

ANEJO N°2

Geología y geotecnia

Índice

1 Introducción	1
1.1 Objetivos y alcance	1
1.2 Metodología	1
1.3 Información utilizada	2
2 Encuadre geológico	3
2.1 Tectónica	4
2.2 Geomorfología	4
2.3 Sismicidad	5
2.4 Hidrogeología	5
3 Geología de la zona	6
3.1 Estratigrafía y litología	6
3.1.1 Complejo Urganiano C17	6
3.1.2 Complejo Urganiano C16	6
3.1.3 Complejo Urganiano C15	6
3.1.4 Complejo Urganiano C12	6
3.1.5 Recubrimiento Cuaternario	6
3.2 Tectónica	7
3.3 Geomorfología	7
3.4 Hidrogeología	7
3.4.1 Riesgos asociados a la sismicidad	7
3.4.2 Agresividad de los suelos por sulfatos	7
4 Características geotécnicas de los materiales	8
4.1 Substrato Cretácico (C)	8
4.2 Recubrimiento cuaternario	8
4.2.1 Depósitos coluvio-eluviales (Qco-e)	8
4.2.2 Depósitos Eluviales	8
4.2.3 .Rellenos antrópicos (RA)	9
5 Geotecnia de las obras de tierra	10
5.1 Desmontes	10
5.1.1 Criterios generales	10
5.1.1.1 Inclinación de los taludes de desmonte	10
5.1.1.2 Refuerzos y sostenimientos	10

5.1.1.3 Medidas para evitar la degradación de los taludes por erosión	10
5.1.1.4 Cálculos de estabilidad	10
5.1.2 Estudio particularizado	11
5.1.2.1 Desmonte D-1	11
5.1.2.2 Desmonte D2	12
5.1.2.3 Desmonte D3	13
5.1.2.4 Desmonte D-4	15
5.2 Rellenos	16
5.2.1 Criterios generales	16
5.2.1.1 Parámetros geotécnicos	16
5.2.1.2 Materiales sobre los que apoyarán los rellenos	17
5.2.1.3 Tratamiento y preparación del cimiento	17
5.2.1.4 Taludes y estabilidad	17
5.2.2 R-1 Estudio particularizado	17
6 Geotecnia de las estructuras	19
6.1 Muro Escollera	19
6.2 Pasarela	19
7 Estudio de materiales	20
7.1 Prescripciones a satisfacer por los materiales	20
7.2 Disponibilidad y necesidades de materiales	20
7.3 Necesidades de material	20
7.4 Estudio de procedencias	21
7.4.1 Disponibilidad de los materiales excavados en la traza.	21
7.4.1.1 Caracterización de los materiales excavados en el trazado.	21
7.4.2 Coeficientes de paso y aprovechabilidad.	21
7.5 Préstamos, canteras y yacimientos granulares	21
7.5.1 Préstamos	21
7.5.2 Canteras	21
7.5.2.1 Cantera Andaroleta	21
7.5.2.2 Cantera El Bortal	21
7.5.2.3 Cantera Lacilla	21
APÉNDICE Nº2.1: PLANOS	
APÉNDICE Nº2.2: REGISTRO SONDEO	
APÉNDICE Nº2.3: ENSAYOS LABORATORIO	

1 Introducción

En este anejo describimos las características geológicas del tramo de Pista Ciclable localizado entre los barrios de Mamariga y el Villar en Santurtzi.

El tramo discurre a media ladera, bajo la Autovía del Puerto de Santurtzi y sobre las viviendas del barrio de El Villar

El tramo estudiado tiene su origen en la Calle Vallejo de Mamariga y finaliza en las inmediaciones de la Residencia Nuestra Señora de Begoña, donde enlaza con la senda ciclable existente al pie del Serantes



Ilustración 1: Situación de la zona de proyecto

Así mismo, el objeto de este anejo es aportar la visión geotécnica sobre las obras a desarrollar y que se definen a lo largo del proyecto.

En este sentido se lleva a cabo un estudio de los materiales presentes a lo largo del trazado, el cual no varía su eje de forma relevante respecto al actual en todo su longitud y se proponen las mejoras necesarias para alcanzar un nivel de seguridad satisfactorio en cada uno de los puntos observados.

1.1 Objetivos y alcance

El objetivo de este anejo es el de determinar las características geológicas de los terrenos por donde discurre la traza, principalmente:

- Litología de los materiales.
- Disposición estructural.
- Análisis y caracterización de discontinuidades.
- Aspectos geomorfológicos generales y aquellos con incidencia en la traza.
- Comportamiento hidrogeológico de los materiales. Formaciones acuíferas. Estimación de niveles freáticos.

En términos geotécnicos se analizan las características geotécnicas de los materiales atravesados y se efectúan recomendaciones acerca de las obras de tierra a ejecutar en este caso exclusivamente desmontes.

1.2 Metodología

Para la realización de este anejo se ha seguido la siguiente metodología:

- Recopilación, análisis y evaluación de la información geológica y geotécnica sobre la zona.
- Reconocimiento geológico en campo de los diversos materiales aflorantes, su litología y disposición estructural, plasmándose en una cartografía geológica a escala 1/500 de una franja alrededor de la traza.
- Determinación de las discontinuidades que afectan a los materiales. Estaciones de medida.
- Características geomorfológicas, con especial atención a aquellas que pueden afectar al trazado. - Reconocimiento de campo y estudio fotogeológico.
- Reconocimiento y delimitación de rellenos antrópicos.
- Hidrogeología de los materiales. Determinación de formaciones acuíferas. Estimaciones de niveles freáticos y afecciones al trazado.

En el apartado geotécnico se presenta la metodología de cálculo empleada para cada uno de los elementos de la obra. A partir de los datos tomados en campo y los reconocimientos geotécnicos efectuados se elaboran los cálculos necesarios para determinar la idoneidad de los elementos diseñados. De la misma forma se han utilizado datos cuyo origen se sitúa en proyectos de infraestructuras cercanas.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable
entre Santurtzi y el bidgorri de La Arena.
Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

1

1.3 Información utilizada

En primer lugar se ha consultado la información geológica general existente de la zona estudiada, básicamente los estudios realizados por el IGME y el ITGE (Instituto Tecnológico Geominero de España) dentro del plan MAGNA.

- Mapa Geológico del País Vasco 1/25.000. Hoja nº 61-I “Santurtzi”. (1993).
- Mapa Geológico de España 1/50.000. Hoja nº 37 (21-4) “Algorta”. (1973).

Proyecto de Trazado de una senda ciclable
entre Santurtzi y el bidegorri de La Arena.
Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

2

2 Encuadre geológico

Desde el punto de vista de la geología regional, la zona objeto de este estudio pertenece a las estribaciones occidentales de los Pirineos, dentro de la Cuenca Vasco - Cantábrica.

El área estudiada se enmarca dentro del flanco oeste del sinclinorio de Bilbao, originado durante la Orogenía Alpina. Concretamente en la unidad tectosedimentaria conocida como “Dominio de la plataforma alavesa”, en una caracterizada por la presencia de materiales del Complejo Urgoniano Detrítico, con bandas intercaladas de materiales del Complejo Urgoniano Calcáreo.



Ilustración 2: Esquema Geológico (EVE)

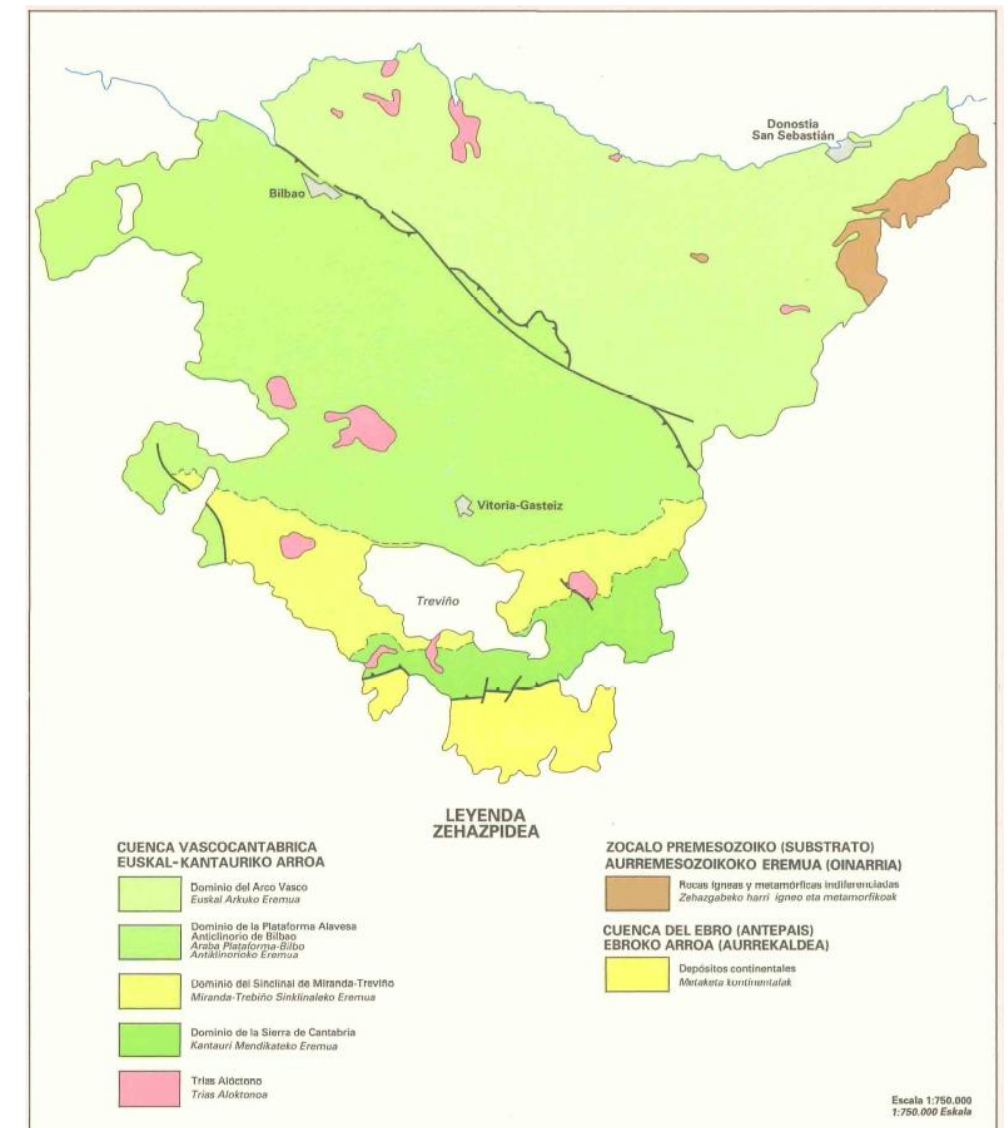


Ilustración 3: Esquema Estratigráfico (EVE)

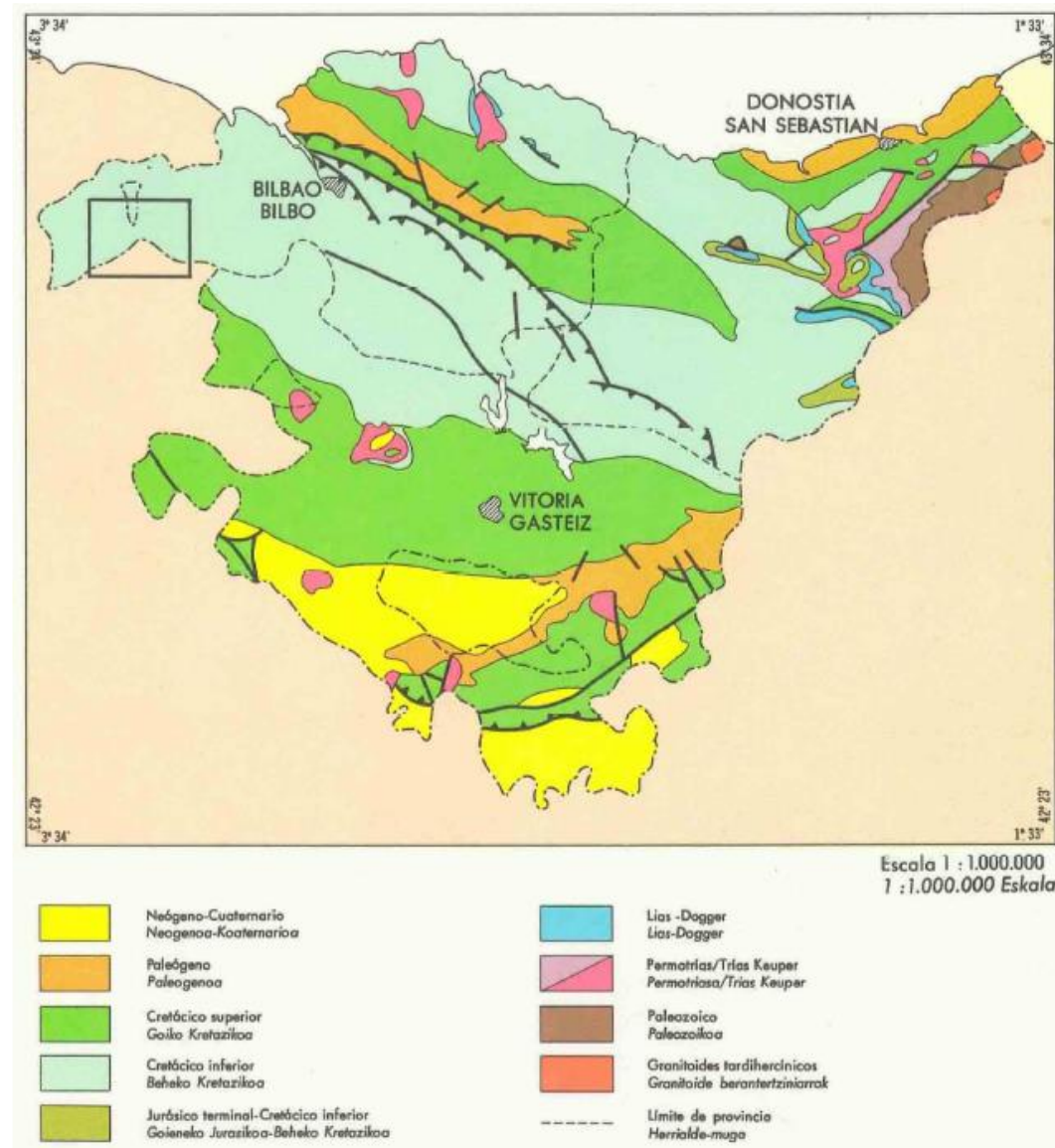
Los materiales delimitados por estos accidentes tectónicos, de edad Cretácico Inferior (Albiense), pertenecen a la “Plataforma alavesa”, formado, en esta zona, por rocas detríticas del Complejo Supraurgoniano y constituido principalmente por limolitas negras arenosas y areniscas, normalmente carbonatadas.

El ciclo Supraurgoniano representa el episodio terrígeno que cierra el ciclo marino somero arrecifal urgoniano y lo separa de los episodios flyschoides o de la sedimentación carbonatada extensiva en las grandes plataformas del Cretácico superior.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable
entre Santurtzi y el bidgorri de La Arena.
Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

3

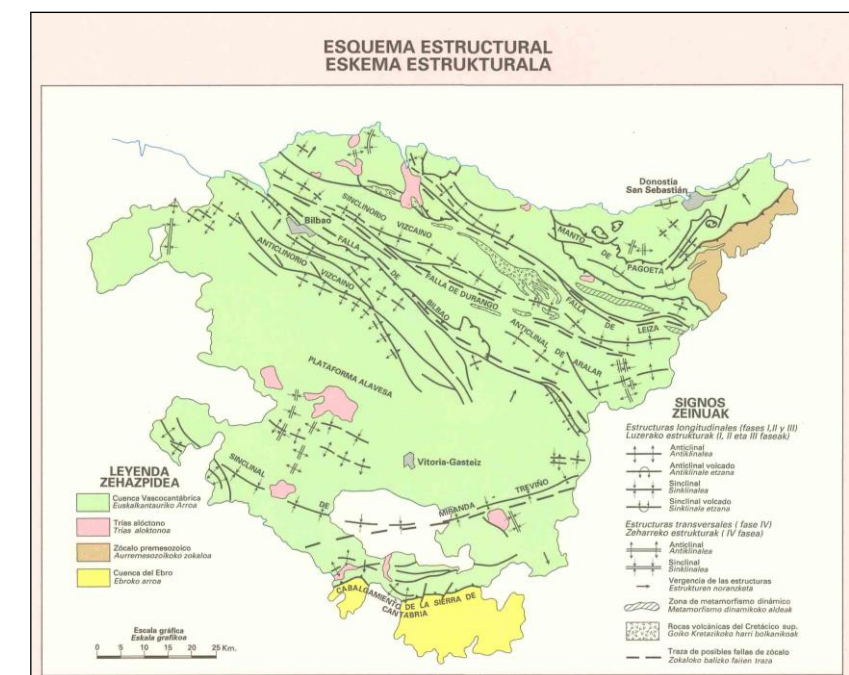


Desde el punto de vista estructural, la Unidad de la plataforma alavesa, al igual que toda la Cuenca Vasco-Cantábrica, se caracteriza por presentar, al menos, tres fases de deformación debidas a los efectos de la Orogenia Alpina. La más importante de ellas, denominada como Fase I en la bibliografía consultada, es la que genera casi la totalidad de las estructuras reconocibles a escala regional, predominando la dirección Noroeste - Sureste, N 120° a 130° E. Posteriormente se desarrollan, durante la Fase III, estructuras de rumbo ortogonal al descrito, N45°E, y que afectan a las directrices de la Fase I.

Sobre el substrato Cretácico, se han desarrollado diversos depósitos cuaternarios, con espesores poco importantes, consistentes en suelos de origen eluvial y por rellenos antropogénicos.

2.1 Tectónica

Estructuralmente, la zona de estudio se engloba dentro del Sector de Durango, enmarcado en la Unidad de Oiz. Las directrices estructurales principales son NO-SE. Al igual que en otras unidades, se contempla la división de esta gran área estructural en sectores que presentan características estructurales comunes y/o están diferenciados por accidentes de importancia. La principal estructura de la Unidad de Oiz, aparte de sus accidentes limitantes, es el Sinclinorio de Bizkaia, plegamiento de directriz NO-SE situado en la franja centro-meridional de esta región estructural.



2.2 Geomorfología

La zona se encuentra en una media ladera, de pendientes fuertes debido a la presencia superficial del substrato rocoso y la escasa presencia de suelos de alteración. Está atravesada por una vaguada principal de pequeña entidad, por la que discurre una regata, que no presenta agua en verano. que corta al trazado de manera perpendicular. Al pie de la ladera, discurre otra vaguada paralela al trazado en una zona ya urbanizada.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable entre Santurtzi y el bidgorri de La Arena. Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

2.3 Sismicidad

En el área estudiada, y de acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02), Parte General y Edificación, actualmente en vigor, real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre, el trazado se desarrolla por zonas de intensidad sísmica calificada como de sismicidad baja, con valores a_b / g inferiores a 0,04, y de K inferiores a 1,0. Siendo a_b la aceleración sísmica básica, valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de quinientos años.

Por otro lado K es el coeficiente de contribución, que tiene en cuenta la influencia, en la peligrosidad sísmica de cada punto, de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma. Según la norma, no es preceptivo considerar la influencia de los fenómenos sísmicos en las obras y servicios situados en las zonas de dicho grado de sismicidad.



Ilustración nº1. Fig. 4. Mapa Sísmico de España.

2.4 Hidrogeología

Desde el punto de vista hidrogeológico regional, el área de estudio se enmarca dentro de la cuenca Norte, que ocupa la casi totalidad de la cornisa cantábrica. De los diversos sistemas acuíferos localizados dentro del sector vasco de esa cuenca solamente la Unidad Hidrogeológica de Oiz, que se desarrolla sobre materiales detríticos, se localiza próxima a la zona de estudio, aunque sin afectar a las obras previstas.

Desde el punto de vista práctico, no se considera que existan zonas con un nivel piezométrico estable. La presencia de agua subterránea en el ámbito del proyecto se reducirá al flujo en el contacto entre los materiales eluviales y coluviales situados sobre las laderas y la roca sana.

3 Geología de la zona

3.1 Estratigrafía y litología

A continuación se detallan las características de cada de las unidades reconocidas a lo largo del trazado estudiado:

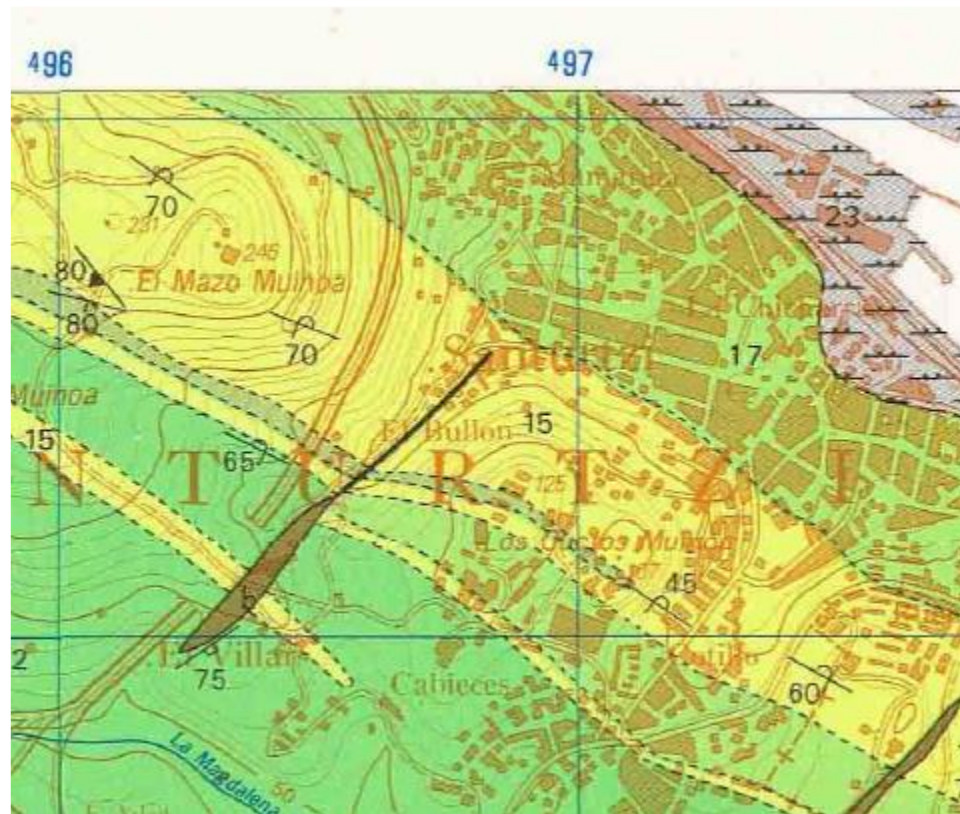


Ilustración nº2. Extracto de la hoja 61-IV Basauri de la cartografía geológica 1:25.000 del EVE (1993)

3.1.1 Complejo Urganiano C17

Formado por alternancia de margas arenosas y calcarenitas arenosas de color gris en los tramos margosos o marrón claro en los tramos mas arenosos.

3.1.2 Complejo Urganiano C16

Está formado por una alternancia de margas y calcarenitas de tonos grises y marrones, se distingue de la unidad anterior por presentar un contenido en arena mucho más bajo.

3.1.3 Complejo Urganiano C15

Formado por limolitas calcáreas con pasadas de areniscas de origen turbidítico, de edad Aptiense. Dentro de esta unidad, aparecen diques de rocas volcánicas de carácter lenticular.

3.1.4 Complejo Urganiano C12

Formado por Limolitas calcáreas grises y gris oscuro con niveles intercalados de areniscas.

3.1.5 Recubrimiento Cuaternario

Atendiendo a su génesis y litología diferenciamos entre:

1.- Depósitos eluvio-coluviales. Ocupan una parte del tramo. Se encuentran constituidos por materiales limo arcillosos en el que ocasionalmente pueden aparecer cantos de diverso tamaño tapizando la superficie del sustrato rocoso.

Proviene de la meteorización del macizo rocoso en ocasiones con un pequeño transporte facilitado por la pendiente de la ladera. Los materiales de tamaño de grano superior presentan bordes angulosos lo que revela la ausencia o limitación del transporte.

Estos materiales tapizan la ladera izquierda del trazado, mezclados con niveles de rellenos antrópicos.

3.- Rellenos antrópicos. Formados por materiales de variada granulometría constituyen los rellenos de las zonas urbanizadas del barrio de Mamariga, el tronco de la Autovía del Puerto y los viales del final del trazado en los accesos a la residencia Nuestra Señora de Begoña. Su espesor es reducido y su excavación y afección geotécnica es muy reducida

Proyecto de Trazado de una senda ciclable
entre Santurtzi y el bidegorri de La Arena.
Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

3.2 Tectónica

La zona del trazado no está atravesada por fallas, siendo los contactos entre formaciones de tipo normal. Muy próxima al trazado, al sur, se encuentra una pequeña falla que genera la vaguada de El Bullón, sobre la cual discurre el proyecto.

Los buzamientos observados en la zona del proyecto son homogéneos con direcciones de buzamiento hacía el suroeste e inclinaciones medias de 60°-70°, formando el flanco invertido del anticlinorio de Bilbao.

3.3 Geomorfología

La zona se encuentra situada a media ladera, en la falda del Serantes, en una zona caracterizada por la presencia superficial de la roca en gran parte del trazado (zona de “cueto”). La pendiente del terreno natural es elevada.

Parte de la zona del trazado presenta pequeños espesores de suelos coluvio-eluviales, donde disminuye la pendiente natural del terreno. Estas zonas, ubicadas al inicio del trazado se han aprovechado para la instalación de huertos aterrazados.

3.4 Hidrogeología

A efectos prácticos tanto el macizo rocoso, compuesto por una alternancia de limolitas, margas y niveles de areniscas, como los depósitos eluviales principalmente limo arcillosos pueden considerarse como impermeables.

Solamente, con carácter estacional puede esperarse un cierto flujo de agua en el contacto suelo/roca en el que las discontinuidades pueden encontrarse abiertas y con capacidad transmitiva a favor de la pendiente.

No se espera, dada la escasa entidad de las obras a ejecutar, modificaciones de importancia en el comportamiento hidrogeológico del macizo afectado, no afectándose aprovechamientos actuales

3.4.1 Riesgos asociados a la sismicidad

De acuerdo a lo establecido en la Normativa Sísmica Española (NCSE-02) el tramo a estudiar se encuentra por debajo de una aceleración sísmica de 0.04g y por tanto no sería obligatorio el cumplimiento de la Norma Sismorresistente.

3.4.2 Agresividad de los suelos por sulfatos

Los resultados obtenidos en los análisis químicos de sulfatos indican un bajo porcentaje en los materiales pertenecientes al sustrato rocoso (0.1%) así como en los materiales cuaternarios (0.4%).

Proyecto de Trazado de una senda ciclable
entre Santurtzi y el bidegorri de La Arena.
Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

7

4 Características geotécnicas de los materiales

Las características geotécnicas de los materiales se han deducido a partir los ensayos de laboratorio realizados en la campaña correspondiente y de la experiencia de la zona. Dada la similitud geotécnica de los materiales del substrato rocoso, estos se han unificado en una única unidad geotécnica.

4.1 Substrato Cretácico (C)

Se han englobado las diferentes unidades del substrato rocoso Urgoniano dentro de una sola unidad geotécnica, dadas las similitudes existentes entre ellas. Los materiales cretácicos constituyen el sustrato rocoso en toda la zona de estudio, con varios afloramientos a lo largo del trazado en proyecto.

Esta unidad rocosa se ha detectado tanto a nivel superficial en afloramientos como en el sondeo S-1.

Para la caracterización de las areniscas y limolitas sanas se han llevaron a cabo cuatro (4) ensayos de resistencia a compresión simple, con una RCS media de 5.25 Mpa. Estos resultados parecen muy bajos para la unidad considerada y de hecho la mayoría de las roturas se producen a través de los planos de discontinuidad, en concreto la estratificación.

Los resultados de los ensayos realizados para esta unidad se incluyen a continuación:

PUNTO RECONCIMIENTO	Muestra	Cota sup	Cota inf	Long.	Unidad Geotéc.	Hum.	Dens. Ap.	RCS rocas
		m	m	m		%	kN/m3	MPa
S-1	TPI-1	7,20	7,50	0,3	C1	0,90	26,6	37,10
	TP-2	10,80	11,20	0,4	C1	1,39	25,9	47,37

Tabla nº1. Resultados ensayos de la formación del Cretácico Superior (C1)

El contenido de humedad varía entre 0,90 y 1,39 %, con valor medio de 1.14% y la densidad aparente se sitúa entre 26,6 y 25,9 kN/m³, con un valor medio de 26,3 kN/m³.

La resistencia a compresión simple presenta valores entre 37,1 y 47,37 MPa, acordes con lo esperado para litologías de estas características. Con carácter conservador se adopta el valor más bajo (37,10 MPa) como valor de referencia y cálculo para esta unidad.

4.2 Recubrimiento cuaternario

4.2.1 Depósitos coluvio-eluviales (Qco-e)

Se han reconocido por evidencias geomorfológicas, aunque no se han podido recoger muestras o caracterizar con ensayos. Son depósitos de materiales arcillosos arrastrados del nivel de alteración del substrato rocoso, presentando características composicionales similares a estos y parámetros resistentes ligeramente más bajos debido al transporte y removilización sufridos. Debido a que no se han recogido muestras de este tipo de materiales los parámetros adoptados proceden de la experiencia en este tipo de depósitos y son los que se describen a continuación:

- Densidad aparente: 18,0 kN/m³
- Cohesión: 10 kPa
- Ángulo de rozamiento: 25°

4.2.2 Depósitos Eluviales

Esta unidad está representa el nivel superficial de alteración del substrato rocoso. Está compuesta por materiales de variada granulometría, fundamentalmente limo-arcillosa de plasticidad medía, que presentan cantidades muy escasas de arena.

Sondeo	Muestra	Cota sup	Cota inf	Long.	Unidad Geotéc.	Hum	Dens. Ap.	Granulom (% pasa)			Plasticidad			SUCS	RCS suelos
		m	m	m		%	kN/m3	#20	#2	#0.08	LL	LP	IP		KPa
S-1	MI-1	1,20	1,80	0,6	Qco-e	22,4	1,91								278
	MI-2	1,80	2,40	0,6	Qco-e	20.1	1,82	100	99,4	95,8	51,1	28,6	22,5	CH-MH	

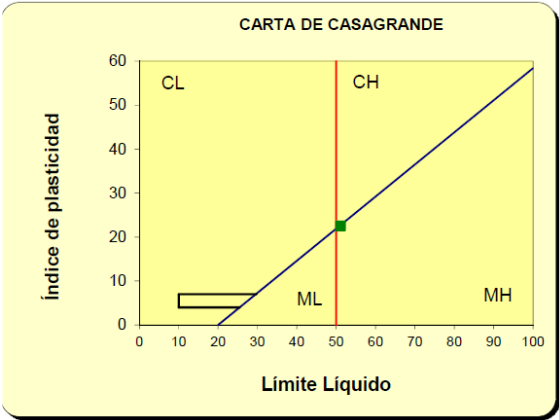


Ilustración nº3. Carta Casagrande MI-.2

Proyecto de Trazado de una senda ciclable entre Santurtzi y el bidigorri de La Arena. Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

Según los trabajos realizados, aparece localizada sobre el sustrato rocoso subyacente (C1).

En el proyecto objeto de estudio, se encuentra presente a lo largo de todo el tramo. Su potencia varía entre 0,4 y 4m.

Los parámetros geotécnicos asignados a esta unidad son:

- Densidad aparente: 19,0 kN/m³
- Cohesión: 50kPa
- Ángulo de rozamiento: 25°

4.2.3 .Rellenos antrópicos (RA)

Solamente se ven afectados por el trazado en espesor muy reducido (<1 m) y en su mayoría presentarán cierto grado de compactación dado que forman parte de viales y zonas urbanizadas.

Debido a que no se han recogido muestras de este tipo de materiales los parámetros adoptados proceden de la experiencia en este tipo de depósitos y son los que se describen a continuación:

- Densidad aparente: 1.90 kN/m³
- Cohesión: 5 kPa
- Ángulo de rozamiento: 32°

Desde el punto de vista de la aprovechabilidad, a la vista de la heterogeneidad de estos materiales así como su elevado porcentaje de humedad, se propone su reutilización para urbanización de zonas aledañas al trazado, pero no para ser utilizados bajo el tronco o como relleno de la plataforma del trazado.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable
entre Santurtzi y el bidgorri de La Arena.
Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

5 Geotecnia de las obras de tierra

5.1 Desmontes

En un estudio de desmontes deben tenerse en consideración muchos aspectos (estabilidad, refuerzo, excavabilidad, impacto ambiental, trazado, reutilización de materiales, expropiaciones, etc.), generalmente relacionados entre sí y por tanto difíciles de estudiar por separado.

La valoración de cada uno de estos factores no es sencilla, ya que tanto la toma de datos, como los parámetros geotécnicos, están condicionados por variaciones locales, que impiden lograr los grados de precisión que se alcanzan en otros tipos de estudios y proyectos de obra civil. Por ello, al margen de los errores admitidos, la decisión final depende en gran medida de la experiencia y el buen juicio ingenieril.

En este apartado se estudiarán los aspectos geotécnicos de los desmontes, es decir, los relacionados con su estabilidad, eventuales medidas de refuerzo y excavabilidad. Otros aspectos, como los medioambientales, de trazado, y de reutilización de materiales, se analizarán en otros apartados.

En primer lugar se expondrán de manera breve los "criterios generales básicos" que se aplicarán a los diferentes aspectos de este estudio, especialmente en lo relativo a las secciones tipo, diseño de taludes de excavación, cálculos de estabilidad, recomendaciones constructivas de refuerzo, protección y drenaje, excavabilidad, caracterización del fondo de desmonte y recomendación de las medidas oportunas en caso necesario (saneos).

Se ha considerado el estudio particularizado de aquellos desmontes con una altura superior a los 5 m. En el caso de aquellos de inferior altura se ha determinado la idoneidad de su excavación con una pendiente 3(H):2(V).

El análisis detallado de cada desmonte del trazado incluirá los siguientes apartados:

- Situación y datos geométricos
- Trabajos de reconocimientos realizados
- Características geológicas del terreno a excavar
- Análisis de estabilidad
- Excavabilidad
- Fondo de desmonte
- Drenaje
- Recomendaciones constructivas

De acuerdo con el perfil longitudinal de las vías generales, a lo largo del trazado se excavarán un total de 8 tramos en desmonte, con una altura máxima inferior a los 15 m, y sólo tres de ellos superan los 5 m.

5.1.1 Criterios generales

Tal y como se verá en los cálculos de estabilidad, las pendientes de los taludes inventariados garantizan la estabilidad global.

El diseño de la sección tipo de los desmontes se realizará siguiendo los criterios de las normas en vigor y tomando en consideración las observaciones realizadas en los diferentes reconocimientos efectuados sobre los taludes existentes. En concreto, se estudiarán y definirán los siguientes aspectos:

- Inclinaciones de los taludes de desmonte.
- Refuerzos y sostenimientos.

A continuación se describen los criterios y consideraciones más importantes a tener en cuenta en cada uno de ellos.

5.1.1.1 INCLINACIÓN DE LOS TALUDES DE DESMONTES

Para la determinación de la pendiente de los taludes de desmonte se han empleado básicamente criterios de estabilidad, recomendando pendientes implicando una afección aceptable garanticen la estabilidad a largo plazo.

5.1.1.2 REFUERZOS Y SOSTENIMIENTOS

En los casos en que la estabilidad del talud se sitúe en una posición comprometida, se deberán aplicar medidas de sostenimiento.

5.1.1.3 MEDIDAS PARA EVITAR LA DEGRADACIÓN DE LOS TALUDES POR EROSIÓN

Algunos de los terrenos excavados son susceptibles de sufrir degradación por la granulometría que presentan, por lo que se hace necesario proponer una serie de medidas para evitar dicha degradación.

- La primera de ellas es el diseño de un adecuado drenaje de los taludes mediante cunetas de recogida de aguas.
- La segunda es la adopción de inclinaciones de talud poco elevadas.

5.1.1.4 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

El método de cálculo a aplicar depende de la naturaleza intrínseca del terreno donde potencialmente puede desarrollarse la inestabilidad.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable
entre Santurtzi y el bidgorri de La Arena.
Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

10

La excavación de los desmontes se realizará, además de en suelos (depósitos cuaternarios con distintos grados de cementación, rellenos antrópicos, etc), en una alternancia de estratos de diferente composición y comportamiento (calcarenitas y margas y areniscas, conglomerados y limos) por lo que, dada la heterogeneidad que presenta el medio, se ha considerado como la mejor aproximación posible para el cálculo de la estabilidad el mecanismo de rotura propio de un suelo.

En los taludes en terrenos tipo suelo y/o rocas muy alteradas, las roturas se producen a través de su masa. Se ha observado en numerosos casos analizados que la superficie de deslizamiento se asemeja a la cara cóncava de una concha, de modo que, en un perfil paralelo a la dirección del movimiento, la sección de esta superficie es circular.

Este tipo de deslizamiento se produce en terrenos homogéneos, sin direcciones predominantes de fracturación y en los que el tamaño de las partículas de suelo es muy pequeño en comparación con las dimensiones del talud. Los métodos de cálculo de estabilidad que actualmente se aplican están basados en estas observaciones.

En este estudio, se aplica el "Método de Bishop", que es un método bidimensional que divide el terreno en rebanadas o dovelas y estudia el equilibrio en cada una de ellas. El problema es hiperestático, por lo que es necesario hacer una simplificación que permita su resolución. La simplificación de Bishop consiste en suponer que las fuerzas en las caras laterales son horizontales.

Sólo se satisface el equilibrio de momentos y no el de fuerzas horizontales. Como resultado del cálculo se obtiene el factor de seguridad (FS) en el círculo de rotura escogido. Como el FS aparece de modo implícito en las ecuaciones del método, su valor debe obtenerse mediante un proceso iterativo que converge rápidamente. El Método de Bishop presenta errores máximos del 7%, siendo los más habituales de un 2%.

Para definir un desmonte estable deberá partirse del coeficiente de seguridad, es decir, de la relación entre las fuerzas resistentes y la fuerza que sería necesaria para mantener en equilibrio la masa a deslizar. Los coeficientes de seguridad exigidos son 1,1 para taludes en situación accidental de sismo y 1,5 para taludes definitivos.

En este caso se realizará un análisis de estabilidad en base a los parámetros otorgados a cada unidad, considerando la mayor altura de los desmontes en los cuales aparecerá.

Para realizar este estudio se utilizará el programa comercial SLIDE (versión 6.0), desarrollado por el Rock Engineering Group de la Universidad de Toronto, bajo la dirección del profesor Evert Hoek. Este programa calcula el equilibrio plástico que se da en un círculo de rotura preestablecido. Los datos que requiere el programa son:

- Cohesión, ángulo de rozamiento y peso específico de los terrenos.
- Geometría del talud. Es posible adaptar la geometría prácticamente sin limitaciones, así como considerar distintos terrenos, cada uno de ellos con su geometría y propiedades.
- Es posible considerar un nivel freático de geometría libre.

En definitiva, el programa calcula en una malla de centros de círculos dada por el proyectista, el factor de seguridad de los posibles círculos que resultan de variar el radio en cada uno de los centros. Así es posible disponer de una representación de isolíneas de factores de seguridad (lugar geométrico de los centros de los círculos de rotura), solventándose en parte la limitación del método de Bishop de tener que prefijar el círculo de rotura a priori.

5.1.2 Estudio particularizado

Los desmontes estudiados dentro de este anejo han sido los siguientes::

Nombre	De PK	A PK	Margen	Altura máxima	Talud
D-1	1+000	1+180	Derecha	7	3H/2V
D-2	1+260	1+480	Derecha	7,5	1H/1V zona superior + 1H/2V zona inferior
D-3	1+580	1+700	Derecha	4	1H/1V zona superior + 2H/3V zona inferior
D-4	1+980	2+010	Ambos	3,5	1H/1V zona superior + 2H/3V zona inferior

5.1.2.1 DESMONTE D-1

Descripción general

El desmonte empieza en el PK. 1+000 y acaba en el 1+160. La altura máxima del desmonte es de 6 m en el PK 1+160.

Trabajos realizados

En este desmonte se ubica el sondeo S-1, realizado 3m sobre la cabeza del desmonte en un camino vecinal. En este sondeo se han atravesado 0,4 de relleno (camino) y bajo estos rellenos, 4m de roca alterada formada por arcillas y bajo este nivel el substrato rocoso sano a 4,8 de profundidad.

Características geotécnicas del terreno a excavar

Aunque no se han reconocido en el sondeo, se estima que existe un nivel de suelos coluviales, dada la reducida pendiente del terreno natural (inferior a 30°) en contraposición con otras zonas del trazado donde esta es mayor. El espesor de este coluvial se ha estimado en 1,5.. Bajo este primer nivel aparece el macizo rocoso alterado (GMIV-V) con una potencia de 4m por debajo el substrato rocoso sano.

Análisis de estabilidad

La altura máxima de este desmonte es de 7m, excavándose en materiales pertenecientes a la unidad de depósitos coluviales y eluvio-coluviales. No se prevé la excavación del substrato rocoso sano.

Se ha realizado un análisis de estabilidad frente a rotura circular con el programa Slide, obteniéndose un factor de seguridad mínimo FS>2.

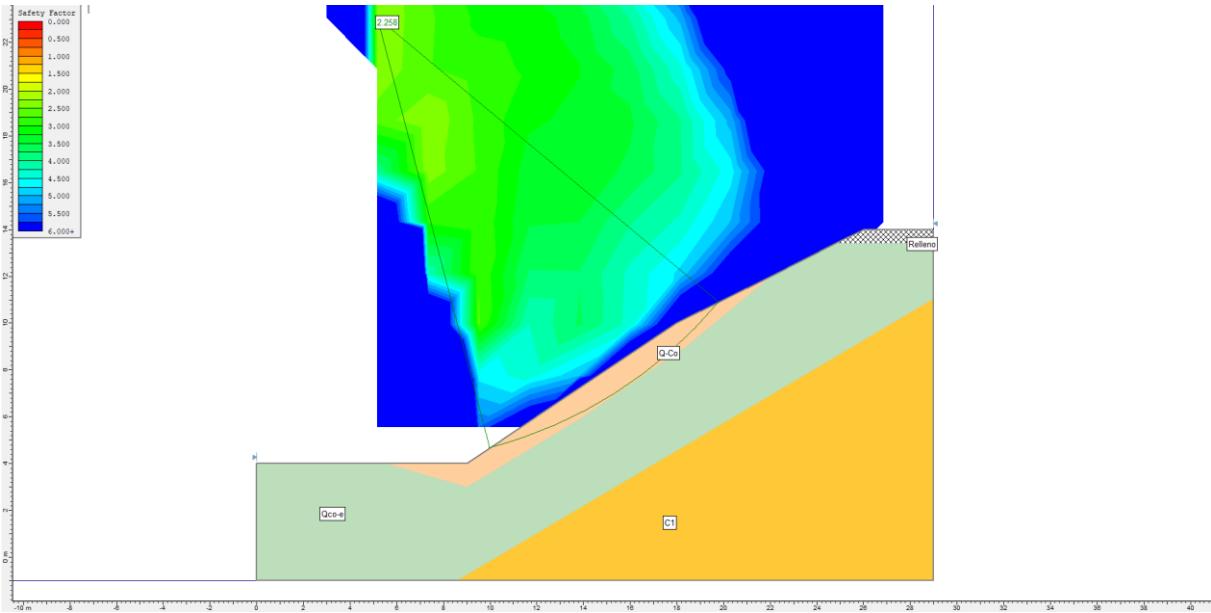


Ilustración nº4. Cálculo estabilidad D-1. FS>2

Excavabilidad

Los materiales más superficiales podrán excavarse mediante métodos mecánicos convencionales.

Fondo de desmonte

El fondo de desmonte se estima que se encontrará en roca alterada

Reutilización

Se estima que la totalidad del desmonte no será apta para su uso como material de relleno del tronco, limitándose su aprovechamiento para relleno de zonas ajardinadas..

Conclusiones y recomendaciones constructivas

Los taludes proyectados son estables sin sostenimiento. Se propone una inclinación de 3H:2v en todo el desmonte

El desmonte será excavado por medios convencionales.

El material excavado no es reutilizable como relleno estructural, debiendo ser llevado a vertedero o usado como relleno en zonas ajardinadas..

5.1.2.2 DESMONTE D2

Descripción general

El desmonte empieza en el PK. 1+260 y acaba en el 1+480. Su altura máxima es de 7.5 m correspondiente al pk 1+460. Solamente se excavará el margen derecho.

Trabajos realizados

Para caracterizar desde el punto de vista geotécnico no ha sido posible realizar sondeos ni calicatas debido a la pendiente del terreno sobre la excavación actual, sin embargo existen afloramientos de roca en el desmonte actual y su entorno.

Características geotécnicas del terreno a excavar

El espesor de suelos eluvio-coluviales es de alrededor de 0.50 m a lo largo de gran parte del desmonte. Bajo este primer nivel aparece el macizo rocoso C1)

Análisis de estabilidad

La altura máxima de este desmonte es de alrededor de 7.5 m, excavándose en materiales pertenecientes a la unidad de depósitos eluvio-coluviales y las limolitas del complejo supraurgoniano. La pendiente de excavación ha sido diseñada con valor de 56, 1(H):2(V) para toda su longitud, con una zona superior correspondiente a la zona de roca alterada con pendiente 1H/1V

La estratificación se dispone paralela al desmonte con una pendiente media de 65° oblicua a la excavación. Se han reconocido además las siguientes discontinuidades

Nombre	Dirección	Buz.	S	C	a	r	GM
So	210	65	0.5	>5	<0,1	-	II
J1	300	88	1	1.5	<0,1	-	II
J2	160	10	1.5	0.5	0,1-1	r.alt	II-III

Siendo S0 la estratificación y Jx diaclasas.

- S=Espaciado (m)
- C=Continuidad (m)
- a=apertura (mm)
- r=relleno
- GM=Grado meteorización labios discontinuidad

En estas condiciones se ha analizado la posibilidad de rotura por cuñas a través de las superficies de discontinuidad.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable entre Santurtzi y el bidgorri de La Arena. Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

Los parámetros adoptados para el cálculo han sido los siguientes:

- Densidad: 25 kN/m3
- Cohesión: 0 kPa
- Ángulo de rozamiento: 25°

Los cálculos realizados muestran que la excavación solo descalza una cuña formada por la Estratificación (So) y J2 pero que presenta un factor de seguridad elevado FS>3, por lo que el talud podría ser estable sin sostenimiento y requerir bulonado con carácter puntual de posibles bloques inestables debido a la presencia de juntas no detectadas o inducidas durante la excavación del talud.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE CUÑAS EN TALUDES EN ROCA						C. Sagaseta. Universidad de Cantabria Santander. Spain	
Sin cohesión. Sin presiones de agua.							
Caso: Mamariga El Villar							
Discontinuidades:							
Familia	Nombre	Dirección de buzamiento		Buzamiento Rozam.		Dirección de buzamiento:	
1	So	210		65	25	0-360º desde N, sentido horario	
2	J1	300		88	25		
3	J2	160		10	25	Angulos en grados (º)	
4							
5							
6							
7							
8							
TaluDES:							
Talud:	Nombre	Dirección de Buzamiento		Buzamiento		Dirección de buzamiento:	
1	D-2	120		56		0-360º desde N, sentido horario	
2	D-3	120		63			
3						Angulos en grados (º)	
4							
5							
6							
Fuerzas másicas:		fx	fy	fz	Ejes: OX: Este OY: Norte OZ: Vertical ascendente		
		0	0	-1			
Cuñas y planos:							
Planos	Arista		Coef. seg.		Descalzada por talud:		
	Dirección	Buzamiento	F		D-2	D-3	
So - So	210	65	0,22		SI	SI	
So - J1	214	65	0,23				
So - J2	124	8	3,86				
So - So							
So - So							
J1 - J1	300	88	0,02				
J1 - J2	210	6	4,71				
J1 - J1							
J1 - J1							
J2 - J2	160	10	2,64				
J2 - J2							
J2 - J2							
J2 - J2							

Excavabilidad

Los materiales más superficiales podrán excavarse mediante métodos mecánicos convencionales y se requerirá el uso de martillos hidráulicos.

Fondo de desmonte

El fondo de desmonte se estima que se encontrará en roca.

Reutilización

El material excavado será asimilable a un material todo-uno o pedraplén. Se empleará el material para su uso en núcleo de terraplén. Los suelos eluvio-coluviales deberán ser retirados a vertedero debido a su alto porcentaje en humedad. Se estima que se podrá aprovechar un 90% del material excavado

Conclusiones y recomendaciones constructivas

Los taludes proyectados son estables sin sostenimiento. Se propone una inclinación 1(H):2(V) en el desmonte, dejando la zona superior coincidente con la zona más alterada al 1H/1V. Se deberá colocar una malla de guiado de triple torsión en toda la superficie del talud.

El desmonte será excavado por medios convencionales en la parte más superficial mientras que se requerirá el uso de martillos hidráulicos en la zona ocupada por el macizo rocoso.

Se empleará el material excavado de la zona del macizo rocoso del desmonte en el núcleo de los terraplenes.

5.1.2.3 DESMONTE D3

Descripción general

El desmonte empieza en el PK. 1+580 y acaba en el 1+700. Su altura máxima es de 4 m correspondiente al pk 1+620. Solamente se excavará el margen derecho.

Trabajos realizados

Para caracterizar desde el punto de vista geotécnico no ha sido posible realizar sondeos ni calicatas debido a la pendiente del terreno sobre la excavación actual, sin embargo existen afloramientos de roca en el desmonte actual y su entorno.

Características geotécnicas del terreno a excavar

El espesor de suelos eluvio-coluviales es de alrededor de 0.50 m a lo largo de gran parte del desmonte. Bajo este primer nivel aparece el macizo rocoso C1)

Análisis de estabilidad

La altura máxima de este desmonte es de alrededor de 7.5 m, excavándose en materiales pertenecientes a la unidad de depósitos eluvio-coluviales y las limolitas del complejo supraurgoniano.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable entre Santurtzi y el bidgorri de La Arena. Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

La pendiente de excavación ha sido diseñada con valor de 63°, 2(H):3(V) para toda su longitud, con una zona superior correspondiente a la zona de roca alterada con pendiente 1H/1V

La estratificación se dispone paralela al desmorte con una pendiente media de 65° oblicua a la excavación. Se han reconocido además las siguientes discontinuidades

Nombre	Dirección	Buz.	S	C	a	r	GM
So	210	65	0.5	>5	<0,1	-	II
J1	300	88	1	1.5	<0,1	-	II
J2	160	10	1.5	0.5	0,1-1	r.alt	II-III

Siendo S0 la estratificación y Jx diaclasas.

- S=Espaciado (m)
- C=Continuidad (m)
- a=apertura (mm)
- r=relleno
- GM=Grado meteorización labios discontinuidad

En estas condiciones se ha analizado la posibilidad de rotura por cuñas a través de las superficies de discontinuidad.

Los parámetros adoptados para el cálculo han sido los siguientes:

- Densidad: 25 kN/m3
- Cohesión: 0 kPa
- Ángulo de rozamiento: 25°

Los cálculos realizados muestran que la excavación solo descalza una cuña formada por la Estratificación (So) y J2 pero que presenta un factor de seguridad elevado FS>3, por lo que el talud podría ser estable sin sostenimiento y requerir bulonado con carácter puntual de posibles bloques inestables debido a la presencia de juntas no detectadas o inducidas durante la excavación del talud.

ANÁLISIS DE E STABILIDAD DE CUÑAS EN TALUDES EN ROCA

Sin cohesión. Sin presiones de agua.

C. Sagaseta. Universidad de Cantabria
Santander. Spain

Caso: Mamariga El Villar

Discontinuidades:

Familia	Nombre	Dirección de buzamiento	Buzamiento	Rozam.	Dirección de buzamiento:
1	So	210	65	25	0-360° desde N, sentido horario
2	J1	300	88	25	
3	J2	160	10	25	Ángulos en grados (°)
4					
5					
6					
7					
8					

Taluces:

Talud:	Nombre	Dirección de Buzamiento	Buzamiento	Dirección de buzamiento:
1	D-2	120	66	0-360° desde N, sentido horario
2	D-3	120	63	
3				Ángulos en grados (°)
4				
5				
6				

Fuerzas másicas:

fx	fy	fz	Ejes:
0	0	-1	OX: Este OY: Norte OZ: Vertical ascendente

Cuñas y planos:

Planos	Arista		Coef. seg. F	Des calzada por talud:	
	Dirección	Buzamiento		D-2	D-3
So - So	210	65	0,22		
So - J1	214	65	0,23		
So - J2	124	8	3,86	SI	SI
So - So - So -					
J1 - J1	300	88	0,02		
J1 - J2	210	6	4,71		
J1 - J1 - J1 -					
J2 - J2	160	10	2,64		
J2 - J2 - J2 -					

Excavabilidad

Los materiales más superficiales podrán excavar-se mediante métodos mecánicos convencionales y se requerirá el uso de martillos hidráulicos.

Fondo de desmorte

El fondo de desmorte se estima que se encontrará en roca.

Reutilización

El material excavado será asimilable a un material todo-uno o pedraplén. Se empleará el material para su uso en núcleo de terraplén. Los suelos eluvio-coluviales deberán ser retirados a vertedero debido a su alto porcentaje en humedad. Se estima que se podrá aprovechar un 90% del material excavado.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable entre Santurtzi y el bidgorri de La Arena. Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

Conclusiones y recomendaciones constructivas

Los taludes proyectados son estables sin sostenimiento. Se propone una inclinación 1(H):2(V) ,dejando la zona superior coincidente con la zona más alterada al 1H/1V. Se deberá colocar una malla de guiado de triple torsión en toda la superficie del talud.

El desmonte será excavado por medios convencionales en la parte más superficial mientras que se requerirá el uso de martillos hidráulicos en la zona ocupada por el macizo rocoso.

Se empleará el material excavado de la zona del macizo rocoso del desmonte en el núcleo de los rellenos.

5.1.2.4 DESMONTE D-4

Descripción general

El desmonte empieza en el PK. 1+980 y acaba en el 2+060. Su altura máxima es de 3,5 m correspondiente al pk 2+010. Se excavará en ambos lados de la plataforma.

Trabajos realizados

Para caracterizar desde el punto de vista geotécnico no ha sido posible realizar sondeos ni calicatas debido a la pendiente del terreno sobre la excavación actual, sin embargo existen afloramientos de roca en el desmonte actual y su entorno.

Características geotécnicas del terreno a excavar

El espesor de suelos eluvio-coluviales es de alrededor de 0.50 m a lo largo de gran parte del desmonte. Bajo este primer nivel aparece el macizo rocoso C1)

Análisis de estabilidad

La altura máxima de este desmonte es de alrededor de 7.5 m, excavándose en materiales pertenecientes a la unidad de depósitos eluvio-coluviales y las limolitas del complejo supraurgoniano. La pendiente de excavación ha sido diseñada con valor de 63°, 2(H):3(V) para toda su longitud, con una zona superior correspondiente a la zona de roca alterada con pendiente 1H/1V.

La estratificación se dispone paralela al desmonte con una pendiente media de 65° oblicua a la excavación. Se han reconocido además las siguientes discontinuidades

Nombre	Dirección	Buz.	S	C	a	r	GM
So	210	65	0.5	>5	<0,1	-	II
J1	300	88	1	1.5	<0,1	-	II
J2	160	10	1.5	0.5	0,1-1	r.alt	II-III

Siendo S0 la estratificación y Jx diaclasas.

- S=Espaciado (m)
- C=Continuidad (m)
- a=apertura (mm)
- r=relleno
- GM=Grado meteorización labios discontinuidad

En estas condiciones se ha analizado la posibilidad de rotura por cuñas a través de las superficies de discontinuidad.

Los parámetros adoptados para el cálculo han sido los siguientes:

- Densidad: 25 kN/m3
- Cohesión: 0 kPa
- Ángulo de rozamiento: 25°

Los cálculos realizados muestran se forman cuñas tanto en el talud derecho (S0-J2) y talud izquierdo (J1-J2), pero ambas cuñas presentan un factor de seguridad frente al deslizamiento superior a 3, por lo que se consideran estables y no requieren de medidas de sostenimiento.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE CUÑAS EN TALUDES EN ROCA

Sin cohesión. Sin presiones de agua.

C. Sagaseta. Universidad de Cantabria
Santander. Spain

Caso: D-4 Mamariga El Villar

Discontinuidades:

Familia	Nombre	Dirección buzamiento	Buzamiento	Rozam.	Dirección de buzamiento:
1	So	210	65	25	0-360º desde N, sentido horario
2	J1	300	88	25	
3	J2	160	10	25	
4					Angulos en grados (º)
5					
6					
7					
8					

TaluDES:

Talud:	Nombre	Dirección de Buzamiento	Buzamiento	Dirección de buzamiento:
1	TI	270	63	0-360º desde N, sentido horario
2	TD	90	63	
3				Angulos en grados (º)
4				
5				
6				

Fuerzas másicas:

fx	fy	fz	Ejes:	OX: Este
0	0	-1		OY: Norte
				OZ: Vertical ascendente

Cuñas y planos:

Planos	Arista		Coef. seg.	Descalzada por talud:	
	Dirección	Buzamiento	F	TI	TD
So - So	210	65	0,22	SI	
So - J1	214	65	0,23		
So - J2	124	8	3,86		
So -					
So -					
So -					
J1 - J1	300	88	0,02	SI	
J1 - J2	210	6	4,71		
J1 -					
J1 -					
J1 -					
J2 - J2	160	10	2,64		
J2 -					
J2 -					
J2 -					
-					
-					
-					
-					
-					

Excavabilidad

Los materiales más superficiales podrán excavar-se mediante métodos mecánicos convencionales y se requerirá el uso de martillos hidráulicos.

Fondo de desmonte

El fondo de desmonte se estima que se encontrará en roca.

Reutilización

El material excavado será asimilable a un material todo-uno o pedraplén. Se empleará el material para su uso en núcleo de terraplén. Los suelos eluvio-coluviales deberán ser retirados a vertedero debido a su alto porcentaje en humedad. Se estima que se podrá aprovechar un 90% del material excavado.

Conclusiones y recomendaciones constructivas

Los taludes proyectados son estables sin sostenimiento. Se propone una inclinación 1(H):2(V) en el desmonte. Se deberá colocar una malla de guiado de triple torsión en toda la superficie del talud.

El desmonte será excavado por medios convencionales en la parte más superficial mientras que se requerirá el uso de martillos hidráulicos en la zona ocupada por el macizo rocoso.

Se empleará el material excavado de la zona del macizo rocoso del desmonte en el núcleo de los rellenos.

5.2 Rellenos

En los apartados que se desarrollan a continuación se presentan los aspectos generales del diseño y cálculo del único relleno del proyecto, así como un estudio particularizado de los rellenos del trazado, teniendo en cuenta los datos geológicos y geotécnicos que ha proporcionado la investigación realizada.

El cuadro general de los rellenos a realizar en el trazado es el siguiente:

De PK	A PK	h _{max}
1+700	1+900	10m

5.2.1 Criterios generales

5.2.1.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

De acuerdo con lo indicado en los apartados anteriores, los materiales para la formación de los rellenos podrán proceder excavación de los desmontes del trazado o bien de cantera. Sus parámetros geotécnicos más importantes, de cara a la realización de un Estudio de Rellenos, se indican a continuación:

	Densidad máxima PM (t/m³)	Densidad aparente t/m³	Cohesión efectiva (kPa)	A. Roz. Efectivo (°)
Terraplén	2,00	2,2	5	35
Todo-uno	2,05	2,2	5	38

Proyecto de Trazado de una senda ciclable
entre Santurtzi y el bidegorri de La Arena.
Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

5.2.1.2 MATERIALES SOBRE LOS QUE APOYARÁN LOS RELLENOS

Tras la realización de los saneos correspondientes, en aquellos puntos del trazado en los que se ha considerado preciso, los materiales que servirán de apoyo a los rellenos serán suelos eluviales asociados al nivel de alteración del substrato rocoso. Se considera que se debe sanear 0,5m en este nivel si antes no se llega a la roca sana.

Los principales parámetros geotécnicos de los materiales indicados se resumen en el siguiente cuadro.

Unidad geotécnica	Densidad aparente (kN/m³)	Módulo de deformación E(MPa)	Cohesión efectiva (KPa)	A. Roz. Efectivo (°)
Eluvial	19	10-30	50	25

5.2.1.3 TRATAMIENTO Y PREPARACIÓN DEL CIMIENTO

Las consecuencias de la preparación y el tratamiento de la cimentación pueden ser más importantes que las derivadas de la propia obra de terraplenado, sobre todo en las zonas con espesores de terrenos poco competentes o en zonas mal drenadas, así como en zonas puntuales con fuerte pendiente. En consecuencia, debe prestarse una especial atención a la ejecución del cimiento.

Se deberán contemplar los siguientes criterios con carácter general:

- En todas las zonas de apoyo se procederá al desbroce del terreno, excavación y extracción de la vegetación y de la tierra vegetal que deberá reservarse para su posterior utilización.
- Una vez retirada la tierra vegetal, se procederá la retirada de todos aquellos materiales que presenten una insuficiente capacidad portante, procediendo a su recolocación si presentan las características requeridas para un cimiento de terraplén, o bien a su sustitución por materiales que sí cumplan dichas características.

En el presente proyecto, los materiales que serán saneados, de forma general, en el apoyo de los rellenos, son los siguientes:

- Depósitos eluviales. Son los materiales que aparecen sobre el substrato rocoso. Generalmente arcillas y limos plásticos que pueden englobar bloques del substrato rocoso sano o parcialmente alterados.
- Rellenos antrópicos. Estos materiales aparecen de forma más puntual en la zona final del trazado. Se trata en general de materiales flojos y heterogéneos que deberán ser llevados a relleno de sobrantes en todos los casos.

No se han detectado zonas con drenaje deficiente.

La geometría del escalonado se corresponderá con banquetas horizontales de ancho igual o mayor de 3m, separadas por taludes 1H:2V de altura variable según lo requiere el terreno, pero con alturas siempre inferiores a 1,5m.

Cumpliendo con las condiciones de saneo y tratamiento del cimiento anteriores y teniendo en cuenta que las alturas de rellenos previstas son siempre inferiores a 8m, se considera que el terreno sobre el que apoyarán los rellenos presentes en la traza proporciona un apoyo conveniente.

5.2.1.4 TALUDES Y ESTABILIDAD

Se han proyectado todos los rellenos con una pendiente 3(H):2(V)

En los materiales tipo suelo es habitual y adecuado utilizar métodos de cálculo basados en la teoría del equilibrio límite.

El coeficiente de seguridad mínimo exigido en los taludes en relleno, en la hipótesis estática, es 1,5 (valor habitualmente considerado en este tipo de cálculos), y que debe cumplirse para un rango razonable de variación de la cohesión de los materiales y, en su caso, para un rango razonable de variación de la posición de un posible nivel freático.

5.2.2 R-1 Estudio particularizado

Datos geométricos generales

El relleno empieza en el PK. 1+700 y acaba en el 1+900. La altura máxima del relleno es de 10m en el PK 1+720. Se trata casi en su totalidad de un relleno a media ladera, con una sola pendiente de relleno al lado izquierdo del trazado. Solamente en el entorno del pk 1+740 se proyecta relleno con talud a ambos lados.

Reconocimientos efectuados:

- No se han realizado reconocimientos adicionales

Columna tipo

Los materiales del cimiento están formados principalmente por el nivel de alteración del substrato rocoso (Eluvial) mezclado en ocasiones directamente el substrato rocoso sano.

No se espera la presencia de nivel freático en la zona de influencia del relleno. El agua discurrirá principalmente por el contacto entre la base de los materiales arcillosos del eluvial y la roca sana.

Análisis de estabilidad

Se ha efectuado un análisis de la estabilidad mediante el método del equilibrio límite teniendo en cuenta los valores para los materiales implicados que se muestran en la tabla:

	Densidad (kN/m3)	Cohesión (kPa)	Ángulo de rozamiento (°)
Depósitos eluviales	19	50	25
Macizo rocoso	27	>>	>>
Terraplén	20	5	35
Todo-uno	20	5	38

La geometría recomendada para el talud del relleno es 3H:2V, se considera de gran importancia escalonar y sanear al relleno actual para que el apoyo se produzca con la mayor componente vertical posible.

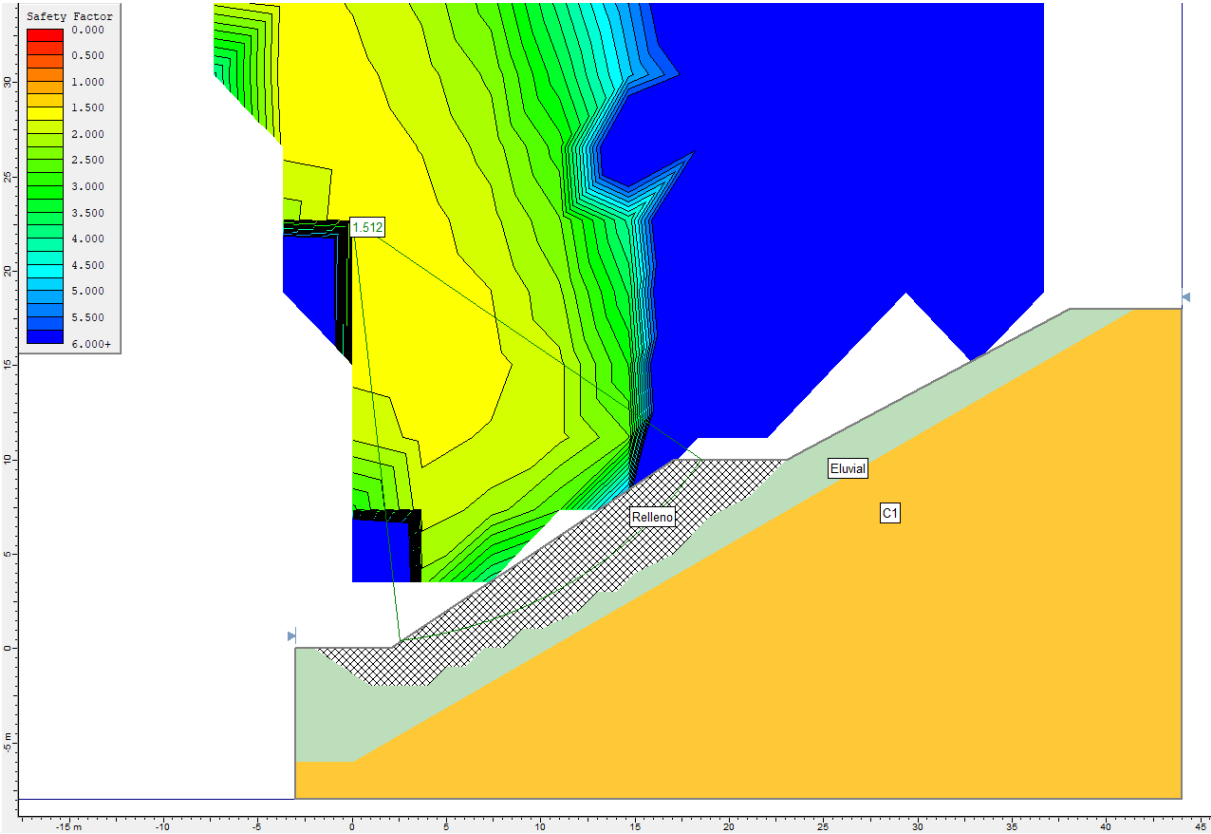


Ilustración nº5. Estabilidad de relleno tipo "terrapién" FS> 1.5

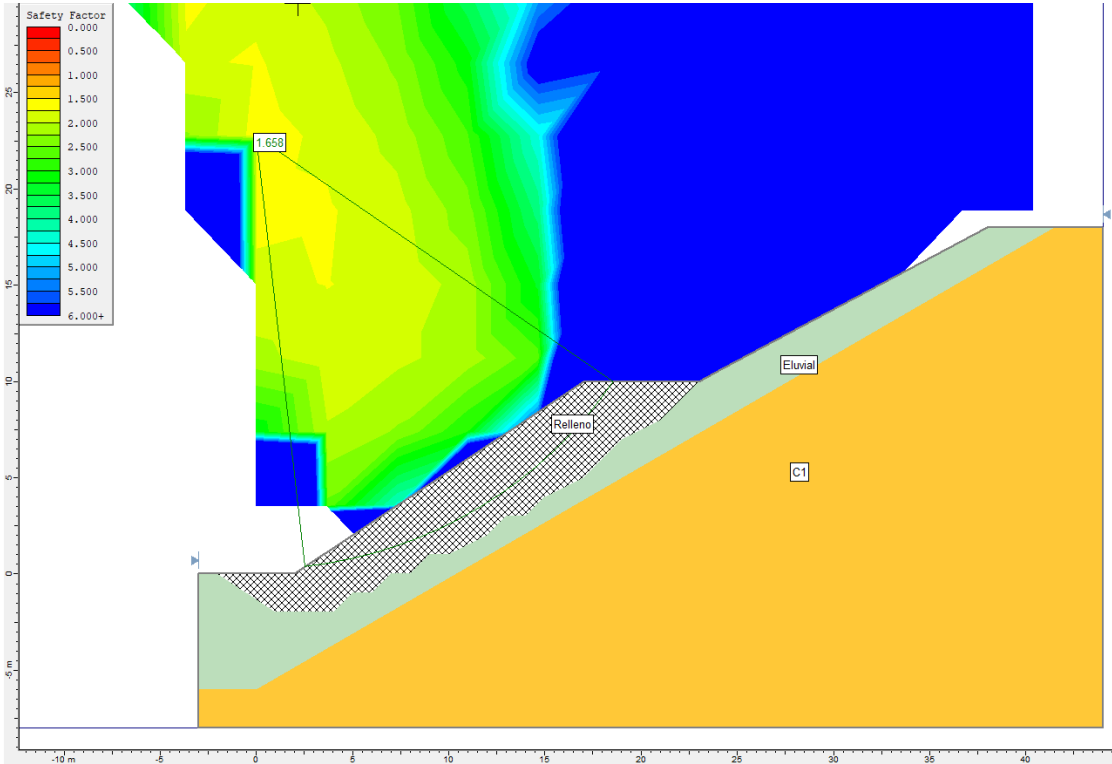


Ilustración nº6. Estabilidad Relleno Todo-uno FS> 1.6

Estimación de asiento

Dadas las características de los materiales que conformarán el relleno (todo-uno), así como la tipología y altura del mismo no se esperan asientos reseñables y la mayor parte de estos se producirán durante la fase de obra debidos al peso propio de los materiales del relleno.

Por lo que respecta a los asientos del cimiento tampoco se esperan asientos importantes debido a la consolidación previa.

6 Geotecnia de las estructuras

Se han previsto varias estructuras en el presente proyecto.

6.1 Muro Escollera

Se ha proyectado un muro de escollera de sostenimiento del relleno de la plataforma, entre el pk 1+180 y el 1+260, de 80m de longitud y una altura máxima de 5 en el pk 1+200.

La cimentación del muro se ejecutará en el substrato rocoso, sano o con ligera alteración. Aún así, dado que la cimentación se realizará de manera superficial con poco empotramiento en roca, se ha asumido para el cálculo una situación pésima, en que el apoyo esté ejecutado sobre roca alterada con un RQD bajo 10% y/o espaciamiento entre discontinuidades de 10cm. Con esta hipótesis se consigue una tensión admisible $Q_{adm} > 0,5MPa$.

CALCULO DE CARGAS ADMISIBLES EN ROCA				
GUIA DE CIMENTACIONES EN OBRAS DE CARRETERAS (2002)				
Presión de referencia				1,000 Mpa
Resistencia a compresión simple				37,000 Mpa
Influencia del tipo de roca				0,600 α_1
Influencia del grado de meteorización				0,500 α_2
Influencia del espaciamiento entre litoclasas				0,316 α_3
RQD		10		
Presión admisible (Superficial)	Q_{ADM}			0,577 Mpa
(Máximo 5.0 Mpa)				
Presión admisible unitaria (Profunda)	q_p			1,154 MPa
(Máximo 20 Mpa)				
	τ_f			0,12 MPa

En el caso de que parte de la cimentación se encuentre en roca alterada con un grado superior a GM:III, se ha realizado un cálculo según el criterio general de rotura de Brich-Hansen adoptando los parámetros geotécnicos de la unidad de suelos eluviales.

- D_{ap} : 19 kN/m2
- C_u = 50 kPa
- $\varnothing$ = 25°

La presión admisible en situación a corto plazo, considerando el cimientto como un suelo arcilloso sin disipación de presiones intersticiales con rozamiento nulo es $Q_{adm}=0,1 MPa$ y la presión admisible final (largo plazo) $Q_{adm}=0,4 MPa$

MÉTODO DE BRINCH HANSEN				
PROYECTO: Mamariga El Villar				
ESTRUCTURA: Escollera				
APOYO: ZAPATA				
SITUACIÓN: VER PLANO				
FORMACION GEOLOGICA: C1				
CARACTERISTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CIMENTACIÓN				
(B) ANCHO CIMENTACION		2,5		m
(D) PROFUNDIDAD DEL PLANO DE CIMENTACION		1		m
(L) LONGITUD		10		m
RELACIÓN D/B		0,40		
RELACION L/B		4,00		
CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO				
		PLAZO		
		CORTO	LARGO	
DENSIDAD DEL SUELO BAJO LA CIMENTACION		19,00	19,00	kN/m³
DENSIDAD DEL SUELO LATERAL		19,00	19,00	kN/m³
SOBRECARGA DEL TERRENO A COTA DE CIMENTACIÓN		19,00	19,00	kN/m³
COHESION		50,00	50	kPa
ANGULO DE ROZAMIENTO		0,00	25,00	°
COEFICIENTES DE CARGA DE HUNDIMIENTO				
	Nc	5,14	20,72	
	Nq	1,00	10,66	
	Nγ	0,00	9,01	
COEFICIENTES DE FORMA				
	sc	1,05	1,00	
	sq	1,05	1,00	
	sγ	1,00	1,00	
COEFICIENTES DE PROFUNDIDAD				
	dc	1,15	1,00	
	dq	1,00	1,00	
	dγ	1,00	1,00	
RESULTADOS OBTENIDOS: CARGA ADMISIBLE				
Qh (Carga de hundimiento)		329,33	1452,63	kPa
FACTOR DE SEGURIDAD		3,00	3,00	
Qadm (Carga admisible)		109,78	484,21	kPa
		1,10	4,84	kp/cm²
		0,11	0,48	Mpa

6.2 Pasarela

Se ha previsto una estrutura en el pk que consistente en una pasarela apoyada sobre dos estribos.

La cimentación será directa en roca. A nivel de proyecto de trazado esta estructura se encuentra por definir y será objeto de estudio detallado en el Proyecto Constructivo.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable entre Santurtzi y el bidgorri de La Arena. Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

7 Estudio de materiales

El presente documento tiene por objeto informar de las necesidades de canteras y rellenos de sobrantes (vertederos) que surgen como resultado del movimiento de tierras en el proyecto “Proyecto de Vía ciclista en el barrio de la Herrera”.

7.1 Prescripciones a satisfacer por los materiales

Para determinar la posible reutilización de los materiales excavados en la traza en las diferentes unidades de obra se han seguido las especificaciones que se indican en Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes del año 2002 apartado 330 Terraplenes.

	Materia orgánica (UNE 1003204)	Contenido en sales solubles incluso yeso(NLT-114)	Tamaño máximo	Granulometría	Plasticidad UNE 103103	Contenido Yeso NLT-115	Ensayo de colapso NLT-254	P.N UNE 103500	C.B.R	Pérdida peso, inmersión (NLT-255)	Partículas forma inadecuada	Sulfuros oxidables UNE EN 1744-1	Azufre total UNE EN 1744-1	Equivalente de arena UNE -EN 933-8	D.L.A (UNE EN 1097-2)
Suelos seleccionados	< 0,2	<0,2	<10 cm	# 2 <80% # 0,4 < 75% # 0,08 < 25% +	LL<30 IP<10				≥ 5 Coronación ≥ 3 Núcleo Cimiento						
Suelos adecuados	<1	<0,2	<10 cm	# 2 <80% # 0,08 < 35%	LL<40 si 40>LL; IP >4				≥ 5 Coronación ≥ 3 Núcleo Cimiento						
Suelos tolerables	<2	<1*			LL<65 si LL>40; IP>0,73(LL-20)	<5%	<1	<3% hinchamiento	≥ 3 Núcleo Cimiento						
Pedraplén			Tmáx 10-90 cm	#20<30% #0,080<10%						<2	<30				
Todo uno	<2	<1*		30%-#20>70% ++ #0,080<35%		<5%**				<2***		0			
Zahorra				(véase PG3)	No plástico								1)>30		<35

* Sales distintas de yeso
** Si contenido en yeso >5, <20 uso exclusivo en el núcleo
*** Si es >2, las partículas que pasan por 20 no serán marginales.
++ Si #20<30% y #0,08>10
+ Se ha de cumplir si no se cumplen todas y cada una de las condiciones granulométricas anteriores # 0,4 < 15%

Tabla nº2. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. 2002.

7.2 Disponibilidad y necesidades de materiales

En este apartado se cuantifica la necesidad y disponibilidad de los diferentes materiales necesarios para la ejecución de las obras contempladas en el actual proyecto.

Para prever adecuadamente el origen de los materiales necesarios para la ejecución de las obras se ha analizado la documentación existente acerca de los trabajos previos efectuados sobre los materiales procedentes de las excavaciones que se habrán de realizar y finalmente se ha realizado un estudio de yacimientos naturales explotados actualmente en las zonas más próximas a la traza.

7.3 Necesidades de material

Los volúmenes de tierras resultantes de la actuación proyectada se resumen en el cuadro siguiente:

VOLUMEN (m3)	
Desmonte	10.306
Terraplén	8.418,2
Rellenos no estructurales	5.725,2
Suelo Seleccionado	1.859,3

Se ha analizado la compensación de estos volúmenes de tierras determinando si es necesaria la utilización de préstamos y/o depósitos de sobrantes durante la ejecución de las obras. De esta forma, se obtienen los siguientes resultados:

- Excavaciones:
Se obtienen:
 - Material no aprovechable 5.158,90 m³ sobre perfil
 - Material aprovechable 5.147,10 m³ sobre perfil
- Rellenos:
Se han previsto dos tipos de rellenos:
 - El terraplén bajo la plataforma de la senda, donde se necesitan 8.418,2 m³.
 - Rellenos no estructurales hacia la vaguada , con un volumen necesario 5.725,2 m³

El total de desmonte aprovechable se puede usar en el terraplenado. Por su parte, el material no aprovechable se utiliza como relleno no estructural.

Por lo tanto, como balance de tierras se comprueba que sólo es necesario trasladar a depósito de sobrantes un total de 465,48 m³ y se precisan 2.770,28 m³ de material de préstamo para el terraplén. Para la formación de la explanada mejorada es necesario aportar 1.859,3 m³ de suelo seleccionado de préstamos ajenos a la obra.

Proyecto de Trazado de una senda ciclable entre Santurtzi y el bidegorri de La Arena. Tramo: Mamariga – El Villar

Anejo nº3: Geología y geotecnia

7.4 Estudio de procedencias

7.4.1 Disponibilidad de los materiales excavados en la traza.

7.4.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES EXCAVADOS EN EL TRAZADO.

Estos materiales de tipo pedraplén excavados en este tramo presentan problemas de durabilidad en condiciones de alta humedad.

7.4.2 Coeficientes de paso y aprovechabilidad.

Se incluye a continuación un cuadro resumen en el que se muestran los aprovechamientos y coeficientes de paso de los materiales excavados en la traza, la evaluación de la aprovechabilidad se ha realizado sobre la base de los ensayos realizados sobre estos materiales en los Estudios Geotécnicos previos y en esta fase de proyecto.

Material	Coeficiente de paso a vertedero	Coeficiente de paso a relleno	
Suelos eluvio-coluviales y rellenos antrópicos	1.20	-	
Areniscas y limolitas	1.3	1.20	

Coeficientes de paso de las unidades excavadas.

7.5 Préstamos, canteras y yacimientos granulares

7.5.1 Préstamos

No se considera la posibilidad de aprovechamiento de préstamos en las inmediaciones de la traza.

7.5.2 Canteras

7.5.2.1 CANTERA ANDAROLETA

La cantera Andaroleta en la que explotan materiales rocosos calizos de edad cretácica, se encuentra en la localidad de Zaramillo (Güeñes), a 20 km del punto medio del trazado estudiado. Pertenece a la empresa HANSON HISPANIA S.A.U. y ha proporcionado documentación que acredita la aptitud del material explotado como árido para morteros, hormigones, mezclas bituminosas, capas granulares y escolleras; además del marcado CE de los áridos.

En las mismas instalaciones de la planta de tratamiento de áridos posee también planta de hormigón.

7.5.2.2 CANTERA EL BORTAL

La cantera El Bortal en la que explotan calizas urgonianas de edad cretácica, se encuentra en la localidad de Galdames, a 17 km del punto medio del trazado estudiado. Pertenece a la empresa CEMENTOS LEMONA y ha proporcionado documentación que acredita la aptitud del material explotado como árido

para mortero, hormigones, mezclas bituminosas, capas granulares y escolleras; además del marcado CE de los áridos.

La planta de tratamiento de áridos se encuentra en la misma cantera de extracción de material.

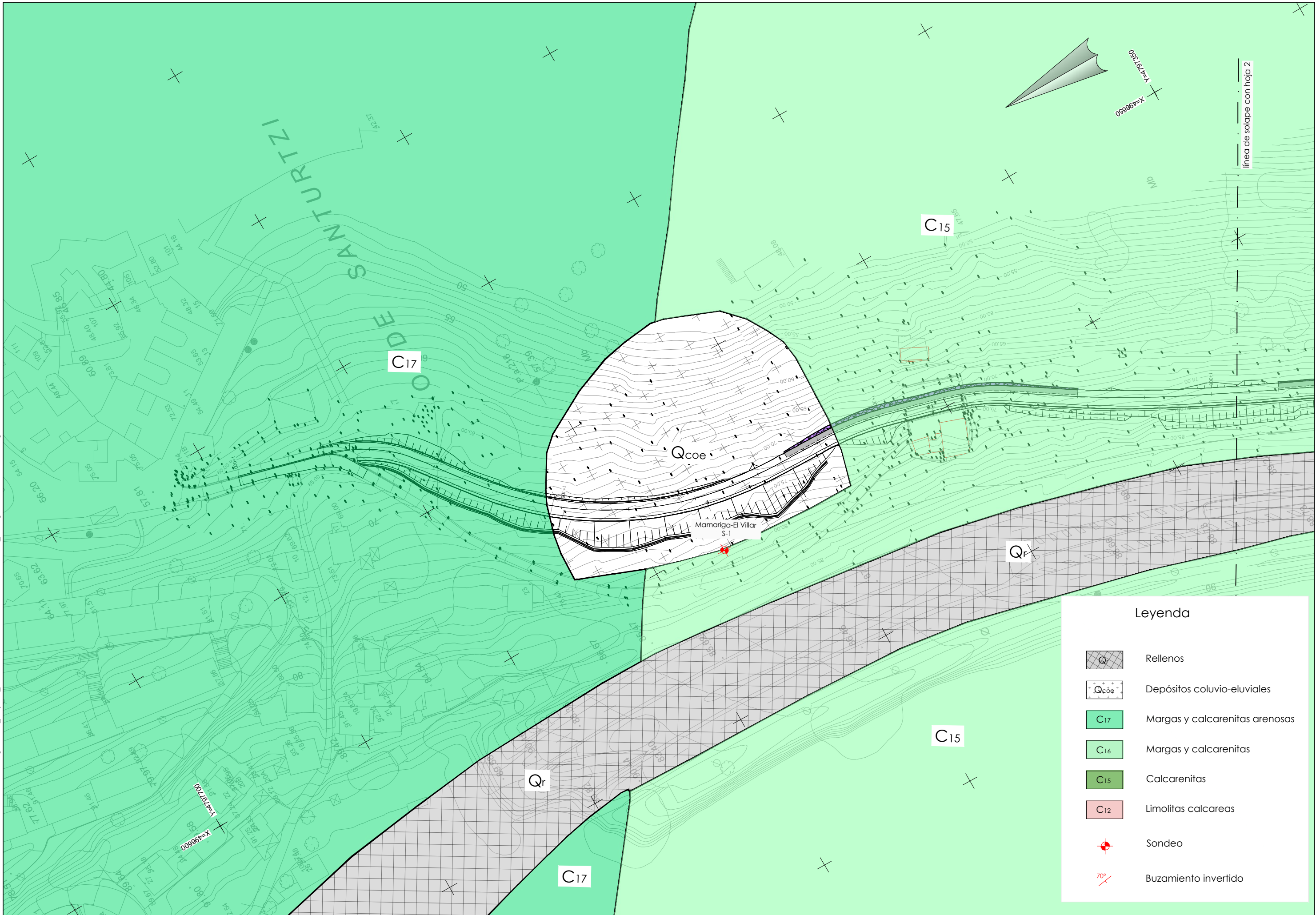
7.5.2.3 CANTERA LACILLA

Al igual que las canteras anteriores, la cantera Lacilla también explota calizas cretácicas, se encuentra en la localidad de Sopuerta, a 13 km del punto medio del trazado estudiado, por lo tanto, la más cercana. Pertenece a la empresa CANTERA LACILLA S.L. y ha proporcionado documentación que acredita la aptitud del material explotado como árido para mortero, hormigones, mezclas bituminosas, capas granulares y escolleras; además del marcado CE de los áridos.

APÉNDICE 2.1

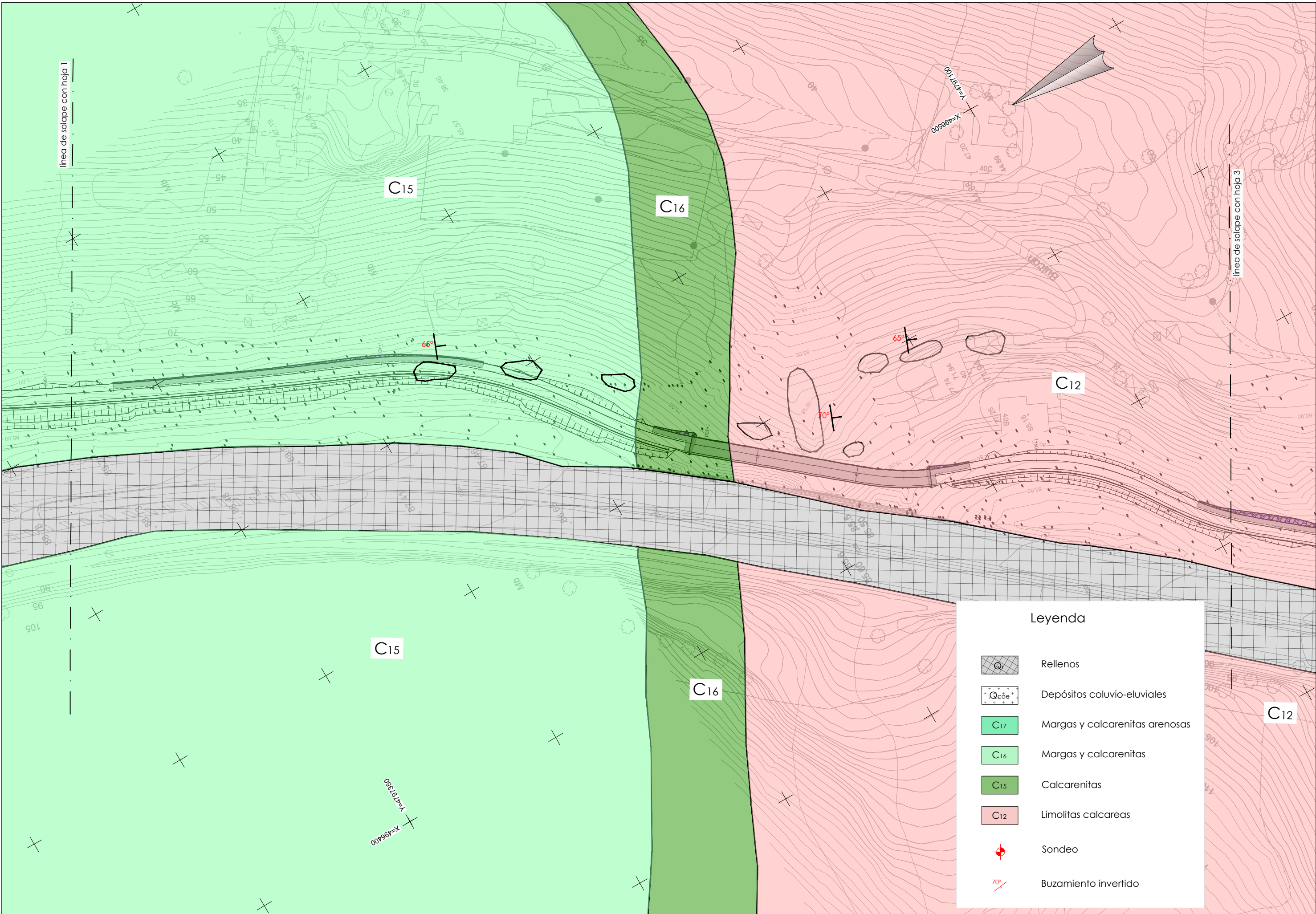
Planos

P:\vivos2\X0000155\X0000155\00000001202 Vigentes01_Proyecto_Trazado\Documento nº2_Planos\ANE\OS\A02_Geologia\A0201h01-03GEO.dwg

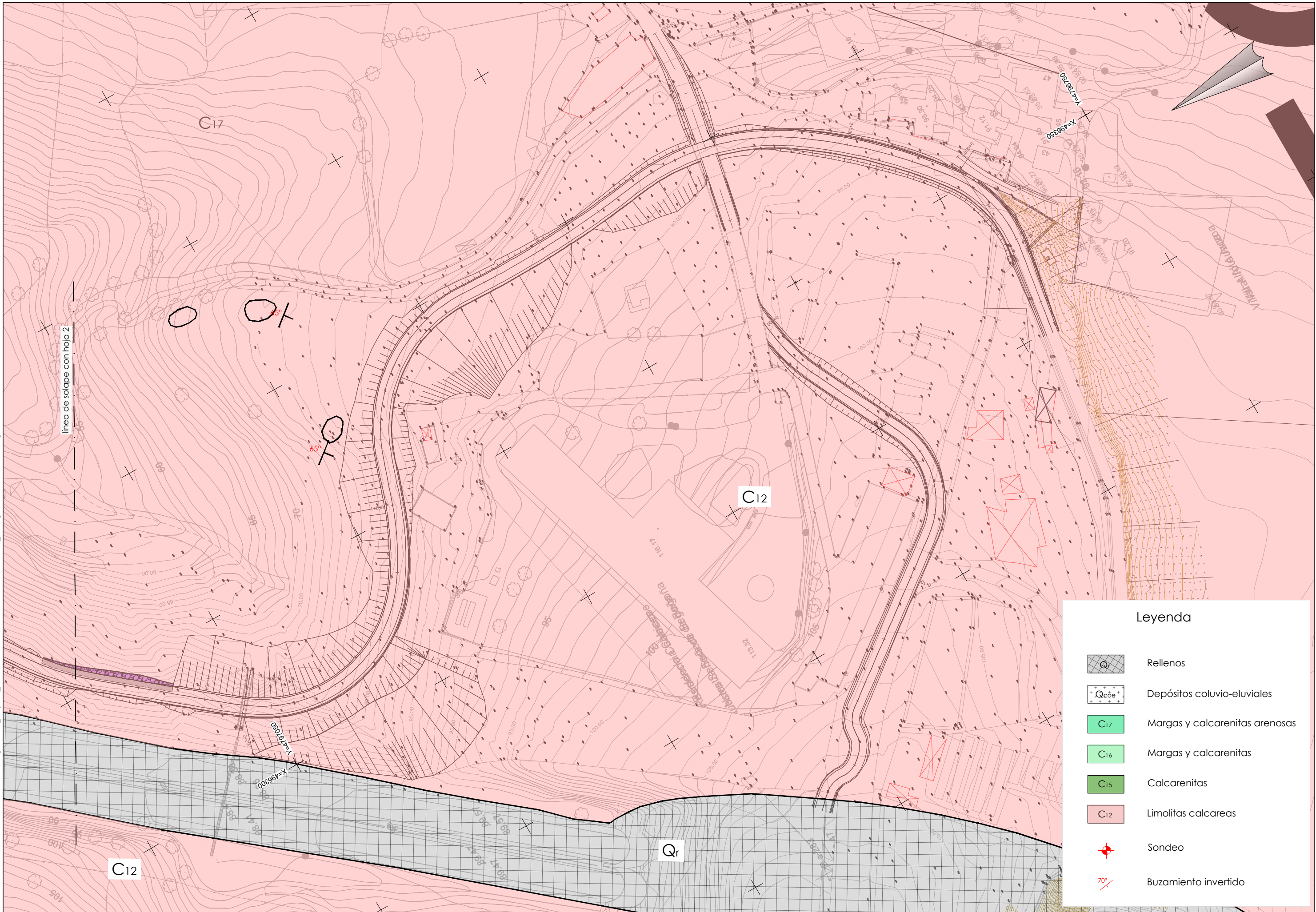


Legenda

- Rellenos
- Depósitos coluvio-eluviales
- Margas y calcarenitas arenosas
- Margas y calcarenitas
- Calcarenitas
- Limolitas calcareas
- Sondeo
- Buzamiento invertido



P:\vivos2\X0000155\X00001550000001202 Vigentes01_Proyecto_Trazado\Documento nº2_Planos\ANE\OS\A02_Geologia\A0201h01-03GEO.dwg



Legenda



Rellenos



Depósitos coluvio-eluviales



Margas y calcarenitas arenosas



Margas y calcarenitas



Calcarenitas



Limolitas calcareas

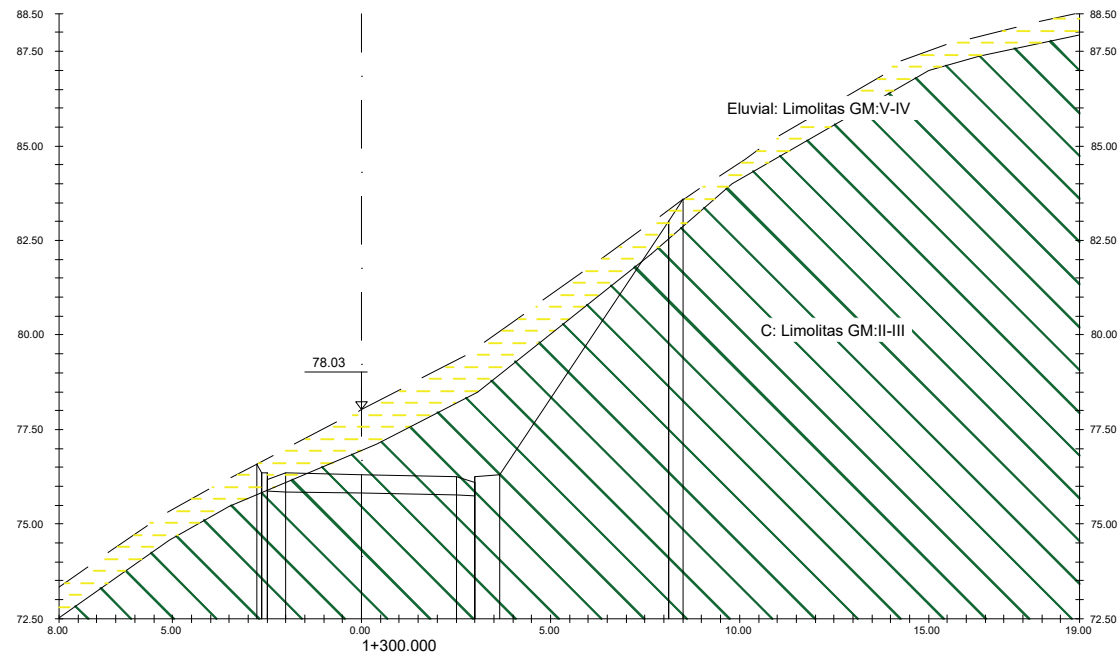
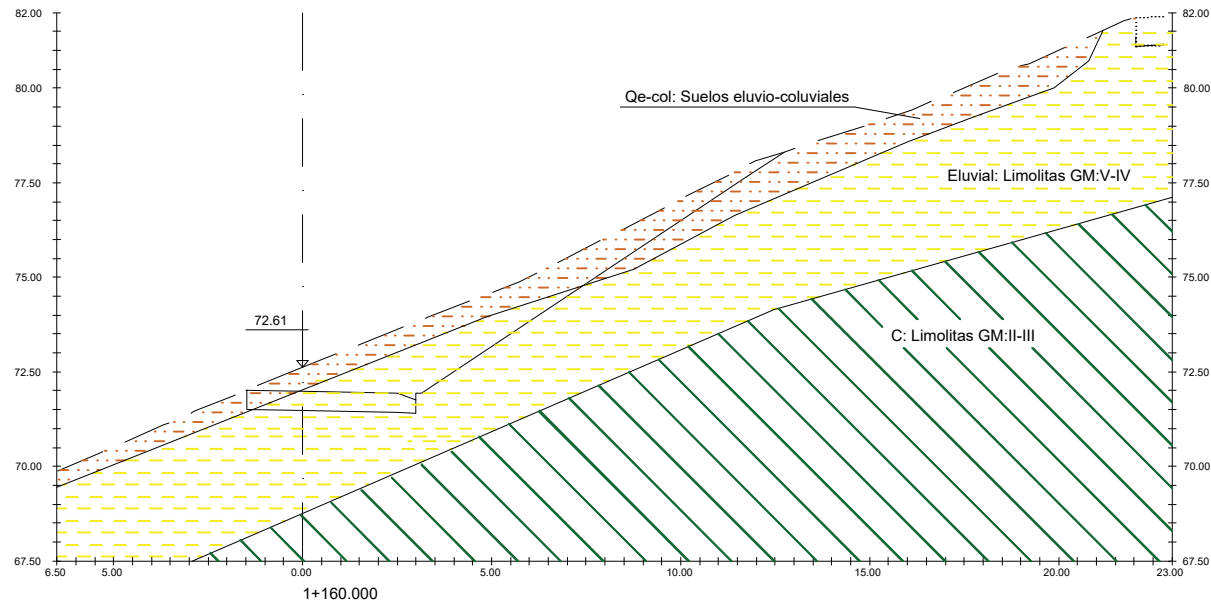


Sondeo



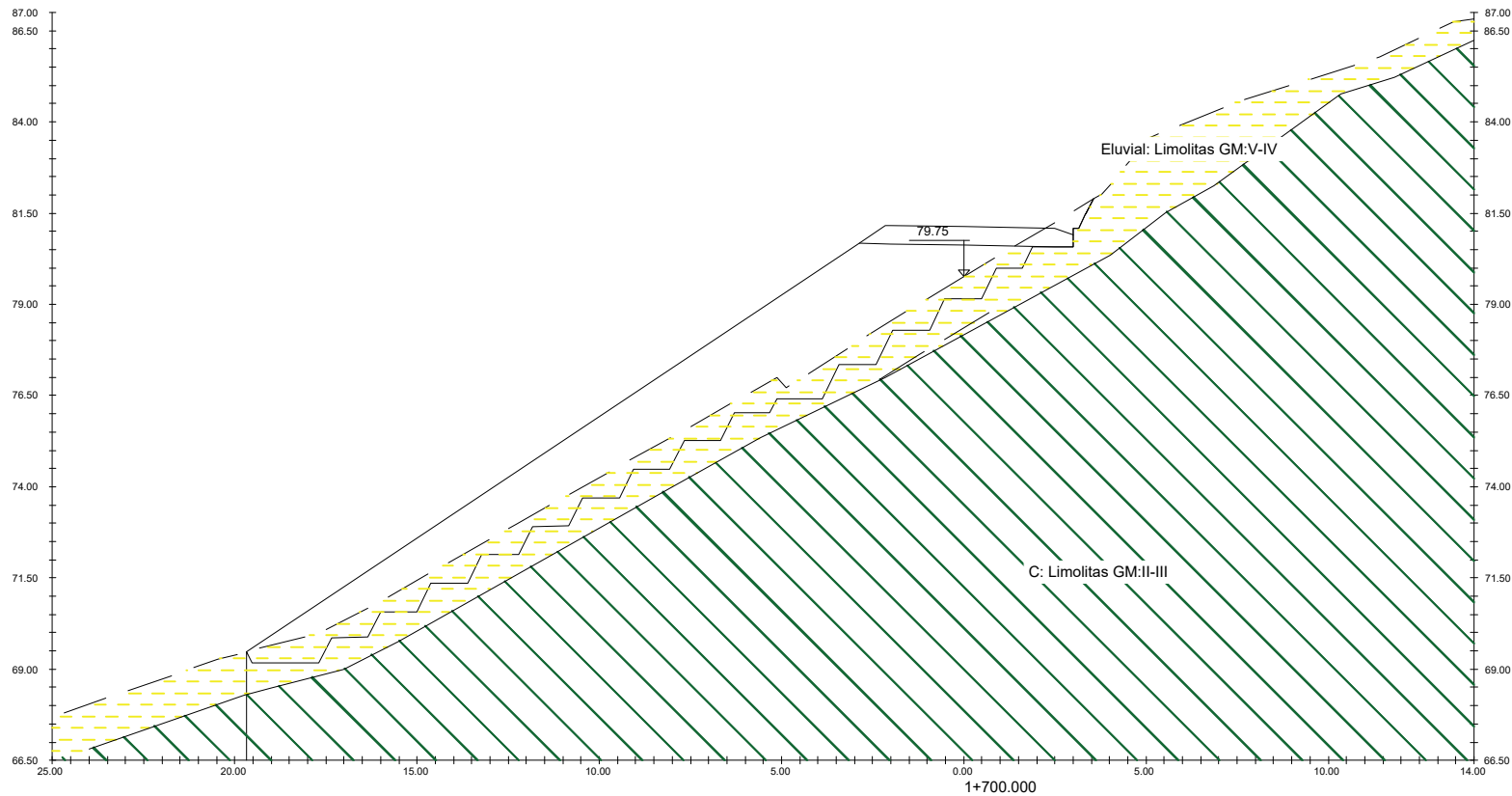
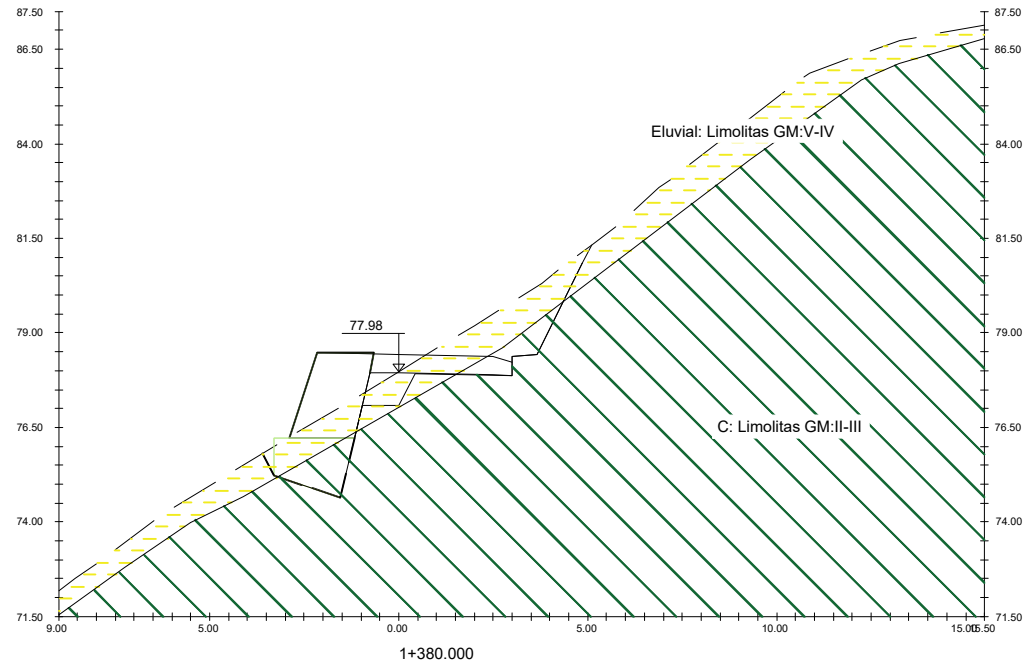
Buzamiento invertido

P:\vivos2\X0000155\X00001550000001202 Vigentes\01_Proyecto_Trazado\Documento nº2_Planos\ANE\IOS\A02_Geologia\A0202h01-03_TRANS_GEO.dwg



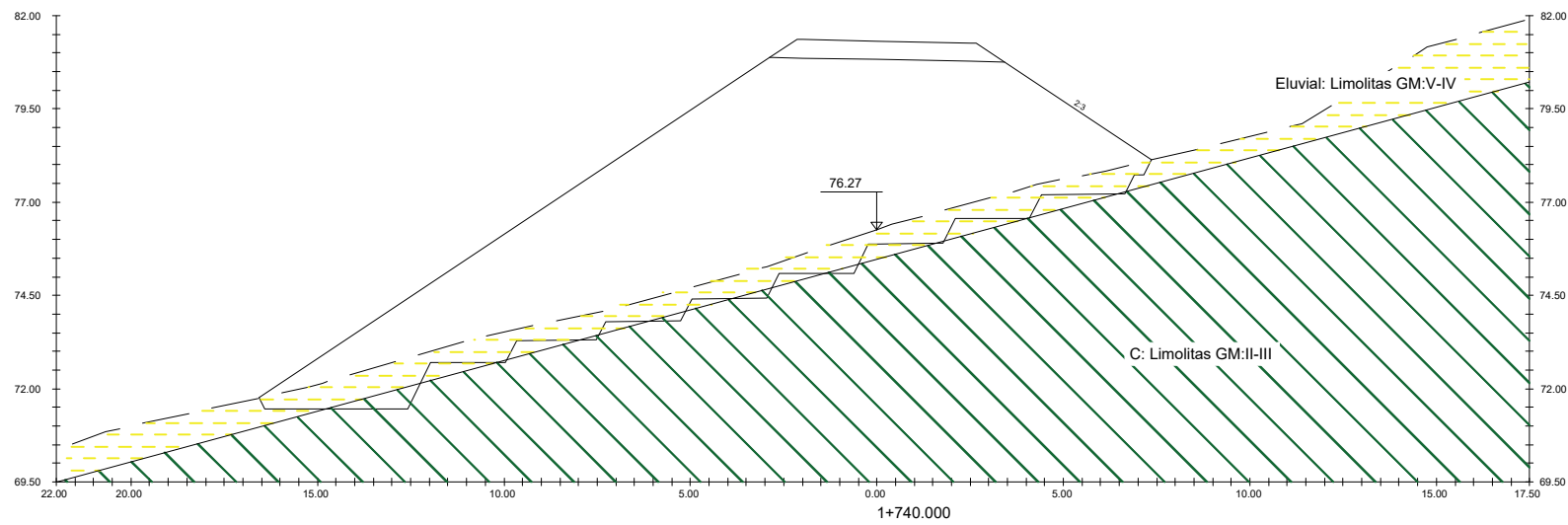
-  Qe-col: Suelos eluvio-coluviales
-  Eluvial: Limolitas GM:V-IV
-  C: Limolitas GM:II-III

P:\vivos2\X0000155\X00001550000001202 Vigentes01_Proyecto_Trazado\Documento nº2_Planos\ANE\IOS\A02_Geologia\A0202h01-03_TRANS_GEO.dwg



- Qe-col: Suelos eluvio-coluviales
- Eluvial: Limolitas GM:V-IV
- C: Limolitas GM:II-III

P:\vivos2\X0000155\X00001550000001202 Vigenles01_Proyecto_Trazado\Documento nº2_Planos\ANE\IOS\A02_Geologia\A0202h01-03_TRANS_GEO.dwg



-  Ge-col: Suelos eluvio-coluviales
-  Eluvial: Limolitas GM:V-IV
-  C: Limolitas GM:II-III

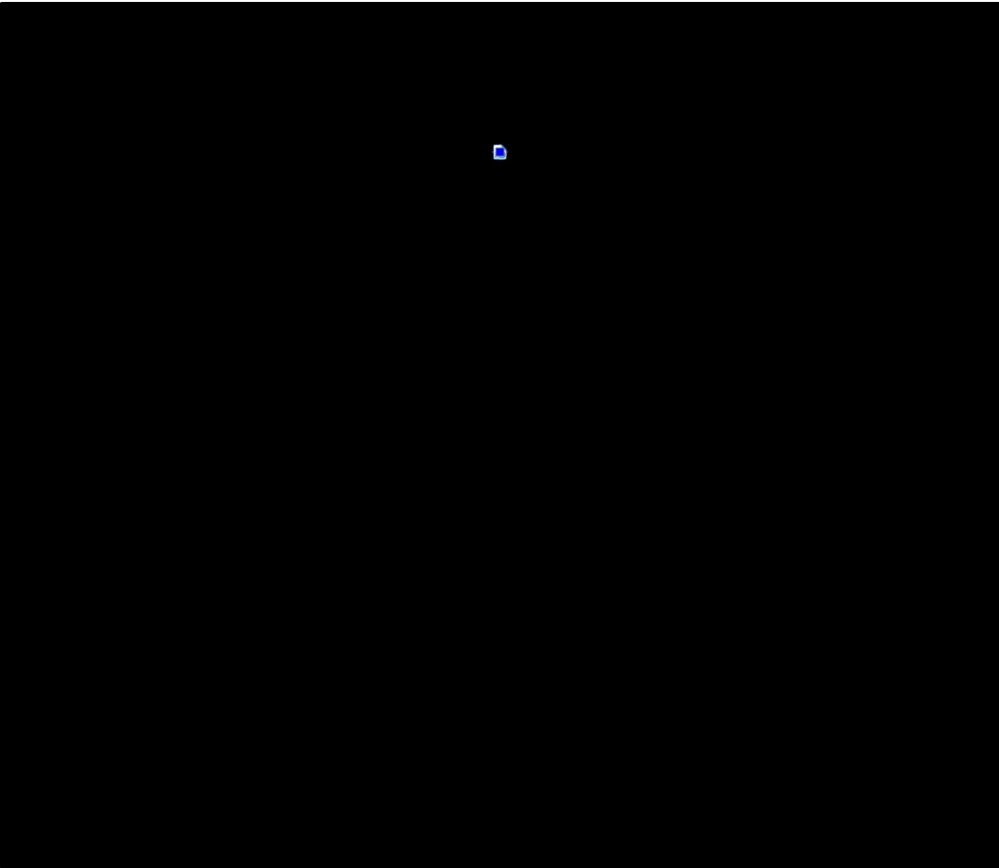
APÉNDICE 2.2

Registro sondeo

[illegible]

[illegible]

MARCO GEODÉSICO: ETRS89	X: 0	SONDA TIPO:	SONDISTA: No definido	NORMA:	CLIENTE:  Bizkaiko Foru Alkandua Diputación Foral de Bizkaia	SOLICITANTE:  Bizkaiko Foru Alkandua Diputación Foral de Bizkaia	OBRA: Carril bici Santurtzi			
	Y: 0	EMPRESA DE SONDEOS: Aroa					FECHA	INICIO: 26-05-2021	SONDEO: Sondeo 0001	HOJA: 3 de 3
	Z: 0	METODO DE PERFORACION: ROTACIÓN						FIN: 27-05-2021		



Emplazamiento: Emplaza iento

Caja 1 Profundidad: 0-2.4m.



Caja 2 Profundidad: 2.4-4.8m.



Caja 3 Profundidad: 7.8-10.8m.



Caja 5 Profundidad: 10.8-12.2m.

APÉNDICE 2.3

Ensayos laboratorio



GTK Laboratorio Geotécnico, SL
Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil
Bº Iseca Vieja, 5. Liendo (39776) - Cantabria
Tfno: 942 64 39 81
info@gtklaboratorio.com



INFORME DE RESULTADOS

INFORME N°: E380621

REF. GTK: 8468-8471

PETICIONARIO: FULCRUM, S.A.
Aldapa Kalea, 13.
48940 – Leioa (BIZKAIA)

SOLICITUD / OBRA:
Ensayos de suelos y rocas / Proyecto Mamariga – El Villar, Santurtzi (Bizkaia).

El presente **Informe técnico** se emite bajo las condiciones siguientes:

- Se prohíbe la reproducción total o parcial de los datos presentados.
- La información contenida en este documento es estrictamente confidencial. **GTK Laboratorio Geotécnico** no facilitará información relativa a este Informe a terceras personas, salvo autorización escrita del cliente o en los casos previstos por las leyes vigentes.
- Los resultados de ensayos tienen valor únicamente en relación con las muestras referidas en las actas.
- GTK Laboratorio Geotécnico** emplea para la realización e interpretación de los ensayos y pruebas, el personal y los medios adecuados en cada caso, no aceptando más responsabilidad ni obligaciones que la repetición gratuita de los ensayos sobre nuevas muestras, en el caso de fallos ajenos a su intención.
- GTK Laboratorio Geotécnico** no se responsabiliza de la veracidad de los datos aportados por el cliente.
- Información básica sobre Protección de datos.** Responsable: GTK LABORATORIO GEOTÉCNICO, SL. Finalidad: Prestar los servicios solicitados y enviar comunicaciones comerciales vía electrónica. Legitimación: Ejecución de un contrato, interés legítimo del Responsable. Destinatarios: Están previstas cesiones de datos a: Administración Tributaria, Entidades financieras. Derechos: Tiene derecho a acceder, rectificar y suprimir los datos, así como otros derechos, indicados en la información adicional, que puede ejercer dirigiéndose a info@gtklaboratorio.com o barrio Iseca Vieja, 51 -39776- Liendo (Cantabria). Procedencia: El propio interesado. Información adicional: <https://www.gtklaboratorio.com/politica-de-privacidad>.

El presente informe consta de 12 hojas, incluida ésta.

En Liendo, a 16 de junio de 2021

Pablo Salvarrey Isequilla
Geólogo Colegiado nº 3974

Director de Laboratorio

Ignacio San José Carrasco
Geólogo Colegiado nº 3972

Director Técnico

		GTK Laboratorio Geotécnico Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil				Hoja 1 de 1
		RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS				
PROCEDENCIA (OBRA/CLIENTE):		Mamariga - El Villar		Fulcrum		
Nº REFERENCIA DE LAS MUESTRAS		8468	8469	8470	8471	
LOCALIZACIÓN	CALICATA / SONDEO	S1	S1	S1	S1	
	TIPO DE MUESTRA	MI1	SPT1	TP1	TP2	
	PROFUNDIDAD (m)	1,20-1,80	1,80-2,40	7,20-7,50	10,80-11,20	
ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN y ESTADO	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.		CH			
	GRANULOM.	FINOS INFERIORES A 80 µ (%)		95,8		
		SUPERIOR A 5 mm (%)		0,0		
	LÍMITES DE ATTERBERG	LÍMITE LÍQUIDO W _L		51,1		
		LÍMITE PLÁSTICO W _p		28,6		
		ÍNDICE DE PLASTICIDAD I _p		22,5		
	HUMEDAD NATURAL ω (%)					
	DENSIDAD APARENTE (g/cm³)		1,91	1,82		
	DENSIDAD SECA (g/cm³)		1,56	1,51		
	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm³)					
ENSAYOS QUÍMICOS	DETERMINACIÓN DEL pH					
	ACIDEZ BAUMANN-GULLY					
	CONT. SULFATOS SOLUBLES (mg SO ₄ /kg)					
	CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA (%)					
	CONTENIDO EN YESO (%)					
	CONTENIDO EN SALES (%)					
	CONTENIDO EN CARBONATOS (%CaCO ₃)					
	AGRESIVIDAD DEL AGUA AL HORMIGÓN (EHE)					
ENSAYOS DE EXPANSIVIDAD y DEFORMABILIDAD	ÍNDICE DE HINCHAMIENTO LAMBE (Mpa)					
	CAMBIO DE VOLUMEN POTENCIAL (LAMBE)					
	HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (%)					
	PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓMETRO (kPa)					
	ÍNDICE DE COLAPSO EN EDÓMETRO (%)					
	ÍNDICE DE POROS INICIAL (CONSOLID. EDÓM.)					
	ÍNDICES compresión y Entumecimiento (CONSOLID. EDOM.)					
	MÓDULOS Edométrico secante y compresibilidad (CONSOLID. EDOM.)					
ENSAYOS DE RESISTENCIA	COMPRESIÓN SIMPLE EN SUELOS (kPa)		278			
	ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO (°)					
	COHESIÓN (kPa)					
	COMPRESIÓN UNIAxIAL EN ROCAS (MPa)			37,10	47,39	
	RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (MPa)					
	ENSAYO BRASILEÑO (MPa)					
ENSAYOS DE COMPACTACIÓN	DENSIDAD MÁXIMA PROCTOR (g/cm³)					
	HUMEDAD ÓPTIMA PROCTOR (%)					
	ÍNDICE C.B.R. 100%					
	ÍNDICE C.B.R. 95%					

APERTURA Y DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS					Hoja 1 de 1
PETICIONARIO (CLIENTE):	Fulcrum				
OBRA:	Mamariga - El Villar				
REALIZADO POR:	MIGUEL ÁNGEL ORTIZ FERNÁNDEZ	INFORME N°:	E380621		
REVISADO POR:	PABLO SALVARREY ISEQUILLA	FECHA DE EMISIÓN:	16/06/2021		

Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico	Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico
8468	1,20-1,80	S1	M11	-	8469	1,80-2,40	S1	SPT1	-
									
Arcilla limo-arenosa de color ocre					Arcilla limosa de color marrón anaranjado				

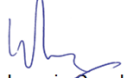
Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico	Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico
8470	7,20-7,50	S1	TP1	Positiva	8471	10,80-11,20	S1	TP2	Positiva
La fotografía de la muestra se puede ver en el ensayo de rotura a compresión.					La fotografía de la muestra se puede ver en el ensayo de rotura a compresión.				
Limolita calcárea de color gris					Limolita calcárea de color gris-beige				

Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico	Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico



Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Observaciones:



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8468	Informe N°:	E380621
Muestra (Origen / Profundidad):	S1	1,20-1,80 m	
Fecha de Toma:	-		
Fecha de Ensayo:	02/06/2021	Fecha de emisión del Informe:	16/06/2021
Procedencia (Obra / Cliente):	Mamariga - El Villar		Fulcrum

Agua	$a = (t+s+a)-(t+s)$	16,28
Tara+suelo+agua	$t+s+a$	151,30
Tara+suelo	$t+s$	135,02
Tara	t	62,48
Suelo	s	72,54
% Humedad	$w = a/s \times 100$	22,4

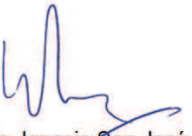
Masa muestra	m (g)	51,35
Masa muestra con relleno de huecos	m_f (g)	51,35
Masa muestra+parafina	m_c (g)	52,23
Densidad parafina	γ_p (Mg/m³)	0,84
Densidad Fluido de inmersión a 25 °C	γ_{fl} (Mg/m³)	1,00
Masa sumergida muestra+parafina	m_g (g)	24,30
Volumen muestra	$V = [(m_c-m_g)/\gamma_{fl}] - [(m_c-m_f)/\gamma_p] \times 10^{-6} (m^3)$	26,88
Densidad húmeda	$\gamma_{ap} = m / V$ (Mg/m³)	1,91
Densidad seca	$\gamma_d = \gamma_{ap} / [1 + (w / 100)]$ (Mg/m³)	1,56

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.



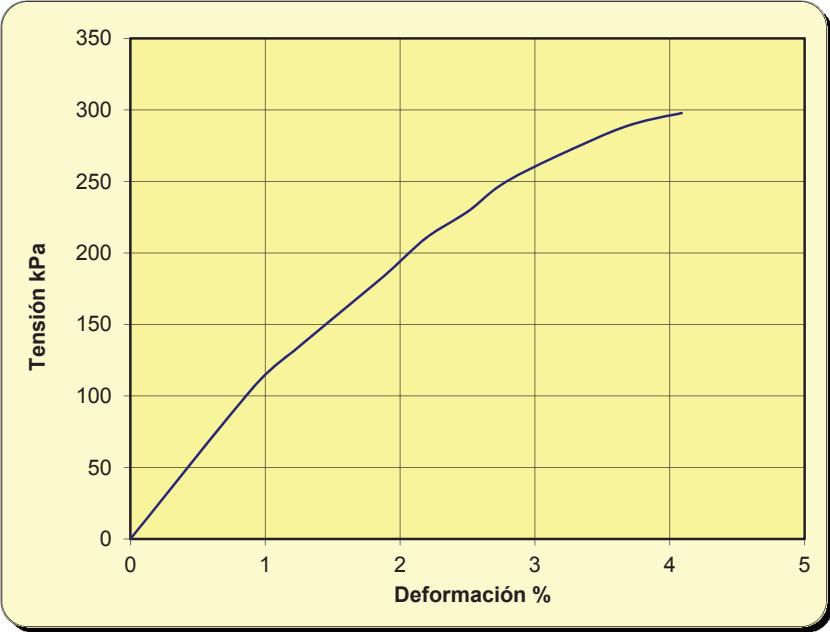
Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8468		Informe Nº:	E380621
Muestra (Origen / Profundidad):	S1	1,20-1,80 m		
Fecha de Toma:	-			
Fecha de Ensayo:	10/06/2021		Fecha de emisión del Informe:	16/06/2021
Procedencia (Obra / Cliente):		Mamariga - El Villar		Fulcrum

TIPO DE MUESTRA			FORMA ROTURA
Diámetro	d (mm)	5,60	
Lado	m (mm)	-	
Lado	n (mm)	-	
Altura	h (mm)	9,27	
Humedad	w (%)	22,56	
Densidad aparente	γ_{ap} (Mg/m³)	1,92	
Densidad seca	γ_d (Mg/m³)	1,57	
Resistencia compresión simple	q_u (kPa)	298	
Velocidad de rotura de la probeta	v (mm/min)	2	
Deformación en rotura	ϵ (%)	4,1	



OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8469		Informe Nº:	E380621
Muestra (Origen / Profundidad):	S1	1,80-2,40 m		
Fecha de Toma:	-			
Fecha de Ensayo:	02/06/2021		Fecha de emisión del Informe:	16/06/2021
Procedencia (Obra / Cliente):		Mamariga - El Villar		Fulcrum

Agua	$a = (t+s+a)-(t+s)$	8,03
Tara+suelo+agua	$t+s+a$	108,57
Tara+suelo	$t+s$	100,54
Tara	t	60,55
Suelo	s	39,99
% Humedad	$w = a/s \times 100$	20,1

Masa muestra	m (g)	47,59
Masa muestra con relleno de huecos	m_f (g)	47,59
Masa muestra+parafina	m_c (g)	49,18
Densidad parafina	γ_p (Mg/m³)	0,84
Densidad Fluido de inmersión a 25 °C	γ_{fl} (Mg/m³)	1,00
Masa sumergida muestra+parafina	m_g (g)	21,10
Volumen muestra	$V = [(m_c - m_g) / \gamma_{fl}] - [(m_c - m_f) / \gamma_p] \times 10^{-6} (m^3)$	26,19
Densidad húmeda	$\gamma_{ap} = m / V$ (Mg/m³)	1,82
Densidad seca	$\gamma_d = \gamma_{ap} / [1 + (w / 100)]$ (Mg/m³)	1,51

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8469		Informe Nº:	E380621
Muestra (Origen / Profundidad):	S1	1,80-2,40 m		
Fecha de Toma:	-			
Fecha de Ensayo:	07/06/2021		Fecha de emisión del Informe:	16/06/2021
Procedencia (Obra / Cliente):		Mamariga - El Villar		Fulcrum

CÁLCULOS PREVIOS		
A	Muestra total seca (m)	593,50
B	Muestra tratam. M.O.	.
C	Muestra tratam. Carb.	.
D	Gruesos lavados y secados (m _r)	0,00
E	Fracción fina previa al cuarteo	593,50
E	Relac. Masas por el cuarteado	5,60
G	Fracción fina ensayada (m _s)	105,90

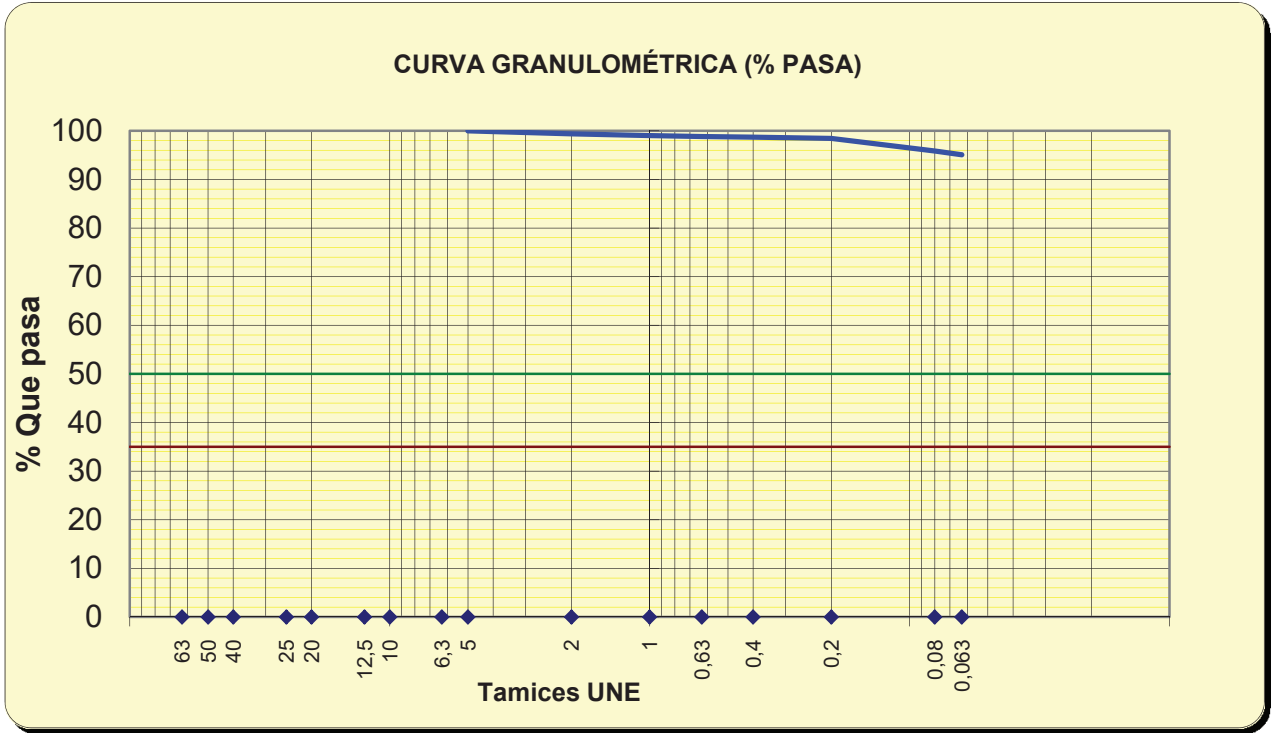
Masa del agua	m _w (g)	3,06
Muestra húmeda	m ₁ (g)	163,80
Muestra seca	m ₂ (g)	160,74
Masa del recipiente	m _c (g)	62,40
Masa muestra seca	m _d (g)	98,34
% Humedad	m _w /m _d x100	3,1

Es fracción gruesa el material retenido por el tamiz nº20, correspondiendo a la separación de gravas medias y gruesas y a la fracción fina el que pasa por el mismo tamiz

TAMICES			Retenido en tamices			Pasa en muestra total		Observaciones
U.N.E.	A.S.T.M.		Grs.en la parte fina ensay. (m _{sn})	Grs.en la parte fina ajust. (m' _{sn})	Grs.en la muestra total (m' _{ssn})	Porcentaje	% Pasa (f _n)	
	Designación	Abertura mm.						
1	2 A	2 B	3	4	5	6	7	
						593,5	100,0	
63	2,5"	63,500			0,00	0,00	100,0	
50	2 "	50,800			0,00	0,00	100,0	
40	1,5"	38,100			0,00	0,00	100,0	
25	1"	25,400			0,00	0,00	100,0	
20	3/4"	19,100			0,00	0,00	100,0	
12,5	1/2"	12,700	0,00	0,00		0,00	100,0	
10	3/8"	9,520	0,00	0,00		0,00	100,0	
6,3	1/4"	6,350	0,00	0,00		0,00	100,0	
5	Nº 4	4,750	0,00	0,00		0,00	100,0	
2	Nº 10	2,000	0,67	3,75		0,01	99,4	
1	Nº 18	1,000	0,37	2,07		0,01	99,0	
0,63	Nº 30	0,590	0,20	1,12		0,01	98,8	
0,40	Nº 40	0,420	0,13	0,73		0,01	98,7	
0,20	Nº 80	0,180	0,28	1,57		0,02	98,4	
0,08	Nº 200	0,074	2,76	15,47		0,04	95,8	
0,063	Nº 230	0,063	0,79	4,43		0,05	95,1	
	Mat. Bandeja (<0,063 mm) (m _p)		0,02					
	Masa total de mat. retenido (m _t)		593,50					
	Diferencia entre m y m _t (%)		0,00					

Densidad de partículas sólidas	G; Mg/m ³	2,70	(Valor supuesto)
--------------------------------	----------------------	------	------------------

Nº Referencia Muestra:	8469
------------------------	------



Tamices	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1	0,63	0,4	0,2	0,08	0,063
% pasa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,4	99,0	98,8	98,7	98,4	95,8	95,1

%	SUCS	CTE
GRAVA	0,0	0,6
ARENA	4,2	4,3
FINOS	95,8	95,1

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

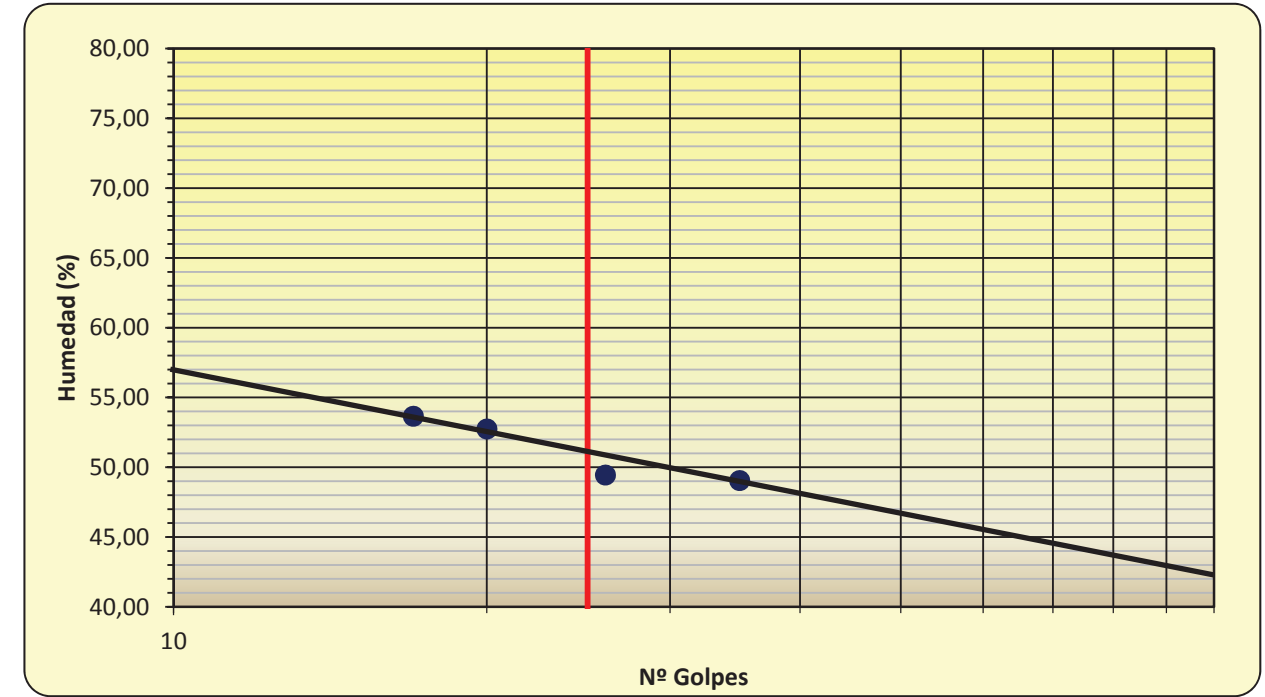
Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8469	Informe Nº:	E380621
Muestra (Origen / Profundidad):	S1	1,80-2,40 m	
Fecha de Toma:	-		
Fecha de Ensayo:	09/06/2021	Fecha de emisión del Informe:	16/06/2021
Procedencia (Obra / Cliente):	Mamariga - El Villar	Fulcrum	

Método empleado:			
Cono de caída:	NO	Tipo de Cono empleado:	-
Cuchara de Casagrande:	SI	Método de un punto:	-

LÍMITE LÍQUIDO (UNE-EN ISO 17892-12)	Número de golpes	17	20	26	35
	Referencia tara	1	2	3	4
t+s+a	Tara+suelo+agua	26,92	25,29	27,66	25,07
t+s	Tara+suelo	25,38	23,85	26,32	23,77
t	Tara	22,51	21,12	23,61	21,12
s=(t+s)-t	Suelo	2,87	2,73	2,71	2,65
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	1,54	1,44	1,34	1,30
w=100x a / s	Humedad (%)	53,66	52,75	49,45	49,06
K Material con tamaño < 0,4 mm (%) (Material seco en estufa a 50°)	98,7	W (Muestra original):			20,08
		W (Prevía al ensayo):			3,11
		m1 (g)	222,50	mr (g)	2,88
			LÍMITE LÍQUIDO:		51,1
Suelo secado en estufa a no más de 50 ° C					

Suelo secado en estufa a no más de 50 ° C

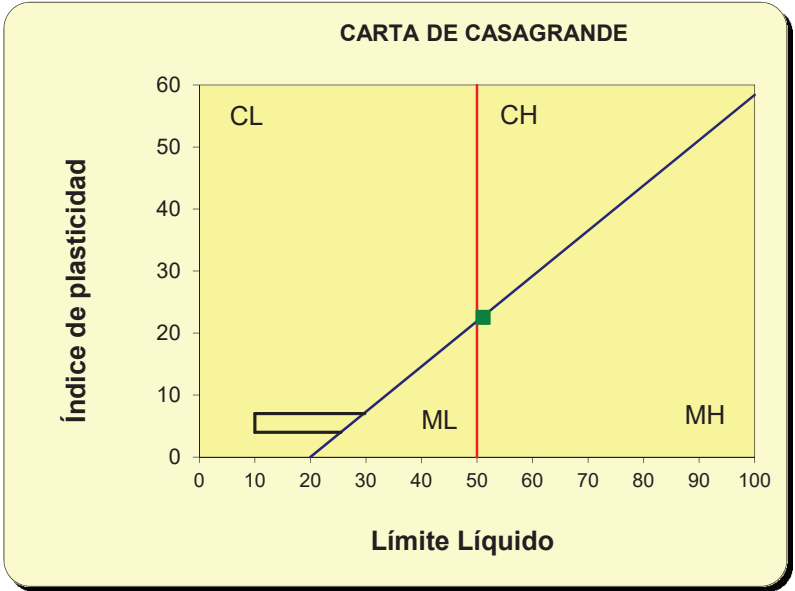


Nº Referencia Muestra:	8469
------------------------	------

LÍMITE PLÁSTICO (UNE-EN ISO 17892-12)	Referencia tara	1	2
t+s+a	Tara+suelo+agua	27,01	26,80
t+s	Tara+suelo	26,46	26,32
t	Tara	24,56	24,62
s=(t+s)-t	Suelo	1,90	1,70
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,55	0,48
w=100x a / s	Humedad (%)	28,95	28,24

LÍMITE PLÁSTICO
28,6

FRACCIÓN > 5,00 mm, %	0,0
FRACCIÓN < 0,08 mm, %	95,8
LÍMITE LÍQUIDO, LL	51,1
LÍMITE PLÁSTICO, LP	28,6
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, IP	22,5
CLASIFICACIÓN SUCS	CH
DESCRIPCIÓN ASTM D-2486	
Arcilla de alta plasticidad	
ÍNDICE DE LIQUEDAD, I _L	-0,4
ÍNDICE DE CONSISTENCIA, I _c	-3,6
ÍNDICE DE ACTIVIDAD, I _a	-



Método de preparación:
Tamizado para romper la estructura del suelo y ajustando la consistencia de la pasta remoldeada al rango requerido en el ensayo.

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Diámetro de la probeta D (cm)

7,15

PESO PROBETA HÚMEDA + tara

2017,56

Altura de la probeta L (cm)

17,57

PESO PROBETA SECA + tara

2000,76

Carga de rotura P (Kg)

15194

TARA

141,92

Humedad (%)

0,90

AGUA

16,80

Densidad aparente (g/cm³)

2,66

ROCA SECA

1858,84

Densidad seca (g/cm3)

2,63

Resistencia a la compresión uniaxial para la muestra $\sigma_c=P/(lD^2/4)$, MPa

37,10

40

35

30

25

20

15

10

5

0

0

0,002

0,004

0,006

0,008

0,01

0,012

Esfuerzo, MPa

Deformación unitaria



Este resultado es válido para esta muestra

OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey

Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José

Director Técnico

Laboratorio de ensayos para el Control de Calidad de la Edificación acreditado por la Dirección General de Vivienda y Arquitectura del Gobierno de Cantabria, según Real Decreto 410/2010 de 31 de marzo, con número de acreditación CTB-L-008

Diámetro de la probeta D (cm)

7,15

PESO PROBETA HÚMEDA + tara

1970,43

Altura de la probeta L (cm)

17,59

PESO PROBETA SECA + tara

1945,34

Carga de rotura P (Kg)

19410

TARA

141,24

Humedad (%)

1,39

AGUA

25,09

Densidad aparente (g/cm³)

2,59

ROCA SECA

1804,10

Densidad seca (g/cm3)

2,55

Resistencia a la compresión uniaxial para la muestra $\sigma_c=P/(lD^2/4)$, MPa

47,39

50

45

40

35

30

25

20

15

10

5

0

0

0,005

0,01

0,015

0,02

Esfuerzo, MPa

Deformación unitaria



Este resultado es válido para esta muestra

OBSERVACIONES:

Fdo. Pablo Salvarrey

Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José

Director Técnico

Laboratorio de ensayos para el Control de Calidad de la Edificación acreditado por la Dirección General de Vivienda y Arquitectura del Gobierno de Cantabria, según Real Decreto 410/2010 de 31 de marzo, con número de acreditación CTB-L-008