 202		Negativo
CLASIFICACIÓN DE CASAGRANDE		OL

GRADO DE AGRESIVIDAD (según Anejo 5 de EHE).

MUESTRA	07042612-MI	DÉBIL	MEDIA	FUERTE
ACIDEZ BAUMANN-GULLY	222,2 ml/kg	> 20		
GRADO DE AGRESIVIDAD	La muestra es de agresividad débil para el hormigón			

2.- ROCA

MUESTRA	DIÁMETRO ϕ (cm)	ALTURA (cm)	ESBELTEZ h/ ϕ	PESO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	TENSIÓN CORREG. (kp/cm ²)
07042613-RO	7,24	16,36	2,26	1718,00	2,55	297,3

3.- AGUA

MUESTRA	07033003-A	DEBIL	MEDIO	FUERTE
VALOR DEL PH	7,10	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5
MAGNESIO	8,4 mg/l	300-1000	1000-3000	>3000
AMONIO	Ausencia	15-30	30-60	>60
SULFATO	14,6 mg/l	200-600	600-3000	>3000
CO₂	7,9 mg/l	15-40	40-100	>100
SÓLIDOS DISUELTOS	180,0 mg/l	75-150	50-75	<50
GRADO DE AGRESIVIDAD	El agua no es agresiva para el hormigón.			

ENSAYO DE ROTURA A COMPRESION SIMPLE UNE 103-400-93

Nº DE EXPEDIENTE: 07033003 Nº DE MUESTRA: 07042612-MI

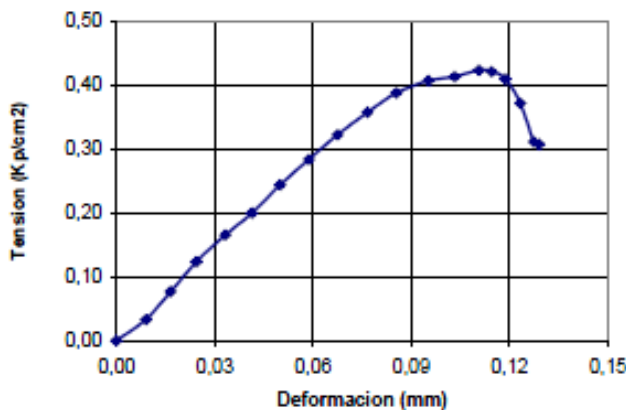
Fecha de ensayo: 22/5/07 Cota: S1 (9,00-9,60 m.)

Velocidad de ensayo: 1,00 mm/min

Diámetro(cm)	5,85
Sección (cm ²)	26,88
Altura (cm)	13,2
Volumen (cm ³)	354,8

Peso (gr)	537,6
Densidad (g/cm ³)	1,52

TIEMPO	CARGA AXIAL	DEFORMACION	% DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	1-ε	SECCIÓN CORREGIDA	TENSION en
Segundos	en Tn	en mm		ε		en cm ²	Kp/cm ²
0	0,0000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,0009	1,206	0,91	0,01	0,99	27,13	0,03
40	0,0021	2,185	1,66	0,02	0,98	27,33	0,08
60	0,0034	3,232	2,45	0,02	0,98	27,55	0,12
80	0,0046	4,392	3,33	0,03	0,97	27,80	0,17
100	0,0058	5,472	4,15	0,04	0,96	28,04	0,20
120	0,0069	6,607	5,01	0,05	0,95	28,29	0,24
140	0,0081	7,758	5,88	0,06	0,94	28,56	0,28
160	0,0093	8,918	6,76	0,07	0,93	28,83	0,32
180	0,0104	10,129	7,67	0,08	0,92	29,11	0,36
200	0,0114	11,288	8,56	0,09	0,91	29,39	0,39
220	0,0121	12,577	9,53	0,10	0,90	29,71	0,41
240	0,0124	13,642	10,33	0,10	0,90	29,98	0,41
260	0,0128	14,609	11,07	0,11	0,89	30,22	0,42
270	0,0128	15,122	11,46	0,11	0,89	30,36	0,42
280	0,0125	15,677	11,88	0,12	0,88	30,50	0,41
290	0,0114	16,279	12,33	0,12	0,88	30,66	0,37
300	0,0096	16,822	12,74	0,13	0,87	30,80	0,31
304	0,0095	17,048	12,92	0,13	0,87	30,86	0,31



Muestra: 07042612-MI

ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELO UNE 103-101-95

Nº DE EXPEDIENTE: 07033003 Nº DE MUESTRA: 07042612-MI

Fecha de ensayo: 15/05/07 Cota: S1 (9,00-9,60 m.)

A	Cantidad inicial	278,3
B	Gruesos sin lavar	0,0
C	Gruesos lavados	0,0
$D=(B-C) \cdot 100/B$	% de perdida por lavado	0,0
$E=(A-C) \cdot f$	Fracción fina seca total	275,9
F=C+E	Muestra total seca	275,9
G	Fraccion fina ensayada secada al aire	111,8
$H=G \cdot f$	Fraccion fina ensayada seca	110,9

Humedad higroscópica		
$t=100/(100+h)$	Factor de correccion por humedad higroscopica	0,9916
$h=(a/s) \cdot 100$	Humedad higroscopica	0,85
a	Agua	0,3
t+s+a	Tara+suelo+agua	65,9
t+s	Tara+suelo	65,6
t	Tara	31,6
s	Suelo	34,0

E/H	2,49
-----	------

TAMICES UNE	RETENIDO ENTRE TAMICES		PASA	
	grs. en parte fina ensayada	grs. en muestra total	grs.	%
100			275,9	100,0
80			275,9	100,0
63			275,9	100,0
50			275,9	100,0
40			275,9	100,0
25			275,9	100,0
20			275,9	100,0
12,5			275,9	100,0
10			275,9	100,0
5			275,9	100,0
2			275,9	100,0
0,4	0,3	0,7	275,2	99,7
0,16	4,2	10,5	264,7	95,9
0,08	4,1	10,2	254,5	92,2

