

ANEJO 03. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. OBJETO DEL ANEJO	5
1.2. CONSIDERACIONES GENERALES	5
2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	5
2.1. HISTORIA GEOLÓGICA	6
2.2. GEOMORFOLOGÍA.....	6
3. GEOLOGÍA DE DETALLE.....	7
3.1. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.....	7
4. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	7
5. CAMPAÑA GEOTÉCNICA.....	8
ANEXO 1 PLANO GEOLÓGICO GENERAL DEL EVE	9
ANEXO 2 INFORME GEOLÓGICO	13

Índice de tablas

Tabla 1. Esquema de secuencias en el cuadrante adscritas al Cretácico Superior.	6
Tabla 2. Síntesis reducida de las relaciones geográficas y estructurales entre las diferentes unidades.	6

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO DEL ANEJO

El objeto del presente anejo es la descripción general de las características geológicas de la zona de ubicación de la nueva traza del corredor y de las cocheras, así como las implicaciones geotécnicas que tanto el terreno como los materiales que lo componen suponen de cara a la ejecución de las obras para la extensión del tranvía a Zabalgana y la construcción de las nuevas cocheras.

1.2. CONSIDERACIONES GENERALES

En el caso del nuevo trazado correspondiente a la ampliación a Zabalgana, las actuaciones son de forma general superficiales, teniendo la plataforma del tranvía un espesor de 0,60 m.

La información que contiene el presente anejo es una síntesis de diferentes proyectos y estudios sin que se haya realizado investigación específica para el trazado de la ampliación a Zabalgana, puesto que hay información suficiente. La información analizada proviene de:

- Mapa geológico escala 1:25.000 hojas 112-III (Foronda), 112-IV (Vitoria-Gasteiz), 138-I (Nanclares) y 138-II (Monte Kapildui) del País Vasco (EVE). Se incluye en el ANEXO 1 PLANO GEOLÓGICO GENERAL DEL EVE al presente Anejo.

Por otro lado, para la caracterización geológica del terreno en la parcela donde irán situadas las cocheras, se ha realizado un estudio geotécnico que ha sido encargado a la empresa de ingeniería geológica LURGINTZA.

Los objetivos del estudio geológico son los siguientes:

- Realización del estudio geológico y de viabilidad geotécnica de la solución propuesta, que servirá de base para el establecimiento de la campaña geológico-geotécnica del correspondiente Proyecto. Se ha prestado especial atención a la localización e identificación de posibles problemas o condicionantes geológicos (suelos o rocas expansivas, inestabilidad de laderas, zonas carstificadas, etc.) que puedan ser afectados por la ejecución de las obras.
- La realización de una campaña geotécnica cuyo principal objetivo estudiar los posibles problemas geológicos y evaluar de forma preliminar los parámetros geotécnicos de las formaciones implicadas.
- El análisis de la situación de los préstamos y vertederos de la zona, así como de las canteras y yacimientos granulares, desde el punto de vista geológico-geotécnico (principalmente en lo referente a la caracterización de los materiales, en calidad y cantidad) y desde el punto de vista medioambiental (existencia de estudio de impacto ambiental, necesidad de inicio de la tramitación ambiental, etc.).

Dicho estudio geológico-geotécnico se incluye en el ANEXO 2 INFORME GEOLÓGICO del presente anejo.

2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

La zona en la que se asienta la ciudad de Vitoria-Gasteiz corresponde con una extensa llanura atravesada por un importante número de pequeños arroyos procedentes del norte y sur. De acuerdo a la cartografía del EVE e IGME la llanura aparece parcialmente cubierta con materiales aluviales y aluvio-coluviales (en parte corresponden en su génesis a terrazas y en su composición y naturaleza a gravas calcáreas heterométricas) discordantes sobre un substrato de tipo margocalizo.

El origen de este esquema geológico proviene de la aparición de un surco (Surco Alavés) en el Cretácico superior con un importante espesor de materiales margosos y calizo-arcilloso. Este surco aparece delimitado por una serie de umbrales: Altos de Maturana, Berein, Urbasa, Treviño y Murguía entre otros que limitan el afloramiento actual de los materiales del Cretácico Superior. La sedimentación en ese periodo corresponde a un ambiente de plataforma externa distal.

En cuanto a los espesores totales de estos materiales en la zona de Vitoria-Gasteiz se barajan datos en torno a los 4.500 metros (de los cuales unos 1.200 m corresponden al Campaniense). Los materiales que afloran en la zona corresponden a la secuencia 4 (se definen hasta siete secuencias deposicionales en el surco de Vitoria-Gasteiz dentro del Cretácico Superior, ver Tabla 1) de claro carácter carbonatado y a la que se atribuyen las denominadas margas de Vitoria-Gasteiz.

ADSCRIPCIÓN TEMPORAL	MATERIALES ASOCIADOS		SECUENCIA
Maastrichtiense	Barras de Iztartza	Complejo de Belabia	Secuencia 7
Campaniense	Arenas Campanienses		Secuencia 6
	Calizas nodulosas, margas y limolitas de Berroztegieta		Secuencia 5
	Margas de Vitoria		Secuencia 4
Santoniense	Margas de Ariñez		Secuencia 3
Coniaciense	Calizas de Subijana y equivalentes		
Turoniense	Hiato sedimentario con deposición de calizas Turonienses		Secuencia 2
Cenomaniense	Alternancias Cenomanienses		Secuencia 1
	Tramo IV Fm Valmaseda		

ADSCRIPCIÓN TEMPORAL	MATERIALES ASOCIADOS	SECUENCIA
Albiense Sup	Tramo III Fm Valmaseda	Secuencia 0

Tabla 1. Esquema de secuencias en el cuadrante adscritas al Cretácico Superior.

UNIDAD	SECTORES	OBSERVACIONES
<i>NE ↗</i>		
Unidad de San Sebastián	Unidad de San Sebastián s. str.	
	Bloque de Ereñozu	
Cabalgamiento de Pagoeta		
Unidad de Oiz	Sector de Cestona	
	Falla de Regil-Leiza	
	Sector de Erlo-Andutz-Arno	
	Sector de Ondarroa	
	Sector de Ea	
	Falla de Aulestia-Azkoitia	
	Sector de Guernica	
	Falla de Durango	
	Sector de Durango	
	Falla de Bilbao-Alsasua	
Unidad de Yurre	Sector Amboto	
	Sector Mandoia	
Falla de Villaro		
Unidad de Gorbea	← Ver tabla I	
<i>SW ↙</i>		

Tabla 2. Síntesis reducida de las relaciones geográficas y estructurales entre las diferentes unidades.

En cuanto a la estructura de los materiales, los mismos corresponden a la unidad de Gorbea (ver Tabla 2) que se caracteriza por constituir una serie monoclinas buzante hacia el sur. Las únicas perturbaciones que afectan a la monotonía estructural de los materiales están relacionadas con un accidente de importancia regional (Falla de Villaro). La citada falla limita la unidad de Gorbea de la unidad de Yurre y asociadas a la misma aparecen fallas y pliegues menores. Las estructuras mencionadas debidas a la orogenia Alpina se superponen a una tectónica sedimentaria previa debida fundamentalmente al diapiro de Arlabán. Asociadas al mismo se han generado un gran número de fracturas de escaso salto y cuyas directrices estructurales son: N-140-150º- E y N-20-30º-E.

2.1. HISTORIA GEOLÓGICA

La evolución geológica del área tiene algunos aspectos significativos:

- 1) Formación del gran surco Alavés: Dentro del área Vasco-Cantábrica se forma una gran depresión que se colmata parcialmente con los sedimentos del Cretácico superior. La zona de Vitoria-Gasteiz se encuadra en uno de los surcos subsidiarios rodeados de umbrales paleogeográficos asociados al funcionamiento de diapiros.
- 2) En el Cretácico Superior se tienden a uniformizar todos estos relieves mediante sedimentación de tipo marino. Se suelen establecer dos grandes secuencias:
 - a) Cenomaniense-Coniaciense: Comienzo del relleno de grandes cuencas que previamente se ven compartimentadas o individualizadas
 - b) A partir del Campaniense la sedimentación distal de carácter margo-calizo tiende a homogeneizar el relieve.

El estado actual tiene una moderada influencia de los sedimentos cuaternarios (ver apartado de geomorfología) cuyo espesor es irrelevante en relación a los espesores de materiales Cretácicos. Con respecto a los materiales triásicos tienen un carácter alóctono y afloran en zonas distantes del área de estudio (ej. en el diapiro de Murguía).

2.2. GEOMORFOLOGÍA

Se define la geomorfología como la descripción de la interacción entre los materiales y los procesos atmosféricos. En este proceso de modelado juega un papel relevante la naturaleza de los materiales afectados que en nuestro caso es básicamente los depósitos aluviales y aluvio-coluviales debidos a la erosión de los relieves. La llanura donde se emplaza Vitoria-Gasteiz, destaca en el momento actual por su relieve poco acusado, modelado por el paso del río Zadorra y sus afluentes. El aspecto más significativo en el momento actual está ligado a la dinámica fluvial.

La actual red fluvial aparece dominada por el río Zadorra que destaca por un equilibrio entre los procesos erosivo y de acumulación. No obstante, el proceso dominante ha sido la erosión en el encajamiento de la red fluvial en terrazas relictas y en general la sedimentación ya que en los cauces no es habitual el afloramiento del sustrato.

Con respecto a los mecanismos de ladera hay que apuntar que la altitud media oscila es de unos 550 metros y las pendientes actuales (15-20º) son moderadas. Estas propiedades hacen que la estabilidad de las laderas esté garantizada en el momento actual por lo que los procesos de ladera no se consideran significativos.

3. GEOLOGÍA DE DETALLE

Al nivel del proyecto tienen importancia los materiales cuaternarios y el sustrato rocoso por su carácter superficial. El mencionado sustrato, tal y como se deduce del encuadre regional, muestra características bastante homogéneas estructural y litológicamente:

- Materiales cuaternarios:
 - Depósitos antrópicos. Dado el carácter superficial y urbano del trazado la existencia de rellenos de origen antrópico resulta evidente. Estos materiales tienen su origen en la actividad humana, en concreto en los materiales empleados como base o subbase de viales, zonas de relleno para urbanizaciones o vertidos incontrolados. Se encuentran en toda la zona del trazado y su espesor rara vez supera 1.0m de espesor. Litológicamente se trata de una mezcla de arenas con grava y algo de materiales finos.
 - Los materiales aluviales y aluvio-coluviales son fundamentalmente gravas de las que se citan un importante número de explotaciones. En su génesis aparecen los cursos fluviales y movimientos de masa (los depósitos coluviales presentan habitualmente una menor clasificación por lo que pueden dar origen a depósitos heterométricos y más pobres texturalmente con tamaños de tipo bolo hasta niveles areno-arcilloso) atendiendo a su naturaleza parecen provenir de los materiales margocalcáreos (localmente denominados como cayuela) y pese a su carácter granular la matriz es arcillosa a areno-arcillosa.
- Sustrato: La roca es una margalita de resistencia débil a media (grado R2-R3 según la ISRM) cuya estructura es bastante homogénea (horizontal a subhorizontal con buzamientos al Sur de unos 5º). La roca aparece entre 1,0 a 5,0 metros en muchas zonas de la capital. Se diferencian dos facies en todo el trazado:
 - Margas y margocalizas pseudonodulosas. Se encuentran en el tramo inicial del trazado y litológicamente se trata de una alternancia de margas oscuras y margocalizas en bancos decimétricos con la característica distintiva de que los estratos duros presentan un aspecto noduloso.
 - Margas con tramos alternantes de margocalizas. Se reconocen en el tramo final del trazado, hacia el barrio de Zabalgana. En este caso las margas son menos calcáreas, oscuras y arenosas. Se intercalan a distintas alturas de forma irregular tramos constituidos por margas oscuras y margocalizas alternantes en finos bancos centimétricos.

3.1. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrológico, la zona de estudio se localiza en el entorno del dominio del Plataforma Alavesa, y dentro de ella en áreas consideradas como de muy baja permeabilidad y nulo interés hidrogeológico.

4. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Acerca de las propiedades geotécnicas de los materiales que se afectan en la zona de la ampliación del tranvía a Zabalgana, se hacen las siguientes consideraciones:

- 1) Se deduce de la información disponible la proximidad del sustrato a la actual superficie del terreno, la naturaleza predominantemente granular de la cobertera cuaternaria y la existencia de una delgada capa arcillosa (probablemente de origen eluvial) entre los niveles granulares y el sustrato. La investigación geotécnica debe ir encaminada a:
 - a) Definir posibles alteraciones de este esquema por depresión del techo de la roca (batimetría aproximada de la roca).
 - b) Densidad de los suelos granulares (ensayos SPT).
 - c) Compacidad, compresibilidad y potencia de los suelos arcillosos.
- 2) La aplicación de un incremento de carga sobre las zonas con plataforma viaria precisa un estudio que se puede basar genéricamente en catas, placas de carga y ensayos CBR in situ. No obstante, la naturaleza predominantemente granular y la ausencia de freático generalizado nos permiten presuponer de forma general que no se requerirán grandes saneos o sustituciones.
- 3) El estudio del terreno existente por medio de ensayos de laboratorio (Proctor, Proctor modificado, CBR, ensayos químicos...) se hace necesario con el fin de caracterizar la subrasante y definir el tipo de explanada.
- 4) En caso de requerirse excavaciones en las capas granulares, siempre y cuando el material se encuentre seco, se pueden adoptar taludes temporales del orden del 3H:2V al 1H:1V, atendándose a la compacidad y posible cementación del material para definir los taludes.

En el caso de la parcela de ubicación de las cocheras, como resultado del estudio geotécnico que se incluye en el ANEXO 2 INFORME GEOLÓGICO, se obtienen las siguientes características geotécnicas en la zona de actuación:

- 1) **Condiciones de cimentación:** es aconsejable la cimentación con zapatas superficiales y losas en el nivel de arcillas aluviales. En este nivel puede cimentarse con presiones admisibles de 1,0 a 1,5 kg/cm². El nivel basal de gravas no se verificó que tenga la potencia ni consistencia suficiente para cimentar en él.

También se puede apoyar en el sustrato rocoso mediante pozos de cimentación de una profundidad entre 4, 5 metros.

- 2) **Excavabilidad:** los limos y arcillas son materiales blandos, excavables con cazo. La roca fracturada superior es excavable previo ripiado con la pala del cazo.
- 3) **Estabilidad de taludes:** para alturas bajas, sobre 3 metros, pueden cortarse taludes temporalmente verticales o subverticales, debiéndose entibar, zanjas, pozos y excavaciones que lleven abiertos varios días, sobre todo en época de lluvias o con personal trabando en ellos. Para taludes a largo plazo hay que diseñar taludes inferiores a 30º en los limos superficiales.
- 4) **Empujes sobre las contenciones:** en general serán altos, para lo que se deberán considerarse la ejecución de elementos de sostenimiento en las excavaciones. Los parámetros a considerar son:
 - a) Ángulo de rozamiento interno 25º en limos y 33 en gravas
 - b) Cohesión nula
 - c) Peso específico de 1,9 t/m³, por encima del nivel freático
- 5) **Aptitud para préstamos:** los limos consideran inadecuados para préstamos, aunque localmente el PG-3 de carreteras y puentes los puedan considerar como Tolerables. Las gravas inferiores, eliminando los bolos de 15 cm, pueden considerarse como tolerables a adecuados según PG-3.
- 6) **Aptitud para explanadas de carretera:** los suelos limosos se consideran marginales con explanada E-0 y localmente E-1.

5. CAMPAÑA GEOTÉCNICA

Se ha efectuado una investigación geotécnica básica de la parcela donde se ubicarán las cocheras, cuya descripción se incluye en el ANEXO 2 INFORME GEOLÓGICO. A modo de resumen, los trabajos de investigación se han desarrollado en cuatro apartados correlativos y complementarios:

- Ejecución de tres sondeos mecánicos y tres ensayos DPSH
- Toma de muestras.
- Ensayos en laboratorio sobre las muestras obtenidas
- Investigación geofísica con tomografía eléctrica

De los trabajos llevados a cabo en esta campaña, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Todos los sondeos han finalizado en el sustrato rocoso sobre los cinco metros de profundidad, y han penetrado en el hasta los 9,0 metros.
- Los resultados de los sondeos indican la existencia de un relleno muy granular, pero con contenido variable de finos, en la zona suroeste de la parcela. Este relleno tiene potencia de 1,5 metros, y estos

sobre una capa de sedimentos arcillosos de origen aluvial, muy continuo y de una potencia de unos 4-5 metros. En la base aparecen algunos niveles de gravas. La tomografía ha puesto de manifiesto otros niveles de gravas dispersos en el nivel arcilloso. Se trata de antiguos cauces fluviales. Las arcillas son de llanura de inundación.

- En la base aparece un sustrato rocoso muy continuo y estratificado en horizontal, con abundantes zonas fracturadas, sobre todo en el contacto con el aluvial superior.
- El nivel freático se situaba entre los 2 y 3 metros en las arcillas.

Para el nuevo trazado de la ampliación a Zabalgana, a continuación se detallan las principales características que deberán tenerse en cuenta en el proyecto constructivo para definir la campaña geotécnica.

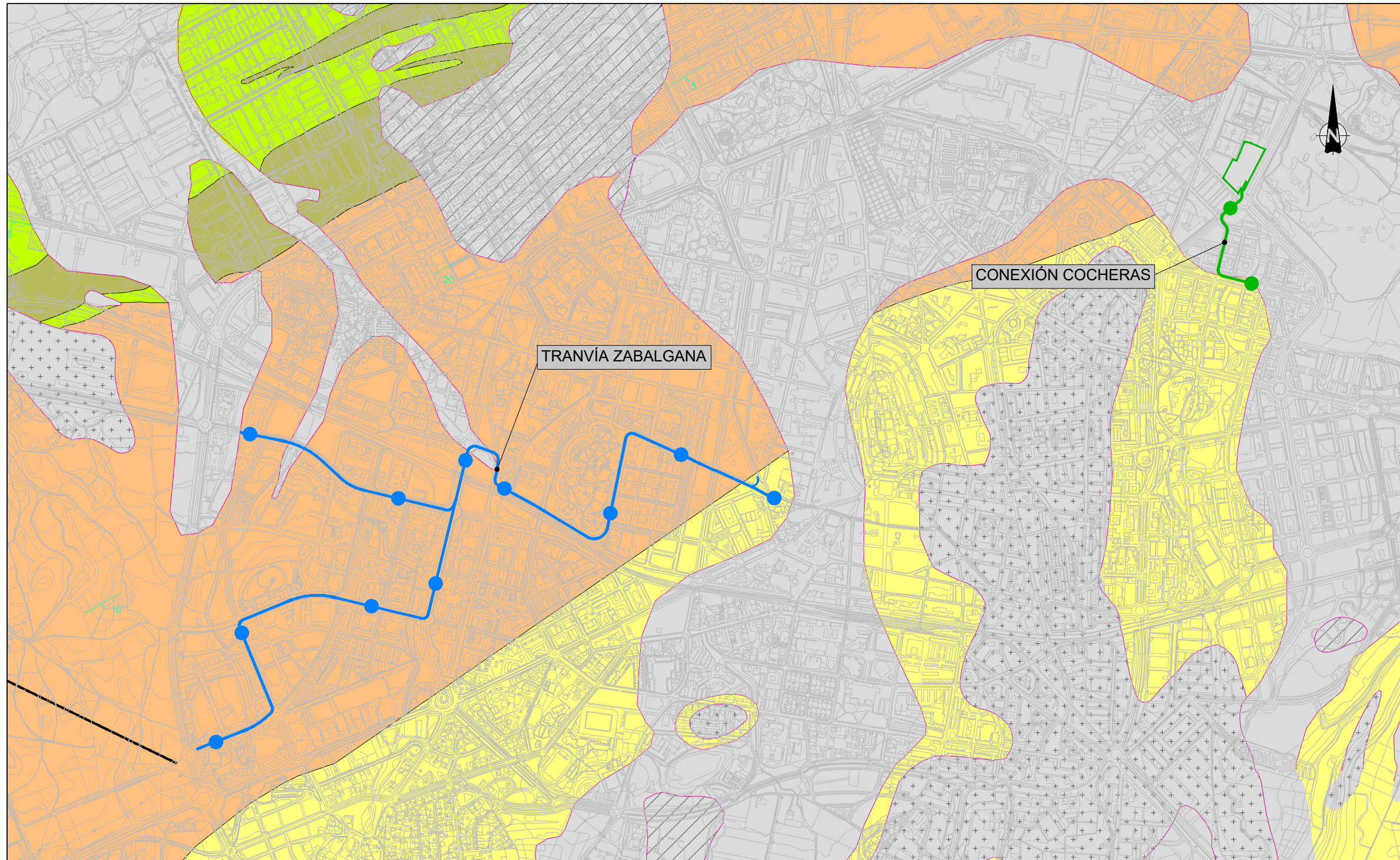
Dado el carácter de los materiales afectados la propuesta de campaña puede centrarse en el reconocimiento por calicatas y sondeos cortos (inferiores a 10 metros) cuyos objetivos básicos sean los siguientes:

- 1) Naturaleza y espesor de la cobertera sedimentaria: Propiedades geotécnicas basadas en el muestreo de los niveles granulares y ensayos in-situ (ensayos SPT básicamente).
- 2) Determinación de la posición del sustrato rocoso y de sus propiedades mecánicas básicas (resistencia a compresión simple, naturaleza y estructura).

Se prestará especial interés en las zonas que se determinan a continuación:

- Paradas con marquesinas; se recomienda una investigación específica en paradas situadas en zonas verdes o medianas ajardinadas, con el objeto de verificar que la zona donde se cimentará la estructura tiene la capacidad portante necesaria.
- Cruces con viales existentes; el cruce de la línea de tranvía con otra línea de transporte hace que sea considerado como un punto de especial interés por los posibles asientos diferenciales que se puedan originar entre la plataforma y la calzada.
- Estructuras y subestaciones; la existencia de viaductos o paso superiores indica la necesidad de un estudio específico para la cimentación de la estructura.
- Rellenos de grandes dimensiones; la necesidad de ejecutar grandes rellenos de material compactado para salvar desniveles topográficos hace necesaria una investigación específica de la zona de cimentación del terraplén.

ANEXO 1 PLANO GEOLÓGICO GENERAL DEL EVE



OHARRAK:
NOTAS:

LEYENDA GEOLÓGICA

FORMACIONES SUPERFICIALES

- Cuaternario**
- Depósitos aluviales, aluvio-coluviales
 - Depósitos antropogénicos
 - Depósitos aluvio-coluviales antiguos (terrazas)

SUSTRATO ROCOSO

- Santoniense**
- Alternancia centrimétrica de margas, margocalizas y calizas
 - Margas y margocalizas
- Campaniense**
- Margas. Tramos de margas y margocalizas alternantes
 - Margas y margocalizas pseudonodulosas

- Falla
- Contacto por discordancia
- Contacto normal o concordancia
- Dirección y cantidad de buzamiento de la estratificación

01	PRIMERA EMISIÓN	Nov. 24	XIA	JGP	
REV.	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR	INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR
CAF TURNKEY ENGINEERING	Xabier Ibarra Alvarez

AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR	ERREFERENTZIA REFERENCIA
TTE-IS-23004-CWI-DEQ-DRW-A030101	

ANEXO 2 INFORME GEOLÓGICO

Estudio Informativo ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Zabalzana, Vitoria (Álava)

Estudio Geotécnico



REFERENCIA:	IG24005
TIPO DE DOCUMENTO:	Estudio Geológico Geotécnico
FECHA:	28 de agosto de 2024
PETICIONARIO:	CAFTE

Fdo.: ALFONSO AIZPURI FERNANDEZ



ILMO. COLEGIO OFICIAL DE GEOLOGOS
COLEGIADO Nº 2.160

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	7
1.1	ANTECEDENTES.....	7
1.2	CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO.....	7
1.3	CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO.....	8
1.4	OBJETIVOS Y ALCANCE.....	9
1.5	EQUIPO DE TRABAJO.....	10
2	GEOLOGIA	11
2.1	ENTORNO GEOLÓGICO.....	11
2.2	DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	12
2.2.1	Sustrato rocoso: Alternancia de margas y margocalizas del Campaniense, Cretácico Superior.....	14
2.2.1	Cuaternario: Aluvial de Vitoria.....	15
2.2.2	Cuaternario: Rellenos artificiales.....	16
2.3	TECTÓNICA.....	17
2.3.1	Tectónica regional.....	17
2.3.2	Evolución tectónica.....	17
2.3.3	Unidades estructurales.....	18
2.4	HIDROLOGÍA.....	19
2.5	HIDROGEOLOGÍA.....	20
2.5.1	Unidad hidrogeológica de aluvial de Vitoria: UH 1.07.....	21
2.5.2	Funcionamiento hidráulico.....	22
2.6	MORFOLOGÍA.....	23
2.7	MODIFICACIONES RECIENTES.....	23
2.7.1	La regeneración de Salburúa.....	23
2.7.2	Rellenos de Betoño.....	26
3	INVESTIGACIÓN REALIZADA	32
3.1	SONDEOS MECÁNICOS.....	32
3.1.1	Toma de muestras (ASTM-D1587-00 XP P94-202).....	33
3.1.2	Ensayos SPT (UNE-103-800:1992).....	33

3.1.3	Nivel freático.....	34
3.2	ENSAYOS DPSH	34
3.3	ENSAYOS DE LABORATORIO	35
3.3.1	Identificación de suelos.....	36
3.3.2	Ensayos de resistencia en suelos	36
3.3.3	Ensayos de compresibilidad de suelos	37
3.3.4	Ensayos de caracterización y resistencia de rocas	37
3.3.5	Ensayos de agresividad en suelos.	37
3.3.6	Análisis químico del agua.....	38
3.4	GEOFÍSICA: TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA.....	38
4	GEOTECNIA	40
4.1	CONCLUSIONES DE LA CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN.	40
4.2	PERFIL GEOTÉCNICO	40
4.2.1	Niveles geotécnicos.	40
4.3	CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMACIONES SUPERFICIALES	41
4.3.1	Rellenos artificiales: R.....	41
4.3.2	Arcillas marrones y arcillas con gravas: A y B	41
4.4	CARACTERIZACIÓN DEL SUSTRATO ROCOSO: C Y D	42
4.4.1	Dureza.....	42
4.4.2	Discontinuidades.....	42
4.4.3	RQD.....	42
4.4.4	Meteorización	43
5	ZONACIÓN GEOTECNICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	44
5.1	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS Y TECTÓNICAS	44
5.2	CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	44
5.3	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	44
5.4	CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS.....	44
5.5	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	45
5.5.1	Condiciones de cimentación	45
5.5.2	Excavabilidad	45

5.5.3	Estabilidad de taludes.....	45
5.5.4	Empujes sobre las contenciones	45
5.5.5	Aptitud para préstamos.....	45
5.5.6	Aptitud para explanadas de carretera	45
5.5.7	Obras subterráneas	46
6	YACIMIENTOS.....	47
7	RIESGOS NATURALES	48
7.1	INTRODUCCIÓN.....	48
7.2	RIESGO SÍSMICO	48
7.2.1	Sismicidad histórica	48
7.2.2	Zonación sísmica.....	49
7.2.3	Evaluación de la peligrosidad sísmica.....	49
7.2.4	Aplicabilidad de la norma sismorresistente	50
7.3	INUNDABILIDAD	50
7.4	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN	51
7.5	EXPOSICIÓN AL RADÓN.....	51
7.6	OTROS RIESGOS.....	52

ANEXOS

Anexo 01. Sondeos mecánicos

Anexo 02. DPSH

Anexo 03. Ensayos de laboratorio

Anexo 04. Estudio geofísico

FIGURAS

Figura 1.	Parcela y nuevas cocheras planteadas	8
Figura 2.	Localización.	9
Figura 3.	Situación geológica	11
Figura 4.	Vista desde el Paseo de los Humedales	12
Figura 5.	Vista desde el Paseo de los Humedales	13
Figura 6.	Vista desde la Calle Elgoibar	13
Figura 7.	Modelo tectónico de deformación intraplaca en la Península Ibérica. Fuente: Universidad Complutense de Madrid.....	17
Figura 8.	Mapa estructural esquemático de la zona de Vitoria-Gasteiz. Fuente: MAGNA.	18
Figura 9.	Perfil geológico por la zona de estudio.....	19
Figura 10.	Red hidrográfica.....	20
Figura 11.	Dominio Hidrogeológico de la Plataforma Alavesa Fuente: EVE 1996.....	20
Figura 12.	Esquema Aluvial de Vitoria	22
Figura 13.	Localización actual Balsa nueva de Arcaute (1), Balsa de Arcaute (2), Balsa de Betoño (3), Balsa de la Chopera (4), Charca antiguo abrevadero (5), Charcas de Larragana (6). Fuente: Ayuntamiento de Vitoria	25
Figura 14.	Proximidad de Betoño a Salburúa	25
Figura 15.	Foto aérea 1968. Uso agrícola.....	26
Figura 16.	Foto aérea 1977. Obras del complejo de Betoño y rellenos.....	27
Figura 17.	Foto aérea 1984.	27
Figura 18.	Foto aérea 1999. Rellenos en la zona SW	28
Figura 19.	Foto aérea 2001. Rellenos en la zona sur de la parcela	29
Figura 20.	Foto aérea 2002. Rellenos	29
Figura 21.	Foto aérea 2004. Rellenos explanados	30
Figura 22.	Foto aérea 2006. Estado final	30
Figura 23.	Situación de sondeos	32
Figura 24.	Posición de los DPSH	35
Figura 25.	Resultados de la tomografía eléctrica.....	39
Figura 26.	Sismo históricos en el País Vasco.	48
Figura 27.	Zonación sísmica del País Vasco	49
Figura 28.	Peligrosidad sísmica.....	50
Figura 29.	Inundabilidad de la zona	51

TABLAS

Tabla 1.	Características de los sondeos.....	32
Tabla 2.	Características de las muestras inalteradas.....	33
Tabla 3.	Características de los testigos parafinados	33
Tabla 4.	Características de los ensayos SPT	34
Tabla 5.	Posición del nivel freático.....	34
Tabla 6.	Características de los DPSH	34
Tabla 7.	Programa de ensayos de laboratorio.....	36
Tabla 8.	Caracterización de las arcillas	36
Tabla 9.	Resistencia de las arcillas	37
Tabla 10.	Compresibilidad de las arcillas.....	37
Tabla 11.	Resistencia del sustrato rocoso	37
Tabla 12.	Agresividad de suelos al hormigón.....	38
Tabla 13.	Parámetros de agresividad en aguas	38
Tabla 14.	Perfiles de tomografía eléctrica.....	39

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el presente informe se presentan los resultados del estudio geotécnico del ESTUDIO INFORMATIVO PARA LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE VITORIA-GASTEIZ A ZABALGANA, VITORIA (ÁLAVA), en la parcela donde ubicarán las nuevas cocheras de ETS, solicitado por CAFTE.

Está realizado en base a la siguiente información del Proyecto suministrada por el cliente.

- TTE-IS-23004_AlcanceGeotecnia_rev00
- TTE-IS-23004_Anexo1_PreciosGeotecnia
- TTE-IS-23004_Anexo2_EspecificacionesGeotecnia

1.2 Características de diseño

La ampliación tranviaria conectará el barrio de Zabalgana con el centro de la ciudad, así como con el resto de resto de las líneas tranviarias de la ciudad en la plaza de Lovaina. Al llegar el tranvía a Zabalgana, el trazado se bifurca en dos ramales con el objetivo de que el sistema tranviario cubra a la totalidad de la población del barrio. El trazado en la conexión tranviaria de Zabalgana con el centro se realiza mediante dos ramales, Aldaia y Mariturri, y un tramo común hasta Lovaina.

La alternativa de cocheras de Betoño consiste en la ocupación de una parcela rectangular, propiedad del Excmo. Ayuntamiento de Vitoria - Gasteiz donde se implantará dos edificaciones independientes, 2 vías de acceso para tranvías, 11 vías con dos posiciones de estacionamiento incluyendo en una de ellas una vía con acceso inferior y superior y zonas de aparcamiento y almacenamiento exterior.

La parcela tiene unas dimensiones de 207 m x 90 m, condicionada principalmente por el peine de entrada a las cocheras y la longitud de estacionamiento de las mismas. Alrededor de las vías, y en forma de L se localizan las edificaciones

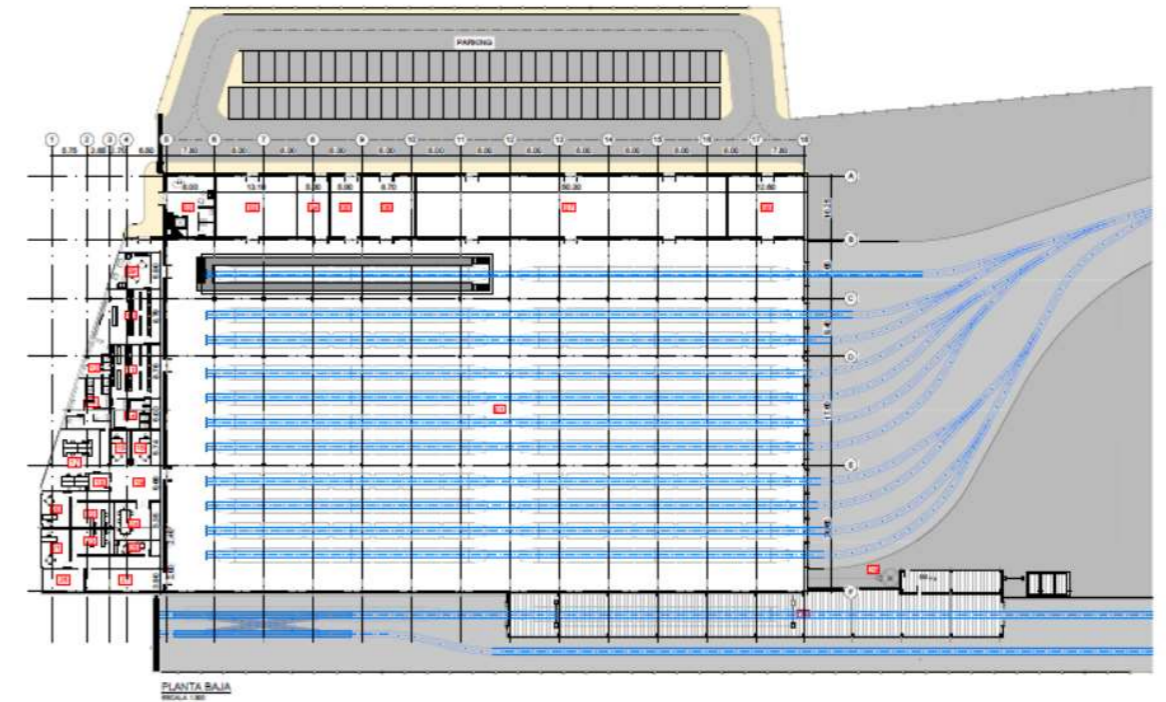


Figura 1. Parcela y nuevas cocheras planteadas

Los trabajos se han realizado con sujeción a lo dispuesto en el art. 1º del Decreto 462/1971 del 11 de Marzo, y en la Ley de la Ordenación de la Edificación (ley 38/1999 del 5 de Noviembre) en relación con los estudios geotécnicos para la construcción.

1.3 Características del emplazamiento

La ubicación del área objeto del Estudio Geotécnico se encuentra al NE de la ciudad de Vitoria en la zona de Betoño.

La parcela está localizada entre el Paseo de los Humedales y la calle Elgoibar. Se trata de una zona sin uso definido, con vegetación erial, y colateral a las instalaciones del campo de futbol de Betoño.

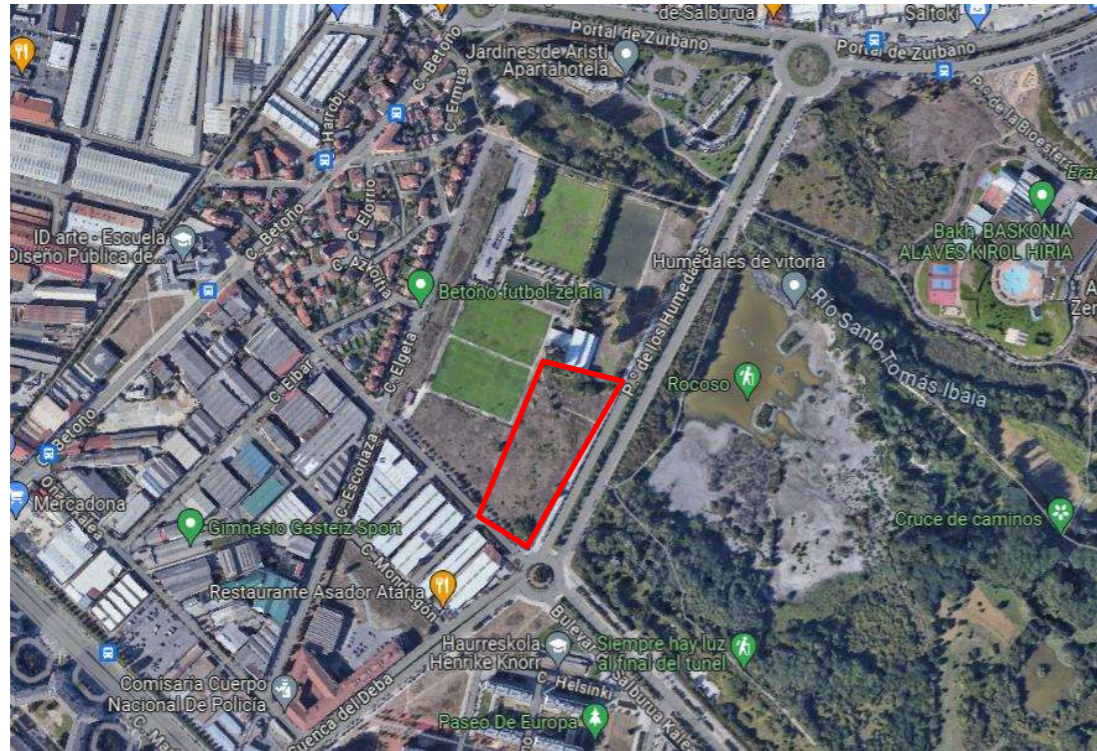


Figura 2. Localización.

1.4 Objetivos y alcance

Los objetivos de un estudio geológico geotécnico para los Estudios Informativos son:

- El estudio geológico y de viabilidad geotécnica de todas las alternativas estudiadas, y, fundamentalmente, de la solución definitivamente propuesta para ser aprobada, que servirá de base para el establecimiento de la campaña geológico-geotécnica del correspondiente al Proyecto. Se prestará especial atención a la localización e identificación de posibles problemas o condicionantes geológicos (suelos o rocas expansivas, inestabilidad de laderas, zonas carstificadas, etc.) que puedan ser afectados por la ejecución de las obras.
- La realización de una campaña geotécnica tendrá como principal objetivo estudiar los posibles problemas geológicos y evaluar de forma preliminar los parámetros geotécnicos de las formaciones implicadas.
- El análisis de la situación de los préstamos y vertederos de la zona, así como de las canteras y yacimientos granulares, desde el punto de vista geológico-geotécnico (principalmente en lo referente a la caracterización de los materiales, en calidad y cantidad) y desde el punto de vista medioambiental (existencia de estudio de impacto ambiental, necesidad de inicio de la tramitación ambiental, etc.).

La metodología para obtener esos datos ha sido:

- Recopilación y análisis de toda la información geológico - geotécnica previa.
- Cartografía geotécnica a escala 1:500
- Redacción del estudio y conclusiones.

Como información de tipo general se ha consultado la siguiente documentación:

- Mapa geológico a escala 1:25.000 Hoja 112-IV Vitoria EVE.
- Diversos estudios geotécnicos en la zona.

El alcance del estudio geotécnico, se limita exclusivamente a las cocheras de Betoño. Durante su ejecución se ha tenido en cuenta las siguientes normativas:

- Código Técnico de la Edificación (CTE): Documento Básico SE-C Cimientos.
- CTE HS-6 Protección frente a la exposición al Radón.
- Código estructural.
- PG-3.
- Eurocódigo 7: UNE-EN 1997-1
- Eurocódigo 8: UNE-EN 1997-1

1.5 Equipo de trabajo

En la redacción del presente estudio ha colaborado el siguiente equipo:

- Dirección: CAFTE
- Estudio: LURGINTZA Ingeniería Geológica s.l.

- Competencia

El autor del presente informe en su calidad de geólogo es técnico competente en estudios y proyectos de geotecnia para edificación y construcción y estudios y proyectos de ingeniería geológica según el *R.D. 1378/2001 BOE nº303 del 19/12/2.001*. El visado garantiza la colegiación y competencia del autor.

- Acreditación.

LURGINTZA INGENIERIA GEOLOGICA S.L. está inscrita en el registro general de laboratorios de ensayos acreditados para el control de la calidad de la edificación (*BOE 01/05/2001, BOPV 30/11/2000*).

2 GEOLOGIA

2.1 Entorno geológico

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Cuenca Vasco Cantábrica, concretamente en la zona de la Llanada Alavesa, y sobre materiales cuaternarios de origen aluvial, que cubren el sustrato.

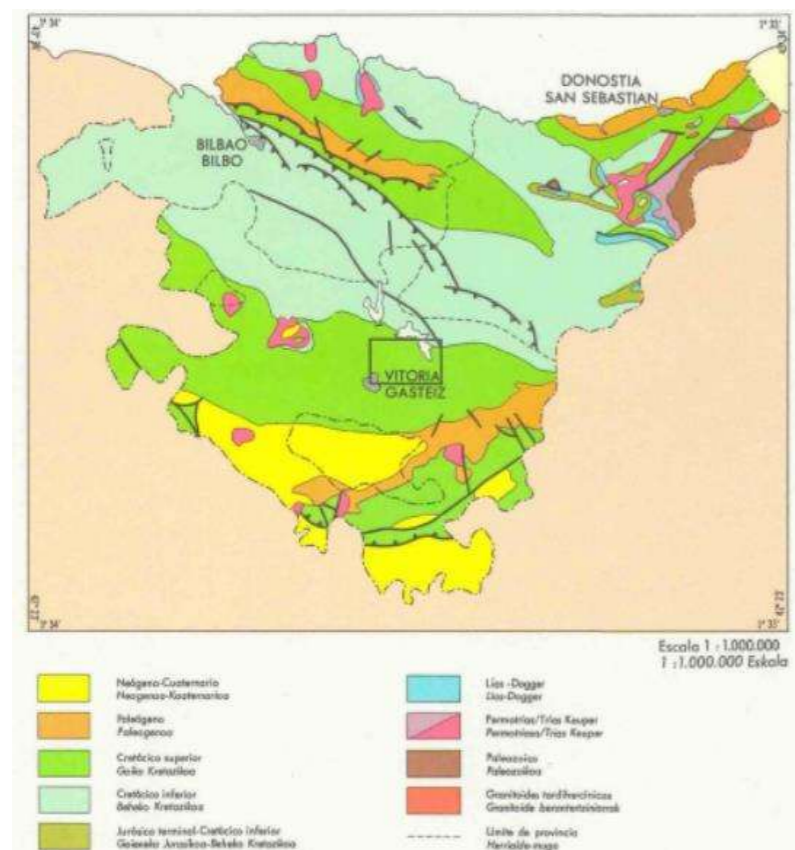


Figura 3. Situación geológica

Con carácter general el ámbito de actuación se encuadra dentro del Surco Navarro – Cantábrico, más concretamente dentro de la denominada Cubeta Alavesa, con materiales de edad mesozoica y cuaternaria que afloran a la superficie. Esta cuenca se estructuró a lo largo del terciario como consecuencia de la orogenia Alpina.

La región está caracterizada básicamente por dos tipos de materiales que se encuadran dentro de la denominada “Unidad del Gorbea”:

- Margas y margas calcáreas, que abarcan una importante área dentro de la cuenca de Vitoria y presenta una potencia dentro de la zona de aproximadamente 750 metros.

- Durante el cuaternario se produce la sedimentación de depósitos fluviales y aluviales sobre los materiales preexistentes.

La geomorfología de la zona corresponde, en general, a la sedimentación de depósitos aluviales y coluviales que se sitúan discordantemente sobre los materiales margosos del cretácico dando lugar a una morfología llana.

2.2 Descripción geológica de la zona de estudio.

La zona de estudio se caracteriza por estar formada por unos depósitos aluviales planos, muy cercanos a las lagunas de Salburua. El sustrato, compuesto por una alternancia de margas y margocalizas no es visible, salvo en los relieves cercanos.



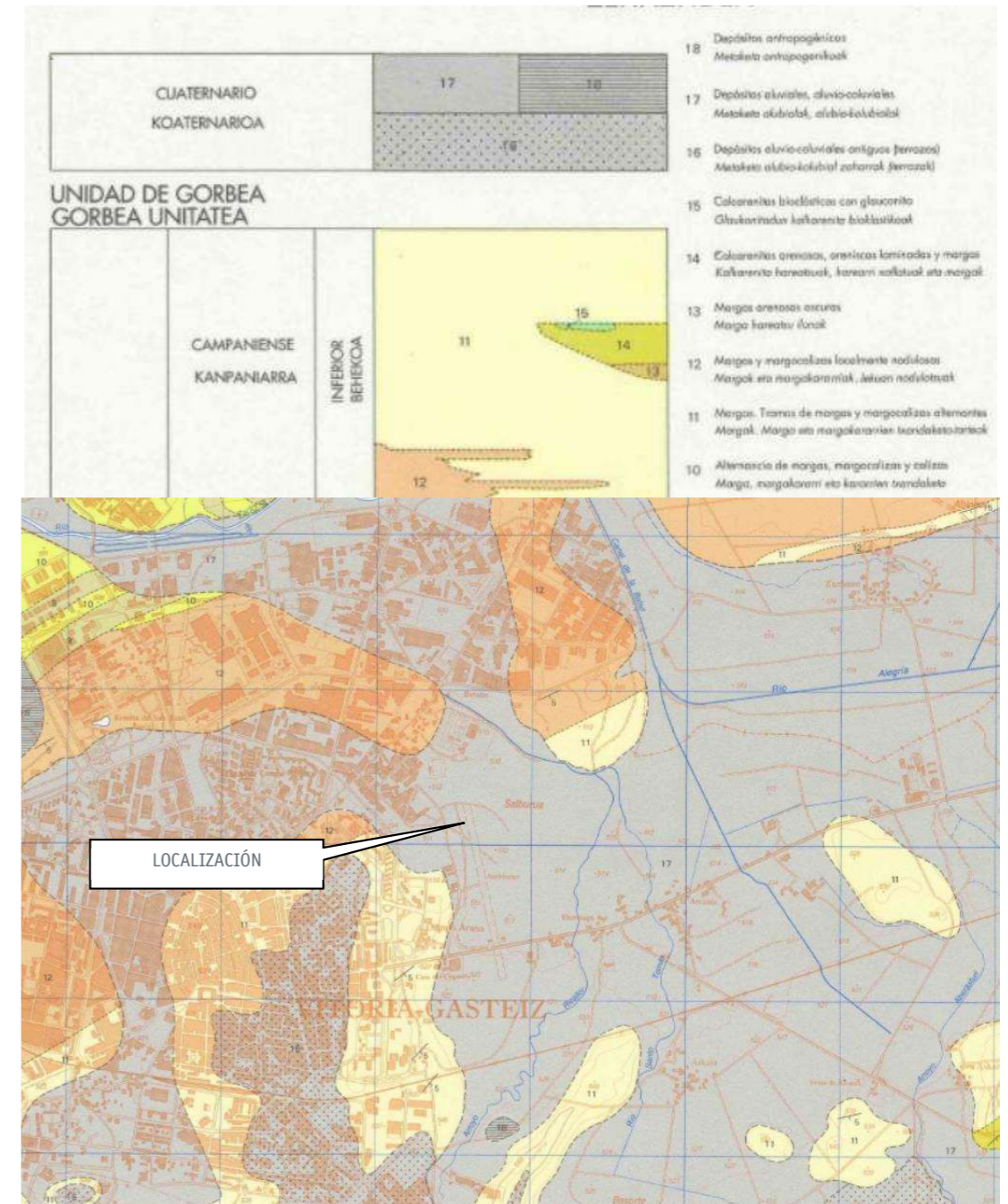
Figura 4. Vista desde el Paseo de los Humedales



Figura 5. Vista desde el Paseo de los Humedales



Figura 6. Vista desde la Calle Elgoibar



2.2.1 Sustrato rocoso: Alternancia de margas y margocalizas del Campaniense, Cretácico Superior

Aflora hacia la zona suroriental, en donde está muy cubierto por sedimentos cuaternarios de origen aluvial. El Campaniense Inferior y Medio de todo el «Surco Alavés» está representado por margas grises con algunas intercalaciones de calizas arcillosas (biomicritas), unas veces nodulosas y otras

laminares. Estas intercalaciones de margocalizas o calizas nodulosas se van convirtiendo en calcarenitas, a veces bioclásticas con abundante fauna.

Hacia el techo se observa un aumento de la frecuencia y potencia de los estratos de calizas nodulosas y una disminución de las intercalaciones margosas.

En base al estudio de varias secciones, se establece una potencia media de la formación de 1.000 m. A los 600 m. se intercala un nivel calcarenítico con mucha glauconita.

En los sondeos realizados se observa la presencia de un nivel superficial más alterado y con un mayor grado de fracturación, en las que se observan pátinas de oxidación, de poco espesor, bajo el que se detectan los niveles de calizas arcillosas masivas. Asociado a este nivel más superficial, se ha detectado una circulación de agua.

Dentro de las unidades del Campaniense Inferior se diferencian claramente dos formaciones:

- Ccn,m.- Formada por una alternancia irregular de calizas nodulosas y margas, dispuestas en bancos centimétricos en general y hasta decimétricos en ocasiones. Los estratos "duros", salvo en el caso de los tramos basales que pueden ser de margocaliza o caliza arcillosa, son calcarenitas a veces bioclásticas, con abundante fauna de equinodermos, corales, rudistas y otros bivalvos. Localmente, y sobre todo a techo, pueden ser arenosas.

La potencia de esta serie, estimada en alrededor de 900 metros

- Cca,g.- Se trata de cuerpos lenticulares aislados formados por "grainstones" bioclásticos y "rudstones" (sobre todo en la base), con una importante contaminación de glauconita que les confiere un característico color verdoso. En algunos puntos están fuertemente silicificadas. Estas calcarenitas son algo arenosas se disponen en bancos de potencia decimétrica, con estratificación cruzada y "eslumpización", e intercalan niveles de margas arenosas oscuras o incluso lutitas, igualmente con contaminación de glauconita. Comúnmente constituyen niveles lumaquéllicos formados por fragmentos de equinodermos, distintos tipos de bivalvos, corales y dientes de escualos.

La propia morfología lentejona de estos términos justifica la variabilidad de potencia que presentan en espacios cortos. La máxima potencia estimada 75 metros).

2.2.1 Cuaternario: Aluvial de Vitoria

Sobre el sustrato se deposita una serie de sedimentos de origen fluvial. Son depósitos aluviales subhorizontales, cuyo espesor no sobrepasa los 12 m, que se hallan asociados a la llanura aluvial y al cauce del río Zadorra y sus afluentes. Ocupan preferentemente los fondos de valle de los cursos fluviales, por lo que su cobertura del territorio es más irregular. En general, estos materiales están formados por arenas y arcillas con cantos principalmente calcáreos, considerados permeables con un nivel freático relativamente superficial y que, en muchos puntos, han sido explotados para extraer gravas.

Se pueden distinguir dos tramos: uno superficial formado por depósitos limo-arcillosos, con presencia esporádica de cantos y gravas calcáreas centimétricas de formas redondeadas, y otro nivel,

situado a muro, en el que se produce un aumento progresivo del porcentaje de gravas, pudiendo llegar a una textura cantosoportada.

En las zonas de cauce, el depósito aluvial está formado por granulometrías gruesas desde arenas gruesas hasta barras de gravas laterales y longitudinales al eje del río, caracterizadas por gravas calcáreas muy heterométricas y heterogéneas englobadas en una matriz areno-limosa con lentejones de potencia decimétrica de arenas y limos. Los cantos de las gravas son bastante aplanados, en donde se observan una cierta imbricación y orientación

- Nivel basal de gravas y arenas: La mitad inferior del depósito aluvial está formado por niveles de gravas y arenas de tamaños heterométricos y naturaleza areniscosa. Estos niveles han sido explotados comercialmente en las cercanas graveras de Lasarte.
- Nivel superior de limos arenosos y limos. La parte superior del depósito aluvial está constituido por limos arenosos y limos arcillosos, que configuran la superficie del terreno.

Estas gravas son en su mayoría producto de la erosión de las calizas y margas calcáreas del Cretácico Superior y están poco cementadas.

Las variaciones granulométricas se deben a cambios en las condiciones energéticas del medio, estando los depósitos de gravas y arenas asociadas a las zonas de cauce fluvial, con condiciones energéticas altas y, por otro lado, las arcillas y limos de tonos ocres asociados a llanuras de inundación, depositadas en condiciones de baja energía.

Estos suelos ocupan grandes áreas de topografía llana. Se estiman potencias medias para estos depósitos de aproximadamente 2 -5 m. en base a los reconocimientos realizados, se ha observado que en las zonas urbanas del trazado estas potencias son sensiblemente inferiores con espesores máximos de un metros, e incluso que no existan. Hacia la parte inicial del trazado, las potencias máximas no pasan de 1,0-1,9 m y hacia el final del trazado, se aprecia como estos materiales muestran un mayor desarrollo, que en los sondeos realizados han alcanzado espesores máximos en torno los 3-4 m.

2.2.2 Cuaternario: Rellenos artificiales

Debido al ámbito intrínsecamente urbano, en la zona investigada se localizan numerosas actuaciones antrópicas que van desde vertidos de material incontrolados hasta rellenos antrópicos compactados ejecutados para las vías de comunicación existentes. En la zona de Betoño hay vertidos de materiales sin compactar, que en la actualidad están enmarcados por la vegetación.

2.3 Tectónica

2.3.1 Tectónica regional

La zona queda comprendida entre dos unidades paleogeográficas y tectónicas importantes, el Surco Alavés y los Montes Vascos al Norte, y limitada al sur por una unidad menor, como son los Montes de Vitoria.

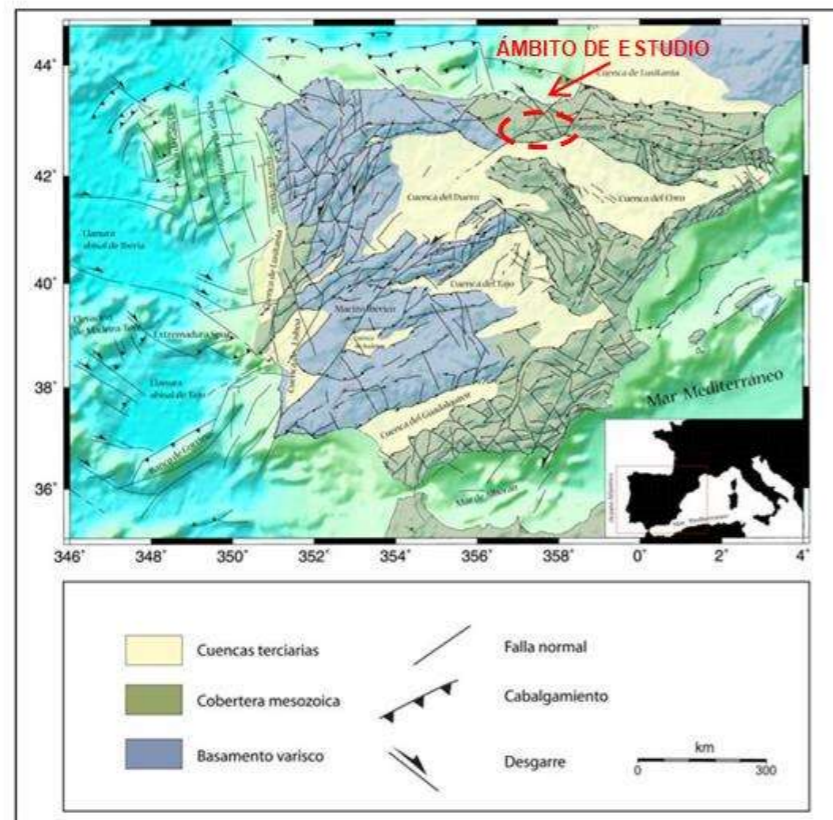


Figura 7. Modelo tectónico de deformación intraplaca en la Península Ibérica. Fuente: Universidad Complutense de Madrid.

2.3.2 Evolución tectónica

Las cuatro etapas más importantes de la historia tectónica de la región alavesa son las siguientes:

- Primera fase, de compresión: Orogénia paleoalpina.
- Segunda fase, de descompresión: Distensión cretácica inferior.
- Tercera fase, de compresión: Orogénia alpina.
- Cuarta fase, de descompresión: Distensión postmiocena

Desde el punto de vista estructural, el sector de Vitoria puede dividirse en tres grandes áreas:

1. El tercio septentrional está ocupado por materiales correspondientes al Cretácico Inferior, materiales fundamentalmente margosos, dispuestos en estructura monoclinas con buzamiento suave, máximo 20°, y de dirección general SO, afectados por fallas más o menos importantes de dirección NO-SE y NE-SO.
2. El borde occidental, afectado por el área diapírica de Murguía.
3. Los dos tercios del área suroriental, ocupados por sedimentos margosos y calizas del Cretácico Superior, afectados por estructuras de plegamiento suaves y fallas de dirección fundamental NO-SE y NE-SO. La zona de estudio se enmarca dentro de esta área.

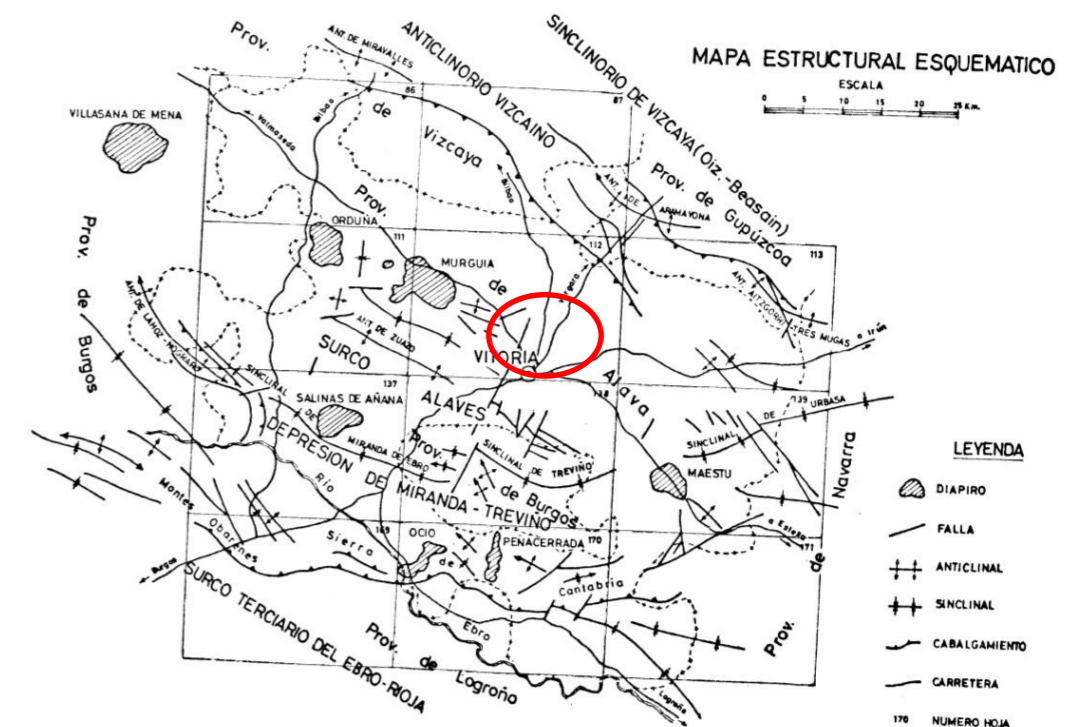


Figura 8. Mapa estructural esquemático de la zona de Vitoria-Gasteiz. Fuente: MAGNA.

2.3.3 Unidades estructurales

Se distinguen las siguientes unidades tectónicas:

1. Anticlinal del Jarinto.

Este pliegue fallado se sitúa también en el cuarto nororiental de la zona. Su núcleo aparece aproximadamente en el vértice Jarinto, al este del embalse de Albina, ocupado por calizas arrecifales sobre las que se sitúan las areniscas del Albiense.

2. Sinclinorio de Vitoria.

Sin duda esta es la estructura más importante del área de estudio, afecta a materiales del Cretácico Superior. En realidad se trata de tres pliegues, dos sinclinales con un anticlinal

intermedio. Tienen dirección de ejes NO-SE y buzamiento axial SE, que en las margas del Campaniense Inferior y Medio (C_m , $C_{m,mc}$) desaparece, dando lugar a una serie monoclinas con buzamiento general al SE. El anticlinal intermedio, cuyo eje pasa aproximadamente por la localidad de Apodaca, es un reflejo de la intumescencia o hinchazón producido por el diapiro de Murguía y se encuentra afectado por fallas de traza paralela a su eje.

3. Anticlinal de Zuazo.

Queda situado hacia el suroeste de la localidad de Vitoria, afectando a las calizas del Coniaciense Medio ($CO_{mc,c,m}$), con suaves buzamientos en ambos flancos (5 a 10°).

El eje del anticlinal se continúa hacia el oeste de Vitoria, pasando por la localidad de Zuazo, siendo esta la razón del nombre de esta estructura. Este pliegue se cierra dentro de las inmediaciones de Vitoria, pasando a estar muy atenuado hacia el Sur.

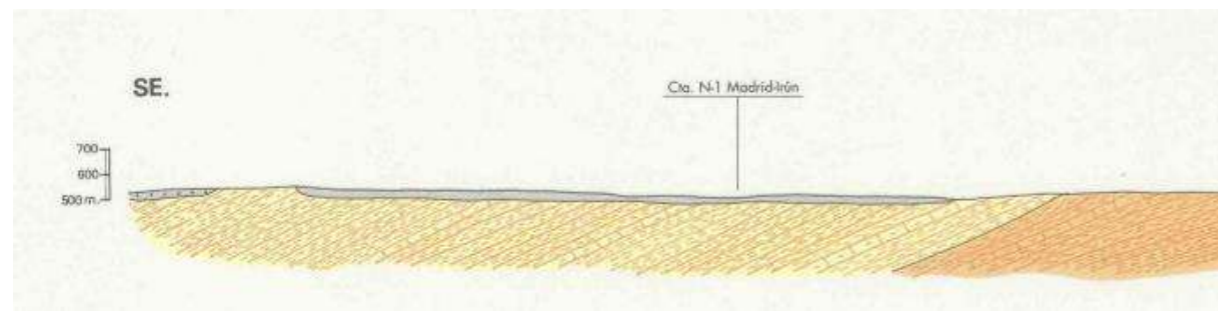


Figura 9. Perfil geológico por la zona de estudio

2.4 Hidrología

La red fluvial actual es de génesis reciente, con un nivel de base local hacia Nanclares y Villodas, a partir del cual el río Zadorra, eje de la red, se encaja progresivamente, hecho que indica que la Llanada de Vitoria ha constituido hasta hace relativamente poco una cuenca de drenaje interno bajo condiciones de aridez. El emplazamiento a estudio se localiza a una distancia aproximada de unos 100 m. al oeste del río San Martín, pero la cercanía de la zona húmeda de Salburua hace que los límites de cuencas hidrológicas sean muy difusos y muy dependientes de las incidencias del relieve.

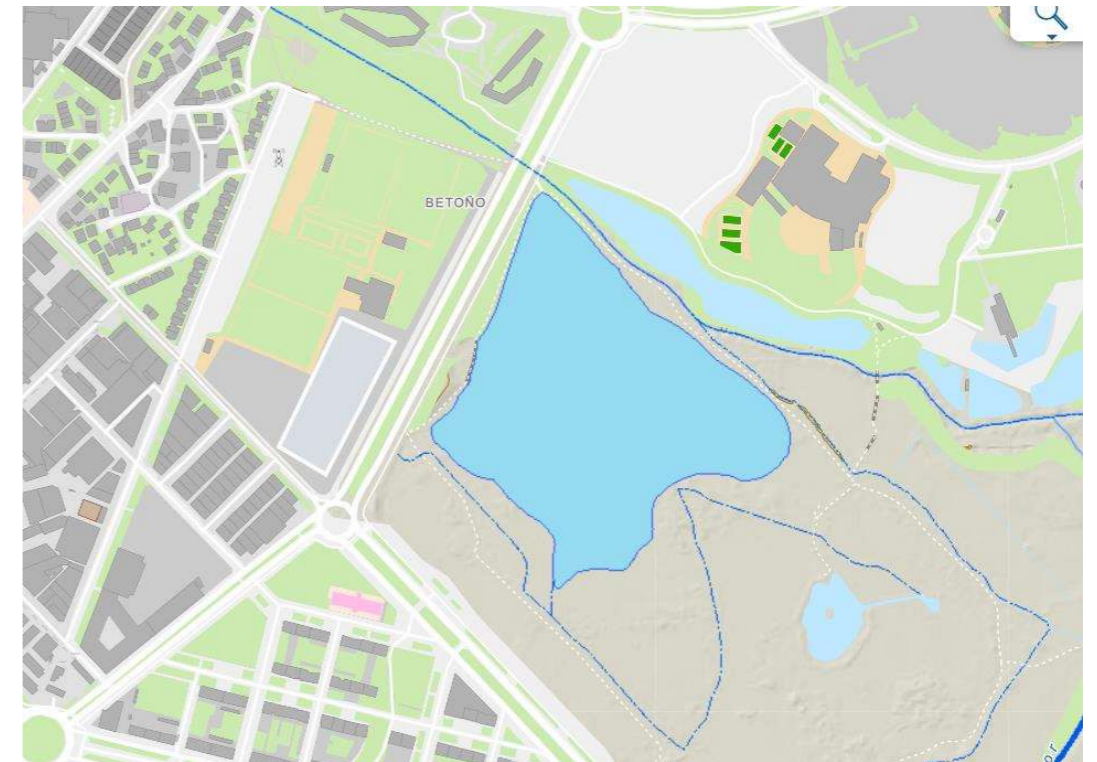


Figura 10. Red hidrográfica

2.5 Hidrogeología

Según la división del Gobierno Vasco (1996) la zona se encuadra en el Dominio Hidrogeológico de la Plataforma Alavesa, perteneciente a la Cuenca del Ebro.

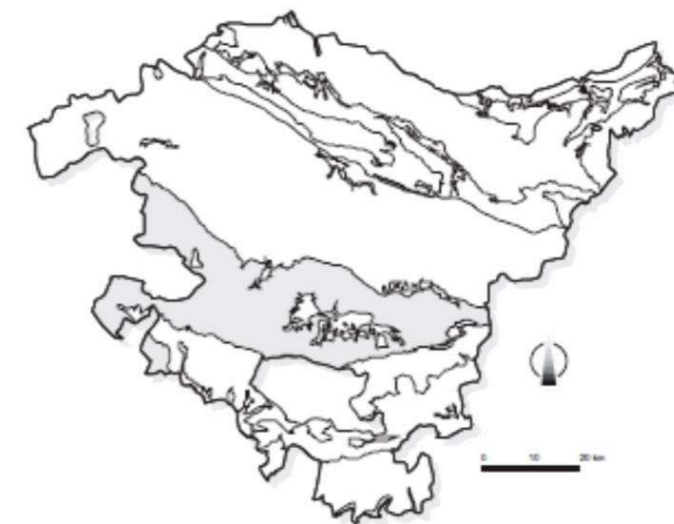


Figura 11. Dominio Hidrogeológico de la Plataforma Alavesa Fuente: EVE 1996

El proyecto afecta al dominio hidrogeológico de la plataforma alavesa, que se trata de una banda de dirección este - oeste cuyo límite norte corresponde al tránsito Cretácico Inferior- Superior, y el sur el tránsito del Cretácico Superior al Terciario del Sinclinal Urbasa - Treviño. Incluye la Llanada Alavesa y las sierras de Salvada, Arkamo, Badaia y Arcena.

Dentro del Dominio H de la Plataforma Alavesa, tanto la CHE como el EVE distinguen las Unidades Hidrogeológicas de Subijana, Valdegobía, y Vitoria, considerando el resto del Dominio sin interés hidrogeológico, salvo con acuíferos cuaternarios muy locales.

2.5.1 Unidad hidrogeológica de aluvial de Vitoria: UH 1.07

Se localiza en el Sector occidental de la Llanada Alavesa en la cuenca alta del río Zadorra y sobre el Dominio Hidrogeológico de la Plataforma Alavesa. Está limitado por los macizos del Gorbea, Amboto y Urkilla al norte, y por los montes de Vitoria al S. Los límites están definidos por la extensión lateral de las formaciones aluviales de los ríos Mayor, Alegría, Zaya y Zadorra, en las proximidades de Vitoria.

Está formado por un extenso aluvial que ocupa una superficie de unos 108 km², en medio de la Llanada Alavesa. El aluvial se dispone sobre un suave corredor de dirección E-O, por el que discurren el río Zadorra y sus afluentes Alegría y Zuia fundamentalmente.

Se trata del acuífero cuaternario más extenso de la CAPV y sus características son singulares respecto al resto de acuíferos existentes.

Existe una gran ocupación y urbanización del Aluvial tanto en el sector Oriental como en el Occidental, ya que en general el aluvial sirve de asentamiento tanto a empresas dentro de polígonos industriales como en edificaciones.

La zona de estudio coincide con la zona central del aluvial. Están constituidos por arcillas de color oscuro de una potencia entre 1 y 3 metros. En la base aparece ocasionalmente un nivel de arenas de grano grueso y grava, cuya potencia no suele llegar a superar los 7 metros.

El mapa hidrogeológico de la DFA e IGME zona el acuífero por sus potencias, y establece límites para una potencia de acuífero comprendido entre:

- > 1,0 mts
- 1-2,5 mts
- 2,5-5,0 mts
- < 5,0 mts

Puede verse que el límite de los aluviales coincide siempre con las potencias mínimas, y cuya expresión cartográfica es un ligero cambio de pendiente a menudo de difícil apreciación. Es esas zonas de aluvial tan limitado existen problemas de definición y separación entre el depósito aluvial y los suelos edáficos, adyacentes o inferiores, por su limitada potencia, y porque además, en general aparece un nivel infrayacente de roca meteorizada o fracturada que también acumula agua de precipitación.

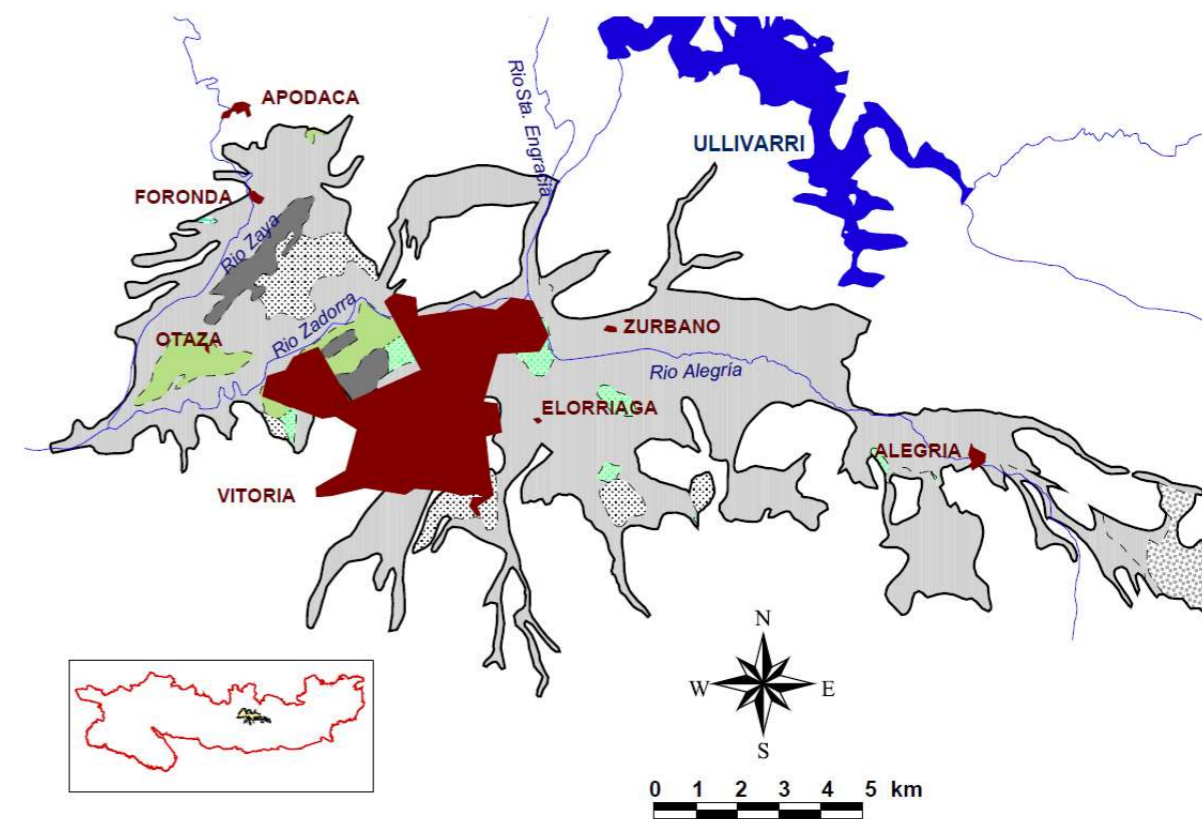


Figura 12. Esquema Aluvial de Vitoria

2.5.2 Funcionamiento hidráulico

La recarga del acuífero cuaternario se establece a través de la infiltración eficaz a partir de la precipitación directa sobre los materiales permeables, y mediante la infiltración a partir de descargas laterales ocultas procedentes de las laderas de los relieves que bordean el acuífero en esta zona.

La permeabilidad de las formaciones cuaternarias aluviales puede ser muy variable en función de las características litológicas. De manera general, se puede considerar estos materiales de alta permeabilidad, conformando un acuífero de porosidad intergranular de tipo detrítico no consolidado, por lo general de carácter libre.

Las secuencias alternantes de margas y margocalizas del sustrato rocoso se consideran de permeabilidad media-baja, relacionada con fenómenos de fracturación distensiva, y conforman acuíferos de interés local. Cabe reseñar, no obstante, que en muchos casos existe una zona de alteración en la parte superior del sustrato, por lo que es posible que exista circulación de agua en esta franja, a favor de niveles eluviales o de zonas fracturadas de la roca.

La pluviosidad media anual en la zona es del orden de 850 mm., con los valores más elevados en el periodo Noviembre-Enero. El volumen de recurso renovable asociado a los materiales del dominio, siempre referido a aquellos no incluidos en alguna de las unidades hidrogeológicas, es una precipitación variable entre 1.200 mm. en ambos extremos y 700 mm. en la zona centro-sur. La lluvia útil variable entre 600 y 300 mm., y el porcentaje de infiltración medio del 20%, considerando que hay un área equivalente de materiales de alta y media permeabilidad frente a los de baja a muy baja. Resulta un recurso renovable de unos 85 Hm³/año.

Con respecto a la calidad de las aguas, el único dato reseñable es el contenido en nitratos por encima del límite tolerable, detectando algunos puntos, siempre pozos y manantiales situados en el área de influencia de la actividad agrícola.

2.6 Morfología

La morfología de esta zona es esencialmente plana como las que corresponde a una llanura aluvial, donde sobresalen algunos relieves alomados, como montes islas aislados.

2.7 Modificaciones recientes

La zona ha sufrido modificaciones notables de principios del siglo XX, entre está la regeneración de Salburua como humedal, que condiciona los usos del entorno por la alta vulnerabilidad del acuífero, y otros son los episodios de rellenos en la zona de Betoño desde la construcción de los campos de fútbol.

2.7.1 La regeneración de Salburúa

La hidrología de la zona está asociada a los humedales de Salburua, que a su vez ha sido un importante reclamo para el nombramiento de Vitoria como GREEN CAPITAL. Estos humedales tienen gran importancia, ya que constituyen un importante ecosistema y un espacio para la biodiversidad.

Salburua es una zona húmeda natural formada por las surgencias de agua del "Acuífero Cuaternario de Vitoria", enorme bolsa de agua en cuanto al desarrollo horizontal que se extiende bajo gran parte de la Llanada Alavesa

Antes de 1857 los humedales de Salburua contaban al menos con tres lagunas principales: Betoño, al oeste; Larregana, al norte y Arcaute, al sureste. En aquella época sin duda debían de constituir uno de los complejos lagunares más valiosos desde el punto de vista ecológico de todo el País Vasco.

En 1857 se inicia un proceso de desecación de las lagunas y de tala de los bosques para la puesta en cultivo de esos terrenos. Primero es drenada la laguna de Larregana, más tarde la de Arcaute y finalmente, a mediados del siglo XX, se deseca la laguna de Betoño.

En 1994, cuando se inician los trabajos de recuperación, del antiguo paisaje sólo quedaba un reducto de bosque, al norte de Elorriaga, y un pequeño retazo húmedo cercano a Betoño.

Los trabajos de recuperación ecológica se iniciaron con la anulación del drenaje de la laguna de Betoño. En 1998 se construyó un dique de cierre en el Canal de la Balsa, que drenaba las lagunas de Larregana y Arcaute hacia el cauce del río Alegría. Mediante estas actuaciones se ha conseguido recuperar un espacio de más de 200 hectáreas, de las cuales, en época de máxima inundación, 60 son láminas de agua. Recientemente se ha aumentado la superficie lagunar del parque al restaurarse la laguna de Duranzarra.

Las obras de restauración de Salburua sirven también como defensa contra inundaciones en el casco urbano de Vitoria-Gasteiz, que utiliza las lagunas como estanques de laminación de las avenidas extraordinarias de los ríos Santo Tomás y Errekaleor, lo que está contribuyendo a evitar los desbordamientos periódicos de estos ríos en su incorporación a la red de saneamiento, en Betoño.

Como se ha comentado, a lo largo de la historia, el acuífero de Vitoria ha estado sometido a numerosas actuaciones que han variado su conectividad, balance hídrico, calidad de las aguas, etc. Desde el siglo XIX, ha sido una constante evolución y degradación de las zonas húmedas, cuyas principales actuaciones han sido:

- 1857 Construcción canal de la Balsa, para drenaje de la Balsa de Larregana y que también afectó a la de Zurbano
- 1950 Red de zanjas de 0,5 m para descender el NF y talas de robles
- 1960 Se excavan zanjas de 2,5 m, formando una densa red que se adapta a las parcelas y se profundizan los cauces de algunos de los ríos o incluso se modifican su trazado, por ejemplo el río Alegría que desaparece al construir el Canal del río Alegría.
- 1968 Talas de robles dejando 395 Ha
- 1982 Talas de roble dejando 67 Ha y 67,5 % del cultivo es de regadío
- Cambio del cultivo de secano al de regadío:
 - Sector Oriental: Bombeo de aguas del propio acuífero
 - Sector Occidental: Uso de las aguas de ríos próximos
- 1994 Recuperación de la zona húmeda de Salburua.
 - Modificando acequias antiguas
 - Dique de arcillas en el Canal de la Balsa al norte de la Balsa de Zurbano, que permita elevar niveles piezométricos y generar láminas de agua.

A continuación se incluye una figura con la posición de las principales charcas actuales.



Figura 13. Localización actual Balsa nueva de Arcaute (1), Balsa de Arcaute (2), Balsa de Betoño (3), Balsa de la Chopera (4), Charca antiguo abrevadero (5), Charcas de Larragana (6). Fuente: Ayuntamiento de Vitoria

La obra a desarrollar, dependiendo de la solución definitiva, no tiene efectos sobre la hidrogeología e hidrología de los humedales, pese a su cercanía. Sin embargo sí constituye un potencial foco de contaminación para los suelos y las aguas subterráneas.



Figura 14. Proximidad de Betoño a Salburúa

2.7.2 Rellenos de Betoño

La zona ha sufrido varios episodios de rellenos.

Hasta los años 70 la zona era totalmente agrícola.



Figura 15. Foto aérea 1968. Uso agrícola

Entre 1975 y 1991 se ejecuta la zona deportiva de Betoño, con rellenos de tierras muy extensos.



Figura 16. Foto aérea 1977. Obras del complejo de Betoño y rellenos



Figura 17. Foto aérea 1984.

Entre 1991 y el año 2000, se produce la expansión del polígono industrial y la regeneración de Salburua, otro episodio de vertidos en la zona suroeste de la parcela.



Figura 18. Foto aérea 1999. Rellenos en la zona SW

En 2001 comienza la urbanización de Salburua y se usa la parcela como zona de acopios de tierras.



Figura 19. Foto aérea 2001. Rellenos en la zona sur de la parcela



Figura 20. Foto aérea 2002. Rellenos



Figura 21. Foto aérea 2004. Rellenos explanados



Figura 22. Foto aérea 2006. Estado final

Desde 2006 la parcela no ha tenido ningún uso y se ha ido renaturalizando progresivamente.

3 INVESTIGACIÓN REALIZADA

Se ha efectuado una investigación geotécnica básica de la parcela. Los trabajos de investigación se han desarrollado en cuatro apartados correlativos y complementarios:

- Ejecución de sondeos mecánicos y ensayo DPSH
- Toma de muestras.
- Ensayos en laboratorio sobre las muestras obtenidas
- Investigación geofísica con tomografía eléctrica

3.1 Sondeos mecánicos

Se han efectuado 3 sondeos mecánicos de 9 metros de profundidad en las zonas de vías y edificio. Se han efectuado de acuerdo con la norma: ASTM-D2113-99, XP P94-202. Sus características son:

SONDEOS	PROF.	x	Y	Z	PROF. ROCA	OBSERVACIONES
SM-1	9,0	528.390	4.745.289	+512	5,2	-
SM-2	9,0	528.317	4.745.200	+511	4,0	1,5 metros de rellenos
SM-3	9,0	528.357	4.745.177	+511	3,8	-

Tabla 1. Características de los sondeos



Figura 23. Situación de sondeos

En cada sondeo se han tomado y registrado datos relativos a:

- Cotas parciales y totales.
- Litologías atravesadas.
- Nivel piezométrico.
- Muestras tomadas.
- Ensayos SPT
- Fotografías del emplazamiento y de las cajas portatestigos.

Estos datos se han representado en el modelo de hoja de parte de sondeos que, junto con las fotografías, constituyen el Anexo nº1.

3.1.1 Toma de muestras (ASTM-D1587-00 XP P94-202)

Se han tomado las siguientes muestras inalteradas:

Sondeo	Muestras	Profundidad (m)	Observaciones
SM-1	MI-1	3,6-4,2	Arcillas marrones
SM-2	MI-1	3,0-3,6	Arcillas marrones
SM-3	MI-1	2,4-3,0	Arcillas marrones

Tabla 2. Características de las muestras inalteradas

Y los siguientes testigos parafinados:

Sondeo	Muestras	Profundidad (m)	Observaciones
SM-2	TP-1	8,0-8,4	Margocalizas grises
SM-3	TP-1	8,4-8,6	Margocalizas grises

Tabla 3. Características de los testigos parafinados

3.1.2 Ensayos SPT (UNE-103-800:1992).

Este tipo de ensayo se ha efectuado en rellenos y suelos. La puntaza utilizada ha sido hueca o abierta, salvo en los materiales más gruesos o problemáticos donde la puntaza ha sido ciega.

En la descripción de los ensayos figura también el valor N que es resultado de la suma de los valores intermedios de golpeteo (avance de 30 cm). Se han efectuado los siguientes ensayos:

Sondeo	Profundidad (m)	SPT	N	Material	Consistencia
SM-1	1,2-1,65	4-5-5	10	Arcillas	Firmes

Sondeo	Profundidad (m)	SPT	N	Material	Consistencia
SM-2	1,2-1,65	4-6-4	10	Rellenos granulares	Suelto
SM-3	1,2-1,65	2-1-3	4	Arcillas	Blando

Tabla 4. Características de los ensayos SPT

3.1.3 Nivel freático

Se ha localizado el nivel freático a las siguientes de profundidades.

Sondeo	Profundidad (m)	Material
SM-1	2,80	Arcillas
SM-2	2,60	Arcillas
SM-3	3,00	Arcillas

Tabla 5. Posición del nivel freático

3.2 Ensayos DPSH

Se ha efectuado tres ensayos DPSH en la parcela. Ha dado rechazo a una profundidad entre 4,6 y 5,2 metros. Los resultados han sido correlacionados con el valor N_{spt} y con otros parámetros geotécnicos por medio de un programa específico. Sus resultados aparecen el anexo 2.

SONDEOS	PROF.	x	Y	Z	OBSERVACIONES
DPSH-1	5,2	528.360	4.745.293	+512	Rechazo en el nivel de roca
DPSH-2	5,2	528.412	4.745.262	+511	Rechazo en el nivel de roca
DPSH-3	4,6	528.356	4.745.206	+511	Rechazo en el nivel de roca

Tabla 6. Características de los DPSH



Figura 24. Posición de los DPSH

3.3 Ensayos de laboratorio

Se han efectuado ensayos de laboratorio en las muestras encaminados a determinar su caracterización de los limos. Los ensayos se sintetizan en el cuadro adjunto y los partes de resultados aparecen el anexo 3:

TEST		Nº	RESULT
Caracterización geotécnica de suelos	Humedad	3	<i>Clasificación y caracterización de suelos.</i>
	Densidad	3	
	Granulometría	3	
	Límites de Atterberg	3	
	Sedimentación	3	
Resistencia de suelos	Compresión simple	1	<i>Cálculo Presión admisible. Cimentaciones.</i>
	Corte directo (UU)	-	
	Corte Directo (CU)	1	

TEST		Nº	RESULT
	Corte directo (CD)	1	
	Triaxial (CD)	-	
Deformabilidad de suelos	Edómetro	1	<i>Asientos. Cimentaciones.</i>
	Hinchamiento Libre	-	
	Colapso	-	
Resistencia de rocas y hormigones	Compresión simple	2	<i>Cálculo Presión admisible. Cimentaciones.</i>
	Compresión simple con galgas extensiométricas	-	
	Compresión a tracción	-	
	Martillo de Smidt*	-	
Químicos	Agresividad suelos EHE	1	<i>Agresividad de las aguas/ suelos al hormigón.</i>
	Agresividad agua EHE	1	
	Materia orgánica	-	
	Sulfatos	-	
	Sales Solubles	-	

Tabla 7. Programa de ensayos de laboratorio

3.3.1 Identificación de suelos

- Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015
- Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico. Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.
- Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019
- Ensayo de compresión no confinada, en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.
- Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.

Sondeo	Muestra	Prof. (m)	Humedad (%)	Densidad seca (g/cm3)	Densidad saturada (g/cm3)	Límites de Atterberg			Granulometría		Casagrande
						L.L.	L.P.	I.P.	T-5mm	T-0,08mm	
SM-1	MI-1	3,6-4,2	41,0	1,34	1,90	58,3	25,7	32,6	98	92,7	CH
SM-2	MI-1	3,0-3,6	25,4	1,64	2,05	39,5	19,4	20,1	85	62,5	CL
SM-3	MI-1	2,4-3,0	16,2	1,82	2,12	31,5	18,6	12,9	99	91,5	CL

Tabla 8. Caracterización de las arcillas

3.3.2 Ensayos de resistencia en suelos

- Ensayo a compresión simple de un suelo, según UNE 103 400-93.
- Ensayo de Corte Directo de una muestra de suelo, consolidado y no drenado (CU), según UNE 103,401:1998
- Ensayo de Corte Directo de una muestra de suelo, consolidado y drenado (CD), según UNE 103,401:1998

Sondeo	Muestra	Prof. (m)	Qu kPa	Cohesión drenada CD (kPa)	Ángulo de fricción interna ϕ°	Cohesión nodrenada CU (kPa)	Ángulo de fricción interna ϕ
SM-1	MI-1	3,6-4,2	44	-	-	-	-
SM-2	MI-1	3,0-3,6	-	24	21,6	39	14,1

Tabla 9. Resistencia de las arcillas

3.3.3 Ensayos de compresibilidad de suelos

- Ensayo edométrico en célula de 50 mm para seis escalones de carga y tres de descarga (presión máxima 800 KPa). Según UNE 103405/94

Sondeo	Muestra	Prof. (m)	Cc	Cs	E ₀	e
SM-3	MI-1	2,4-3,0	0,094	0,021	0,421	0,294

Tabla 10. Compresibilidad de las arcillas

3.3.4 Ensayos de caracterización y resistencia de rocas

- Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.
- Ensayo de compresión uniaxial en roca, según UNE 22950-1:1990.

Sondeo	Muestra	Prof. (m)	Qu MPa
SM-2	TP-1	8,0-8,4	37,0
SM-3	TP-1	8,4-8,6	33,9

Tabla 11. Resistencia del sustrato rocoso

3.3.5 Ensayos de agresividad en suelos.

- Determinación de la agresividad de un suelo hacia el hormigón según UNE-EN 16502, UNE 83963 y Código Estructural.

Sondeo	Muestra	Prof.(m)	Material	Acidez BAUMANN-GULLY	Ión sulfato MG/KG	Agresividad
SM-3	MI-1	2,4-3,0	Arcilla marrón	4	654	No Agresivo

Tabla 12. Agresividad de suelos al hormigón

3.3.6 Análisis químico del agua

- Determinación de la agresividad del agua de un suelo al hormigón, según Código Estructural CE.

Se ha analizado el agua del sondeo SM-1 para conocer su potencial agresividad al hormigón. Los resultados son:

Muestra	SM-2
pH	7,33
CO ₂ Agresivo (mg/l)	1
Ión Amonio	0
Ión Magnesio	9
Ión Sulfato	54
Residuo Seco	333
Agresividad al hormigón CE	No agresiva

Tabla 13. Parámetros de agresividad en aguas

Trasponiendo el Código Estructural CE, los resultados de las analíticas correspondientes a la Clasificación de la agresividad química que se ha efectuado sobre una muestra de aguas subterráneas se concluye que **las aguas subterráneas no presentan agresividad** para el hormigón.

3.4 Geofísica: Tomografía eléctrica

Se han efectuado dos perfiles de tomografía eléctrica a lo largo de la parcela con las siguientes características:

Perfil	Inicio UTM WGS84	Final UTM WGS84	Longitud
TE1	528.338 ; 4.745.163	528.418 ; 4.745.311	170 metros
TE2	528.312 ; 4.745.185	528.390 ; 4.745.325	160 metros

Tabla 14. Perfiles de tomografía eléctrica

Los perfiles resultantes muestran la configuración y potencia del aluvial, que es muy homogéneo, y la morfología del sustrato rocoso que es variable alabeada.

Aparecen los niveles de rellenos superficiales sobre el aluvial, y niveles de gravas intercaladas en la serie.

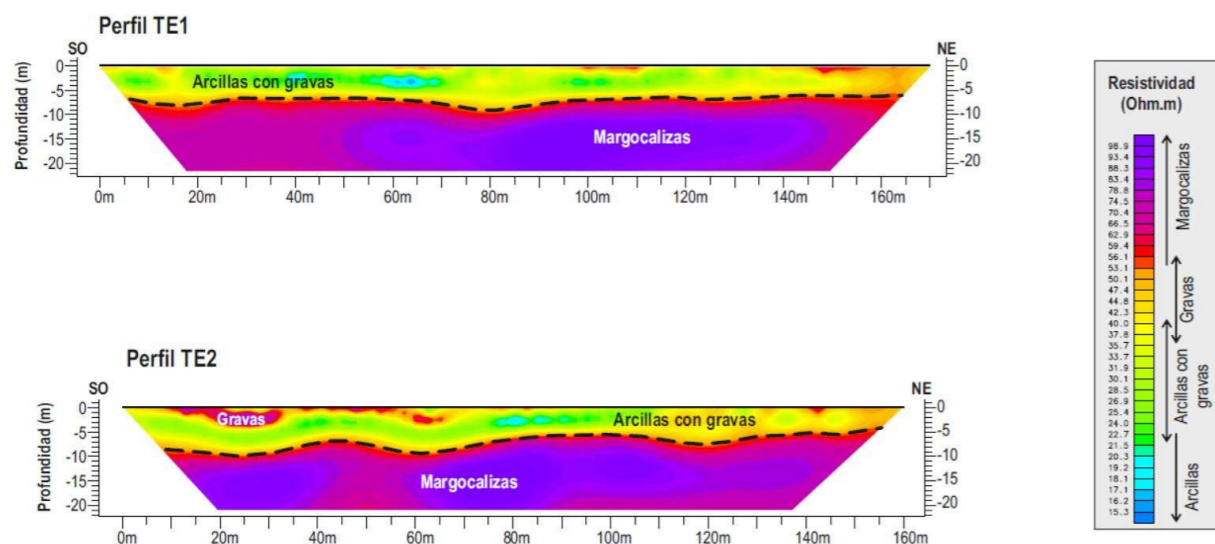


Figura 25. Resultados de la tomografía eléctrica

El informe de resultados aparece en el anexo 4.

4 GEOTECNIA

4.1 Conclusiones de la campaña de investigación.

Todos los sondeos han finalizado en el sustrato rocoso sobre los cinco metros de profundidad, y han penetrado en el hasta los 9,0 metros.

Los resultados de los sondeos indican la existencia de un relleno muy granular pero con contenido variable de finos, en la zona suroeste de la parcela. Este relleno tiene potencia de 1,5 metros, y estos sobre una capa de sedimentos arcillosos de origen aluvial, muy continuo y de una potencia de unos 4-5 metros. En la base aparecen algunos niveles de gravas. La tomografía ha puesto de manifiesto otros niveles de gravas dispersos en el nivel arcilloso. Se trata de antiguos cauces fluviales. Las arcillas son de llanura de inundación.

En la base aparece un sustrato rocoso muy continuo y estratificado en horizontal, con abundantes zonas fracturadas, sobre todo en el contacto con el aluvial superior.

El nivel freático se situaba entre los 2 y 3 metros en las arcillas.

4.2 Perfil geotécnico

Con los resultados de los sondeos se han confeccionado varios perfiles geotécnicos interpretando la estructura del subsuelo.

4.2.1 Niveles geotécnicos.

A partir de las columnas litológicas se ha podido diferenciar una serie de niveles geotécnicos representativos. Se han diferenciado:

Niveles geotécnicos	Descripción
Rellenos artificiales granulares R	Se trata de los rellenos realizados en la zona sur oeste en diversas épocas. Son tierras con gravas que han sido extendidas sobre la superficie y se han homogenizado con la morfología de la zona. Se han localizado en algún sondeo. Pese a su extensión su potencia no sobrepasa 1,0 a 1,5 metros
Arcillas marrones A	Nivel superficial del aluvial constituido por arcillas marrones con contenidos variables de arenas y gravillas, que cubre toda la superficie de una forma homogénea. Tiene una potencia variable que ha oscila entre los 5,2 y 3,8 metros en los sondeos realizados
Niveles basales Arcillas con gravas B	Nivel basal del aluvial. Se trata de arcillas con gravas de tamaño centimétrico y arenas. No se ha localizado un nivel de gravas como tal. Este nivel tampoco es homogéneo ya que solo aparece en dos de los sondeos, y debe estar ligado a la morfología del sustrato. Su potencia es inferior a 1 metro.
Sustrato rocoso fracturado C	Es la parte superior del sustrato rocoso que presenta una intensa fracturación y que constituye una capa acuífera por figuración muy transmisora. Esta

Niveles geotécnicos	Descripción
	capa de fracturación es variable pero puede llegar a tener espesores de hasta 3-4 metros. Es muy importante, desde el punto de vista hidrogeológico por su transmisividad.
Sustrato rocoso sano D	Alternancia de margas y margocalizas en niveles de potencia centimétrica a decimétrica, y con buzamientos prácticamente horizontales. Presentan tramos fracturados intercalados y un sistema de diaclasas.

Tabla 15. Niveles geotécnicos

4.3 Caracterización de las formaciones superficiales

4.3.1 Rellenos artificiales: R

Ocupan casi la mitad sur oeste de la parcela con potencias muy desiguales, pero no superiores a 1,5 metros. Han sido investigados con DPSH con los siguientes valores:

Estrato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso específico (t/m³)	Peso específico saturado (t/m³)	Ángulo de resistencia al corte (°)	Módulo Edométrico (Kg/cm²)	Módulo Elástico (Kg/cm²)	Módulo Poisson	Módulo de corte G (Kg/cm²)	Velocidad ondas de corte (m/s)
Relleno	2,2	36,67	Sin cohesión	1,76	2,09	38,27	220,02	258,35	0,28	1129,03	136,13

Tabla 16. Parámetros de los rellenos

4.3.2 Arcillas marrones y arcillas con gravas: A y B

Se trata de una formación superficial aluvial de tipo arcillosa de una potencia de entre 3 y 4,5 metros. Se ha investigado con ensayos SPT y ensayos de laboratorio, y se cataloga como arcillas tipo CL con algunas gravas. Sus parámetros deducidos de los ensayos son:

Sondeo	Muestra	Prof. (m)	Humedad (%)	Densidad seca (g/cm³)	Densidad saturada (g/cm³)	Límites de Atterberg			Granulometría		Casagrande
						L.L.	L.P.	I.P.	T-5mm	T-0,08mm	
SM-1	MI-1	3,6-4,2	41,0	1,34	1,90	58,3	25,7	32,6	98	92,7	CH
SM-2	MI-1	3,0-3,6	25,4	1,64	2,05	39,5	19,4	20,1	85	62,5	CL
SM-3	MI-1	2,4-3,0	16,2	1,82	2,12	31,5	18,6	12,9	99	91,5	CL
Media			27,5	1,6	2,0	43,1	21,2	21,9	94,0	82,2	

Tabla 17. Caracterización del nivel de arcillas aluviales

Cohesión No drenada CU (kPa)	Ángulo de fricción interna ϕ	Cohesión drenada CD (kPa)	Ángulo de fricción interna ϕ^o
24	21,6	39	14,1

Tabla 18. Parámetros resistentes de las arcillas

Se y arcillas con algunas gravas. Están en estado plástico ya su humedad es algo superior al límite plástico, lo que indica que se pueden deformarse frente a cargas.

4.4 Caracterización del sustrato rocoso: C y D

El sustrato presenta una secuencia muy potente de una alternancia de niveles de margas y margocalizas semihorizontales con fracturación muy intensa en los primeros metros. Sus características son:

4.4.1 Dureza

Se trata de una roca blanda a media. Los valores de resistencia a compresión son:

Sondeo	Muestra	Prof. (m)	Material	Qu MPa
SM-2	TP-1	8,0-8,4	Margocalizas	37,0
SM-3	TP-1	8,4-8,6	Margocalizas	33,9
Media				35,4

4.4.2 Discontinuidades

Se trata de una formación estratificada que se abre principalmente por la estratificación, sobre todo por el contacto entre los niveles de margas y margocalizas. Esto es muy patente en las zonas más superficiales, en contacto con el aluvial.

Además existe un juego de fracturas formado por dos diaclasas ortogonales en ellas que se manifiesta de forma esporádica.

4.4.3 RQD

El valor del RQD es elevado para todos los sondeos, sobre 90-1000%, pero con algunos tramos muy fracturados sobre todo el tramo más superficial. Tiene una calidad rocosa buena.

4.4.4 Meteorización

La parte superior tiene un nivel de meteorización G-IV de una potencia entre 1 y 3 metros. Grado III para las zonas fracturadas y G-II para el macizo sano, aunque las fracturas suelen aparecer con rellenos arcillosos. En general se puede asociar todo el macizo rocoso a un G-II.

5 ZONACIÓN GEOTECNICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1 Características litológicas y tectónicas

La superficie está compuesta por arcillas mayoritariamente, con acumulaciones parciales de rellenos de escombros con arcillas. En la base del nivel de arcillas aparecen algunos cantos y gravas redondeadas. Este nivel arcilloso tiene una potencia entre 4 y 5 metros, y constituye un nivel de sedimentos aluviales.

Bajo el, aparece un sustrato formado por margocalizas grises estratificados en niveles de potencia centimétrica y configuración horizontal. La zona de contacto entre el sustrato y los sedimentos aluviales está muy fracturada.

5.2 Características geomorfológicas

Se trata de una zona plana, con rugosidad debido a los vertidos realizados.

5.3 Características hidrológicas

Pertenece al Unidad Hidrogeológica del Cuaternario de Vitoria, que forma un acuífero libre, de recarga directa de la precipitación y de la red fluvial. En esta zona los sedimentos aluviales tienen una permeabilidad media y solamente los niveles de gravas son transmisibles. Sin embargo es el nivel superior de roca fracturada el que tiene un comportamiento acuífero, acumulando y circulando agua.

La altura del nivel freático está regulada por la posición de los humedales de Salburua, que ejercen de nivel de base local. Por este motivo se encuentran tan alto

5.4 Características geomecánicas

Este aluvial está compuesto por arenas, gravas y limos, con un contenido de finos que puede llegar al 75%.

En los ensayos SPT el índice N en el nivel de limos superficiales suele oscilar entre 4 y 12, y entre 35 y 50 en el nivel inferior de gravas, presentando golpes irregulares, clasificándose como blando en la zona superior y denso a muy denso en la inferior.

Debajo del nivel de gravas suele parecer el sustrato rocoso fracturado, con valores de N spt de rechazo.

5.5 Características constructivas

5.5.1 Condiciones de cimentación

Es aconsejable la cimentación con zapatas superficiales y losas en el nivel de arcillas aluviales. En este nivel puede cimentarse con presiones admisibles de 1,0 a 1,5 kg/cm². El nivel basal de gravas no se verificó que tenga la potencia ni consistencia suficiente para cimentar en él.

También se puede apoyar en el sustrato rocoso mediante pozos de cimentación de una profundidad entre 4, 5 metros.

5.5.2 Excavabilidad

Los limos y arcillas son materiales blandos, excavables con cazo. La roca fracturada superior es excavable previo rípiado con la pala del cazo.

5.5.3 Estabilidad de taludes

Para alturas bajas, sobre 3 metros, pueden cortarse taludes temporalmente verticales o subverticales, debiéndose entibar, zanjas, pozos y excavaciones que lleven abiertos varios días, sobre todo en época de lluvias o con personal trabando en ellos.

Para taludes a largo plazo hay que diseñar taludes inferiores a 30° en los limos superficiales.

5.5.4 Empujes sobre las contenciones

En general serán altos, para lo que se deberán considerar la ejecución de elementos de sostenimiento en las excavaciones. Los parámetros a considerar son:

- Ángulo de rozamiento interno 25° en limos y 33° en gravas
- Cohesión nula
- Peso específico de 1,9 t/m³, por encima del nivel freático

5.5.5 Aptitud para préstamos

Los limos consideran inadecuados para préstamos, aunque localmente el PG-3 de carreteras y puentes los puedan considerar como Tolerables.

Las gravas inferiores, eliminando los bolos de 15 cm, pueden considerarse como tolerables a adecuados según PG-3.

5.5.6 Aptitud para explanadas de carretera

Los suelos limosos se consideran marginales con explanada E-0 y localmente E-1.

5.5.7 Obras subterráneas

Presentan unos condicionamientos de ejecución difíciles.

6 YACIMIENTOS

No existen yacimientos de materiales de construcción cercanos a la zona de estudio.

7 RIESGOS NATURALES

7.1 Introducción

Una de las partes esenciales de los condicionantes de un lugar es su exposición a riesgos naturales de carácter geológico, que deben ser tenidos en cuenta en la planificación.

La zona del sur de Vitoria es un área muy estable debido a su relieve, que amortigua los procesos naturales. Desde este punto de vista los posibles riesgos existentes son:

7.2 Riesgo sísmico

Históricamente, la sismicidad del País Vasco se puede considerar como baja, tanto debido al número de sismos registrados en su territorio como a sus características, todos ellos de magnitudes e intensidades que se pueden considerar como poco importantes. Sin embargo, en sus proximidades se localizan una serie de zonas donde se pueden producir sismos de mayor magnitud, que pueden llegar a producir daños en el territorio de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

7.2.1 Sismicidad histórica

Estos datos de sismicidad histórica ponen de manifiesto que existen muy pocos terremotos con incidencia en el País Vasco.

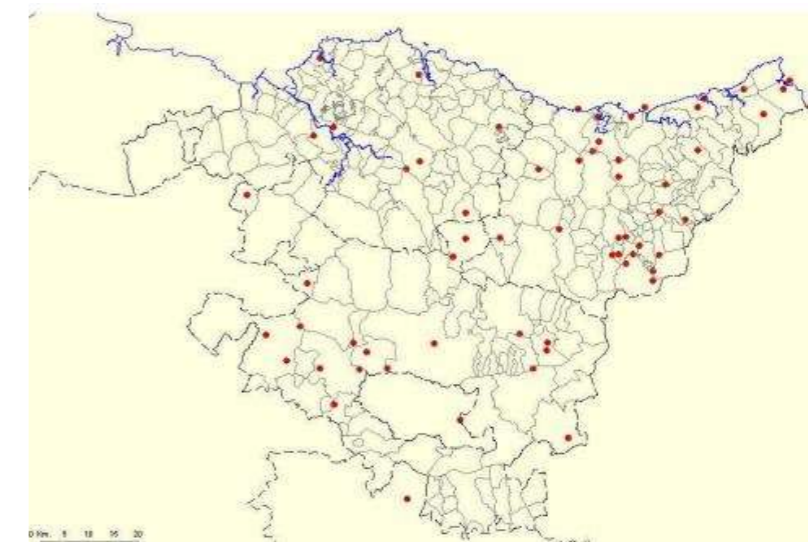


Figura 26. Sismo históricos en el País Vasco.

7.2.2 Zonación sísmica

En áreas de baja o muy baja sismicidad, como es el caso del País Vasco, se suele realizar una estimación de la peligrosidad en base a la definición de zonas de semejantes características geológicas y sísmicas. En el País vasco se han establecido cinco zonas. La zona de Vitoria corresponde a la zona 3.

Zona 3: Anticlinorio de Bilbao-Plataforma Alavesa: En esta zona, los sismos registrados se localizan en la banda tectónica asociada a la falla de Bilbao y en su borde meridional, en el contacto con el domino del Sinclinal de Miranda-Treviño. El sismo de mayor magnitud registrado localizado en esta zona (3.8), corresponde al sismo ocurrido en los alrededores de Salvatierra en 1965. Aunque esta zona no era preferente dentro del proyecto GASPI, se llegaron a registrar 7 eventos situados al SE de Gasteiz con magnitudes de entre 2 y 2.5 y a profundidades de entre 2 y 14 km. Estos movimientos fueron asociados con la línea de diapiros alaveses. Este alineamiento, paralelo a las estructuras principales de la cuenca Vasco-Cantábrica, es la expresión superficial de una falla profunda cubierta bajo sedimentos Cretácicos y Terciarios y definida en diversos perfiles sísmicos comerciales (García-Mondejar, 1996; Cámara, 1997; Gómez et al., 2002). Estos terremotos podrían estar asociados a movimientos en profundidad de la falla o con el ascenso y empuje de los diapiros



Figura 27. Zonación sísmica del País Vasco

7.2.3 Evaluación de la peligrosidad sísmica

La evaluación de la peligrosidad sísmica se evalúa por diferentes métodos. Aquí se exponen los resultados del método determinista, está basado en considerar que la sismicidad en una determinada región en el futuro será igual a la pasada en el mismo territorio. Teniendo en cuenta este punto de partida, este método utiliza de modo casi exclusivo el catálogo de sismos históricos para hacer la estimación de la probabilidad de ocurrencia de un sismo de una determinada magnitud en el futuro.

Para establecer esta evaluación se han considerado los sismos del Catálogo Histórico ocurridos en el País Vasco y sus alrededores de mayor intensidad. Se trata de los sismos de Arnedillo y St Jean les Vieux.

Basándose en la atenuación de la intensidad y teniendo en cuenta las intensidades notadas según la información del catálogo sísmico se ha completado un mapa determinista de intensidades máximas notadas en el País Vasco en cada uno de los municipios del País Vasco, sin que en ningún caso se supere la intensidad VI.

Como puede apreciarse la zona de estudio comprende una banda donde se pueden producir movimientos sísmicos máximos de V.

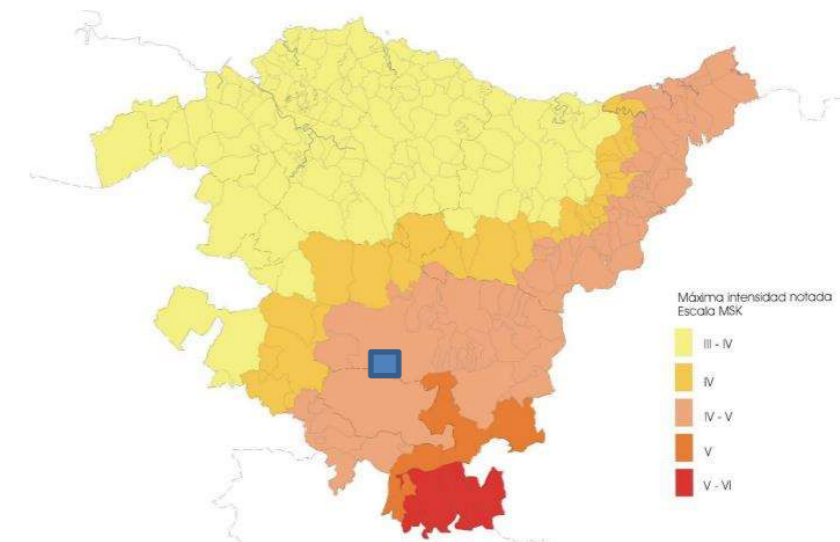


Figura 28. Peligrosidad sísmica

7.2.4 Aplicabilidad de la norma sismorresistente

Según la norma de construcción sismorresistente NCSR-02 la zona de Vitoria tiene una aceleración sísmica básica menor a 0,04 g, lo que hace que no sea obligatorio su cumplimiento.

7.3 Inundabilidad

Según el Mapa de Inundabilidad de los ríos y arroyos de CAPV la zona de estudio no está afectada por fenómenos de inundabilidad.

- Inundabilidad de 10 años de periodo de retorno
- Inundabilidad de 100 años de periodo de retorno
- Inundabilidad de 500 años de periodo de retorno

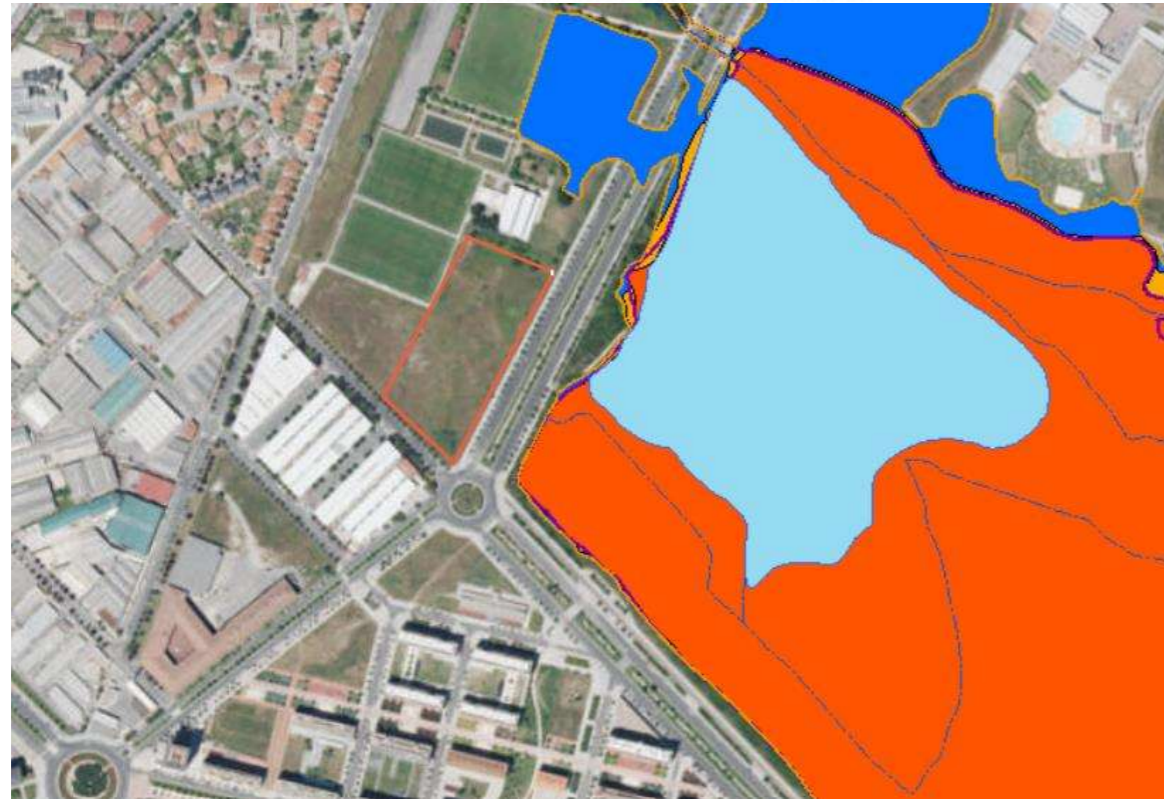


Figura 29. Inundabilidad de la zona

7.4 Agresividad al hormigón

Los aluviales de esta zona no se consideran agresivos al hormigón, de acuerdo con el Código Estructural. Las aguas subterráneas tampoco presentan agresividad al hormigón.

7.5 Exposición al Radón.

De acuerdo con el CTE: DB-HS Salubridad, HS 6 Protección frente a la exposición al Radón, Vitoria no se encuentra entre los municipios que puedan presentar concentraciones de radón superiores al nivel de referencia.

7.6 Otros riesgos

Se descartan la subsidencia y colapso de los materiales aluviales, salvo episodios muy puntuales de piping.

Tampoco existen problemas de inestabilidades naturales.

Bilbao, a 28 de agosto de 2024

Fdo. Alfonso Aizpiri

Geólogo, colegiado ICOG nº 2-180

ENSAYO PENETROMÉTRICO DINÁMICO

Cliente: Obra: Localidad:	
---------------------------------	--

Características Técnico-Instrumentales Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Ref. Norma	DIN 4094
Peso masa de golpeo	63,5 Kg
Altura de caída libre	0,75 m
Peso sistema de golpeo	8 Kg
Diámetro puntaza cónica	50,46 mm
Área de base puntaza	20 cm ²
Largo del varillaje	1 m
Peso varillaje al metro	6,3 Kg/m
Profundidad niple primer varillaje	0,80 m
Avance puntaza	0,20 m
Número golpes por puntaza	N(20)
Coefic. correlación	1,504
Revestimiento/lodos	NO
Ángulo de apertura puntaza	90 °

Anexo 02. Ensayos DPSH

Signature 1

Signature 2

ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... sept ecc.)

Notas ilustrativas – Diferentes tipologías de penetrómetros dinámicos

El ensayo penetrométrico dinámico consiste en hincar en el terreno una punta cónica (en tratos consecutivos δ) midiendo el número de golpes N necesarios.

Los ensayos Penetrométricos Dinámicos son muy conocidos e utilizados en el campo por los geólogos y geotécnicos dada su simplicidad ejecutiva, economía y rapidez de ejecución.

Su elaboración, interpretación y visualización gráfica consiente "catalogar y crear parámetros" del suelo atravesándolo con una imagen continua, que permite también hacer una comparación de las durezas de los diferentes niveles atravesados y una correlación directa con sondeos para la determinación estratigráfica.

La sonda penetrométrica permite además reconocer bastante bien el espesor de los mantos del subsuelo, la cota de eventuales niveles freáticos y superficies de rotura sobre los taludes, así como la consistencia del terreno en general.

La utilización de los datos recabados de correlaciones indirectas y haciendo referencia a varios autores, debe de todas formas hacerse con cautela y si es posible, después de experiencias geológicas adquiridas en la zona.

Los elementos característicos del penetrómetro dinámico son los siguientes:

- peso masa de golpeo M
- altura de caída libre H
- punta cónica: diámetro base cono D, área base A (ángulo de apertura α)
- Avance (penetración) δ
- presencia o no del revestimiento externo (lodos bentoníticos).

Con referencia a la clasificación ISSMFE (1988) de los diferentes tipos de penetrómetros dinámicos (ver la tabla abajo) se da una primer subdivisión en cuatro clases (con base en el peso M de la masa de golpeo):

- tipo LIVIANO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESADO (DPH)
- tipo SUPERPESADO (DPSH)

Clasificación ISSMFE de los penetrómetros dinámicos:

Tipo	Sigla de referencia	peso de la masa M (Kg)	Prof. Máx. estudio golpeo (m)
Liviano	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesado	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Súper pesado (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Correlación con N_{spt}

Ya que el ensayo de penetración estándar (SPT) representa hoy en día uno de los medios más conocidos y económicos para adquirir información sobre el subsuelo, la mayor parte de las correlaciones existentes tienen que ver con los valores del número de golpes N_{spt} obtenido con dicha prueba, por lo tanto se presenta la necesidad de relacionar el número de golpes de un ensayo dinámico con N_{spt}. El pasaje se da por:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Donde:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

en donde Q es la energía específica por golpe y Q_{spt} es la referida a la prueba SPT.

La energía específica por golpe se calcula como sigue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

donde

- M = peso masa de golpeo;
- M' = peso varillaje;
- H = altura de caída;
- A = área base punta cónica;
- δ = intervalo de avance.

Valuación resistencia dinámica a la punta (R_{pd})

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- R_{pd} = resistencia dinámica punta (área A)
- e = hincas promedio por golpe δ / N
- M = peso masa de golpeo (altura caída H)
- P = peso total varillaje sistema golpeo

Metodología de Elaboración

Las elaboraciones han sido efectuadas mediante un programa de cálculo automático, Dynamic Probing, de GeoStru Software. El programa calcula el porcentaje de energías transmitidas (coeficiente de correlación con SPT) con las elaboraciones propuestas por Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permite además utilizar los datos obtenidos de la realización de ensayos de penetración dinámica para extrapolar útiles informaciones geotécnicas y geológicas.

Una vasta experiencia adquirida, unida a una buena interpretación y correlación permiten a menudo obtener datos útiles para el proyecto y frecuentemente datos más verídicos que muchos de los de las bibliografías sobre litologías y datos geotécnicos determinados en las verticales litológicas de pocos ensayos de laboratorio efectuados como representación general de una vertical heterogénea no uniforme y/o compleja.

En particular obtener información sobre:

- El avance vertical y horizontal de los intervalos estratigráficos,
- la caracterización litológica de las unidades estratigráficas,
- los parámetros geotécnicos sugeridos por varios autores en función de los valores del número de golpes y de la resistencia en la punta.

Evaluaciones estadísticas y correlaciones

Elaboración estadística

Permite la elaboración estadística de los datos numéricos de Dynamic Probing, utilizando en el cálculo valores representativos del estrato considerado un valor inferior o mayor al promedio aritmético del estrato (de por sí el dato mayormente utilizado); los valores posibles son:

Promedio

Promedio aritmético de los valores del número de golpes en el estrato considerado.

Promedio mínimo

Valor estadístico inferior al promedio aritmético de los valores del número de golpes en el estrato considerado.

Máximo

Valor máximo de los valores del número de golpes en el estrato considerado.

Mínimo

Valor mínimo de los valores del número de golpes en el estrato considerado.

Desviación estándar

Valore estadístico de desviación de los valores del número de golpes en el estrato considerado.

Promedio + s

Promedio + desviación (valor estadístico) de los valores del número de golpes en el estrato considerado.

Promedio - s

Promedio - desviación (valor estadístico) de los valores del número de golpes en el estrato considerado.

Presión admisible

Presión admisible específica en el ínter estrato (con efecto de reducción energía por plegamiento varillaje o no) calculada según las conocidas elaboraciones propuestas por Herminier, aplicando un coeficiente de seguridad (generalmente = 20-22) que corresponde a un coeficiente de seguridad standard de las cimentaciones igual a 4, con una geometría standard de longitud igual a 1 mt. Y empotramiento d = 1 mt.

ENSAYO...P-1

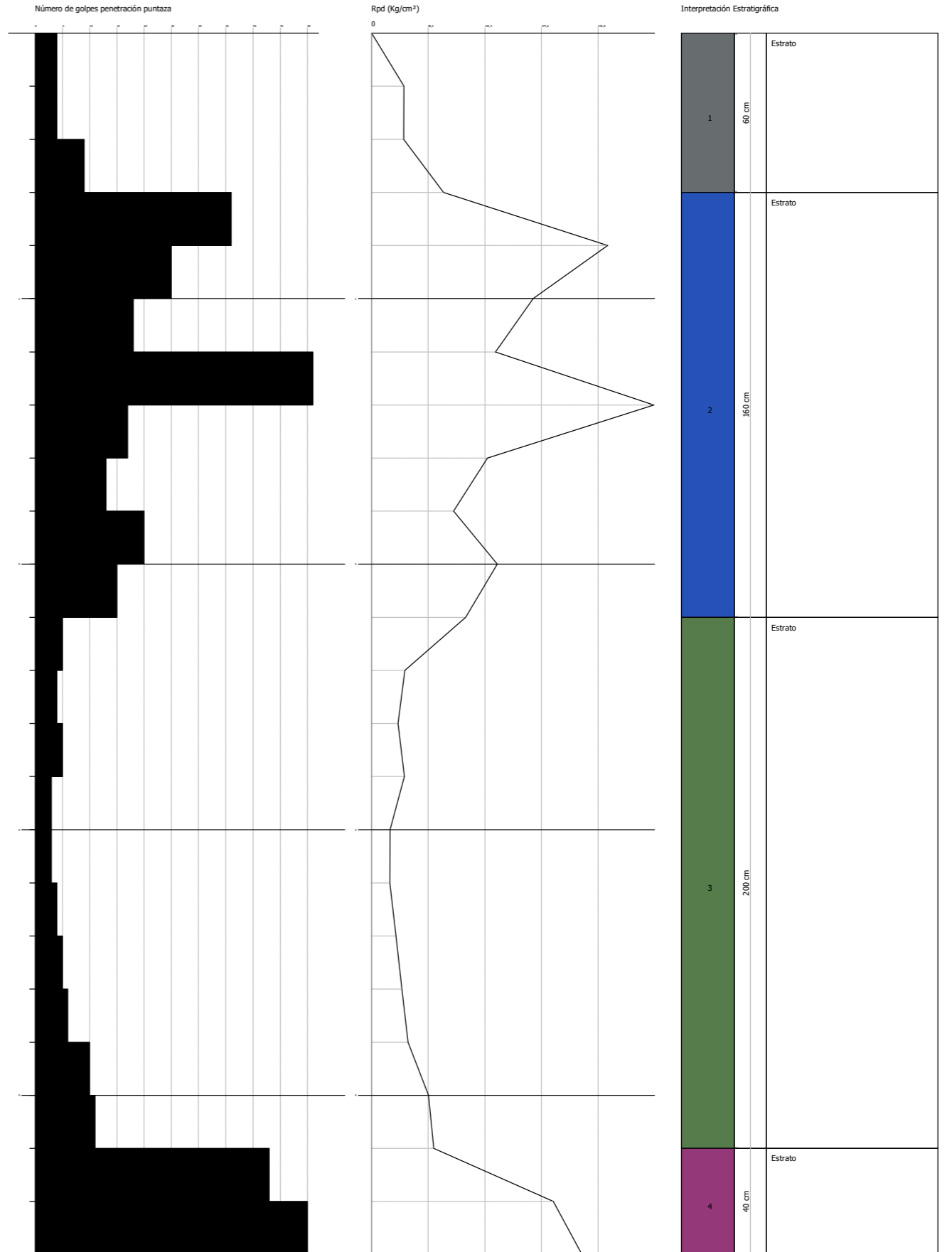
Equipo utilizado... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Ensayo realizado el 26/06/2024
 Profundidad ensayo 4,60 mt
 No se encontró NF

Tipo de elaboración: Medio

Profundidad (m)	Nº de golpes	Cálculo coef. reducción sonda Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm²)	Res. dinámica (Kg/cm²)	Pres. admisible con reducción Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. admisible Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	4	0,855	33,22	38,87	1,66	1,94
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	9	0,847	74,08	87,46	3,70	4,37
0,80	36	0,693	242,56	349,84	12,13	17,49
1,00	25	0,740	166,26	224,75	8,31	11,24
1,20	18	0,786	127,23	161,82	6,36	8,09
1,40	51	0,633	290,16	458,48	14,51	22,92
1,60	17	0,780	119,14	152,83	5,96	7,64
1,80	13	0,776	90,73	116,87	4,54	5,84
2,00	20	0,773	129,33	167,27	6,47	8,36
2,20	15	0,770	96,61	125,45	4,83	6,27
2,40	5	0,817	34,17	41,82	1,71	2,09
2,60	4	0,814	27,24	33,45	1,36	1,67
2,80	5	0,811	33,93	41,82	1,70	2,09
3,00	3	0,809	18,97	23,46	0,95	1,17
3,20	3	0,806	18,91	23,46	0,95	1,17
3,40	4	0,803	25,13	31,27	1,26	1,56
3,60	5	0,801	31,31	39,09	1,57	1,95
3,80	6	0,798	37,45	46,91	1,87	2,35
4,00	10	0,796	58,43	73,40	2,92	3,67
4,20	11	0,794	64,09	80,74	3,20	4,04
4,40	43	0,591	186,68	315,63	9,33	15,78
4,60	50	0,589	216,26	367,01	10,81	18,35

ESTIMACIÓN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ENSAYO P-1

Estrato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso específico (t/m³)	Peso específico saturado (t/m³)	Ángulo de resistencia al corte (°)	Cohesión no drenada (Kg/cm²)	Módulo Edométrico (Kg/cm²)	Módulo Elástico (Kg/cm²)	Módulo Poisson	Módulo de corte G (Kg/cm²)	Velocidad ondas de corte (m/s)
Suelo	0,6	8,53	Cohesivo	1,92	2,11	--	0,58	---	77,70	--	--	78,57
Relleno	2,2	36,67	Sin cohesión	1,76	2,09	38,27	--	220,02	258,35	0,28	1129,03	136,13
arcillas	4,2	8,42	Cohesivo	1,92	2,11	--	0,57	---	76,43	--	--	123,79
Roca	4,6	69,94	Cohesivo	2,50	2,50	--	4,72	---	783,91	--	--	189,87



ENSAYO...P-2

Equipo utilizado... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Ensayo realizado el 26/06/2024
 Profundidad ensayo 5,20 mt
 No se encontró NF

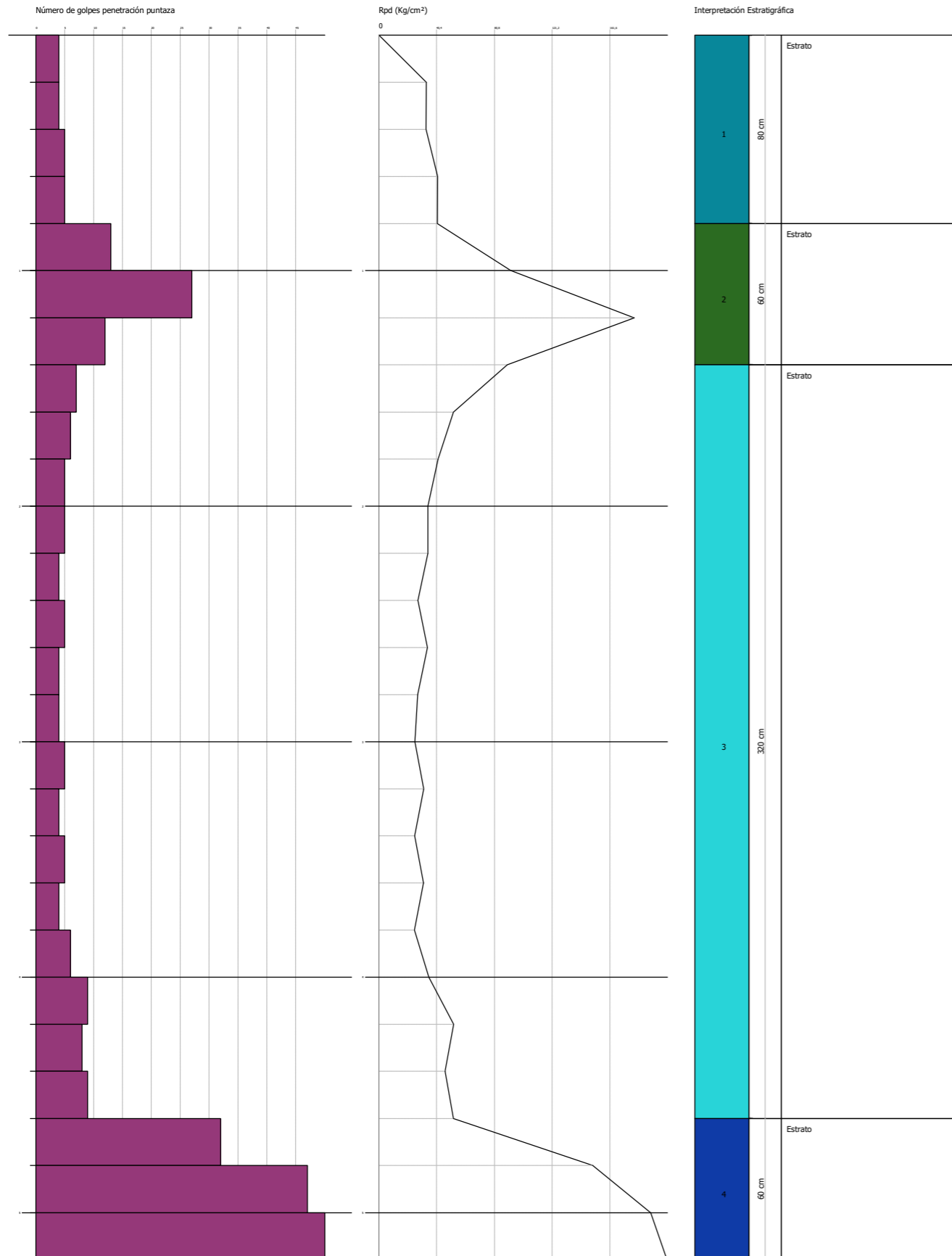
Tipo de elaboración: Medio

Profundidad (m)	Nº de golpes	Cálculo coef. reducción sonda Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm²)	Res. dinámica (Kg/cm²)	Pres. admisible con reducción Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. admisible Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	4	0,855	33,22	38,87	1,66	1,94
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	5	0,847	41,16	48,59	2,06	2,43
0,80	5	0,843	40,98	48,59	2,05	2,43
1,00	13	0,790	92,30	116,87	4,61	5,84
1,20	27	0,736	178,71	242,73	8,94	12,14
1,40	12	0,833	89,85	107,88	4,49	5,39
1,60	7	0,830	52,20	62,93	2,61	3,15
1,80	6	0,826	44,57	53,94	2,23	2,70
2,00	5	0,823	34,42	41,82	1,72	2,09
2,20	5	0,820	34,29	41,82	1,71	2,09
2,40	4	0,817	27,34	33,45	1,37	1,67
2,60	5	0,814	34,05	41,82	1,70	2,09
2,80	4	0,811	27,14	33,45	1,36	1,67
3,00	4	0,809	25,29	31,27	1,26	1,56
3,20	5	0,806	31,51	39,09	1,58	1,95
3,40	4	0,803	25,13	31,27	1,26	1,56
3,60	5	0,801	31,31	39,09	1,57	1,95
3,80	4	0,798	24,97	31,27	1,25	1,56
4,00	6	0,796	35,06	44,04	1,75	2,20
4,20	9	0,794	52,43	66,06	2,62	3,30
4,40	8	0,791	46,47	58,72	2,32	2,94
4,60	9	0,789	52,14	66,06	2,61	3,30
4,80	32	0,637	149,65	234,89	7,48	11,74
5,00	47	0,585	190,20	325,11	9,51	16,26
5,20	50	0,583	201,64	345,86	10,08	17,29



ESTIMACIÓN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ENSAYO P-2

Estrato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso específico (t/m³)	Peso específico saturado (t/m³)	Ángulo de resistencia al corte (°)	Cohesión no drenada (Kg/cm²)	Módulo Edométrico (Kg/cm²)	Módulo Elástico (Kg/cm²)	Módulo Poisson	Módulo de corte G (Kg/cm²)	Velocidad ondas de corte (m/s)
arcillas	0,8	6,77	Cohesivo	1,85	1,89	--	0,42	---	57,46	--	--	79,8
gravas	1,4	26,06	Sin cohesión	1,66	2,03	35,3	--	156,36	205,30	0,3	916,37	122,48
arcillas	4,6	8,45	Cohesivo	1,92	2,11	--	0,57	---	76,78	--	--	122,34
Roca	5,2	64,67	Cohesivo	2,50	2,50	--	4,37	---	723,31	--	--	191,24



ENSAYO...P-3

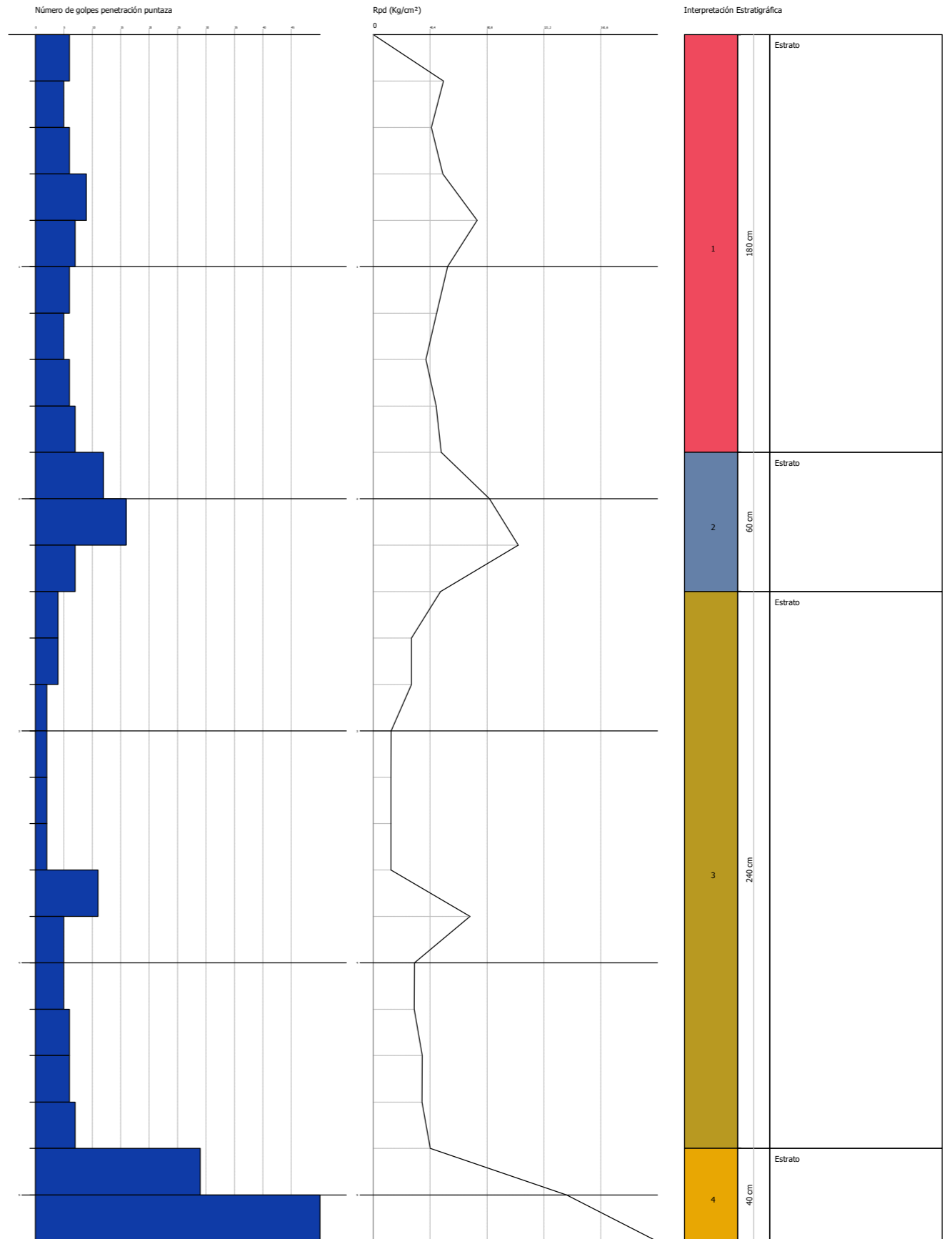
Equipo utilizado... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)
 Ensayo realizado el 26/06/2024
 Profundidad ensayo 5,20 mt
 No se encontró NF

Tipo de elaboración: Medio

Profundidad (m)	Nº de golpes	Cálculo coef. reducción sonda Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm²)	Res. dinámica (Kg/cm²)	Pres. admisible con reducción Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. admisible Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	6	0,855	49,83	58,31	2,49	2,92
0,40	5	0,851	41,34	48,59	2,07	2,43
0,60	6	0,847	49,39	58,31	2,47	2,92
0,80	9	0,843	73,76	87,46	3,69	4,37
1,00	7	0,840	52,84	62,93	2,64	3,15
1,20	6	0,836	45,11	53,94	2,26	2,70
1,40	5	0,833	37,44	44,95	1,87	2,25
1,60	6	0,830	44,75	53,94	2,24	2,70
1,80	7	0,826	52,00	62,93	2,60	3,15
2,00	12	0,823	82,61	100,36	4,13	5,02
2,20	16	0,770	103,05	133,81	5,15	6,69
2,40	7	0,817	47,84	58,54	2,39	2,93
2,60	4	0,814	27,24	33,45	1,36	1,67
2,80	4	0,811	27,14	33,45	1,36	1,67
3,00	2	0,809	12,65	15,64	0,63	0,78
3,20	2	0,806	12,60	15,64	0,63	0,78
3,40	2	0,803	12,56	15,64	0,63	0,78
3,60	2	0,801	12,52	15,64	0,63	0,78
3,80	11	0,798	68,67	86,00	3,43	4,30
4,00	5	0,796	29,22	36,70	1,46	1,84
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	6	0,791	34,86	44,04	1,74	2,20
4,60	6	0,789	34,76	44,04	1,74	2,20
4,80	7	0,787	40,44	51,38	2,02	2,57
5,00	29	0,685	137,41	200,60	6,87	10,03
5,20	50	0,583	201,64	345,86	10,08	17,29

ESTIMACIÓN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ENSAYO P-3

Estrato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso específico (t/m³)	Peso específico saturado (t/m³)	Ángulo de resistencia al corte (°)	Cohesión no drenada (Kg/cm²)	Módulo Edométrico (Kg/cm²)	Módulo Elástico (Kg/cm²)	Módulo Poisson	Módulo de corte G (Kg/cm²)	Velocidad ondas de corte (m/s)
arcillas	1,8	9,52	Sin cohesión	1,47	1,92	30,67	--	---	---	0,34	495,29	98,99
gravas	2,4	17,55	Sin cohesión	1,57	1,98	32,91	--	105,30	162,75	0,32	719,72	129,59
arcillas	4,8	7,02	Cohesivo	1,86	1,90	--	0,44	---	60,33	--	--	122,72
Roca	5,2	59,41	Cohesivo	2,50	2,50	--	4,01	---	662,82	--	--	189,19





LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15901	2056	201400	AR.2024/245	21/08/2024

ACTA DE RESULTADOS

CLIENTE / OBRA / EXP.: 450 / 4684/ 100296

450: Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L., C/. Euskalduna
5 exterior 1º derecha, 48008-Bilbao, Bizkaia
ESB48646558

Ensayos varios de laboratorio
Muestras IG

DESTINATARIO

R-08-8

Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L.
C/. Euskalduna 5 exterior 1º derecha
48008-Bilbao
Bizkaia

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: SM-2 TP-1 (De 8,0 a 8,4 m)

PROCEDENCIA: VITORIA (BETOÑO) (IG24005)

FECHA DE MUESTREO: 05/08/2024

ENSAYOS REALIZADOS

Ensayo de compresión uniaxial en roca, según UNE 22950-1:1990.

Anexo 03. Ensayos Laboratorio

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15901	2056	201400	AR.2024/245	21/08/2024

R-08-8



LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15902	2057	201400	AR.2024/245	21/08/2024

ACTA DE RESULTADOS

DESTINATARIO

R-08-8

Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L.
C/. Euskalduna 5 exterior 1º derecha
48008-Bilbao
Bizkaia

CLIENTE / OBRA / EXP.: 450 / 4684/ 100296

450: Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L., C/. Euskalduna
5 exterior 1º derecha, 48008-Bilbao, Bizkaia
ESB48646558

Ensayos varios de laboratorio
Muestras IG

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: SM-3 TP-1 (De 8,4 a 8,6 m)

PROCEDENCIA: VITORIA (BETOÑO) (IG24005)

FECHA DE MUESTREO: 05/08/2024

ENSAYOS REALIZADOS

Ensayo de compresión uniaxial en roca, según UNE 22950-1:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.

COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCA Según norma UNE 22-950-90 Parte 1.	
Localización	SM-2 TP-1 (De 8,0 a 8,4 m)
Orientación del eje de carga.	Aspecto masivo
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)
Diámetro	mm 61,4
Altura	mm 164,9
Forma de rotura	Según eje de carga
Carga de rotura	N 109564
Resistencia a compresión uniaxial	MPa 37,0
Desviaciones respecto a la Norma	No

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm² = 10.2 kg/cm²

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial



LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15902	2057	201400	AR.2024/245	21/08/2024

R-08-8



LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15903	2058	201312	AG.2024/66	21/08/2024

ACTA DE RESULTADOS

DESTINATARIO

R-08-8

Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L.
C/. Euskalduna 5 exterior 1º derecha
48008-Bilbao
Bizkaia

CLIENTE / OBRA / EXP.: 450 / 4684/ 100296

450: Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L., C/. Euskalduna
5 exterior 1º derecha, 48008-Bilbao, Bizkaia
ESB48646558

Ensayos varios de laboratorio
Muestras IG

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Agua

PROCEDENCIA: VITORIA (BETOÑO) (IG24005)

FECHA DE MUESTREO: 25/07/2024

ENSAYOS REALIZADOS

Análisis químico de aguas para determinar su agresividad hacia el hormigón, realizando los ensayos según normas UNE 83,952, UNE-EN 13,577, UNE 83,954, UNE 83,955, UNE 83,956 y UNE 83,957. Clasificación del conjunto según Código Estructural.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.

COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCA Según norma UNE 22-950-90 Parte 1.	
Localización	SM-3 TP-1 (De 8,4 a 8,6 m)
Orientación del eje de carga.	Aspecto masivo
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)
Diámetro	mm 61,3
Altura	mm 165,4
Forma de rotura	Según eje de carga
Carga de rotura	N 99940
Resistencia a compresión uniaxial	MPa 33,9
Desviaciones respecto a la Norma	No

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm² = 10.2 kg/cm²

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial



LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15903	2058	201312	AG.2024/66	21/08/2024

R-08-8



LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15904	2059	201397	S .2024/1938	21/08/2024

ACTA DE RESULTADOS

DESTINATARIO

R-08-8

Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L.
C/. Euskalduna 5 exterior 1º derecha
48008-Bilbao
Bizkaia

CLIENTE / OBRA / EXP.: 450 / 4684/ 100296

450: Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L., C/. Euskalduna
5 exterior 1º derecha, 48008-Bilbao, Bizkaia
ESB48646558

Ensayos varios de laboratorio
Muestras IG

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: SM-1 MI-1 (De 3,6 a 4,2 m)

PROCEDENCIA: VITORIA (BETOÑO) (IG24005)

FECHA DE MUESTREO: 05/08/2024

ENSAYOS REALIZADOS

Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015

Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico. Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.

Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019

Ensayo de compresión no confinada, en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.

Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.

AGRESIVIDAD DE UN AGUA HACIA EL HORMIGÓN. Según Código Estructural y Normas UNE		
VALOR DEL pH (UNE 83,952)		
pH		7,33
CO ₂ AGRESIVO (UNE-EN 13,577)		
CO ₂ agresivo	mg/l	1
IÓN AMONIO (UNE 83,954)		
NH ₄ ⁺	mg/l	0
IÓN MAGNESIO (UNE 83,955)		
Mg ²⁺	mg/l	9
IÓN SULFATO (UNE 83,956)		
SO ₄ ²⁻	mg/l	54
RESIDUO SECO (UNE 83,957)		
Residuo seco	mg/l	333

EVALUACIÓN DEL CONJUNTO	
Grado de agresividad	NO AGRESIVO

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial



LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15904	2059	201397	S .2024/1938	21/08/2024

R-08-8



LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

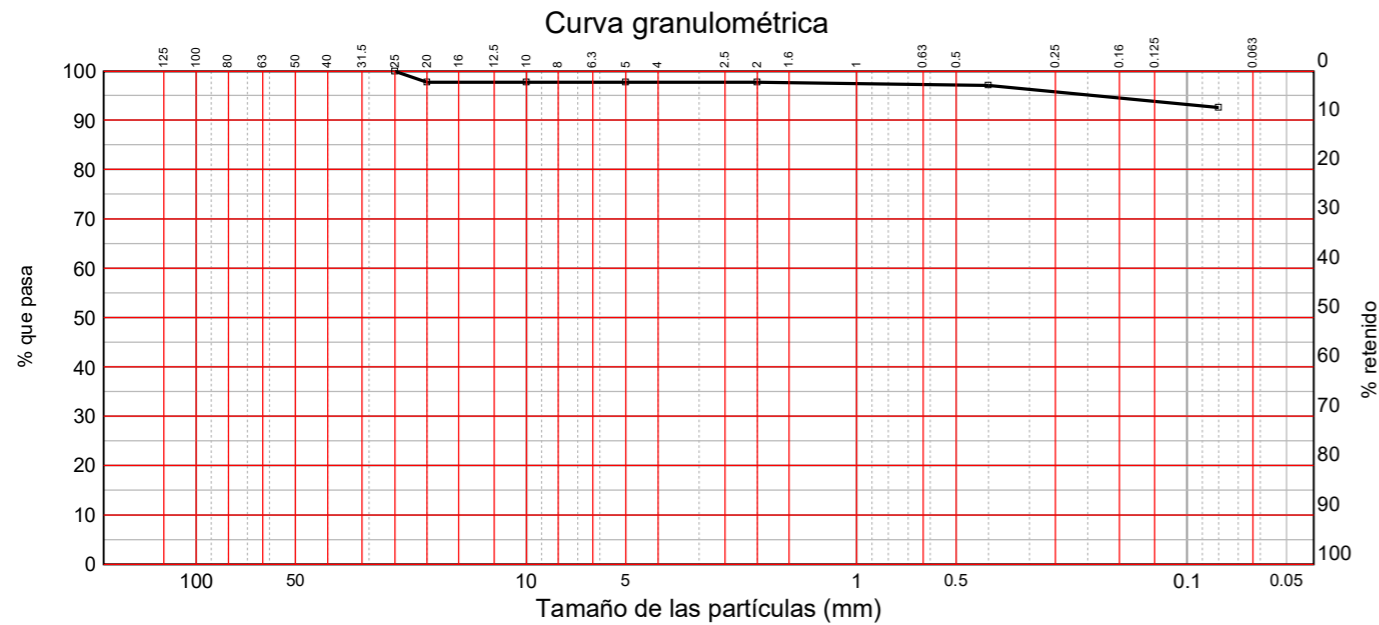
CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15904	2059	201397	S .2024/1938	21/08/2024

R-08-8

Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019							
Tamiz (mm)	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	98	98	98	98	97	92,7



LÍMITES DE ATTERBERG
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019

Límite líquido	58,3
Límite plástico	25,7
Índice de plasticidad	32,6

HUMEDAD
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015

Humedad (%)	41,0
-------------	-------------

DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.

Densidad húmeda	g/cm ³	1,901
Humedad	%	41,0
Densidad seca	g/cm ³	1,348

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial

SUELO: COMPRESIÓN NO CONFINADA. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.		
DATOS INICIALES DE LA PROBETA		
Diámetro	mm	67,0
Altura	mm	123,5
Sección	cm ²	35,26
Volumen	cm ³	435,5
Peso húmedo	g	850,3
Humedad	%	41,0
Densidad húmeda	Mg/m ³	1,952
Densidad seca	Mg/m ³	1,385
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO		
Velocidad de deformación	mm/min	1,85
Carga máxima	kg	16
Deformación máxima	mm	13,0
Sección corregida	cm ²	35,64
Tensión máxima	kg/cm ²	0,45
Tensión máxima	kPa	44
Deformación en rotura	%	10,5

Observaciones: 1 kg/cm² = 98.07 kPa.

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15905	2060	201399	S .2024/1936	21/08/2024

ACTA DE RESULTADOS

CLIENTE / OBRA / EXP.: 450 / 4684/ 100296

DESTINATARIO

R-08-8

450: Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L., C/. Euskalduna
5 exterior 1º derecha, 48008-Bilbao, Bizkaia
ESB48646558Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L.
C/. Euskalduna 5 exterior 1º derecha
48008-Bilbao
BizkaiaEnsayos varios de laboratorio
Muestras IG**DATOS DE LA MUESTRA**

TIPO DE MUESTRA: SM-3 MI-1 (De 2,4 a 3,0 m)

PROCEDENCIA: VITORIA (BETOÑO) (IG24005)

FECHA DE MUESTREO: 05/08/2024

ENSAYOS REALIZADOS

Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015
 Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico. Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.
 Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019
 Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.
 Determinación de la agresividad de un suelo hacia el hormigón según UNE-EN 16502, UNE 83963 y Código Estructural.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15906	2061	201399	S .2024/1936	21/08/2024

ACTA DE RESULTADOS

CLIENTE / OBRA / EXP.: 450 / 4684/ 100296

DESTINATARIO

R-08-8

450: Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L., C/. Euskalduna
5 exterior 1º derecha, 48008-Bilbao, Bizkaia
ESB48646558Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L.
C/. Euskalduna 5 exterior 1º derecha
48008-Bilbao
BizkaiaEnsayos varios de laboratorio
Muestras IG**DATOS DE LA MUESTRA**

TIPO DE MUESTRA: SM-3 MI-1 (De 2,4 a 3,0 m)

PROCEDENCIA: VITORIA (BETOÑO) (IG24005)

FECHA DE MUESTREO: 05/08/2024

ENSAYOS REALIZADOS

Ensayo edométrico en célula de 50 mm para seis escalones de carga y tres de descarga (presión máxima 800 KPa). Según UNE 103405/94

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15906	2061	201399	S .2024/1936	21/08/2024

R-08-8

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE UN SUELO EN EDÓMETRO Según UNE 103405/94	
DATOS INICIALES	
Lectura inicial	mm 5,000

LECTURAS DE CARGA							
Tiempo / Presiones		25 KPa	50 KPa	100 KPa	200 KPa	400 KPa	800 KPa
10 s	mm	4,918	4,772	4,524	4,250	3,850	3,426
15 s	mm	4,910	4,769	4,522	4,242	3,838	3,415
30 s	mm	4,904	4,763	4,512	4,228	3,817	3,400
1 min	mm	4,897	4,758	4,500	4,212	3,796	3,380
2 min	mm	4,891	4,752	4,489	4,195	3,771	3,356
3 min	mm	4,888	4,749	4,485	4,186	3,760	3,346
5 min	mm	4,882	4,746	4,476	4,175	3,744	3,330
7 min	mm	4,879	4,744	4,472	4,165	3,733	3,318
10 min	mm	4,879	4,741	4,467	4,160	3,724	3,310
15 min	mm	4,874	4,740	4,462	4,155	3,714	3,296
20 min	mm	4,872	4,738	4,458	4,148	3,707	3,290
30 min	mm	4,871	4,736	4,454	4,140	3,700	3,281
45 min	mm	4,869	4,734	4,450	4,136	3,692	3,271
1 h	mm	4,868	4,732	4,448	4,130	3,687	3,264
2 h	mm	4,865	4,729	4,428	4,122	3,675	3,250
1 día	mm	4,855	4,723	4,401	4,106	3,593	3,212

LECTURAS DE DESCARGA			
Presiones	KPa	200	50
Lecturas	mm	3,316	3,497

RESULTADOS DE ENSAYO							
Humedad inicial	%	16,2					
Humedad final	%	18,2					
Densidad seca inicial	g/cm ³	1,830					
Densidad relativa de partículas sólidas	g/cm ³	2,600					
Índice de poros inicial; e ₀		0,421					
Grado de saturación inicial	%	100,0					
Altura de sólido; H _s	cm	1,408					
CICLO DE CARGA	KPa	25	50	100	200	400	800
Altura de la probeta; H	cm	1,986	1,972	1,940	1,911	1,859	1,821
Índice de poros; e		0,411	0,401	0,378	0,357	0,321	0,294
CICLO DE DESCARGA	KPa	200		50		0	
Altura de la probeta; H	cm	1,832		1,850		1,889	
Índice de poros; e		0,301		0,314		0,342	

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



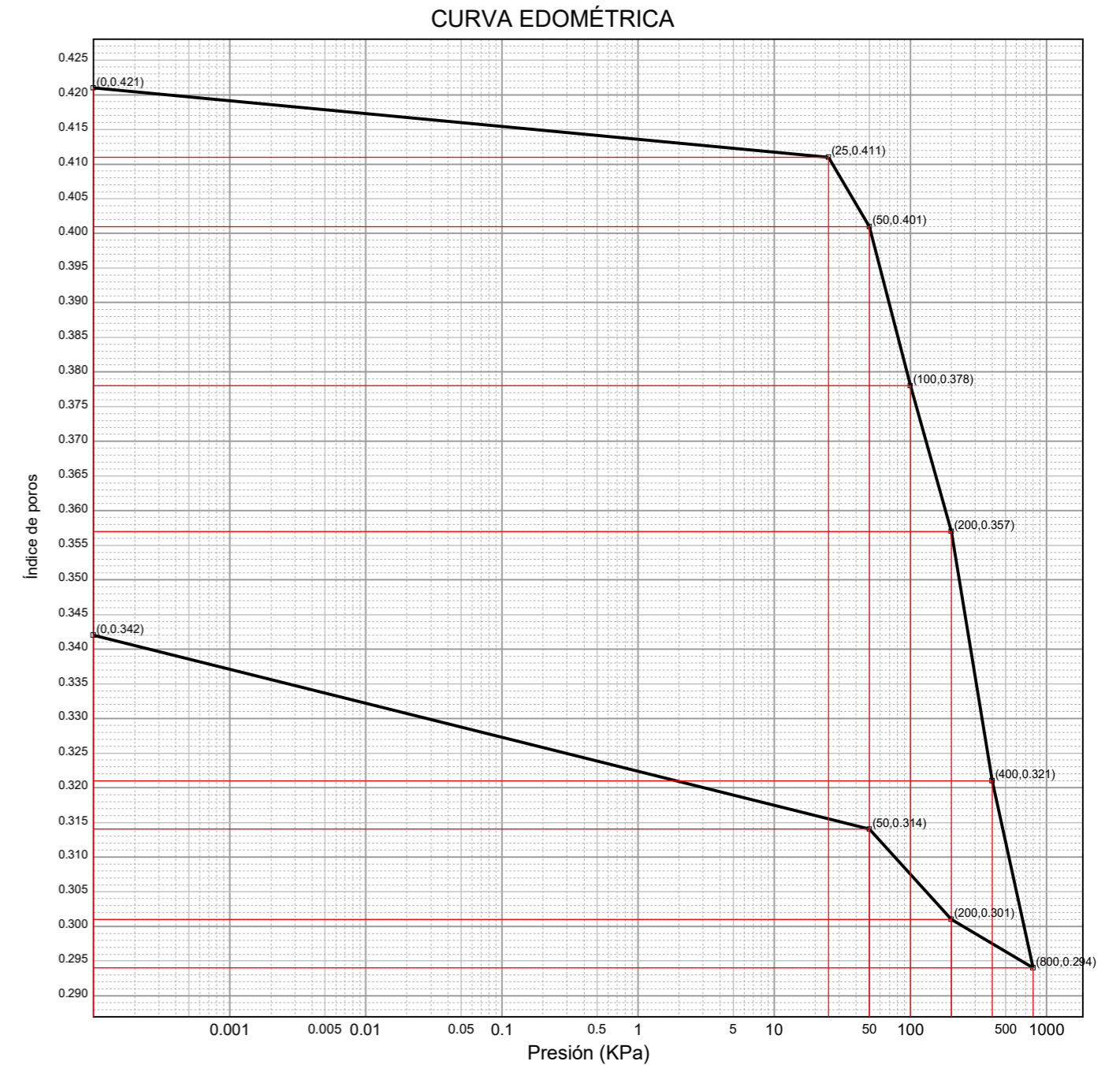
Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15906	2061	201399	S .2024/1936	21/08/2024

R-08-8

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS			
Índice de compresión	Cc	0,094	
Índice de hinchamiento	Cs	0,021	



OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial



LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15906	2061	201399	S .2024/1936	21/08/2024

R-08-8



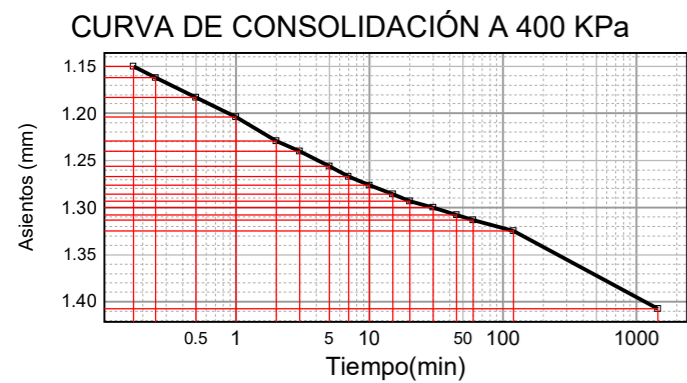
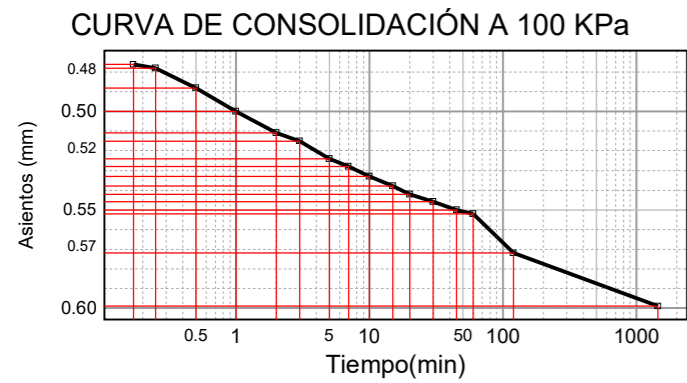
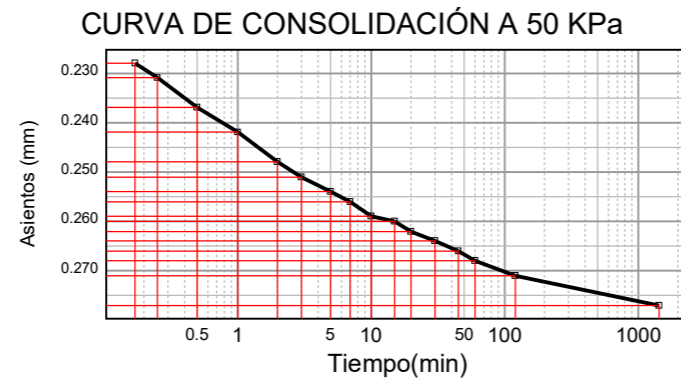
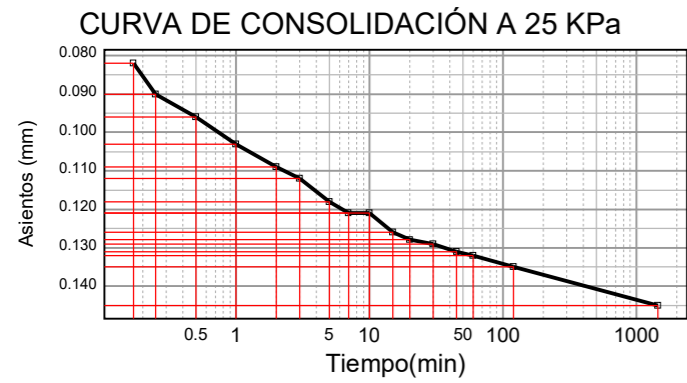
LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.

CL "A" .Parcela 3, Nave 1
33428.Llanera(Asturias)
laboratorio@lacotec.es
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



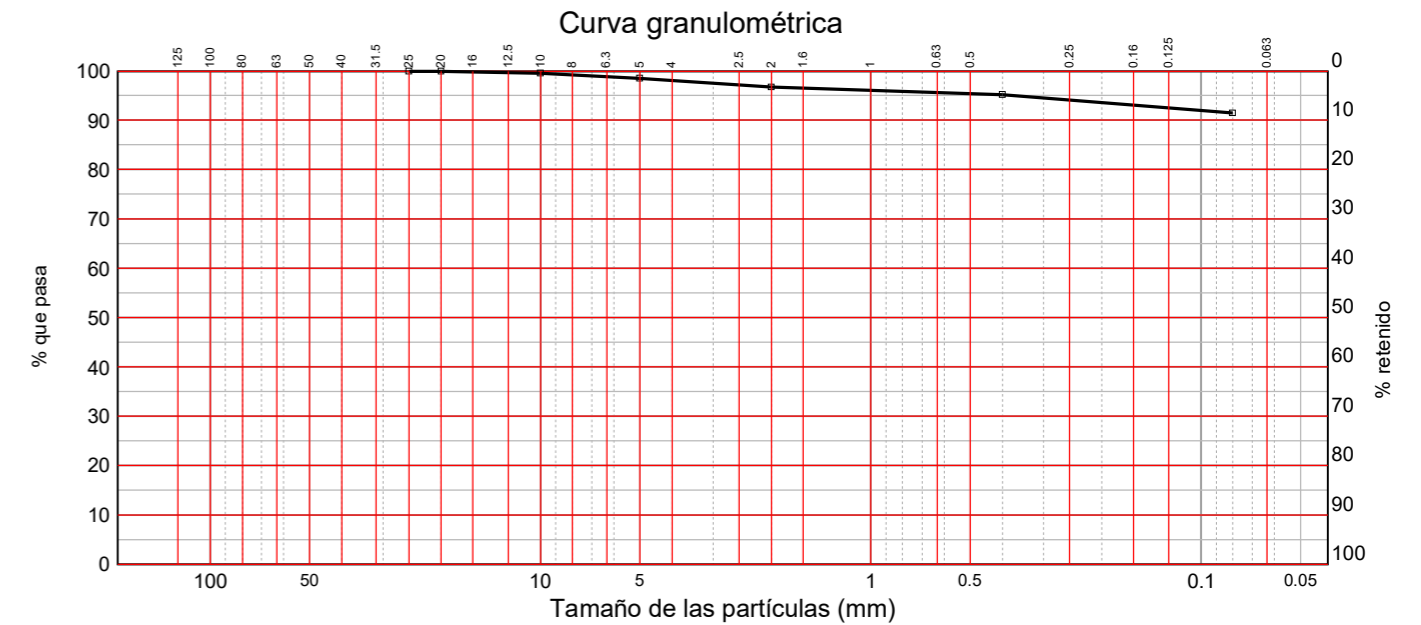
Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15905	2060	201399	S .2024/1936	21/08/2024

R-08-8



Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019

Tamiz (mm)	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	100	100	99	97	95	91,5



LÍMITES DE ATTERBERG
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019

Límite líquido	31,5
Límite plástico	18,6
Índice de plasticidad	12,9

HUMEDAD
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015

Humedad (%)	16,2
-------------	-------------

DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.

Densidad húmeda	g/cm ³	2,123
Humedad	%	16,2
Densidad seca	g/cm ³	1,827

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15905	2060	201399	S .2024/1936	21/08/2024

R-08-8



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15907	2062	201398	S .2024/1937	21/08/2024

ACTA DE RESULTADOS

DESTINATARIO

R-08-8

CLIENTE / OBRA / EXP.: 450 / 4684/ 100296

450: Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L., C/. Euskalduna
5 exterior 1º derecha, 48008-Bilbao, Bizkaia
ESB48646558

Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L.
C/. Euskalduna 5 exterior 1º derecha
48008-Bilbao
Bizkaia

Ensayos varios de laboratorio
Muestras IG

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: SM-2 MI-1 (De 3,00 a 3,60 m)

PROCEDENCIA: VITORIA (BETOÑO) (IG24005)

FECHA DE MUESTREO: 05/08/2024

ENSAYOS REALIZADOS

Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015

Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico. Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.

Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019

Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.

AGRESIVIDAD DE UN SUELO AL HORMIGÓN Según UNE-EN 16502, UNE 83963 y Código Estructural.	
ACIDEZ BAUMANN - GULLY	
Grado de acidez Baumann - Gully	ml/Kg 4
IÓN SULFATO	
Contenido en ión sulfato	mg/Kg 654
EVALUACIÓN DEL CONJUNTO	
Grado de agresividad	NO AGRESIVO

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



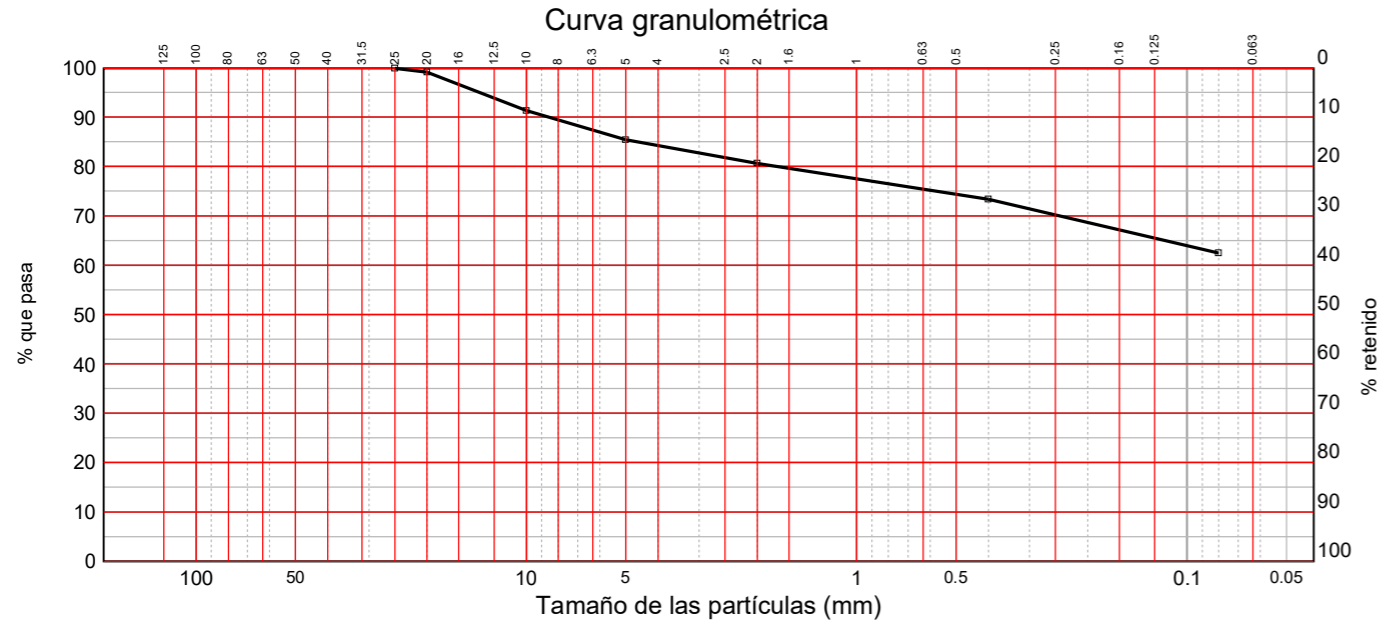
Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15907	2062	201398	S .2024/1937	21/08/2024

R-08-8

Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019							
Tamiz (mm)	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	99	91	85	81	73	62,5



LÍMITES DE ATTERBERG
 SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019

Límite líquido **39,5**
 Límite plástico **19,4**
 Índice de plasticidad **20,1**

HUMEDAD
 SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015

Humedad (%) **25,4**

DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.

Densidad húmeda	g/cm ³	2,058
Humedad	%	25,4
Densidad seca	g/cm ³	1,641

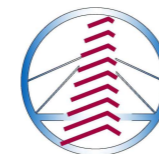
OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial



CLIENTE / OBRA / EXP.: 450 / 4684/ 100296

450: Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L., C/. Euskalduna
 5 exterior 1º derecha, 48008-Bilbao, Bizkaia
 ESB48646558

Ensayos varios de laboratorio
 Muestras IG

Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15908	2063	201398	S .2024/1937	21/08/2024

ACTA DE RESULTADOS

DESTINATARIO

R-08-8

Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L.
 C/. Euskalduna 5 exterior 1º derecha
 48008-Bilbao
 Bizkaia

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: SM-2 MI-1 (De 3,00 a 3,60 m)

PROCEDENCIA: VITORIA (BETOÑO) (IG24005)

FECHA DE MUESTREO: 05/08/2024

ENSAYOS REALIZADOS

Ensayo de Corte Directo de una muestra de suelo, consolidado y no drenado (CU), según UNE 103,401:1998

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.

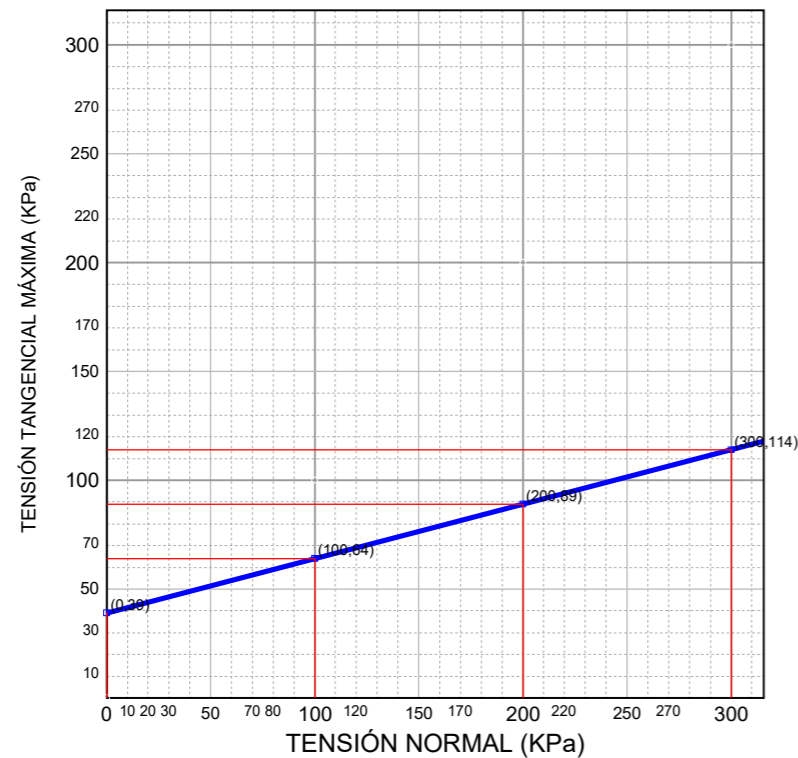


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15908	2063	201398	S .2024/1937	21/08/2024

R-08-8

CORTE DIRECTO Consolidado - no drenado (CU). Según UNE 103,401:1998.			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Humedad inicial	25,4		
Humedad final	24,2	24,0	24,1
Densidad aparente	1,975	1,957	1,950
Densidad seca inicial	1,575	1,561	1,555
Índice de huecos inicial	0,651	0,666	0,672
Grado de saturación inicial	101,5	99,2	98,2
Índice de huecos final (de consolidación)	0,568	0,510	0,428
Tensión normal	100	200	300
Tensión tangencial máxima	64	89	114
Ángulo de Rozamiento Interno	14,1		
Cohesión	39		

Observaciones: 1 kg/cm² = 98 kPa. Se ha adoptado, como densidad relativa de las partículas del suelo, 2.60 g/cm³ (para su determinación se habría de aplicar UNE-EN ISO 17892-3:2018.).



OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández
 Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González
 Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15909	2064	201398	S .2024/1937	21/08/2024

ACTA DE RESULTADOS

DESTINATARIO

R-08-8

CLIENTE / OBRA / EXP.: 450 / 4684/ 100296

450: Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L., C/. Euskalduna
 5 exterior 1º derecha, 48008-Bilbao, Bizkaia
 ESB48646558

Ensayos varios de laboratorio
 Muestras IG

Lurgintza Ingeniería Geológica, S.L.
 C/. Euskalduna 5 exterior 1º derecha
 48008-Bilbao
 Bizkaia

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: SM-2 MI-1 (De 3,00 a 3,60 m)

PROCEDENCIA: VITORIA (BETOÑO) (IG24005)

FECHA DE MUESTREO: 05/08/2024

ENSAYOS REALIZADOS

Ensayo de Corte Directo de una muestra de suelo, consolidado y drenado (CD), según UNE 103,401:1998

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15909	2064	201398	S .2024/1937	21/08/2024

R-08-8

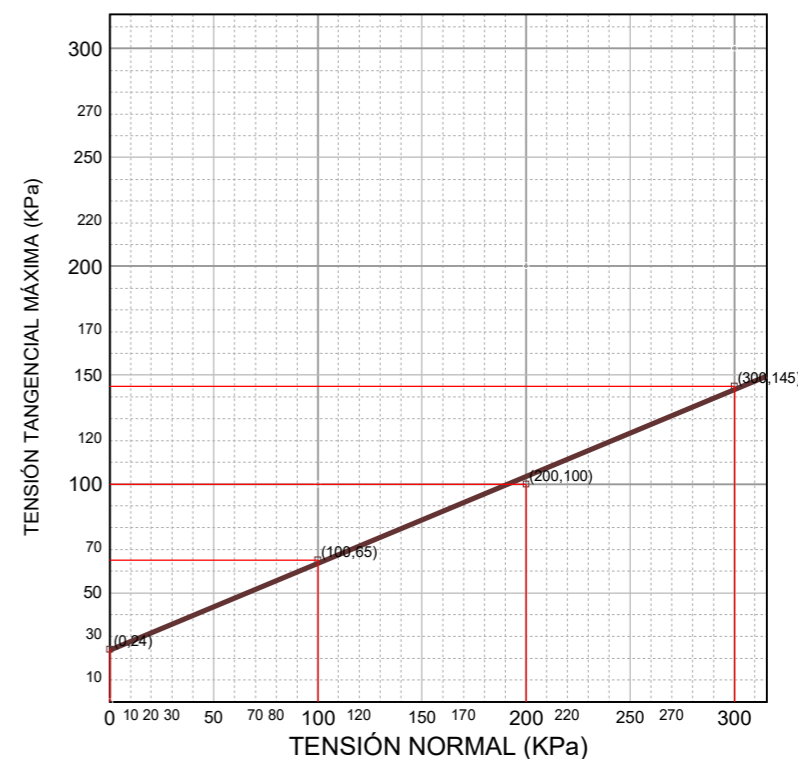
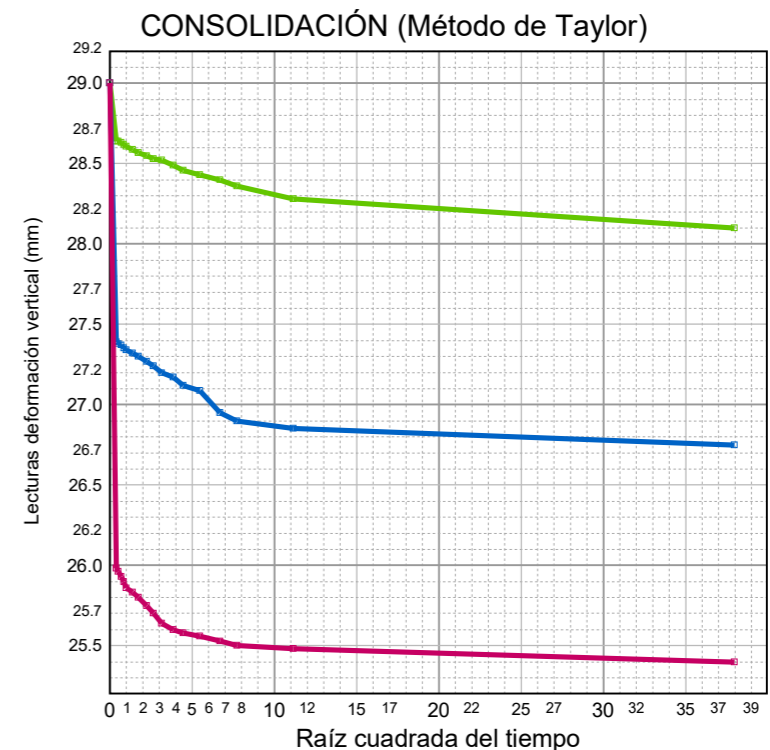


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2024/15909	2064	201398	S .2024/1937	21/08/2024

R-08-8

CORTE DIRECTO Consolidado - drenado (CD). Según UNE 103,401:1998.				
CONSOLIDACIÓN; VELOCIDAD DE ROTURA (Método de Taylor)				
Tensión vertical aplicada	KPa	100	200	300
Altura de la probeta	mm	29,00	29,00	29,00
L ₀	mm	28,68	27,39	26,01
L ₉₀	mm	28,40	26,89	25,59
t ₉₀	min	6,10	9,20	4,52
L ₅₀	mm	28,52	27,11	25,77
L ₁₀₀	mm	28,37	26,83	25,54
Deformación horizontal máxima	mm	5		
Altura consolidación primaria	mm	0,48	1,89	3,23
Coefficiente de Consolidación		0,03	0,33	1,95
Tiempo máximo al corte	min	71,93	108,49	53,30
Velocidad máxima	mm/min	0,07	0,05	0,09
DATOS GENERALES				
Humedad inicial	%	25,4		
Humedad final	%	24,2	24,3	24,0
Densidad aparente	g/cm ³	1,979	1,954	1,939
Densidad seca inicial	g/cm ³	1,578	1,558	1,546
Índice de huecos inicial		0,647	0,668	0,681
Grado de saturación inicial	%	102,0	98,8	96,9
Índice de huecos final (de consolidación 100 KPa)		0,614		
Índice de huecos final (de consolidación 200 KPa)		0,537		
Índice de huecos final (de consolidación 300 KPa)		0,459		
TENSIONES				
Tensión normal	KPa	100	200	300
Tensión tangencial máxima	KPa	65	100	145
PARÁMETROS RESISTENTES DEL SUELO				
Ángulo de Rozamiento Interno	°	21,6		
Cohesión	KPa	24		

Observaciones: 1 kg/cm² = 98 kPa. Se ha adoptado, como densidad relativa de las partículas del suelo, 2.60 g/cm³ (para su determinación se habría de aplicar UNE-EN ISO 17892-3:2018.).



OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Raúl Alonso Fernández
Geólogo

Laudelino Orviz González
Ingeniero T. Industrial

Anexo 04 Estudio geofísico

**Estudio Informativo ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Zabalzana,
Vitoria (Álava): Cocheras de Betoño.
Reconocimiento mediante Tomografía Eléctrica
como apoyo al Estudio Geotécnico**



INDICE

1.	Antecedentes y objetivos.....	1
1.1.	Equipo técnico.....	1
1.2.	Medios materiales.....	1
2.	Metodología de trabajo.....	2
3.	Descripción del trabajo realizado.....	5
3.1.	Medidas de campo.....	5
3.2.	Procesado de los datos y presentación de los resultados.....	5
4.	Resultados del estudio.....	9
4.1.	Criterios interpretativos.....	9
4.2.	Interpretación de los resultados del estudio.....	9

FIGURAS

1. Dispositivo Polo-Dipolo para medidas de Tomografía Eléctrica y convenio de asignación de los valores de resistividad para este dispositivo.
2. Localización de los perfiles medidos.
3. Secciones de resistividad de los perfiles TE1 y TE2.
4. Valores de resistividad de diversas rocas comunes.

**Estudio Informativo ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Zabalgana,
Vitoria (Álava): Cocheras de Betoño.
Reconocimiento mediante Tomografía Eléctrica
como apoyo al Estudio Geotécnico**

Julio 2.024

Consultor



1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Este informe describe el reconocimiento del terreno realizado mediante el método geofísico de la Tomografía Eléctrica como parte de los trabajos del Estudio Geotécnico previstos en el Proyecto de Estudio Informativo ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Zabalgana, Vitoria (Álava): Cocheras de Betoño. El objetivo de este estudio ha sido únicamente determinar la resistividad del terreno en función de la profundidad en el ámbito de la superficie estudiada, investigando hasta una profundidad del orden de 20 metros.

Este estudio ha sido realizado por **International Geophysical Technology, S.L. (IGT)** en calidad de empresa especializada en el estudio del subsuelo por métodos geofísicos, atendiendo al encargo recibido de **LURGINTZA**.

Damos cuenta seguidamente del trabajo realizado y de los resultados obtenidos, junto con una breve explicación de la metodología de trabajo aplicada, con la intención de facilitar la mejor comprensión de los resultados del estudio, que se ha realizado cumpliendo en su totalidad el programa de trabajo previsto y sin ninguna interferencia digna de mención.

1.1. Equipo técnico del estudio

El equipo técnico de la plantilla de **IGT** que ha participado en el desarrollo de estos trabajos es el que se relaciona a continuación indicando la función realizada de cada uno de ellos.

- Teresa Granda. Ingeniero de Minas. Procesado y análisis de los datos, interpretación de los resultados y redacción del informe.
- Víctor Manuel Yagüe Álvaro. Técnico Geofísico, responsable de la toma de datos.
- Petko Petkov Dimitrov. Ayudante. Trabajo de campo.

1.2. Medios materiales

Se han realizado estas medidas con un sistema *Syscal Pro Switch 48* de la marca *Iris Instruments* (www.iris-instruments.com) con número de serie 10513-2829681083-682. Se trata de un sistema completo para medidas de resistividad y polarización inducida multicanal "todo en uno" para estudios geofísicos ambientales y de ingeniería. El *Syscal Pro* reúne un receptor de 10 canales y un transmisor interno de 250W que lo convierten en una herramienta potente. Este dispositivo versátil está diseñado para funcionar en una gran cantidad de configuraciones, incluyendo la modalidad 3D.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La presencia de materiales de diferente naturaleza o composición en el subsuelo representa una discontinuidad más o menos acusada en la distribución de determinados parámetros físicos del terreno, tales como la densidad, la Resistividad eléctrica o la velocidad de transmisión de los diversos tipos de ondas sísmicas. Mediante medidas de dichos parámetros convenientemente realizadas desde la superficie o desde sondeos, es factible a veces detectar discontinuidades o contrastes en la distribución de la Resistividad del subsuelo, e interpretarlos de modo que se pueda determinar la existencia, la localización y las principales características de las heterogeneidades geoelectricas del subsuelo que causan tales discontinuidades o anomalías.

La Resistividad eléctrica es un parámetro físico representativo que depende de la naturaleza litológica, de la saturación, de la salinidad del agua, etc. Por esta razón los métodos geoelectricos (aquellos que se basan en las medidas de la Resistividad del terreno) se han venido utilizando de forma efectiva durante décadas para el estudio del subsuelo en ámbitos tales como la Prospección minera, la Hidrogeología y la Geotecnia. De entre las diversas variantes de los métodos geoelectricos, la que combina la mejor resolución lateral y vertical con el rango de profundidad que normalmente interesa a los estudios geotécnicos es la Tomografía Eléctrica.

En su sentido más amplio la Tomografía es una técnica geofísica para el estudio del subsuelo que consiste en determinar la distribución de un parámetro físico característico del mismo dentro de un ámbito espacial limitado, a partir de un número muy elevado de medidas realizadas desde la superficie del terreno o desde sondeos. El posterior proceso matemático de inversión de los datos medidos para la obtención de la distribución real del parámetro estudiado es complejo pero capaz de proporcionar resultados precisos y fiables.

La Tomografía Eléctrica tiene por objetivo específico determinar la distribución real de la resistividad del subsuelo a lo largo de un perfil de medida, a partir de los valores de resistividad aparente obtenidos por métodos convencionales de corriente continua. El factor clave de esta técnica es el número y distribución de las medidas de campo y de ello depende la precisión de sus resultados. Como regla general un estudio mediante Tomografía Eléctrica requiere la obtención de un gran número de datos, con un pequeño espaciado entre medidas para aumentar la resolución lateral y también que las medidas se realicen involucrando de forma progresiva varios rangos de profundidad.

El resultado final de este tipo de estudio es una sección con la distribución de la resistividad real, no la aparente del subsuelo, interpretable directamente en términos comprensibles desde el punto e vista geológico-geotécnico. Combinando adecuadamente resolución lateral y profundidad de investigación la Tomografía Eléctrica es sin duda la herramienta de carácter no destructivo más eficaz para el estudio y la caracterización de posibles discontinuidades del subsuelo en el rango desde algunos metros hasta algunas decenas de metros.

Las medidas de resistividad aparente del terreno para un estudio mediante Tomografía Eléctrica se efectúan por técnicas de corriente continua con posibilidad de empleo de una gran variedad de dispositivos en lo que a la distribución de los electrodos del dispositivo de medida se refiere. Uno de los más ampliamente utilizado es el denominado Polo-dipolo que es el que hemos empleado en el presente estudio.



El dispositivo Polo-dipolo pertenece a la categoría de medidas de resistividad por cc. Para realizar las medidas se hace circular por el terreno una corriente mediante dos electrodos (A,B) clavados en el suelo, midiendo su intensidad (I) . Uno de estos electrodos (B) se sitúa sobre el perfil de estudio y el otro muy alejado de la zona de medida (electrodo “de infinito”). Mediante otros dos electrodos (MN) que se sitúan alineados sobre el perfil a estudiar, se mide la diferencia de potencial (ΔV) que se establece entre ellos al circular la mencionada corriente por el subsuelo.

Para cada localización del dipolo emisor (AB) se miden los valores de la intensidad (I) y de ΔV para varias posiciones diferentes del dipolo receptor (MN). A continuación se desplaza el dispositivo (B - M,N) una distancia igual a MN y se repite el proceso de medidas. El electrodo “de infinito” se mantiene fijo. Este esquema es el que se representa en la **Figura nº 1**. A partir de los valores medidos de ΔV e I se calcula para cada posición de los electrodos un valor de resistividad aparente mediante la conocida expresión $\rho_a = K \times \Delta V/I$, siendo K una constante geométrica que depende de las distancias entre electrodos. Estos valores de ρ_a se asignan según el convenio explicado en la figura mencionada.

Al desplazar el dispositivo de medida a lo largo del perfil y asignar los valores de la forma indicada se obtiene una distribución de valores de ρ_a que refleja las variaciones de este parámetro en dos dimensiones a lo largo del perfil estudiado. La seudosección así obtenida es interpretable en los términos de interés para cada caso, de forma cualitativa mediante modelización o bien de forma cuantitativa mediante inversión. Esta segunda forma constituye la esencia de la Tomografía eléctrica.

Al respecto conviene aclarar que las seudosecciones de resistividad así obtenidas no corresponden a la distribución real de resistividad del subsuelo y por lo tanto no son directamente interpretables en términos de interés geológico sino que es preciso operar por modelización e inversión de los datos para obtener resultados (secciones de resistividad) con significado geológico.

La capacidad de profundización de este tipo de medidas depende de la distancia entre los electrodos A,B (dipolo emisor) y también de la separación entre éstos y el dipolo receptor (MN). Por su parte la capacidad de resolución lateral es tanto mayor cuanto menor sea la distancia entre los electrodos del dipolo receptor (M,N). Así pues, para la ejecución de un estudio concreto han de compaginarse ambos factores ya que si se opera con muy pequeño espaciado entre los electrodos se obtiene una buena resolución lateral pero a costa de perder capacidad de profundización. Lo opuesto ocurre en el caso contrario.

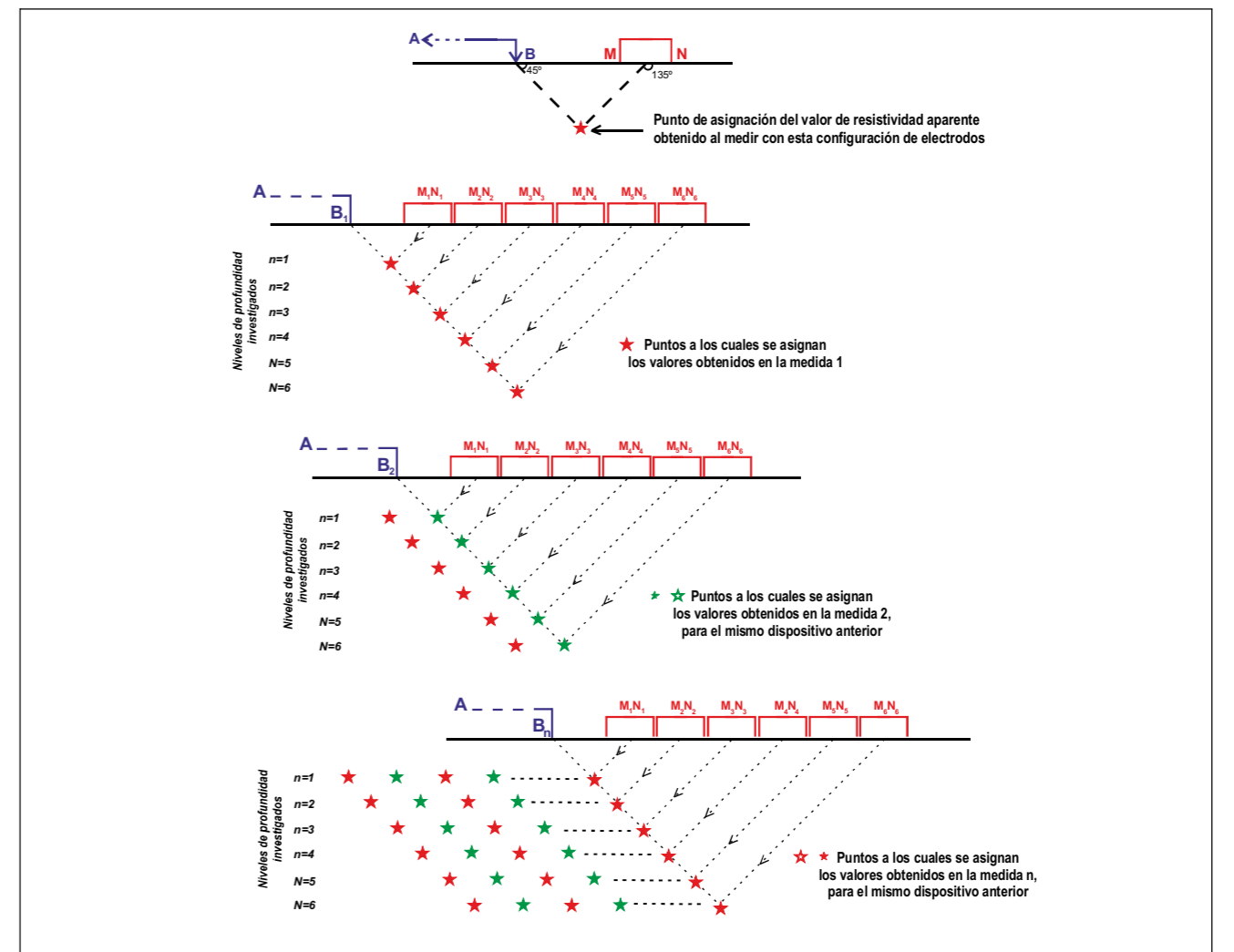
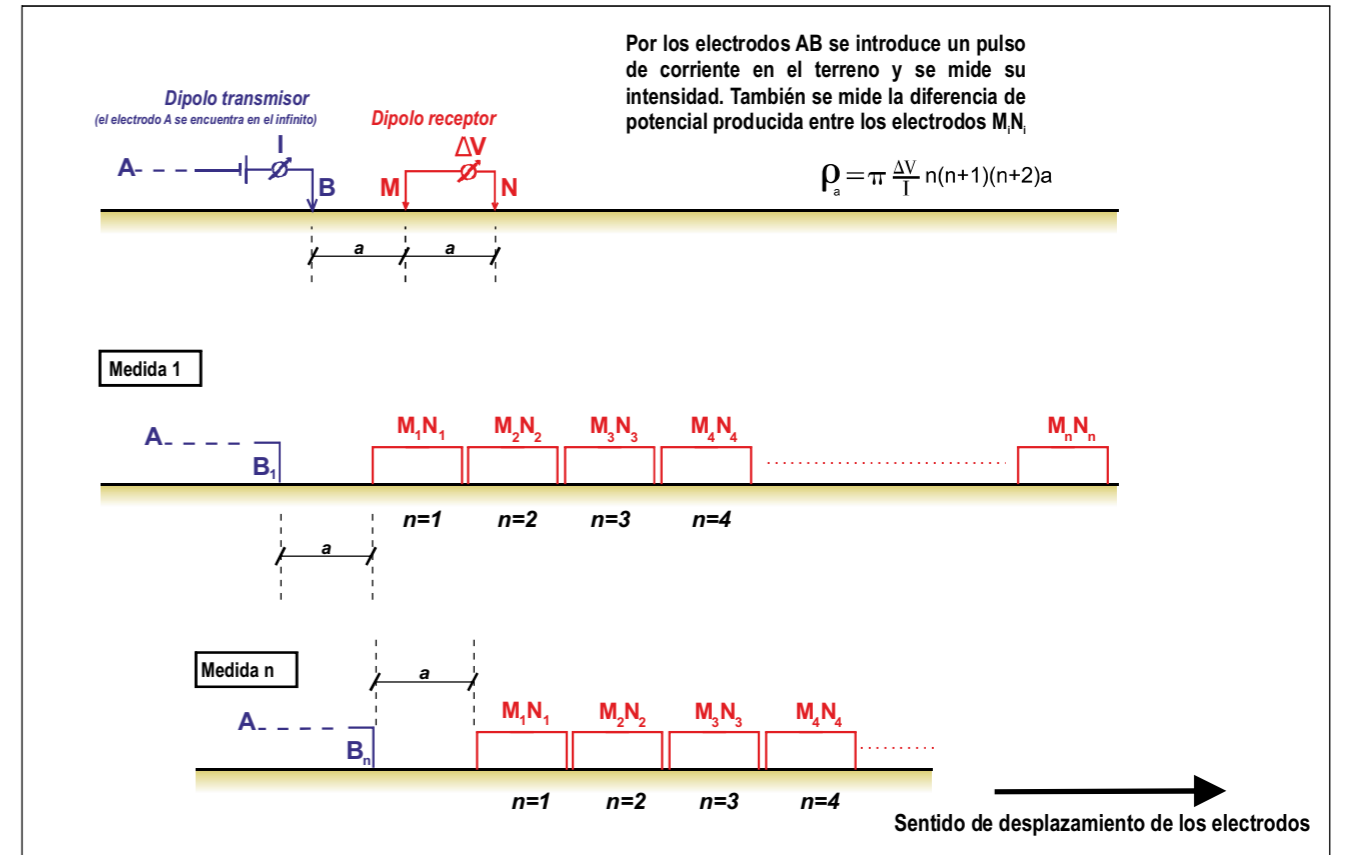


Figura 1.- Dispositivo tipo Polo-Dipolo y convenio para la asignación de los valores de resistividad para este dispositivo.

3. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

3.1. Medidas de campo

Las medidas se llevaron a cabo el día 19 de Julio de 2.024. El programa de trabajo consistió en los dos perfiles paralelos cuya posición se indica en la **Figura n°2** sobre base de fotografía aérea y cuyas coordenadas se relacionan a continuación. Las medidas se realizaron sin ningún tipo de interferencia ni estuvieron perturbadas por ruido eléctrico, y en consecuencia consideramos fiables y representativos los resultados obtenidos de su procesado.

Perfil	Inicio UTM WGS84	Final UTM WGS84	Longitud
TE1	528.338 ; 4.745.163	528.418 ; 4.745.311	170 metros
TE2	528.312 ; 4.745.185	528.390 ; 4.745.325	160 metros

Tabla 1.- Detalle de los trabajos realizados.

La toma de datos se realizó empleando un dispositivo focalizado Polo-dipolo con las características adecuadas para alcanzar la profundidad de investigación requerida, con la mayor resolución lateral y vertical posibles. Su profundidad de investigación estimada es igual a 20 metros. Estas características fueron las siguientes:

- Espaciado entre los electrodos, $a = 5 \text{ m}$
- Número de niveles de profundidad medidos, $n = 8$

3.2. Procesado de los datos y presentación de los resultados

El procesado de los datos de la resistividad aparente del terreno de esta fase del estudio se ha realizado según la metodología descrita en el capítulo anterior. Comprende dos etapas diferenciadas que son las siguientes:

- Representación de la seudosección de resistividad aparente aplicando el convenio que hemos indicado en la parte inferior de la **Figura n°1**. Hacemos hincapié en que la forma de presentación de los datos de campo no es directamente comprensible o interpretable en términos geológicos porque se basa en un simple convenio de asignación de valores y produce una distorsión respecto a la distribución real de la resistividad del terreno.
- Inversión de la seudosección anterior para obtener un modelo en forma de sección con la distribución de la resistividad real del subsuelo, comprensible en términos geológicos. Esta fase es la esencia del método de la Tomografía Eléctrica conjuntamente con la obtención de un número muy elevado de datos en cada perfil. Cuanto mayor sea el número de datos mayor será la resolución y la representatividad de la sección de resistividad.

Mediante el proceso de inversión de la seudosección de resistividad aparente del terreno, se obtiene un modelo formado por la distribución detallada de la resistividad real del subsuelo. A partir de este modelo se calcula la



Figura 2.- Localización de los perfiles medidos.

seudosección de resistividad aparente teórica que tal modelo produciría operando con un dispositivo de medida igual al empleado en campo para obtener los datos.

En función de los desajustes que puedan existir entre los datos de campo (seudosección de resistividad aparente) y la seudosección teórica así calculada se modifican algunas condiciones del proceso de inversión y se repite el mismo hasta conseguir progresivamente la mayor similitud entre las dos seudosecciones mencionadas. En este punto se adopta como resultado final de la inversión la correspondiente sección con la distribución real de la resistividad del subsuelo.

La calidad de los datos de campo y la bondad del proceso de inversión se pueden cuantificar en función del error de ajuste entre la seudosección teórica y la seudosección formada por los datos de campo. En este caso, el error de ajuste ha sido inferior al 2'6% para los dos perfiles, lo cual es indicativo de la buena calidad de los datos y de la representatividad de los resultados del estudio, si se tiene en cuenta el elevado número de datos involucrado en el proceso.

Todos los resultados de este reconocimiento geofísico se presentan en la **Figura nº 3**. Los cambios en la distribución de los valores de la resistividad del subsuelo que configuran las secciones de resistividad obtenidas se representan mediante una paleta de color adecuadamente seleccionada para poner de manifiesto las variaciones significativas. Todas ellas se representan sin exageración de la escala vertical, a escala 1/1.000, suficientemente detallada para destacar sus aspectos de interés, y hemos añadido nuestra interpretación en forma de breves comentarios relativos a la naturaleza de las diversas unidades geoelectricas diferenciadas.

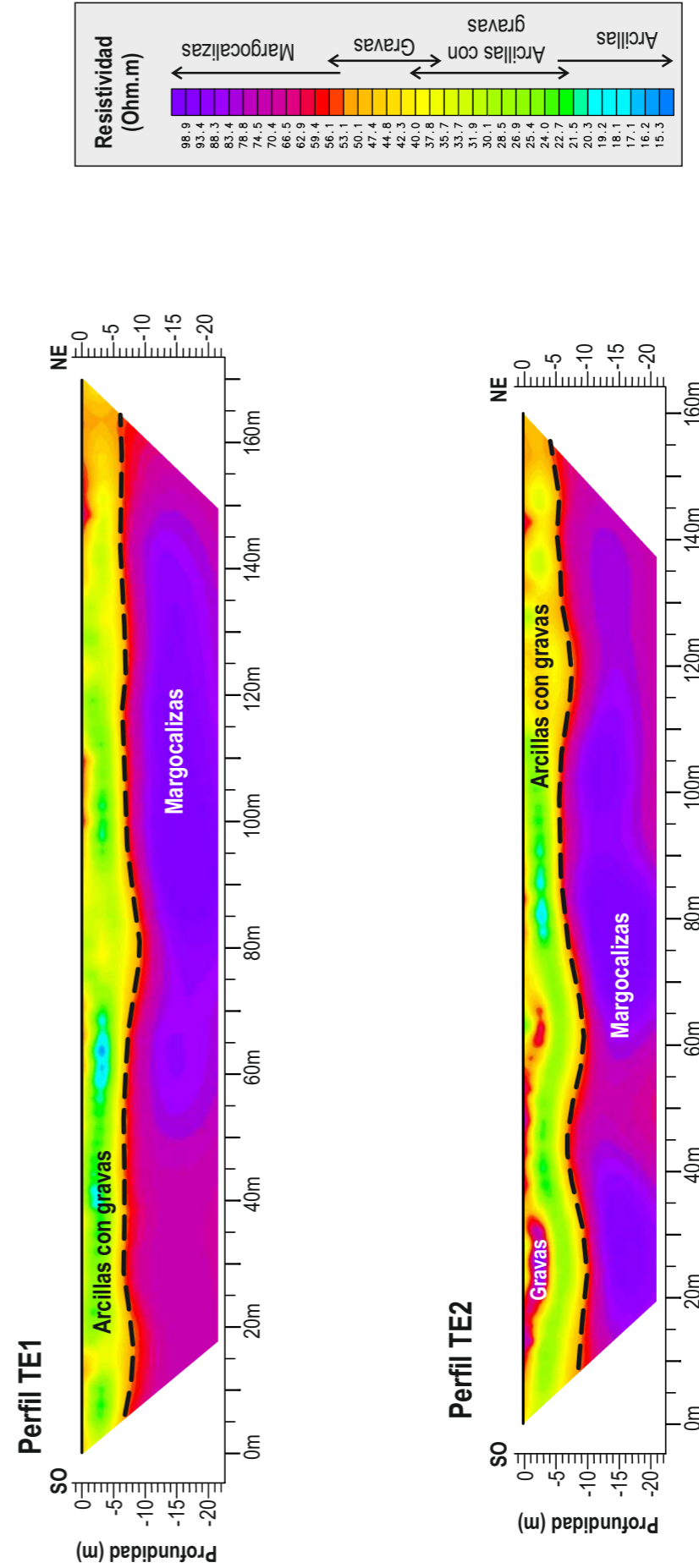


Figura 3.- Secciones de resistividad de los perfiles TE1 y TE2.

4. RESULTADOS DEL ESTUDIO

4.1. Comentarios generales

Para la valoración más objetiva de los resultados obtenidos mediante Tomografía Eléctrica ha de tenerse en cuenta que, como cualquier método geofísico, esta herramienta proporciona resultados de carácter indirecto.

Éstos son siempre el producto del procesado y de la interpretación de medidas de parámetros físicos del subsuelo. Por lo tanto en muchos casos esta interpretación debe contrastarse con otro tipo de medidas o con labores de reconocimiento por medios mecánicos para poder asignarle un significado concreto y correcto. Es decir, que las secciones de Resistividad obtenidas mediante Tomografía Eléctrica son documentos que muestran exclusivamente la distribución de la Resistividad eléctrica del subsuelo.

En cada contexto geológico dicha distribución de Resistividad puede tener una o varias interpretaciones en términos geológicos. Acotar cual de estas interpretaciones es la más correcta requiere apoyarse en otros datos ajenos al estudio geofísico propiamente dicho como son por ejemplo los obtenidos mediante catas o sondeos.

Para la interpretación más correcta de las secciones de Resistividad es conveniente tener presente cuáles son y cómo intervienen los diversos factores de los que dependen los valores de este parámetro característico del terreno. Básicamente son los siguientes:

- *Naturaleza litológica y contenido en componentes arcillosos* del terreno según una relación inversa: Cuanto mayor sea el contenido en arcillas, menor será la Resistividad eléctrica del subsuelo. Los materiales detríticos o aluviales se caracterizan por valores de resistividad superiores a los de los limos o las arcillas, por citar algunos de los posibles materiales existentes en la zona de estudio.
- *Porosidad y saturación en agua*. También esta relación es de tipo inverso: A mayor contenido en agua menores son los valores de la Resistividad eléctrica del terreno. Es presumible que este factor no sea relevante de cara a la interpretación de los resultados, considerando que el nivel freático esté por debajo de la profundidad alcanzada por las medidas.
- *Salinidad y temperatura del agua*. Especialmente, el efecto de la salinidad del agua es muy acusado en la Resistividad. De todos modos, es previsible que este sea un factor sin ninguna influencia en este caso.

Así pues, entendemos que en este caso el factor más determinante para la resolución del objetivo planteado será la naturaleza de los materiales, en lo que respecta a la identificación de niveles de diferente composición.

4.2. Interpretación de los resultados del estudio

Según lo expuesto, consideramos como hipótesis razonable para la interpretación de las secciones de resistividad obtenidas en este estudio que los valores de este parámetro dependan básicamente de la litología de los materiales que afectan a las medidas realizadas. Ello requiere en todo caso establecer una correlación entre unidades litológicas y resistividad. Es evidente que la asignación litología - resistividad no debe ni puede considerarse en sentido estricto

sino como órdenes de magnitud, recordando además que pueden darse solapes en la distribución de los valores de la resistividad característicos de unidades de diferente composición (**Figura nº4**).

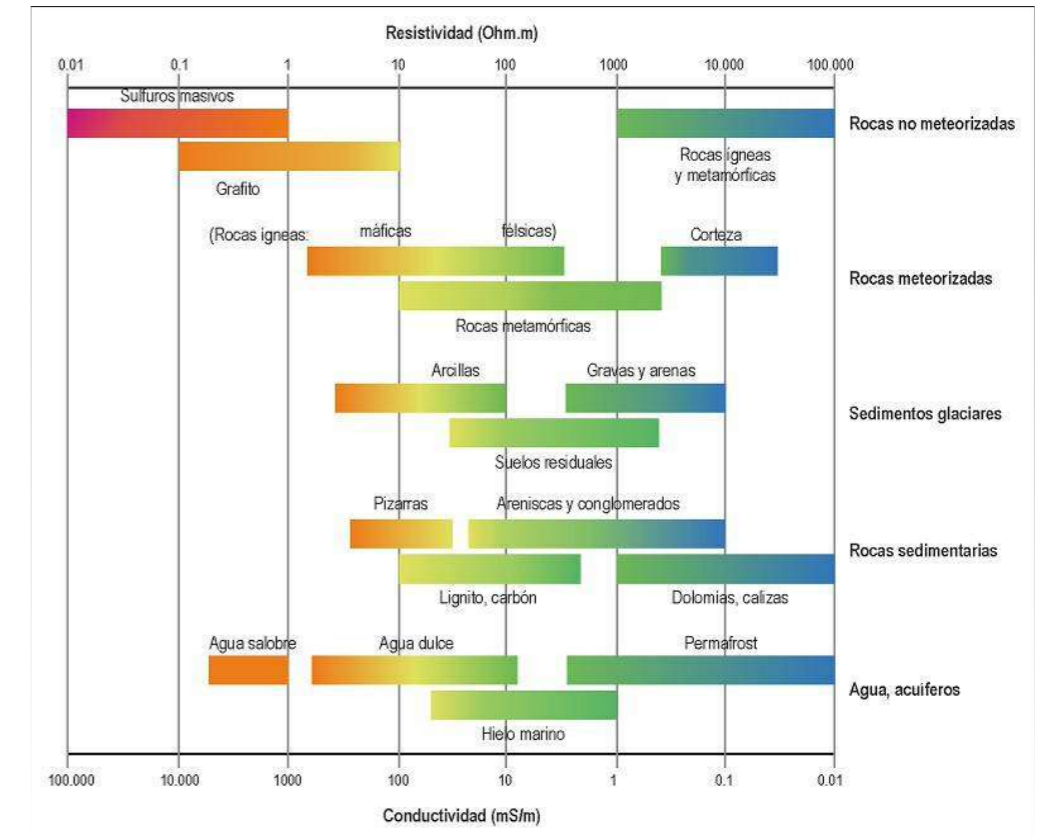


Figura 4.- Valores de Resistividad de diversas rocas comunes.

Para cada rango de variación de los valores de resistividad obtenidos en este estudio hemos establecido en términos orientativos una correlación entre ellos y la litología, tal como se indica junto a la escala gráfica de resistividad que acompaña a las secciones de resultados. La interpretación y la correspondencia resistividad - litología se ha apoyado en la información de los sondeos ejecutados por **LURGINTZA**, que describen las siguientes unidades:

- Entre 0,0 y 4,0 metros: arcillas aluviales.
- Entre 4,0 y 5,0 metros: arcillas con gravas.
- Entre 5,0 y 6,0 metros: roca fracturada.
- A partir de 6,0 metros: margocalizas estratificadas sanas.

Ambas secciones de resistividad obtenidas se caracterizan por la presencia de un nivel conductor superficial (valor medio de resistividad igual a 40 Ohm.m), que alcanza una profundidad de hasta 6 metros, y que hemos interpretado como arcillas con gravas. Este nivel tiene gran continuidad lateral y es homogéneo en espesor en la zona estudiada por los dos perfiles medidos.



A partir de esa profundidad la resistividad aumenta considerablemente hasta alcanzar prácticamente 100 Ohm.m, de manera muy nítida y sin transición. Interpretamos este nivel resistivo como el sustrato de margocalizas sanas descrito por los sondeos, muy homogéneo desde el punto de vista geoelectrico y con continuidad lateral, y caracterizado por resistividades superiores a 50 Ohm.m.

Hemos añadido esta interpretación sobre las dos secciones de resistividad obtenidas, diferenciando mediante una línea de trazos las dos unidades principales.

En resumen, consideramos que el estudio realizado ha cubierto sus objetivos. Las medidas de campo se han obtenido sin interferencias, el método de procesado seguido está suficientemente contrastado y los resultados obtenidos son coherentes con el modelo geológico de la zona de estudio, de modo que tales resultados pueden considerarse fiables y representativos.

San Sebastián de los Reyes, Julio 2.024
International Geophysical Technology, S.L.

Fdo.: Teresa Granda París
Ingeniero de Minas
Colegiado nº4475CE



international geophysical technology

