

COCHERAS DE KABIEZES DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO

PROYECTO BÁSICO

ANEJO 3 – GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

OCTUBRE 2025

INDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETO Y ALCANCE.....	1
1.2.	DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA.....	2
1.3.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	3
2.	GEOLOGÍA.....	4
2.1.	Encuadre geológico general	4
2.2.	Litología y estratigrafía	7
2.2.1.	Formaciones superficiales.....	8
2.2.2.	Substrato rocoso.....	9
2.3.	Tectónica	10
2.4.	Hidrogeología	11
2.4.1.	Características hidrogeológicas regionales	11
2.4.2.	Hidrogeología de la zona proyectada	11
2.4.3.	Modelo hidrogeológico	12
2.4.4.	Unidad Hidrogeológica	12
2.5.	Sismicidad	14
3.	GEOTECNIA	15
3.1.	Campañas geotécnicas previas disponibles	15
3.1.1.	Resumen de las investigaciones disponibles en el Proyecto de Trazado del Eje del Ballonti (Tramo: Balparda-Portugalete)	15
3.1.2.	Resumen de las investigaciones disponibles en el Proyecto de construcción del tramo 2B Santurtzi-Portugalete de la Fase I de la Variante Sur Metropolitana.	16
3.2.	Campaña geotécnica de la presente fase de estudio	22
3.2.1.	Metodología general	22
3.2.2.	Metodología utilizada en los sondeos	23
3.2.3.	Campaña de campo complementaria realizada para el presente estudio.....	25
3.2.4.	Campaña de laboratorio complementaria	28
3.3.	Estudio geológico-geotécnico general	30
3.3.1.	Unidades geotécnicas Cuaternarias	30
3.3.2.	Unidad suelos de alteración del sustrato rocoso (Unidad geotécnica LU alterada)	30
3.3.3.	Unidad geotécnica Q _{AC}	31

3.3.4. Unidad geotécnica Q _x	32
3.3.5. Unidad geotécnica Q _A	37
3.3.6. Unidad geotécnica LU. Sustrato Rocoso Lutítico	38
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40

1. INTRODUCCIÓN

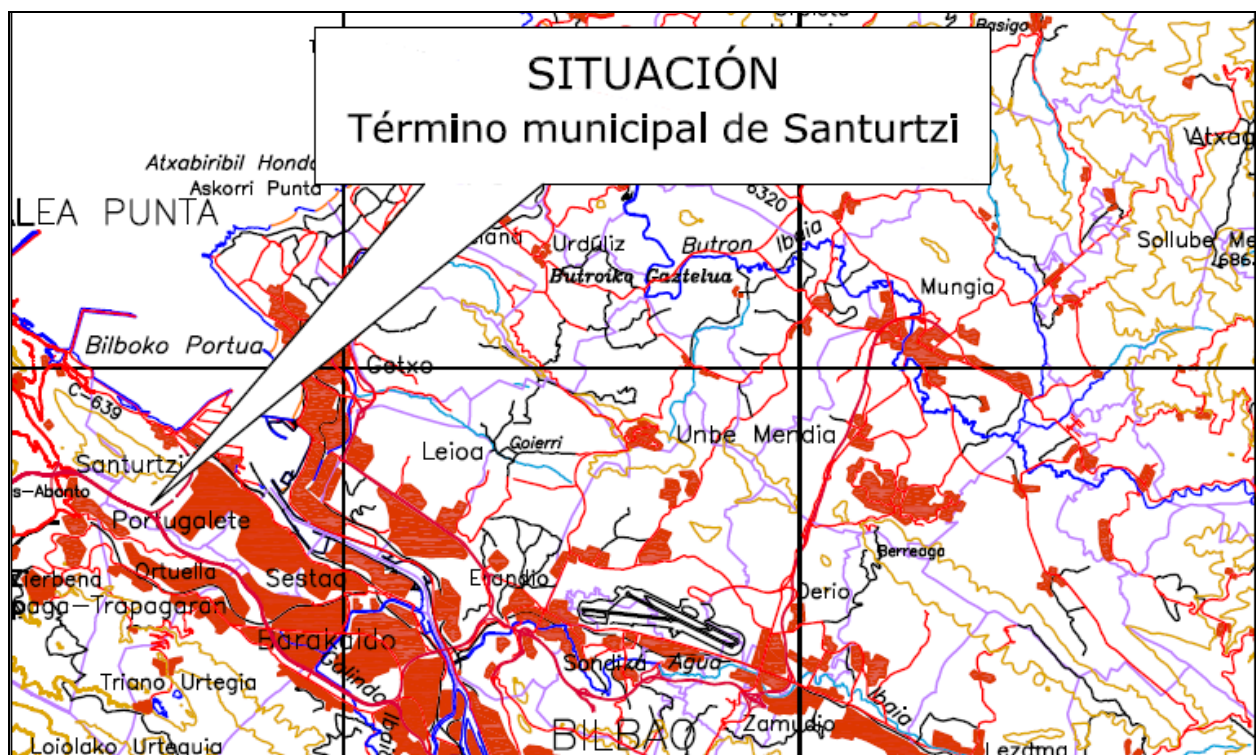
1.1. OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente documento es el acercamiento a la geología y geotecnia de la zona en que se prevé la ubicación de las cocheras de Kabiezes para el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao y de su playa de vías, así como del enlace ferroviario entre estas instalaciones y el final del tramo Santurtzi – Kabiezes de la Línea 2 en construcción.

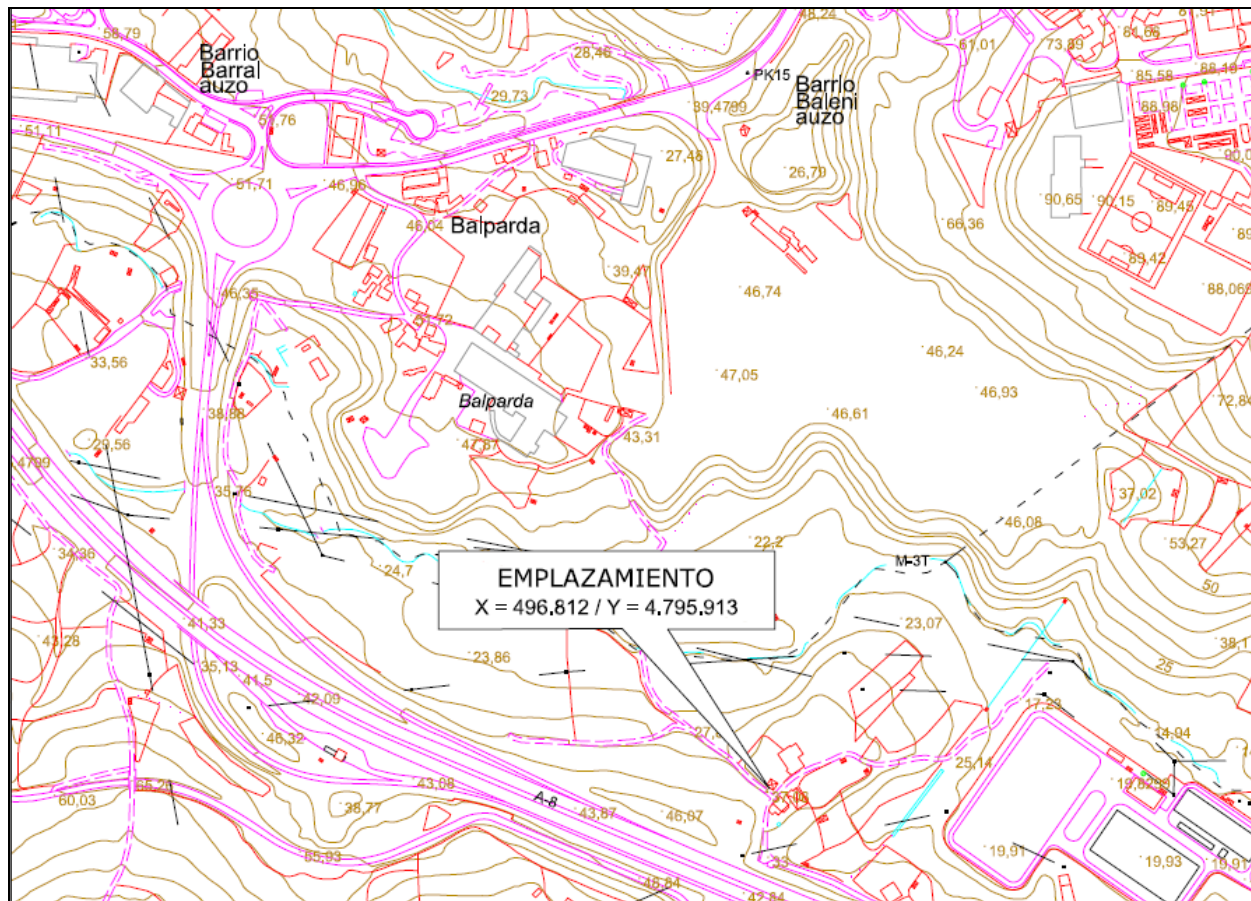
Se trata de una síntesis de la recopilación de trabajos previos realizados en la zona de estudio, así como la descripción de la geología y geotecnia. Como resultado de esta recopilación de datos, se ha considerado necesaria la realización de una campaña geotécnica complementaria para analizar aquellas zonas del área de estudio de las que no se dispone de ningún tipo de información geotécnica previa.

La campaña geotécnica llevada a cabo está acuerdo con lo recogido en el documento de propuesta de campaña P210E38-SRTC-NT-008 Rev 1 dentro del Estudio informativo de las Cocheras de Kabiezes. Durante la redacción del Proyecto Constructivo se completará la investigación geotécnica en la zona, con el objeto de definir y confirmar con mayor grado de detalle las conclusiones recogidas en diferentes apartados dentro del presente anejo.

A continuación, se muestra un mapa general de situación y otro con la ubicación detallada de la zona de estudio.



Cartografía del área de proyecto Escala 1:200.000



Cartografía del área de proyecto Escala 1:5.000

1.2. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

Para el análisis geológico – geotécnico se ha partido de la información contenida en los siguientes proyectos, todos desarrollados en la proximidad del área objeto del presente proyecto:

- "Proyecto de Trazado del Tramo Santurtzi-Kabiezés", redactado por SENER para el Gobierno Vasco en Septiembre de 1999.
- "Proyecto Constructivo del Tramo Santurtzi-Kabiezés, redactado por FULCRUM para el Gobierno Vasco en Noviembre de 2002.
- "Proyecto Constructivo del Tramo Portugaleta-Santurtzi" redactado por TYPESA para el Gobierno Vasco en Junio de 2000.
- "Proyecto de Trazado del Eje de Ballonti. Tramo Balparda-Portugaleta", redactado por SENER para la Diputación Foral de Bizkaia en Septiembre de 2000.

Además, se han realizado varios trabajos previos en la zona, ya que el emplazamiento se encuentra limitado al norte por el eje del Ballonti y al Sur con las obras de la Supersur.

La línea de FMB está en construcción hasta la estación de Kabiezes, por lo que la mayor cantidad de información se ha obtenido de los siguientes estudios:

- Modificación del Proyecto de Trazado del Metro de Bilbao en el Área de Kabiezes y Nuevo Acceso a Mamariga (SAITEC)
- Proyecto de trazado del Eje del Ballonti. Tramo Balparda-Portugalete, realizado por SENER en Septiembre del 2.000.
- Proyecto de construcción del tramo 2B Santurtzi-Portugalete de la Fase I de la Variante Sur Metropolitana. Tramo 2B, realizado por SAITEC-DAIR en Mayo del 2.006.

1.3. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

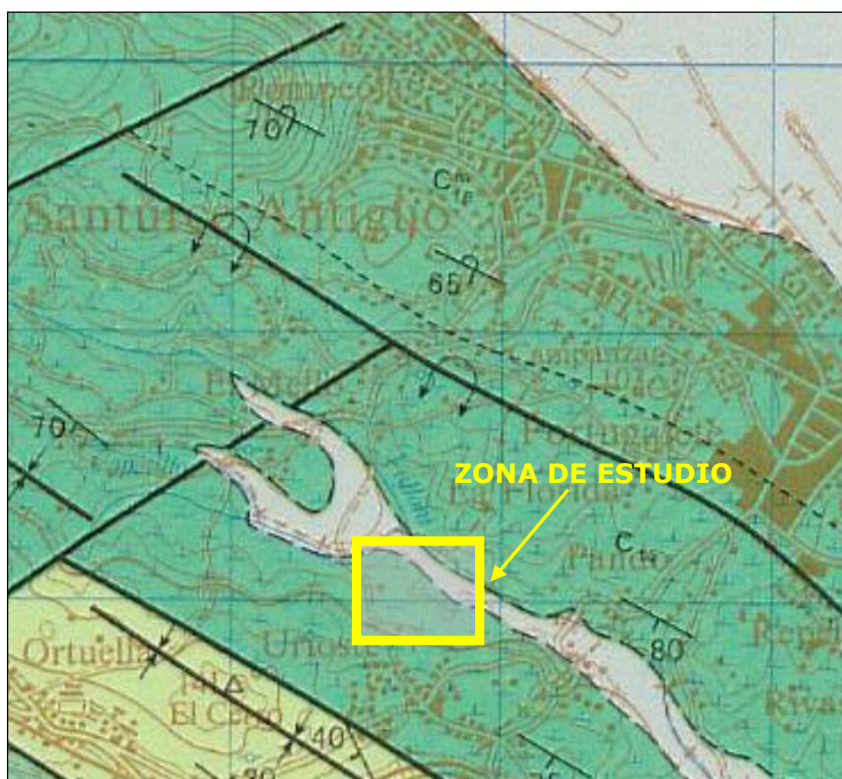
Para el desarrollo del proyecto se ha consultado la siguiente bibliografía:

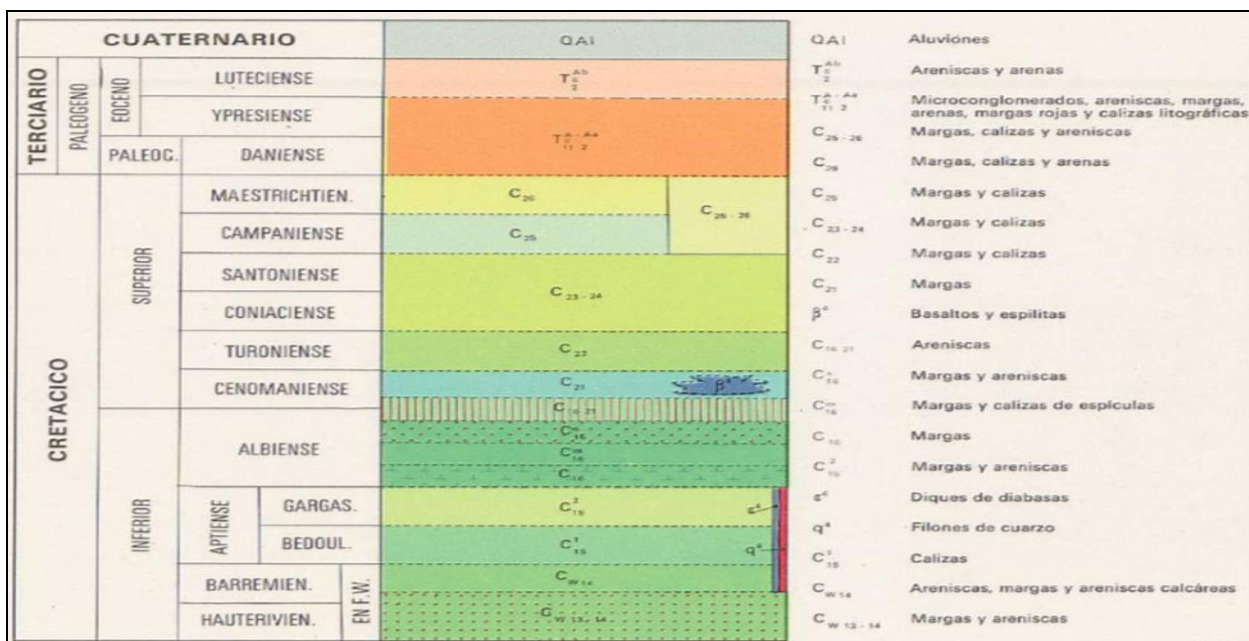
- Mapas geológicos, hidrogeológicos y cartografía ambiental:
 - Mapa geológico del País Vasco/Euskal Herriko Mapa Geologikoa E: 1/25.000, Hoja 61-I SANTURZI. (Fuente de consulta: <http://www.eve.es/publicaciones/cartografia/Mapas/61-I.pdf>.)
 - Mapa Geológico de España E: 1/50.000, Hoja 61 Bilbao. (Fuente de consulta: <http://www.igme.es>.)
 - Mapa Hidrológico de la Comunidad Autónoma del País Vasco Escala 1:150.000/ Euskal Autonomia Erkidegoko Mapa Hidrologikoa 1:150.000 eskala. Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco/ Euskal Autonomia Erkidegoko Administrazioa. Departamento de Transportes y Obras Públicas/ Garraio eta Herri Lan saila. Jose M.a Sanz de Galdeano Equiza. Autores/Egileak: Angel Eraso Alberdi, Iñaki Arrate Jorrín, Fernando Ruiz Fernández (Ente Vasco de la Energía/ Euskal Energiaren Erakundea).
- Otros documentos de texto:
 - Geología de España. Tomo II. ITGE. J.M. Ríos, 1983.
- (Sistemas de Información Geográfica):
 - Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS). Ministerio de Ciencia e innovación. Instituto Geológico y Minero de España.

2. GEOLOGÍA

2.1. Encuadre geológico general

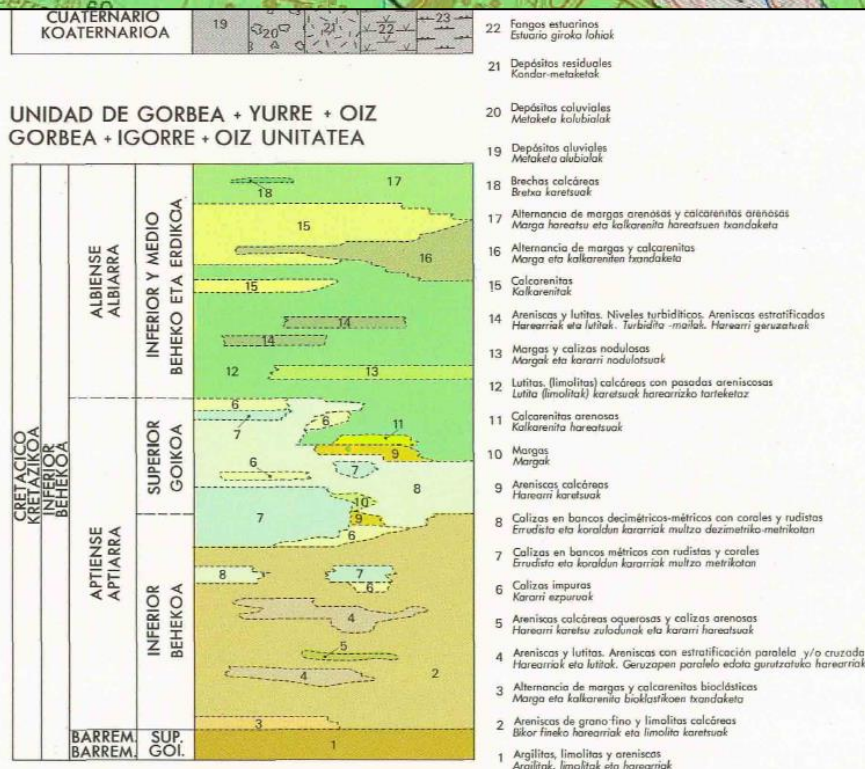
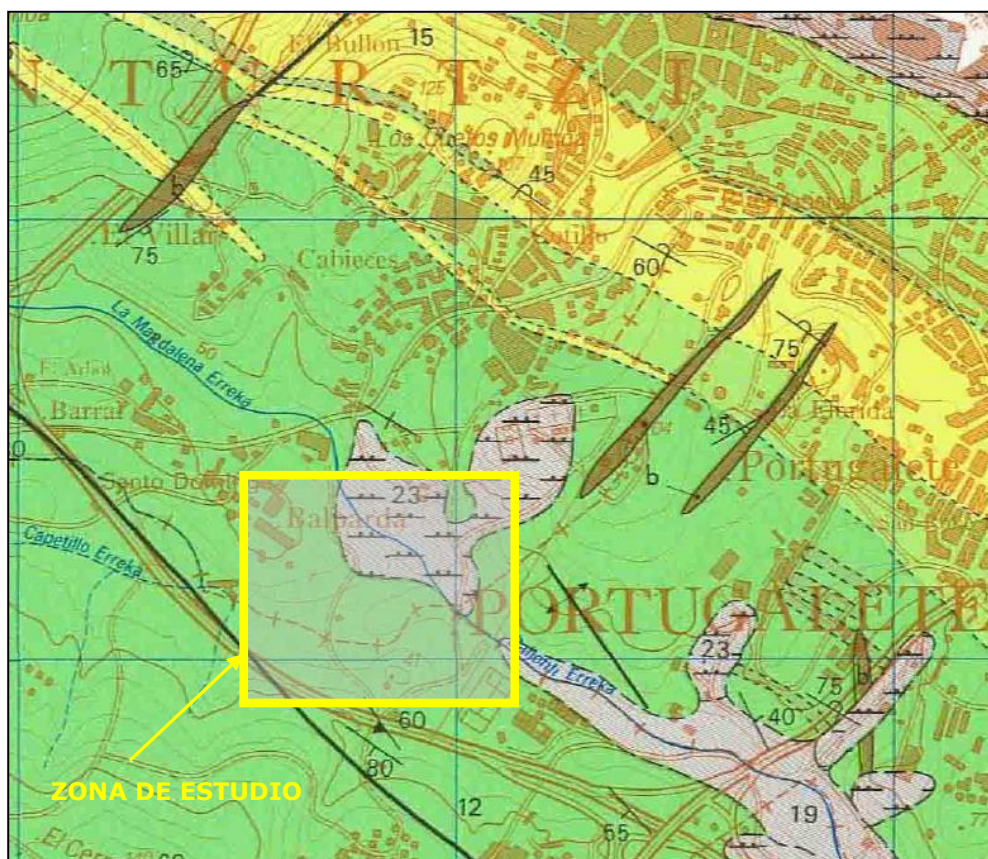
Para situar geológicamente la zona, se dispone de la cartografía geológica a escala 1:50.000 de la serie MAGNA del Instituto Geológico y Minero de España (hoja nº 61 Bilbao).





Cartografía Geológica del área de proyecto. Modificado del Mapa Geológico de España E: 1/50.000, Hoja 61 BILBAO. Fuente de consulta: <http://www.igme.es>.

También se dispone de la cartografía editada por el Ente Vasco de Energía (EVE) a escala 1:25.000 (hoja nº 61 – I Santurtzi), que se muestra a continuación.



Cartografía Geológica del área de proyecto. Modificado del Mapa Geológico del Ente Vasco de la Energía (EVE) 1/25.000, Hoja 61-I SANTURTZI. Fuente de consulta: <http://www.eve.es>.

Los materiales aflorantes principales son lutitas (limolitas) calcáreas con pasadas areniscosas del Albiense (Cretácico Inferior), también se encuentran depósitos aluviales asociados al río Ballonti y unos depósitos antrópicos coincidentes con la escombrera de Kabiezes.

La zona objeto de este estudio queda enclavada dentro de la Cuenca Vasco-Cantábrica, incluida en el dominio estructural del Arco Vasco.

El proyecto se enmarca dentro del flanco sur del Sinclinorio de Bilbao, originado durante la Orogenia Alpina, concretamente en la unidad conocida como "Unidad de Oiz", dentro del Sector Durango. Dicho sector se encuentra limitado al Norte por la Falla de Durango y al sur por la Falla de Bilbao-Alsasua.

La unidad de Oiz, sector Durango, abarca materiales pertenecientes a los complejos Urgoniano y Supraurgoniano, de edades comprendidas entre el Albiense medio y Albiense terminal o Cenomaniense basal.

El substrato rocoso existente en la zona de estudio corresponde a materiales del Cretácico Inferior, concretamente del Aptiense-Albiense (Complejo Urgoniano), dispuestos de manera concordante con las estructuras regionales más importantes de la Cuenca Vasco-Cantábrica.

Todos estos materiales del substrato rocoso están estructurados según la directriz general de la Cuenca Vasco-Cantábrica, es decir, ONO-ESE.

Sobre el substrato Cretácico se desarrollan distintos depósitos cuaternarios de espesores poco importantes, consistentes en suelos coluviales y suelos de origen mixto, con cierto desarrollo de niveles edáficos en su parte superior incluidos en el suelo vegetal.

Además de estos suelos, se han detectado rellenos antrópicos compactados y vertidos, de espesores muy importantes, localizados en el área de Kabiezes (en la escombrera).

2.2. Litología y estratigrafía

En este apartado se describe, desde el punto de vista litológico y geotécnico, la estratigrafía reconocida en el ámbito donde se sitúan las distintas alternativas.

La descripción de los materiales se basa en la realizada por el Ente Vasco de Energía, en proyectos anteriores y en las prospecciones y observaciones efectuadas en campo.

Los materiales aflorantes corresponden a rocas pertenecientes al periodo Cretácico Inferior, incluidas en el Complejo Urgoniano (Aptiense Superior y Albiense Medio-Inferior), estando constituidos por materiales de naturaleza carbonatada tipo Flysch calcáreo (lutitas y limolitas calcáreas) con un componente lutítico y arenoso que varía en función de las series caracterizadas. También aparecen rellenos antrópicos asociados a la escombrera de Kabiezes.

A continuación se describen las formaciones diferenciadas:

2.2.1. Formaciones superficiales

– Depósitos Cuaternarios (Unidad Q)

Hay varios tipos de depósitos cuaternarios, que se diferencian entre sí. Están los suelos de alteración, los depósitos coluviales, los aluvio-coluviales y los aluviales.

Los suelos de alteración y meteorización "in situ" ocupan la mayoría de la superficie del terreno a estudiar. Proviene del sustrato rocoso con un grado de meteorización V.

La composición de estos es arcillosa o limo-arcillosa y engloban fragmentos de la roca madre de la que provienen. La potencia en general es pequeña, normalmente menor de 0,40 metros sobre las lutitas calcáreas

Los depósitos coluviales son materiales de naturaleza heterogénea gravas, arenas, limos, etc. localizados a media ladera en puntos singulares del trazado. Un punto con un coluvial importante es la zona de ataque del meandro del arroyo Capetillo antes de confluir con el río Ballonti.

Los depósitos aluvio-coluviales son depósitos de origen gravitatorio asociados a las vertientes existentes en la zona. Sobre las laderas se producen fenómenos de alteración y fragmentación de los materiales, y son transportados por acción de la gravedad favorecida por procesos de arroyada difusa.

Estos depósitos están constituidos por cantos redondeados, de tamaño milimétrico a centimétrico, de naturaleza férrica, calcárea o margosa, en una matriz limo-arcillosa de color ocre, de consistencia firme a muy firme.

Localmente se alcanzan hasta 3 metros de espesor en el fondo de los valles (incluido el plano del aluvial del río Ballonti) localizados sobre depósitos aluviales limosos.

Los depósitos puramente aluviales, son depósitos ligados a los cauces fluviales con funcionamiento tanto permanente como estacional.

El nivel de base del aluvial del Ballonti está formado por limos grises, blandos y plásticos. Localmente pueden aparecer pasadas constituidas por arcillas limosas y arenosas amarillentas con algunas gravas y bolos.

En los trabajos de investigación de campo previos se han detectado hasta 3 metros de espesor de estos materiales situados siempre bajo el nivel de suelos aluviales-coluviales anteriormente descrito.

– Depósitos antrópicos (Cuaternario) (Unidades RA y Qx)

La zona principal de rellenos antrópicos se sitúa en la escombrera de Kabiez, aunque también cabe destacar los rellenos que se han generado en la construcción de los viales, por lo general bien compactados, como son la Supersur y el Eje del Ballonti.

La escombrera de Kabiezes está constituida por más de 25 m de depósitos antropogénicos en la zona de máxima acumulación, heterogéneos en cuanto a su origen y granulometría.

Esta escombrera de material vertido tiene una amplia extensión en planta y está compuesta por residuos industriales, comerciales y asimilables a residuos de construcción y demolición y procedentes de otras actividades (industriales, movimientos de tierra...).

Las características granulométricas de los materiales vertidos y su baja compacidad pueden provocar asentamientos a corto y largo plazo.



Aspecto del frente sur de la escombrera de Kabiezes.

2.2.2. Substrato rocoso

– Formación La Tejera (Cretácico inferior)

Esta formación está caracterizada por limolitas calcáreas negras, con pasadas decimétricas de calcarenitas grises de grano fino-muy fino.

Como se ha observado en los afloramientos cercanos a la zona de cocheras proyectada, en superficie se encuentra moderadamente alterada (GM-III), y puntualmente en grado GM-IV, adoptando colores grisáceos-marrones, con presencia de óxidos de hierro, especialmente en los tramos más areniscosos correspondientes a las pasadas decimétricas calcareníticas.

Localmente pueden aparecer nódulos carbonatados.



Afloramiento cercano a la zona donde se han proyectado las cocheras de Kabiezes.

La roca sana (GM-II), se ha localizado a unos 2-3 m de profundidad, bajo el aluvial-coluvial.

De acuerdo con los datos aportados por los sondeos realizados en la zona para otros proyectos, la serie presenta un R.Q.D. bastante elevado en profundidad (80% en los tramos correspondientes a las limolitas calcáreas). Sin embargo en los afloramientos observados el substrato rocoso está fuertemente fracturado. Atendiendo a los ensayos de laboratorio realizados, las limolitas calcáreas sanas presentan una resistencia a compresión simple que varía entre los 500 y 700 kg/cm² y una resistencia a la tracción indirecta que oscila entre 6,9 y 24,6 MPa.

2.3. Tectónica

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, desde el punto de vista de la geología regional, la zona objeto de este estudio queda encuadrada dentro de la Cuenca Vasco-Cantábrica, dentro del dominio estructural del Arco Vasco.

La zona estudiada se enmarca dentro del flanco sur del sinclinatorio de Bilbao, originado durante la Orogenia Alpina, concretamente en la unidad conocida como "Unidad de Oiz", dentro del Sector Durango. Dicho sector se encuentra limitado al Norte por la Falla de Durango y al Sur por la Falla de Bilbao – Alsasua.

El substrato rocoso existente en la zona de estudio corresponde a materiales del Cretácico inferior, concretamente del Aptiense- Albiense (Complejo Urgoniano), dispuestos de manera concordante con las estructuras regionales más importantes de la Cuenca Vasco-Cantábrica.

Todos estos materiales del subtramo rocoso están estructurados según la directriz general de la Cuenca Vasco – Cantábrica, es decir ONO-ESE.

Desde el punto de vista estructural, la discontinuidad más importante la constituyen los planos de estratificación. De esta forma, todos los planos de estratificación presentan continuidades totales, a escala del presente estudio, tanto en dirección como en buzamiento.

Por lo general, toda la zona presenta una dirección de buzamiento hacia el SO y SSO, con buzamientos variables entre 55 y 85°.

En cuanto a las juntas, las lecturas realizadas en aquellas zonas donde el substrato rocoso aflora en superficie, reflejan que suelen existir dos familias de juntas. Con los márgenes de error que supone el simplificar la orientación media de las juntas, cabe señalar que la orientación media predominante de estas familias es:

- Una, conjugada con la estratificación, esto es de rumbo similar al de aquella y buzamiento complementario al de los estratos.
- Otras dos, de rumbo sensiblemente transversal al de la estratificación y buzamientos variables entre 35 y 75°, en uno y otro sentido.

En la planta geológico-geotécnica, queda reflejada la dirección y buzamiento de la estratificación, en aquellos puntos donde se ha observado el substrato rocoso.

2.4. Hidrogeología

2.4.1. Características hidrogeológicas regionales

Desde el punto de vista hidrogeológico, el área de estudio se enmarca dentro de la Cuenca Norte, más concretamente en la denominada como Unidad Hidrogeológica de Oiz. Dicha unidad ocupa una extensión de más de 190 Km².

El clima de la región está notablemente influenciado por la proximidad del mar Cantábrico y la cordillera Cantábrica. Puede considerarse como clima húmedo y templado con una precipitación media entre los 1.000 y 1.500 mm/año, y una temperatura media anual entre los 10 y 14°C.

2.4.2. Hidrogeología de la zona proyectada

En general el macizo rocoso se puede considerar como un material fundamentalmente impermeable, exceptuando los dos o tres metros superiores, debido a su elevada alteración y fracturación, que sirve de base al acuífero detrítico superior. No obstante, existe una cierta circulación de agua a través de fallas u otros planos de discontinuidad aislados, que se encuentran conectados con el acuífero superior.

Los distintos tipos de suelos, desde el punto de vista hidrogeológico, presentan una circulación de agua prácticamente continua muy próxima al contacto suelo/roca. No obstante, se puede distinguir entre los distintos tipos de suelos, según su origen y naturaleza, distintos grados de permeabilidad.

También son hidrológicamente relevantes los rellenos antrópicos vertidos, al ser éstos de cierta importancia, estando constituidos por materiales fundamentalmente granulares y escombros de obras, que se comportan de manera más o menos permeable, dependiendo del contenido en finos que puedan presentar.

2.4.3. Modelo hidrogeológico

De acuerdo con las condiciones del terreno expuestas, y teniendo en cuenta los datos obtenidos de sondeos realizados, puede establecerse un modelo hidrogeológico caracterizado por la existencia de un nivel acuífero superior, que comprende el recubrimiento de suelos y los 2 ó 3 metros superiores del macizo rocoso Cretácico, que presentan una elevada fracturación y alteración, lo que favorece la circulación de agua a través de este horizonte.

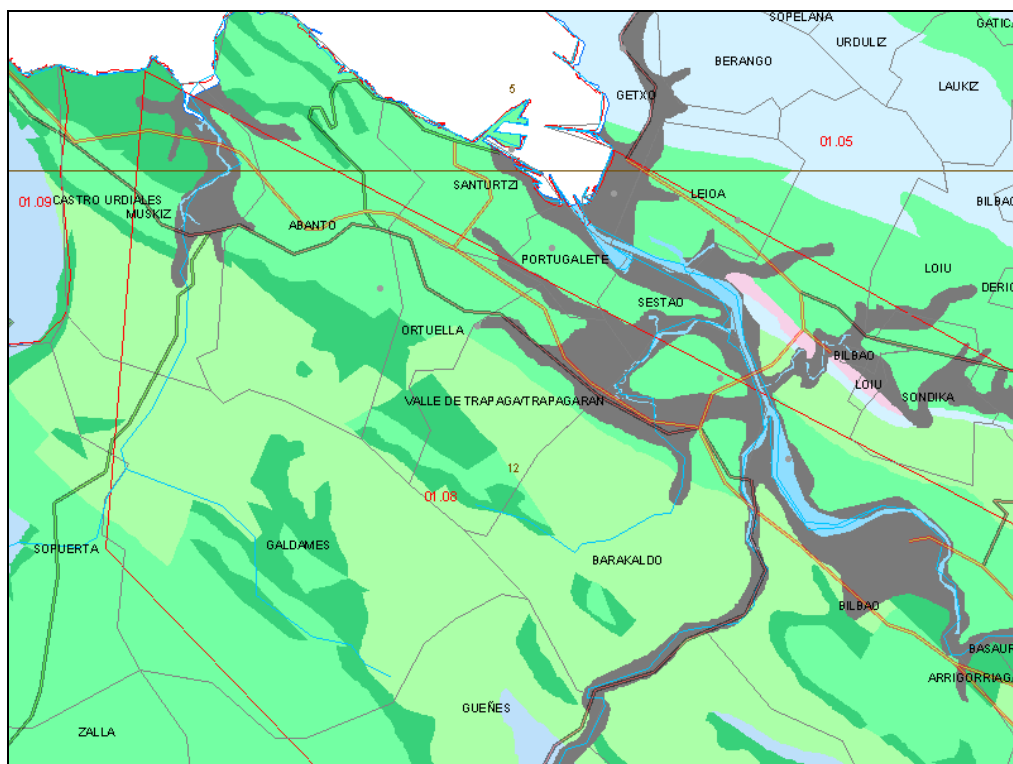
La base de este acuífero está conformada por el macizo rocoso sano, o muy poco meteorizado, que a su vez presenta un índice de fracturación muy bajo, con valores de RQD, en general, superiores a 80%, lo que, unido a su naturaleza fundamentalmente lutítica, le confiere una permeabilidad muy baja.

Sin embargo, también se ha podido constatar la existencia de circulación de agua a través de ciertos planos de discontinuidad, tales como fallas, capas areniscosas más permeables o niveles calcáreos con cierta karstificación, conectados con el acuífero superior, algunos de estos planos pueden constituir zonas de descarga, en lugar de recarga, cuando no se encuentran interconectados con el acuífero colgado.

2.4.4. Unidad Hidrogeológica

En base a la Base de datos: Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS) del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Ministerio de Ciencia e innovación, el área de estudio quedaría parcialmente definida dentro de la Unidad Hidrogeológica condificada como 01.08 Aitzgorri-Amboto-Ortuela, correspondiente a la Cuenca del Norte. Según los datos contenidos en la descripción de las Unidades Hidrogeológicas de la España Peninsular e Islas Baleares (MOPT 1990).

A continuación se muestra una figura en detalle de la unidad en cuestión:



Detalle de la localización de la Unidad Hidrogeológica Aitzgorri-Amboto-Ortuella 01.08. Fuente: Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS). Ministerio de Ciencia e innovación. Instituto Geológico y Minero de España.

PERMEABILIDAD			MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
LITOLOGÍAS							
CON AGUAS UTILIZABLES	FISURABLES Y SOLUBLES	CARBONATADAS	C-MA	C-A	C-M	C-B	C-MB
		DETRÍTICAS (Cuaternario)	Q-MA	Q-A	Q-M	Q-B	Q-MB
		DETRÍTICAS	D-MA	D-A	D-M	D-B	D-MB
		VOLCÁNICAS (Piroclásticas y lávicas)	V-MA	V-A	V-M	V-B	V-MB
		META-DETRÍTICAS	M-MA	M-A	M-M	M-B	M-MB
	FISURABLES	ÍGNEAS	I-MA	I-A	I-M	I-B	I-MB
CON AGUAS NO UTILIZABLES O DE MUY BAJA CALIDAD	SOLUBLES	EVAPORÍTICAS	E-MA	E-A	E-M	E-B	E-MB

Fuente: Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS). Ministerio de Ciencia e innovación. Instituto Geológico y Minero de España.

Las características de esta unidad se resumen en la siguiente tabla:

Municipios	
ÁREA	7558579,5
PERÍMETRO	15688,4727530689
CÓDIGO DE PROVINCIA	48
NOMBRE	ORTUELLA
Malla de hojas 1:200000	
ÁREA	8,046032E+09
NÚMERO	12
NOMBRE	BILBAO
DIVISIÓN	6-2
Unidades hidrogeológicas	
ÁREA	919452945,816
PERÍMETRO	198465,242
CÓDIGO UNIDAD HIDROG.	01.08
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	AITZGORRI-AMBOTO-ORTUELLA
CÓDIGO DE CUENCA	1
Cuencas hidrográficas	
ÁREA	5743085523,19139
PERÍMETRO	670439,621300098
CUENCA HIDROGRÁFICA	NORTE III
CÓDIGO DE CUENCA	1
Permeabilidad 1/200000	
PERMEABILIDAD	MEDIA
CÓDIGO PERMEABILIDAD	C-M

Características hidrogeológicas de la Unidad Hidrogeológica Aitzgorri-Amboto-Ortuella 01.08. Fuente: Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS). Ministerio de Ciencia e innovación. Instituto Geológico y Minero de España.

2.5. Sismicidad

Siguiendo la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación, actualmente en vigor, Real Decreto 2543/1994 de 29 de diciembre, la obra está ubicada en los municipios de Santurce y Ortuella provincia de Vizcaya, en zona de intensidad sísmica calificada como de sismicidad baja.

Todos los municipios atravesados por el trazado presenta valores de a_b/g inferiores a 0,04, y de K inferiores a 1,0; a_b , la aceleración sísmica básica, es el 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.

3. GEOTECNIA

3.1. Campañas geotécnicas previas disponibles

La mayor parte de la información se ha obtenido de los siguientes estudios:

- Proyecto de trazado del Eje del Ballonti. Tramo Balparda-Portugalete, realizado por SENER en Septiembre del 2.000.
- Proyecto de construcción del tramo 2b Santurtzi-Portugalete de la Fase I de la Variante Sur Metropolitana. Tramo 2B, realizado por SAITEC-DAIR en Mayo del 2.006.

La zona de las cocheras de Kabiezes queda delimitada al norte por el Eje del Ballonti, cuyo estudio realizó Sener y al Sur con la Variante Sur Metropolitana. De ambos estudios se han extraído investigaciones geotécnicas, cuyos datos se pueden utilizar para este proyecto de las cocheras.

En la variante Sur Metropolitana, en la zona de estudio, se han realizado 8 sondeos que quedan al sur de este estudio y en el Eje del Ballonti, tenemos 4 sondeos, 7 catas y 4 penetros. La localización de la campaña previa se encuentra recogida en el Apéndice 1: "Geología y Geotecnia".

3.1.1. Resumen de las investigaciones disponibles en el Proyecto de Trazado del Eje del Ballonti (Tramo: Balparda-Portugalete)

La investigación realizada en el estudio del Eje del Ballonti, se resume en las siguientes tablas:

Sondeo	Objetivo	Longitud (m)	Roca sana Profundidad	Muestra Referencia	Muestra Profundidad	Zona
S-1	Escombrera Balparda	13,00	7,00	TP-1	12,00-12,40	Escombrera Balparda
S-3	Relleno	12,00	7,60	MI-1 MI-2 MI-3 TP-1	1,40-2,00 3,30-3,85 7,40-7,58 10,50-11,00	Arroyo Ballonti
S-4	Relleno enlace Florida.	18,70	7,30	MI-1 TP-1 TP-2	6,60-7,20 9,30-9,60 13,40-13,90	Pie escombrera de Kabiezes
S-5	Estructura encauzamiento Ballonti	15,00	7,50	MI-1 MI-2 MI-3 TP-1 TP-2	1,00-1,60 3,50-4,10 5,50-6,10 9,60-10,00 13,70-14,40	Subestación Iberdola

Características principales de los sondeos mecánicos del proyecto – Eje del Ballonti

Calicata	Objetivo	Profundidad (m)	Roca sana (m)	Muestras Referencia	Muestras Profundidad	Zona
C-1	Pie escombrera	3,60	-	-	-	Ladera Balparda
C-2	Relleno	3,80	-	MA-1	2,00	Ladera Balparda
C-3	Relleno	4,20	-	MA-1 MA-2	1,50 3,00	Aluvial Capetillo
C-4	Paso de río	1,80	1,80	MA-1	1,00	Aluvial Capetillo
C-5	Desmonte	4,30	-	MA-1 MA-2	1,50 2,80	Ladera Subestación
C-6	Relleno	4,20	-	MA-1 MA-2	1,80 3,00	Aluvial Ballonti
C-6*	Desmonte	3,00	-	-	-	Ladera frente a Subestación

Características principales de las calicatas mecánicas del proyecto – Eje del Ballonti

3.1.2. Resumen de las investigaciones disponibles en el Proyecto de construcción del tramo 2B Santurtzi-Portugalete de la Fase I de la Variante Sur Metropolitana.

Con respecto a los ensayos realizados para el estudio de la Variante Sur Metropolitana, se tienen los siguientes:

SONDEO	OBJETIVO	P.K. (Tronco)	LONGITUD	NIVELES ATRAVESADOS	MUESTRA / PROF. (m)
SS-1	Cimentación estribo OF-ST-3	101+780 (45 m dcha.)	12,20 m	0,00-0,55 m: Tierra vegetal y arcilla marrón. 0,55-2,10 m: Arcilla gravosa gris (eluvial) 2,10-12,20 m: Limolita calcárea GM-I-II.	MI-1 (1,00 – 1,60) SPT-1 (1,60 – 2,05) TP-1 (3,70 – 4,20) TP-2 (7,50 – 7,80) TP-3 (11,40 – 11,90)
SS-2	Cimentación estribo OF-ST-3	101+800 (50 m izda.)	18,50 m	0,00-0,30 m: Tierra vegetal 0,30-11,40 m: Relleno. Gravas y bloques calizos y limolíticos con capas de arcillas limosas. 11,40-13,60 m: Eluvial. Limo arcilloso. 13,60-18,50 m: Limolita calcárea GM-I-II.	MI-1 (12,00 – 12,45) SPT-1 (12,45-12,90) TP-1 (14,00 – 14,40) TP-2 (16,30 – 16,80) TP-3 (17,30 – 17,65)
SS-3	Cimentación pila OF-ST-3	101+730 (20 m izda.)	16,50 m	0,00-0,30 m: Relleno asfáltico. 0,30-6,50 m: Relleno. Bloques, bolos y gravas. Denso. 6,50-8,50 m: Arcilla limosa firme. 8,50-10,00 m: Gravas polimícticas compactas. 10,00-11,00 m: Arcilla de consistencia media a firme. 11,00-16,50 m: Limolita calcárea GM-I-II.	SPT-PC-1 (2,00-2,45) MI-1 (7,50 – 8,10) SPT-2 (8,10 – 8,55) TP-1 (12,00 – 12,30) TP-2 (13,55 – 13,80) TP-3 (14,40 – 15,00)

SONDEO	OBJETIVO	P.K. (Tronco)	LONGITUD	NIVELES ATRAVESADOS	MUESTRA / PROF. (m)
SS-3b	Cimentación Relleno ST-1	102+400 (35 m dcha.)	8,50 m	0,00-0,15 m: Tierra vegetal arcillo-arenosa. 0,15-1,65 m: Relleno arcilloso firme. 1,65-2,05 m: Eluvial. Limo arcilloso firme. 2,05-5,60 m: Limolita calcárea GM-III-IV. 5,60-8,50 m: Limolita calcárea GM-I-II.	MI-1 (1,50 – 2,05) TP-1 (2,90 – 3,10) TP-2 (8,00 – 8,45)
SS-4	Cimentación OF-ST-5	102+630 (25 m dcha.)	10,00 m	0,00-0,30 m: Aglomerado bituminoso. 0,30-10,00 m: Limolita calcárea GM-I	TP-1 (3,60 – 4,10) TP-2 (5,60 – 6,00) TP-3 (8,90 – 9,40)
SS-4b	Cimentación Relleno ST-2	102+560 (100 m izda.)	11,20 m	0,00-0,40 m: Relleno. Gravas polimícticas angulosas. 0,40-5,00 m: Suelos limoarcillosos blandos. 5,00-7,20 m: Eluvial. Limos arcillosos. 7,20-11,20 m: Limolita calcárea GM-I	MI-1 (1,50 – 2,10) SPT-1 (2,10 – 2,55) MI-2 (5,50 – 6,10) SPT-2 (6,10 – 6,55) SPT-3 (7,00 – 7,20) TP-1 (8,25 – 8,70) TP-2 (10,50 – 10,80)
SS-5	Desmante ST-2 y cimentación OF-ST-5	102+650 (80 m dcha.)	15,00 m	0,00-0,10 m: Tierra vegetal. 0,10-0,70 m: Arcilla limosa blanda. 0,70-2,00 m: Limolita calcárea GM-IV. 2,00-15,00 m: Limolita calcárea GM-I	TP-1 (2,80 – 3,20) TP-2 (5,40 – 5,90) TP-3 (7,40 – 8,00) TP-4 (10,40 – 11,00) TP-5 (12,70 – 13,30) TP-6 (14,40 – 15,00)
SS-6	Cimentación Muro 3	102+780 (25 m dcha.)	12,00 m	0,00-0,30 m: Aglomerado asfáltico. 0,30-1,20 m: Relleno. Arcilla con gravas, blanda. 1,20-5,70 m: Relleno. Gravas y bolos con matriz limoarcillosa. 5,70-9,00 m: Arcilla limosa firme. 9,00-12,00 m: Limolita calcárea GM-I	MI-1 (1,50 – 2,10) SPT-1 (2,10 – 2,55) MI-2 (4,00 – 4,60) SPT-2 (4,60 – 5,05) MI-3 (6,00 – 6,60) SPT-3 (6,60 – 7,05) TP-1 (9,10 – 9,60) TP-2 (11,40 – 12,00)
SS-6b	Cimentación OF-ST-7	102+820 (20 m dcha.)	15,00 m	0,00-0,20 m: Aglomerado asfáltico. 0,20-4,80 m: Relleno. Alternancia de arcillas y gravas angulosas. 4,80-11,80 m: Eluvial. Arcilla con alguna grava dispersa. 11,80-12,95 m: Limolita calcárea GM-IV. 12,95-15,00 m: Limolita calcárea GM-I	MI-1 (2,40 – 3,00) SPT-1 (3,00 – 3,45) MI-2 (5,00 – 5,60) SPT-2 (5,60 – 6,05) MI-3 (7,50 – 8,10) SPT-3 (8,10 – 8,55) MI-4 (11,00 – 11,60) SPT-4 (11,60 – 11,75) TP-1 (13,40 – 14,00)

SONDEO	OBJETIVO	P.K. (Tronco)	LONGITUD	NIVELES ATRAVESADOS	MUESTRA / PROF. (m)
SS-7	Desmonte ST-2	102+860 (120 m dcha.)	15,00 m	0,00-0,10 m: Tierra vegetal. 0,10-2,50 m: Relleno. Bolos y gravas polimíticas. 2,50-3,10 m: Arcilla limosa con bolos y gravas de consistencia media. 3,10-5,90 m: Arcilla limosa firme. 5,90-11,30 m: Lutitas intensamente meteorizadas. GM-IV-V. 11,30-15,00 m: Limolita calcárea con aparente brechificación. GM-I-II.	MI-1 (4,00 – 4,60) SPT-1 (4,60 – 5,05) MI-2 (9,00 – 9,60) SPT-2 (9,60–10,05) TP-1 (12,20 – 12,60) TP-2 (14,50 – 15,00)
SS-8	Desmonte ST-3 y cimentación OF-ST-7	102+905 (60 m dcha.)	15,00 m	0,00-0,05 m: Hormigón bituminoso. 0,05-0,60 m: Relleno. Gravas en matriz arenosa. 0,60-1,00 m: Eluvial. Gravas arcillosas. 1,00-15,00 m: Limolita calcárea GM-I.	TP-1 (1,80 – 2,20) TP-2 (4,10 – 4,50) TP-3 (6,80 – 7,40) TP-4 (9,50 – 10,10) TP-5 (13,70 – 14,20)
SS-9	Desmonte ST-3 y cimentación OF-ST-7	102+920 (35 m dcha.)	22,80 m	0,00-0,10 m: Aglomerado asfáltico. 0,10-0,80 m: Relleno. Limo arenoso gravoso. 0,80-14,90 m: Limolita calcárea GM-I-II. 14,90-19,90 m: Limolita calcárea fracturada y meteorizada. GM-IV. 19,90-22,80 m: Limolita calcárea GM-I.	TP-1 (4,00 – 4,30) TP-2 (8,40 – 9,00) TP-3 (12,40 – 13,00) TP-4 (21,30 – 21,80)
SS-10	Desmonte ST-3 y cimentación OF-ST-7	103+020 (35 m dcha.)	15,00 m	0,00-0,10 m: Aglomerado asfáltico. 0,10-0,70 m: Eluvial. Gravas lutíticas compactas. 0,70-1,70 m: Limolita calcárea GM-IV. 1,70-6,90 m: Limolita calcárea GM-I-II. 6,90-9,00 m: Limolita calcárea GM-III. 9,00-15,00 m: Limolita calcárea GM-I.	TP-1 (1,50 – 1,80) TP-2 (4,70 – 5,10) TP-3 (7,40 – 7,60) TP-4 (10,50 – 10,80) TP-5 (14,20 – 14,80)
SS-10b	Desmonte ST-3	103+030 (75 m dcha.)	18,30 m	0,00-0,60 m: Relleno. Arcilla firme. 0,60-18,30 m: Limolita calcárea GM-I-II.	SPT-1 (2,00 – 2,40) TP-1 (5,40 – 5,70) TP-2 (6,85 – 7,20) TP-3 (9,20 – 9,80) TP-4 (10,25 – 10,60) TP-5 (17,10 – 17,60)

SONDEO	OBJETIVO	P.K. (Tronco)	LONGITUD	NIVELES ATRAVESADOS	MUESTRA / PROF. (m)
SS-11	Cimentación OF-ST-9	103+190 (30 m dcha.)	13,50 m	0,00-1,00 m: Tierra vegetal. 1,30-3,40 m: Relleno. Arcilla limosa con bastantes gravas, blanda. 3,40-5,90 m: Arcilla limosa blanda. 5,90-7,70 m: Eluvial. Arcilla limosa firme. 7,70-8,60 m: Limolita calcárea GM-V. 8,60-13,50 m: Limolita calcárea GM-I-II.	MI-1 (4,50 – 5,10) SPT-1 (5,10 – 5,55) TP-1 (9,90 – 10,40) TP-2 (12,15 – 12,40)
SS-11b	Cimentación OF-ST-9	103+220 (55 m dcha.)	8,00 m	0,00-0,30 m: Aglomerado asfáltico. 0,30-1,20 m: Gravas y bolos en matriz arenosa. 1,20-1,80 m: Arcilla marrón con gravas. 1,80-2,30 m: Gravas lutíticas en matriz limosa. 2,30-8,00 m: Limolita calcárea GM-I-II.	MI-1 (1,80 – 2,00) TP-1 (5,70 – 6,00)
SS-12	Cimentación OF-ST-8	103+200 (40 m izda.)	8,70 m	0,00-0,10 m: Aglomerado asfáltico. 0,10-1,30 m: Tierra vegetal limosa. 1,30-3,00 m: Limo arcilloso gravoso firme. 3,00-8,70 m: Limolita calcárea GM-I.	MI-1 (2,00 – 2,60) SPT-1 (2,60 – 3,05) TP-1 (4,15 – 4,60) TP-2 (6,60 – 7,10) TP-3 (7,70 – 8,10)
SS-12b	Cimentación OF-ST-11	103+310 (35 m izda.)	8,00 m	0,00-0,10 m: Aglomerado asfáltico. 0,10-0,70 m: Relleno. Gravas y bolos. 0,70-1,30 m: Relleno. Limo arcilloso firme. 1,30-4,60 m: Eluvial. Limo arcilloso con gravas, firme. 4,60-8,00 m: Limolita calcárea GM-II.	MI-1 (1,70 – 2,30) SPT-1 (2,30 – 2,75) SPT-2 (4,40 – 4,60) TP-1 (6,50 – 6,70)
18 sondeos	TOTAL:		243,20 m		19 – MI 22 – SPT 46 – TP

Características principales de los sondeos mecánicos del proyecto de la Variante Sur

SONDEO	P.K.	SPT	Profundidad		Golpeo	N _{SPT}	Unidad	Litología
			Inicio	Final				
SS-1	101+780	SPT-1	1.60	2.05	16-23-24	47	Q _E	Arcilla gravosa
SS-2	101+800	SPT-1	12.45	12.90	9-14-27	41	Q _E	Limo arcilloso
SS-3	101+820	SPT-PC-1	2.00	2.45	4-4-6	10	Q _R	Gravas arenosas
		SPT-2	8.10	8.55	4-6-8	14	Q _R	Gravas arenosas
S-5 (N-B)	102+500	SPT-1	4.00	4.60	6-15-13-10	28	Q _A	Arcilla con gravas
SS-4b	102+560	SPT-1	2.10	2.55	2-2-2	4	Q _A	Arcilla limosa
		SPT-2	6.10	6.55	3-4-8	12	Q _E	Limo arcilloso
		SPT-3	7.00	7.20	16-50R	R	Q _E	Limo arcilloso
SS-6	102+780	SPT-1	2.10	2.55	7-6-7	13	Q _R	Arcilla gravosa
		SPT-2	4.60	5.05	3-3-3	6	Q _R	Arcilla gravosa
		SPT-3	6.60	7.05	7-11-12	23	Q _C	Arcilla limosa
SS-6b	102+820	SPT-1	3.00	3.45	4-5-10	15	Q _R	Arcillas y gravas
		SPT-2	5.60	6.05	3-3-8	11	Q _E	Arcilla con gravas
		SPT-3	8.10	8.55	9-11-19	30	Q _E	Arcilla con gravas
		SPT-4	11.60	11.75	35-50R	R	Q _E	Roca GM V
SS-7	102+860	SPT-PC-1	1.50	1.95	4-3-3	6	Q _R	Gravas y bolos
		SPT-2	4.60	5.05	2-2-2	4	Q _E	Arcilla gravosa
		SPT-3	9.60	10.05	7-7-12	19	Q _E	Limolita alterada
SS-10b	103+030	SPT-1	2.00	2.40	31-45-50R	R	Q _E	Roca GM V
SS-11	103+190	SPT-1	5.10	5.55	2-4-5	9	Q _C	Arcilla muy plástica con gravilla
SS-12	103+200	SPT-1	2.00	2.60	12-12-26	38	Q _E	Limolita alterada
SS-12b	103+310	SPT-1	2.30	2.75	8-10-12	22	Q _E	Limo arcilloso
		SPT-2	4.40	4.60	30-50R	R	Q _E	Limo arcilloso
S-9 (O-P)	103+700	SPT-1	2.10	2.70	4-5-7-10	12	Q _C	Arcilla
S-10 (O-P)	103+750	SPT-1	0.70	1.10	6-15-50R	R	Q _E	Suelo de alteración
S-11 BIS (O-P)	103+860	SPT-1	3.00	3.40	12-50R	R	Q _E	Arcilla
S-6 (O-P)	103+900	SPT-1	1.00	1.60	5-6-9-14	15	Q _E	Arcilla con gravas
S-7 (O-P)	103+920	SPT-1	3.60	4.20	5-13-13-15	26	Q _E	Arcilla con gravas
S-8 (O-P)	103+935	SPT-1	1.40	2.00	8-7-6-6	13	Q _R	Relleno
		SPT-2	4.40	4.65	10-50R	R	Q _R	Relleno
		SPT-3	6.60	7.20	18-7-5-6	12	Q _R	Relleno
		SPT-4	10.00	10.60	6-6-9-9	15	Q _R	Relleno
		SPT-5	15.20	15.80	20-21-18-19	39	Q _E	Arcilla
		SPT-6	17.30	17.90	6-3-12-17	15	Q _E	Arcilla
S-2 (O-P)	103+940	SPT-1	5.40	6.00	4-6-10-10	16	Q _E	Arcilla con trozos de roca
S-8 BIS (O-P)	103+940	SPT-1	2.00	2.15	20-50R	R	Q _R	Relleno
		SPT-2	4.40	4.50	50R	R	Q _R	Relleno
		SPT-3	5.25	5.80	8-20-25-50R	45	Q _R	Relleno
		SPT-4	11.00	11.60	3-3-5-5	8	Q _R	Relleno
		SPT-5	17.10	17.65	4-3-15-50R	18	Q _E	Suelo de alteración
S-3 (O-P)	104+000	SPT-1	2.00	2.60	3-4-3-2	7	Q _R	Relleno
		STP-2	4.70	5.30	3-3-4-4	7	Q _R	Relleno
		SPT-3	7.00	7.05	50R	R	C	Lutita (limolita)
S-4 (O-P)	104+010	SPT-1	3.00	3.60	1-2-1-2	3	Q _R	Relleno
S-5 (O-P)	104+010	SPT-PC-1	4.50	4.50	50R	R	Q _R	Relleno

Resumen de los ensayos de penetración ejecutados en los sondeos mecánicos del proyecto de la Variante Sur

Las conclusiones de las campañas geotécnicas previas, son muy claras, en cuanto al sustrato rocoso, consistente en lutitas o limolitas calcáreas con distintos grados de meteorización según la zona y la profundidad. Los espesores de relleno antrópico, varían mucho en función de la situación de los sondeos realizados, y su influencia sobre los viales. Fuera de esos rellenos antrópicos, el espesor de depósitos eluviales, aluviales, coluviales y eluvio-coluviales, es de entre 1 y 3 metros de potencia.

3.2. Campaña geotécnica de la presente fase de estudio

La información previa que se tiene de la zona, tanto al norte como al sur, permite obtener una idea bastante definida de los materiales que se encontrarán en la zona en la que se implantarán las cocheras de Kabiezes.

Aun así, se ha considerado necesario realizar un sondeo en la escombrera de Kabiezes, con la finalidad de determinar el espesor de los rellenos y su calidad (tipo y compactación), ya que el acceso a las cocheras corta el depósito en su lateral SE.

También será necesario realizar, en la fase de proyecto constructivo, un sondeo en cada uno de los apoyos del viaducto que cruza sobre la autovía del Ballonti, que son tres pilas y dos estribos, para poder definir correctamente la cimentación del propio viaducto.

En la zona de la playa de vías se ha planteado de igual manera para la presente fase de estudio, la realización al menos 1 sondeo, con el objeto de confirmar lo recogido en la documentación previa disponible como antecedentes. La finalidad es el poder definir correctamente los espesores de los denominados depósitos cuaternarios.

Este sondeo se ha considerado conveniente situarlo en la zona de implantación del edificio multiusos, ya que de acuerdo con el DB-SE-C del CTE (Código Técnico de la Edificación), el estudio geotécnico precisará la ejecución de al menos un punto de investigación.

La campaña geotécnica se ha llevado a cabo de acuerdo a lo estipulado por ETS, y el alcance final de los trabajos se resumen en el siguiente apartado.

3.2.1. Metodología general

A continuación se detalla el procedimiento general técnico para la adecuada realización de la campaña de investigación geotécnica.

Para la investigación, tanto en profundidad como lateralmente de la parcela objeto del estudio, se consideró necesaria la ejecución de sondeos rotativos con recuperación continua de testigo, con objeto de caracterizar el subsuelo hasta una profundidad:

- Ejecución de un estudio geológico de detalle.

- Ejecución de sondeos mecánicos.
- Instalación de tuberías piezométricas.
- Toma de muestras inalteradas y testigos parafinados.
- Ejecución de ensayos de penetración estándar (SPT).
- Identificación, preparación, conservación y envío al laboratorio de las muestras obtenidas en los sondeos.
- Medición y registro de niveles freáticos.
- Ejecución de ensayos de laboratorio.
- Suministro de todo el personal, medios y equipos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.
- Realización de todos los trabajos necesarios para el replanteo de los trabajos de campo y registro de las coordenadas y cota de boca de los mismos.
- Recopilación y entrega a la Administración, de todos los registros, informes y datos obtenidos o preparados como parte de estos trabajos.
- Conservación y almacenaje de los testigos extraídos en los sondeos.

Los ensayos se han ejecutado siguiendo las normas de buena práctica en orden a conseguir una satisfactoria identificación de los suelos encontrados y la recuperación de muestras representativas.

3.2.2. Metodología utilizada en los sondeos

Para la ejecución de los sondeos mecánicos, se ha llevado un registro o parte de campo diario en el que ha hecho constar los siguientes datos: maquinaria y equipo utilizado, fechas de ejecución, operaciones realizadas, estratigrafía, resultados de los ensayos de penetración realizados, situación y características de las muestras obtenidas, ganancias y/o pérdidas del líquido de perforación, cotas del nivel freático, recuperaciones obtenidas y diámetro del sondeo así como el tipo de ensayos realizados durante la ejecución. También se han recogido las incidencias que han ocurrido durante los trabajos.

Se han tomado fotografías a color de todas las cajas de sondeo.

Todos los sondeos se han realizado a rotación con extracción continua de testigo. Durante la ejecución de los trabajos, se ha llevado un control exhaustivo de los niveles freáticos.

Todos los testigos extraídos durante la realización de los sondeos, se han colocado cuidadosamente, en una caja preparada al efecto disponiendo separadores longitudinales de madera entre los diferentes testigos. También se han dispuesto separadores transversales de madera entre los testigos extraídos en diferentes maniobras, al principio y al final de cada obtención de muestra inalterada, de ensayo SPT, de testigo parafinado, así como al final del sondeo.

Siempre que ha sido posible se han tomado muestras inalteradas (MI) y SPT.

Los ensayos de penetración estándar SPT se han realizado utilizando un toma-muestras de cuchara partida, de aproximadamente 5 cm. de diámetro exterior y 3,5 cm. de diámetro interior, con válvula anti-retorno en su parte superior. El peso de la maza utilizado es de 63,5 Kg. con una caída libre de 76 cm.

En el interior del toma-muestras se ha dispuesto de una camisa de chapa delgada de zinc abierta longitudinalmente.

La cuchara se ha hincado mediante golpeo 60 cm., en el que han sido anotados el número de golpes necesarios para hincarla cada uno de los tres tramos consecutivos de 15 cm., tomándose como resistencia a la penetración N la suma de los golpes de los dos tramos intermedios.

Cuando no se ha conseguido una penetración de 30 cm. con 100 golpes (ó 200 golpes si se utiliza puntaza) se ha considerado "rechazo", registrando en el informe la penetración correspondiente a los 100 golpes.

A lo largo del sondeo se han tomado muestras inalteradas mediante toma-muestras de pistón de pared delgada.

La toma de muestra se ha efectuado a velocidad constante, hincando lentamente el toma-muestras en el terreno mediante presión. Una vez hincado el toma-muestras, las muestras se cortan por rotación, sacándose seguidamente el toma-muestras con las debidas precauciones.

Extraído el toma-muestras y separado el varillaje, se eliminan cuidadosamente al menos 3 cm. de la muestra por ambos extremos y se rellenan inmediatamente los huecos con parafina líquida. Los extremos del tubo deberán protegerse con tapas cuidadosamente ajustadas.

En todas las muestras, los tubos extraídos conteniendo las muestras han sido etiquetados para su identificación, y almacenados para su envío al laboratorio.

Cuando no se han podido tomar muestras inalteradas se han tomado testigos parafinados (TP), de la mayor longitud posible no inferior a treinta y cinco (35) centímetros.

Previo limpieza superficial estos testigos se han recubierto con una capa de parafina y dos capas sucesivas y alternadas de vendas y parafina, con la adecuada etiqueta de identificación.

Se ha llevado un registro del nivel freático en los sondeos realizados, no sólo durante la perforación, sino también tras su finalización. Para ello, tras la terminación de cada sondeo, se ha colocado un tubo perforado de PVC para poder llevar a cabo todas las mediciones. Los extremos de estos tubos se han tapado para protegerlos adecuadamente.

Cuando se ha encontrado agua propia del terreno en alguno de los puntos de reconocimiento se ha procedido a la toma de muestras para el estudio de su agresividad. Entre los parámetros a determinar han definido los siguientes:

- pH
- Sulfatos (mg/l)
- Amonio (mg/l)
- Magnesio (mg/l)
- Dióxido de carbono (mg/l)
- Residuo seco (mg/l)

Las muestras de agua se han envasado en recipientes de plástico o vidrio, perfectamente limpios, dotados de cierre hermético, procediéndose al llenado de los mismos, después de enjuagarlos con el agua a muestrear.

3.2.3. Campaña de campo complementaria realizada para el presente estudio

A la vista de la información disponible y de la problemática detectada, se ha diseñado una campaña geotécnica complementaria en el tramo objeto de análisis que ha sido recogida en el Documento "Propuesta de Campaña geotécnica" dentro de la presente fase de Estudio. Esta campaña geotécnica, es la que propiamente ha sido diseñada para el tramo objeto del análisis.

A continuación se describe detalladamente en que ha consistido la campaña. En la definición de la propuesta se ha procurado prestar una mayor atención a aquellas zonas de mayor complejidad y/o incertidumbre (zonas de las que se dispone de menos información geotécnica, o de información geotécnica de poca fiabilidad).

A continuación se establece la nomenclatura utilizada para los distintos reconocimientos:

Reconocimiento	Nomenclatura asignada para la campaña actual
Sondeo mecánico a rotación	SEI-X

Nomenclatura utilizada para las investigaciones de la campaña

En la siguiente tabla se resume la tipología, el número de investigaciones y los metros lineales de reconocimiento realizados para esta campaña geotécnica.

Reconocimiento	Número de investigaciones	Metros lineales totales
Sondeo mecánico a rotación	2	35 m

Investigaciones llevadas a cabo para la campaña geotécnica

A continuación se incluye una tabla con la situación de todos los reconocimientos planteados en el documento de propuesta de Campaña. Todos los sondeos se encuentran georeferenciados por coordenadas UTM y de forma aproximada con el P.K. del trazado en cada punto.

Sondeos a Rotación	Coordenadas		P.K. Aproximado
	X	Y	
SEI-1	497.070,5303	4.796.143,2346	2+500
SEI-2	496.758,7778	4.795.932,5286	2+880

Información de los sondeos realizados para la campaña geotécnica

Sondeos a Rotación	Profundidad	Profundidad Roca Sana	Cota Sondeo	Situación	Objetivo
SEI-1	29,00	5,00	+46,80	Kabiezés	Futura escombrera
SEI-2	6,00	4,85	+37,00	Ortuella	Futuras cocheras

Características de los sondeos realizados

Muestras en sondeo (ASTM-D1587-00 XP P94-202): Se han recogido muestras inalteradas en los niveles más cohesivos de las columnas de sondeo. Se han tomado muestras inalteradas (MI) en suelos cohesivos, mediante tomamuestras bipartido de pared gruesa y tubo cerrado de PVC dotado de válvula, y testigos parafinados en los tramos rocosos.

Sondeos a Rotación	Muestras	Profundidad	Material
SEI-1	MI-1	1,00-1,60	Rellenos heterogéneos (gravas, hormigón y ladrillos en matriz arenosa)
	MI-2	4,00-4,60	Rellenos limo-arenosos
	MI-3	7,00-7,60	Rellenos heterogéneos (gravas, hormigón y ladrillos en matriz arenolimososa)
	MI-4	11,00-11,60	Rellenos arcillosos
	MI-5	14,00-14,60	Rellenos heterogéneos (bloques lutíticos en matriz arcillosa)
	MI-6	19,00-19,60	Rellenos arcillosos

Características de las muestras de suelos

Sondeos a Rotación	Muestras	Profundidad	Material
SEI-1	TP-1	24,56-25,00	Lutitas calcáreas
	TP-2	27,30-27,70	Lutitas calcáreas
SEI-2	TP-1	5,00-5,46	Lutitas calcáreas

Características de las muestras de roca

Medidas de Nivel Freático y toma de muestra de agua (Anejo 5 EHE):. Se han efectuado medidas del nivel freático durante y después de la ejecución de los sondeos. Las mediciones son las siguientes:

Sondeos a Rotación	Fecha	Profundidad del Nivel freático	Observaciones
SEI-1	08/08/2011	19,90	Rellenos arcillosos
	09/08/2011	19,60	
	10/08/2011	19,53	
SEI-2	08/08/2011	1,87	Sustrato rocoso G.A. II
	09/08/2011	1,90	
	10/08/2011	1,91	

Medidas del nivel freático.

Se ha tomado una muestra de agua en el SEI-2 el 08/08/2011, a una profundidad de 1.90 m.

Ensayos SPT (UNE-103-800:1992). Los ensayos de penetración estándar SPT consisten en la hinca de un tomamuestras mediante el impacto proporcionado por la caída libre de una masa de 63.5 Kg. Desde una altura de 760 mm. Se cuentan los golpes necesarios para hincar tres tramos de 15 cm. El valor N corresponde a la suma de los golpes requeridos para los 30 últimos cm.

Este ensayo se ajusta a las especificaciones de la SIMFE y a la Norma ASTM D1586. Los ensayos se han efectuado con boquilla abierta o puntaza según el tamaño de grano y la naturaleza de los materiales a ensayar. El número y resultado de los ensayos se expone en el siguiente cuadro:

Sondeos a Rotación	SPT	Profundidad	Golpes	N	Designación según CTE DB-SEC	Material
SEI-1	1	1,60-2,05	1/1/1	2	Muy flojos	Relleno limoarenosos
	2	4,60-5,05	3/3/2	5	Muy flojos	Rellenos limoarenosos
	3	7,60-8,05	7/4/6	10	Muy flojos	Rellenos heterogéneos
	4	11,60-12,05	10/7/6	13	Flojos	Rellenos arcillosos
	5	14,60-15,05	5/6/9	15	Flojos	Rellenos heterogéneos
	6	17,00-17,45	21/30/47	50R	Compactos	Rellenos heterogéneos
	7	19,60-20,05	9/9/11	20	Flojos	Rellenos arcillosos
	8	22,40-22,85	17/39/57	50R	Duros	Sustrato rocoso G.A. IV

Características y resultados de los ensayos SPT.

3.2.4. Campaña de laboratorio complementaria

El procedimiento de ejecución de los ensayos de laboratorio ha sido regulado por las Normas UNE/NLT, que son de aplicación en cada caso, o bien, en caso de no existir, según las reglas de la buena práctica establecida.

Sobre muestras representativas, y en función de la finalidad a conseguir, se han realizado una serie de ensayos de laboratorio con el siguiente criterio:

Ensayos de identificación, estado y químicos sobre muestras de suelo:

- Humedad natural (UNE 103300-93)
- Densidad aparente (UNE 103301/103302-94)
- Análisis granulométrico por tamizado (UNE 103101-95)
- Límites de Atterberg (UNE 103103-94, 103104-93)
- Determinación del contenido en materia orgánica (UNE 103204-93)
- Determinación del contenido en sales solubles (NLT-114/99)

Ensayos mecánicos para definir parámetros resistentes y deformacionales de los suelos:

- Ensayos de corte directo CD (UNE 103401-98)
- Rotura a compresión simple (UNE 103400-93)

Ensayos de agresividad del suelo y agua al hormigón:

- Agresividad de suelos según EHE vigente
- Agresividad de aguas según la EHE vigente

Ensayos mecánicos para definir los parámetros resistentes y deformacionales de rocas:

- Ensayo de rotura a compresión simple (UNE22950-1)

La petición de ensayos de laboratorio para la campaña complementaria ha sido recogida en la siguiente tabla:

Tipo de ensayos	Ensayos incluidos	Nº	Resultados
Caracterización geotécnica de suelos	Humedad	4	Clasificación y caracterización de suelos
	Densidad	4	
	Granulometría	2	
	Límites de Atterberg	2	
Resistencia de suelos	Compresión Simple	1	Cálculo de carga admisible y estabilidad de taludes
	Corte directo (CD)	1	
Resistencia de rocas	Compresión Simple	2	Cálculo de carga admisible
Químicos	Agresividad suelos EHE	1	Agresividad de las aguas/suelos al hormigón
	Agresividad agua EHE	1	
	Materia orgánica	2	
	Sulfatos	1	

Campaña de ensayos de laboratorio

Adicionalmente para unas muestras tomadas en el sondeo SEI-2, se ha realizado una campaña de ensayos de contaminantes cuyo informe completo se encuentra recogido como Apéndice en el presente documento, pero que no se ha sido considerado a nivel geotécnico.

Las conclusiones del informe reflejan lo siguiente:

- No se supera en ningún caso la concentración de referencia VIR-B y NGR para un uso industrial en ninguna de las muestras y compuestos de los que se dispone estándar de comparación.
- La concentración de TPH C10-C40 es inferior a 50 mg/Kg en todas las muestras analizadas.

Las muestras de suelo tomadas en el sondeo SEI-2 son conformes, ya que las concentraciones en el suelo no superan los valores VIE-B y NGR para un uso industrial incluidos respectivamente en la Ley 1/2005, de 4 de febrero, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo y en el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, así como el límite para hidrocarburos establecido en el Anexo IV del citado Real Decreto.

Debe tenerse presente que la declaración de conformidad se refiere única y exclusivamente a las muestras de suelo analizadas, y que en absoluto es extensible a la parcela o entorno de la misma.

3.3. Estudio geológico-geotécnico general

El objetivo principal del reconocimiento ha sido el de tener un conocimiento geológico-geotécnico general a lo largo de la zona de estudio, integrando todos los datos obtenidos en las distintas campañas de reconocimiento.

A tal fin se han analizado todos los datos obtenidos durante las campañas previas realizadas en zonas cercanas a la zona de estudio, así como los ensayos ejecutados durante la presente campaña.

El estudio incluye una descripción detallada de la estratigrafía de la zona de la traza.

Se han descrito cada una de las unidades estratigráficas localizadas, incluyendo: datación geográfica, naturaleza, litología, color, textura, calidad, así como los cambios o variaciones existentes.

3.3.1. Unidades geotécnicas Cuaternarias

3.3.2. Unidad suelos de alteración del sustrato rocoso (Unidad geotécnica LU alterada)

Los suelos de alteración y meteorización "in situ" ocuparían la mayoría de la superficie del terreno a estudiar. Proviene del sustrato rocoso con un grado de meteorización V.

La composición de estos es arcillosa o limo-arcillosa y engloban fragmentos de la roca madre de la que provienen. La potencia en general es pequeña, normalmente menor de 0,40 metros sobre las lutitas calcáreas.

No se dispone de ninguna muestra sobre este nivel, únicamente se dispone de un ensayo SPT en el sondeo SEI-1 a cota 22,40-22,85, en el que se alcanza el rechazo, por lo que se consideran suelos de compacidad muy densa.

En base a lo especificado para proyectos ferroviarios, en su conjunto, los materiales producto de su excavación no se consideran aptos para la construcción de rellenos ya que se estima que granulométricamente presenten un alto contenido en finos (superior en todos los casos al 30% de sedimento cernido por el tamiz #0,08).

Por su parte, de acuerdo a la Clasificación según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales en el Art. 330 del PG-3, se estima que los suelos pertenecientes a este nivel sean mayoritariamente del tipo tolerable. Podrían emplearse tanto en la zona de núcleo, como espaldones y/o como cimentación de terraplenes.

3.3.3. Unidad geotécnica Q_{AC}

Consideramos dentro de esta unidad los depósitos coluviales, los aluvio-coluviales y los aluviales.

Los depósitos coluviales son materiales de naturaleza heterogénea gravas, arenas, limos, etc. localizados a media ladera en puntos singulares del trazado. Un punto con un coluvial importante es la zona de ataque del meandro del arroyo Capetillo antes de confluir con el río Ballonti.

Los depósitos aluvio-coluviales son depósitos de origen gravitatorio asociados a las vertientes existentes en la zona. Sobre las laderas se producen fenómenos de alteración y fragmentación de los materiales, y son transportados por acción de la gravedad favorecida por procesos de arroyada difusa.

Estos depósitos están constituidos por cantos redondeados, de tamaño milimétrico a centimétrico, de naturaleza férrica, calcárea o margosa, en una matriz limo-arcillosa de color ocre, de consistencia firme a muy firme.

Su contacto con las unidades de substrato infradyacente es erosivo.

En general, su espesor es muy reducido en torno a los 3,0 m en las zonas de vaguada.

Son materiales permeables a semipermeables por porosidad efectiva. Definen zonas llanas, con deficiente drenaje superficial, y con un nivel de agua próximo a la superficie del terreno.

No se dispone de muestras sobre esta unidad para su caracterización, pero en general se consideran suelos de pobres características geomecánicas.

Se considera que este nivel deberá de ser eliminado en su totalidad bajo cualquier elemento estructural.

En principio se considera que para proyectos ferroviarios, el conjunto de la unidad Qac no cumpliría con las condiciones generales exigidas para la reutilización de materiales de tipo terraplén ya que se estima que el contenido en materia orgánica sea previsiblemente elevado para el conjunto de esta unidad.

Además de acuerdo al a la Clasificación según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales en el Art. 330 del PG-3, y atendiendo únicamente a los índices de plasticidad y granulometría, se podría considerar que el conjunto de los suelos de la unidad Qac estarían comprendidos básicamente entre los tipos de suelo inadecuado y/o tolerable.

Los taludes recomendados de excavación para los desmontes a desarrollar sobre estos materiales deberán presentar una pendiente de excavación máxima 2H:1V.

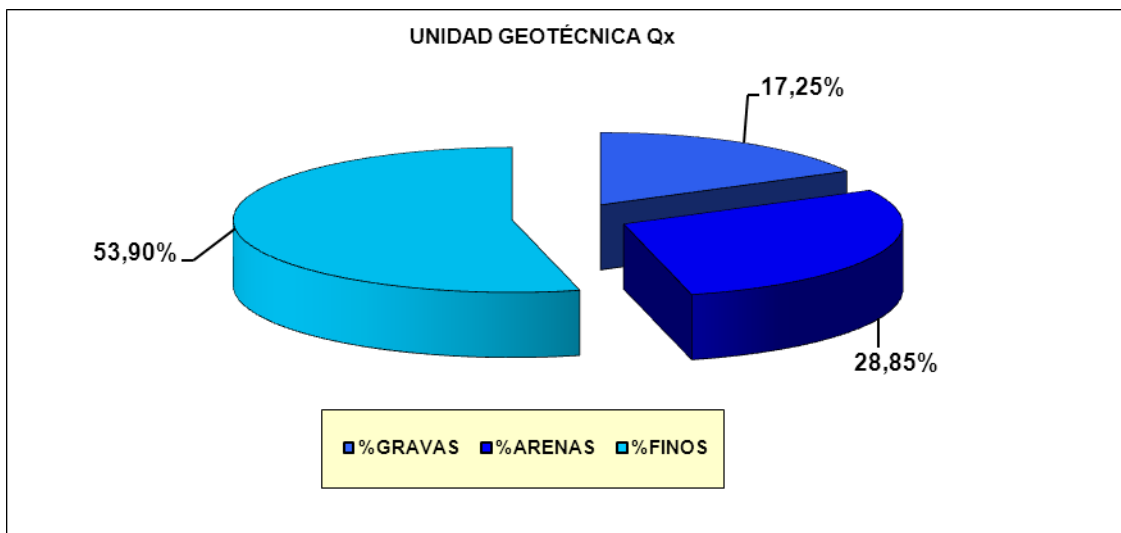
3.3.4. Unidad geotécnica Q_x

Corresponde al conjunto de rellenos antrópicos de la escombrera localizados en el área de estudio. Está formada por niveles arcillosos de color marrón con gravas dispersas. Localmente bloques y gravas de lutitas calcáreas de color negro heterométricas embebidas en matriz arenosa. El espesor es variable alcanzando los 21,80 m de potencia en el sondeo SEI-1 ejecutado en el entorno de la escombrera.

UNIDAD	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			HUMEDAD Y DENSIDAD			GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO					LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACION U.S.C.S	C. SIMPLE RCS (kg/cm ²)	CORTE DIRECTO			PARÁMETROS QUÍMICOS M.O. (%)
	Muestra	Cotas (m)	Tipo de muestra	HUMEDAD [%]	DENSIDAD SECA [t/m ³]	DENSIDAD HÚMEDA [t/m ³]	20 mm	5 mm	2 mm	0,40 mm	0,08 mm	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de plasticidad			Tipo	C (kg/cm ²)	Fricción (°)	
QX	MI-2	4,00 - 4,60	INALTERADA	27,0	1,52	1,93	93	88,40	82,00	76,40	57,60				ML	0,58				0,99
QX	MI-4	11,00 - 11,60	INALTERADA	17,2	1,59	1,86	93	77,10	71,30	61,90	50,20	34,70	21,60	13,10	CL		CD	0,06	27,0	0,31
			Nº VALORES	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	1,00	2,00
			VALOR MEDIO	22,10	1,55	1,89	92,90	82,75	76,65	69,15	53,90	34,70	21,60	13,10		0,58		0,06	27,00	0,65
			DES. TÍPICA	4,90	0,03	0,03	0,30	5,65	5,35	7,25	3,70	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00	0,00	0,34
			MÁXIMO	27,00	1,59	1,93	93,20	88,40	82,00	76,40	57,60	34,70	21,60	13,10		0,58		0,06	27,00	0,99
			MÍNIMO	17,20	1,52	1,86	92,60	77,10	71,30	61,90	50,20	34,70	21,60	13,10		0,58		0,06	27,00	0,31

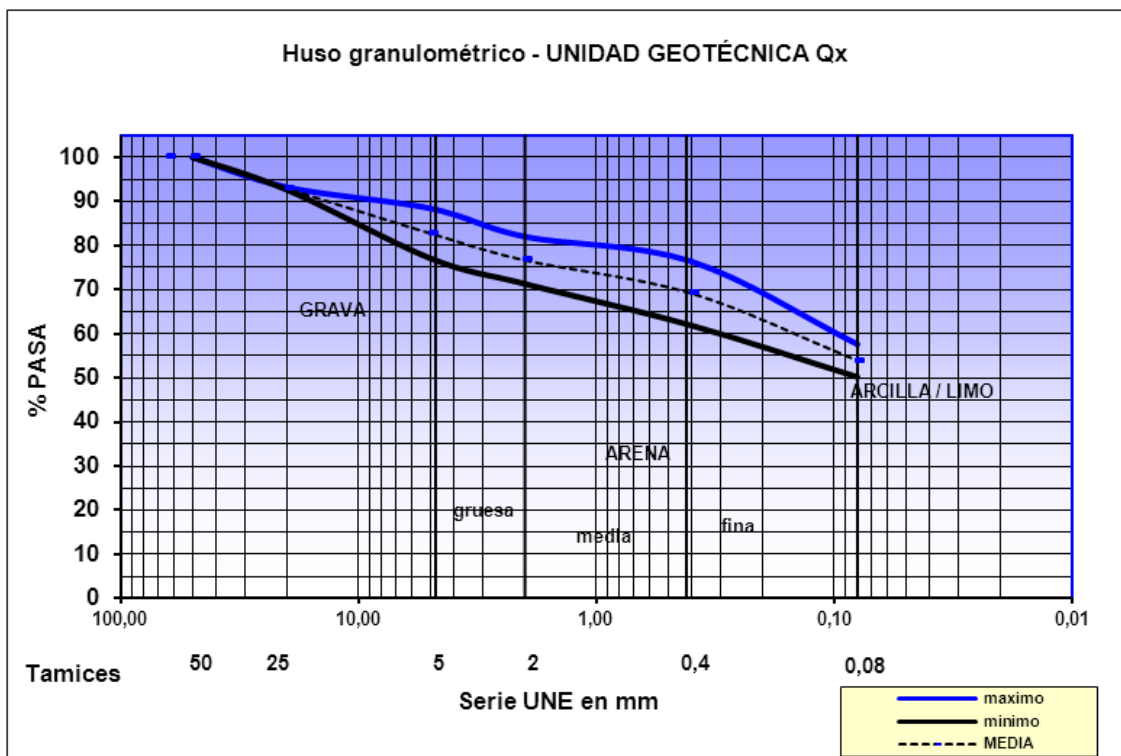
Ensayos de laboratorio disponibles para la unidad Qx

Los ensayos disponibles indican que se trata mayoritariamente de arcillas inorgánicas, siendo el contenido de material granular de aproximadamente el 49%. Esto se observa en el diagrama siguiente.



Distribución granulométrica de la unidad Qx

A partir de las granulometrías se ha obtenido lo siguiente:



Curva granulométrica de la unidad Qx

Representando el diagrama de plasticidad de Casagrande se observa como este nivel está constituido por arcillas inorgánicas.

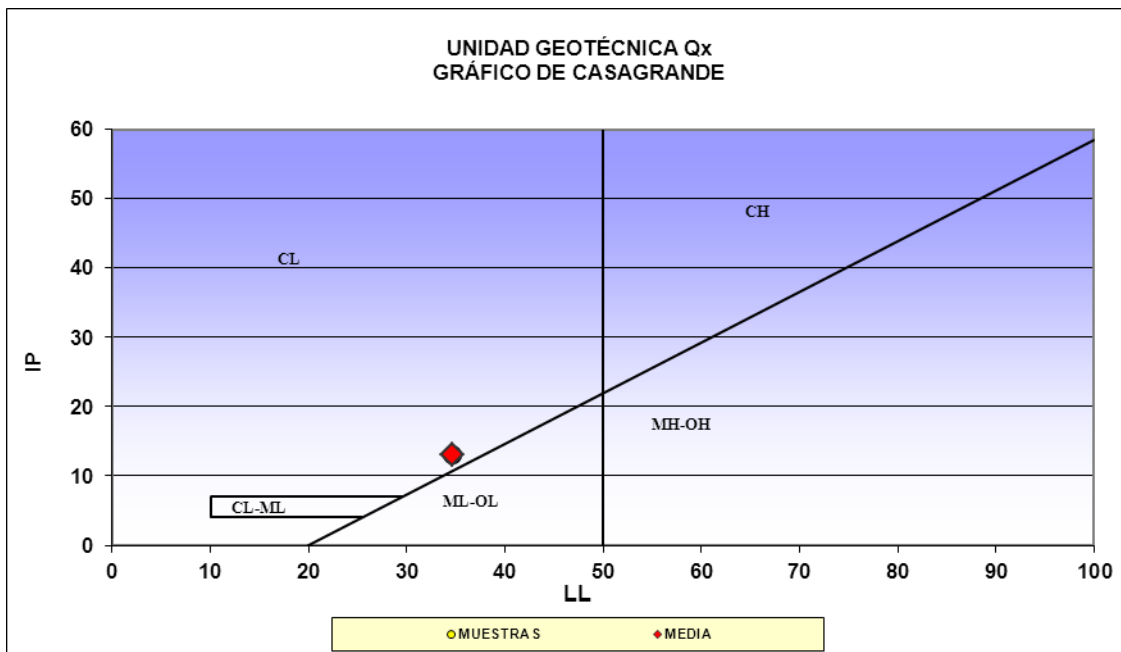
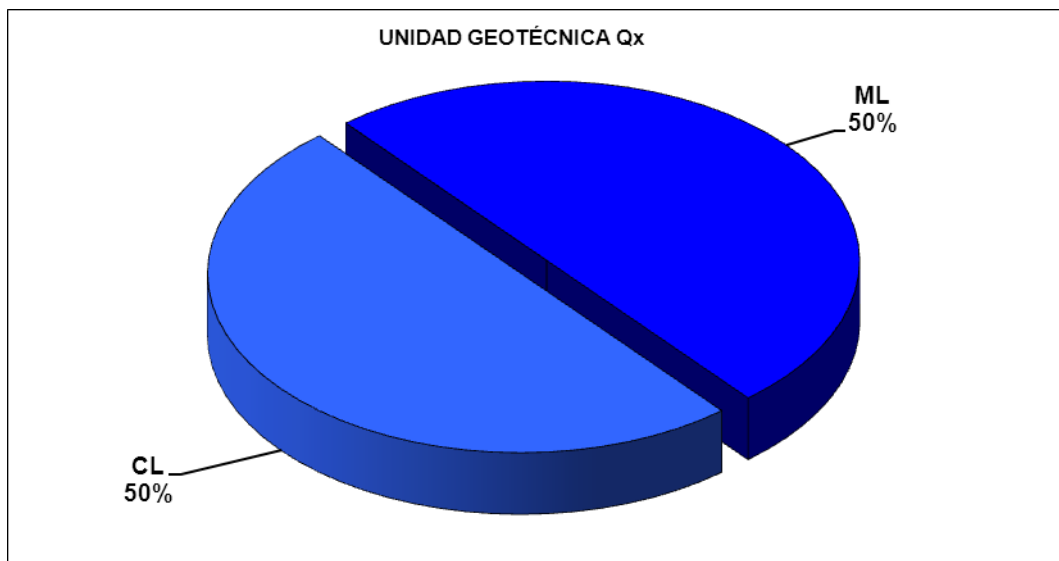


Gráfico de Casagrande para la unidad geotécnica Qx

Respecto a la plasticidad, estos materiales se consideran bastante heterogéneos. Una de las muestras presenta una plasticidad, mientras que la otra se considera como no plástica.



Tipo de suelo considerado para la unidad Qx

No se dispone de un ensayo Lambe ni de hinchamiento libre sobre estos materiales, pero a partir del gráfico de expansividad según el criterio de Oteo (1986), puede verse que las muestras presentan una expansividad nula.

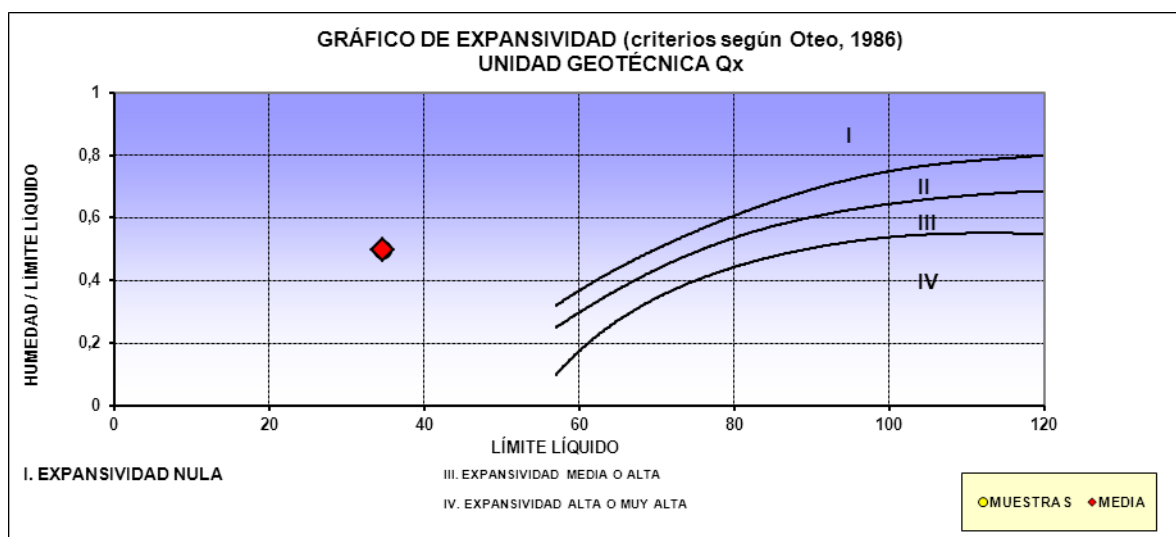


Gráfico de expansividad para la unidad geotécnica Qx

Mediante el gráfico de colapsabilidad de Holtz y Gibbs, 1967, se considera que las muestras son no colapsables.

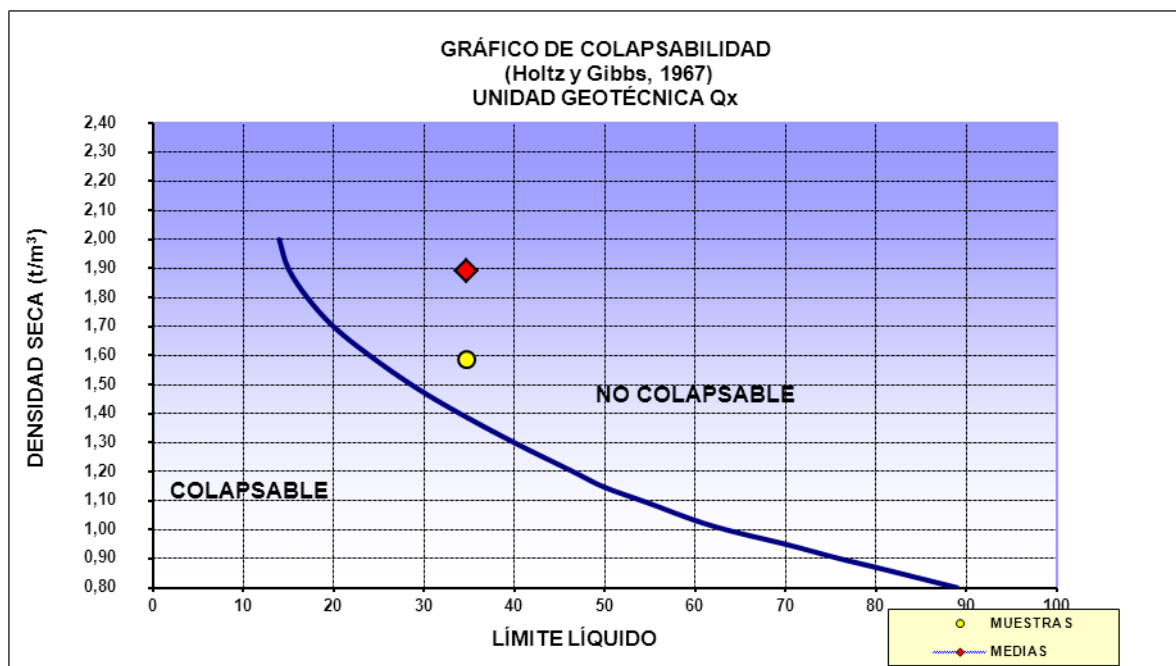


Gráfico de Colapsabilidad de la unidad geotécnica Qx

Respecto al contenido de humedad, los valores varían entre un 17% a un 27%.

El contenido medio de materia orgánica es del 0,65%, aunque una muestra ha presentado un contenido cercano al 1%.

En general se considera un nivel fácilmente excavable.

Se trata de materiales de naturaleza granular, cuya resistencia y deformabilidad se ha analizado en base a ensayos de penetración estándar (SPT), ensayos de corte y resistencia a compresión simple.

Los ensayos SPT muestran valores medios entre 2 y 15 golpes en función de la profundidad y del porcentaje de gravas y/o bolos. En alguno de los ensayos se han obtenido valores por encima de 50 debido a la existencia de bloques.

Por lo que respecta a los ensayos de laboratorio, los valores medidos deducidos u obtenidos de los ensayos para esta unidad serían los siguientes:

- Resistencia a compresión simple: $0,50-0,60 \text{ kg/cm}^2$
- Densidad Natural $\gamma_n = 1,85-1,90 \text{ t/m}^3$
- Ángulo de Rozamiento $\phi' = 25-27^\circ$
- Cohesión efectiva $c' = 5-6 \text{ KPa}$

Se considera que este nivel deberá de ser eliminado en su totalidad bajo cualquier elemento estructural en función de sus deficientes e irregulares características geotécnicas que presenta. También se considera que no podrá ser utilizado como material de relleno en función de la probable contaminación que presenta, a falta de realizar un estudio en detalle de suelos contaminados. De cualquier forma, en su conjunto, debido a que se tratan de materiales de relleno indiferenciados muy heterogéneos, los materiales producto de su excavación se desaconsejan como cuerpo en futuros rellenos de construcción, así como materiales para la formación de explanadas para la reposición o construcción de nuevos caminos de acceso.

Los taludes recomendados de excavación para los desmontes a desarrollar sobre estos materiales de relleno (rellenos antrópicos) sobre todo en lo que respecta al entorno de la escombrera deberán presentar una pendiente de excavación máxima 2H:1V.

3.3.5. Unidad geotécnica Q_A

Corresponde al conjunto de rellenos antrópicos. Está formada por niveles arcillosos con bloques y gravas de lutitas calcáreas de color negro heterométricas embebidas en matriz arenosa arcillosa. Constituyen los rellenos de explanada de instalaciones próximas al trazado. El espesor es variable dependiendo del sector considerado. No se dispone de ningún ensayo sobre estos niveles. El espesor estimado de este nivel es inferior a 1,50 m tal y como se recoge en el sondeo SEI-2 ubicado en el emplazamiento de las futuras cocheras.

Se considera que este nivel deberá de ser eliminado en su totalidad bajo cualquier elemento estructural en función de sus deficientes e irregulares características geotécnicas que presenta. También se considera que no podrá ser utilizado como material de relleno en función de la probable contaminación que presenta, a falta de realizar un estudio en detalle de suelos contaminados. De

cualquier forma, en su conjunto, debido a que se tratan de materiales de relleno heterogéneos, los materiales producto de su excavación se desaconsejan como cuerpo en futuros rellenos de construcción, así como materiales para la formación de explanadas para la reposición o construcción de nuevos caminos de acceso.

3.3.6. Unidad geotécnica LU. Sustrato Rocoso Lutítico

Esta formación está caracterizada por la presencia de limolitas calcáreas negras, con pasadas decimétricas de calcarenitas grises de grano fino-muy fino.

Como se ha observado en los afloramientos cercanos a la zona de cocheras proyectada, en superficie se encuentra moderadamente alterada (GM-III), y puntualmente en grado GM-IV, adoptando colores grisáceos-marrones, con presencia de óxidos de hierro, especialmente en los tramos más areniscosos correspondientes a las pasadas decimétricas calcareníticas.

Desarrollan potentes mantos de alteración, de forma que se reconoce un Grado III de meteorización hasta profundidades del orden de 5-10 m. En las zonas afectadas por fracturas, esta profundidad es algo superior.

En general se trata de rocas de competencia media, que dada su alterabilidad, no se presentan grandes afloramientos en superficie que permitan analizar su estado de fracturación, a excepción de algunas zonas localizadas en desmontes de carreteras o viales existentes, zonas de vaguada o similares.

Se dispone de los índices RQD y descripción de las juntas que presenta esta formación en los sondeos realizados, con valores superiores al 60-80%.

En las muestras en las que se ha llevado a cabo ensayos de resistencia, previamente se han determinado las densidades naturales, que han obtenido en este caso valores entre 2,612 y 2,619 T/m³ para la densidad natural. Se dispone de resultados de densidad seca sobre algunas muestras, encontrándose los resultados comprendidos entre 2,549 y 2,570 T/m³. Las densidades representativas adoptadas son:

- Densidad Seca 2,55 T/m³
- Densidad natural 2,61 T/m³

En cuanto a la humedad se ha obtenido un valor medio de 2,20%.

Este nivel se considera excavable con medios mecánicos convencionales de elevada potencia, aunque en aquellas zonas con menor grado de alteración podría ser necesario el uso de martillo o incluso el empleo de explosivos. Los taludes de excavación proyectados sobre materiales de esta unidad podrían presentar una pendiente tipo 1H:3V.

Las rocas de esta unidad LU se clasifican en el grupo de rocas blandas a moderadamente duras, en los que tratándose de rocas muy alterables, siendo las resistencias a compresión simple y su grado de fracturación los que determinarán su caracterización.

Se disponen de dos (2) ensayos de resistencia a compresión simple, en los que se han obtenido resistencias que se sitúan entre 15,98 y 16,56 MPa.

A nivel de diseño se ha adoptado una resistencia característica de 15 MPa, valor algo conservador, pero que tiene en cuenta valores inferiores en zonas cercanas al manto de alteración.

Sin disponer de ensayos propiamente dichos para la caracterización y definición del grado de aptitud de los materiales para su uso en rellenos, se podría estimar que los materiales producto de la excavación de la unidad LU son aptos para la construcción de tongadas en capas de núcleo de terraplén/todo-uno. También podrán emplearse dentro del terraplén como cimiento de refuerzo, coronación, espaldones y rellenos localizados, siempre y cuando, tras su excavación y procesado (cribado, etc.) se cumplan los requerimientos relativos a la granulometría mínima exigible para tales efectos.

Por el contrario no se considerarían aptos para la construcción de pedraplenes, o dentro de terraplenes como elemento de cimentación drenante ya que la resistencia a compresión media de cálculo adoptada es inferior a la exigible (30 MPa) y además, para este último se exige un valor de DLA inferior a 35.

Por su parte, de acuerdo a la Clasificación según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales en el Art. 330 del PG-3, el producto resultante de la excavación, machaqueo y cribado de la unidad LU podría, a priori, asimilarse a un suelo tipo seleccionado, y atendiendo a sus características resistentes CBR (siempre y cuando CBR sea >5) podrían emplearse tanto en coronación, como núcleo, espaldones y/o cimentación. No obstante, en fases sucesivas de estudio e incluso en fase de obra, deberá determinarse mediante ensayos de contraste y bajo cumplimiento de las especificaciones recogidas en el Art. PG-3 las aptitudes del material para su uso final como suelo de tipo seleccionado.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los puntos estudiados más significativos, han sido los siguientes:

- El acceso a las cocheras atraviesa una zona en desmonte en la escombrera de Kabiezes. Sobre este desmonte se recomienda plantear un talud tipo de excavación 2H:1V en función de las características geomecánicas de los materiales atravesados (Unidad Q_x). Con esta pendiente, en principio no sería necesario considerar ninguna actuación de sostenimiento sobre los taludes resultantes. Para poder verticalizar los taludes, sería necesario proyectar algún tipo de refuerzo.
- El material excavado procedente de la zona de la escombrera, no podrá ser utilizado como relleno, además de ser considerado como suelo potencialmente contaminado.
- Para la zona de las cocheras, todas las alternativas planteadas se desarrollarían en relleno/terraplén. En función del espesor de los niveles superficiales cuaternarios (Unidad Q_x-Unidad Q_A) detectados en dicha zona (inferiores a 1,50 m) y considerando una altura de relleno máxima de hasta 5 metros, será necesario sanear completamente los niveles de depósitos antrópicos por debajo de la cota de apoyo del terraplén. En estas circunstancias el asiento del terraplén sería prácticamente nulo al apoyarse directamente sobre los niveles del sustrato rocoso inferior. En este caso las cimentaciones podrían ser directas a semiprofundas sobre los niveles de sustrato rocoso sano a moderadamente alterado (Unidad LU). Deberá asegurarse un empotramiento mínimo de al menos 0,50 m en los niveles de sustrato rocoso lutítico (Unidad LU) con un grado de alteración II a II-III según la clasificación ISRM.
- La cimentación del viaducto que cruza sobre la autovía del Ballonti, se recomienda que sea del tipo superficial a semiprofunda, transmitiéndose las cargas de cimentación sobre los niveles del sustrato rocoso lutítico sano a moderadamente alterado. Deberá asegurarse un empotramiento mínimo de al menos 0,50 m en los niveles de sustrato rocoso lutítico (Unidad LU) con un grado de alteración II a II-III según la clasificación ISRM. Será necesario eliminar completamente los niveles superficiales cuaternarios (depósitos aluvio-coluviales de la Unidad Q_{Ac}) bajo cualquier elemento estructural. En principio y según la información obtenida de la documentación previa de partida, el espesor de estos niveles suele ser inferior a los 3 metros. Para posteriores fases de estudio más avanzadas, se recomienda al menos realizar un sondeo por cada uno de los apoyos del viaducto (en las tres pilas intermedias) y dos sondeos en los estribos, para poder definir correctamente la tipología y las cotas de cimentación en cada caso.

- La futura prolongación de la Línea 2 hacia Ortuella, cruzando bajo la A8, está condicionada por los materiales a atravesar. Los sondeos realizados en la Supersur SS-8, SS-9 y SS-10, muestran la roca sana a cotas muy superficiales (a una profundidad inferior a un metro con respecto a la cota del terreno natural). Por lo tanto, ese paso bajo la A-8, se podría llevar a cabo en roca sana, pero para evitar posibles afecciones en superficie, la cota de excavación deberá respetar una cota de emboquille de al menos un diámetro del túnel, por encima de la clave. En el sondeo SS-9, se ha detectado una zona de roca altamente fracturada entre 14,9 y 19,9 metros, que deberá estudiarse con detenimiento por si hubiese afecciones a la excavación del túnel.

APÉNDICE 1

PLANOS DE GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

ESTRATIGRAFIA



SUSTRATO ROCOSO
(LU) Lutitas (limolitas) calcáreas con pasadas areniscosas
(AFLORAMIENTO RELEVANTE)



(A–C) Aluvial–Coluvial



(R–E) Otros rellenos (escombreras, vertederos...)



(R–A) Otros rellenos antropogénicos

FORMACIONES SUPERFICIALES

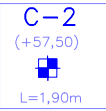
GEOLOGÍA

Contacto discordante
 70 Dirección y buzamiento

SONDEOS EJE BALLONTI (SENER, 2000)



Sondeo geotécnico

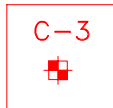


Calicata mecánica



Penetrómetro dinámico

SONDEOS PC DEL TRAMO SANTURTZI–KABIECES (FULCRUM, 2002)



Calicata mecánica



Sondeo geotécnico

SONDEOS SUPERSUR (SAITEC–DAIR, 2007)



Sondeo geotécnico

PROPUESTA DE CAMPAÑA ESTUDIO INFORMATIVO (SENER 2011)



Sondeo geotécnico



