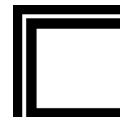


## **12. 5 – ANEXO V: INFORME GEOTÉCNICO**



## INFORME GEOTÉCNICO

---

Intervienen en el presente estudio geotécnico los siguientes agentes conocidos a fecha de su redacción:

PROMOTOR: **XUNTA DE COMPENSACIÓN S-15 TRAVESÍA DO PORTO SUR**, con N.I.F. V 70.109.053 y con domicilio en Praza da Citarra, N.3 – Bajo – 36.004 Pontevedra.

ARQUITECTOS: **CID – RIVADULLA ARQUITECTOS, S.L.P.** con C.I.F. B 15.434.731 y domicilio en Rúa do Penedo, 30 – bajo A en Santiago de Compostela.  
Arquitectos habilitados: **Don MANUEL CID RODRÍGUEZ**, Arquitecto colegiado con el nº 897 del Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia y **Don JAVIER RIVADULLA MONTAÑA**, Arquitecto colegiado con el nº 1553 del Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia.

Se realiza el presente Estudio Geotécnico con la finalidad de recabar las características del terreno en sus diferentes niveles para la urbanización del Sector S-15 – Travesía do Porto Sur sito en la población de O Milladoiro, Ames (A Coruña), así como para proceder al análisis, dimensionado y elección de los cimientos adecuados.

### 1.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Para la redacción del presente informe se ha tenido acceso a tres estudios geotécnicos realizados en el ámbito de la urbanización cuyos resultados sirven de base para el presente informe.

El ámbito de este estudio abarca la totalidad del ámbito que se pretende urbanizar, denominado S-15 Travesía do Porto Sur, con una superficie total de **52.098,92m<sup>2</sup>**.

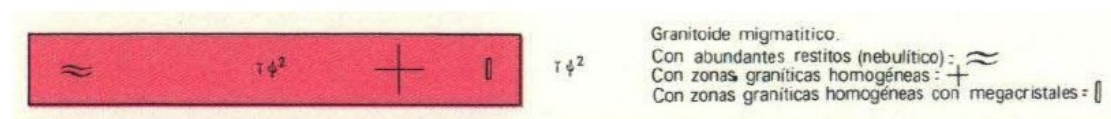
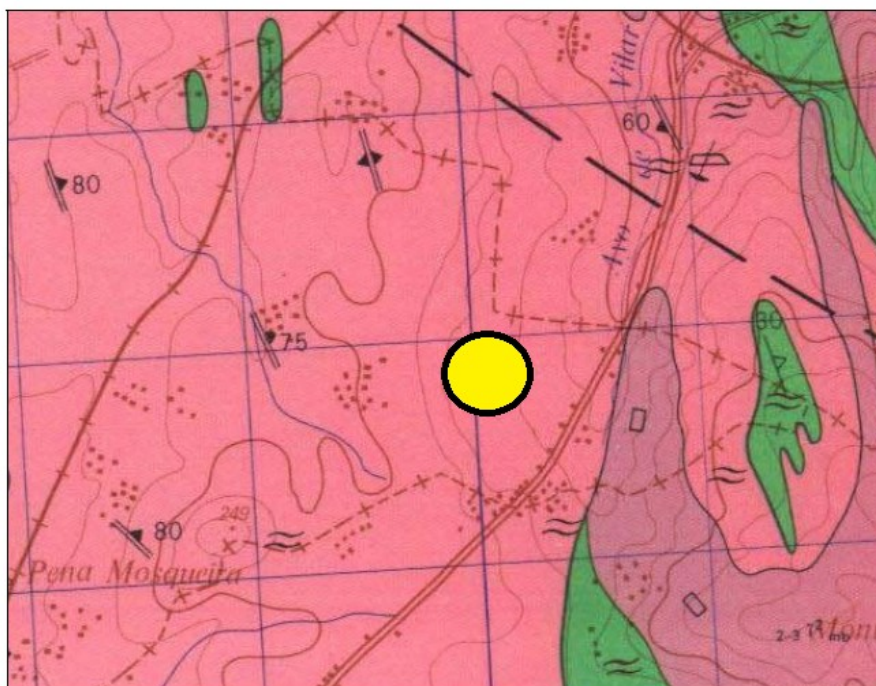
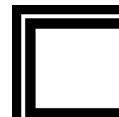
Todas las cotas del presente estudio están referidas a la superficie actual del terreno a cota 0,00 m.

Según la clasificación del Código Técnico de la Edificación y a efectos de reconocimiento del terreno se considera que se trata de una construcción del tipo C-1 y un terreno de tipo T-1.

### 2.- ENTORNO GEOLÓGICO

El área de estudio se encuentra cartografiada geológicamente dentro de las hojas siguientes: Hoja 7: Santiago de Compostela, escala 1:200.000 y Hoja 94: Santiago de Compostela, escala 1:50.000, pertenecientes ambas al Plan Magna del I.G.M.E.

Geológicamente, la zona de estudio se sitúa en la zona Galicia media - Tras os Montes definida por Matte (1968) dentro del Dominio Migmatítico y de las rocas graníticas (Grupo de Laxe).



Los materiales presentes en la zona de estudio corresponden con granitoides migmatíticos, los cuales proceden de la migmatización de las formaciones sedimentarias y ortogneises glandulares del “Dominio migmatítico y de las rocas graníticas. Grupo de Lage” fundamentalmente.

Estas rocas presentan un carácter inhomogéneo en afloramiento y son frecuentes entre estas, enclaves y restitos de la roca original. Las rocas agrupadas en este grupo corresponden frecuentemente con granitoides con desestructuración total a escala microscópica y composición bastante homogénea.

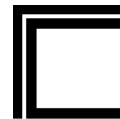
La mineralogía fundamental consta de cuarzo, microclima, plagioclasa, biotita y moscovita. Entre los accesorios figuran sillimanita, apatito, circón, opacos y rutilo. Puede aparecer granate y posiblemente berilo.

## 2.1.- Formaciones Geológicas. Litologías

En la parcela objeto de estudio se reconoce la presencia de un sustrato rocoso conformado por Granito (granitoide s.s.) con un elevado grado de alteración (IV a IV - III o superior).

De forma lateral y sobre este se reconocen elevados grados de alteración en transición a suelo o alterado a suelo prácticamente en su totalidad, esto es Granito Grado V - IV o V, conformado por Arenas algo limosas con variable presencia de fragmentos de roca.

Superficialmente se reconoce un nivel de Tierra vegetal.



## 2.2.- Hidrogeología.

Las características hidrogeológicas de la zona están fuertemente condicionadas por la litología y tectónica de los materiales existentes.

Los materiales que conforman el sustrato rocoso (granitoides) tienen una permeabilidad primaria prácticamente nula y dado que se alteran a materiales detríticos finos su permeabilidad secundaria es bastante baja. Dicha permeabilidad sólo aumenta a favor de las discontinuidades, en su mayor parte de origen tectónico.

Tras la ejecución de los sondeos programados se instaló tubería piezométrica con objeto de reconocer la posible situación de niveles de agua libre y, en su caso, ser posible su muestreo.

Se reconoció la presencia de un nivel de agua libre a una profundidad de 6,90 m

Para determinar su agresividad frente al hormigón según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE). De acuerdo a los resultados obtenidos el agua se considera No agresiva al hormigón.

Atendiendo a su granulometría y en relación con la tabla D.28 del CTE SE-C se estima para los niveles de Arenas algo limosas una permeabilidad en el intervalo  $10^{-5}$  -  $10^{-9}$  m/s.

## 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:

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

dónde:

$a_b$  = Aceleración sísmica básica

$\rho$  = Coeficiente adimensional de riesgo

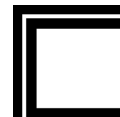
$S$  = Coeficiente de amplificación del terreno

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  $a_c < 0,04$  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**

Se ha observado la información geotécnica de varios proyectos e informes geotécnicos desarrollados en el mismo ámbito y en el entorno para los que se estimó necesaria la ejecución de una campaña de ensayos de penetración dinámica continua y sondeos geotécnicos. Se presenta un muestrario general de once ensayos de penetración y cuatro sondeos geotécnicos.

Para todos estos reconocimientos de campo se tomó su situación espacial (x, y) sobre el plano de la zona facilitado. Las cotas de inicio (z) de estas pruebas se tomaron de forma relativa.

El resultado de los ensayos de campo se complementó con la ejecución de ensayos de laboratorio con el fin de identificar y caracterizar los materiales constituyentes del subsuelo.

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

#### **3.1.- Ensayos de Penetración Dinámica (DPSH)**

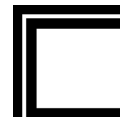
Los ensayos penetrométricos realizados se hicieron siguiendo la normativa UNE 103801-94 con un penetrómetro marca Rolatec ML-76 A.

El ensayo consiste en la hinca 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<sup>2</sup>, 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.

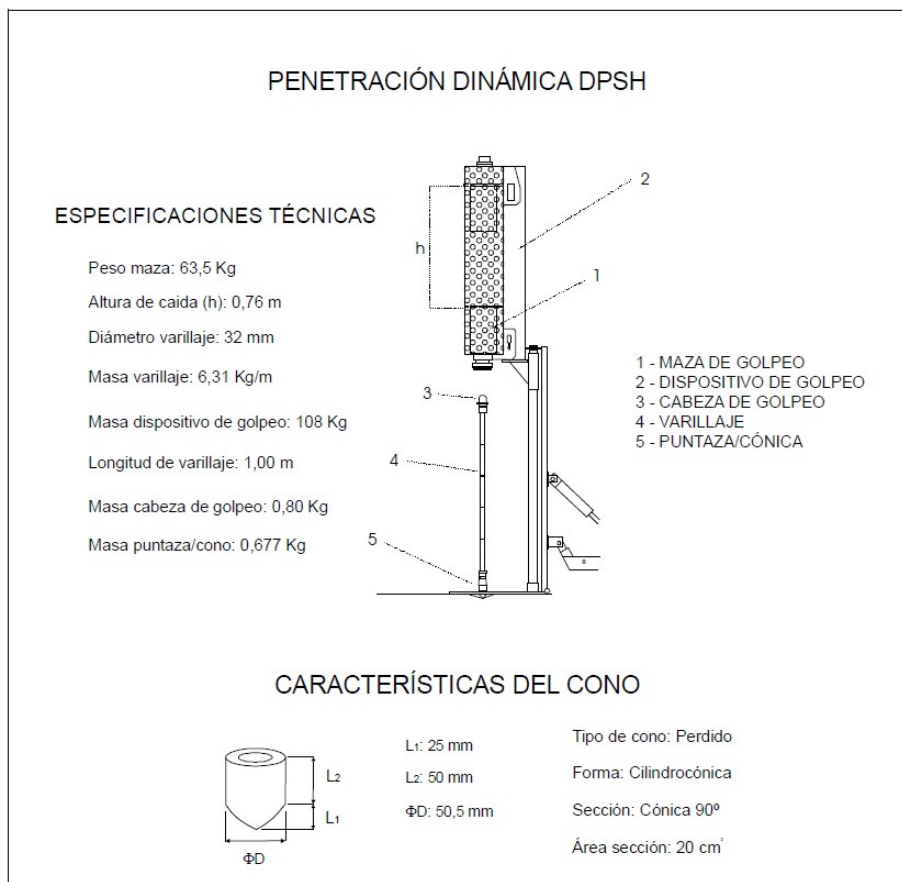
La puntaza penetra en el terreno determinándose el número de golpes necesarios para hincarla 20 cm.

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.



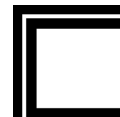
Con los datos obtenidos se construye un gráfico en el que se reflejan en ordenadas crecientes hacia abajo, la profundidad de investigación y en abscisas crecientes hacia la derecha los golpes por cada tramo de 20 cm de penetración.



En la tabla siguiente se expone la profundidad alcanzada en cada uno de los ensayos de penetración realizados así como su cota relativa de inicio:

ENSAYO	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6
COTA INICIO (m)	+223,36	+223,07	+223,30	+222,69	+222,77	+222,29
PROFUNDIDAD (m)	1,2	1,2	1,4	1,2	2,6	2,8

ENSAYO	PD7	PD8	PD9	PD10	PD11
COTA INICIO (m)	+221,66	+221,61	+221,00	+221,06	+220,33
PROFUNDIDAD (m)	2,2	2,2	3,6	3,6	3,2



### 3.2.- Sondeos geotécnicos

Se llevó a cabo la ejecución de cuatro sondeos geotécnicos en la zona objeto de estudio.

Las profundidades alcanzadas en dichos sondeos así como su cota relativa de inicio son las siguientes:

ENSAYO	S1	S2	S3	S4
COTA INICIO (m)	+223,76	+222,65	+222,24	+220,06
PROFUNDIDAD (m)	9,05	8,08	11,00	9,00

El perfil del terreno identificado en dichos sondeos sería el siguiente:

**Sondeo S1.** “Bajo un nivel superficial de Tierra vegetal se reconocen Granitos alterados en Grado V conformados por Arenas algo limosas con gravilla”.

**Sondeo S2.** “De forma superficial se reconoce un nivel de Tierra vegetal bajo el que se detectan Granitos Grado V - IV (Arenas algo limosas con fragmentos de roca tamaño grava) con un escaso tramo alterado en Grado IV (Fragmentos de roca heterométricos y arenas algo limosas)”.

**Sondeo S3.** “En superficie se presenta un nivel de Tierra vegetal bajo el que se identifican Granitos alterados en Grado V (Arenas algo limosas con gravilla). En profundidad se reconoce el Sustrato rocoso propiamente dicho conformado por Granitos alterados en Grado IV”.

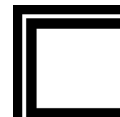
**Sondeo S4.** “Inicialmente se reconoce un nivel de Tierra vegetal bajo el que se presentan Granitos alterados en Grado V - IV (Arenas algo limosas con escasos fragmentos de roca). En profundidad se presenta el Sustrato rocoso conformado por Granitos alterados en Grado IV a IV-III”.

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 <sub>30</sub> = N <sub>SPT</sub>
S1	SPT1	1,57 - 2,01	Granito Grado V. Arenas algo limosas	R
S1	SPT2	4,80 - 4,94	Granito Grado V. Arenas algo limosas	R
S1	SPT3	9,00 - 9,05	Granito Grado V. Arenas algo limosas	R
S2	SPT1	1,09 - 1,18	Granito Grado V - IV. Arenas algo limosas	R
S2	SPT2	4,20 - 4,30	Granito Grado V - IV. Arenas algo limosas	R
S2	SPT3	8,00 - 8,08	Granito Grado V - IV. Arenas algo limosas	R
S3	SPT1	1,60 - 2,20	Granito Grado V. Arenas algo limosas	44
S3	SPT2	4,20 - 4,46	Granito Grado V. Arenas algo limosas	R
S4	SPT1	1,60 - 2,20	Granito Grado V - IV. Arenas algo limosas	37





A medida que avanzan los sondeos en profundidad se toman muestras inalteradas del terreno para su estudio en Laboratorio. En estos sondeos se han tomado las siguientes muestras:

SONDEO	MUESTRA INALTERADA	COTA (en m)	MATERIAL	GOLPEOS
S1	MI1	1,00 - 1,57	Granito Grado V. Arenas algo limosas	41 / 46 / 46 / 50
S2	MI1	1,00 - 1,09	Granito Grado V - IV. Arenas algo limosas	50 R
S3	MI1	1,00 - 1,60	Granito Grado V. Arenas algo limosas	22 / 23 / 28 / 31
S4	MI1	1,00 - 1,60	Granito Grado V - IV. Arenas algo limosas	16 / 24 / 25 / 36

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

### 3.3.- Ensayos de laboratorio

Las muestras inalteradas de suelo, la muestra de agua y los testigos de roca extraídos durante la campaña de campo se trasladan al laboratorio para proceder a su caracterización e identificación.

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

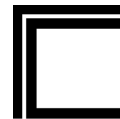
Los ensayos realizados sobre el testigo de roca son los descritos a continuación:

- Resistencia a la Carga Puntual UNE-2950-5

Los ensayos ejecutados sobre la muestra de agua freática son:

- Determinación del pH. Método potenciométrico. UNE 83952
- Determinación del contenido en ión amonio. UNE 83954
- Determinación del contenido en ión magnesio. UNE 83955
- Determinación del contenido en ion sulfato. UNE 83956
- Determinación del residuo seco. UNE 83957
- Determinación del contenido en CO2 agresivo en el agua. UNE-EN 13577





## **4.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA**

La parcela sobre la que se ha realizado el estudio presenta fundamentalmente tres niveles en el subsuelo los cuales presentan características geotécnicas diferenciales.

Estos niveles se corresponden con el nivel superficial de Tierra vegetal, con Arenas algo limosas con gruesos (Granito Grado V y V - IV) y con un Sustrato rocoso con elevado grado de alteración (Granito Grado IV y IV - III).

### **Nivel Geotécnico 1 (Suelos Flojos)**

Este nivel se detecta superficialmente en la parcela objeto de estudio con un espesor bastante regular de unos 0,3 metros.

Se trata de arenas limosas de color marrón oscuro con abundantes restos vegetales.

Sus características geotécnicas son muy pobres. Atendiendo a su elevada compresibilidad este nivel se descarta como sustrato de cimentación.

Su excavación es sencilla mediante medios mecánicos convencionales tipo retroexcavadora o pala mixta.

### **Nivel Geotécnico 2 (Suelos de Compacidad Media a Densa)**

Se trata de niveles procedentes de la alteración in situ del sustrato rocoso, prácticamente en su totalidad transformados a suelo. Corresponden con Arenas algo limosas con gravilla en el caso del material definido como Grado V y de Arenas algo limosas con fragmentos de roca heterométricos (gravilla a canto) en el caso del Grado V - IV.

Muestran un color generalmente pardo o pardo grisáceo, plasticidad reducida o nula y compacidad generalmente media a densa superficialmente (en el Grado V) y densa a muy densa en el resto.

Este nivel es excavable mediante métodos mecánicos sencillos tipo retroexcavadora o pala mixta.

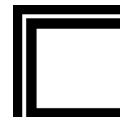
De este nivel se tomaron varias muestras inalteradas en los sondeos realizados, las cuales fueron trasladadas a laboratorio para su identificación y caracterización.

### **Nivel Geotécnico 3 (Sustrato Rcoso)**

Se trata de un granito de grano medio, color pardo y parcialmente alterado a condición de suelo (Arenas algo limosas y gravilla) en un porcentaje de entre 10 y 25 %.

Se reconoce con un grado de fracturación elevado, habiéndose registrado en los sondeos valores de RQD entre 0 y 15 %, clasificando el macizo como de Muy mala calidad.

De este nivel se tomaron varios fragmentos de roca los cuales fueron trasladados a laboratorio para su ensayo a resistencia a carga puntual.



## 5.- CIMENTACIÓN

### 5.1.- Datos previos

Fijamos como criterio previo la cimentación a una profundidad mínima de 0,80 m respecto a la topografía actual del terreno con objeto de retirar el espesor de Tierra vegetal y los materiales de alteración del granito más descomprimidos.

A esta profundidad mínima, los elementos de cimentación se empotrarán y transmitirán su carga al nivel de Granito Grado V o V - IV (Arenas algo limosas de compacidad media a densa o densa).

En caso de realizar una mayor excavación, en la zona más baja de la parcela de estudio puede darse el caso de apoyo sobre un Sustrato Rocoso conformado por Granito alterado en Grado IV a IV - III.

En los cálculos realizados para el caso de cimentación directa mediante zapatas se ha empleado la fórmula analítica que se plantea en el CTE SE-C para la verificación de la tensión de hundimiento.

### 5.2.- Resultados - Zapatas

En primer lugar se ha calculado mediante el Método de Meyerhof, la tensión admisible máxima en el caso más desfavorable, es decir, cuando la cimentación apoya directamente sobre el nivel de suelos de compacidad media a densa, obteniendo un valor del orden de los 2,75 Kp/cm<sup>2</sup>.

A continuación, se calcularon los asientos generados por este tipo de cimentación para los niveles de suelos, utilizando el método de Schmertmann, que permite diferenciar capas con distinto módulo de deformación.

$$S = C_1 \cdot C_2 \cdot q_{\text{net}} \cdot \sum_0^{2b} \frac{I_z}{E} \Delta z$$

En la siguiente tabla se muestran los asientos máximos generados por este tipo de cimentación y dimensionada para transmitir al terreno una carga máxima de 2,50 Kp/cm<sup>2</sup>, considerando nulo el asiento cuando la cimentación apoya directamente sobre el substrato rocoso.

Tensión Admisible	Asiento Máximo	Asiento Mínimo	Asiento Diferencial
2,50 Kp/cm <sup>2</sup>	1,01 cm	0,00 cm	1,01 cm

Teniendo en cuenta estos resultados, ***se recomienda una cimentación apoyada sobre los Niveles Geotécnicos 2 y 3, dimensionada para transmitir al terreno una carga máxima de 2,50 Kp/cm<sup>2</sup>.***



### **5.3.- Excavabilidad de los Materiales**

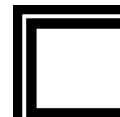
Todos los niveles de suelos existentes en el subsuelo de la parcela y afectados por las distintas unidades de obra previstas, son perfectamente excavables mediante métodos mecánicos convencionales.

Para llevar a cabo la excavación del substrato rocoso, cuando éste presente un grado de alteración moderado a ligero, será necesaria la utilización de martillo picador para su debilitamiento y posterior arranque.

Es probable, que en algunas zonas aparezca el substrato rocoso metamórfico bien en forma de enclaves o bien contaminando el substrato granítico, por lo que en estas zonas el substrato es más débil, pudiéndose considerar al límite de la ripabilidad, dependiendo de la potencia de la pala excavadora utilizada.

### **5.4.- Agresividad al cemento del hormigón**

En función de los ensayos de agresividad realizados y el tipo de substrato existente, que no presenta en su composición minerales agresivos al cemento del hormigón, se concluye que el tipo de ambiente es de tipo IIa, por lo que se usa un cemento normal de tipo Pórtland.



## 6.- CONCLUSIONES

PETICIONARIO: Xunta de Compensación S-15 Travesía do Porto Sur

PROYECTO: Urbanización del ámbito S-15 Travesía do Porto Sur, Milladoiro - Ames.

CLASIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEL TERRENO: El Tipo de Construcción es C-1, mientras que el Tipo de Terreno se puede definir como T-1.

SISTEMA DE COTAS: Se ha considerado el sistema de cotas establecido a la Topografía de la parcela.

RECONOCIMIENTOS DE CAMPO: 4 Sondeo a rotación y 11 Ensayos de penetración dinámica de tipo DPSH.

ENSAYOS DEL LABORATORIO: Se ha ensayado 1 muestra alterada tomada durante la realización del sondeo S-1 (granulometría, límites de Atterberg y agresividad).

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA PARCELA: Se han definido 3 niveles geotécnicos, cuyos parámetros más característicos se encuentran definidos a continuación;

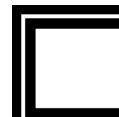
NIVEL GEOTÉCNICO	DENOMINACIÓN	GOLPEOS $N_{DPSH}$	MÓDULO DE DEFORMACIÓN	Ángulo Rozamiento	Cohesión (T/m <sup>2</sup> )	Densidad Aparente
1	<i>Suelos Flojos</i>	$1 < N_{DPSH} < 8$	10-85 Kp/cm <sup>2</sup>	28°	0,1 T/m <sup>2</sup>	1,60 T/m <sup>3</sup>
2	<i>Suelos de Compacidad Media a Densa</i>	$11 < N_{DPSH} < 100$	115-1.200 Kp/cm <sup>2</sup>	32°	1,5 T/m <sup>2</sup>	1,85 T/m <sup>3</sup>
3	<i>Substrato Rocoso</i>	Rechazo	>1.200 Kp/cm <sup>2</sup>	380°	2,5 T/m <sup>2</sup>	2,20 T/m <sup>3</sup>

HIDROGEOLOGÍA: En ninguno de los ensayos realizados se ha detectado la presencia de agua.

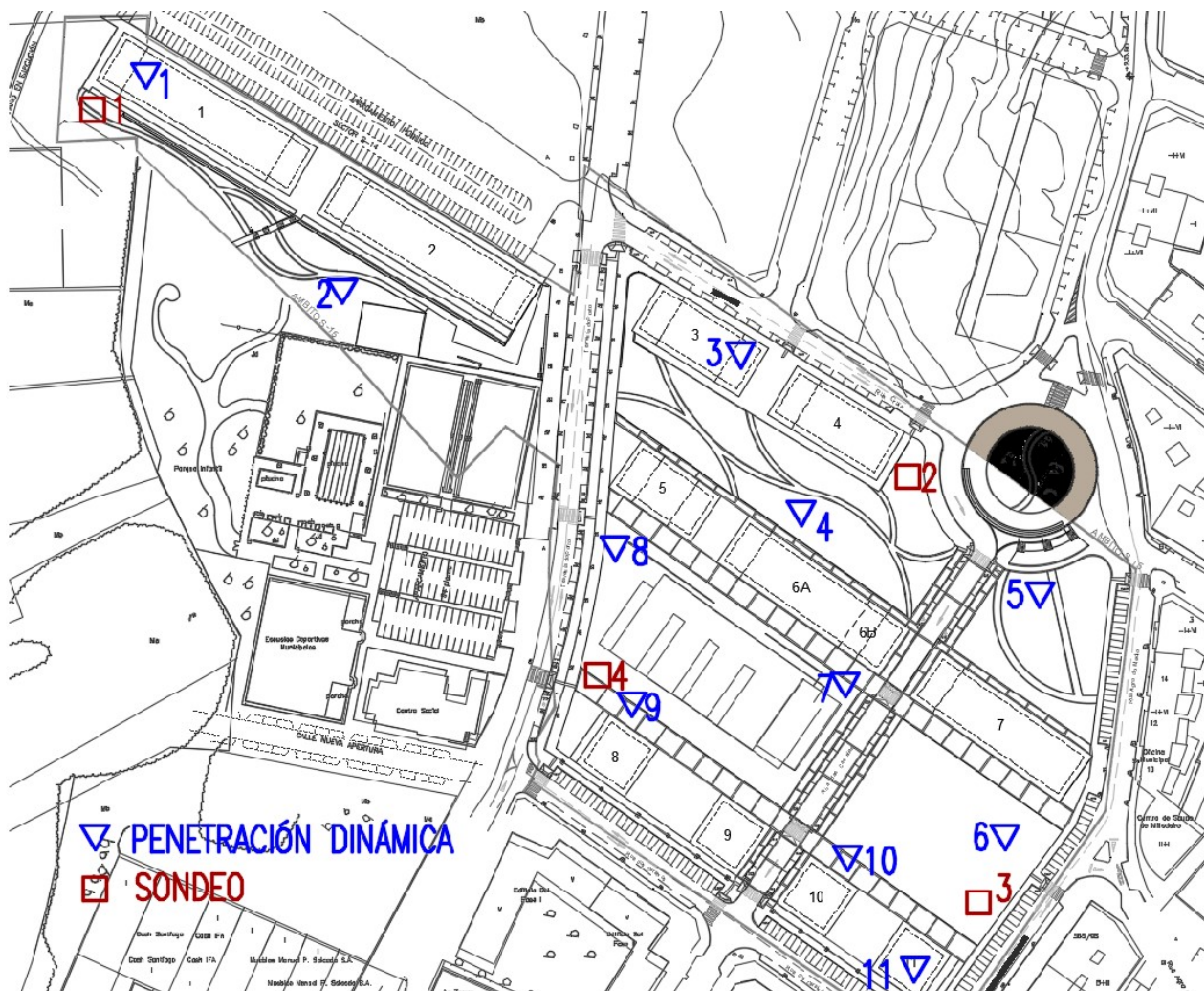
ACCIONES SÍSMICAS: No han de ser consideradas en el cálculo de la estructura.

AGRESIVIDAD: En función de los ensayos de agresividad realizados en suelos y teniendo en cuenta que la mineralogía de la roca de la que proceden no presenta en su composición minerales agresivos al cemento del hormigón, el tipo de ambiente se define como *Ila*.

**Las obras que afectan a la urbanización se realizarán en su práctica totalidad en el nivel geotécnico 2 – Suelos de Compacidad Media a Densa idóneos para la ejecución de los trabajos que se recogen en el proyecto de urbanización.**



## Situación de Labores



En Santiago de Compostela, Mayo de 2020

**LA PROPIEDAD**

**LOS ARQUITECTOS**

Fdo. Manuel Cid Rodríguez

Fdo. Javier Rivadulla Montaña