PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE GASTEIZ A ZABALGANA: RAMAL ALDAIA

ANEJO Nº03. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

IDOM

NOVIEMBRE 2025

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 6
1.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA 6
1.2. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS 7
2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS 8
2.1. CONTEXTO GEOLÓGICO GENERAL 8
2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL 9
2.3. ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA 10
2.3.1. Formaciones superficiales 10
2.3.1.1. Rellenos antropogénicos (Qr) 10
2.3.1.2. Depósitos aluviales (Qa) 10
2.3.1.3. Depósitos aluviales-residuales (Qe) 11
2.3.2. Sustrato rocoso 12
2.3.2.1. Margas con tramos alternantes de margocaliza (M mc) 12
2.3.2.2. Alternancia de margas y margocalizas pseudonodulosas (M cn) 12
2.4. TECTÓNICA 13
2.5. GEOMORFOLOGÍA 13
2.6. HIDROGEOLOGÍA 14
2.7. RIESGOS GEOLÓGICOS 15
2.7.1. Riesgos naturales de tipo climático 15
2.7.2. Riesgos de tipo geológico y geomorfológico 16
2.7.2.1. Riesgos exógenos 16
2.7.2.2. Riesgos químicos 16
2.7.3. Riesgos de tipo geotécnico 16
2.7.4. Riesgo sísmico 16
2.7.4.1. Clasificación de las construcciones 17
2.7.4.2. Aceleración sísmica básica 17
2.7.4.3. Prescripción de empleo de la acción sísmica 19
3. TRABAJOS REALIZADOS 20
3.1. SONDEOS MECÁNICOS 20
3.2. ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT 21
3.3. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH 22
3.4. NIVELES FREÁTICOS 25
3.5. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES 26
3.5.1. Definición 26
3.5.2. Método de medida 27
3.5.3. Procedimiento 27

3.5.4. Interpretación de datos 30
3.5.5. Resultados 31
4. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES 34
4.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS SUELOS 34
4.2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUSTRATO ROCOSO 35
5. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS 38
5.1. EXCAVACIONES 38
5.1.1. Métodos de excavación 38
5.1.2. Taludes de excavación 39
5.2. CONDICIONES DE CIMENTACIÓN 39
5.2.1. Cimentación de las subestaciones 39
5.2.2. Cimentación de las paradas y placa de la plataforma 41
ANEXO 1. SONDEOS MECÁNICOS 43
ANEXO 2. PENETRÓMETROS DINÁMICOS (DPSH) 52
ANEXO 3. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES 63
ANEXO 4. PLANOS 79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación general de la cuenca. 8
Figura 2. Localización del área de estudio. Elaboración propia a partir de la Cartografía geológica. EVE 1:25.000. 9
Figura 3. Mapa de espesores de suelo cuaternario no antrópicos en el trazado (https://www.vitoria-gasteiz.org). 10
Figura 4. Afloramiento típico de suelo, con un nivel superior de tierra vegetal y rellenos (marrón oscuro), seguido por arcillas amarillentas (suelo residual) y margas grises altamente meteorizadas (GM IV). 11
Figura 5. Afloramiento del sustrato rocoso (M cn) en la trinchera del FFCC. 12
Figura 6. Disposición estructural simplificada en la zona, escala 1:25.000, en las hojas 112-IV (Vitoria-Gasteiz). 13
Figura 7. Mapa de permeabilidad de los materiales en el trazado (https://www.vitoria-gasteiz.org). 14
Figura 8. Mapa de Inundabilidad para Periodos de Retorno de 10, 100 y 500 años. 15
Figura 9. Mapa de peligrosidad sísmica y situación de la zona de estudio, establecido por la Norma Sismorresistente NCSE-02. Ministerio de Fomento (2009). 18
Figura 10. Fragmento del Mapa de Sismicidad de la Península Ibérica y Zonas Próximas (IGN). 19
Figura 11. Equipo de perforación de sondeos en la posición de los sondeos S-1 y S-2. 20
Figura 12. Procedimiento para ejecución de ensayo SPT. 22
Figura 13. Equipo DPSH en la posición del ensayo P-1. 23
Figura 14. Medida del nivel freático en el sondeo S-2. 25
Figura 15. Efecto del contenido en humedad, sales y temperatura del suelo. 27
Figura 16. Esquema de operación de Sondeos Eléctricos Verticales. 28
Figura 17. Equipo utilizado para SEV. 28
Figura 18. Posición de los electrodos pata “Tomas de tierra” Wenner. 29
Figura 19. Curva de resistividad aparente e interpretación. 30
Figura 20. Rango de valores de resistividad de diferentes materiales 31
Figura 21. Toma de tierra Vs Resistividad. 32
Figura 22. Excavabilidad de los materiales (clasificación de Franklin et al). 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Término municipal de la traza y aceleración básica asociada. 17
Tabla 2. Características de los sondeos mecánicos. 21
Tabla 3. Compacidad de las arenas. 22
Tabla 4. Consistencia de las arcillas. 22
Tabla 5. Profundidad de rechazo y coordenadas de los penetrómetros dinámicos realizados. 23
Tabla 6. Correlación entre NDPSH y NSPT en suelos granulares. 24
Tabla 7. Correlación entre NDPSH y NSPT en suelos cohesivos. 24
Tabla 8. Valores de la posición del nivel freático (medido desde la boquilla del sondeo). 25
Tabla 9. Grado de corrosividad Vs Resistividad. 32
Tabla 10. Resumen de las principales características de los SEV realizados. 33
Tabla 11. Grado de meteorización. 35
Tabla 12. Grado de dureza. 36
Tabla 13. Índice RQD (Deere et al (1963)). 37
Tabla 14. Capacidad portante sobre unidad Cm (GM IV-III). 40
Tabla 15. Capacidad portante sobre unidad IV (GM I-II). 40

1. INTRODUCCIÓN

Este documento define las características geológico-geotécnicas de los materiales afectados y las recomendaciones constructivas derivadas, aplicables a la Ampliación del Tranvía de Gasteiz a Zabalgana.

Este documento corresponde al Proyecto Constructivo de la Ampliación del Tranvía de Gasteiz a Zabalgana: Ramal Aldaia pero recoge información que aborda el proyecto de la Ampliación del Tranvía de Gasteiz a Zabalgana en su totalidad, asegurando una visión integral de la ampliación. La interrelación entre los distintos tramos hace esencial presentar el contenido técnico y operativo de manera conjunta para garantizar la coherencia y el éxito de la planificación.

Los sondeos realizados en las subestaciones se corresponden exclusivamente con los ramales del Centro, en el caso del sondeo ubicado en el parque San Martín, y con el ramal Mariturri, en el caso del sondeo situado en la rotonda entre la Avenida de Derechos Humanos y la Avenida Reina Sofía. Por otro lado, los ensayos con penetrómetro se han llevado a cabo en las ubicaciones previstas para las distintas paradas contempladas en el proyecto en su conjunto.

Este estudio tiene como objetivos principales la recopilación de la siguiente información:

- Caracterización litológica, estratigráfica y espesores de los materiales donde se establecerán las cimentaciones y excavaciones de las estructuras.
- Condiciones hidrogeológicas de la zona de estudio.
- Evaluación de las características geotécnicas de las formaciones superficiales y del macizo rocoso.

Para obtener esta información, se ha seguido la metodología que se describe a continuación:

1. Recopilación y análisis de estudios previos realizados en el área de intervención.
2. Reconocimiento geológico-geotécnico de superficie en el área afectada.
3. Diseño, tramitación de licencias y ejecución de trabajos de campo geológico-geotécnicos, consistentes en dos sondeos mecánicos con recuperación de testigo, dos sondeos eléctricos verticales y diez penetrómetros dinámicos (DPSH).
4. Redacción del informe final y formulación de conclusiones.

1.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

La siguiente documentación ha sido consultada para la elaboración de este estudio:

- Portal web del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. https://www.vitoria-gasteiz.org.
- Mapa Geológico del País Vasco a escala 1:25.000, con memoria explicativa editada por el Ente Vasco de la Energía (EVE). Hojas nº 112-IV (Vitoria-Gasteiz), 112-III (Foronda), 138-I (Nanclares) y 138-II (Monte Kapildui).
- Mapa Geológico del Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), Serie Magna, a escala 1:50.000. Hoja nº 112 (Vitoria).
- Mapa Hidrológico de la Comunidad Autónoma del País Vasco a escala 1:150.000, publicado por la Administración Vasca. http://www.ogasun.ejgv.euskadi.net.

- Mapa Hidrogeológico de España, escala 1:1.000.000, editado por el ITGE.
- Mapa Hidrogeológico del País Vasco, escala 1:100.000, por el EVE.
- Mapa Geotécnico General, ITGE, escala 1:200.000. Hoja nº 12 (Bilbao).
- Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-2002.
- Estudio Informativo de la extensión del Tranvía de Vitoria a Zabalgana, ETS, 2019.
- Estudio Informativo del Proyecto de Integración del FFCC en Vitoria-Gasteiz, Ministerio de Fomento.

1.2. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS

La información recopilada y generada se presenta en tres bloques principales, con el siguiente contenido:

1. Memoria dividida en los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: Introducción.
- Capítulo 2: Características geológicas generales.
- Capítulo 3: Trabajos realizados.
- Capítulo 4: Características geotécnicas y recomendaciones constructivas.

2. Anexos:

- ANEXO 1. SONDEOS MECÁNICOS.
- ANEXO 2. PENETRÓMETROS DINÁMICOS (DPSH).
- ANEXO 3. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES.
- ANEXO 4. PLANOS:
    - Planta geológica general.
    - Planta de ubicación de los trabajos de reconocimiento.
    - Perfiles geológico-geotécnicos de las subestaciones eléctricas.

2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

2.1. CONTEXTO GEOLÓGICO GENERAL

La zona de estudio se localiza en el centro de la provincia de Álava-Araba, específicamente al norte de la ciudad de Vitoria-Gasteiz.

Geológicamente, la región se encuentra en el centro de la Cuenca Vasco-Cantábrica, compuesta principalmente por rocas mesozoicas, en su mayoría cretácicas. En contraste, la zona central y oriental de la Cordillera Cantábrica está formada por rocas paleozoicas y precámbricas. Esta diferenciación se debe al considerable espesor de los sedimentos en la Cuenca Vasco-Cantábrica, junto con el hecho de que el levantamiento tectónico alpino fue mucho más intenso en la zona central, causando la erosión casi completa de los materiales mesozoicos.

La característica principal de la Cuenca Vasco-Cantábrica es el notable espesor de los materiales cretácicos, que varía entre 12.000 y 17.000 metros, lo cual es testimonio de la intensa subsidencia tectónica que ha sufrido esta región.

La cuenca se divide en tres zonas:

- Arco Vasco.
- Surco Navarro-Cántabro.
- Plataforma Norcastellana.

La zona de estudio, ubicada en el Surco Navarro-Cántabro, forma parte de la llanura de Vitoria, que se caracteriza por una gran cuenca erosiva sobre margas y calizas arcillosas, parcialmente cubierta por depósitos cuaternarios.

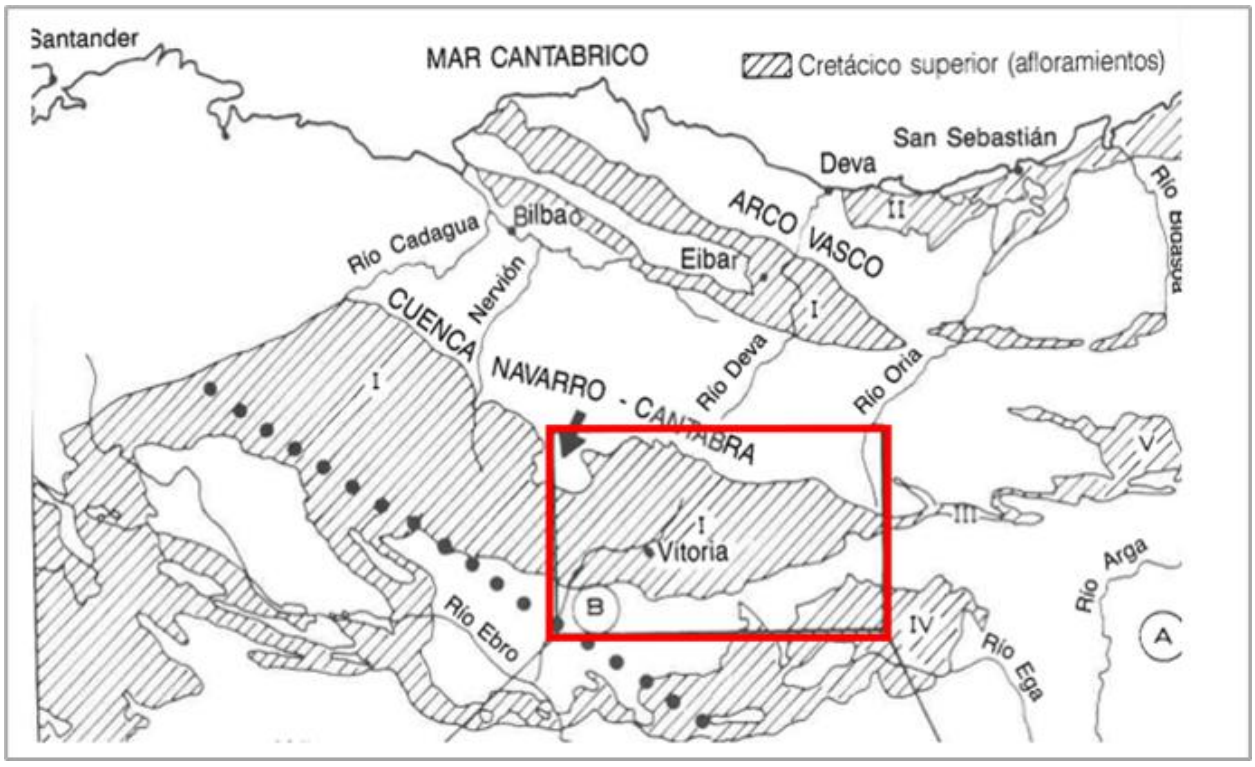


Figura 1. Ubicación general de la cuenca.

2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

El área de estudio se sitúa en una extensa llanura atravesada por numerosos pequeños arroyos provenientes tanto del norte como del sur. Esta llanura se encuentra en parte cubierta por depósitos aluviales y aluvio-coluviales, que corresponden a antiguas terrazas y se disponen de forma discordante sobre el sustrato de margocalizas.

Este esquema geológico deriva de la formación de un surco, el Surco Alavés, durante el Cretácico superior, con un espesor considerable de materiales margosos y calizo-arcillosos. Este surco está delimitado por una serie de umbrales, como los Altos de Maturana, Berein, Urbasa, Treviño y Murguía, que condicionan el afloramiento actual de los materiales del Cretácico Superior. La sedimentación de este periodo sugiere un ambiente de plataforma externa distal.

La zona de estudio se enmarca geológicamente en la Unidad de Gorbea, específicamente en la Secuencia 4 (Campaniense Inferior), caracterizada por materiales de origen carbonatado y a la que se atribuyen los materiales rocosos afectados.

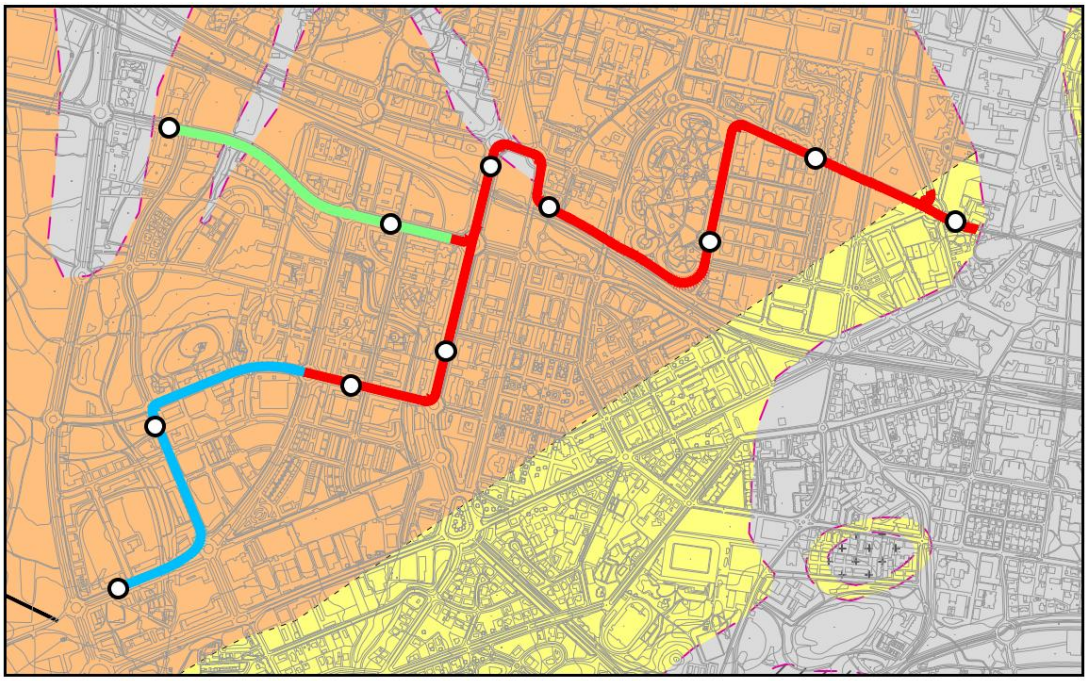


Figura 2. Localización del área de estudio. Elaboración propia a partir de la Cartografía geológica. EVE 1:25.000.

2.3. ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA

Los materiales presentes en la zona de estudio se dividen en dos grupos principales:

- Formaciones superficiales.
- Sustrato rocoso del Cretácico superior.

2.3.1. Formaciones superficiales

Las formaciones superficiales, de edad cuaternaria, se encuentran dispuestas discordantemente sobre el sustrato rocoso. A continuación, se describen estos depósitos, clasificados según su origen en rellenos antropogénicos, depósitos aluvio-coluviales antiguos (terrazas) y suelos aluviales.



Figura 3. Mapa de espesores de suelo cuaternario no antrópicos en el trazado (https://www.vitoria-gasteiz.org).

2.3.1.1. Rellenos antropogénicos (Qr)

Bajo esta denominación se agrupan materiales de variada naturaleza, cuyo origen común es la actividad humana. Se diferencian los rellenos vertidos sin compactar (Qrv) de los compactados (Qrc).

Los rellenos no compactados corresponden a materiales, generalmente granulares, acumulados en áreas ajardinadas sin fines estructurales. En cambio, los rellenos compactados, utilizados en plataformas de viales y edificaciones, incluyen materiales granulares y arcillosos bien compactados para su empleo en obras civiles.

2.3.1.2. Depósitos aluviales (Qa)

Estos materiales se depositaron originalmente en las pendientes suaves de la vertiente norte de los montes de Vitoria, ocupando zonas extensas. Posteriormente, los procesos erosivos eliminaron parte de estas

formaciones, aunque aún se conservan amplias áreas. Son acumulaciones de materiales de granulometría variada, con gran heterogeneidad tanto vertical como horizontal.

En el entorno del trazado se diferencian dos niveles:

- Nivel superior cohesivo: compuesto por arcillas limosas y limos, con un espesor aproximado de 1 metro.
- Nivel basal granular: constituido por gravas y gravillas en una matriz areno-limosa, con capas decimétricas de arenas y limos. Su espesor varía entre 1 y 2,5 metros, y en algunos puntos se ha explotado localmente.

2.3.1.3. Depósitos aluviales-residuales (Qe)

Estos depósitos son resultado de la alteración físico-química del sustrato rocoso, facilitada por el clima húmedo y templado de la región.

Si estos suelos permanecen “in situ” tras el proceso de meteorización, se consideran suelos aluviales o residuales. Estos suelos están compuestos principalmente por materiales arcillosos con algunas partículas de grava y arena, y se caracterizan por una consistencia dura y baja plasticidad. En ocasiones, es posible distinguir la estructura original del sustrato rocoso.

El espesor de los suelos aluviales en la zona de la subestación varía entre 0,2 y 1,5 metros, con un valor medio de 0,7 metros.



Figura 4. Afloramiento típico de suelo, con un nivel superior de tierra vegetal y rellenos (marrón oscuro), seguido por arcillas amarillentas (suelo residual) y margas grises altamente meteorizadas (GM IV).

2.3.2. Sustrato rocoso

En el área de Vitoria, los materiales rocosos pertenecen al Cretácico superior, específicamente al Campaniense inferior, y se componen de formaciones de plataforma carbonatada. Litológicamente, están formados por margas y margocalizas, diferenciándose a lo largo del trazado en dos unidades geológicas descritas a continuación.

2.3.2.1. Margas con tramos alternantes de margocaliza (M mc)

La unidad inferior está compuesta por una alternancia de margas y margocalizas. En el tránsito del Santoniense al Campaniense, las intercalaciones de estos materiales casi desaparecen, y la serie se vuelve más margosa, con margas menos calcáreas, de tono más oscuro y textura arenosa. A distintas alturas, se encuentran tramos irregulares de margas oscuras y margocalizas en bancos centimétricos.

Esta unidad constituye el sustrato rocoso en el inicio del trazado, en el entorno de la Plaza Lovaina.

2.3.2.2. Alternancia de margas y margocalizas pseudonodulosas (M cn)

La litología de esta unidad se caracteriza por una alternancia rítmica de margas oscuras en bancos centi-decimétricos y margocalizas decimétricas con aspecto noduloso. En afloramientos meteorizados, esta unidad muestra una alternancia visible entre niveles duros y blandos.

Esta formación litológica se extiende a lo largo de casi toda la traza, salvo en el tramo inicial en la Plaza de Lovaina.



Figura 5. Afloramiento del sustrato rocoso (M cn) en la trinchera del FFCC.

2.4. TECTÓNICA

Desde un punto de vista estructural, la zona de estudio se ubica en el dominio tectónico de la Unidad de Gorbea.

A escala regional, esta unidad se caracteriza por presentar una estructura monoclinal inclinada hacia el sur, que constituye el flanco meridional del gran Anticlinorio de Bilbao. Esta estructura es el resultado de una fase de plegamiento regional principal desarrollada durante la Orogenia Alpina, que forma estructuras orientadas en dirección N120º E en las zonas internas de la cadena.

La relativa tranquilidad tectónica de la Unidad de Gorbea en esta zona se ve interrumpida por la presencia de un suave plegamiento, que da lugar al sinclinal de Vitoria y al anticlinal de Zuazo. Junto con el diapiro de Murguía, ubicado al NO de Vitoria, estas son las estructuras tectónicas más destacadas de la región.

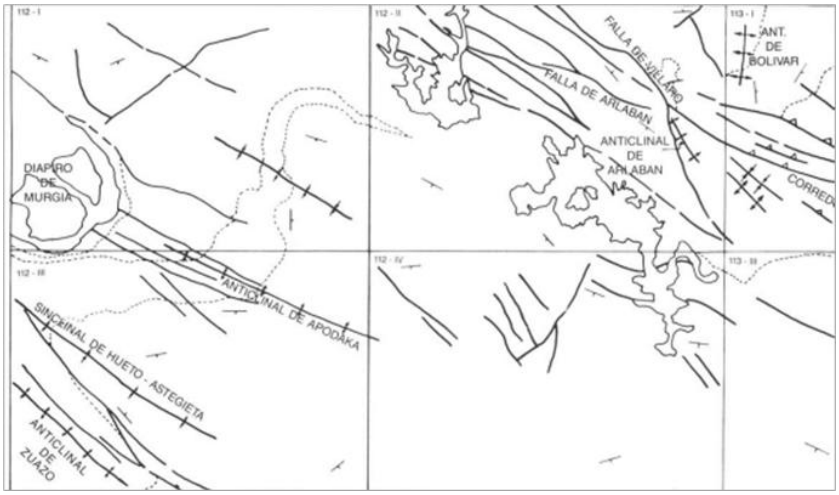


Figura 6. Disposición estructural simplificada en la zona, escala 1:25.000, en las hojas 112-IV (Vitoria-Gasteiz).

En la región norte de Vitoria, la Unidad de Gorbea se caracteriza por una serie monoclinal con inclinaciones suaves hacia el sur y con una orientación de capas en dirección N100º-120º E. Al sur, estas direcciones cambian hacia N30º-40º E, describiendo un cierre periclinal. Estas estructuras no son producto de una tectónica compresiva; en cambio, responden a movimientos ascendentes de masas salinas aflorantes (diapiro de Murguia) y no aflorantes (área del anticlinal de Zuazo).

A nivel local en el área de estudio, se conserva la disposición estructural general con una orientación de N100º-120º E y inclinaciones de entre 15º y 30º hacia el sur.

2.5. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología describe la interacción entre los materiales y los procesos atmosféricos, influida principalmente por la naturaleza de los depósitos aluviales y aluvio-coluviales producto de la erosión de los relieves circundantes. La llanura donde se emplaza Vitoria-Gasteiz se caracteriza actualmente por su relieve poco marcado, modelado principalmente por la acción del río Zadorra y sus afluentes, siendo la dinámica fluvial el aspecto más relevante en el paisaje actual.

La red fluvial está dominada por el río Zadorra, que mantiene un equilibrio entre procesos de erosión y sedimentación. Predomina la erosión en el encajamiento de la red fluvial en terrazas relictas, mientras que la sedimentación es la norma en los cauces, donde no es frecuente el afloramiento del sustrato.

En cuanto a los procesos de ladera, la altitud media de unos 550 metros y pendientes moderadas de entre 15º y 20º garantizan la estabilidad de las laderas en las condiciones actuales.

2.6. HIDROGEOLOGÍA

La zona de estudio se encuentra en la Unidad Hidrogeológica Aluvial de Vitoria, con una superficie de 111,7 km² y un área aflorante de 102,9 km², compuesta por acuíferos detríticos de tipo libre.

Desde el punto de vista hidrológico, esta área forma parte de la Cuenca del Ebro y, más concretamente, de la Cuenca del río Zadorra, el cual atraviesa la zona en su tramo final. Este cauce está asociado a acumulaciones significativas de suelos aluviales en terrazas previas.

Los materiales en el área de estudio se dividen en dos tipos en cuanto a su comportamiento hidrogeológico: los sedimentos cuaternarios y el sustrato rocoso.

- Sedimentos cuaternarios: Los depósitos antrópicos presentan una permeabilidad de baja a muy baja, debido a su alto grado de compactación y su composición de arcillas con gravas. Los suelos de origen aluvial o residual, compuestos por arcillas limosas, son prácticamente impermeables. Por otro lado, los suelos aluviales asociados al río Zadorra son permeables y permiten el flujo de agua hacia el acuífero de Vitoria en su sector oriental. Al tratarse de un acuífero libre, es vulnerable a la infiltración de contaminantes desde la superficie.

- Sustrato rocoso: Las formaciones carbonatadas (calizas, margocalizas y margas) en el área de estudio están clasificadas como de baja permeabilidad, dado que presentan únicamente permeabilidad secundaria debido a fracturación, según el “Mapa Hidrogeológico del País Vasco” editado por el EVE. La permeabilidad disminuye con la profundidad, ya que en las zonas más superficiales, el macizo rocoso se encuentra más descomprimido y alterado debido a la meteorización.



Figura 7. Mapa de permeabilidad de los materiales en el trazado (https://www.vitoria-gasteiz.org).

2.7. RIESGOS GEOLÓGICOS

Los riesgos geotécnicos a lo largo del tramo en estudio se relacionan con las características litológicas de los materiales, la topografía y la presencia de agua en la zona.

Considerando el contexto geológico, geomorfológico y climático del área de estudio, el análisis de riesgos se ha centrado en fenómenos naturales adversos específicos que podrían representar un riesgo real en la zona, en lugar de abarcar la totalidad de posibles eventos naturales.

Siguiendo la clasificación de Ayala et al. (1987), los riesgos se agrupan en dos categorías principales:

- Riesgos de tipo climático o geoclimático: Incluyen fenómenos naturales adversos regulados por el clima de la región, especialmente los riesgos asociados con el agua, como inundaciones y zonas propensas a encharcamientos.
- Riesgos de tipo geológico: Comprenden fenómenos adversos relacionados directa o indirectamente con las condiciones del terreno y los procesos geológicos asociados. Dentro de estos se distinguen procesos externos o exógenos y fenómenos internos o endógenos, destacando entre estos últimos el riesgo sísmico.

2.7.1. Riesgos naturales de tipo climático

En esta categoría, se han considerado únicamente los riesgos derivados de inundaciones y encharcamientos, ya que el riesgo de formación de cárcavas es inexistente.

Riesgo de inundaciones o encharcamientos:

En la figura adjunta se presenta el mapa de inundabilidad para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años en el área estudiada. Este análisis sugiere que no existe riesgo de inundación a lo largo del trazado proyectado para la ampliación del tranvía.

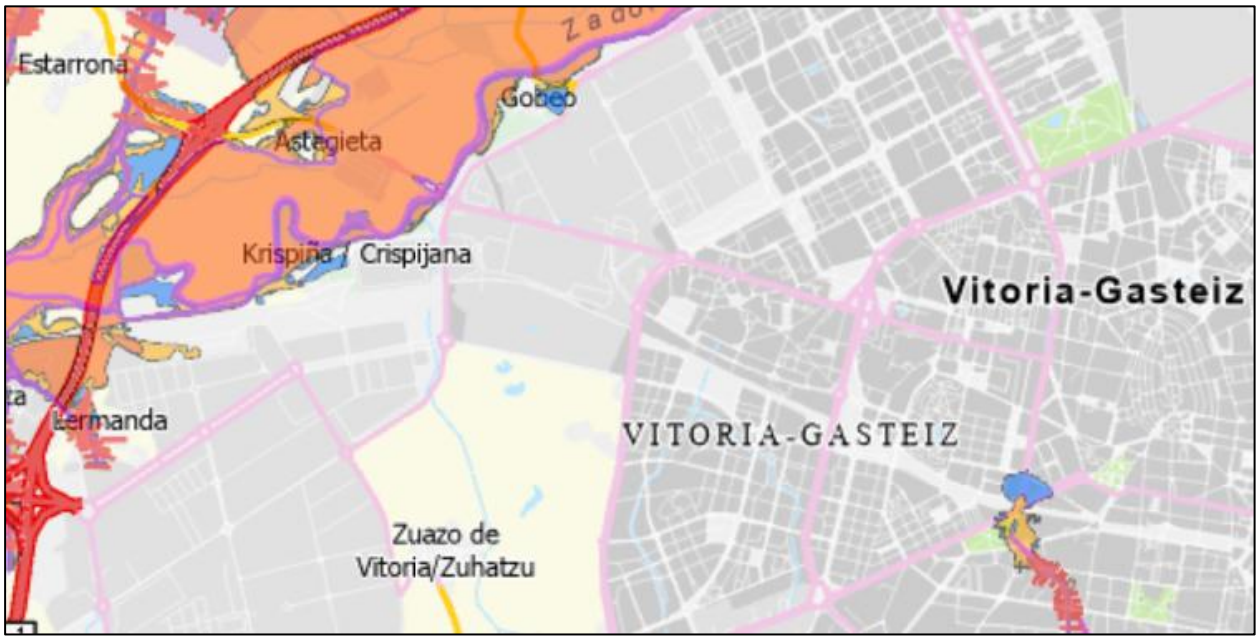


Figura 8. Mapa de Inundabilidad para Periodos de Retorno de 10, 100 y 500 años.

En cuanto a las zonas susceptibles de encharcamiento, el área de estudio presenta pendientes suaves en algunas áreas, lo que facilita la acumulación de agua durante periodos de lluvias intensas y prolongadas, especialmente cuando los materiales superficiales son predominantemente arcillosos.

2.7.2. Riesgos de tipo geológico y geomorfológico

2.7.2.1. Riesgos exógenos

En cuanto a los movimientos gravitacionales en la zona de estudio, el análisis y evaluación de riesgos se ha basado en observaciones directas del terreno realizadas durante los reconocimientos de campo.

En el entorno del trazado no se han detectado deslizamientos importantes, aunque se han observado pequeñas roturas circulares en algunos taludes excavados cerca de la ruta proyectada, con profundidades y extensiones que no superan el metro.

Estas inestabilidades superficiales no afectan a la zona de implantación del tranvía ni a las ubicaciones de las subestaciones.

2.7.2.2. Riesgos químicos

Respecto al riesgo de expansividad en suelos, no se han identificado condiciones que favorezcan la expansividad en los terrenos arcillosos de la zona de estudio.

En cuanto a la agresividad del agua y del suelo, aunque este estudio no ha aportado datos específicos, con base en estudios anteriores realizados en el área, se considera que el agua presente no es agresiva para el hormigón.

En relación con el riesgo de karstificación en los materiales calizos, aunque este fenómeno es común en ciertas áreas, no se han identificado indicios superficiales de karstificación en el área del proyecto.

Tampoco se han atravesado zonas karstificadas en los sondeos realizados en el marco de este estudio.

2.7.3. Riesgos de tipo geotécnico

Para la ejecución de movimientos de tierra y excavaciones contemplados en el proyecto, no se prevén desmontes ni rellenos de gran magnitud que puedan generar inestabilidades, asentamientos o problemas geotécnicos significativos.

Para la construcción de las dos subestaciones, será necesario realizar excavaciones de hasta 4,5 metros de profundidad. En estas excavaciones, los taludes se han diseñado con pendientes estables para prevenir posibles inestabilidades.

2.7.4. Riesgo sísmico

Para evaluar el riesgo sísmico en la zona de estudio, se han seguido las reglamentaciones vigentes, que incluyen las siguientes normativas:

- NCSE: “Norma de Construcción Sismorresistente” NCSE-02, establecida en el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre de 2002 (BOE 11/10/2002).
- Eurocódigo 8: “Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes”, Parte 1-1, que aborda las reglas generales, acciones sísmicas y requisitos generales para estructuras.

2.7.4.1. Clasificación de las construcciones

Según la NCSE-02, las construcciones se clasifican en tres categorías en función de su importancia y del impacto que podría causar su destrucción durante un terremoto:

- Construcciones de Moderada Importancia: Aquellas cuya destrucción por sismo tiene una probabilidad despreciable de ocasionar víctimas, interrumpir un servicio esencial o causar daños económicos significativos a terceros.

- Construcciones de Normal Importancia: Estructuras cuya destrucción podría ocasionar víctimas, interrumpir un servicio de interés comunitario o generar pérdidas económicas importantes, sin llegar a afectar un servicio imprescindible ni provocar efectos catastróficos.

- Construcciones de Especial Importancia: Este grupo incluye infraestructuras cuya destrucción podría interrumpir servicios imprescindibles o causar efectos catastróficos. Los puentes y las principales vías de comunicación entre poblaciones son ejemplos de construcciones que se clasifican dentro de esta categoría.

En el proyecto actual, se consideran varias edificaciones e infraestructuras que se catalogan como de "normal importancia".

2.7.4.2. Aceleración sísmica básica

La Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) define la peligrosidad sísmica de cada punto del territorio nacional mediante la aceleración sísmica básica, ab, que representa un valor característico de la aceleración horizontal en la superficie del terreno en relación con la gravedad (g). Este parámetro se ajusta mediante el coeficiente de contribución K, que considera los tipos de terremotos esperados y su influencia en la peligrosidad sísmica local.

Las obras de este proyecto se sitúan en el término municipal de Vitoria-Gasteiz, dentro del Territorio Histórico de Álava. Según el Anejo 1 de la NCSE-02 (Real Decreto 997/2002), se describen, por municipio, los valores de la aceleración básica iguales o superiores a 0,04g, junto con los del coeficiente de contribución K. En la Tabla 1 se muestran estos valores en cada uno de los municipios afectados.

Municipio	Aceleración básica (ab/g)	Coef. De contribución (k)
VITORIA-GAZTEIZ	<0,04	1,0

Tabla 1. Término municipal de la traza y aceleración básica asociada.

La Figura 9 presenta el mapa de peligrosidad sísmica de la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02). Este mapa indica, en relación con el valor de la gravedad (g), la aceleración sísmica básica (ab), que representa un valor característico de la aceleración horizontal en la superficie del terreno, así como el coeficiente de contribución (K).

Como criterio de partida para el diseño de proyectos en función de la actividad sísmica, se utiliza la aceleración sísmica básica mencionada junto con la clasificación establecida por la normativa según la importancia de la construcción.

En el caso del trazado del tranvía, este se ubicará sobre terrenos que, de acuerdo con el mapa de peligrosidad sísmica de la NCSR-02 (Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre), presentan una aceleración sísmica (ab/g) inferior a 0,04 y un coeficiente de contribución de k=1.

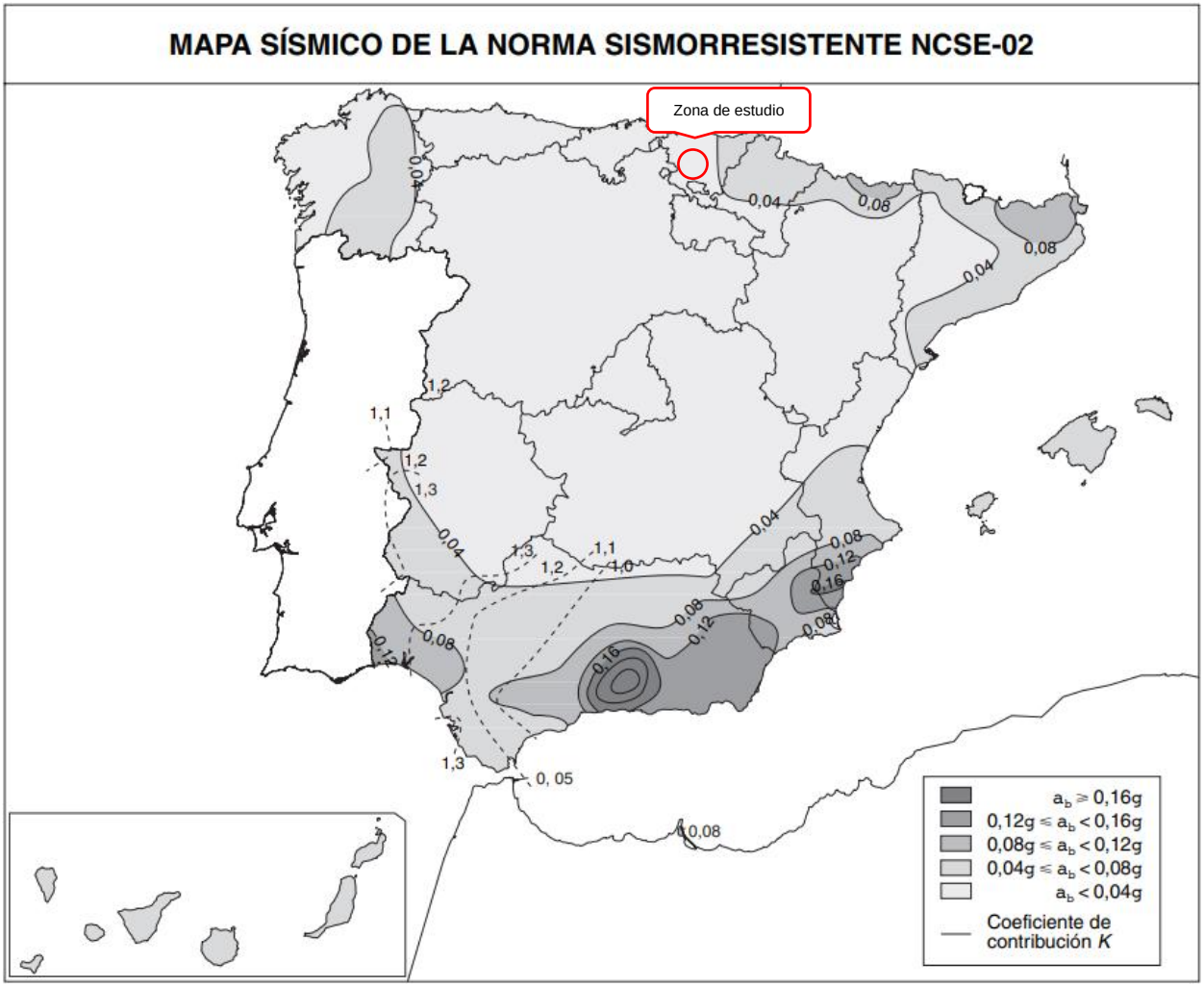


Figura 9. Mapa de peligrosidad sísmica y situación de la zona de estudio, establecido por la Norma Sismorresistente NCSE-02. Ministerio de Fomento (2009).

Tal como se observa en el Mapa Sísmico de la Norma Sismorresistente (Figura 9), la aceleración sísmica básica ab) tiene un valor inferior a 0,04 g, donde g representa la aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

Además, el municipio de Vitoria-Gasteiz se sitúa en una zona de baja actividad sísmica, como se aprecia en el fragmento del Mapa de Sismicidad de la Península Ibérica de la Figura 10.

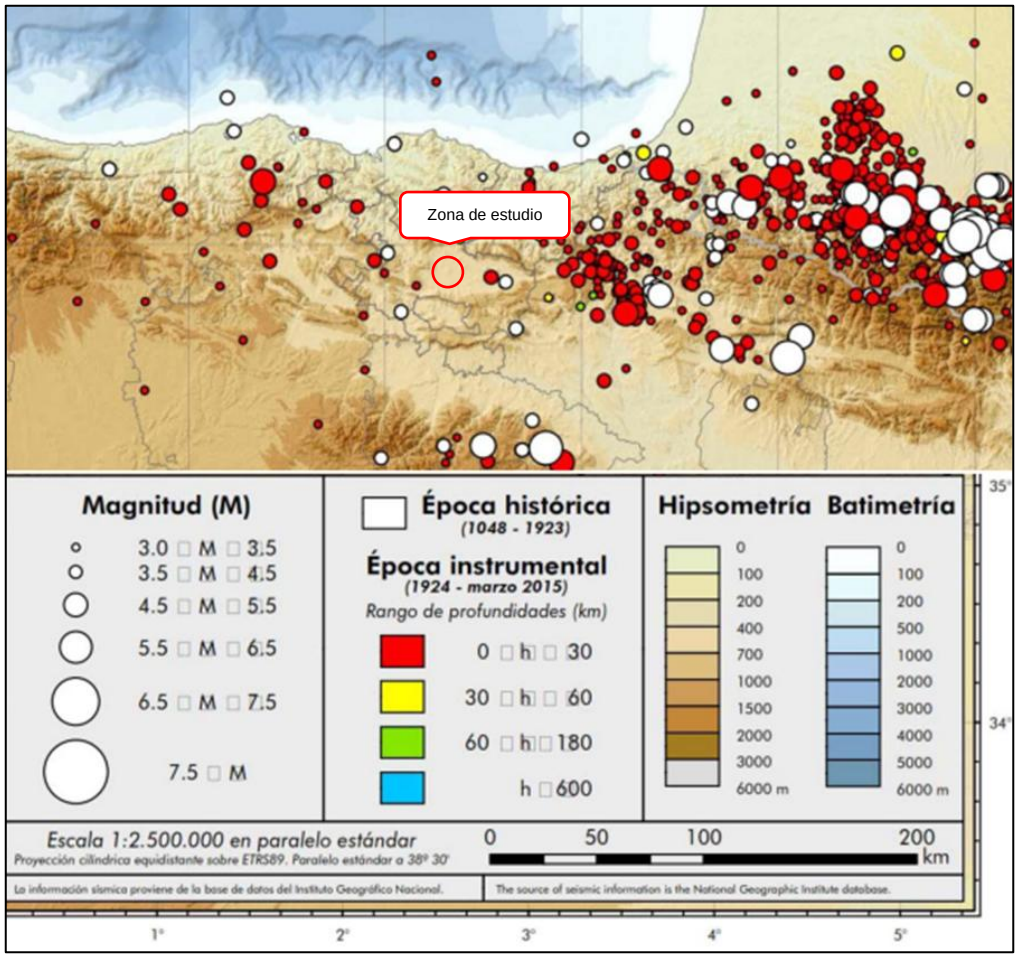


Figura 10. Fragmento del Mapa de Sismicidad de la Península Ibérica y Zonas Próximas (IGN).

Conforme a la Norma de Construcción Sismorresistente, no será necesaria la consideración de las acciones sísmicas cuando la aceleración sísmica horizontal básica del emplazamiento (ab) sea menor de 0,04 g.

2.7.4.3. Prescripción de empleo de la acción sísmica

La aplicación de esta norma es obligatoria en las construcciones especificadas en el artículo 1.2.1, salvo en los siguientes casos:

- Construcciones de importancia moderada.
- Edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica (ab) sea inferior a 0,04 g.
- Construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados en todas las direcciones, cuando la aceleración sísmica básica (ab) sea inferior a 0,08 g. No obstante, la norma se aplicará en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, ac, (art. 2.2) es igual o mayor de 0,08 g.

De lo anterior, se concluye que el trazado objeto de este estudio se encuentra en terrenos con una aceleración sísmica básica (ab) por debajo de 0,04 g.

Por lo tanto, no es necesario aplicar la Normativa de Construcción Sismorresistente en las estructuras y edificios asociados a la construcción del presente proyecto.

3. TRABAJOS REALIZADOS

En primer lugar, se llevó a cabo un reconocimiento geológico-geotécnico de superficie, orientado a identificar los distintos tipos de suelos y rocas en la zona, además de estimar sus espesores y características.

Posteriormente, se presentó a la dirección del proyecto una campaña de reconocimiento ajustada al trazado proyectado. Tras la aprobación, se procedió a la ubicación precisa de los ensayos propuestos, evitando la afectación a las diversas redes de servicios subterráneos (gas, fibra óptica, redes de telefonía, electricidad, etc.). Una vez definidos los emplazamientos, se realizaron los trámites administrativos necesarios para obtener los permisos de ocupación del espacio público y la captación de agua para los sondeos.

Finalmente, se ejecutó la campaña de trabajos de reconocimiento geológico-geotécnico, que incluyó:

- 2 sondeos mecánicos con recuperación de testigo en las posiciones de las subestaciones.
- 2 sondeos eléctricos verticales (también en las posiciones de las subestaciones).
- 10 penetrómetros dinámicos DPSH, ubicados en cada una de las estaciones del tranvía. Aunque se planificó inicialmente un ensayo DPSH en la ubicación de la parada de Iruña-Veleia, la proximidad de redes subterráneas en las zonas accesibles para el ensayo impidió su realización.

3.1. SONDEOS MECÁNICOS

La empresa GEODRILLING realizó los sondeos mecánicos entre los días 29 y 30 de julio de 2024. Esta campaña consistió en dos (2) sondeos, ubicados en las posiciones de las subestaciones proyectadas, denominados S-1 y S-2 en orden de progresivas crecientes.



Figura 11. Equipo de perforación de sondeos en la posición de los sondeos S-1 y S-2.

La perforación se efectuó mediante rotación con extracción de testigo continuo, empleando diámetros de 101 mm y 86 mm, y coronas de widia y diamante. Se colocó un entubado de protección de 98 mm hasta la roca para evitar desprendimientos de material durante la perforación.

En cada sondeo, se instaló tubería de PVC ranurada con tapa metálica para la medición del nivel piezométrico.

Los materiales extraídos de los testigos fueron descritos y se incluyen, junto con sus fotografías y el emplazamiento de cada sondeo, en el ANEXO 1. Los aspectos más significativos de los sondeos se detallan en la Tabla 2.

Sondeo	Profundidad	Materiales	
S-1 (VERTICAL)	6,55 m	0,00-0,20	Losa de hormigón.
		0,20-1,60	Relleno antrópico: gravas y gravillas heterométricas con arcilla marrones.
		1,60-3,00	Suelo aluvial/residual y roca margosa altamente meteorizada (G.M. V-IV): gravas con bolos heterométricos en matriz arcillosa.
		3,00-6,55	Sustrato rocoso: margas y margocalizas muy fracturadas hasta 4,00. A mayor profundidad sanas.
S-2 (VERTICAL)	7,20 m	0,00-0,30	Tierra vegetal.
		0,30-1,20	Relleno antrópico: limos y arcillas marrones con gravas y gravillas.
		1,20-3,00	Depósito aluvial/residual y roca margosa altamente meteorizada (G.M. V-IV): gravas con bolos heterométricos en matriz arcillosa.
		3,00-7,20	Sustrato rocoso: margas y margocalizas grises de ligeramente meteorizadas a sanas.

Tabla 2. Características de los sondeos mecánicos.

3.2. ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT

Durante el diseño de la campaña geotécnica se planificó realizar ensayos SPT (Standard Penetration Test, según la norma UNE 103-800-92) tras la toma de muestras inalteradas (MI) en los suelos del terreno natural. Sin embargo, la presencia de roca meteorizada a poca profundidad y el rechazo en la obtención de muestras inalteradas previas al SPT impidieron la ejecución de estos ensayos.

A continuación, se describe el procedimiento e interpretación del ensayo SPT, dada su correlación con los resultados obtenidos en los numerosos ensayos DPSH realizados.

El ensayo SPT mide la resistencia del suelo a la penetración mediante el número de golpes, N, necesarios para hincar el SPT 15 cm en el terreno. La prueba utiliza una maza de 63,6 kg, que se deja caer desde una altura de 76,2 cm sobre el equipo de penetración. El procedimiento consta de cuatro tramos consecutivos de hinca de 15 cm cada uno. Si en algún tramo se requieren más de 50 golpes sin avance, se considera rechazo. El resultado del ensayo es la suma de los golpes necesarios para hincar los dos tramos intermedios, tras un primer tramo inicial de 15 cm. Este número de golpes se denomina N (o N_{SPT}) y se utiliza para correlacionar diversos parámetros geotécnicos, siendo más fiable en terrenos granulares (arenas y gravas).

Un esquema del procedimiento del ensayo y de los elementos de trabajo empleados se muestra en la Figura 12.

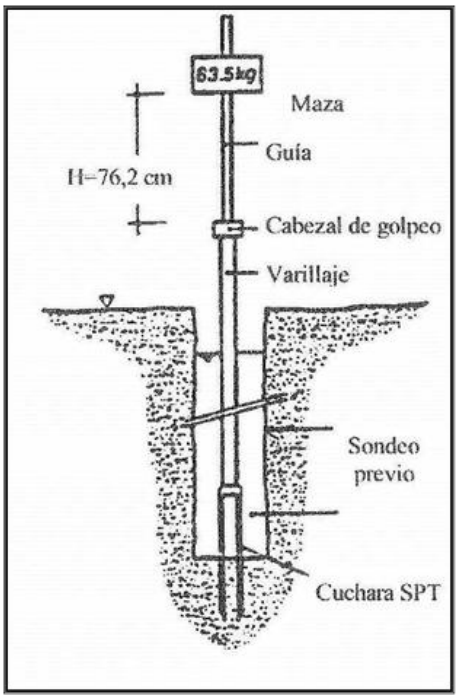


Figura 12. Procedimiento para ejecución de ensayo SPT.

La clasificación utilizada para la interpretación de los resultados del ensayo, junto con diversas correlaciones de interés, se detalla a continuación. Las Tabla 3 y Tabla 4 extraídas del CTE (Código Técnico de la Edificación) resumen las características más relevantes deducidas tras la realización de este ensayo en suelos granulares y cohesivos, respectivamente.

Compacidad	Densidad relativa - Dr (%)	NSPT
Muy Floja	< 15	< 4
Floja	15-35	4-10
Media	35-65	11-30
Densa	65-85	31-50
Muy densa	85-100	> 50

Tabla 3. Compacidad de las arenas.

Consistencia	Resistencia a compresión - q_u (kPa)	NSPT
Muy blanda	0-25	< 2
Blanda	25-50	2-4
Media	50-100	4-8
Firme	100-200	8-15
Muy firme	200-400	15-30
Dura	> 400	> 30

Tabla 4. Consistencia de las arcillas.

3.3. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH

Como parte de los trabajos de reconocimiento, se realizaron diez (10) ensayos de penetración dinámica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy, según la norma UNE 103.801). Los ensayos fueron ejecutados por la empresa especializada GEODUERO entre el 29 de julio y el 13 de agosto de 2024.

El ensayo DPSH utiliza una punta de acero normalizada de 51 mm de diámetro exterior, que se introduce en el terreno mediante el golpeo de una maza de 63,5 kg en caída libre desde una altura de 76 cm. La energía de cada caída se transmite a la punta metálica a través de varillas de acero macizo de 32 mm de diámetro. El mayor diámetro de la punta en relación con las varillas garantiza la eliminación del rozamiento lateral.

Cada tramo de ensayo tiene una longitud de 20 cm, y el resultado del ensayo, N_{DPSH} (también denominado N_{20} o N_B), se define como el número de golpes necesarios para penetrar dicha longitud. Si se requieren más de 100 golpes para completar la penetración de 20 cm, se considera que ha habido rechazo.

El informe completo de estos trabajos, que detalla el número de golpes, N20, necesarios para penetrar 20 cm a distintas profundidades, se encuentra en el ANEXO 2 de este informe.



Figura 13. Equipo DPSH en la posición del ensayo P-1.

La ubicación exacta de los ensayos y la profundidad alcanzada hasta el rechazo se muestran en la siguiente tabla.

Penetrómetro	Profundidad del rechazo	Coordenadas UTM (Huso 30)		
		X	Y	Z
DPSH P-1	3,80 m	526273,5792	4743765,9445	519,19
DPSH P-2	3,00 m	525853,7301	4743954,4731	516,92
DPSH P-3	2,00 m	525516,7191	4743696,9209	518,57
DPSH P-4	2,20 m	525187,1425	4743914,1451	522,63
DPSH P-5	4,80 m	524876,6190	4743943,8593	527,04
DPSH P-6	2,20 m	524744,4673	4743383,0052	527,78
DPSH P-7	1,60 m	524460,6957	4743290,5494	528,24
DPSH P-9	1,20 m	523767,5372	4742676,8674	546,17
DPSH P-10	2,60 m	524578,9308	4743772,9808	521,73
DPSH P-11	1,40 m	523920,4028	4744061,0271	520,12

Tabla 5. Profundidad de rechazo y coordenadas de los penetrómetros dinámicos realizados.

Este ensayo permite evaluar la resistencia a la penetración del terreno, su compacidad, la homogeneidad de una capa, posibles anomalías, y la situación en profundidad de capas resistentes, como el sustrato rocoso.

La capacidad portante del terreno se determina mediante el método holandés:

$$R_d = \frac{M^2 H}{e(P+M)A}$$

En donde:

M: Peso de la maza (63,5 kg).

P: Peso de las varillas (6,06 kg/m).

H: Altura de la caída (0,76 m).

e: Penetración (cm) / número de golpes.

A: sección de la punta (0,0020 m²).

Existe una correlación aproximada entre los valores de SPT y DPSH, considerando que $N_{SPT} \approx 1{,}4 \times N_{DPSH}$.

Suelos granulares		
DPSH (Golpes 20 cm)	**Compacidad**	**SPT (Golpes 30 cm)**
0-2	Muy suelta	0-4
2-5	Suelta	4-10
5-15	Media	10-30
15-25	Compacta	30-50
> 25	Muy compacta	> 50

Tabla 6. Correlación entre NDPSH y NSPT en suelos granulares.

Suelos cohesivos		
DPSH (Golpes 20 cm)	**Compacidad**	**SPT (Golpes 30 cm)**
0-2	Muy blanda	0-2
2-4	Blanda	3-5
4-8	Media	6-15
8-15	Firme	16-25
> 15	Dura	> 25

Tabla 7. Correlación entre NDPSH y NSPT en suelos cohesivos.

Los resultados obtenidos en los ensayos DPSH han permitido identificar tres niveles generales:

- Rellenos antropogénicos: Capa superior compuesta de gravas, gravillas y limos, en su mayoría de material margoso y margocalizo procedente de excavaciones cercanas. Este nivel se encontró en casi todos los ensayos, con espesores entre 0,5 y 4,0 metros (máximo en el DPSH-5), y golpeos generalmente altos, indicando una compacidad de media a muy compacta.
- Suelos aluviales cohesivos: Identificados solo en el ensayo DPSH-1, a lo largo de unos 2,0 metros, compuestos de limos arcillosos. Los golpeos varían de 6 a 9 con la profundidad, lo cual indica una consistencia de media a firme.

- Sustrato rocoso: Por debajo de los suelos mencionados, con golpeos crecientes en profundidad y un espesor aproximado de 0,2 a 0,8 m, se encontró roca meteorizada de grado V-IV, hasta alcanzar el rechazo en roca moderadamente meteorizada.

3.4. NIVELES FREÁTICOS

La ejecución de los sondeos permitió la instalación de tuberías piezométricas en los emplazamientos de estudio, con el fin de realizar mediciones periódicas de la posición del nivel freático utilizando una sonda piezométrica.



Figura 14. Medida del nivel freático en el sondeo S-2.

Después de finalizar los sondeos, se llevaron a cabo tres campañas de medición para registrar las variaciones en el nivel freático. Los resultados obtenidos en estas campañas se presentan en la tabla adjunta.

Fecha	S-1 (cota 518,02 msnm)	S-2 (cota 529,07 msnm)
13/agosto/2024	-2,71	-4,15
17/octubre/2024	-2,43	-3,39
23/octubre/2024	-2,72	-4,02

Tabla 8. Valores de la posición del nivel freático (medido desde la boquilla del sondeo).

3.5. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

Con el propósito de identificar los niveles óptimos para la instalación de las tomas de tierra en las subestaciones eléctricas proyectadas, se llevaron a cabo dos (2) Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).

En los apartados siguientes, se detalla la técnica de los sondeos eléctricos verticales, la metodología empleada en su ejecución, así como los resultados obtenidos en los ensayos realizados. El informe completo de estos ensayos se encuentra en el ANEXO 3 del presente documento.

3.5.1. Definición

Los métodos geoeléctricos de prospección geofísica se basan en la resistividad de los terrenos para definir las características del subsuelo. Entre estos métodos se incluyen los métodos de resistividad, que miden directamente la resistividad de los materiales, ya sean suelos o rocas.

Para realizar este tipo de sondeo, se introduce una corriente eléctrica en el terreno mediante dos electrodos (A y B) y, con un segundo par de electrodos (M y N), se mide la diferencia de potencial generada por el campo eléctrico entre ambos puntos. A esta configuración de cuatro electrodos se le denomina dispositivo electródico. Aunque puede adoptar diversas geometrías, generalmente se emplean disposiciones lineales y simétricas.

La resistividad del terreno (ρ) se calcula mediante la expresión:

$$\rho = K \cdot (\Delta V / I)$$

En donde:

- ΔV: medida en el circuito de potencial (mV).
- I: medida en el circuito de corriente (mA).
- K: constante que depende de la geometría del dispositivo empleado (m).

Con estas unidades, la resistividad (ρ) se expresa en Ohm·m.

En un terreno no homogéneo, lo que se obtiene es una resistividad aparente (ρ_a), la cual representa la resistividad equivalente de un terreno homogéneo e isótropo imaginario. Esta resistividad aparente es la principal variable experimental en los métodos geoeléctricos y su estudio permite determinar variaciones en el subsuelo. Se mide con corriente continua o alterna de baja frecuencia, es lo que constituye el método de resistividad.

La composición y la cantidad de sales solubles, ácidos o álcalis presentes en el suelo pueden afectar considerablemente su resistividad. La CURVA 1 de la Figura 15 muestra el efecto típico de la sal (cloruro de sodio) sobre la resistividad de un suelo que contiene 30% de humedad en peso.

La conductividad eléctrica en los suelos suele ser de tipo electrolítico, por lo que la resistividad de la mayoría de los suelos aumenta cuando el contenido de humedad es menor al 15% del peso del suelo, CURVA 2. La cantidad de humedad depende además del tamaño de grano, la compacidad y la variabilidad de los tamaños de grano. Sin embargo, la resistividad se ve poco afectada una vez que el contenido de humedad excede aproximadamente el 22%.

El efecto de la temperatura sobre la resistividad del suelo es casi insignificante para temperaturas superiores al punto de congelación. A 0 °C, el agua en el suelo comienza a congelarse y la resistividad aumenta rápidamente. La CURVA 3 muestra esta variación típica para un suelo arenoso que contiene 15,2% de humedad en peso.

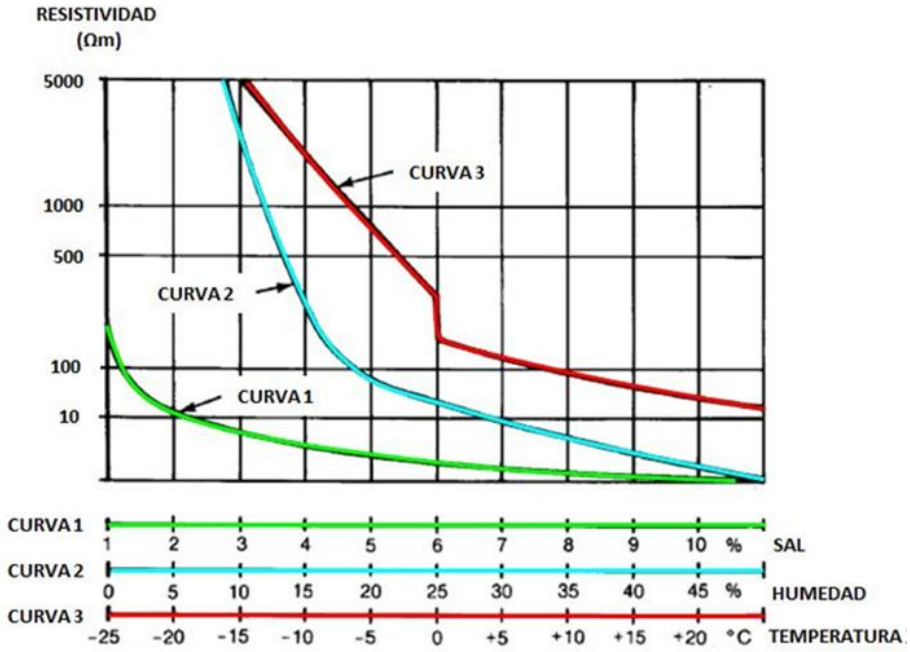


Figura 15. Efecto del contenido en humedad, sales y temperatura del suelo.

Para obtener una medición precisa de la resistividad del suelo, es crucial realizar pruebas in situ, ya que las condiciones ambientales como temperatura, humedad y contenido de sales en el momento de la medición afectan los resultados obtenidos.

3.5.2. Método de medida

Existen dos técnicas de resistividad que permiten investigar cambios litoeléctricos en el subsuelo, enfocándose en variaciones verticales y horizontales. Estas técnicas corresponden a dos métodos diferentes de medida: los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y las Calicatas Eléctricas (CE).

Con los SEV se identifican cambios litoeléctricos a lo largo de la vertical en un punto específico, ubicado en el centro del dipolo MN dentro de un dispositivo lineal y simétrico. Este método resulta ideal para el estudio de medios estratificados horizontales o ligeramente inclinados.

Para estas mediciones, los dispositivos más utilizados son el dispositivo Schlumberger y el dispositivo Wenner.

3.5.3. Procedimiento

La técnica de los Sondeos Eléctricos Verticales tiene como objetivo estudiar la distribución de los materiales del subsuelo en la vertical del punto de medida, basándose en los contrastes de resistividad que caracterizan a los materiales presentes en el área de estudio.

El principio de operación consiste en inducir un campo eléctrico en el subsuelo mediante dos electrodos (A y B) y medir, con otros electrodos (M y N), la diferencia de tensión generada. La medida se atribuye al centro del dispositivo de medición. Al cambiar el espaciado entre los electrodos, se puede medir la resistividad del suelo en la vertical del mismo punto a diferentes profundidades, resultando en un Sondeo Eléctrico Vertical.

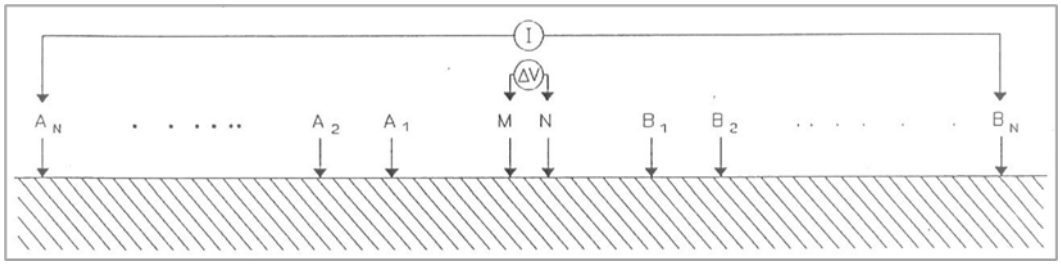


Figura 16. Esquema de operación de Sondeos Eléctricos Verticales.

Para garantizar la correcta aplicación de esta técnica y obtener resultados precisos, es necesario cumplir con ciertas condiciones sobre la geología local, que se detallan a continuación:

- Existencia de un contraste adecuado entre los valores de resistividad de las diferentes capas.
- Distribución de las capas limitada por planos paralelos a la superficie del terreno. La experiencia indica que los resultados teóricos son válidos para medios cuya inclinación no supere los 30°.
- Homogeneidad de las capas en cuanto a resistividad.
- Extensión lateral de las capas significativamente mayor que la longitud máxima del dispositivo utilizado.

Se ha empleado el equipo Syscal R1 Plus de Iris Instruments para realizar los Sondeos Eléctricos Verticales. En la Figura 17 se muestra el equipo utilizado, y en el ANEXO 3 se presentan sus características técnicas.



Figura 17. Equipo utilizado para SEV.

A continuación se describe el dispositivo utilizado y el procedimiento empleado para la toma de datos.

Existen diversos dispositivos para la realización de Sondeos Eléctricos Verticales. En este caso concreto, se empleó un dispositivo electródico Wenner alfa, constituido por 4 electrodos. El modo de actuación consiste en enviar una corriente al subsuelo mediante dos electrodos (A-B) y medir la diferencia de tensión con los otros electrodos (M-N), la cual se atribuye al centro del dispositivo (punto de medida).

Al cambiar el espaciado entre los electrodos, es posible medir la resistividad del suelo en la vertical del mismo punto a diferentes profundidades. Después de cada medición, se separan los electrodos A, B y M, N a distancias equidistantes, lo que implica un aumento en la profundidad de investigación en las sucesivas mediciones.

En la Figura 18 se muestra un esquema de operación de un SEV de tipo Wenner para tomas de tierra, con distancias entre electrodos de 1 m, 2 m, 4 m y 6 m; estas distancias son las profundidades aproximadas a las que se atribuyen los puntos de medida de resistividad.

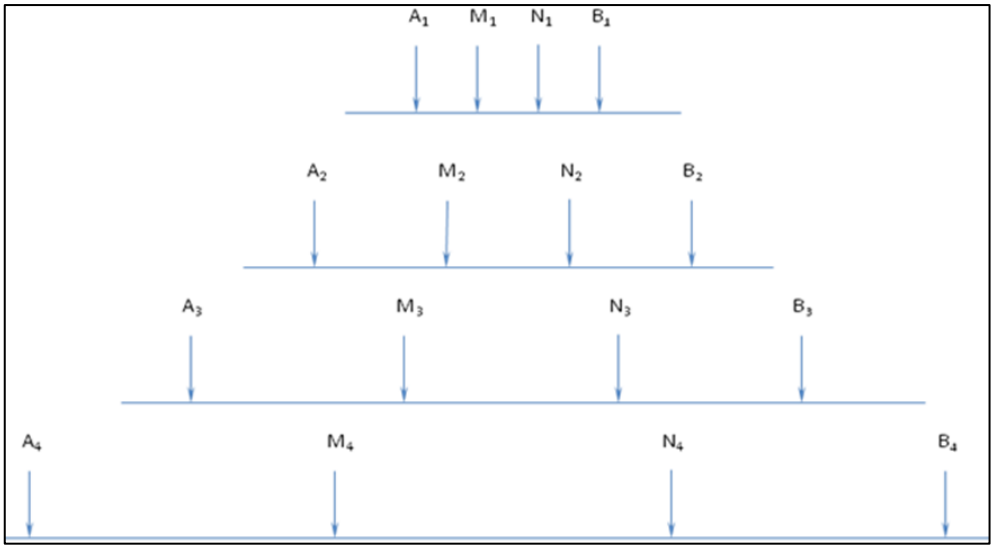
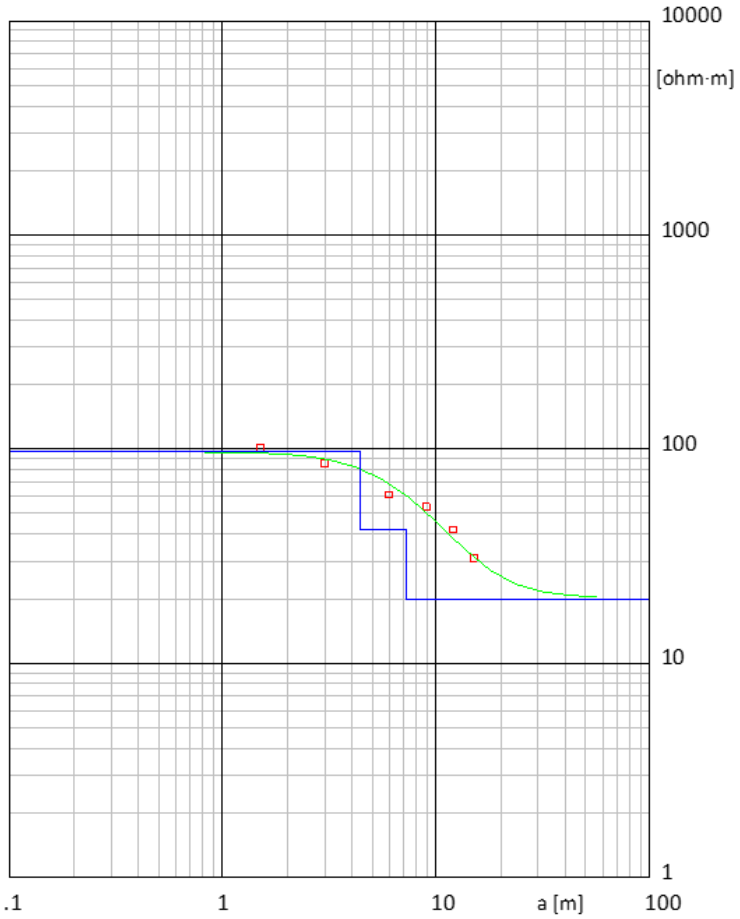


Figura 18. Posición de los electrodos pata “Tomas de tierra” Wenner.

Con los valores de I y ΔV medidos en cada posición de los electrodos (A, B, M, N) del dispositivo, se calcula un valor de resistividad aparente utilizando la fórmula:

$$\rho_a = K \cdot (\Delta V / I)$$

donde K es un factor geométrico que depende de la disposición de los electrodos. Se obtiene así una relación de valores ρa = f(AB/2), que se representa en escala bilogarítmica, tal como se muestra en laFigura 19. Esta curva es el documento básico para la interpretación del Sondeo Eléctrico Vertical.



Modelo Resistividad [ohm·m]	Espesor [m]	Profundidad [m]
97	4.4	
42	2.8	4.4
20		7.2

Figura 19. Curva de resistividad aparente e interpretación.

3.5.4. Interpretación de datos

La interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales consiste en determinar la distribución y características en cuanto a espesores y resistividades aparentes de las diferentes capas del corte geoeléctrico obtenido.

Para llevar a cabo esta interpretación, se utiliza el programa WINSEV 6.4 de GEOSOFT.

A partir de la geometría de la curva de resistividad aparente, es posible determinar el número de capas y estimar su resistividad. Esta información constituye el modelo inicial. Con este modelo inicial, se calcula (problema directo) la curva de resistividad teórica correspondiente, es decir, la curva que se mediría si el subsuelo coincidiera exactamente con el modelo inicial.

Posteriormente, se compara (problema inverso) la curva teórica con la curva realmente medida, modificando los parámetros del modelo según sea necesario. Este proceso se repite de manera iterativa hasta lograr el mejor grado de ajuste entre la curva medida y la curva teórica resultante del modelo

interpretado. Así, se obtiene como resultado la interpretación del Sondeo Eléctrico, que consiste en el modelo teórico cuya curva de resistividad se ajusta mejor a la real obtenida.

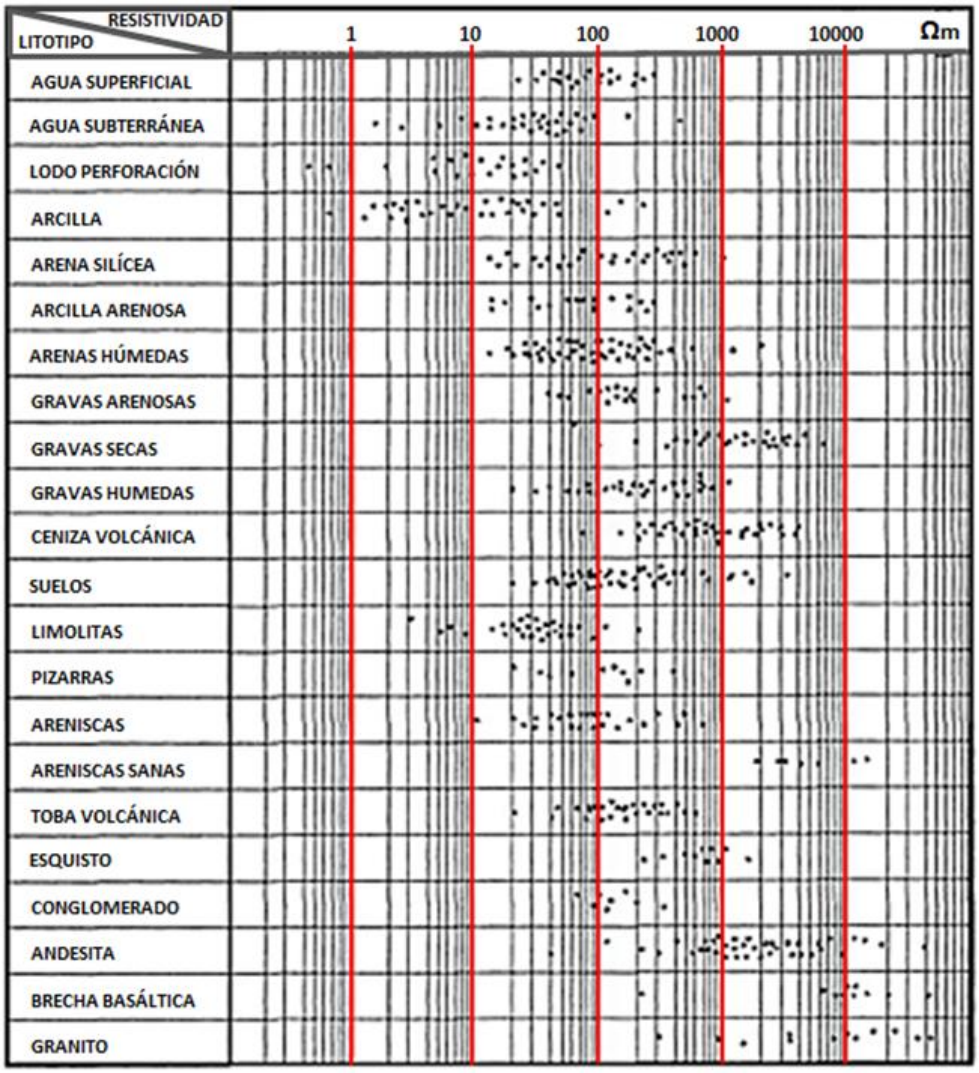


Figura 20. Rango de valores de resistividad de diferentes materiales

3.5.5. Resultados

El 19 de julio de 2024, técnicos de Magma Estudios Geofísicos S.L. realizaron un total de 2 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) utilizando el dispositivo Wenner Alfa, distribuidos en dos zonas del trazado donde se ubicarán subestaciones de la infraestructura proyectada.

- SEV 1: Se sitúa en un parque de la calle Bustinzuri, frente al colegio público San Martín. Debido a que la zona está solada, fue necesario desplazar ligeramente la ubicación inicial hacia una zona ajardinada que permitiera clavar los electrodos de medición adecuadamente, garantizando medidas sin interferencias antrópicas.
- SEV 2: Se ubica en una rotonda, en la confluencia de las avenidas Reina Sofía y de los Derechos Humanos. A pesar de la presencia de distintos servicios (agua, electricidad, etc.) bajo la rotonda, las medidas se llevaron a cabo sin ningún tipo de interferencia.

En relación con los resultados obtenidos, en el ANEXO 3 de este anejo se presentan los datos procesados y analizados para cada uno de los SEV realizados. En el plano correspondiente del ANEXO 4, se muestran

los valores numéricos de resistividad obtenidos en cada posición de medida, junto con el espaciado entre electrodos, que indica la profundidad a la que se obtuvo la medición. Se ha realizado además una interpretación mediante el análisis conjunto de la curva obtenida en cada emplazamiento.

Atendiendo a los valores de resistividad obtenidos, se define el carácter corrosivo del terreno prospectado. Los resultados indican que:

- Valores inferiores a 5 Ωm presentan un grado de corrosividad muy elevado.
- Materiales con valores de resistividad entre 10 Ωm y 20 Ωm presentan un grado de corrosividad moderado.
- Valores superiores a 100 Ωm indican un grado de corrosividad muy bajo.

En la Tabla 9 se muestra la tabla de clasificación correspondiente.

Grado de corrosividad	Resistividad del terreno (Ω·m)
Muy alto	< 5
Alto	5-10
Moderado	10-20
Bajo	20-100
Muy bajo	> 100

Tabla 9. Grado de corrosividad Vs Resistividad.

En cuanto a la clasificación del terreno como adecuado o inadecuado para la toma de tierra, los materiales con resistividad inferior a 100 Ωm son considerados adecuados para situar los elementos que constituyen la toma de tierra, mientras que aquellos con valores superiores a 100 Ωm son considerados inadecuados. En este último caso, sería necesario utilizar elementos que reduzcan ese valor para alcanzar un nivel adecuado.

En la Figura 21 se presenta un gráfico con la clasificación de los materiales en función de su resistividad.

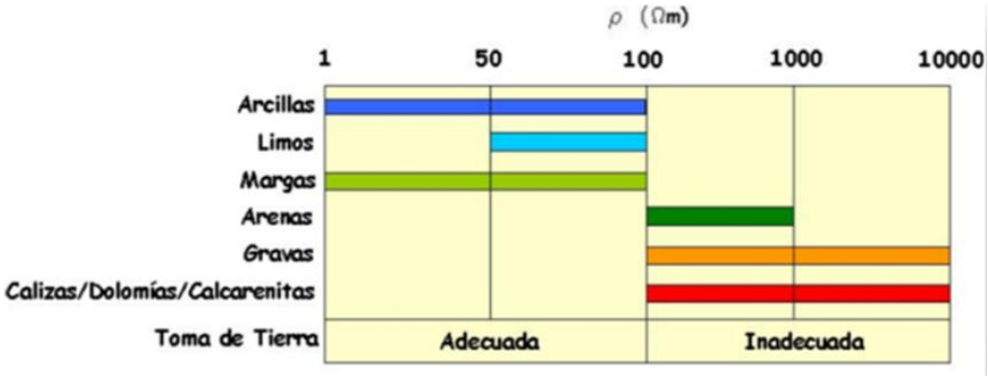


Figura 21. Toma de tierra Vs Resistividad.

Los resultados específicos de los SEV realizados se resumen a continuación:

- SEV 1: Se ha identificado una capa superficial y somera, de un espesor de 0,55 m y una resistividad de 158 Ωm, atribuible a rellenos antrópicos, lo que la clasifica como inadecuada para la toma de tierra. A partir de 0,55 m de profundidad y hasta los 10 m, los materiales presentan un valor de resistividad inferior a 100 Ωm, siendo adecuados para la toma de tierra.

- SEV 2: Se han definido dos capas someras, con espesores de 0,31 m y 5,8 m, con valores de resistividad de 53 Ωm y 38 Ωm, respectivamente, lo que indica que son adecuadas para la toma de tierra. A partir de los 6,1 m de profundidad, aparece un último nivel con una resistividad de 138 Ωm, atribuible a un litotipo con mayor contenido en carbonatos, el cual sería inadecuado para la toma de tierra.

Zona de estudio	Ensayo	Profundidad (m)	Resistividad (Ω·m)	Toma de tierra	Grado de corrosividad
Vitoria	SEV 1	- 0,55 0,40	158 44 61	Inadecuada Adecuada Adecuada	Muy bajo Bajo Bajo
Vitoria	SEV 2	- 0,31 6,10	53 38 135	Adecuada Adecuada Inadecuada	Bajo Bajo Muy bajo

Tabla 10. Resumen de las principales características de los SEV realizados.

4. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES

En este apartado se definen los espesores y características de cada uno de los niveles que componen el subsuelo en el área de estudio, tal como se representa en los perfiles geotécnicos incluidos en el ANEXO 4.

También se detallan los parámetros geotécnicos característicos de cada nivel, los cuales se han obtenido a partir de los ensayos de campo. Estos parámetros son, en sentido estricto, representativos de las características del terreno en los puntos de ensayo; sin embargo, se aceptan como valores medios o de referencia del "orden de ...". Respecto a las descripciones geológico-geotécnicas, se considera aplicable la misma aproximación, ya que la interpretación admite una variación progresiva y sin cambios bruscos entre los puntos investigados mediante los trabajos de reconocimiento.

4.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS SUELOS

Para la descripción de los suelos, se han empleado términos basados en diferentes clasificaciones. Así, se utilizan denominaciones con significado genético cuando se hace referencia a rellenos antropogénicos, depósitos aluviales, etc. También se aplican clasificaciones granulométricas, que corresponden a los distintos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.

Asimismo, se han utilizado términos con implicaciones de resistencia o compacidad, lo que permite inferir valores de resistencia a compresión simple y densidad relativa, tal como se detalla en el apartado 3.2.

Los suelos que serán afectados presentan tres orígenes principales: rellenos antropogénicos, depósitos aluviales y depósitos aluviales o residuales. En relación con los rellenos antropogénicos, se considerarán como un único nivel con características similares, pese a que su mecanismo de formación genera una notable heterogeneidad.

A continuación, se describen las características principales de los materiales, siguiendo una columna tipo descrita de arriba hacia abajo:

- **Rellenos antropogénicos**

  Dada su heterogeneidad, resulta cuestionable realizar una caracterización genérica para todos ellos. No obstante, a partir de los datos obtenidos del ensayo DPSH, se puede considerar que presentan un nivel de compacidad de medio a muy compacto, con valores de N_{DPSH}=10 a 50.

  - γ = 1,7-1,9 t/m^3
  - C = 0,0 t/m^2
  - ϕ = 28-35º
  - K_{30} = 120-300 MN/m^3

- **Depósitos aluviales cohesivos**

  Los suelos cuaternarios de origen aluvial no se presentan de forma continua en los trabajos realizados, interpretándose su presencia únicamente al inicio de la traza, en el entorno de la plaza de Lovaina.

  Estos suelos tienen un espesor máximo estimado de 1,1 m y presentan una consistencia de media a firme, con valores de N_{DPSH} entre 5 y 9. A partir de estos datos y por comparación con materiales similares en otros puntos de Vitoria-Gasteiz, se les pueden asignar los siguientes parámetros:

  - Densidad aparente: 1,8-1,95 kN/m^3
  - Cohesión no drenada: 50-80 kN/m^2
  - Cohesión drenada: 20-40 kN/m^2
  - Angulo de rozamiento efectivo: 22º-28º

- Módulo de deformación: 6-15 MN/m^2
- Coeficiente de Poisson: 0,30
- Coeficiente de balasto K_{30}: 30-60 MN/m^3

- **Depósitos aluviales-residuales**

  Este nivel se presenta de forma continua a lo largo de la traza, y está compuesto por una matriz arcillo-limosa con presencia de gravillas y gravas provenientes de la roca madre, con una consistencia dura.

  En base a los resultados del ensayo DPSH y por comparación con materiales similares de Vitoria-Gasteiz, se pueden estimar los siguientes parámetros:

  - Densidad aparente: 1,85-2,15 kN/m^3
  - Cohesión drenada: 70-90 kN/m^2
  - Angulo de rozamiento efectivo: 25º-35º
  - Módulo de deformación: 40-60 MN/m^2
  - Coeficiente de Poisson: 0,30
  - Coeficiente de balasto K_{30}: 60-200 MN/m^3

4.2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUSTRATO ROCOSO

Durante el reconocimiento, se evaluó el grado de meteorización de los distintos litotipos siguiendo los criterios indicados en la Tabla 11.

Término	Descripción	Símbolos
Sana	No hay señales visibles de meteorización en la roca matriz. Tal vez una ligera decoloración superficial en las discontinuidades principales.	I
Ligeramente meteorizadas	La decoloración indica la meteorización de la roca matriz y de las superficies de discontinuidad. Toda la roca matriz puede estar decolorada por meteorización y puede ser algo más que en su estado sano.	II
Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material de la roca matriz está descompuesto y/o desintegrado en forma de suelo. La roca sana o la decolorada se presenta, tanto como estructura discontinua como núcleos más competentes.	III
Altamente meteorizada	Más de la mitad del material de la roca matriz está descompuesto y/o desintegrado en forma de suelo. La roca sana o la decolorada se presenta, ya sea como estructura discontinua o como núcleos más competentes.	IV
Completamente meteorizada	Todo el material de la roca matriz está descompuesto y/o desintegrado en forma de suelo. La estructura original del macizo está todavía fundamentalmente intacta.	V

Tabla 11. Grado de meteorización.

De forma similar, la estimación de la dureza en campo se realizó conforme al criterio presentado en la Tabla 12.

Grado	Designación	Resistencia a la compresión (MPa)	Estimación de la dureza en el campo

R-0	Extremadamente blanda	0,25-1,00	Se raya con la uña.
R-1	Muy blanda	1,00-5,00	Se desmenuza con golpes firmes de la punta del martillo y puede rasparse con la navaja.
R-2	Blanda	5,00-25,00	Se raya con dificultad con la navaja, pudiéndose hacer hendiduras superficiales al golpear firmemente con la punta del martillo.
R-3	Dureza media	25,00-50,00	No puede rasparse con la navaja, pero puede romperse con un solo golpe de martillo.
R-4	Dura	50,00-100,00	Se necesita más de un golpe de martillo para romperla.
R-5	Muy dura	100,00-250,00	Se necesitan muchos golpes del martillo para romperla.
R-6	Extremadamente dura	> 250,00	Únicamente se desconcha al golpearla con el martillo.

Tabla 12. Grado de dureza.

Bajo los rellenos y el aluvial se encuentra el sustrato rocoso compuesto por margas y margocalizas. La profundidad a la que se encuentra este sustrato en la zona investigada varía entre 0,8 m y 4,5 m. Estos materiales presentan un grado de meteorización I-II, excepto en su parte superior, donde la roca está altamente alterada, alcanzando grados de meteorización V-IV.

Aunque no se han realizado ensayos de laboratorio específicos para estos materiales en este proyecto, se trata de una unidad ampliamente estudiada, lo que permite caracterizarla geotécnicamente a partir de la información existente. En cuanto a la resistencia a compresión, los valores oscilan entre 15 y 50 MPa para la unidad M_{cn} con un grado de meteorización menor de III. El valor promedio de la resistencia a compresión simple, adoptado desde una perspectiva de seguridad, es de 25 MPa, correspondiente a una roca de dureza media (R-3) según la clasificación ISMR (1981).

Respecto al módulo de Young, se considera un valor entre 5 y 25 GPa, estimado también desde una perspectiva de seguridad, y un coeficiente de Poisson de 0,2. La densidad aparente puede variar entre 2,45 y 2,65 T/m³.

Para evaluar la calidad de la roca, se utiliza comúnmente el índice de calidad RQD (Rock Quality Designation), basado en la recuperación modificada de testigo. Este índice depende del número de fracturas y del grado de debilitamiento o alteración del macizo rocoso, observable en los testigos extraídos durante los sondeos. En lugar de contar las fracturas, se obtiene una medida indirecta sumando la longitud total del testigo en cada maniobra, considerando únicamente aquellos trozos de longitud igual o superior a 10 cm en su estado sano o compacto.

Según el índice RQD propuesto por Deere et al (1963), se clasifican las rocas en cinco tipos:

RQD %	Calidad de roca
90-100	Excelente
75-90	Buena
50-75	Media
25-50	Mala
0-25	Muy mala

Tabla 13. Índice RQD (Deere et al (1963)).

En relación con la calidad de la roca y su fracturación, los sondeos realizados en este proyecto muestran valores de RQD inferiores al 50% en el primer metro y medio de roca. Sin embargo, a mayores profundidades, los valores de RQD superan el 90%, lo que indica una roca de calidad excelente.

5. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

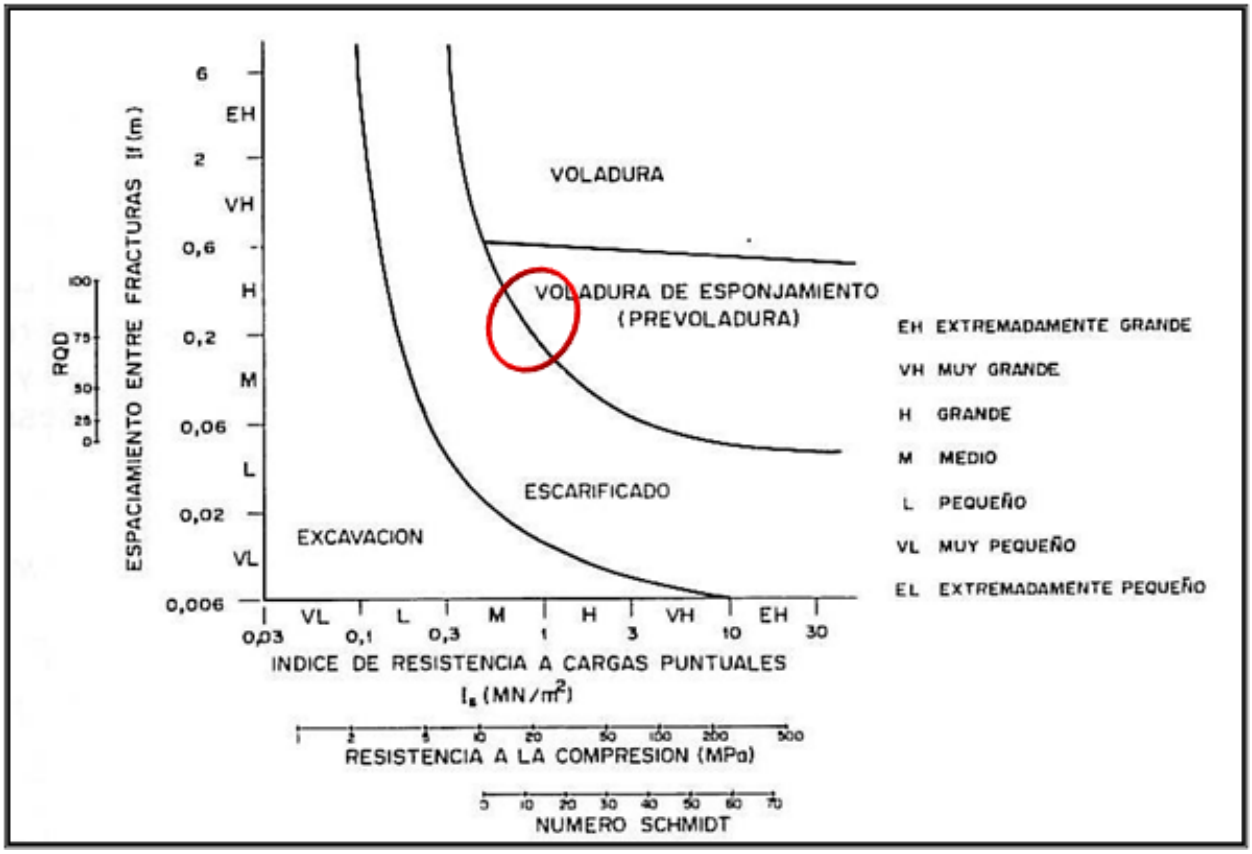
5.1. EXCAVACIONES

5.1.1. Métodos de excavación

Los materiales que se encuentran en la zona de excavación se han clasificado en tres grupos principales, de acuerdo con la dificultad que presentan para su remoción:

- **Materiales de excavación ordinaria:** Son aquellos que pueden ser excavados con equipos de carga convencionales, como palas cargadoras y tractores con hoja de empuje. En este grupo se incluyen tanto los diferentes tipos de suelos naturales como los rellenos de origen antrópico.
- **Materiales escarificables:** Estos materiales requieren un arado escarificador para su disgregación previa a la excavación. En esta categoría se incluyen las calizas laminadas y margocalizas meteorizadas, así como las margocalizas sanas presentes en zonas fracturadas.
- **Materiales de excavación difícil:** La remoción de estos materiales requiere el uso de métodos especializados, como voladuras controladas o martillos rompe-rocas. En este grupo se clasifica el sustrato rocoso de naturaleza caliza y margocaliza de buena calidad, con un índice de calidad del macizo rocoso (RQD) superior al 75%.

A continuación, se presenta la clasificación de Franklin et al. para evaluar la excavabilidad del macizo rocoso, la cual se emplea como referencia en el presente análisis.



Nota: la excavabilidad de los materiales presentes en la zona se representa mediante un diagrama circular.

Figura 22. Excavabilidad de los materiales (clasificación de Franklin et al).

Basado en la clasificación de Franklin et al. (1971), quienes propusieron evaluar los macizos rocosos mediante dos parámetros: el Índice de Resistencia Bajo Carga Puntual, “Is”, y el Índice de Espaciamiento entre Fracturas, “If”. El índice If se obtiene a partir de los testigos de los sondeos y representa un valor promedio que puede variar desde pocos milímetros hasta varios metros, por lo que su interpretación requiere, idealmente, el apoyo de un histograma o un intervalo de variación para ofrecer una visión más ajustada de su distribución.

En la figura se ilustra la clasificación denominada de Resistencia-Tamaño, la cual orienta sobre los métodos de excavación adecuados en función de los valores de Is e If, así como su relación con otros parámetros geomecánicos, como la resistencia a compresión y el Índice de Calidad del Macizo Rocoso (RQD). La gráfica presenta cuatro zonas o regiones de excavabilidad, y de acuerdo con los valores de referencia de resistencia a compresión (25 MPa) y de RQD (entre 40 % y 100 %), la roca ligeramente meteorizada a sana que se verá afectada en este proyecto se ubica en la región de escarificado o ripado duro y prevoladura.

Para la excavación de la subestación, se prevé una profundidad aproximada de 4,5 metros bajo la cota actual. En los primeros tres metros, que afectan principalmente a suelos y rocas fracturadas de baja calidad, la excavación se podrá realizar con medios ordinarios. Sin embargo, para profundidades mayores, donde la excavación afectará a roca meteorizada en un grado de meteorización (GM) inferior a III y de calidad media a buena, será necesario emplear equipos de ripado o escarificado de alta potencia.

5.1.2. Taludes de excavación

En relación con la estabilidad de los taludes necesarios para las excavaciones de las subestaciones enterradas, se observa que los taludes en rellenos, suelos aluviales y roca altamente meteorizada (GM IV-III) permanecen estables hasta profundidades de 1,5 m, incluso con pendientes casi verticales, siempre que no estén afectados por el agua. Sin embargo, para asegurar la estabilidad ante posibles infiltraciones de agua en épocas de lluvia, se recomiendan pendientes provisionales de 3H:2V en suelos y de 1H:1V en roca meteorizada (GM V-IV).

Para los taludes excavados en roca de menor grado de meteorización (GM III o menor), situados entre aproximadamente 2,5 m y 4,5 m de profundidad y con alturas inferiores a 2,0 m, se ha evaluado que la estratificación subhorizontal del sustrato rocoso no genera inestabilidades típicas, como cuñas, vuelco o deslizamiento planar. En estas condiciones, es viable ejecutar taludes en seco con una pendiente de 1H:3V.

Respecto a la presencia de agua en las excavaciones, se han medido los niveles freáticos en ambos emplazamientos: en el sondeo S-1, el nivel freático máximo se sitúa a 2,4 m, mientras que en el sondeo S-2 alcanza los 3,4 m. Dado que los materiales presentes son de baja permeabilidad, en caso de que el agua acceda a los taludes durante la fase de excavación, se prevé que podrá ser retirada fácilmente mediante métodos convencionales de bombeo.

5.2. CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

5.2.1. Cimentación de las subestaciones

Al alcanzar el fondo de la excavación en el área destinada a las subestaciones, estas quedarán apoyadas sobre un sustrato rocoso con distintos grados de meteorización, de III a I. Por lo tanto, para la cimentación de las subestaciones, la transmisión de cargas se realizará sobre el sustrato rocoso, de naturaleza margosa y margocaliza, con meteorización clasificada como GM III o menor. Este apoyo se llevará a cabo mediante zapatas aisladas o zapatas arriostradas.

La presión vertical admisible en la roca se estima de acuerdo con las especificaciones del Código Técnico de la Edificación (CTE):

$$q_d = k_{sp} \cdot q_u$$

Siendo:

q_u: resistencia a compresión de la roca sana:

$$k_{sp} = \frac{3 + \frac{s}{B}}{10 \cdot \sqrt{1 + 300 \cdot \frac{a}{s}}}$$

En donde:

s: espaciamiento entre las discontinuidades (> 300 mm).

B: anchura del cimiento en m. (0,05 < s/B < 2).

a: apertura de las discontinuidades, siendo (0 < a/s < 0,02):

- a < 5 mm en junta limpia.
- a < 25mm en junta rellena con suelo o con fragmentos de roca alterada.

En el caso de rocas en GM IV-III se han escogido los parámetros s = 50 mm y a = 10 mm, con un q_u = 25 MPa, obteniendo los siguientes resultados:

Forma cimentación (m)	Tensión admisible q_{adm} (kN/m²)
2x2	1045
3x3	1042
4x4	1041

Tabla 14. Capacidad portante sobre unidad Cm (GM IV-III).

Para el caso de la roca más sana GM I-II, se han caracterizado con s = 100 mm y a = 5 mm, con un q_u = 27 MPa, obteniendo los siguientes resultados:

Forma cimentación (m)	Tensión admisible q_{adm} (kN/m²)
2x2	2058
3x3	2047
4x4	2041

Tabla 15. Capacidad portante sobre unidad IV (GM I-II).

En conclusión, la capacidad portante de la roca sana es elevada. Sin embargo, en el caso de cimentaciones directas, se recomienda limitar la presión admisible de diseño. Para estructuras convencionales, como las proyectadas, se sugiere un rango de entre 300 y 500 kN/m².

El cálculo de asientos no se considera determinante para la roca, ya que la tensión transmitida en ningún caso superará la carga de rotura del macizo rocoso, y la deformación esperada se mantendrá en una escala milimétrica.

5.2.2. Cimentación de las paradas y placa de la plataforma

Considerando de manera general que el nivel de desplante de la cimentación de las marquesinas de las paradas y de la placa de las vías se situará entre 0,5 y 1,0 metros de profundidad respecto a la cota de viales existente, los materiales sobre los que se apoyarán serán los rellenos antrópicos con un nivel de compacidad de medio a muy compacto.

En el caso de las paradas de Mariturri y Aldaia, en que el rechazo de los DPSH se dio a una profundidad del entorno del 1,0 metros, pudiera ser que la cimentación recayese sobre el sustrato rocoso meteorizado.

En caso de que al alcanzar el nivel de cimentación apareciese un relleno de compacidad floja sería necesario realizar la sustitución de esto “blandones”, por un material adecuado para alcanzar, al menos, un grado de compacidad medio.

Por IDOM:

Fdo. Victoriano Sancho Villasante

Geólogo Colegiado Nº 5960

ANEXO 1. SONDEOS MECÁNICOS

S-1

CLIENTE:	CAMPAÑA:	EMPRESA:	Supervisor:	P.K.:	Sondeo: S-1
	AMPLIACIÓN TRANVÍA GASTEIZ-ZABALGANA CAMPAÑA GEOTÉCNICA_2024	IDOM	Pelayo_F_geodrilling Empresa: IDOM Sondista: Daniel Equipo: RL-600	Y: -2.702365 X: 42.842161 Z: EPSG: 4326	Página: 1/1 Fecha inicio: 29/07/2024 Fecha finalización: 29/07/2024

Profundidad(m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Profundidad agua(m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Espesor(m)	Espesor(m)	Avances(m)	RQD (%) Recuperación (%)	Meteorización	Número de juntas/m	RMR (básico) RMR (seco)	Ensayos de campo/muestras: Intervalo(m)	Resultados	Golpes/30cm
0.0	101 B - T	29/07/2024					RELLENO ANTRÓPICO. Rellenos consolidados, cantos y gravas de carácter irregular, sub-angulosos y heterométricos; con un notable origen calcáreo(presenta reacción al HCl). Dichos cantos y gravas se presentan imbuidos en una matriz limosa de color ocre.	1.60	1.60	1.00	20 40 60 80	V IV III II	F4 F3 F2 F1	0 25 50 75 100	MI 1.00-1.05	50	
1.0																	
2.0							ELUVIAL, alteración de la parte superficial del sustrato rocoso. Presencia de bolos en matriz limosa.	1.00	2.60	1.80 2.40							
3.0							Alteración de la parte superficial del sustrato rocoso. Depósito arcilloso, coloración marrón, notable presencia de fragmentos rocosos calcáreos con signos de alteración; alteración que produjo tanto la fracturación como los depósitos arcillosos que se observan imbuyendo los fragmentos y rellenando las juntas.	0.40	3.00	3.00							
4.0	101 T - D						Sustrato rocoso calcáreo de coloraciones grises oscura. Hasta 4,60 m la recuperación se da en forma de fragmentos rocosos y gravas calcáreas; seguidas de la recuperación de testigos sanos, en lo que que se observa una familia de fracturas sub-verticales.	3.55		4.80							
5.0																	
6.0															TP 6.20-6.55		
6.55								6.55		6.55							
7.0																	
8.0																	
9.0																	
10.0																	

MI: MUESTRA INALTERADA
LF: ENSAYO LEFRANC
Ox: ÓXIDO
MA: MUESTRA ALTERADA

Q: CUARZO
SPT: ENSAYO DE PENETRACIÓN
MB: MUESTRA EN BOTE
Ar: ARCILLA

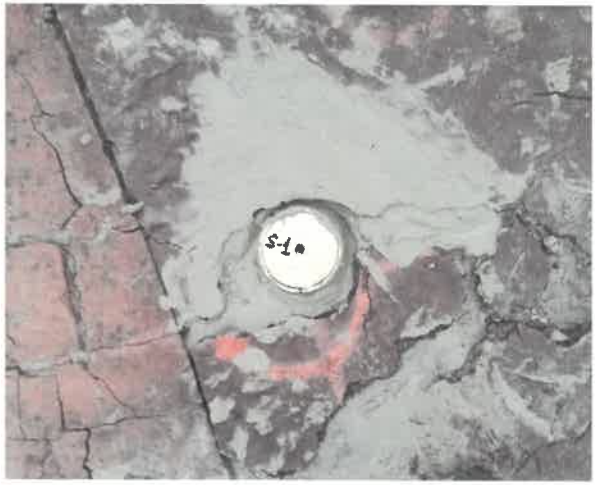
TP: TESTIGO PARAFINADO
PR: ENSAYO PRESIOMÉTRICO
VT: VANE TEST
MW: MUESTRA DE AGUA

DL: ENSAYO DILATOMÉTRICO

FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DEL EMPLAZAMIENTO



FOTOGRAFÍA DEL EMPLAZAMIENTO DURANTE LA EJECUCIÓN DEL SONDEO



FOTOGRAFÍA DE LA TAPA, DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DEL SONDEO

FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS CON LOS TESTIGOS DE PERFORACIÓN



Caja 1 (0.00 - 2.40 m)



Caja 2 (2.40 - 4.80 m)



Caja 3 (4.80 - 6.55 m)

S-2

CLIENTE:	CAMPAÑA:	EMPRESA:	Supervisor:	P.K.:	Sondeo: S-2
etsi ovidal hondida sarea	AMPLIACIÓN TRANVÍA GASTEIZ-ZABALGANA CAMPAÑA GEOTÉCNICA_2024	IDOM	pelayo.feito@geodrilling.es Empresa: IDOM Sondista: Daniel Equipo: RL-600	Y: -2.687089 X: 42.848032 Z: EPSG: 4326	Página: 1/1 Fecha inicio: 29/07/2024 Fecha finalización: 29/07/2024

Profundidad(m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Profundidad agua(m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Espesor(m)	Espesor(m)	Avances(m)	R.Q.D (%) / Recuperación (%)	Meteorización	Número de juntas/m	RMR (básico) / RMR (seco)	Ensayos de campo/muestras: Intervalo(m)	Resultados	Golpes/30cm
0.0	101 D - T	29/07/2024					RELLENO ANTÓPICO. Terrenos limo-arcillosos de coloraciones ocres con tenue presencia de gravas y cantos imbuidas en dicha matriz.	1.20	1.20	1.00	20 40 50 80	V IV III II	F4 F3 F2 T1	0 25 50 75 100	MI 1.00-1.20	22 - 50	50
1.0							ELUVIAL, alteración de la parte superficial del sustrato rocoso. Depósitos arcillosos, de coloraciones marrones, con notable presencia de fragmentos calcáreos imbuidos en dicha matriz. A partir de 2,20 m descenso en el % de la matriz y aumento en el numero y tamaño de los fragmentos rocosos calcáreos.	0.80	2.00								
2.0										3.00							
3.0										3.90							
4.0							Sustrato rocoso calcáreo de coloración grisácea, con notable muestra de decoloración en las familias de juntas presentes (Fracturas sub-verticales).	5.20		5.00							
5.0	101 T - D																
6.0										6.00					TP 6.60-6.90		
7.0								7.20		7.20							
8.0																	
9.0																	
10.0																	

MI: MUESTRA INALTERADA
LF: ENSAYO LEFRANC
Ox: ÓXIDO
MA: MUESTRA ALTERADA

Q: CUARZO
SPT: ENSAYO DE PENETRACIÓN
MB: MUESTRA EN BOTE
Ar: ARCILLA

TP: TESTIGO PARAFINADO
PR: ENSAYO PRESIOMÉTRICO
VT: VANE TEST
MW: MUESTRA DE AGUA

DL: ENSAYO DILATOMÉTRICO

FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DEL EMPLAZAMIENTO



FOTOGRAFÍA DEL EMPLAZAMIENTO DURANTE LA EJECUCIÓN DEL SONDEO



FOTOGRAFÍA DE LA TAPA, DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DEL SONDEO

FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS CON LOS TESTIGOS DE PERFORACIÓN



Caja 1 (0.00 - 2.40 m)



Caja 2 (2.40 - 4.80 m)



Caja 3 (4.80 - 7.20 m)

ANEXO 2. PENETRÓMETROS DINÁMICOS (DPSH)

euskal trenbide sarea

IDOM

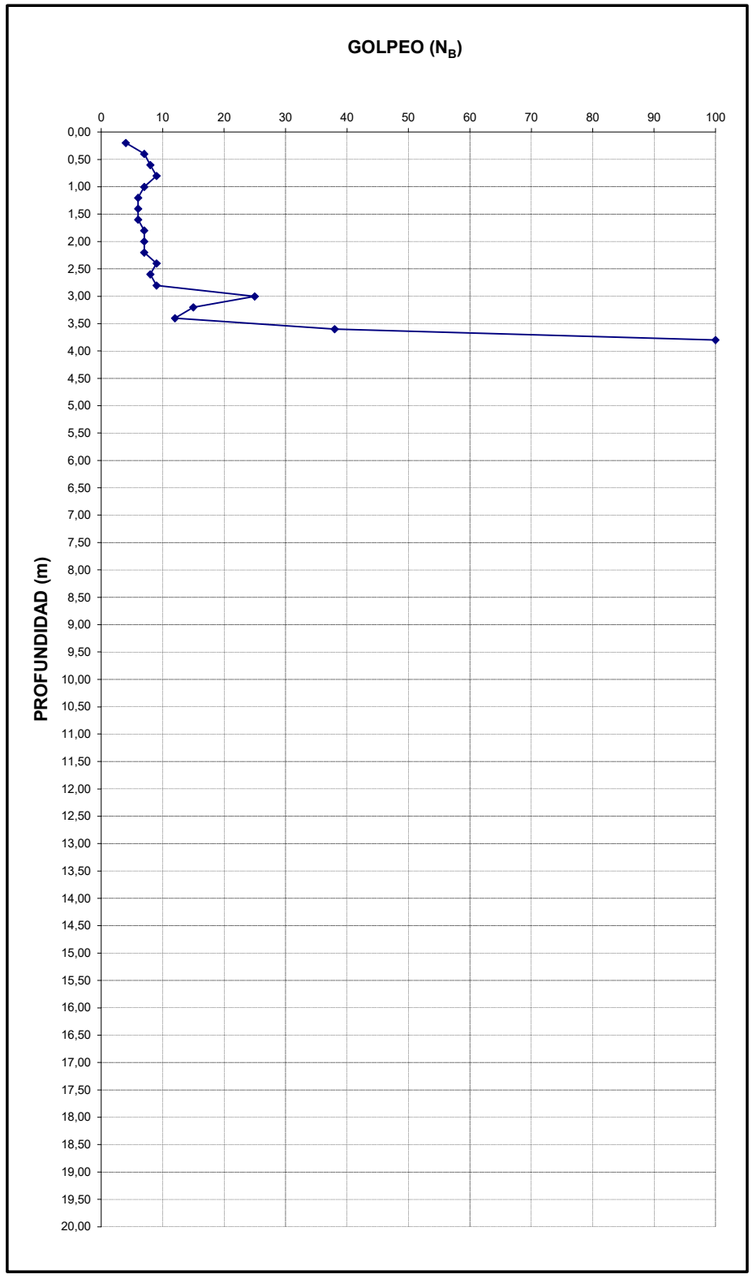
PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)

PENETRÓMETRO: DPSH P-1

FECHA: 29/07/2024

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	4	5,20		10,20		15,20	
0,40	7	5,40		10,40		15,40	
0,60	8	5,60		10,60		15,60	
0,80	9	5,80		10,80		15,80	
1,00	7	6,00		11,00		16,00	
1,20	6	6,20		11,20		16,20	
1,40	6	6,40		11,40		16,40	
1,60	6	6,60		11,60		16,60	
1,80	7	6,80		11,80		16,80	
2,00	7	7,00		12,00		17,00	
2,20	7	7,20		12,20		17,20	
2,40	9	7,40		12,40		17,40	
2,60	8	7,60		12,60		17,60	
2,80	9	7,80		12,80		17,80	
3,00	25	8,00		13,00		18,00	
3,20	15	8,20		13,20		18,20	
3,40	12	8,40		13,40		18,40	
3,60	38	8,60		13,60		18,60	
3,80	100	8,80		13,80		18,80	
4,00		9,00		14,00		19,00	
4,20		9,20		14,20		19,20	
4,40		9,40		14,40		19,40	
4,60		9,60		14,60		19,60	
4,80		9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.:

profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 526.273,58

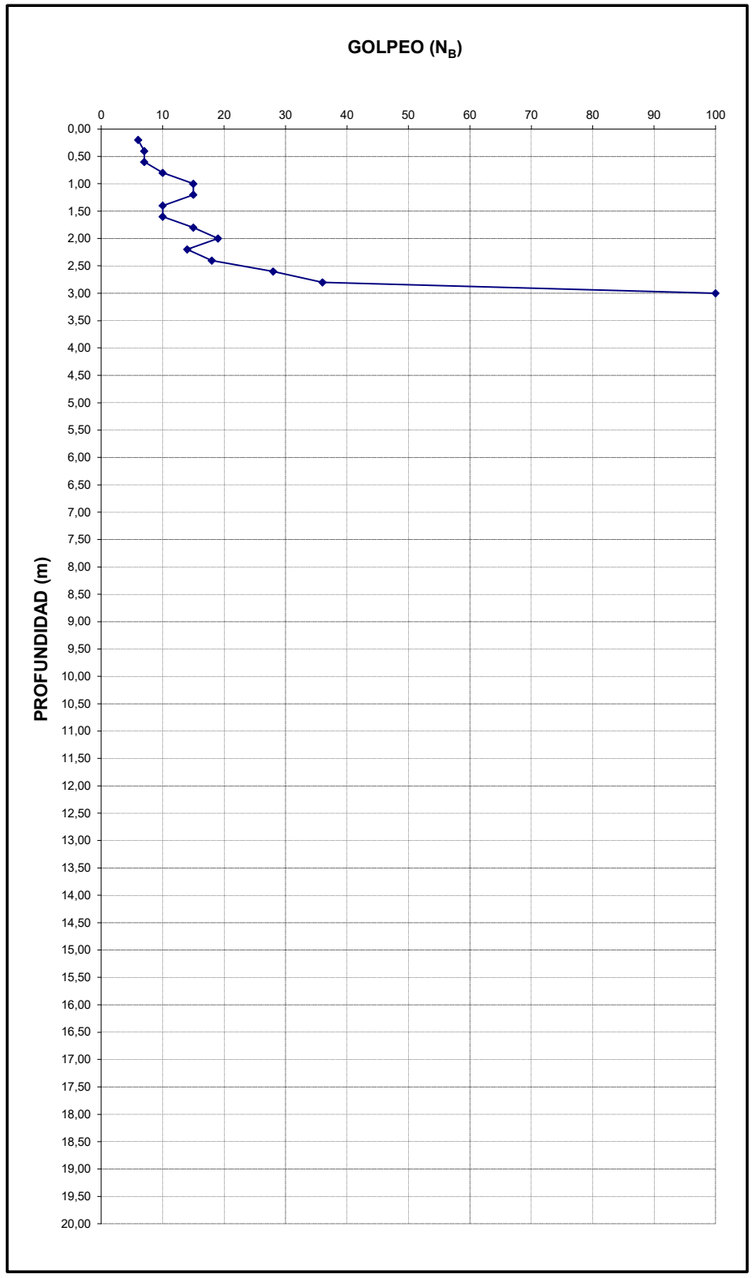
UTM Y: 4.743.765,94

OBSERVACIONES:

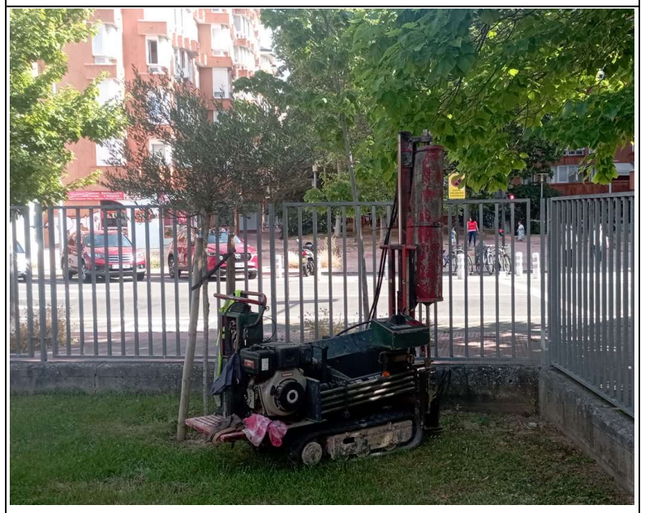
PARADA DE LOVAINA

euskal trenbide sarea	PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA	PENETRÓMETRO: DPSH P-2
IDOM	ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)	FECHA: 29/07/2024

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	6	5,20		10,20		15,20	
0,40	7	5,40		10,40		15,40	
0,60	7	5,60		10,60		15,60	
0,80	10	5,80		10,80		15,80	
1,00	15	6,00		11,00		16,00	
1,20	15	6,20		11,20		16,20	
1,40	10	6,40		11,40		16,40	
1,60	10	6,60		11,60		16,60	
1,80	15	6,80		11,80		16,80	
2,00	19	7,00		12,00		17,00	
2,20	14	7,20		12,20		17,20	
2,40	18	7,40		12,40		17,40	
2,60	28	7,60		12,60		17,60	
2,80	36	7,80		12,80		17,80	
3,00	100	8,00		13,00		18,00	
3,20		8,20		13,20		18,20	
3,40		8,40		13,40		18,40	
3,60		8,60		13,60		18,60	
3,80		8,80		13,80		18,80	
4,00		9,00		14,00		19,00	
4,20		9,20		14,20		19,20	
4,40		9,40		14,40		19,40	
4,60		9,60		14,60		19,60	
4,80		9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.: profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 525.853,73

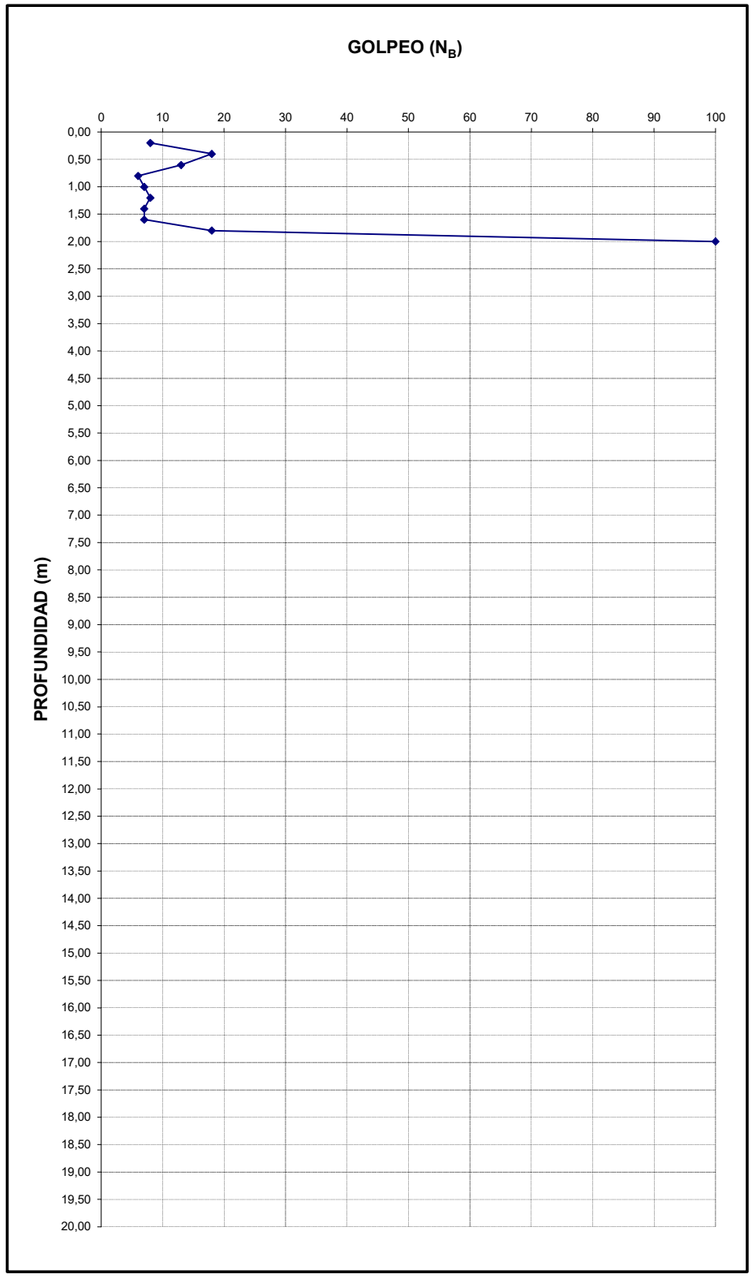
UTM Y: 4.743.954,47

OBSERVACIONES:

PARADA DE ADRIANO VI

euskal trenbide sarea	PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA	PENETRÓMETRO:	
		DPSH P-3	
IDOM	ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)	FECHA:	29/07/2024

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	8	5,20		10,20		15,20	
0,40	18	5,40		10,40		15,40	
0,60	13	5,60		10,60		15,60	
0,80	6	5,80		10,80		15,80	
1,00	7	6,00		11,00		16,00	
1,20	8	6,20		11,20		16,20	
1,40	7	6,40		11,40		16,40	
1,60	7	6,60		11,60		16,60	
1,80	18	6,80		11,80		16,80	
2,00	100	7,00		12,00		17,00	
2,20		7,20		12,20		17,20	
2,40		7,40		12,40		17,40	
2,60		7,60		12,60		17,60	
2,80		7,80		12,80		17,80	
3,00		8,00		13,00		18,00	
3,20		8,20		13,20		18,20	
3,40		8,40		13,40		18,40	
3,60		8,60		13,60		18,60	
3,80		8,80		13,80		18,80	
4,00		9,00		14,00		19,00	
4,20		9,20		14,20		19,20	
4,40		9,40		14,40		19,40	
4,60		9,60		14,60		19,60	
4,80		9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.: profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 525.516,72

UTM Y: 4.743.696,92

OBSERVACIONES:

PARADA BUSTINZURI

euskal trenbide sarea

IDOM

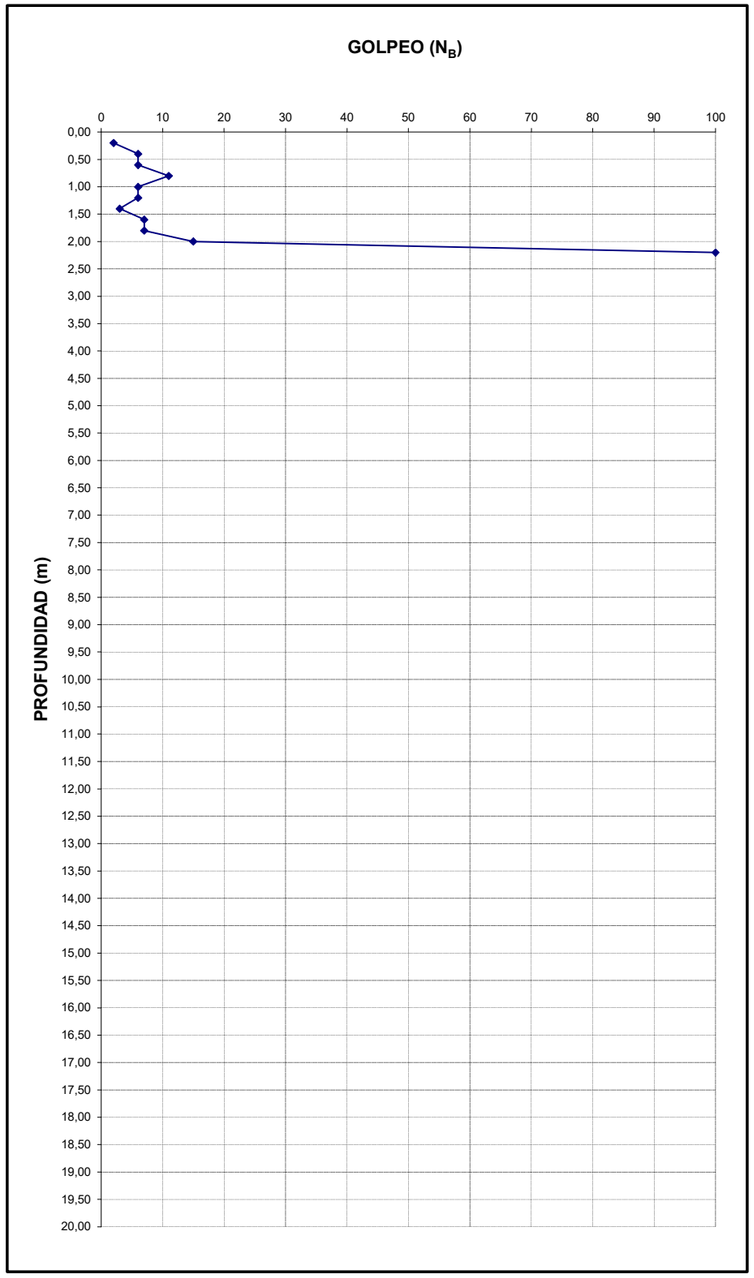
PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)

PENETRÓMETRO: DPSH P-4

FECHA: 29/07/2024

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	2	5,20		10,20		15,20	
0,40	6	5,40		10,40		15,40	
0,60	6	5,60		10,60		15,60	
0,80	11	5,80		10,80		15,80	
1,00	6	6,00		11,00		16,00	
1,20	6	6,20		11,20		16,20	
1,40	3	6,40		11,40		16,40	
1,60	7	6,60		11,60		16,60	
1,80	7	6,80		11,80		16,80	
2,00	15	7,00		12,00		17,00	
2,20	100	7,20		12,20		17,20	
2,40		7,40		12,40		17,40	
2,60		7,60		12,60		17,60	
2,80		7,80		12,80		17,80	
3,00		8,00		13,00		18,00	
3,20		8,20		13,20		18,20	
3,40		8,40		13,40		18,40	
3,60		8,60		13,60		18,60	
3,80		8,80		13,80		18,80	
4,00		9,00		14,00		19,00	
4,20		9,20		14,20		19,20	
4,40		9,40		14,40		19,40	
4,60		9,60		14,60		19,60	
4,80		9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.:

profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 525.187,14

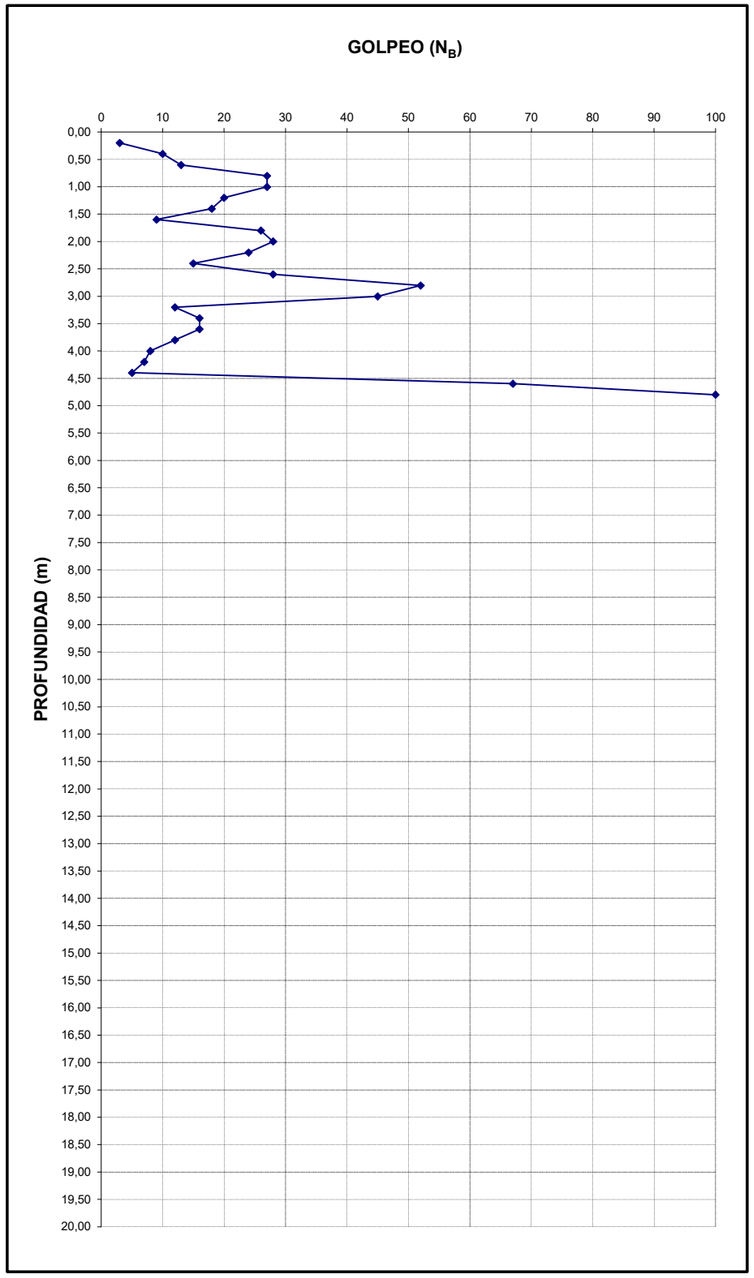
UTM Y: 4.743.914,15

OBSERVACIONES:

PARADA DE MADRE TERESA DE CALCUTA

euskal trenbide sarea	PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA	PENETRÓMETRO:	
		DPSH P-5	
IDOM	ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)	FECHA:	13/08/2024

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	3	5,20		10,20		15,20	
0,40	10	5,40		10,40		15,40	
0,60	13	5,60		10,60		15,60	
0,80	27	5,80		10,80		15,80	
1,00	27	6,00		11,00		16,00	
1,20	20	6,20		11,20		16,20	
1,40	18	6,40		11,40		16,40	
1,60	9	6,60		11,60		16,60	
1,80	26	6,80		11,80		16,80	
2,00	28	7,00		12,00		17,00	
2,20	24	7,20		12,20		17,20	
2,40	15	7,40		12,40		17,40	
2,60	28	7,60		12,60		17,60	
2,80	52	7,80		12,80		17,80	
3,00	45	8,00		13,00		18,00	
3,20	12	8,20		13,20		18,20	
3,40	16	8,40		13,40		18,40	
3,60	16	8,60		13,60		18,60	
3,80	12	8,80		13,80		18,80	
4,00	8	9,00		14,00		19,00	
4,20	7	9,20		14,20		19,20	
4,40	5	9,40		14,40		19,40	
4,60	67	9,60		14,60		19,60	
4,80	100	9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.: profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 524.876,62

UTM Y: 4.743.943,86

OBSERVACIONES:

PARADA DE BORINBIZKARRA

euskal trenbide sarea

IDOM

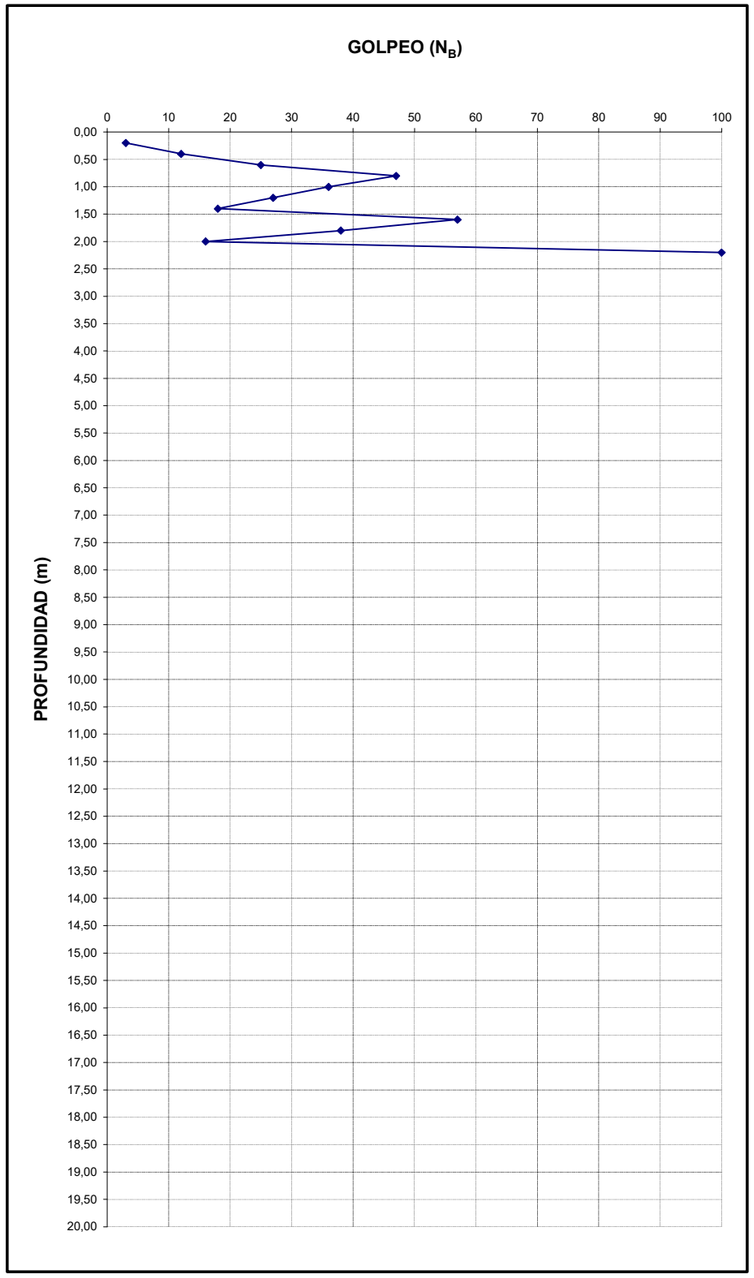
PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)

PENETRÓMETRO: DPSH P-6

FECHA: 13/08/2024

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	3	5,20		10,20		15,20	
0,40	12	5,40		10,40		15,40	
0,60	25	5,60		10,60		15,60	
0,80	47	5,80		10,80		15,80	
1,00	36	6,00		11,00		16,00	
1,20	27	6,20		11,20		16,20	
1,40	18	6,40		11,40		16,40	
1,60	57	6,60		11,60		16,60	
1,80	38	6,80		11,80		16,80	
2,00	16	7,00		12,00		17,00	
2,20	100	7,20		12,20		17,20	
2,40		7,40		12,40		17,40	
2,60		7,60		12,60		17,60	
2,80		7,80		12,80		17,80	
3,00		8,00		13,00		18,00	
3,20		8,20		13,20		18,20	
3,40		8,40		13,40		18,40	
3,60		8,60		13,60		18,60	
3,80		8,80		13,80		18,80	
4,00		9,00		14,00		19,00	
4,20		9,20		14,20		19,20	
4,40		9,40		14,40		19,40	
4,60		9,60		14,60		19,60	
4,80		9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.: profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 524.744,47

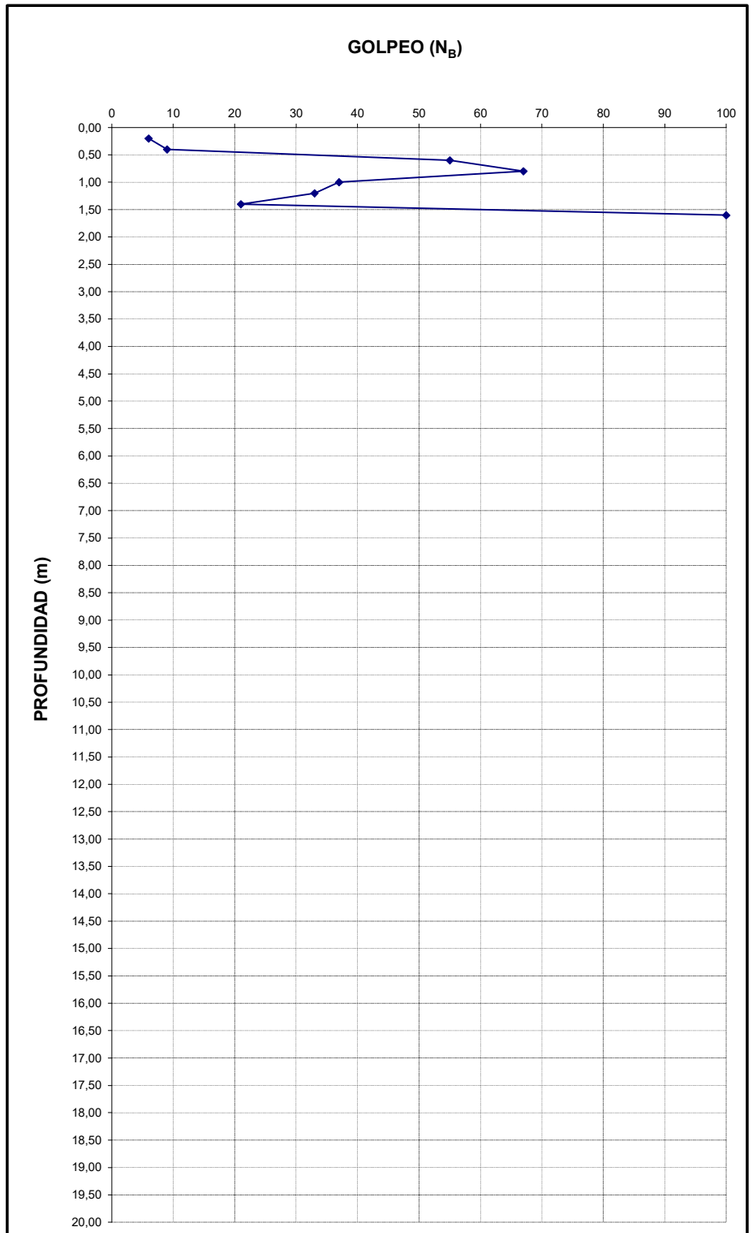
UTM Y: 4.743.383,01

OBSERVACIONES:

PARADA DE ZABALGANA

euskal trenbide sarea	PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA	PENETRÓMETRO:	
		DPSH P-7	
IDOM	ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)	FECHA:	13/08/2024

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	6	5,20		10,20		15,20	
0,40	9	5,40		10,40		15,40	
0,60	55	5,60		10,60		15,60	
0,80	67	5,80		10,80		15,80	
1,00	37	6,00		11,00		16,00	
1,20	33	6,20		11,20		16,20	
1,40	21	6,40		11,40		16,40	
1,60	100	6,60		11,60		16,60	
1,80		6,80		11,80		16,80	
2,00		7,00		12,00		17,00	
2,20		7,20		12,20		17,20	
2,40		7,40		12,40		17,40	
2,60		7,60		12,60		17,60	
2,80		7,80		12,80		17,80	
3,00		8,00		13,00		18,00	
3,20		8,20		13,20		18,20	
3,40		8,40		13,40		18,40	
3,60		8,60		13,60		18,60	
3,80		8,80		13,80		18,80	
4,00		9,00		14,00		19,00	
4,20		9,20		14,20		19,20	
4,40		9,40		14,40		19,40	
4,60		9,60		14,60		19,60	
4,80		9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.: profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 524.460,70

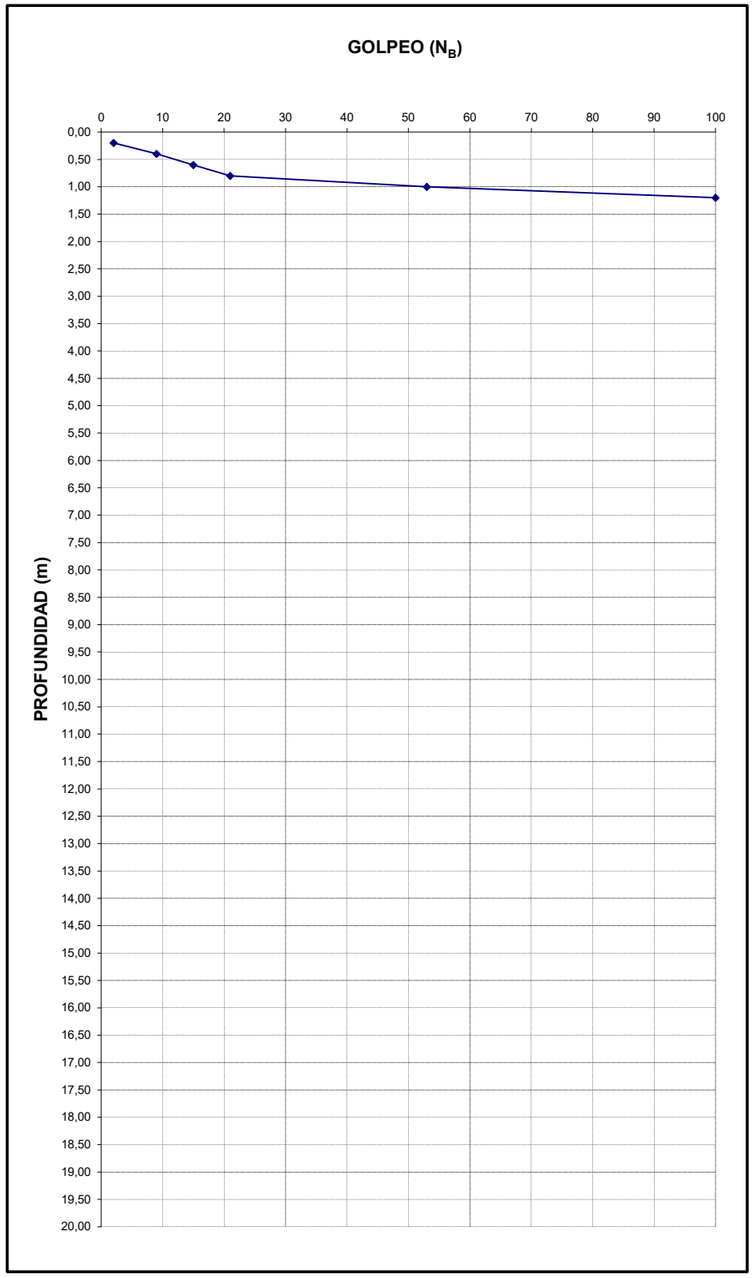
UTM Y: 4.743.290,55

OBSERVACIONES:

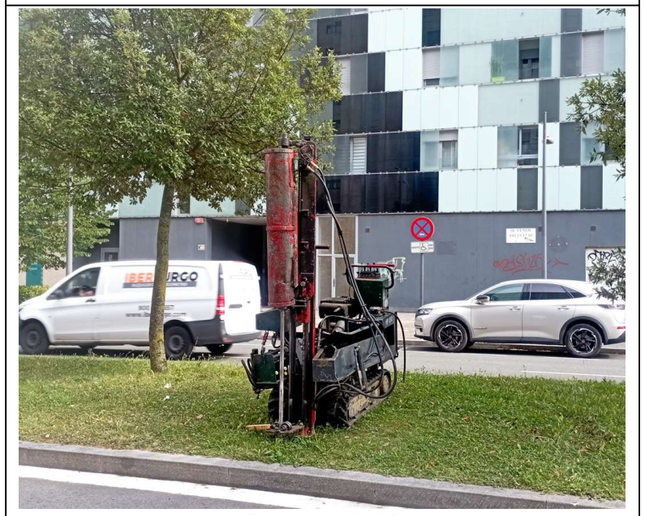
PARADA DE DERECHOS HUMANOS

euskal trenbide sarea	PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA	PENETRÓMETRO:	
		DPSH P-9	
IDOM	ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)	FECHA:	ago-24

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	2	5,20		10,20		15,20	
0,40	9	5,40		10,40		15,40	
0,60	15	5,60		10,60		15,60	
0,80	21	5,80		10,80		15,80	
1,00	53	6,00		11,00		16,00	
1,20	100	6,20		11,20		16,20	
1,40		6,40		11,40		16,40	
1,60		6,60		11,60		16,60	
1,80		6,80		11,80		16,80	
2,00		7,00		12,00		17,00	
2,20		7,20		12,20		17,20	
2,40		7,40		12,40		17,40	
2,60		7,60		12,60		17,60	
2,80		7,80		12,80		17,80	
3,00		8,00		13,00		18,00	
3,20		8,20		13,20		18,20	
3,40		8,40		13,40		18,40	
3,60		8,60		13,60		18,60	
3,80		8,80		13,80		18,80	
4,00		9,00		14,00		19,00	
4,20		9,20		14,20		19,20	
4,40		9,40		14,40		19,40	
4,60		9,60		14,60		19,60	
4,80		9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.: profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 523.767,54

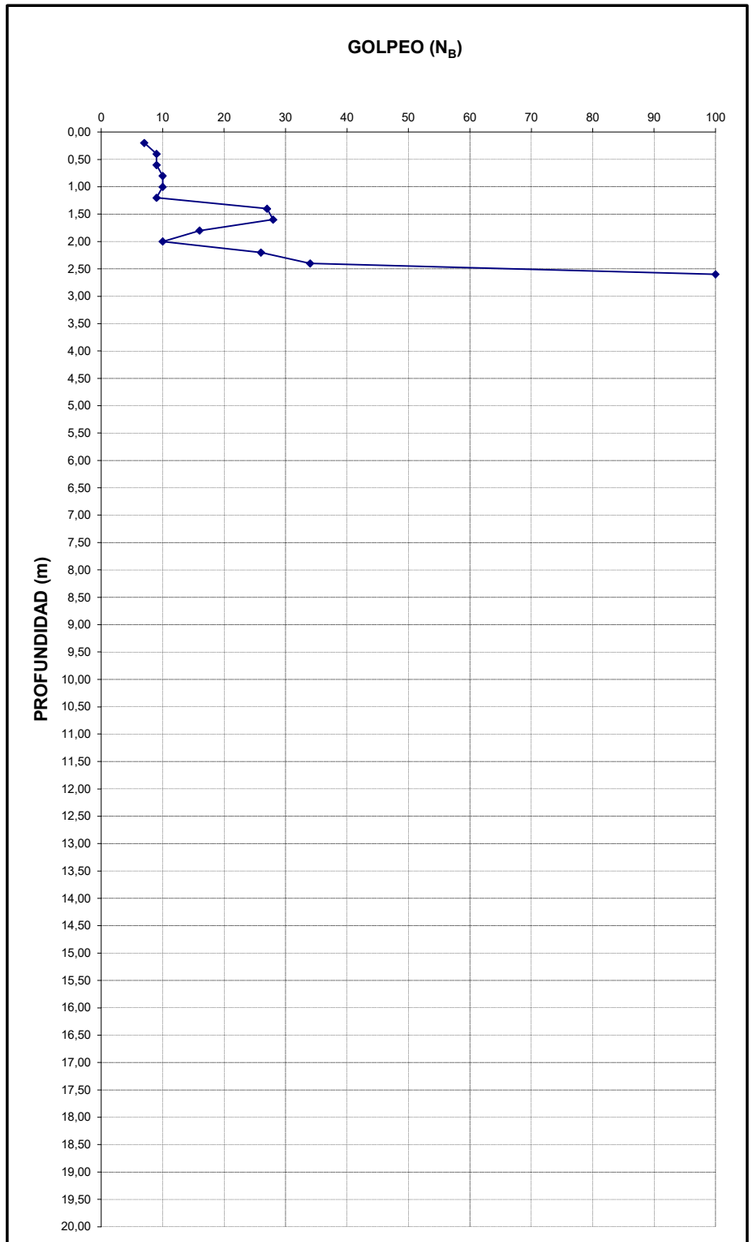
UTM Y: 4.742.676,87

OBSERVACIONES:

PARADA DE MARITURRI

euskal trenbide sarea	PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA	PENETRÓMETRO:	DPSH P-10
IDOM	ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)	FECHA:	´13/08/2024

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	7	5,20		10,20		15,20	
0,40	9	5,40		10,40		15,40	
0,60	9	5,60		10,60		15,60	
0,80	10	5,80		10,80		15,80	
1,00	10	6,00		11,00		16,00	
1,20	9	6,20		11,20		16,20	
1,40	27	6,40		11,40		16,40	
1,60	28	6,60		11,60		16,60	
1,80	16	6,80		11,80		16,80	
2,00	10	7,00		12,00		17,00	
2,20	26	7,20		12,20		17,20	
2,40	34	7,40		12,40		17,40	
2,60	100	7,60		12,60		17,60	
2,80		7,80		12,80		17,80	
3,00		8,00		13,00		18,00	
3,20		8,20		13,20		18,20	
3,40		8,40		13,40		18,40	
3,60		8,60		13,60		18,60	
3,80		8,80		13,80		18,80	
4,00		9,00		14,00		19,00	
4,20		9,20		14,20		19,20	
4,40		9,40		14,40		19,40	
4,60		9,60		14,60		19,60	
4,80		9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.: profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 524.578,93

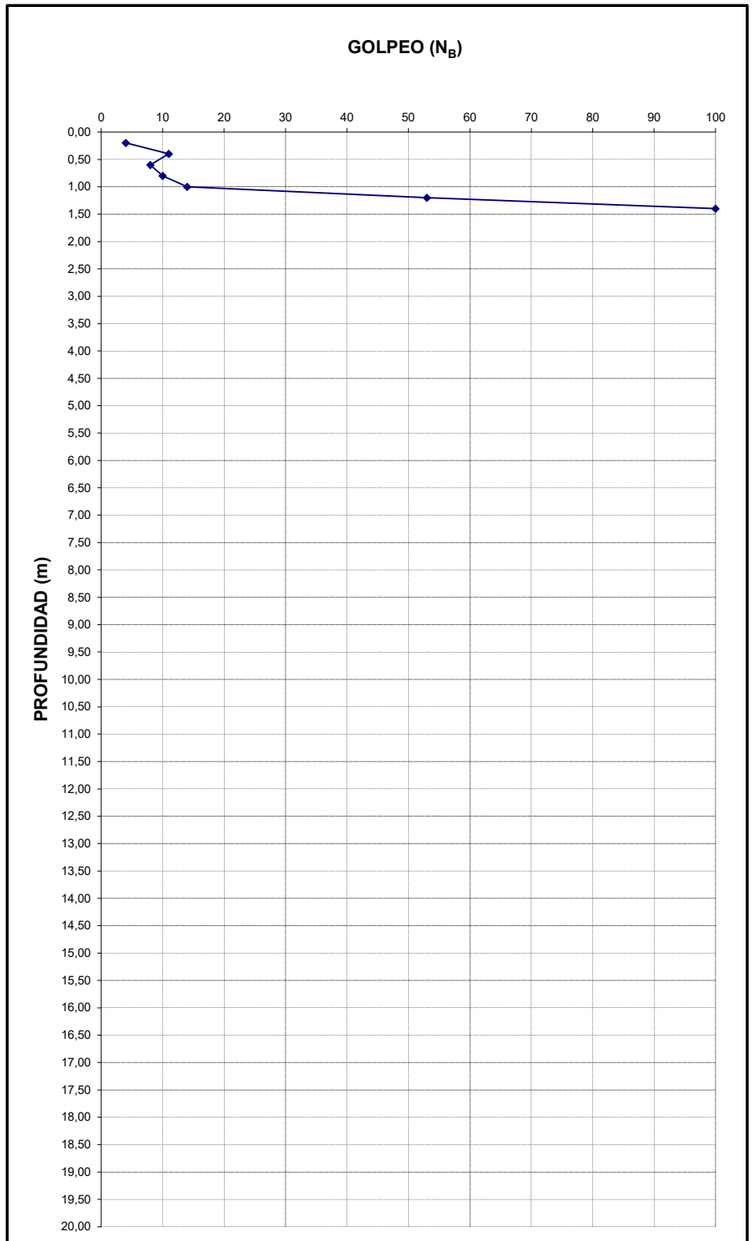
UTM Y: 4.743.772,98

OBSERVACIONES:

PARADA DE NACIONES UNIDAS

euskal trenbide sarea	PROYECTO CONSTRUCIÓN PARA LA AMPLIACION DEL TRANVIA DE GAZTEIZ A ZABALGANA	PENETRÓMETRO:	
		DPSH P-11	
IDOM	ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)	FECHA:	13/08/2024

PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES	PROFUNDIDAD	Nº DE GOLPES
0,20	4	5,20		10,20		15,20	
0,40	11	5,40		10,40		15,40	
0,60	8	5,60		10,60		15,60	
0,80	10	5,80		10,80		15,80	
1,00	14	6,00		11,00		16,00	
1,20	53	6,20		11,20		16,20	
1,40	100	6,40		11,40		16,40	
1,60		6,60		11,60		16,60	
1,80		6,80		11,80		16,80	
2,00		7,00		12,00		17,00	
2,20		7,20		12,20		17,20	
2,40		7,40		12,40		17,40	
2,60		7,60		12,60		17,60	
2,80		7,80		12,80		17,80	
3,00		8,00		13,00		18,00	
3,20		8,20		13,20		18,20	
3,40		8,40		13,40		18,40	
3,60		8,60		13,60		18,60	
3,80		8,80		13,80		18,80	
4,00		9,00		14,00		19,00	
4,20		9,20		14,20		19,20	
4,40		9,40		14,40		19,40	
4,60		9,60		14,60		19,60	
4,80		9,80		14,80		19,80	
5,00		10,00		15,00		20,00	



FOTOGRAFÍAS



EMPLAZAMIENTO

P.K.: profundidad nivel freático: - m

COORDENADAS:

UTM X: 523.920,40

UTM Y: 4.744.061,03

OBSERVACIONES:

PARADA DE ALDAIA

ANEXO 3. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES



PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL TRANVÍA DE VITORIA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERREN MEDIANTE SEV WENNER. ANÁLISIS DE LA TOMA DE TIERRA VITORIA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL TRANVÍA DE VITORIA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO MEDIANTE SEV WENNER. ANÁLISIS DE LA TOMA DE TIERRA VITORIA

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN..... 1

2.- METODOLOGÍA DE TRABAJO 1

2.1.1.- Teoría del SEV 3
2.1.2.- Equipo utilizado 3
2.1.3.- Dispositivo de medida empleado y toma de datos 4
2.1.4.- Interpretación de los datos. 4

3.- TRABAJOS REALIZADOS 5

4.- RESULTADOS OBTENIDOS..... 5

5.- CONCLUSIONES 8

PLANOS

PLANO I: UBICACIÓN Y RESULTADOS DE LOS SEV REALIZADOS

ANEJOS

ANEJO I: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS.

1.- INTRODUCCIÓN

La compañía IDOM lleva a cabo el estudio geotécnico para el "Proyecto de construcción del tranvía de Vitoria"

Como parte de este estudio IDOM encargó a Magma estudios Geofísicos S.L. la realización de un reconocimiento geofísico con sondeos eléctricos verticales (SEV) con la finalidad de caracterizar geoléctricamente las distintas formaciones geológicas existentes en el área de estudio, definiendo el mejor emplazamiento para las tomas de tierra.

Mediante este documento, Magma Estudios Geofísicos S.L., presenta a IDOM la metodología empleada en el reconocimiento del área estudiada y los resultados obtenidos.

2.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

En los siguientes apartados se describen las técnicas de los Sondeos Eléctricos Verticales y Tomografía Eléctrica, así como la metodología empleada en su realización.

2.1.- FUNDAMENTOS DEL SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (SEV)

Los métodos geoeléctricos de prospección geofísica aprovechan directa o indirectamente la resistividad de las rocas para definir la naturaleza litológica del subsuelo. Dentro de los métodos geoeléctricos se encuentran los métodos de resistividad que miden directamente la resistividad de las rocas.

Para ello, mediante dos electrodos, A y B, se genera una corriente eléctrica en el terreno y con otro dipolo, M y N, se mide la diferencia de potencial asociada al campo eléctrico creado por los electrodos de corriente.

A este conjunto de cuatro electrodos se denomina dispositivo electródico y aunque en general puede tener una forma geométrica cualquiera, en la práctica, se utilizan dispositivos lineales y simétricos.

El valor de la resistividad de las rocas está dado por:

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I}$$

Donde:

ΔV: se mide en el circuito de potencial y está dado en milivoltios (mV).

I: se mide en el circuito de corriente y está expresado en miliamperios (mA).

K: es una constante que depende de la geometría del dispositivo empleado y se mide en metros.

Con estas unidades la resistividad ρ viene dada en Ohm·m.

Si el terreno no es homogéneo, lo que se obtiene a partir de K, V e I es una resistividad aparente (ρa), que se define como la resistividad de un terreno imaginario homogéneo e isótropo equivalente al terreno real heterogéneo.

Esta resistividad aparente es la variable experimental que se obtiene de la mayoría de los métodos geoeléctricos y el estudio de las variaciones de esta resistividad aparente, medida con corriente continua o alterna de baja frecuencia, es lo que constituye el método de resistividad. Sus unidades son las mismas que la resistividad.

La conductividad eléctrica en los suelos es esencialmente electrolítica. Por esta razón, la resistividad de la mayoría de los suelos aumenta cuando el contenido de humedad es menor al 15% del peso del suelo. La cantidad de humedad depende además del tamaño de grano, la compacidad y la variabilidad de los tamaños de grano. Sin embargo, la resistividad se ve poco afectada una vez que el contenido de humedad excede aproximadamente el 22%.

El efecto de la temperatura sobre la resistividad del suelo es casi insignificante para temperaturas superiores al punto de congelación. A 0 °C, el agua en el suelo comienza a congelarse y la resistividad aumenta rápidamente. La curva 3 muestra esta variación típica para un suelo arenoso que contiene 15.2% de humedad en peso.

La composición y la cantidad de sales solubles, ácidos o álcalis presentes en el suelo pueden afectar considerablemente su resistividad. La curva 1 de la **Figura 2.1.a** muestra el efecto típico de la sal (cloruro de sodio) sobre la resistividad de un suelo que contiene 30% de humedad en peso.

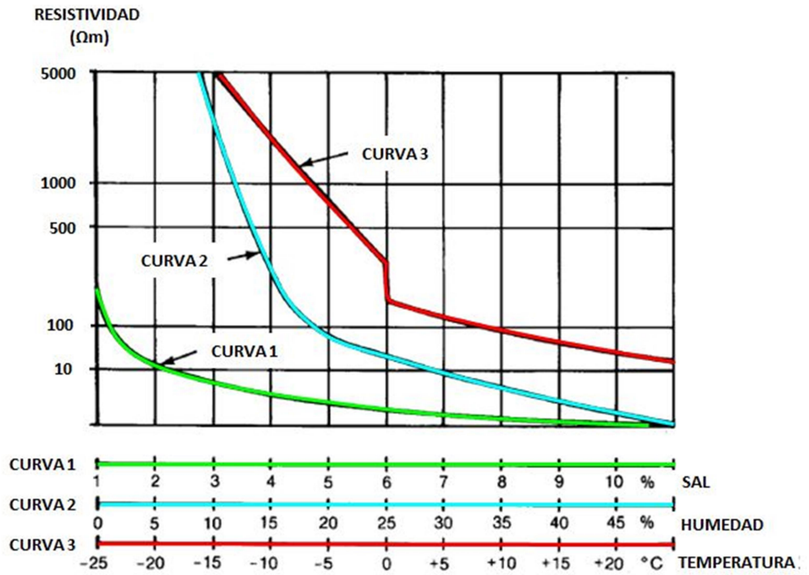


Figura Nº 2.1.a: Efecto del contenido en humedad, sales y temperatura del suelo.

Por ello, para determinar la resistividad real del suelo, se deben realizar pruebas in situ teniendo en cuenta que las condiciones concretas (temperatura, humedad, contenido en sales, etc.) en el momento en el que se realiza la medida, influirán en el valor obtenido. En este caso, las medidas fueron realizadas durante los días 20 y 21 de agosto, con un terreno completamente seco.

Modalidad del método de medida.

Hay dos técnicas de resistividad distintas que investigan respectivamente cambios litoeléctricos verticales y horizontales.

En consecuencia, con estas dos técnicas existen dos métodos diferentes de medida que se denominan Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y Calicatas Eléctricas (CE).

Con el primero de los métodos se determinan cambios litoeléctricos según la vertical de un punto que coincide con el centro del dipolo MN en un dispositivo lineal simétrico. Este método es adecuado para investigar medios estratificados horizontales o casi horizontales.

Los dispositivos más utilizados habitualmente son el dispositivo Schlumberger y el Wenner.

El método de Calicatas Eléctricas permite investigar variaciones laterales de ρa para una cierta profundidad de investigación que se considera constante, adecuado para caracterizar

medios con estratigrafía vertical o subvertical. Para ello se desplaza, a lo largo de una alineación o perfil, un dispositivo electródico de dimensiones fijas.

2.1.1.- Teoría del SEV

La técnica de los Sondeos Eléctricos tiene por objeto estudiar la distribución de los materiales del subsuelo en la vertical del punto de medida, basándose en la existencia de contrastes entre los valores de resistividad característicos de las litologías existentes en el área de estudio.

El modo de actuar consiste en inducir un campo eléctrico al subsuelo mediante dos electrodos, A-B, y medir con otros electrodos, M-N, la diferencia de tensión. La medida realizada se atribuye al centro del dispositivo de medida. Cambiando el espaciado entre los electrodos es posible medir la resistividad del suelo en la vertical del mismo punto a diferentes profundidades, obteniendo así un Sondeo Eléctrico Vertical. En la **Figura Nº 2.1.1.a** se muestra un esquema de operación de un SEV.

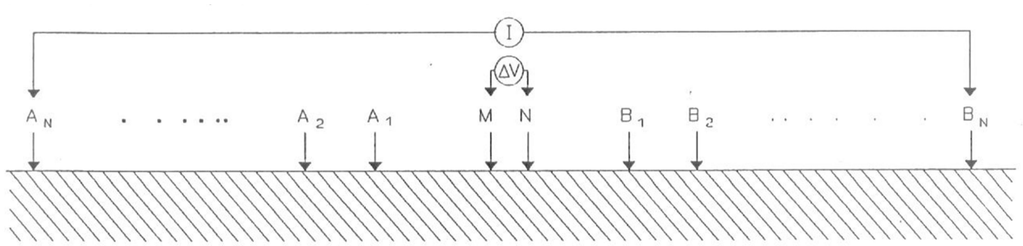


Figura Nº 2.1.1.a: Esquema de operación de Sondeos Eléctricos Verticales.

La correcta aplicación de esta técnica y la obtención de resultados más precisos es posible, si se cumplen una serie de condiciones sobre la geología local, expuestos a continuación:

Existencia de un contraste adecuado entre los valores de resistividad de las capas.

Que la distribución de las capas esté limitada por planos paralelos a la superficie del terreno, es decir, que exista un medio estratificado. La experiencia demuestra que los resultados teóricos obtenidos para unos medios de este tipo son tolerablemente válidos para niveles litológicos cuya inclinación no supere los 30º.

Que las capas sean homogéneas en cuanto a resistividad.

Que la extensión lateral de las capas sea muy superior a la longitud máxima del dispositivo.

2.1.2.- Equipo utilizado

Se ha empleado el equipo Syscal R1 Plus, de Iris Instruments, cuyas características principales se resumen a continuación.

-Tensión de salida máxima: 600 V

-Potencia de salida máxima: 200 W

-Amperaje de salida máximo: 2,5 A

-Resolución optima amperaje: 10 μ A

-Resolución optima en tensión: 1 μ V

En la **Fotografía 2.1.2.a** se muestra el equipo utilizado; y en el Anejo I se presentan sus características técnicas.



Fotografía Nº 2.1.2.a: Equipo utilizado.

2.1.3.- Dispositivo de medida empleado y toma de datos

A continuación se describe el dispositivo utilizado y el procedimiento empleado para la toma de datos.

Existen diversos dispositivos para la realización de Sondeos Eléctricos Verticales. En este caso concreto, se empleó un dispositivo electródico Wenner alfa, constituido por 4 electrodos. El modo de actuar consiste en enviar una corriente al subsuelo mediante dos electrodos, A-B, y medir con otros electrodos, M-N, la diferencia de tensión, la cual se atribuye al centro del dispositivo (punto de medida). Cambiando el espaciado entre los electrodos es posible medir la resistividad del suelo en la vertical del mismo punto a diferentes profundidades. Después de realizar cada medida se separan los electrodos A, B y M, N, a distancias equidistantes, lo que implica un aumento en la profundidad de investigación en las sucesivas medidas

En la **Figura Nº 2.1.3.a** se muestra un esquema de operación de un SEV de tipo Wenner para tomas de tierra, con distancia entre electrodos de 1m, 2m, 4m y 6m; siendo estas, las profundidades aproximadas a las que se atribuyen el punto de medida de resistividad.

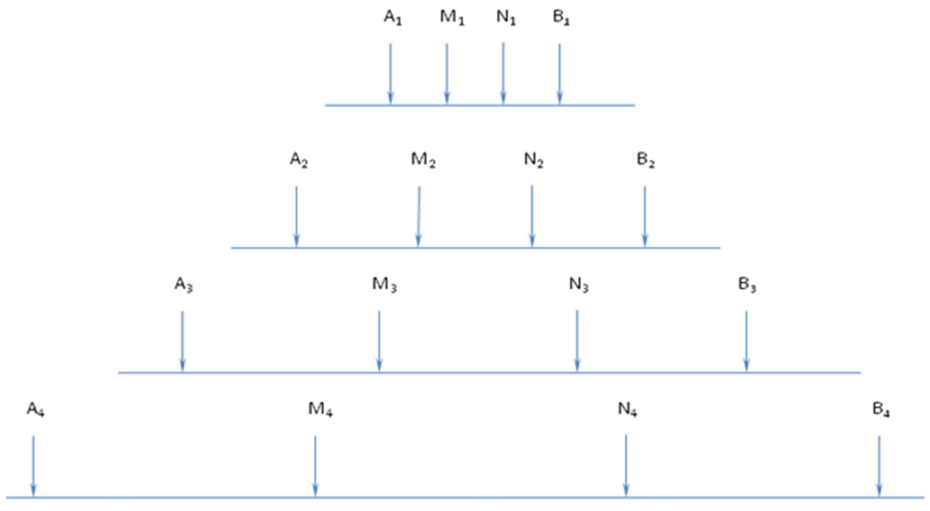
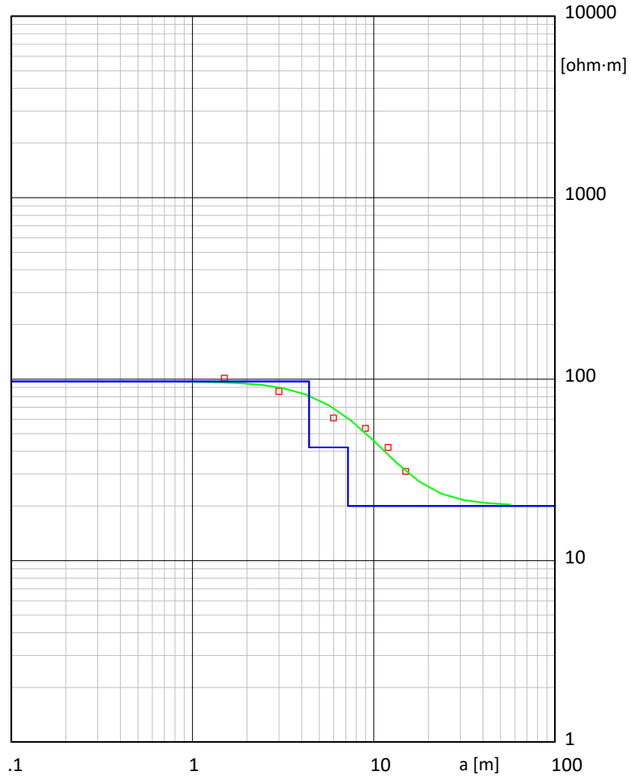


Figura Nº 2.1.3.a.- Posición de los electrodos pata "Tomas de tierra" Wenner.

Con los valores de I y ΔV medidos en cada posición de los electrodos (A,B,M,N) del dispositivo, se calcula un valor de resistividad aparente $\rho a=K.(\Delta V/I)$, donde K es un factor geométrico que depende de la disposición de los electrodos. Se obtiene así una relación de valores de $\rho a= f (AB/2)$ que se representa en escala bilogarítmica, tal como se muestra en la **Figura Nº 2.1.3.b**. Esta curva es el documento básico para la interpretación del Sondeo Eléctrico Vertical.



Modelo Resistividad	Espesor	Profundidad
[ohm·m]	[m]	[m]
97	4.4	
42	2.8	4.4
20		7.2

Figura Nº 2.1.3.b: Curva de resistividad aparente e interpretación.

2.1.4.- Interpretación de los datos.

La interpretación consiste en determinar en cada Sondeo Eléctrico Vertical la distribución y características en cuanto a espesores y resistividades aparentes de las diferentes capas del corte geoeléctrico obtenido.

Para la interpretación de las curvas de resistividad aparente, se dispone del programa WINSEV 6.4 de GEOSOFT.

A partir de la geometría de la curva de resistividad aparente es posible determinar el número de capas y tener una estimación de la resistividad de éstas. Esta información constituye el modelo inicial.

Con este modelo inicial se calcula (problema directo) la curva de resistividad teórica correspondiente, es decir, la curva de resistividad que se mediría si el subsuelo correspondiera exactamente con el modelo inicial.

Se compara entonces (problema inverso) la curva teórica con la curva realmente medida y se modifican los parámetros del modelo. Se repite iterativamente el proceso hasta conseguir el mejor grado de ajuste entre la curva medida y la curva teórica resultante del modelo interpretado. De este modo se obtiene como interpretación del Sondeo Eléctrico el modelo teórico cuya curva de resistividad se ajusta mejor con la real obtenida.

3.- TRABAJOS REALIZADOS

El día 19 de julio de 2024, técnicos de Magma Estudios Geofísicos S.L., realizaron un total de 2 Sondeos Eléctricos Verticales mediante dispositivo Wenner Alfa, distribuidos en dos zonas del trazado en el que se ubicarán dos subestaciones de la infraestructura proyectada.

El SEV 1 se sitúa en un parque de la calle Bustinzuri, frente al colegio público San Martín. Dado que la zona se halla solada fue necesario desplazar ligeramente la ubicación inicial hasta una zona ajardinad que permitía clavar los electrodos de medida de forma adecuada para llevar a cabo medidas sin afección antrópica.

El SEV 2 se sitúa en una rotonda, en la confluencia de las avenidas Reina Sofía y de los Derechos Humanos. A pesar de que bajo la rotonda se sitúan distintos servicios (agua, electricidad, etc..) las medidas se llevaron a cabo normalmente y sin ningún tipo de afección.

En la **Figura Nº 3.a** se muestra el dispositivo de medida correspondiente a los SEV Wenner realizados.

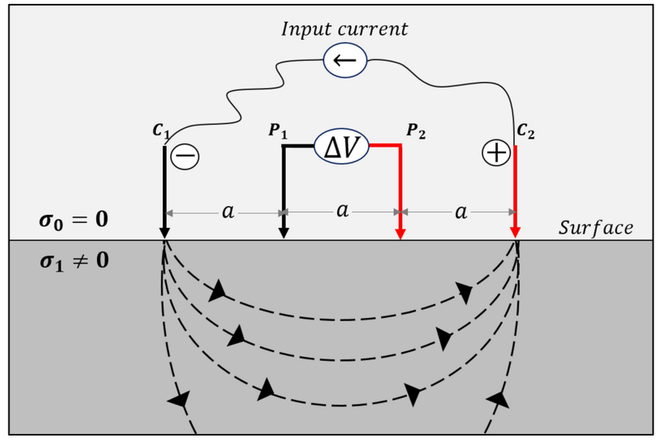


Figura Nº 3.a: Dispositivo Wenner.

En el **Cuadro Nº 3.I** se presentan los distintos espaciados entre electrodos utilizados.

AB/2 (m)	MN (m)
1.5	1
3	2
6	4
9	6
12	8
15	10

Cuadro Nº 3.I: Distancias entre electrodos.

4.- RESULTADOS OBTENIDOS

En el Plano I se muestran los resultados obtenidos tras el procesado y análisis de los datos para cada uno de los SEV realizados. En el plano se muestran los valores numéricos de resistividad obtenidos en cada posición de medida, con el espaciado entre electrodos, indicativo de la profundidad a la que se obtiene la medida. Igualmente, se ha realizado una interpretación mediante el análisis conjunto de la curva obtenida en cada emplazamiento.

Atendiendo a los valores de resistividad obtenida, se define el carácter corrosivo del terreno prospectado. Así, valores inferiores a 5Ωm presentan un grado de corrosividad muy elevado;

materiales con valores de resistividad entre 10Ωm y 20Ωm presentan un grado de corrosividad moderado, y aquellos que se caracterizan por presentar un valor de resistividad superior a 100Ωm, tendrían un grado de corrosividad muy bajo. En la **Figura Nº 4.a** se muestra la tabla de clasificación.

RESISTIVIDAD DEL TERRENO (Ωm)	GRADO DE CORROSIVIDAD
< 5	Muy Alto
5 a 10	Alto
10 a 20	Moderado
20 a 100	Bajo
> 100	Muy bajo

Figura Nº 4.a: Grado de corrosividad Vs Resistividad.

En cuanto a la clasificación del terreno como adecuado o inadecuado como toma de tierra, materiales de resistividad inferior a 100Ωm serían adecuados para situar los elementos que constituyen la toma de tierra mientras que materiales con valores de resistividad superior a 100Ωm serían inadecuados, siendo necesario el empleo de elementos que disminuyan ese valor para alcanzar un nivel adecuado para situar os elementos de toma de tierra.

En la **Figura Nº 4.b** se muestra un gráfico con la clasificación de los materiales en función de su resistividad.

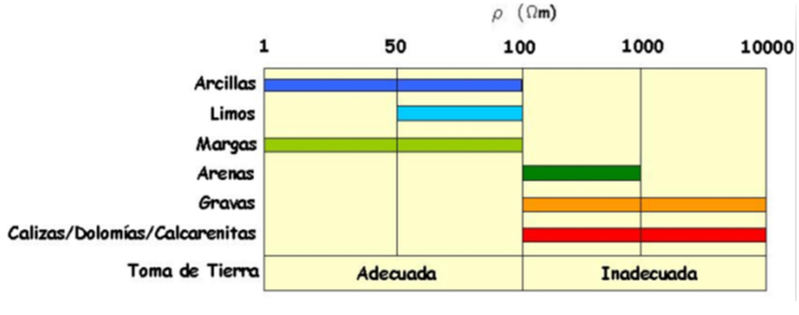


Figura Nº 4.b: Toma de tierra Vs Resistividad.

En el **Cuadro Nº 4.I** se muestran los resultados correspondientes a los SEV realizados.

Zona de Estudio	Ensayo	Profundidad (m)	Resistividad(Ω·m)	Toma de Tierra	Grado de Corrosividad
Vitoria	SEV 1	-	158	Inadecuada	Muy bajo
		0.55	44	Adecuada	Bajo
		1.4	61	Adecuada	Bajo
	SEV 2	-	53	Adecuada	Bajo
		0.31	38	Adecuada	Bajo
		6.1	135	Inadecuada	Muy bajo

Cuadro Nº 4.I: Resumen de las principales características de los SEV realizados.

En la **Figura Nº 4.c** se muestra la interpretación realizada para el SEV 1 en la que se ha definido una capa superficial y somera, de un espesor de 0.55m y una resistividad de 158Ωm atribuible a rellenos antrópicos, inadecuada como toma de tierra. A partir de 0.55m de profundidad y hasta los 10m, los materiales, con un valor de resistividad inferior a 100 Ωm, serían adecuados para situar la toma de tierra.

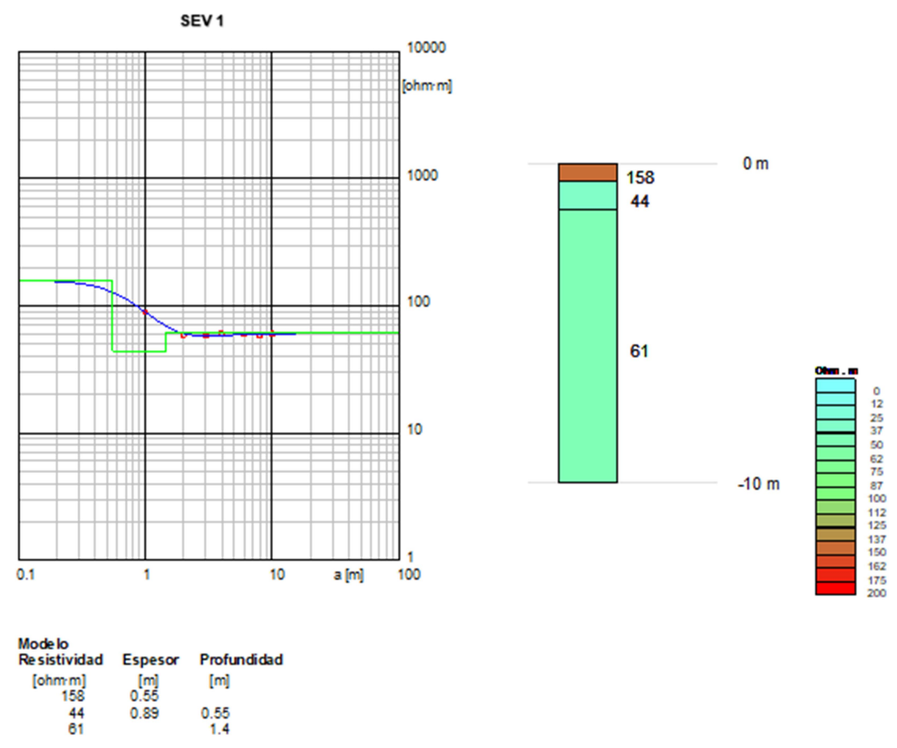


Figura Nº 4.c: Interpretación SEV 1.

En la **Figura Nº 4.d** se muestra la interpretación realizada para el SEV 2 en la que se han definido dos capas someras, de un espesor de 0.31m y 5.8m, con valores de resistividad de 53 Ωm y 38Ωm respectivamente, es decir, materiales adecuados para situar una toma de tierra. A partir de los 6.1m de profundidad aparece el último nivel que se caracteriza por presentar una resistividad de 138Ωm, atribuible a un litotipo con mayor contenido en carbonatos, o bien a un aluvial con mayor contenido en arenas o gravas. Este nivel más profundo sería inadecuado para situar la toma de tierra.

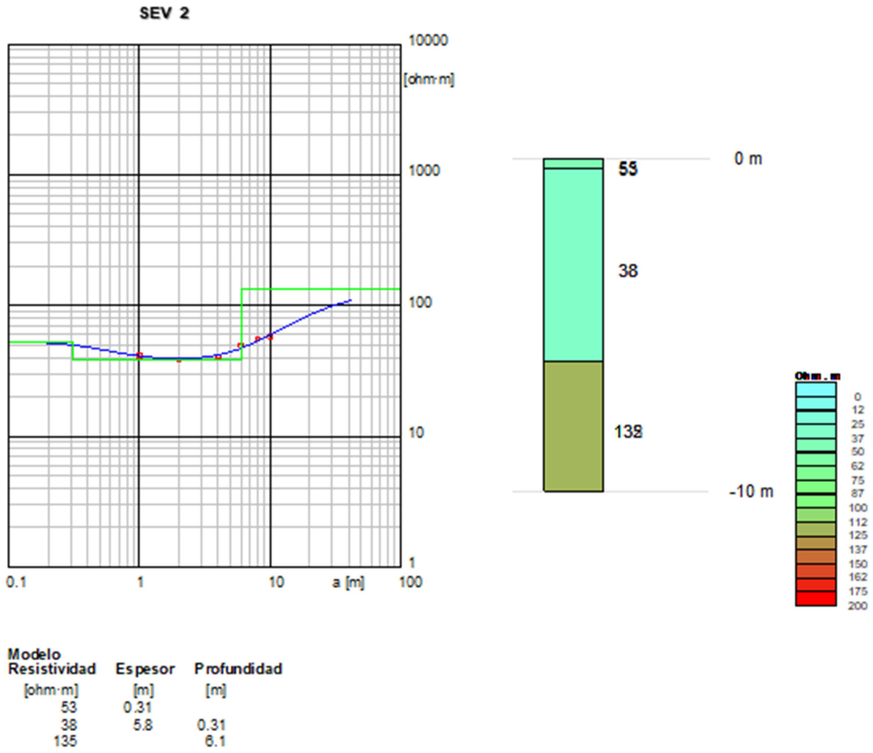


Figura Nº 4.d: Interpretación SEV 2.

Como se citó anteriormente, las distintas formaciones geológicas presentan valores de resistividad dentro de un rango que puede ser relativamente amplio y que se debe fundamentalmente a factores como grado de alteración o meteorización, porcentaje de humedad del terreno, presencia de sales y temperatura del terreno.

En la **Figura Nº 4.e** se muestran los márgenes de variación de resistividad de diferentes formaciones geológicas. Los materiales prospectados en los distintos emplazamientos han sido fundamentalmente materiales de tipo arcilloso y/o margoso, caracterizados por presentar valores de resistividad inferiores a 100Ωm. En la zona más somera aparecen materiales de origen antrópico pero con una extensión muy limitada.

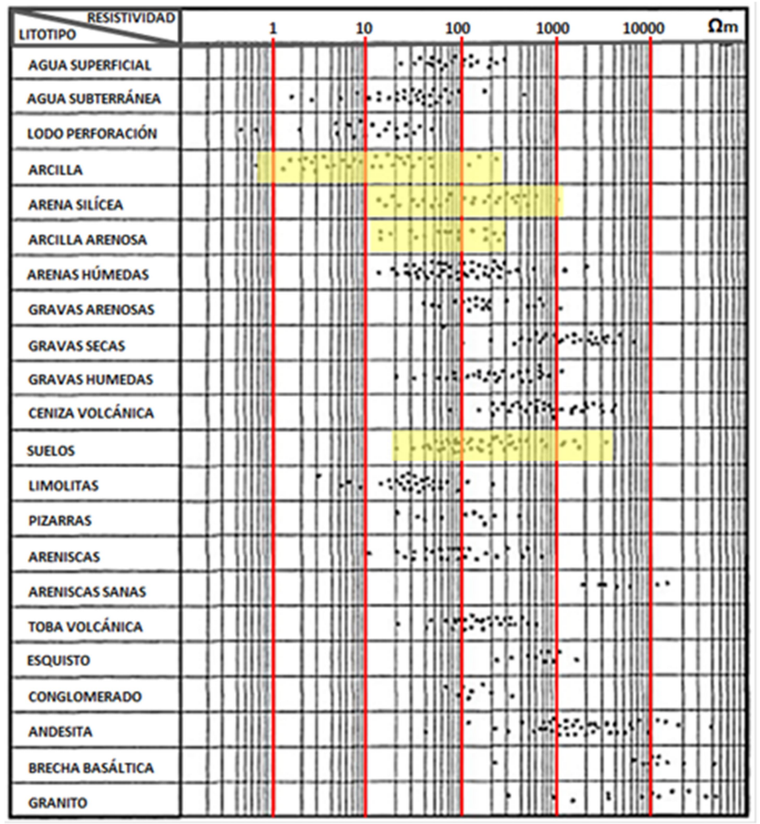


Figura Nº 4.e: Rango de valores de resistividad de diferentes materiales.

Por último, hay que mencionar que aunque la medida de un SEV se atribuye, por razones de simetría, al centro del dispositivo, no debe olvidarse que la medición está influida por un volumen de terreno más o menos grande. Esto resulta importante en el momento de correlacionar los datos obtenidos en cuanto a profundidades de los horizontes a partir de los SEV, con los obtenidos mediante perforación de sondeos mecánicos que pudieran verse afectados por condiciones puramente locales.

En el **Plano I** se presenta la interpretación realizada para los SEV 1 y 2.

5.- CONCLUSIONES

El día 19 de julio de 2024, técnicos de Magma Estudios Geofísicos S.L., realizaron un total de 2 Sondeos Eléctricos Verticales mediante dispositivo Wenner Alfa, distribuidos en dos zonas del trazado en el que se ubicarán dos subestaciones de la infraestructura proyectada.

La finalidad del estudio ha sido conocer las características geoeléctricas de los litotipos existentes los distintos emplazamientos definiendo así, los niveles más adecuados para su empleo como toma de tierra e igualmente, el grado de corrosividad de los mismos.

En general, los dos SEV realizados muestran valores de resistividad inferiores a 100Ωm, por lo que se puede considerar que los materiales son adecuados para situar tomas de tierra; en el SEV 1 hasta los 10m de profundidad, y hasta los 6,1m en el SEV 2. La resistividad obtenida para ambos SEV se atribuye a la existencia de una formación geológica de naturaleza arcillosa o margosa.

Madrid, 29 de julio de 2024



Salvador Pescador Sesmero
Geólogo Geofísico



Ángel García Juárez
Operador de Campo



PLANO I

PROCESADO Y RESULTADOS

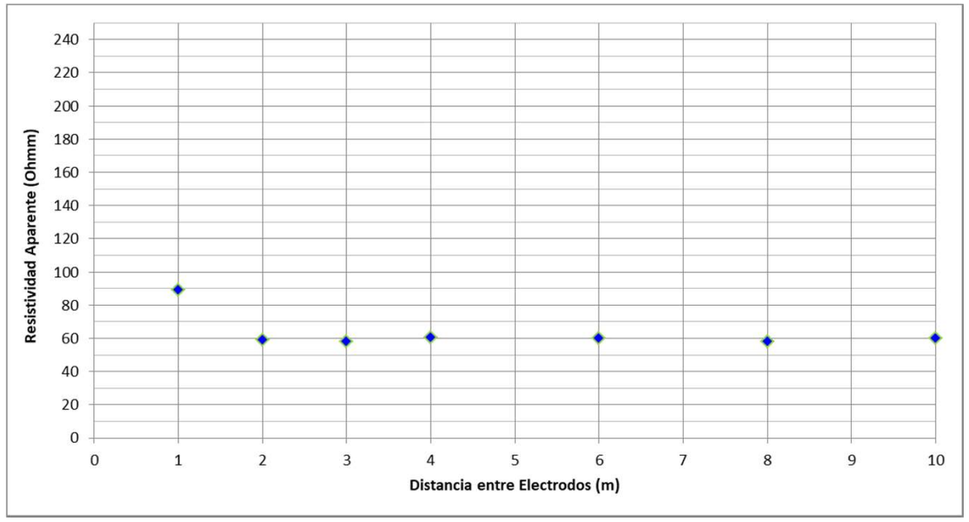
SEV 1







Lecturas

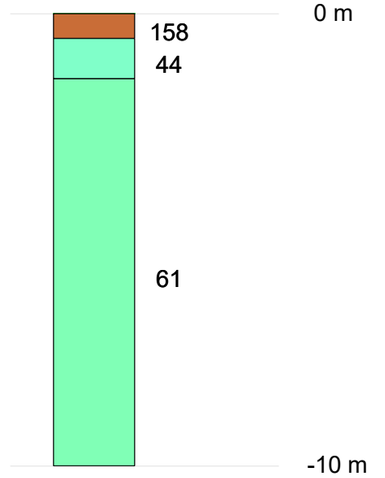


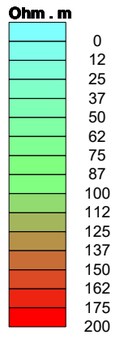
Resistividad (Ohm.m)	Distancia entre Electrodos (m)
89.2	1
59.1	2
58.2	3
60.4	4
	5
59.8	6
	7
57.8	8
	9
60.1	10

Procesado y Análisis

SEV 1







Modelo Resistividad [ohm·m]	Espesor [m]	Profundidad [m]
158	0.55	
44	0.89	0.55
61		1.4

euskal trenbide sarea

TITULO DEL PROYECTO:
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL TRANVÍA DE VITORIA

CONSULTORES: IDOM MAGMA

FECHA: JULIO 2024

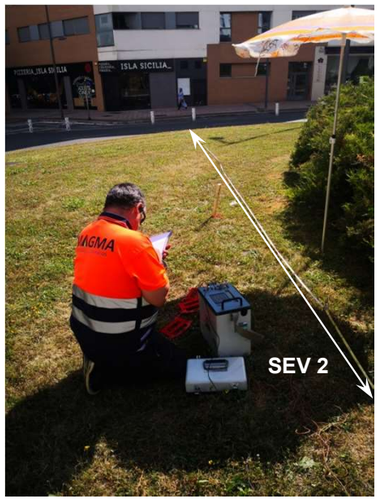
TITULO DEL PLANO:
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES WENNER

PLANO : I
01 de 02

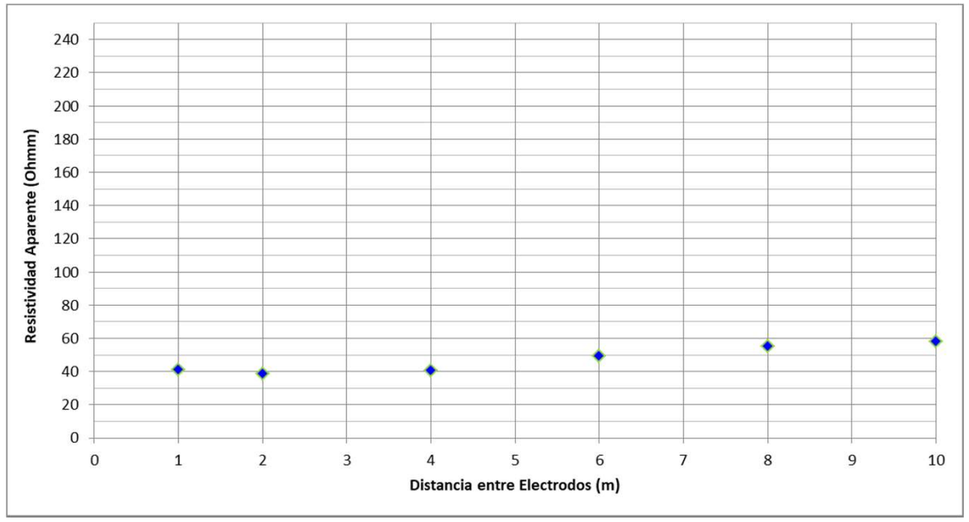


SEV 2





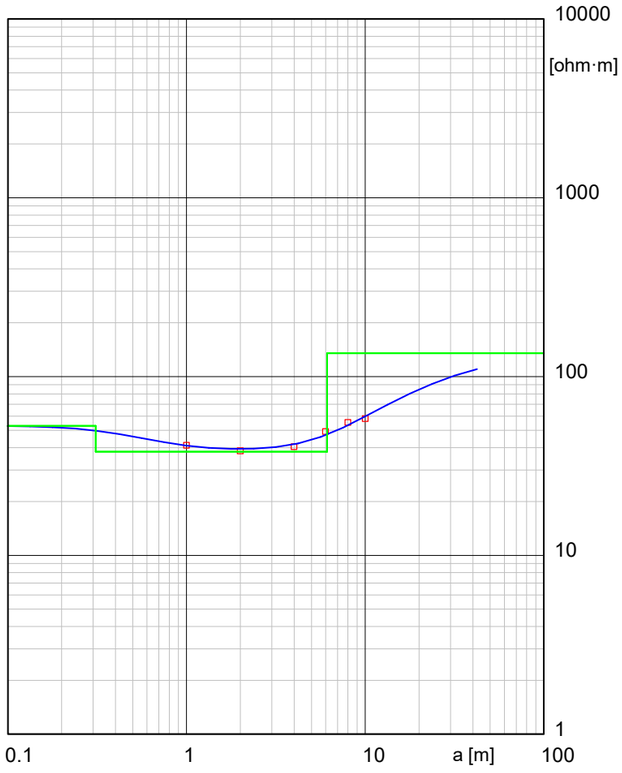
Lecturas

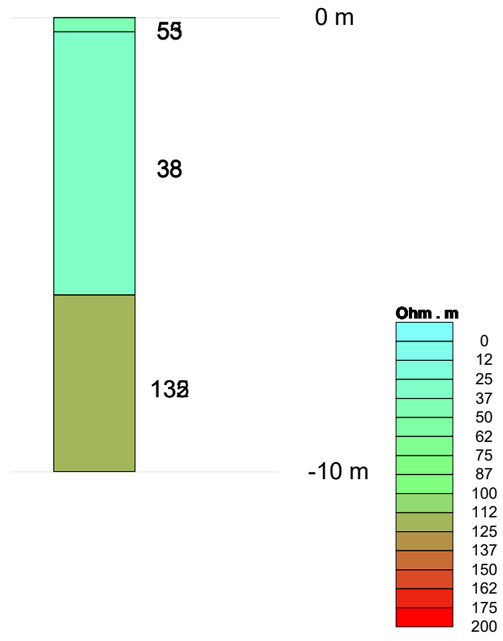


Resistividad (Ohm.m)	Distancia entre Electrodos (m)
41.2	1
38.4	2
	3
40.5	4
	5
49.2	6
	7
55.3	8
	9
58.1	10

Procesado y Análisis

SEV 2





Modelo Resistividad	Espesor	Profundidad
[ohm·m]	[m]	[m]
53	0.31	
38	5.8	0.31
135		6.1

euskal trenbide sarea

TITULO DEL PROYECTO:
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL TRANVÍA DE VITORIA

CONSULTORES: IDOM MAGMA

FECHA: JULIO 2024

TITULO DEL PLANO:
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES WENNER

PLANO : I
02 de 02

ANEJO I

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS

IRIS INSTRUMENTS

SYSCAL R1 PLUS *Switch-72*



RESISTIVITY IMAGING FOR ENVIRONMENTAL APPLICATIONS

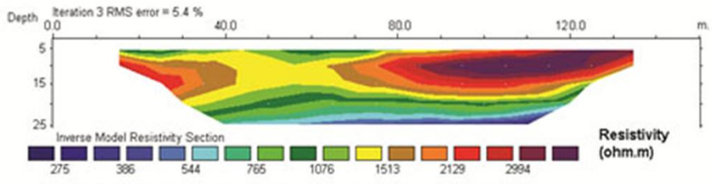
- **Compact yet powerful**
- **600 V – 200 W – 2.5 A**
- **Automatic ranging**
- **Automatic switching**



SYSCAL R1 PLUS Switch-72 is a new **all-in-one multinode resistivity imaging** system. It features an internal switching board for 72 electrodes and an internal 200 W power source. The output current is automatically adjusted (automatic ranging) to optimise the input voltage values and ensure the best measurement quality. The system is designed to automatically perform pre-defined sets of resistivity measurements with roll-along capability. Four strings of cable with 18 electrode take-out each are connected together on the back of the resistivity meter. Made of heavy duty seismic cable, these strings are available with standard 5 or 10 m electrode spacings. Customized cables may also assembled for special arrays or non-standard applications.

Compact, easy-to-use and field proof, the SYSCAL R1 PLUS Switch-72 measures both resistivity and chargeability (IP). It is ideal for environmental and civil engineering applications such as pollution monitoring and mapping, salinity control, depth-to-rock determination and weathered bedrock mapping. It can also be used for shallow groundwater exploration (depth and thickness of aquifers).

With the SYSCAL R1 PLUS Switch-72 resistivity surveys can be performed very efficiently with one operator only.



Resistivity interpretation (2D section of true resistivity)

The well-known reliability and accuracy of the SYSCAL range of resistivity meters will also mean extra value both for the contractor and the results end-user.

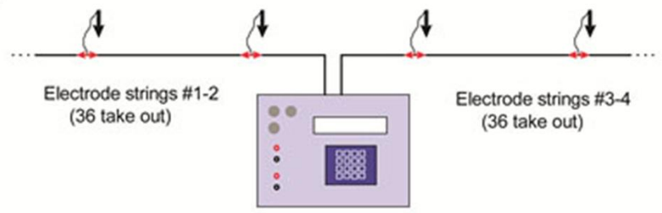
IRIS Instruments
1 avenue Buffon, B.P. 6007, 45060 Orléans Cedex 2, France
Phone: + 33 (0) 2 38 63 81 00 - Fax: + 33 (0) 2 38 63 81 82
E-mail: sales@iris-instruments.com - Web site: www.iris-instruments.com

SYSCAL R1 PLUS *Switch-72*

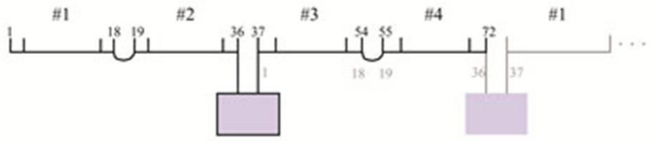
RESISTIVITY IMAGING

- Aim: imaging the underground geological structures through surface electrical measurements
- Principle: transmitting a current I through two electrodes and measuring a voltage V with two other electrodes
- Apparent resistivity: $\rho = K*V/I$, K depending on the electrode separation
- Resistivity pseudo-section: contoured plot of the apparent resistivity data, using the electrode distance as a pseudo-depth parameter
- True resistivity section: contoured plot of the resistivity distribution obtained through the inversion of the measured data (using a non linear parameter fitting scheme)
- Applications: environmental studies, groundwater investigation, civil engineering, archaeology...

FIELD LAY-OUT



Preset arrays (Wenner, dipole,…) or customized arrays are uploaded through the user-friendly ELECTRE (version 2) PC software.
The roll-along capability is implemented.



ACCURACY

- Automatic SP compensation including linear drift
- Digital stacking for noise reduction
- Standard deviation computation
- Noise may be monitored before injection

DATA INTERPRETATION SOFTWARE

- RES2DINV or RESIX-2DI (PC),
  for pseudo-section inversion to true resistivity (and IP) 2D section
- RES3DINV (PC),
  for inversion to true resistivity (and IP) 3D data

OUTPUT CURRENT SPECIFICATIONS

- Automatic ranging (microprocessor controlled)
- Intensity: up to 2500 mA
- Voltage: up to 600V (1200V peak to peak)
- Power: up to 200 W
- Selectable cycle time of 0.25, 0.5 , 1 or 2 s programmable from 0.25 to 10 s.
- Current measurement precision: 0,5% typical.

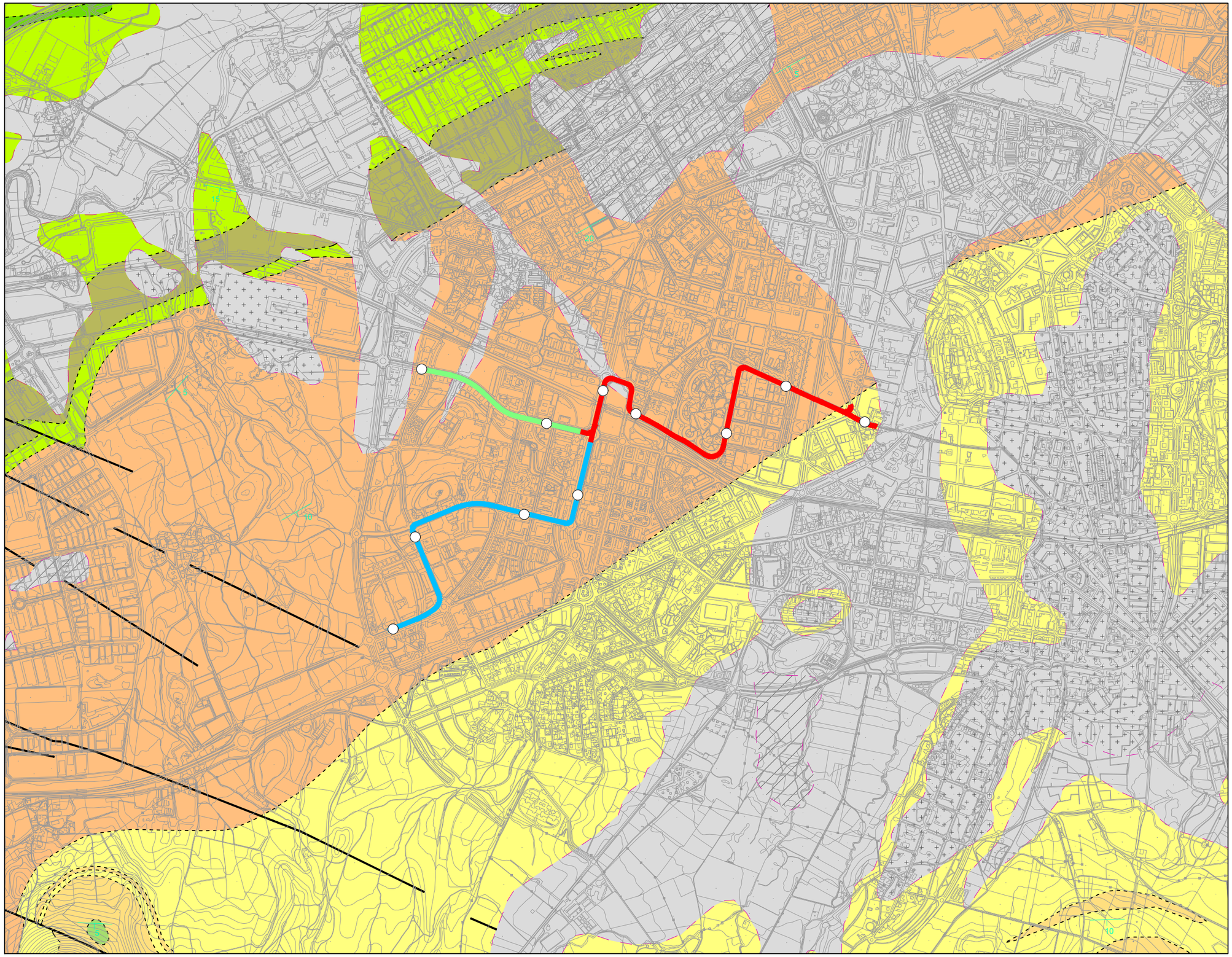
INPUT VOLTAGE SPECIFICATIONS

- Measuring process: automatic ranging and calibration
- Input impedance : 10 MΩ minimum.
- Input voltage protection up to 1000V, range from –5 V to +5 V.
- Power line rejection
- Voltage measurement precision: 0.5% typical
- Noise reduction: continuous stacking selectable from 1 to 255 stacks.
- SP compensation through automatic linear drift correction.
- Resistivity accuracy: 0,5% typical
- Induced polarization (chargeability) measured over four predefined windows.
- Chargeability accuracy: 1% of measured value for input voltage higher than 10 mV.

GENERAL SPECIFICATIONS

- Weather proof
- Shock resistant fiber-glass case
- Operating temperature: -20 to +70 °C
- Dimensions: 31 x 23 x 40 cm. Weight: 11.5 kg
- Internal memory for 2700 readings
- Power supply: two internal rechargeable 12V, 7 Ah battery ; optional external 12V backup car battery for transmitter power
- Autonomy with internal battery: several thousands of readings
- Weight of a 18 take-out string on a reel: 15 kg each (for 5m spacing)

ANEXO 4. PLANOS



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
- Alternancia de margocalizas, calizas y margas

Campaniense

- Margas. Tramos de margas y margocalizas alternantes
- Calcarenitas bioclásticas con glauconita y margas
- Margas y margocalizas pseudonodulosas
- Alternancia centimétrica de calizas nodulosas y margas

- Falla
- Falla supuesta
- Contacto por discordancia
- Contacto normal o concordancia
- Dirección y cantidad de buzamiento de la estratificación (5°)

- RAMAL CENTRO
- RAMAL MARITURRI
- RAMAL ALDAIA
- PARADAS

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PRIMERA EMISION	Nov. 25	IDM	ETS	

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR
IDOM

INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR
J. PABLO ROMERO JUNQUERA
I.C.C.P. COLEG. Nº 26.460

AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR

ERREFERENTZIA REFERENCIA
A23029-IDO-ANE-034-01-A

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
MUGIKORTASUN JASANGARRIAREN SAILA
DEPARTAMENTO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA ESCALA ORIGINAL
1:10.000

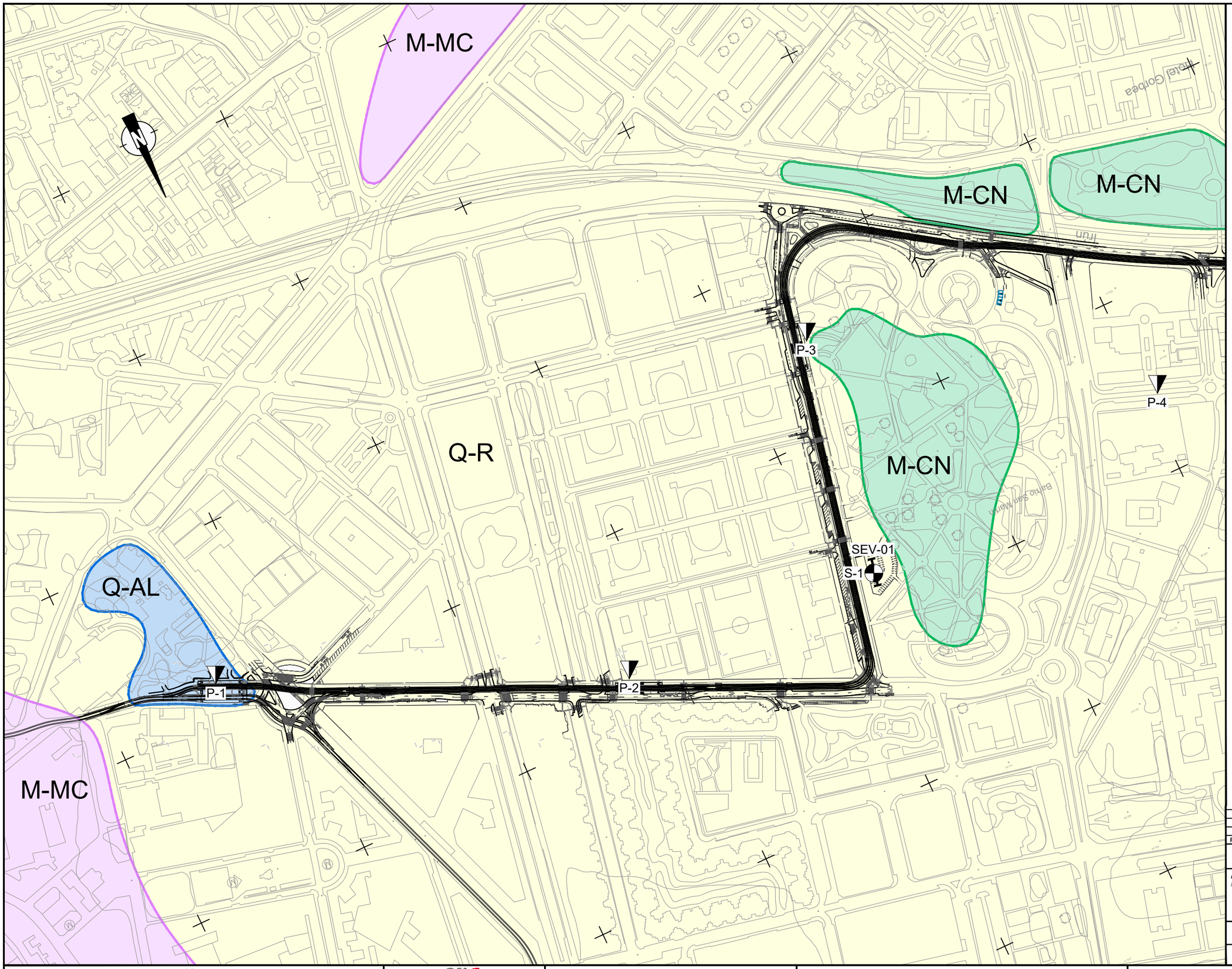
0 150 300 450 600 750 900 1050 1200 1350 1500
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROIEKTUAREN IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
GASTEIZKO TRANBIA ZABALGANARA LUZATZEKO ERAIKUNTZA-PROIEKTUA - ALDAIA ADARRA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE GASTEIZ A ZABALGANA: RAMAL ALDAIA

PLANOAREN IZENBURUA TITULO DEL PLANO
3 ERANSKINA / ANEJO 3
EVE PLANO GEOLOGIKO OROKORRA / PLANO GEOLÓGICO GENERAL EVE
112-IV ORRIKO ZATIA / FRAGMENTO HOJA 112-IV

PLANO ZK. / N. PLANO
A03.1

ORRIA / HOJA
1 Sigue Fin



OHARRAK :
NOTAS :

SONDEO
S-X

PENETRÓMETRO
P-X

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
SEV-X

LEYENDA MATERIALES

SUELOS (CUATERNARIOS)

Q-R RELLENOS ANTRÓPICOS

Q-AL ALUVIAL

ROCA (CAMPANIENSE)

M-MC MARGAS Y MARGOCALIZAS

M-CN MARGAS Y MARGOCALIZAS NODULOSAS

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PRIMERA EMISION	Nov. 25	IDM	ETS	

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR: IDOM

INGENIARI EGILEA / INGENIERO AUTOR: J. PABLO ROMERO JUNQUERA I.C.C.P. COLEG. Nº 26.460

AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA / REFERENCIA CONSULTOR:

ERREFERENTZIA / REFERENCIA: A23029-IDO-ANE-034-02-A

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
MUGIKORTASUN JASANGARRIAREN SAILA
DEPARTAMENTO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA / ESCALA ORIGINAL: 1:2000

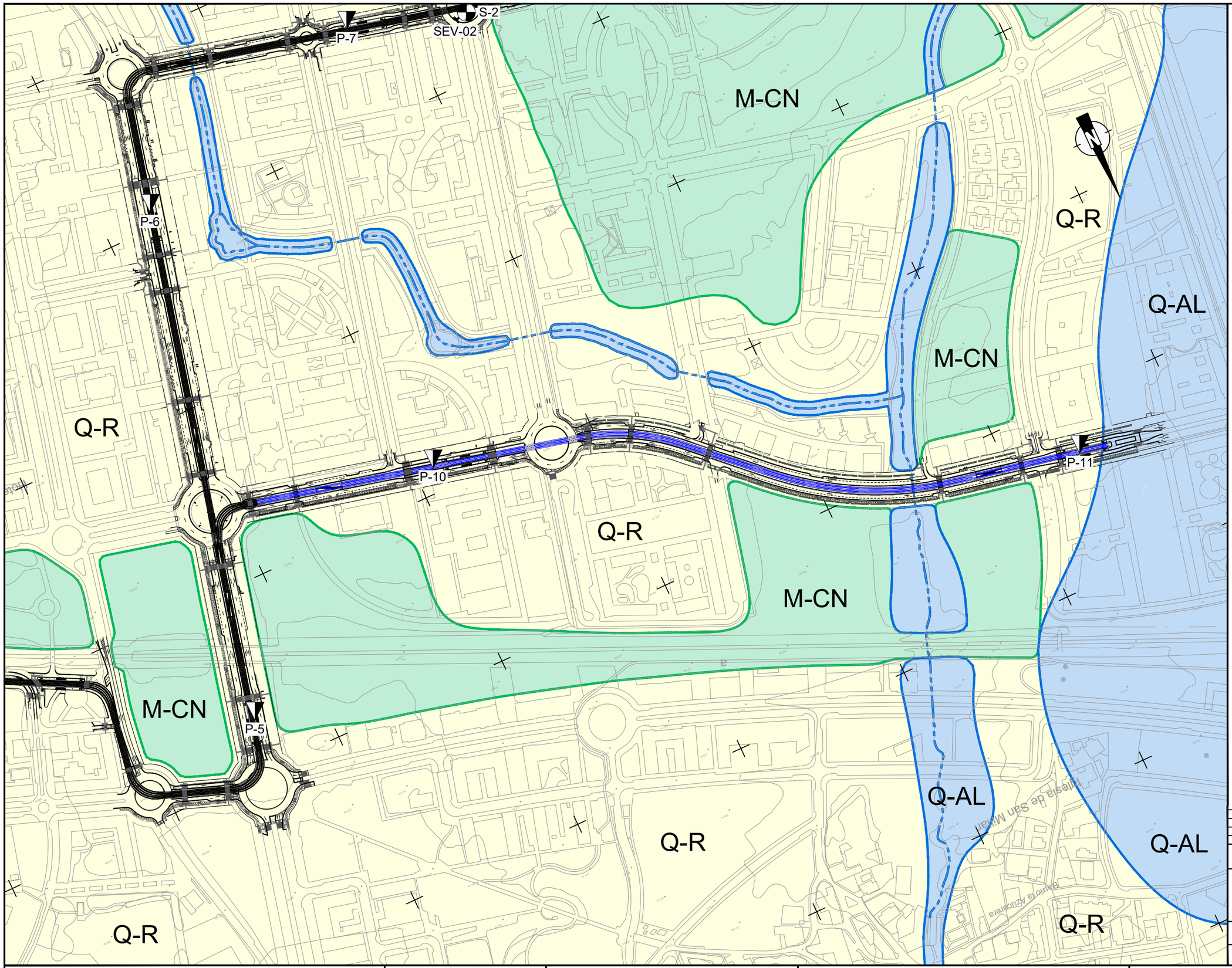
ESKALA GRAFIKOA / ESCALA GRAFICA: 0 20 40 60 80 1000

PROIEKTUAREN IZENBURUA / TITULO DEL PROYECTO: GASTEIZKO TRANBIA ZABALGANARA LUZATZEKO ERAIKUNTZA-PROIEKTUA - ALDAIA ADARRA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE GASTEIZ A ZABALGANA: RAMAL ALDAIA

PLANOAREN IZENBURUA / TITULO DEL PLANO: 3 ERANSKINA / ANEJO 3
PLANTA GEOLOGIKOA ETA LAN GEOTEKNIKOEN KOKAPENA
PLANTA GEOLÓGICA Y POSICIÓN DE TRABAJOS GEOTÉCNICOS

PLANO ZK. / N. PLANO: A03.2

ORRIA / HOJA: 1 Sigue 2



OHARRAK :

NOTAS :

SONDEO
S-X

PENETRÓMETRO
P-X

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
SEV-X

LEYENDA MATERIALES

SUELOS (CUATERNARIOS)

- Q-R — RELLENOS ANTRÓPICOS
- Q-AL — ALUVIAL

ROCA (CAMPANIENSE)

- M-MC — MARGAS Y MARGOCALIZAS
- M-CN — MARGAS Y MARGOCALIZAS NODULOSAS

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA
A	PRIMERA EMISION	Nov. 25	IDM	ETS	

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR: IDOM

INGENIARI EGILEA / INGENIERO AUTOR: J. PABLO ROMERO JUNQUERA I.C.C.P. COLEG. Nº 26.460

AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA / REFERENCIA CONSULTOR:

ERREFERENTZIA / REFERENCIA: A23029-IDO-ANE-034-02-A

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
MUGIKORTASUN JASANGARRIAREN SAILA
DEPARTAMENTO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA / ESCALA ORIGINAL: 1:2000

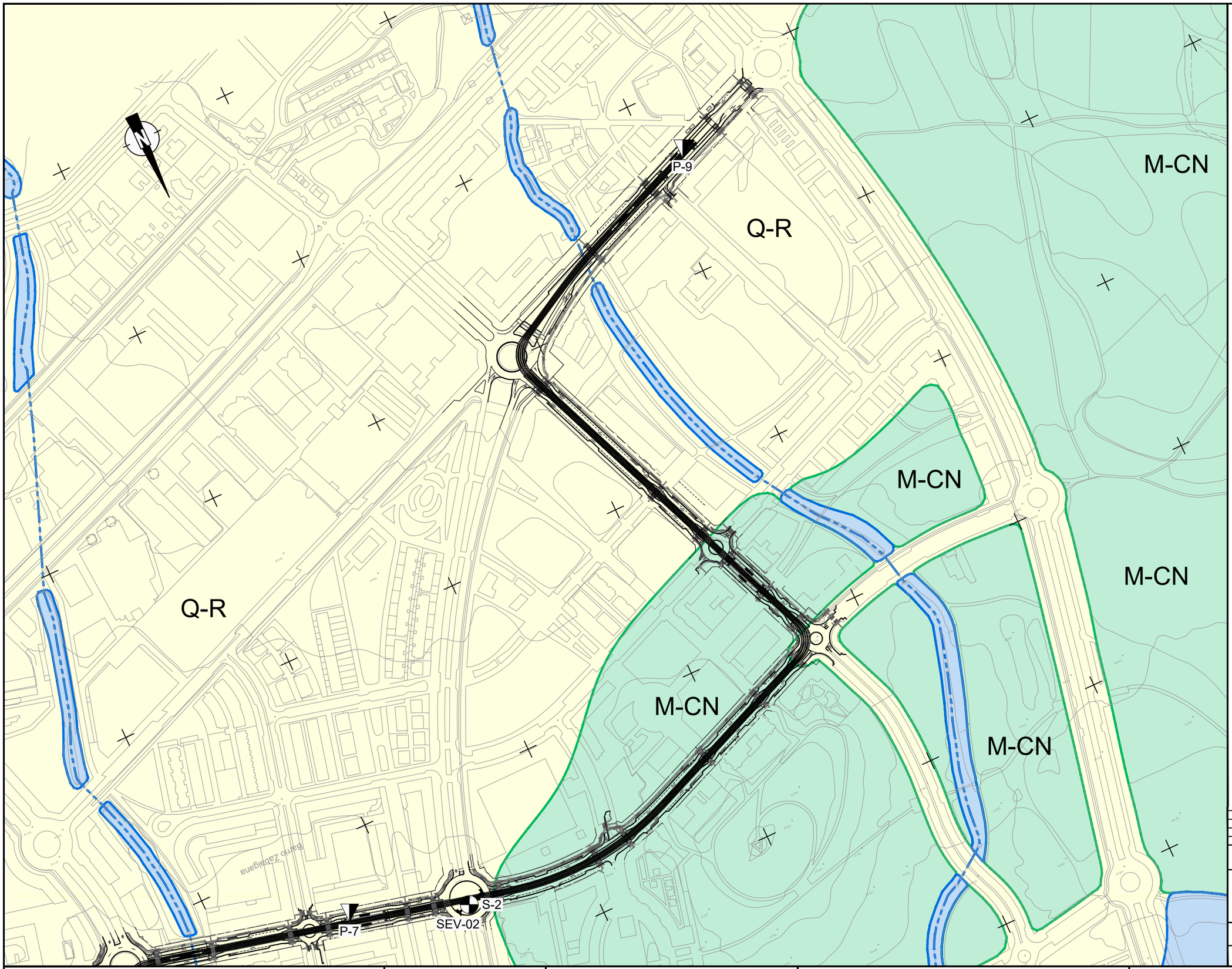
ESKALA GRAFIKOA / ESCALA GRAFICA: 0 20 40 60 80 1000

PROIEKTUAREN IZENBURUA / TITULO DEL PROYECTO:
GASTEIZKO TRANBIA ZABALGANARA LUZATZEKO ERAIKUNTZA-PROIEKTUA - ALDAIA ADARRA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE GASTEIZ A ZABALGANA: RAMAL ALDAIA

PLANOAREN IZENBURUA / TITULO DEL PLANO:
3 ERANSKINA / ANEJO 3
PLANTA GEOLOGIKOA ETA LAN GEOTEKNIKOEN KOKAPENA
PLANTA GEOLÓGICA Y POSICIÓN DE TRABAJOS GEOTÉCNICOS

PLANO ZK. / N. PLANO: A03.2

ORRIA / HOJA: 2 Sigue 3



OHARRAK :
NOTAS :

S-X — SONDEO

P-X — PENETRÓMETRO

SEV-X — SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

LEYENDA MATERIALES

SUELOS (CUATERNARIOS)

- Q-R — RELLENOS ANTRÓPICOS
- Q-AL — ALUVIAL

ROCA (CAMPANIENSE)

- M-MC — MARGAS Y MARGOCALIZAS
- M-CN — MARGAS Y MARGOCALIZAS NODULOSAS

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PRIMERA EMISION	Nov. 25	IDM	ETS	

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR: IDOM

INGENIARI EGILEA / INGENIERO AUTOR: J. PABLO ROMERO JUNQUERA I.C.C.P. COLEG. Nº 26.460

AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA / REFERENCIA CONSULTOR

ERREFERENTZIA / REFERENCIA: A23029-IDO-ANE-034-02-A

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
MUGIKORTASUN JASANGARRIAREN SAILA
DEPARTAMENTO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA / ESCALA ORIGINAL: 1:2000

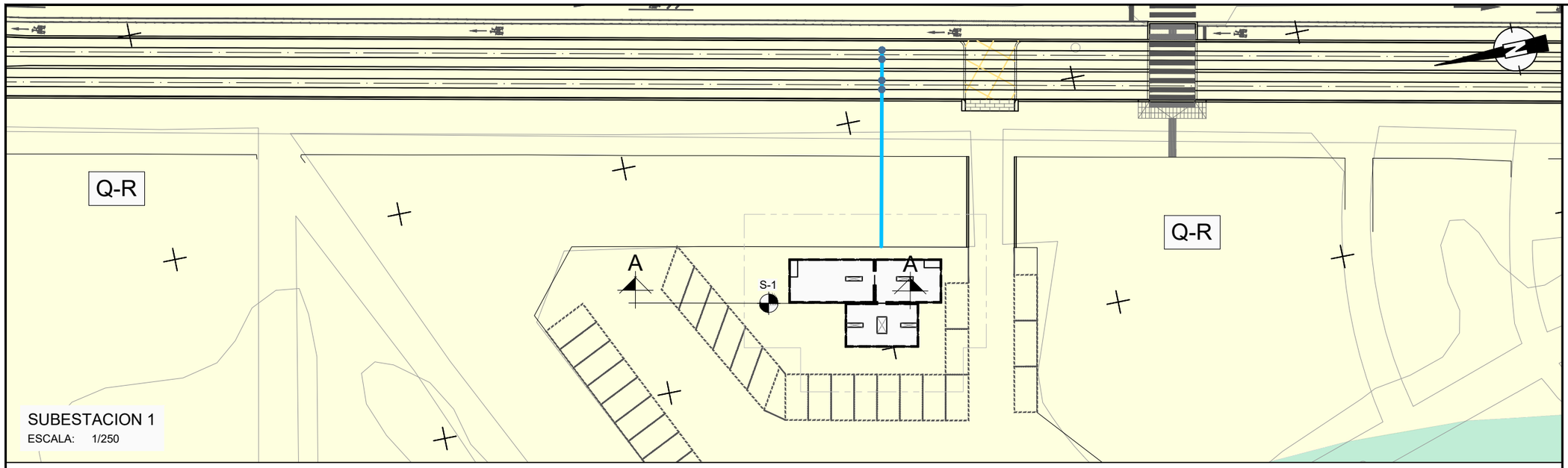
ESKALA GRAFIKOA / ESCALA GRAFICA: 0 20 40 60 80 1000

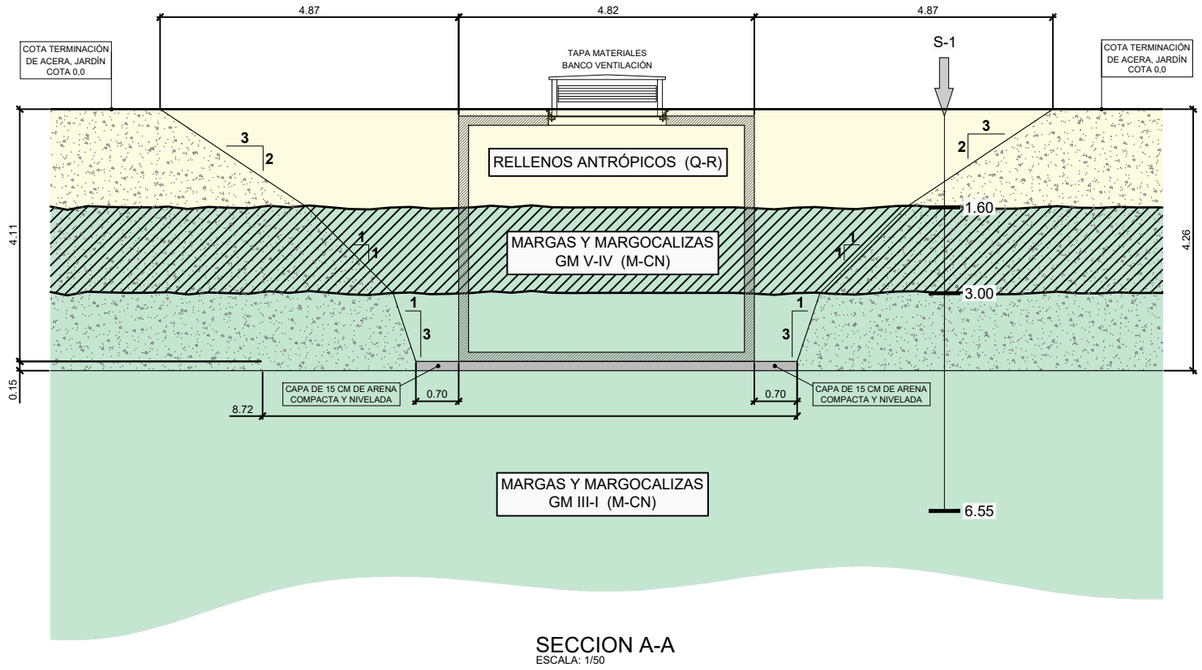
PROIEKTUAREN IZENBURUA / TITULO DEL PROYECTO:
GASTEIZKO TRANBIA ZABALGANARA LUZATZEKO ERAIKUNTZA-PROIEKTUA - ALDAIA ADARRA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE GASTEIZ A ZABALGANA: RAMAL ALDAIA

PLANOAREN IZENBURUA / TITULO DEL PLANO:
3 ERANSKINA / ANEJO 3
PLANTA GEOLOGIKOA ETA LAN GEOTEKNIKOEN KOKAPENA
PLANTA GEOLÓGICA Y POSICIÓN DE TRABAJOS GEOTÉCNICOS

PLANO ZK. / N. PLANO: A03.2

ORRIA / HOJA: 3 Sigue Fin





SECCION A-A
ESCALA: 1/50

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PRIMERA EMISION	Nov. 25	IDM	ETS	

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR
IDOM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
J. PABLO ROMERO JUNQUERA
I.C.C.P. COLEG. Nº 26.460

AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA
REFERENCIA CONSULTOR

ERREFERENTZIA
REFERENCIA
A23029-IDO-ANE-034-03-A

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
MUGIKORTASUN JASANGARRIAREN SAILA
DEPARTAMENTO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

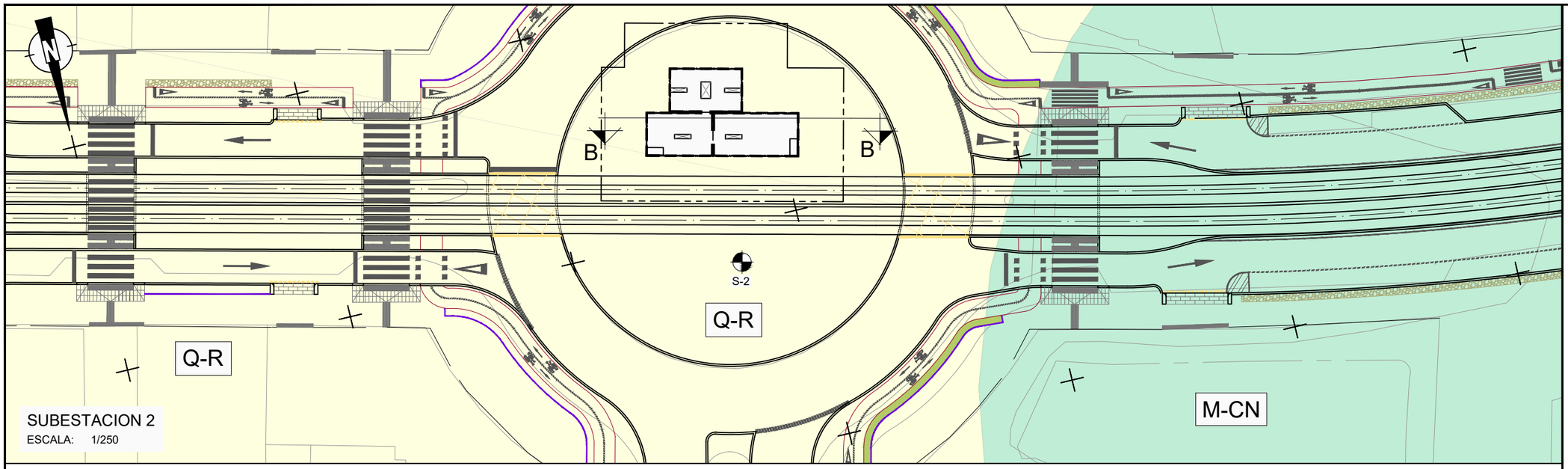
ESKALA ORIGINALA
ESCALA ORIGINAL
1:50
0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROIEKTUAREN IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
GASTEIZKO TRANBIA ZABALGANARA LUZATZEKO ERAIKUNTZA-PROIEKTUA - ALDAIA ADARRA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE GASTEIZ A ZABALGANA: RAMAL ALDAIA

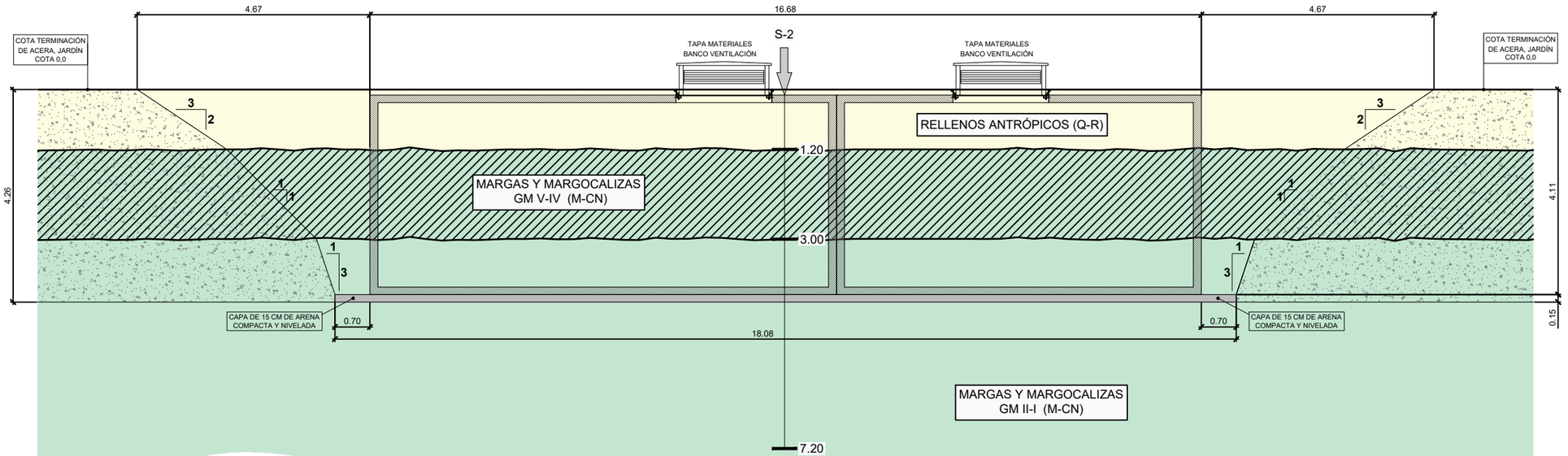
PLANOAREN IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
3 ERANSKINA / ANEJO 3
AZPIESTAZIOAK / SUBETACIONES
PROFIL GEOLOGIKOA 1. AZPIESTAZIOA / PERFIL GEOLÓGICO SUBESTACIÓN 2

PLANO ZK. / N. PLANO
A03.2

ORRIA / HOJA
1 Sigue 2



SUBESTACION 2
ESCALA: 1/250



SECCION B-B
ESCALA: 1/50

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PRIMERA EMISION	Nov. 25	IDM	ETS	

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR
IDOM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
J. PABLO ROMERO JUNQUERA
I.C.C.P. COLEG. Nº 26.460

AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA
REFERENCIA CONSULTOR

ERREFERENTZIA
REFERENCIA
A23029-IDO-ANE-034-03-A

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
MUGIKORTASUN JASANGARRIAREN SAILA
DEPARTAMENTO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA
ESCALA ORIGINAL
1:50
0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROIEKTUAREN IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
GASTEIZKO TRANBIA ZABALGANARA LUZATZEKO ERAIKUNTZA-PROIEKTUA - ALDAIA ADARRA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE GASTEIZ A ZABALGANA: RAMAL ALDAIA

PLANOAREN IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
3 ERANSKINA / ANEJO 3
AZPIESTAZIOAK / SUEBTACIONES
PROFIL GEOLOGIKOA 2. AZPIESTAZIOA / PERFIL GEOLÓGICO SUBESTACIÓN 2

PLANO ZK. / N. PLANO
A03.2

ORRIA / HOJA
2 Sigue Fin