



I N D I C E

1. INTRODUCCIÓN .....	2	8. EXPOSICIÓN AMBIENTAL.....	12
1.1. LOCALIZACIÓN .....	2	APÉNDICE Nº1: LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.....	14
1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....	2	APÉNDICE Nº2: REGISTRO DE LAS CALICATAS.....	16
2. INVESTIGACIÓN REALIZADA.....	3	APÉNDICE Nº3: REGISTRO COLUMNA LITOLÓGICA SONDEO .....	18
2.1. ANÁLISIS DE LA DOCUMENTACIÓN EXISTENTE .....	3	APÉNDICE Nº4: FOTOTESTIFICACIÓN.....	20
2.2. TRABAJO DE CAMPO.....	3	APÉNDICE Nº5: ENSAYOS DE LABORATORIO .....	22
2.2.1. CALICATAS.....	3		
2.2.2. SONDEO .....	4		
2.2.3. ESTACIONES GEOMECÁNICAS .....	4		
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	4		
3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA .....	5		
3.1. ENCUADRE GEOLÓGICO.....	5		
3.2. LITOLOGÍA.....	7		
3.3. TECTÓNICA .....	7		
3.4. HIDROGEOLOGÍA. NIVEL FREÁTICO .....	8		
4. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS MATERIALES.....	8		
4.1. TIERRA VEGETAL .....	9		
4.2. ROCA GRANÍTICA MUY METEORIZADA A MODERADAMENTE METEORIZADA GM IV-III	9		
4.3. ROCA GRANÍTICA LIGERAMENTE METEORIZADA GM II .....	9		
5. ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN .....	9		
6. ESTUDIO DE DESMONTES .....	10		
6.1. GEOMETRÍA.....	10		
6.2. EXCAVABILIDAD Y UTILIZACIÓN DE MATERIALES .....	12		
7. ESTUDIO DE RELLENOS .....	12		
7.1. ESTABILIDAD DE LOS MATERIALES DEL NÚCLEO DEL TERRAPLÉN.....	12		
7.2. TRATAMIENTO DEL CIMIENTO .....	12		

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el Anejo de Geología y Geotecnia del Proyecto de “Mejora de la seguridad vial en la intersección de Ribela. Construcción de un enlace y reordenación de accesos en la carretera N-525, P.K. 244+368. T.M. de Coles. Provincia de Ourense”.

El objetivo del presente anejo consiste por tanto en abordar la caracterización geológico-geotécnica de la zona donde va a realizarse la citada obra.

A lo largo del documento se realizará una enumeración y descripción de los trabajos realizados, tanto en campo como en gabinete, los cuales han permitido realizar un análisis geológico-geotécnico del terreno implicado en la obra. La información proporcionada por la investigación de campo realizada aporta datos acerca de las características más destacables del subsuelo, especialmente en lo referente a la capacidad portante del mismo, excavabilidad y a las condiciones de estabilidad de los desmontes proyectados.

Para la consecución de los objetivos antes señalados, se han realizado los siguientes trabajos de campo:

- Observaciones geológicas de campo
- Levantamiento litológico de calicatas excavadas en las inmediaciones de la traza
- Levantamiento litológico de un sondeo en la ubicación de la estructura
- Análisis geoestructural de las discontinuidades del macizo rocoso

Esta investigación in situ se ha complementado con un análisis de la misma en gabinete, estrategia conjunta que ha conducido a la descripción geotécnica de los materiales afectados por la actuación planteada.

### 1.1. LOCALIZACIÓN

La carretera N-525 es una carretera nacional que va desde la localidad zamorana de Benavente hasta Santiago de Compostela. En su recorrido por la provincia de Ourense atraviesa el Término Municipal de Coles. La actuación prevista se encuentra localizada en el suroeste del citado municipio, concretamente entre el P.K. 244+040 y el P.K. 244+880 de la N-525.

A continuación se presenta una fotografía aérea y un plano de carreteras donde se señala la zona de actuación.

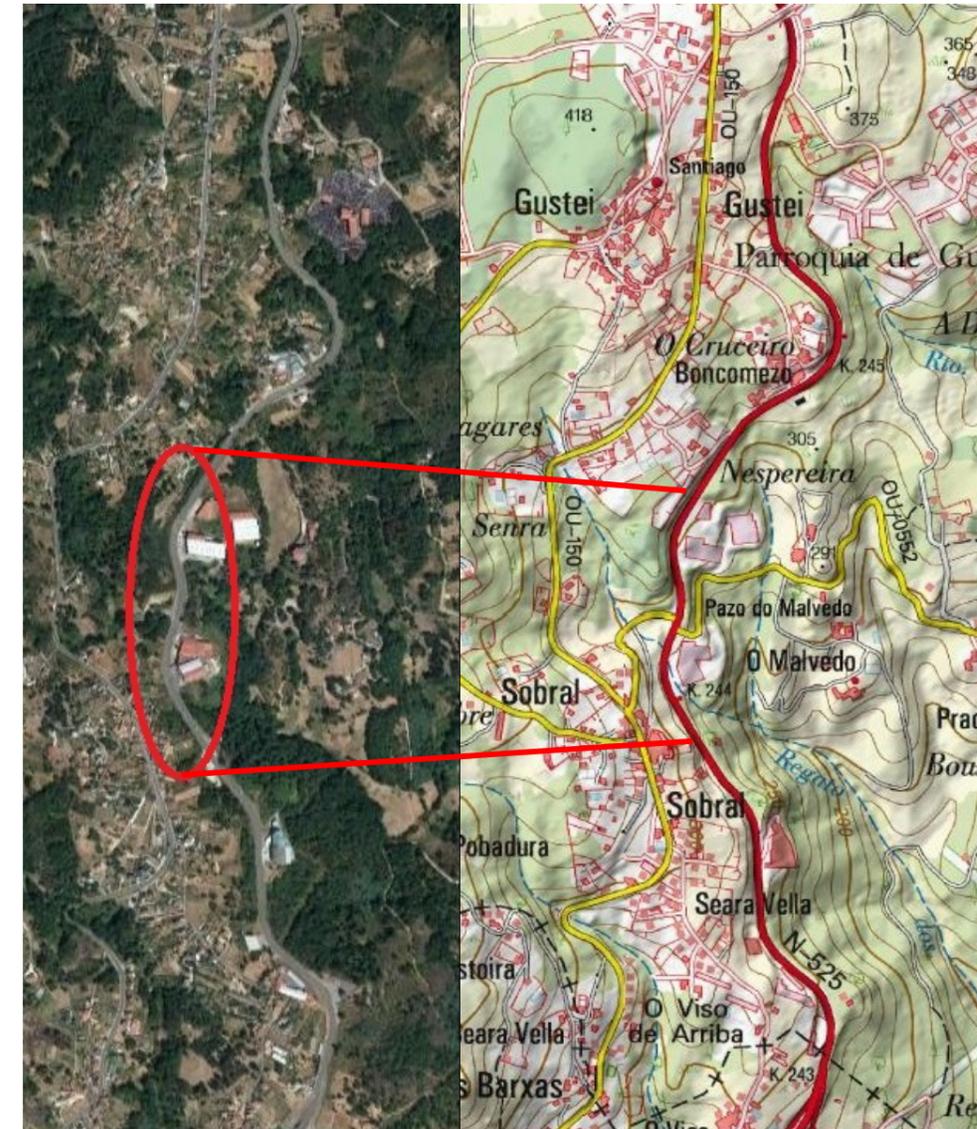


Figura 1. Fotografía aérea y mapa de carreteras de la zona de actuación

### 1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras proyectadas están encaminadas a mejorar la seguridad vial en el actual enlace a nivel situado en el P.K. 244+368 de la carretera nacional N-525 a su paso por el término municipal de Coles (provincia de Ourense). Para ello se proyecta la construcción de:



- Un enlace a distinto nivel mediante un paso inferior por debajo de la carretera nacional, dando continuidad así a la vía municipal que comunica los núcleos de O Sobral y Ribela.
- Por la margen derecha de la carretera nacional, una vía de servicio separada físicamente de la actual carretera mediante una barrera de hormigón tipo New Jersey, para reordenar los accesos a las naves industriales adyacentes y a la vía municipal que comunica los núcleos de O Sobral y Ribela. La vía de servicio contará con las correspondientes cuñas de deceleración y aceleración.
- Por la margen izquierda de la carretera nacional, carriles de aceleración y deceleración que permitan un acceso seguro entre la carretera nacional y la vía municipal que comunica los núcleos de O Sobral y Ribela.

## 2. INVESTIGACIÓN REALIZADA

Para abordar la identificación y descripción geológica de los materiales presentes en la zona de actuación se llevaron a cabo los siguientes trabajos:

- Análisis de la documentación existente
- Trabajos de campo:
  - Excavación de dos (2) calicatas
  - Perforación de un (1) sondeo
  - Levantamiento de tres (3) estaciones geomecánicas
- Ensayos de laboratorio
- Trabajos de gabinete: examen conjunto de toda la información y elaboración de la presente memoria técnica

### 2.1. ANÁLISIS DE LA DOCUMENTACIÓN EXISTENTE

Inicialmente se ha procedido al estudio de la información bibliográfica disponible:

- Mapa Geológico de España (I.G.M.E.), Escala 1:50.000, Hoja nº 188 (07 -10) (1974)
- Mapa Geotécnico de España. Escala 1:200.000, Hoja nº 2-3 (17) “Orense” (1973)

- Atlas de Galicia, Tomo1: Medio Natural, Xunta de Galicia (2001)
- Geología de España. Libro Jubilar J.M. Ríos (1983)
- Geología de España. J.A. Vera (2004)
- Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02)
- Fotografía aérea

### 2.2. TRABAJO DE CAMPO

Para efectuar la descripción geológica y geotécnica de los materiales de la traza se procedió a la realización de los siguientes trabajos de campo:

#### 2.2.1. CALICATAS

Para poder realizar la descripción de las diferentes litologías existentes, analizar su evolución en profundidad y establecer recomendaciones a las actuaciones proyectadas, se realizaron dos (2) calicatas en diferentes zonas. Dichas calicatas se denominaron C-1 y C-2, y se ejecutaron con una excavadora mixta, tipo JCB.

La profundidad alcanzada en cada excavación ha estado determinada muy especialmente por la resistencia al ripado de los materiales presentes en el subsuelo. Durante su realización se efectuaron observaciones relativas a la potencia del nivel edáfico, diferentes litologías existentes en profundidad, presencia de agua subterránea, estabilidad de la excavación, etc.

A continuación se muestra un cuadro resumen en el que se relaciona la localización de cada calicata, sus coordenadas y la profundidad alcanzada, medida con respecto a la superficie del terreno en el momento de realizarse la investigación:

CALICATA Nº	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD (m)
C-1	PK 3+020	0,60
C-2	PK 3+0,80	0,60



Los materiales reconocidos en las catas realizadas se encuentran representados en la tabla siguiente:

CALICATA Nº	NIVEL 1 TIERRA VEGETAL (m)	NIVEL 2 ROCA GM IV-III (m)
C-1	0,00 -0,40	0,40 -0,60
C-2	0,00 -0,35	0,35 -0,60

En el plano del Apéndice nº1 se indica sobre una planta general la situación de cada calicata. En el Apéndice II se recogen los registros de las calicatas realizadas y su reportaje fotográfico.

### 2.2.2. SONDEO

Para reconocer el subsuelo se realizó un sondeo mecánico a rotación con extracción continua de testigo según norma ASTM D 1587 y D 3550. El sondeo se denominó S-1.

La profundidad total alcanzada ha sido de 9,00 m. Se ha realizado el estudio de la columna litológica, identificando los materiales presentes, espesores, caracterización y valoración de la condición física, grado de meteorización, grado de fracturación y condición de ripabilidad. Así mismo, se analizan las muestras representativas de los materiales de cara a identificar su condición geomecánica.

A continuación se muestra un cuadro resumen en el que se relaciona la localización del sondeo y la profundidad alcanzada, medida con respecto a la superficie del terreno en el momento de realizarse la investigación:

SONDEO Nº	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD (m)
S-1	Eje nº5 P.K. 5+151	9,00

Los materiales reconocidos durante la testificación del sondeo realizado se encuentran representados en la tabla siguiente:

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL 1 TIERRA VEGETAL (m)	NIVEL 2 ROCA GM IV-III (m)	NIVEL 3 ROCA GM II (m)
S-1	9	0,00 - 0,45	0,45 -1,45	1,45 - 9,00

En el plano del Apéndice I se indica sobre una planta general la situación del sondeo S-1. En el Apéndice III se recoge el registro del sondeo realizado. En el Apéndice IV se recoge su reportaje fotográfico.

### 2.2.3. ESTACIONES GEOMECÁNICAS

El ángulo de rozamiento interno y la cohesión del sustrato rocoso se han estimado a partir de la Clasificación Geomecánica de Bieniawski, RMR, según la cual estos parámetros son función de las características del macizo rocoso.

Para ello se seleccionaron 3 afloramientos rocosos. Dichos afloramientos (puntos de medición) corresponden a las estaciones geomecánicas denominadas: ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 2 y ESTACIÓN 3.

Las observaciones realizadas se han centrado en puntos singulares dentro de la zona de actuación, en los que existían taludes. La localización de estos puntos sobre una planta general se puede consultar en el Apéndice I.

Las mediciones realizadas de los diferentes parámetros se resumen en el cuadro siguiente:

PARÁMETROS	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3
Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	4-7	4-7	4-7
Frecuencia de fracturación (RQD)	25	50	50-75
Separación diaclasas (m)	0,6- 1	0,2-0,6	0,6-2
Longitud discontinuidad (m)	1--2	1--3	1--3
Abertura discontinuidades (mm)	1 --3	1--5	1--4
Rugosidad discontinuidades	muy rugosa	muy rugosa	rugosa
Relleno	no	no	no
Alteración	ligeramente alt.	moderadamente alt.	ligeramente alt.
Agua freática	seco	seco	seco
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO	MEDIA		
COHESIÓN (kp/cm <sup>2</sup> )	2--3		
ÁNGULO DE ROZAMIENTO	25-35		

### 2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras tomadas en el sondeo S-1, se realizaron ensayos de laboratorio para caracterizar el tipo de terreno existente, definir sus propiedades tenso - deformacionales y analizar su potencial agresividad frente al hormigón.

Los ensayos de laboratorio realizados se muestran en la siguiente tabla resumen:

ENSAYOS DE LABORATORIO		
Número	Descripción	Norma
2	Resistencia Compresión simple en roca (RCS)	UNE 22950-1/1990
1	Determinación de la agresividad del agua al hormigón.	EHE. Apdo.8.2.3

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	RCS Qu (MPa)
S-1 TP -1	4,3 - 4,8	4,5
S-1 TP -2	7,4 - 7,9	8,7

Análisis de la muestra de agua tomada en el sondeo realizado:

PARÁMETRO	Sondeo S-1
VALOR DEL pH	7,31
MAGNESIO Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	4,2
AMONIO NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,3
SULFATO SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	17,5
CO <sub>2</sub> (mg/l)	15
RESIDUO SECO (mg/l)	118

En el Apéndice V se recogen las correspondientes actas de laboratorio de los ensayos realizados.

### 3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

#### 3.1. ENCUADRE GEOLÓGICO

El área objeto de estudio se localiza en la parte NW de la hoja nº 188 (07-10) del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 publicado por el IGME (1977).

Desde el punto de vista de las grandes unidades geológicas del noroeste de la Península Ibérica, la actuación planteada se emplaza en la zona IV, definida por MATTE (1968) y denominada “Zona de Galicia – Tras os Montes”.

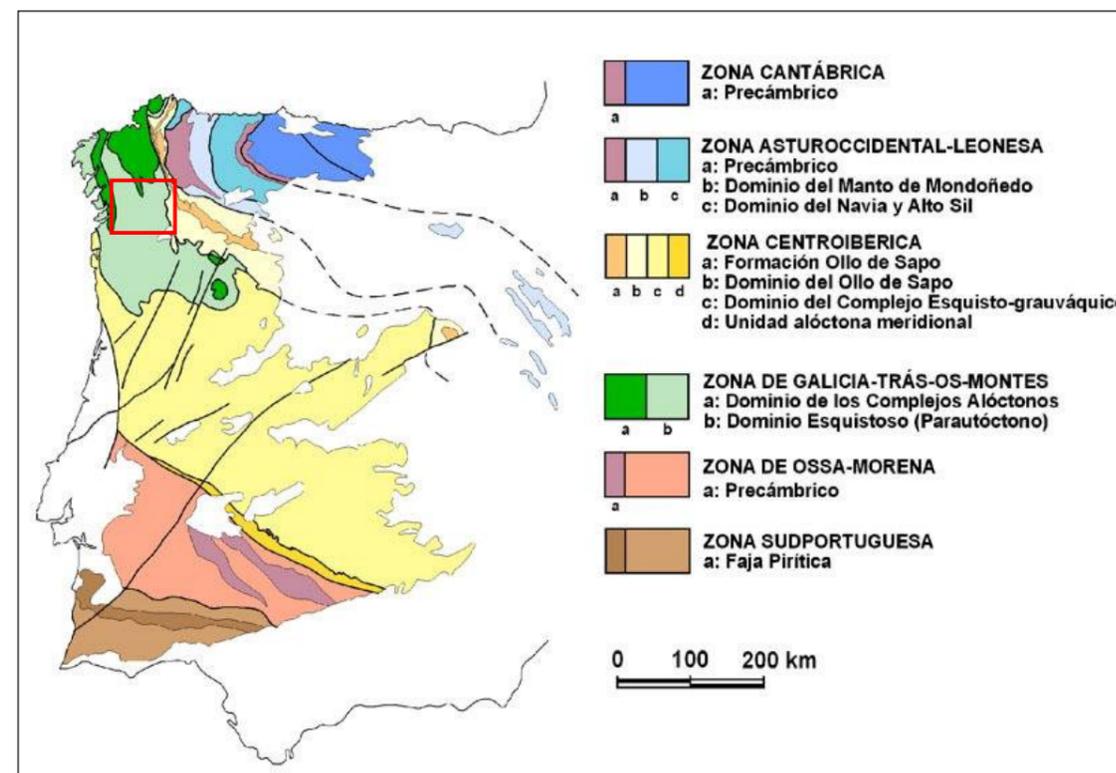


Figura 2. Grandes unidades geológicas identificables en la Península Ibérica

En cada una de estas zonas, autores más recientes han diferenciado distintos dominios geológicos, utilizando para ello criterios de diferenciación estratigráficos y estructurales. En la siguiente imagen se observan las zonas y dominios geológicos definidos para la comunidad gallega:

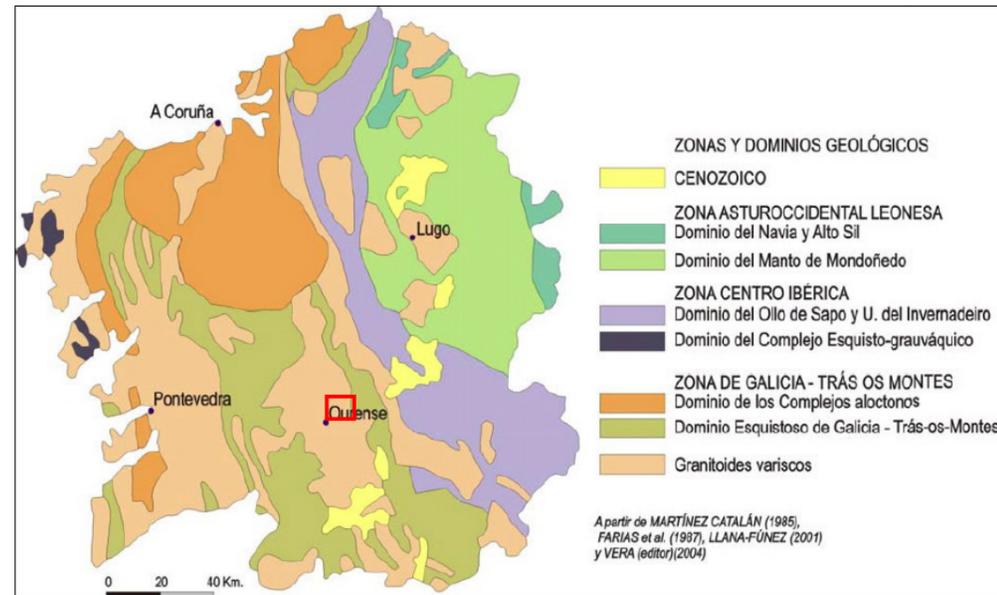
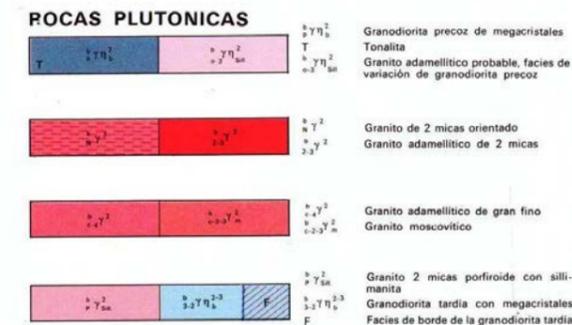
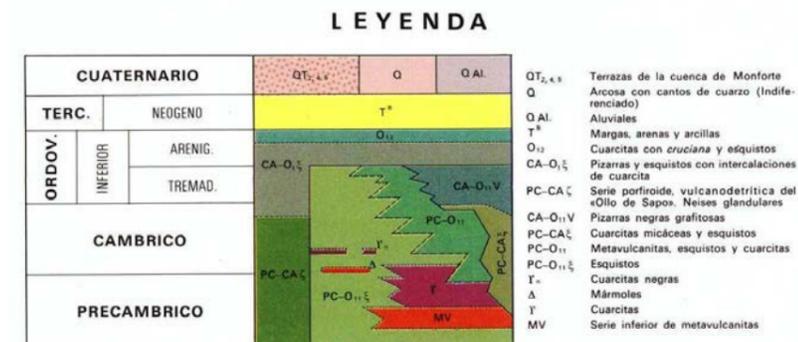
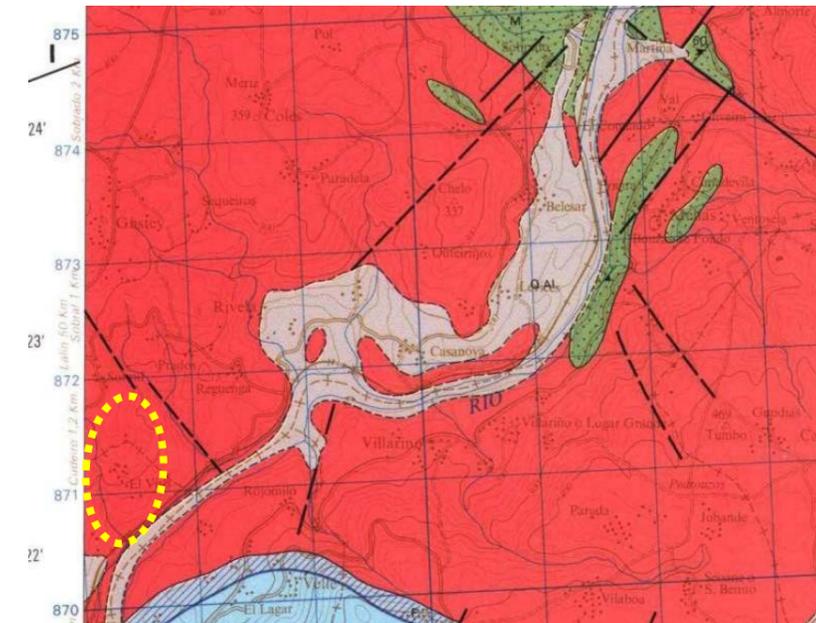


Figura 3. Esquema de la división de Galicia en zonas y dominios geológicos.

Según dicha figura, el área de estudio se encuentra en “Zona de Galicia Media -Tras os Montes”. Este dominio representa el sector más interno del noroeste del Macizo Ibérico, y los materiales pertenecientes a la misma cabalgan sobre los de la Zona Centro Ibérica (ZCI), teniendo su límite meridional en la región portuguesa de Tras os Montes. Estos materiales constituyen afloramientos discontinuos en un segmento de la cadena de unos 300 Km de longitud. Esta zona está constituida por dos dominios superpuestos, uno inferior, representado por el Dominio Esquistoso de Galicia-Tras os Montes (DEGTOM), y uno superior, constituido por los Complejos Alóctonos de Galicia- Tras os Montes (CAGTOM). El DEGTOM, está constituido por metasedimentos paleozoicos predominantemente esquistosos y se encuentra intruido por un importante magmatismo granítico varisco. Está limitado en su base por un cabalgamiento y tiene una estructura interna imbricada. La secuencia paleozoica del DEGTOM tiene características distintas a las del autóctono centroibérico, aunque se puede establecer una correlación estratigráfica entre ambos. Se considera que los materiales que le constituyen, forman parte del margen septentrional de Gondwana durante el Paleozoico. Constituye una lámina alóctona emplazada sobre los materiales del Paleozoico Inferior y Precámbrico de la ZCI.



### 3.2. LITOLOGÍA

El subsuelo de la zona de intervención está constituido por granitos adamellíticos que se emplazan formando un macizo rocoso de contornos irregulares.

Dentro del macizo granítico, los enclaves de gneises y esquistos son abundantes. Estos granitos están estrechamente ligados al metamorfismo, pues aparecen siempre dentro de la zona de la sillimanita y están asociados a zonas de migmatización.

El granito –según la literatura técnica consultada- ha debido formarse por anatexia en zonas profundas, en el momento que el metamorfismo principal hercínico alcanzó la máxima temperatura (entre la Fase II y la Fase III) y haber sido transportado hasta su posición actual poco antes de finalizar la Fase III.

La facies más común es la formada por rocas de color generalmente claro, de grano medio-grueso. Su textura es granuda, hipidomorfa y sus minerales principales son: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, moscovita y biotita, como accesorios: apatito y circón.

En el recorrido de campo realizado se han observado en toda la zona de intervención abundantes afloramientos rocosos de este granito que se encuentra afectado por superficies de discontinuidad (diaclasas y fracturas)



Foto 1. Afloramiento granítico afectado por fracturas PK 1+340

#### Procesos de meteorización

Los procesos de denudación inducen una alteración de la roca que se traduce en la alteración de sus componentes hasta perder la estructura propia de la roca de procedencia. Los agentes geológicos externos inciden también especialmente en las zonas de debilidad del sustrato rocoso, siendo las diaclasas (discontinuidades) zonas de fácil penetración de las aguas meteóricas y áreas preferentes para el inicio de la descomposición de la roca. En la zona de intervención, en superficie- apenas existe desarrollo de suelos residuales de alteración in situ (jabre). La roca se encuentra débilmente meteorizada predominando los grados III-II (según la escala de meteorización de las rocas)



Foto 2. Discontinuidad sin relleno en afloramiento granítico en grado II PK 1+332

### 3.3. TECTÓNICA

La zona que nos ocupa, al igual que todo el noroeste de la Península Ibérica, se caracteriza por estar afectada por varias fases de deformación superpuestas.

La mayor deformación ocurrida en el entorno de estudio fue la orogenia Hercínica o Varisca, siendo la zona centroibérica la que ocupa la parte central de dicho orógeno en Galicia. En este contexto antes de la Fase III de la deformación hercínica tuvo lugar la intrusión del granito adamellítico de dos micas que está fuertemente orientado y filonitizado por dicha fase, que puede situarse entre el Wetfaliense Superior y Estefaniense.

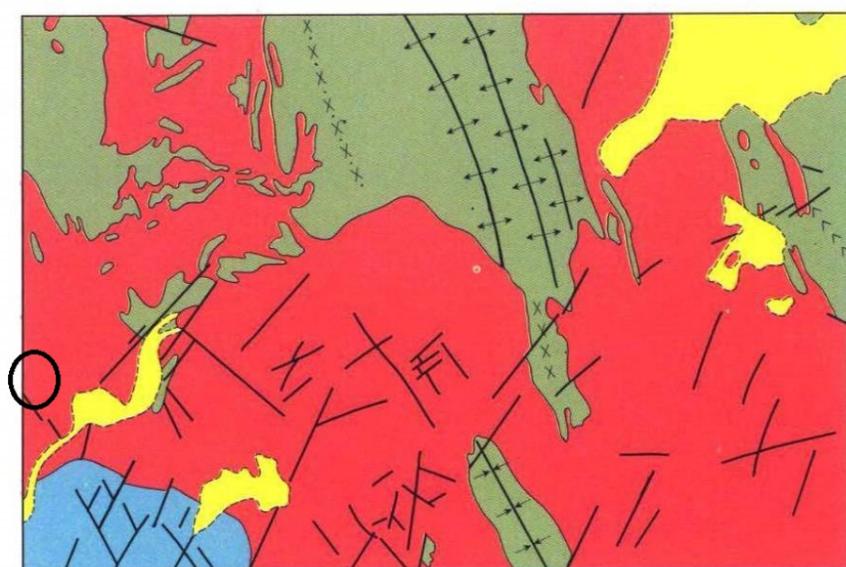
Dio lugar a pliegues importantes que marcan perfectamente la virgación hercínica en toda Galicia.

Coincidiendo con el final de la Fase III de la deformación hercínica se instaló una serie de granitos adamelíticos y que dieron lugar - a escala regional - a aureolas de metamorfismo de contacto.

Tras la fase principal de deformación hercínica, la cadena sufrió un levantamiento progresivo, y después de las últimas fases pasó a ser un zócalo rígido, sufriendo una fuerte epirogénesis, acompañada de erosión intensa y reaccionando a los esfuerzos posteriores, fracturándose en general por zonas de debilidad preexistentes, dando lugar a una tectónica de bloques relativamente acusada.

A nivel regional, tras la tercera fase de plegamiento se desarrolla un sistema de fracturas (fallas geológicas) de dirección NNE-SSW. Otra dirección importante es la NNW-SSE.

### ESQUEMA TECTONICO



Escala 1:250.000



Figura 4. Esquema tectónico general con indicación de la zona de estudio

Las rocas a escala de afloramiento están afectadas por planos de discontinuidad.

En algunos de estos afloramientos se han podido determinar la orientación de familias de discontinuidades, aproximadamente ortogonales entre sí. En el siguiente cuadro se indica las orientaciones preferentes tomadas en cada afloramiento.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	LOCALIZACIÓN	Orientación de la familia F1	Orientación de la familia F2	Orientación de la familia F3
Estación 1	PK 1+340	220°/70°	160°/70°	70°/30°
Estación 2	PK 2+140	240°/80°	140°/75°	35°/35°
Estación 3	PK 5+080	220°/75°	180°/85°	110°/40°

### 3.4. HIDROGEOLOGÍA. NIVEL FREÁTICO

En términos hidrogeológicos, las rocas graníticas se caracterizan por ser un medio heterogéneo y anisótropo, con una estructuración muy compleja y sistemas de flujo irregulares e incluso caóticos. Las redes de flujo, a menudo, coinciden con zonas abiertas y bien comunicadas de fracturas o zonas de fractura (porosidad de fractura).

La mayor parte de la porosidad del sustrato rocoso guarda una estrecha relación con las discontinuidades, de modo que, a mayor grado de fracturación, mayor es la porosidad del macizo. No obstante, la forma en la que las fracturas se relacionan entre sí condiciona que estas sean capaces de transmitir agua con mayor o menor eficacia, lo que da lugar a valores de permeabilidad variables.

La recarga al medio subterráneo se produce a través de las discontinuidades del macizo, por lo que la respuesta del nivel freático suele ser muy rápida. Las salidas se verifican de forma natural por medio de arroyos estacionales.

El nivel freático se considera subparalelo a la topografía por tratarse de rocas de baja permeabilidad.

Las discontinuidades del macizo rocoso (diaclasas y fracturas) definen y conforman las direcciones preferentes de flujo del agua subterránea en el subsuelo.

La posición del nivel freático se pudo determinar en el sondeo S-1, con respecto a la superficie actual del terreno:

Sondeo	Profundidad del Nivel Freático (m)	Fecha
S-1	7,2	29/06/2017

### 4. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS MATERIALES

A partir de las calicatas y del sondeo realizado, ha sido posible identificar la serie de materiales que constituyen la columna litológica en el terreno, la cual está constituida por las siguientes litologías:



- Tierra vegetal (nivel geotécnico 1)
- Roca granítica muy meteorizada a moderadamente meteorizada GM IV-III (nivel geotécnico 2)
- Roca granítica ligeramente meteorizada GM II (nivel geotécnico 3)

#### 4.1. TIERRA VEGETAL

El nivel edáfico está constituido por un limo arenoso, de color marrón oscuro, con presencia de raíces y restos vegetales. Su potencia es variable estando comprendida en los reconocimientos realizados entre 0,35 y 0,45 m.

La tierra vegetal se considera un material INADECUADO para su uso en rellenos tipo terraplén y se recomienda que sea retirada antes de acometer las actuaciones previstas. El suelo vegetal podría emplearse para revegetaciones posteriores una vez terminados los trabajos.

#### 4.2. ROCA GRANÍTICA MUY METEORIZADA A MODERADAMENTE METEORIZADA GM IV-III

Este nivel se ha reconocido en el sondeo S-1 y tiene una potencia aproximada de 1,00 m.

Aproximadamente la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca ligeramente meteorizada de forma continua o en zonas aisladas.

El tránsito del terreno es gradual, pasando de un sustrato muy meteorizado (grado IV) en superficie a moderadamente meteorizado (grado III) a medida que se incrementa la profundidad.

Este nivel de grado IV se puede describir como una roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse a mano y romperse por lo que se puede asimilar a un sustrato de compacidad muy densa o a una roca de resistencia muy blanda.

Por lo que respecta al aprovechamiento de estos materiales, debido a su escaso desarrollo en la zona de estudio, no se han realizado ensayos específicos para determinar su clasificación según el PG-3. A pesar de ello puede decirse que el sustrato muy meteorizado puede ser considerado ADECUADO - TOLERABLE en función de su granulometría. En cuanto al sustrato rocoso grado III podrá usarse como PEDRAPLÉN para rellenos.

#### 4.3. ROCA GRANÍTICA LIGERAMENTE METEORIZADA GM II

Este nivel se ha reconocido en el sondeo S-1 y tiene una potencia de 7,5 m hasta la profundidad investigada.

La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración.

Se obtuvieron de este nivel geotécnico (nivel 3) dos testigos parafinados para la realización de ensayos de resistencia a compresión simple en el laboratorio. Los resultados obtenidos están descritos en el apartado 2.3 de este estudio.

El índice RQD es bajo - 20% - hasta 6,00 m de profundidad. Entre 6,00 y 9,00 m de profundidad se incrementa hasta un 70%.

El sustrato rocoso grado II podrá usarse como PEDRAPLÉN para rellenos.

### 5. ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN

Para el cálculo de la capacidad portante del terreno en el lugar de emplazamiento de la estructura proyectada se ha utilizado la metodología de cálculo descrita en el Apartado 4.5.3 de la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera del Ministerio de Fomento.

A la hora de considerar una cimentación en roca, se debe tener en cuenta la deformabilidad y resistencia del macizo rocoso, así como el asiento admisible por la estructura proyectada.

En este caso, la cimentación proyectada se sitúa sobre sustrato rocoso grado II (nivel geotécnico 3).

La presión admisible de una roca puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$P_{v adm} = P_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \sqrt{\frac{q_u}{P_0}}$$

Donde:

$P_{v adm}$  = Presión admisible.

$P_0$  = Presión de referencia. Deberá tomarse un valor de 1 MPa.

$q_u$  = Resistencia a compresión simple de la roca sana.



$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  = Parámetros adimensionales que dependen del tipo de roca, de su grado de alteración y del espaciamiento de las litoclasas.

Los valores de  $\alpha$  se obtienen a continuación.

Para  $\alpha_1$ :

GRUPO N.º	NOMBRE GENÉRICO	EJEMPLOS	$\alpha_1$
1	Rocas carbonatadas con estructura bien desarrollada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calizas, dolomías y mármoles puros</li> <li>Calcarenitas de baja porosidad</li> </ul>	1,0
2	Rocas ígneas y rocas metamórficas (*)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Granitos, cuarcitas</li> <li>Andesitas, riolitas</li> <li>Pizarras, esquistos y gneises (esquistosidad subhorizontal)</li> </ul>	0,8
3	Rocas sedimentarias (**) y algunas metamórficas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calizas margosas, argilitas, limolitas, areniscas y conglomerados</li> <li>Pizarras y esquistos (esquistosidad verticalizada)</li> <li>Yesos</li> </ul>	0,6
4	Rocas poco soldadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Areniscas, limolitas y conglomerados poco cementados</li> <li>Margas</li> </ul>	0,4

(\*) A excepción de las indicadas en los grupos 1 y 3.  
 (\*\*) A excepción de las indicadas en los grupos 1 y 4.

En este caso el valor de  $\alpha_1$  a utilizar es de 0,8.

Los valores que se recomiendan para establecer el valor del parámetro  $\alpha_2$  son los siguientes:

- Grado de meteorización I (Roca sana o fresca):  $\alpha_2 = 1,0$
- Grado de meteorización II (Roca ligeramente meteorizada):  $\alpha_2 = 0,7$
- Grado de meteorización III (Roca moderadamente meteorizada):  $\alpha_2 = 0,5$

En este caso el valor a considerar de  $\alpha_2$  es de 0,7.

La separación entre litoclasas debe caracterizarse de dos formas diferentes:

- Mediante censo de litoclasas en afloramientos próximos a la zona de cimentación.
- Midiendo el valor del RQD en los sondeos mecánicos.

Partiendo de estos datos, se calculará  $\alpha_3$  como el mínimo de entre los dos valores siguientes:

$$\alpha_3 = \min(\alpha_{3a}, \alpha_{3b}) \quad \alpha_{3a} = \sqrt{\frac{s}{1m}} \quad \alpha_{3b} = \sqrt{\frac{RQD(\%)}{100}}$$

Donde:

- s = Espaciamiento entre las litoclasas expresado en m. Se utilizará el correspondiente a la familia de diaclasas que conduzca a un valor menor.
- 1 m = Valor que se utiliza para hacer adimensional la expresión correspondiente.
- RQD = Valor del parámetro «Rock Quality Designation», expresado en tanto por ciento. (RQD = 75% en la zona de cimentación)

En este caso El valor de  $\alpha_3$  a utilizar es de 0,5.

En función de todos los parámetros a utilizar, **la presión admisible ( $P_{v adm}$ ) es de 0,8 MPa.**

Debido al elevado módulo de deformación de estos materiales, todos los asientos obtenidos se consideran en principio tolerables.

Se considera válida la cota de cimentación proyectada y compatible con los requerimientos de carga de la estructura.

## 6. ESTUDIO DE DESMONTES

En este apartado se estudia la estabilidad de los desmontes proyectados.

### 6.1. GEOMETRÍA

El desmonte más importante que se va a realizar está localizado en el Eje nº5, entre los PKs 5+040-5+180, con una altura máxima de 14,60 m en el PK 5+160.

En función de las observaciones realizadas, las excavaciones se realizarán sobre roca muy meteorizada a moderadamente meteorizada (grado IV-III) en la parte más superficial de la excavación, pasando en profundidad a roca ligeramente meteorizada (grado II).

La mayoría de la excavación, atendiendo al espesor de las unidades geotécnicas presentes, se realizará en granitos fisurados y ligeramente meteorizados. De este modo la metodología a aplicar en el diseño de la geometría de las excavaciones va a ser la normalmente utilizada para taludes desarrollados en rocas.



La resistencia de un macizo rocoso de esta índole viene definida por norma general por su red de diaclasas. Como además se pueden producir fenómenos de rotura progresiva de alcance desconocido en los tramos entre diaclasas, es complejo realizar cálculos de estabilidad precisos. En este sentido Terzagui establece para taludes en roca diaclasados unas inclinaciones de hasta 1 H:3 V siempre que las presiones intersticiales no sean elevadas.

Otra característica de los taludes en roca diaclasada es que se pueden producir desprendimientos de diferente magnitud. En la zona de estudio aparece afectada una zona relativamente superficial del terreno, que ha sido previamente debilitada por la descompresión y la meteorización, habiéndose abierto juntas (diaclasas) y disminuido la cohesión en ellas.

Las juntas existentes configuran un modelo de rotura en cuña. Se han realizado medidas sistemáticas de la dirección y buzamiento de las juntas (diaclasas) en diferentes estaciones de medición, con el objeto de realizar un análisis estimativo de la estabilidad de las cuñas.

Según lo anterior se ha procedido a comprobar el factor de seguridad de las cuñas en roca existentes a partir de los resultados de las mediciones geoestructurales efectuadas. Para este cálculo se ha tomado como referencia una cuña representativa constituida por dos planos principales de discontinuidad (A y B). La dirección y el buzamiento de las discontinuidades estructurales (diaclasas) se repiten con bastante aproximación y de forma sistemática en toda la zona de estudio.



Foto3. Modelo de fracturación en cuña (Estación 3)

PLANOS	Buzamiento	Dirección de buzamiento
Plano A	40	110
Plano B	75	220

- Diferencia buzamientos =  $75 - 40 = 35^\circ$
- Diferencia entre direcciones de buzamiento =  $220 - 110 = 110^\circ$
- Espaciamiento de discontinuidades: 0,6 – 2 m (Estación 3)
- Rozamiento interno  $\varnothing = 30 - 40^\circ$
- Cálculo de los factores A y B por los ábacos Hoek y Bray: A = 1,2, B = 0,5

$$FS = A \operatorname{tg} \varnothing + B \operatorname{tg} \varnothing$$

A partir de los valores anteriores se obtiene un factor de seguridad FS = 1,20

En la inspección de campo se comprobó que no existen signos aparentes de inestabilidad en los taludes existentes. La mayoría de los taludes son subverticales y están excavados en roca granítica diaclasada en grado II.



Foto 4. Talud en roca representativo (Estación 3)



Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente y considerando al grado de meteorización de las rocas presentes en la zona de estudio, se recomienda el diseño de taludes siguiente:

DISEÑO DE TALUDES	UNIDADES GEOTÉCNICAS
1H : 2V	Roca en grado IV-III
1H : 3V	Roca en grado II

## 6.2. EXCAVABILIDAD Y UTILIZACIÓN DE MATERIALES

Las rocas en grado IV-III se encuentran cercanas al límite de la no ripabilidad genérica, para equipos pesados o muy pesados, lo que quiere decir que se pueden encontrar niveles que necesiten un ripado previo o incluso la utilización de martillos neumáticos como método de extracción.

Las rocas en grado II son rocas en principio no ripables por lo que será preciso el uso de picas neumáticas sobre equipos muy potentes o técnicas de voladura controlada para su extracción.

El sustrato muy meteorizado en grado IV puede ser considerado ADECUADO - TOLERABLE en función de su granulometría.

Las rocas en grado III y II podrán usarse como PEDRAPLÉN para rellenos.

## 7. ESTUDIO DE RELLENOS

Las alturas máximas en el eje de los rellenos más importantes son las siguientes:

- Eje nº 1 entre los PKs 1+040-1+120: relleno máximo de 8,00 m en el PK1+080
- Eje nº 1 entre los PKs 1+320-1+450: relleno máximo de 13,00 m en el PK1+380
- Eje nº 1 entre los PKs 1+660-1+820: relleno máximo de 11,50 m en el PK1+760

Los rellenos proyectados por sus dimensiones se pueden calificar de poca entidad y en función de las características geológicas del terreno irán apoyados prácticamente en su totalidad, una vez saneado el terreno sobre roca granítica en grado III-II.

Los asentamientos sufridos por el cimiento se consideran prácticamente inexistentes debido al elevado módulo de deformación del sustrato rocoso subyacente.

Con respecto a los asentamientos sufridos por el cuerpo de terraplén una forma usual de estimar los asentamientos diferidos del cuerpo del terraplén es considerar que su valor es un porcentaje de la altura, usualmente el 0,5 % para suelos seleccionados y el 1% para suelos adecuados (Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera, Ministerio de Fomento 2002). Teniendo en cuenta estos valores y considerando la altura máxima que van a tener los rellenos, se estiman asentamientos máximos de 1,30 cm (si el terraplén se ejecuta con suelos seleccionados) y 2,70 cm (si se realiza con suelos adecuados). La mitad de este asiento ocurrirá en el primer año tras la construcción.

## 7.1. ESTABILIDAD DE LOS MATERIALES DEL NÚCLEO DEL TERRAPLÉN

Para la construcción de los terraplenes, se utilizarán materiales granulares, con la calidad establecida por el PG-3 en función de la parte del terraplén considerada.

Teniendo en cuenta que el relleno de mayor entidad tendrá una altura de 13,00 m. Los terraplenes se podrán diseñar con una geometría 3H:2V.

## 7.2. TRATAMIENTO DEL CIMIENTO

De manera general una vez retirada la tierra vegetal y antes de comenzar el relleno, se deberá compactar el terreno natural con cuatro a seis pasadas de rodillo vibratorio antes de comenzar a extender las sucesivas tongadas de material. El suelo vegetal se recomienda reservarlo para revegetaciones posteriores.

En caso de aflorar agua, deberá recogerse y canalizarse hacia zonas alejadas del cimiento del terraplén, evitando su acumulación en la base del relleno.

En los terraplenes proyectados donde se produzca el recrecido de los rellenos de la carretera actual, se deberá proceder al saneo y escalonado de los taludes existentes para su perfecto adosado entre la parte de nueva construcción y la ya existente.

## 8. EXPOSICIÓN AMBIENTAL

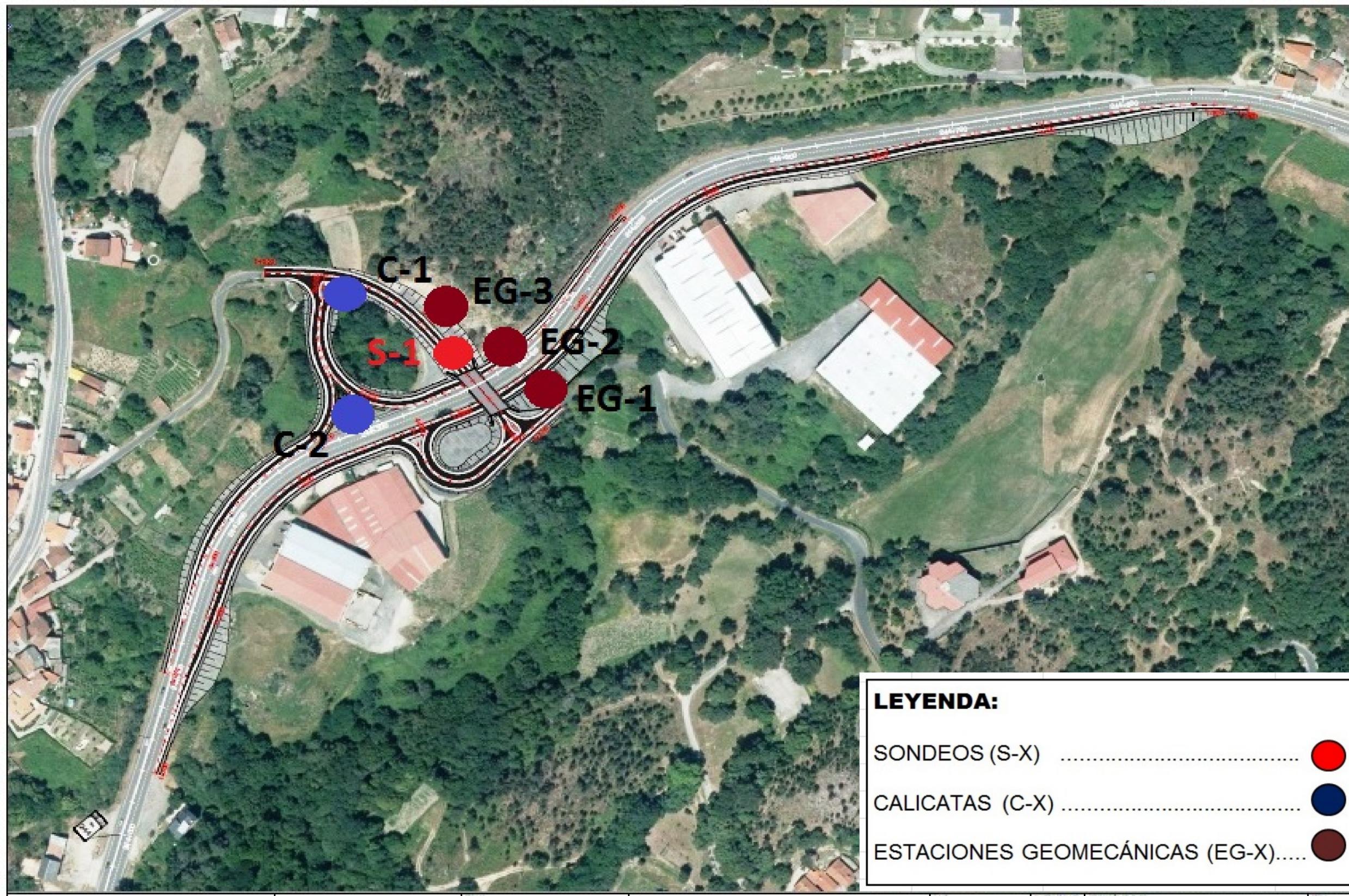
De la muestra de agua obtenida en el sondeo S-1 se analizaron los parámetros que marca la EHE, obtenido un valor de CO<sub>2</sub> igual a 15 mg/l y Residuo Seco igual a 118mg/l. En función de estos resultados se considera un tipo de ambiente y grado de exposición **Ila + Qa**.



Por todo ello, para el hormigón de la cimentación se habrá de seguir lo indicado en los Art. 37.2.4 (Recubrimientos), 37.3.2 (Limitaciones a los contenidos de agua y de cemento) y Anejo 3 (Recomendaciones generales para la utilización de los cementos).



## APÉNDICE Nº1: LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO





**APÉNDICE Nº2: REGISTRO DE LAS CALICATAS**



Profundidades (m)		Nivel freático	Espeor estratos	Corte litológico	Naturaleza del terreno	Muestra	Reportaje fotográfico
0,00							
1,00					0,00 -0,40 m TIERRA VEGETAL 0,40 -0,60 m GM IV-III FINAL EXCAVACIÓN		
2,00							
3,00							
4,00							
<b>OBSERVACIONES</b>							
El final de la excavación coincide con un nivel geotécnico de elevada abrasividad y dureza. Corresponde a la cota de rechazo alcanzada por el cazo de la máquina excavadora utilizada en este estudio							
							
							Fotografía 2

Profundidades (m)		Nivel freático	Espeor estratos	Corte litológico	Naturaleza del terreno	Muestra	Reportaje fotográfico
0,00							
1,00					0,00 -0,35 m TIERRA VEGETAL 0,35 -0,60 m GM IV-III FINAL EXCAVACIÓN		
2,00							
3,00							
4,00							
<b>OBSERVACIONES</b>							
El final de la excavación coincide con un nivel geotécnico de elevada abrasividad y dureza. Corresponde a la cota de rechazo alcanzada por el cazo de la máquina excavadora utilizada en este estudio							
							
							Fotografía 2



**APÉNDICE Nº3: REGISTRO COLUMNA LITOLÓGICA SONDEO**



OBRA			SONDEO:			Hoja 1 de 1								
Mejora de la intersección N-525			S-1											
P.k. 244+368. T.M. Coles. Provincia de Orense			PK 5+151											
FECHA 29/06/2017			MAQUINA: ROLAC											
GÉOLOGO A J CHACON AUJE			PROF.: 9 m											
			CARACTERÍSTICAS DEL SONDEO				ENSAYOS "IN SITU"							
Nº CAJA	NIVEL FREÁTICO en m	PROFUNDIDAD en m	ESPESOR ESTRATO (m)	NATURALEZA DEL MATERIAL	MANIOBRAS	% RECUP.	R.Q.D	GRADO METEOR.	MUESTRAS Y ENSAYOS		S.P.T. / MUESTRA INALTERADA			
									Nº Golpes / 15 cm.		N30			
					71				Tipo	Prof. (m)	15	30	45	60
				0,00 -045 m TIERRA VEGETAL										
		1,00		0,45 - 1,45 m ROCA GRANÍTICA MUY METEORIZADA A MODERADAMENTE METEORIZADA GM IV-III										
		2,00												
		3,00												
		4,00												
		5,00		1,45 - 9,00 m ROCA GRANÍTICA LIGERAMENTE METEORIZADA GM II						TP 1	4,3-4,8			
		6,00												
		7,00												
		8,00								TP 2	7,4 -7,8			
		9,00												
		###												



**APÉNDICE Nº4: FOTOTESTIFICACIÓN**





**APÉNDICE Nº5: ENSAYOS DE LABORATORIO**



Laboratorio de Ensayos Acreditado por el IGVS  
 (Xunta de Galicia) el 11/05/05 (DOG 27/05/05)  
 Acreditación: "EHA", "GTC", "GTL" y "VSG".  
 Registro LECCE S/Real Decreto 410/2010 N° GAL-L-007



Laboratorio de Ensayos Acreditado por el IGVS  
 (Xunta de Galicia) el 11/05/05 (DOG 27/05/05)  
 Acreditación: "EHA", "GTC", "GTL" y "VSG".  
 Registro LECCE S/Real Decreto 410/2010 N° GAL-L-007

REF. MUESTRA	M0313123
CODIGO OBRA	28-130003-NM
CLIENTE	SONDEOS INGENIERIA GEOTECNICA Y MEDIO AMBIENTE, S.L. (SIGMA)
OPERADOR	MODESTO NUÑEZ BOIMORTO
SITUACIÓN	S-1 4.35-4.80 TP
FECHA DE ACTA	07/07/2017

SONDEOS INGENIERIA GEOTECNICA Y M

OBRA N-525 PK 244+275 OURENSE

ACTAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE SUELOS EN GEOTECNIA (GTL)

Modalidad de Control: CO Modalidad de Muestreo: ML  
 Procedencia de la muestra: S-1 4.35-4.80 TP  
 Fecha de Toma:  
 Orientación del eje de carga con respecto a la anisotropía de la probeta:

RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCAS UNE 22950-1/1990

ALTURA (mm)	174,00
DIÁMETRO (mm)	71,06
CARGA DE ROTURA (N)	18000
RESISTENCIA (Mpa)	4,5



Fecha Final Ensayo 6-jul-17  
 Acta Resultados DEFINITIVA  
 Equipos Utilizados 650, 551,  
 OBSERVACIONES



El Director del Laboratorio  
 Modesto Nuñez Boimorto

Jefe de área de Acreditación GT  
 David Borrego Álvarez

REF. MUESTRA	M0313124
CODIGO OBRA	28-130003-NM
CLIENTE	SONDEOS INGENIERIA GEOTECNICA Y MEDIO AMBIENTE, S.L. (SIGMA)
OPERADOR	MODESTO NUÑEZ BOIMORTO
SITUACIÓN	S-1 7.40-7.95 TP
FECHA DE ACTA	07/07/2017

SONDEOS INGENIERIA GEOTECNICA Y M

OBRA N-525 PK 244+275 OURENSE

ACTAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE SUELOS EN GEOTECNIA (GTL)

Modalidad de Control: CO Modalidad de Muestreo: ML  
 Procedencia de la muestra: S-1 7.40-7.95 TP  
 Fecha de Toma:  
 Orientación del eje de carga con respecto a la anisotropía de la probeta:

RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCAS UNE 22950-1/1990

ALTURA (mm)	174,00
DIÁMETRO (mm)	71,15
CARGA DE ROTURA (N)	34700
RESISTENCIA (Mpa)	8,7



Fecha Final Ensayo 6-jul-17  
 Acta Resultados DEFINITIVA  
 Equipos Utilizados 650, 551  
 OBSERVACIONES



El Director del Laboratorio  
 Modesto Nuñez Boimorto

Jefe de área de Acreditación GT  
 David Borrego Álvarez



Laboratorio de Ensayos Acreditado por el IGVN  
 (Ley de Galicia) el 11/05/05 (DOG 27/05/05)  
 Acreditación: "EHA", "GTC", "GTL" y "VSG"  
 Registro LECOE B/Final Decreto 410/2010 Nº GAL-L-007

REF. MUESTRA	M0313125
CODIGO OBRA	28-130003-NM
CLIENTE	SONDEOS INGENIERIA GEOTECNICA Y MEDIO AMBIENTE, S.L. (SIGMA)
OPERADOR	MODESTO NUÑEZ BOIMORTO
SITUACIÓN	S-1 AGUA
FECHA DE ACTA	11/07/2017

SONDEOS INGENIERIA GEOTECNICA

OBRA N-525 PK 244+275 OURENSE

ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE AGUAS (GTL)

Modalidad de Control: CO Modalidad Muestreo (UNE 83951/2008): ML  
 Procedencia de la muestra: S-1 AGUA  
 Fecha de Toma

AGRESIVIDAD DE AGUAS (EHE Apdo 8.2.3)

VALOR DE PH (UNE 83952)	Valor de pH		7,31
	Temperatura de Medida	(°C)	27,2
CONTENIDO DE IÓN AMONIO (UNE 83954)		(mg/l)	0,3
CONTENIDO DE IÓN SULFATOS (JEN 83956)		(mg/l)	17,5
RESIDUO SECO A 110 °C (UNE 83957)		(mg/l)	118
CONTENIDO DEL IÓN MAGNESIO UNE 83955-2008 (MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA - MÉTODO ALTERNATIVO)		(mg/l)	4,2
DIÓXIDO DE CARBONO LIBRE CO <sub>2</sub> UNE EN 13577		(mg/l)	15

Fecha Final Ensayo 11-06-17  
 Acta Resultados DEFINITIVA  
 Equipos Utilizados 247, 444, 451, 017, 196, 470

OBSERVACIONES



El Director del Laboratorio  
 Modesto Nuñez Boimorto

Jefe de Área de Acreditación GT  
 David Borrego Álvarez