

**PLAN DE INTERÉS GENERAL DE ARAGÓN
EXPANSIÓN DE LA REGIÓN AWS EN ARAGÓN**

TOMO II VILLANUEVA DE GÁLLEGO 1

TOMO II.5 PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA

**DOCUMENTO: PROYECTO REDES DE ALTA TENSIÓN. LÍNEAS 132 KV
ENTRE SUBESTACIÓN DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO Y PARCELA
VDG1**

PROYECTO EJECUTIVO

DOCUMENTO PARA APROBACIÓN DEFINITIVA

08 de agosto 2025

	COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES COIIM - MADRID
Nº VISADO 202404315	FECHA DE VISADO 28/08/2025
VISADO	
DOCUMENTO VISADO CON FIRMA ELECTRÓNICA	
COLEGIADO/A Nº:	NOMBRE
11207 COIIM ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS	

Proyecto Ejecutivo Redes de Alta Tensión. VdG1

Líneas 132 kV entre Subestación de Villanueva de Gállego y Parcela VDG1

Amazon Data Services Spain, S.L.
Proyecto Ejecutivo

VDG1-ACM-74-XX-RP-C-80000

8 de agosto de 2025

© 2024 AECOM Spain DCS S.L.U. Todos los Derechos Reservados.

Este documento ha sido preparado por AECOM Spain DCS S.L.U. ("AECOM") para único uso del cliente (el "Cliente") en relación con los principios de consultoría, aceptados de manera general; el presupuesto de tasas y los términos de referencia acordados entre AECOM y el Cliente. Cualquier información proporcionada por terceros y mencionada a los presentes que no ha sido verificada por AECOM, a excepción de que se declare lo contrario en el documento. Ningún tercero podrá apoyarse en el presente documento sin la autorización y un acuerdo escrito de AECOM.

ÍNDICE GENERAL DEL DOCUMENTO

1. DOCUMENTO I. Memoria descriptiva.

ANEJO 1 DE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS ELÉCTRICOS.

ANEJO 2 DE RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS.

ANEJO 3 DE GESTIÓN DE RESIDUOS.

ANEJO 4 DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL.

ANEJO 5 DE INFORMACIÓN GEOTÉCNICA.

2. DOCUMENTO II. Estudio de Seguridad y Salud.

3. DOCUMENTO III. Presupuesto.

4. DOCUMENTO IV. Pliego de prescripciones técnicas particulares.

5. DOCUMENTO V. Planos.

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

Contenidos

1.	Antecedentes.....	1
2.	Introducción	1
3.	Alcance del proyecto	1
4.	Peticionario y titular	2
5.	Partes del documento.....	2
6.	Abreviaciones.....	3
7.	Reglamentación de aplicación.....	5
8.	Localización.....	8
9.	Descripción de los trabajos y puntos de interés	9
9.1	Trazado de la línea subterránea y descripción de la zona afectada	9
9.2	Interferencias principales del proyecto	10
9.3	Afección a la infraestructura publica.....	12
9.3.1	Distancias mínimas entre infraestructuras.....	12
9.3.1.1	Tabla de distancias mínimas entre infraestructuras.....	13
9.3.2	Afección a Infraestructura Estatal de Transporte de Gas Natural.....	13
9.3.2.1	Red de transporte de gas natural.....	13
9.3.2.2	Gasoducto de distribución	13
9.3.3	Afección a masas de agua superficial	14
9.4	Expropiaciones.....	15
9.4.1	Introducción, antecedentes y procedimiento	15
9.4.2	Expropiación.....	16
9.4.3	Imposición de Servidumbre	17
9.4.4	Ocupación Temporal.....	17
10.	Planificación de los trabajos.....	18
11.	Descripción de la Obra Civil	18
11.1	Método Constructivo.....	18
11.2	Instalaciones auxiliares y accesos.....	19
11.2.1	Zona de instalaciones auxiliares.....	19
11.2.2	Accesos a la obra	20
12.	Descripción de la instalación eléctrica.....	21
12.1	Composición de cables en zanja	22
12.2	Recorrido de las líneas.....	23
12.3	Cámaras de empalme y arquetas.....	23
12.3.1	Cámaras de empalme	23
12.3.2	Arquetas	24
12.4	Empalmes.....	26
12.4.1	Empalme para cable de 132 kV.....	27
12.5	Conexión a Subestación.....	27
12.6	Transición aérea-subterránea.....	27
12.7	Características de los Materiales.....	28
12.7.1	Cable 132 kV	28
12.7.2	Cables de Fibra Óptica.....	29
12.7.3	Cables de puesta a tierra	31
12.7.3.1	Cable concéntrico.....	31
12.7.3.2	Cables unipolares.....	31
12.7.3.3	Cable de continuidad de tierra.....	32
12.7.3.4	Conductor de cobre desnudo	32
12.7.4	Estrategia de conexión de puesta a tierra de las pantallas	32

12.7.5	Cajas de puesta a tierra de las pantallas.....	33
12.8	Hitos de señalización de la zanja	33
12.9	Campos electromagnéticos	34
12.9.1	Niveles de referencia.....	34
13.	Consideraciones medioambientales.....	36
14.	Conclusiones	37
Anejo 1 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS ELÉCTRICOS		38
Anejo 2 RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS.....		39
Anejo 3 GESTIÓN DE RESIDUOS		40
Anejo 4 INTEGRACIÓN AMBIENTAL		41
Anejo 5 INFORME GEOTÉCNICO.....		42

Figuras

Figura 1.	Comunidad Autónoma de Aragón	8
Figura 2.	Ubicación de la subestación y de las parcelas VDG, VDG1 y VDG2.....	8
Figura 3.	Ruta para VDG1 y VDG2.....	10
Figura 4.	Tabla de distancias mínimas entre infraestructuras	13
Figura 5.	Cruces con vías de agua	14
Figura 6.	Planificación de ejecución de trabajos.	18
Figura 7.	Zonificación propuesta para método de excavación convencional.	19
Figura 8.	Zona de instalaciones auxiliares durante la ejecución de la obra	20
Figura 9.	Accesos a la obra.....	20
Figura 1.	Zanja de cables típica	22
Figura 2.	Cámara de empalme típica para cable de 132 kV	24
Figura 3.	Detalle de arqueta de puesta a tierra, sus componentes y sus elementos complementarios	25
Figura 4.	Detalle de arqueta de fibra óptica, sus componentes y sus elementos complementarios	26
Figura 5.	Conexión con subestación y punto de medida principal. Diseño esquemático	27
Figura 6.	Conversión aérea-subterránea. Detalle típico.....	28
Figura 7.	Imagen descriptiva del cable de 132 kV.....	29
Figura 8.	Imagen descriptiva del cable de fibra óptica	30
Figura 9.	Ubicación hitos de señalización	33

Tablas

Tabla 1.	Posición del origen de la línea.....	8
Tabla 2.	Posición del destino de la línea	9
Tabla 3.	Posición del destino de la línea	10
Tabla 4.	Afección a la infraestructura publica	12
Tabla 5.	VDG1 Cuces con vías de agua	14
Tabla 6.	Características de la Línea Subterránea de Alta Tensión de 132kV	21
Tabla 7.	Puntos de conexión	27
Tabla 8.	Radio de curvatura mínimo.....	28
Tabla 9.	Características mecánicas del cable de fibra óptica.....	29
Tabla 10.	Sección mínima cables de tierra concéntricos.....	31
Tabla 11.	Características del cable unipolar de tierra. Sección mínima	32
Tabla 12.	Sección mínima del conductor de cobre desnudo	32
Tabla 13.	Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz)	34
Tabla 14.	Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados).....	35
Tabla 15.	Niveles de referencia para corrientes de contacto procedentes de objetos conductores	35
Tabla 16.	Niveles de referencia de ICNIRP para 50 Hz	35
Tabla 17.	Niveles de referencia para 50 Hz según Directiva 2013/35/EU	36

1. Antecedentes

Este Proyecto forma parte del Plan de Interés General de Aragón, “Expansión de la Región AWS en Aragón”, promovido por Amazon Data Services Spain, SL.

Con fecha 7 de noviembre de 2024, la entidad promotora presentó ante el Departamento de Fomento, Vivienda, Logística y Cohesión Territorial la documentación del Plan de Interés General para su Aprobación Inicial, que comprendió -entre otra documentación- el Proyecto Básico de este componente del Plan.

Con fecha 4 de diciembre de 2024, mediante Orden FOM/1517/2024, publicada en el Boletín Oficial de Aragón de 13 de diciembre, el Gobierno de Aragón declaró la Aprobación Inicial al Plan de Interés General.

Este Proyecto se presenta ahora a nivel de Proyecto de Ejecución a los efectos de solicitar la Aprobación Definitiva del Plan de Interés General, y asumir el carácter de directamente ejecutable para proceder a su construcción.

2. Introducción

Se trata de un proyecto de dos líneas de alta tensión de 132kV que conectan la subestación de Villanueva de Gállego con una parcela ubicada en las proximidades del campo de aviación de Villanueva de Gállego identificadas en planos como VdG1.

Las líneas transcurren enterradas por caminos rurales y parcelas agrícolas, encontrándose con diversos cruces con instalaciones existentes. El presente documento describe el trazado de los cables y las soluciones particulares aplicadas en cada caso.

Las líneas discurren en el interior de conductos dentro de un dado de hormigón que permitirá la ampliación futura con cableado en circuito doble de 220kV.

Las dos líneas de 132 kV y de 220 kV comparten el mismo recorrido desde la subestación de Villanueva de Gállego hasta la estación GIS del campus en un recorrido total de unos 6,84 km.

3. Alcance del proyecto

El presente documento se corresponde con el proyecto ejecutivo como parte del proceso PIGA a nivel ejecutivo para su aprobación por el Gobierno de Aragón y para la posterior obtención de los permisos de construcción. En el mismo se describe el ruteado de las líneas eléctricas y las obras necesarias para la ejecución de estas entre la salida de la subestación de Villanueva de Gállego y las parcelas VdG1, haciendo hincapié en aquellos puntos de coordinación en los que se necesita precisa de autorización y acuerdo previo por esas partes interesadas.

El proyecto final se compone de dos líneas dobles: una para la red de 132 kV que discurre desde la subestación de Villanueva de Gállego hasta las parcelas VdG1; y otra para la red de 220 kV que conecta con la estación de medida y luego continua en la misma zanja que la red de 132 kV hasta las parcelas. Este proyecto comprende la obra civil para ambos cableados, pero sólo contempla la incorporación de las líneas de 132kV en esta fase.

Se ha considerado la decisión de excluir las líneas de 220kV del proyecto, debido a que esta fase no incluye el diseño del corralito de medida, no queriéndose presentar un proyecto incompleto para estas fases, prefiriéndose mostrar el conjunto definido por completo en una fase posterior.

La propiedad de las líneas será del cliente para ambos casos.

El recorrido a lo largo de los caminos rurales se encuentra con determinados cruzamientos con instalaciones, carreteras, arroyos y otros puntos de interés hasta acceso hasta la parcela objeto de conexión, siendo el desarrollo

del proyecto de conexión y conversión de potencia objeto de otro proyecto. Todas estas interferencias se describen en el presente documento para la coordinación con las distintas partes interesadas en el proyecto.

AECOM ha desarrollado la propuesta de cableado enterrado y la generación de las soluciones técnicas necesarias para completar su recorrido.

El documento no incluye la descripción de las conexiones dentro de las subestaciones relativas a ENDESA Y REE, ni la distribución después del acceso a la parcela en la que se encuentra el campus, que son objeto de otros proyectos a realizar por empresas diferentes.

Por otro lado, la obra civil correspondiente conecta las subestaciones de Villanueva de Gállego con el límite de la parcela VDG1. La etapa final del trazado y la descripción de la obra civil dentro del campus se incluye en el Tomo IV.3 Proyecto de urbanización y Tomo IV.4 Proyecto de edificación, como parte del proyecto del propio campus.

No obstante, para el proceso de Autorizaciones Administrativas de Industria de las líneas eléctricas, se ilustra y se calcula el trazado completo de cableado de líneas de alta tensión en todo su recorrido desde el centro de transformación hasta el edificio GIS dentro del campus.

4. Peticionario y titular

Se redacta el presente proyecto a petición de:

AMAZON DATA SERVICES SPAIN, S.L.

Calle Ramirez de Prado Nº 5.

28045 Madrid

CIF: B-86339595

El titular de la instalación será el mismo:

AMAZON DATA SERVICES SPAIN, S.L.

Calle Ramirez de Prado Nº 5.

28045 Madrid

CIF: B-86339595

El presente documento se visa y se firma por:

Empresa: AECOM, S.A.

Dirección: Alfonso XII, 62, 5th floor. Madrid, 28014.

Ingeniero Industrial: Roberto Fernández Arenas.

Colegiado número:11.207

5. Partes del documento

El presente documento se corresponde con la memoria descriptiva del proyecto, e incluye la descripción y representación del recorrido y los cálculos de las líneas de alta tensión incorporando los siguientes documentos específicos:

Anejo 1 de cálculos justificativos eléctricos.

Anejo 2 de relación de bienes y derechos afectados.

Anejo 3 de gestión de residuos.

Anejo 4 de integración ambiental.

Anejo 5 de información geotécnica.

Se completa el proyecto redactado con otros documentos necesarios para la definición completa de este, que se presentan en apartados separados, tales como:

- Documento II. Estudio de Seguridad y Salud
- Documento III. Presupuesto.
- Documento IV. Pliego de condiciones.
- Documento V. Planos.

El documento no incluye la descripción de las conexiones dentro de las subestaciones relativas a ENDESA.

6. Abreviaciones

Acrónimo	Descripción
AdapteCCa	Adaptación al Cambio Climático (Plataforma sobre Adaptación al Cambio Climático)
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología de España
AIA	Anejo de Integración Ambiental
AWS	Amazon Web Services
BIC	Bien de Interés Cultural
BOA	Boletín Oficial de Aragón
BOE	Boletín Oficial del Estado
CEEA	Catálogo Español de Especies Amenazadas
CHE	Confederación Hidrográfica del Ebro
CNMC	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia
CRAS	Centro de Recuperación de Fauna Silvestre
CR/	Medida Correctora
DD	Due Diligence
DHE	Demarcación Hidrográfica del Ebro
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DIGA	Declaración de Interés General de Aragón
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica
EGRCD	Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental
Expansión ZAZ	Expansión Región Gobierno de Aragón (Amazon Web Services) en Aragón
FEDME	Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada
GEI	Gases de Efecto Invernadero
HDD	Perforación Horizontal Dirigida
HIC	Hábitats de Interés Comunitario
IBA	Áreas Importantes para las Aves y la Biodiversidad
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IAEST	Instituto Aragonés de Estadística
IGME	Instituto Geológico Minero de España

INAGA	Instituto Aragonés de Gestión Ambiental
LIG	Lugar de Interés Geológico
LAESPRES	Listado Aragonés de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial
LER	Lista Europea de Residuos

Acrónimo	Descripción
MITECO	Ministerio de Transición Ecológica
MITERD	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
NPA	Zonas de Protección Natural
PACA	Plan de Acción de Cumplimiento Ambiental
PEAD	Polietileno de alta densidad
PGR	Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición
PGOU	Plan General de Ordenación Urbana
PHE	Plan Hidrológico del Ebro
PIGA	Planes y Proyecto de Interés General de Aragón
PK	Punto Kilométrico
PORN	Plan de Ordenación de los Recursos Naturales
PVA	Plan de Vigilancia Ambiental
RD	Real Decreto
RCD	Residuos de Construcción y Demolición
REE	Red Eléctrica de España
RNP	Residuos No Peligrosos
RP	Residuos Peligrosos
ROPVEG	Registro de Operadores Profesionales de Vegetales
SEPRONA	Servicio de Protección de la Naturaleza
SIOSE	Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España
SNCZI	Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables
UE	Unión Europea
UTM	Universal Transverse Mercator
WQA	Proyecto Básico Redes de Alta Tensión. Líneas 132 y 220kV entre Subestación del Esquedas y Parque Tecnológico de Walqa
ZEC	Zona de Especial Conservación
ZEPA	Zona de Especial Protección para las Aves
ZIA	Zona de Instalaciones Auxiliares
ZPAEN	Zona de Protección para la Alimentación de Especies Necrófagas

7. Reglamentación de aplicación

Para la redacción de este proyecto se han tenido en cuenta las siguientes reglamentaciones:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Ley 17/2007, Adaptación del Sector Eléctrico a la Directiva 2003/54/CE (26/06/2003), "Normas comunes para el mercado interior de la electricidad".

- Normas técnicas particulares de la Compañía Suministradora de Energía Eléctrica.
- Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de Carreteras.
- Ley 8/1998, de 17 de diciembre, de Carreteras de Aragón.
- DECRETO 206/2003, de 22 de julio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley 8/1998, de 17 de diciembre, de Carreteras de Aragón.
- Ley 38/2015, de 29 de septiembre, del sector ferroviario.
- Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3).
- Decreto Legislativo 1/2017, de 20 de junio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Montes de Aragón.
- Manual de Aspectos Constructivos de Caminos Naturales. (MAPA)
- Caminos Rurales: Proyecto y Construcción. (R. Dal-Ré)
- Eurocódigo 0: Bases de cálculo de estructuras
- Eurocódigo 1: Acciones en estructuras Parte 1-1: Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios
- Guía para el proyecto de cimentaciones en obras de carretera con Eurocódigo 7: Bases del proyecto • Otras reglamentaciones o disposiciones administrativas nacionales, autonómicas o locales vigentes de obligado cumplimiento no especificadas que sean de aplicación.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- NTP 278: Zanjas: prevención del desprendimiento de tierras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Decreto 34/2005, de 8 de febrero, del Gobierno de Aragón, por el que se establecen las normas de carácter técnico para las instalaciones eléctricas aéreas con objeto de proteger la avifauna.
- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)
- Otras reglamentaciones o disposiciones administrativas nacionales, autonómicas o locales vigentes de obligado cumplimiento no especificadas que sean de aplicación.

- Normas DIN y UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos y sus correspondientes revisiones y actualizaciones.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones complementarias.
- Circular 5/2019, de 5 de diciembre, de la Comisión Nacional de los Mercados y la competencia, por la que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de transporte de energía eléctrica.
- Circular 6/2019, de 5 de diciembre, de la Comisión Nacional de los Mercados y la competencia, por la que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Ley 13/2003, de 23 de mayo.
- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
- En lo relativo a las instalaciones de transporte cuya autorización sea competencia de la Administración General del Estado se estará a lo establecido en la disposición adicional duodécima de la Ley 13/2003, de 23 de mayo, reguladora del contrato de concesión de obras públicas.
- Artículo 15 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, sobre criterios de redes y criterios de funcionamiento de las instalaciones de producción sujetas a retribución regulada.
- El Real Decreto 1047/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de transporte de energía eléctrica.
- El Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.

8. Localización

El proyecto se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Zaragoza, y conecta la subestación de Villanueva de Gállego con las parcelas VDG1 y VDG2 ubicadas al norte del municipio.



Figura 1. Comunidad Autónoma de Aragón

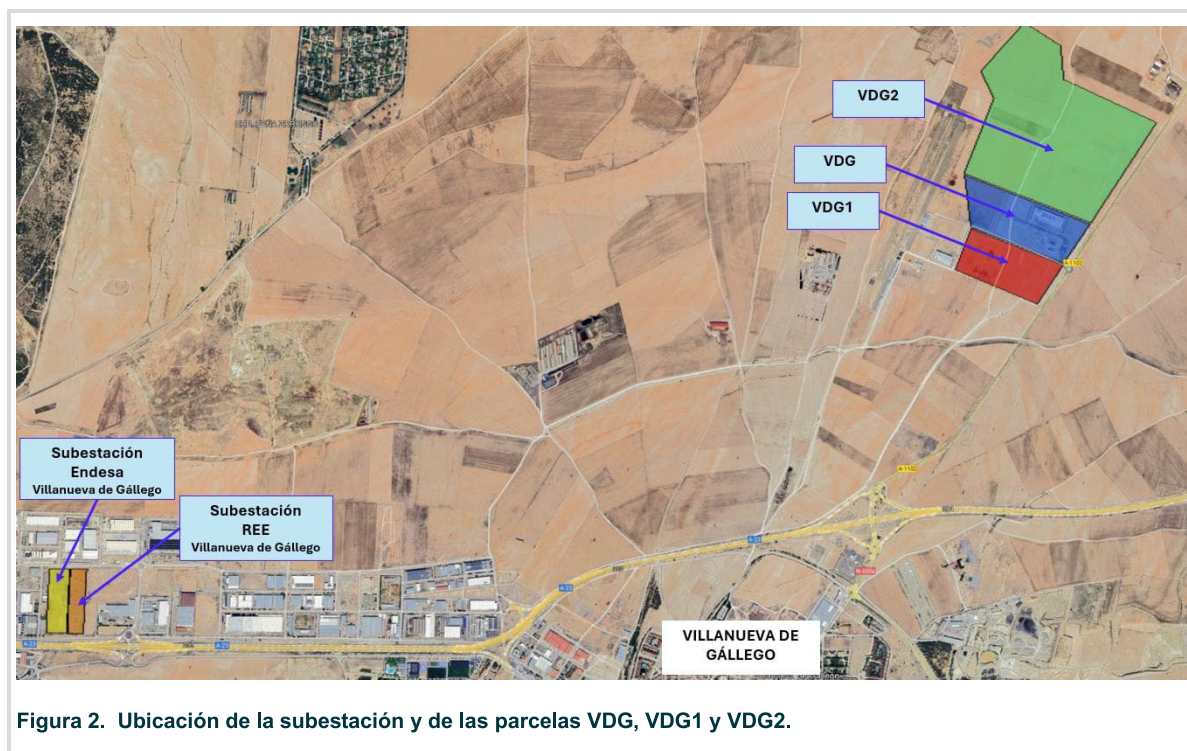


Figura 2. Ubicación de la subestación y de las parcelas VDG, VDG1 y VDG2.

Las coordenadas UTM de los puntos de origen y destino de línea se indican en las tablas indicadas.

Tabla 1. Posición del origen de la línea

Origen de la línea	Norte	Este
Subestación ENDESA Villanueva del gallego	4623346.68 m	679024.00 m
Subestación REE Villanueva del gallego	4623451.00 m	679035.00 m

Fuente: Creación propia

Tabla 2. Posición del destino de la línea

Destino de la línea	Norte	Este
Parcela VDG1	4628866.52 m	679075.50 m
Parcela VDG2	4629590.00 m	678354.00 m

Fuente: Creación propia

9. Descripción de los trabajos y puntos de interés

Los trabajos relativos a las líneas de distribución eléctrica consisten en el diseño de las infraestructuras necesarias para llevar el cableado de conexión eléctrica a muy alta tensión desde las subestaciones correspondientes hasta los data centers.

Será necesaria la ejecución de zanja enterrada en la que discurrirán los cables de las líneas. En este apartado se detallan los trabajos necesarios.

9.1 Trazado de la línea subterránea y descripción de la zona afectada

La ruta conecta la subestación de Villanueva de Gállego con las parcelas VDG1 y VGD2, cruzando el polígono industrial de San Miguel y varios caminos rurales. La mayoría del trazado discurre por caminos agrícolas sin pavimentar, por lo que la velocidad de construcción se ve incrementada al no tener que realizar reposiciones con materiales de diferente índole. Además, es la más corta entre las opciones consideradas (aproximadamente 7 km), con fácil acceso y menos cruces con servicios existentes. La ruta no interfiere ni con vías de tren, ni con autopistas.

En la parte inicial del recorrido situado en el Polígono San Miguel, la ruta discurre por varios viales asfaltados. Sin embargo, su trazado pasará entre parcela y parcela con el fin de reducir al máximo posible el cruce con carreteras públicas, evitando afectar a la circulación de vehículos dentro de los viales del polígono industrial.

Pasada la zona industrial, la ruta discurre por caminos sin asfaltar, con pendiente moderada y suficientemente anchos que permitirá reducir el impacto en las propiedades adyacentes. Sin embargo, en estos caminos existen servicios públicos que será necesario tener en cuenta en las siguientes fases.

La parte final del recorrido ha sido desarrollada, teniendo en cuenta el gran número de servicios existentes garantizando la mínima afectación.

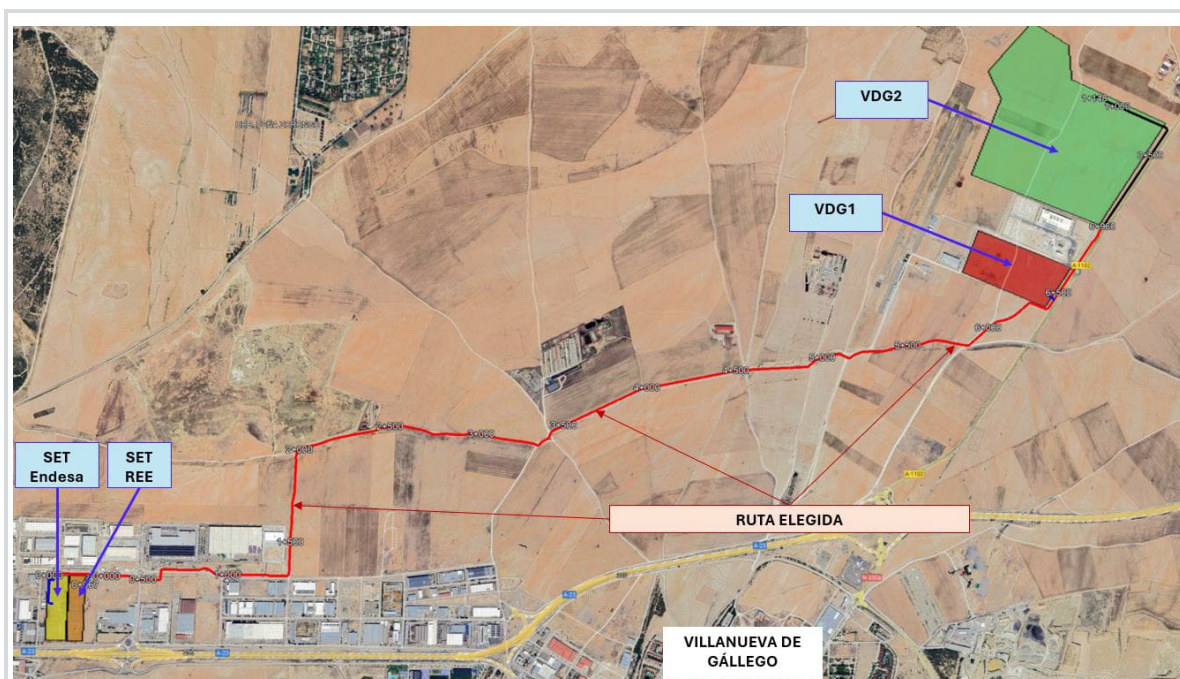


Figura 3. Ruta para VDG1 y VDG2

9.2 Interferencias principales del proyecto

En base a la información de referencia en materia de servicios existentes, se ha analizado cómo interfiere el trazado con los servicios existentes, pudiendo identificar su posición, y categorizando la afección como cruce, proximidad, o paralelismo. Entre los distintos servicios detectados, hay:

- Líneas de alta, media y baja tensión (aéreas y subterráneas)
- Líneas de telecomunicaciones
- Torres de tensión
- Gasoductos
- Transformadores
- Tuberías de suministro de agua y de aguas residuales

En particular, se listan a continuación los puntos identificados:

Tabla 3. Posición del destino de la línea

Punto kilométrico inicial	Punto kilométrico final	Tipo de interferencia	Distancia H: horizontal V: vertical	Propiedad	Descripción
0+000	0+210	Paralelismo	V: 1,04 m.	AWS	VDG1E: futura línea enterrada alta tensión
0+000	0+215	Coincidencia	n/a	Ayuntamiento Villanueva de Gállego	Calle Nicolás Copérnico en Polígono San Miguel
0+005	0+005	Cruce	V: 1,09 m.	E-Distribución	Línea enterrada media tensión
0+010	0+010	Cruce	V: 1,02 m.	E-Distribución	Línea enterrada alta tensión
0+010	0+195	Paralelismo	H: 1,30 m.	E-Distribución	Líneas enterradas media y alta tensión

Punto kilométrico inicial	Punto kilométrico final	Tipo de interferencia	Distancia H: horizontal V: vertical	Propiedad	Descripción
0+022	0+022	Cruce	V: 1,02 m.	E-Distribución	Línea enterrada media tensión
0+060	0+060	Cruce	V: 1,02 m.	E-Distribución	Línea enterrada media tensión
0+107	0+107	Cruce	V: 1,22 m.	E-Distribución	Línea enterrada alta tensión
0+170	0+170	Cruce	V: 1,07 m.	E-Distribución	Línea enterrada media tensión
0+215	0+215	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea baja tensión
0+225	0+225	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea alta tensión
0+240	0+240	Cruce	V: 1,04 m.	AWS	VDG1E: futura línea enterrada alta tensión
0+255	0+255	Cruce	V: 1,67 m.	E-Distribución	Línea enterrada baja tensión
0+350 aproximadamente	0+450 aproximadamente	Cruce	n/a	Confederación Hidrográfica del Ebro	Barranco: de la Lomaza
0+476	0+476	Cruce	V: 0,83m.	Redexis Gas	Conducto de Gas en Polígono San Miguel
0+440	0+440	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea media tensión
0+470	0+490	Cruce	V: 2,24 m.	Ayuntamiento Villanueva de Gállego	Calle rio Ebro en Polígono San Miguel
0+630	0+645	Cruce	V: 2,40 m.	Ayuntamiento Villanueva de Gállego	Calle Nicolás Copérnico en Polígono San Miguel
0+630	0+630	Cruce	V: 0,91 m.	E-Distribución	Línea enterrada alta tensión
0+640	0+640	Cruce	V: 0,66 m.	E-Distribución	Línea enterrada media tensión
0+650	0+650	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea media tensión
0+650	0+900	Paralelismo	H: 2,00 m.	E-Distribución	Línea aérea media tensión
0+900	0+900	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea media tensión
0+900	1+195	Paralelismo	H: 13,40 m.	E-Distribución	Línea enterrada media tensión
1+195	1+195	Cruce	V: 0,72 m.	E-Distribución	Línea enterrada media tensión
1+197	1+197	Cruce	V: 0,80 m.	Telefónica	Telecom
1+197	1+290	Paralelismo	H: 4,00 m.	Telefónica	Telecom
1+200	1+320	Paralelismo	H: 11,70 m.	E-Distribución	Línea aérea media tensión
1+1320	1+970	Coincidencia	n/a	Ayuntamiento Villanueva de Gállego	Calle Benjamín Franklin en Polígono San Miguel
1+345	1+345	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea media tensión
1+400	1+400	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea baja tensión
1+595	1+595	Cruce	V: 0,91 m.	ENAGAS	Conducto de Gas Serrablo-Zaragoza
1+765	1+765	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea alta tensión
3+030	3+030	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea alta tensión
3+290	3+290	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea media tensión
3+310	3+310	Cruce	V: 0,59 m.	AWS	VDG Tubería de aguas residuales
3+310	5+280	Paralelismo	H: 5,12 m.	AWS	VDG Tubería de aguas residuales
3+415	3+415	Cruce	V: 0,76 m.	NEDGIA	Conducto de Gas
4+540	4+540	Cruce	V: 0,70 m.	AWS	Fibra óptica
4+600 aproximadamente	5+100 aproximadamente	Cruce	n/a	Confederación Hidrográfica del Ebro	Barranco: de la Val
4+980	4+980	Cruce	n/a	E-Distribución	Línea aérea media tensión

Punto kilométrico inicial	Punto kilométrico final	Tipo de interferencia	Distancia H: horizontal V: vertical	Propiedad	Descripción
5+000	6+280	Paralelismo	H: 4,13 m.	E-Distribución	Línea enterrada media tensión
5+145	5+145	Cruce	V: 0,61 m.	AWS	VDG Tubería de suministro de agua
5+145	5+280	Paralelismo	H: 9,02 m.	AWS	VDG Tubería de suministro de agua
5+205	5+205	Cruce	V: 0,74 m.	Telefónica	Telecom
5+840	5+840	Cruce	V: 0,68 m.	AWS	VDG Línea enterrada alta tensión
5+840	6+660	Paralelismo	H: 4,18 m.	AWS	VDG Línea enterrada alta tensión
5+845	5+845	Cruce	V: 0,80 m.	AWS	Fibra óptica
5+845	6+050	Paralelismo	H: 6,86 m.	AWS	Fibra óptica
6+285	6+900	Paralelismo	H: 5,64 m.	AWS	VDG Tubería de suministro de agua
6+390	6+630	Paralelismo	H: 3,68 m.	AWS	Fibra óptica
6+630	6+630	Cruce	V: 0,77 m.	AWS	Fibra óptica
0+010 (H-I)	0+010 (H-I)	Cruce	V: 1,12 m.	AWS	VDG Tubería de suministro de agua
0+020 (H-I)	0+020 (H-I)	Cruce	V: 1,43 m.	AWS	Fibra óptica
0+025 (H-I)	0+025 (H-I)	Cruce	V: 0,63 m.	AWS	VDG Línea enterrada alta tensión

9.3 Afección a la infraestructura pública

En el siguiente capítulo se analizan todos los cruces que se producen dentro del dominio público o afectan a empresas públicas. Desde el punto de vista de autorizaciones, diseño y construcción, estos cruces deben considerarse diferentes a los de los propietarios privados, ya que deberán tenerse en cuenta disposiciones específicas y se aplicarán procedimientos especiales.

Las siguientes infraestructuras públicas que se ven afectadas son:

Tabla 4. Afección a la infraestructura pública

Infraestructura	ORGANISMO PÚBLICO	PK del Operador	PK de la traza
Serrablo – Zaragoza Línea de Gas a alta presión	Grupo ENAGAS	ND	1+595
Distribución de la red de gas	NEDGIA Grupo Naturgy	ND	3+415
Barranco: de la Lomaza	Confederación Hidrográfica del Ebro	Varía	0+350 a 0+450 aproximadamente
Barranco: De la Val	Confederación Hidrográfica del Ebro	Varía	4+600 a 5+100 aproximadamente
Área Industrial	Ayuntamiento de Villanueva de Gállego	Calles Nicolás Copérnico, río Ebro y Franklin	0+000 a 1+970

Fuente: Creación propia

9.3.1 Distancias mínimas entre infraestructuras

Los cables subterráneos tienen que cumplir condiciones específicas para cruzamientos y paralelismos con otros servicios, detalladas a continuación.

9.3.1.1 Tabla de distancias mínimas entre infraestructuras

En la siguiente tabla se indican las condiciones que deben cumplir los cruzamientos y paralelismos de los cables subterráneos con otros servicios, en los distintos casos particulares según lo dispuesto en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 del "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas de alta tensión":

DISTANCIAS MINIMAS (m)			
TIPO DE SERVICIO	CRUZAMIENTO	PARALELISMO	Observaciones
BAJA TENSION	0,4	0,5	La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1,5 metros
MEDIA TENSION	0,4	0,5	La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1,5 metros
ALTA TENSION	0,4	0,5	La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1,5 metros
CALLES Y CARRETERAS	Misma de la línea en general	-	La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 3 metros
TUBERIA AGUA	0,4	0,4	La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 metro
TUBERIA SANEAMIENTO	-	-	Se procurará pasar por arriba
TELECOMUNICACIONES	0,4	0,4	La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 metro
GAS	0,5	0,35-0,60	Según presión de la tubería y si tiene, o no, protección suplementaria
FERROCARRILES	1,3	-	Los extremos de los tubos deben rebasar mínimo 3 metros por cada extremo
DEPÓSITOS DE CARBURANTES	1,5	-	Los extremos de los tubos deben rebasar mínimo 3 metros por cada extremo
RÍOS	1,5	-	

Figura 4. Tabla de distancias mínimas entre infraestructuras

9.3.2 Afección a Infraestructura Estatal de Transporte de Gas Natural

Los cruces con gasoductos de la ruta VDG1 se detallan a continuación:

9.3.2.1 Red de transporte de gas natural

Se identifica un gasoducto de Gas Natural a alta presión operado por ENAGÁS TRANSPORTE S.A.U., pero propiedad del Estado Español.

El punto de cruce se encuentra en el PK 1+595 del trazado de la línea eléctrica, en las siguientes coordenadas:

- Este: 679035.31 m.
- Norte: 4624651.75 m.

Para realizar el cruce del gaseoducto, se prevé la ejecución de una zanja mediante el método constructivo convencional, mediante la localización del gaseoducto, protección y apeo de este, descalce inferior, tendido de las camisas donde se instalarán los cables y posterior relleno con material granular.

Con carácter general, la ejecución de la zanja se realizará en sentido perpendicular al gaseoducto, a una cota vertical de al menos -0.4m desde la cota inferior de la tubería, resultando una distancia vertical de diseño de 0,91 metros bajo el gaseoducto. Si es necesario, se usará entibación para asegurar la excavación y el propio gaseoducto.

El proyecto de construcción incluirá las cuestiones técnicas necesarias que estime la autoridad competente, en materia de vigilancia y control de las obras

9.3.2.2 Gasoducto de distribución

Por otro lado, se identifica un gasoducto de Gas Natural propiedad de NEDGIA Aragón, S.A.

El punto de cruce se encuentra en el PK 3+415 del trazado de la línea eléctrica, en las siguientes coordenadas:

- Este: 679046.00 m.

- Norte: 4626120.00 m.

Para realizar el cruce del gaseoducto, se prevé la ejecución de una zanja mediante el método constructivo convencional, mediante la localización del gaseoducto, protección y, en su caso, apeo del mismo, descalce inferior, tendido de las camisas donde se instalarán los cables y posterior relleno con material granular.

Con carácter general, la ejecución de la zanja se realizará en sentido perpendicular al gaseoducto, a una cota vertical de al menos -0.4 m desde la cota inferior de la tubería, resultando una distancia vertical de diseño de 0,76 metros bajo el gaseoducto.

El proyecto de construcción incluirá las cuestiones técnicas necesarias que estime la autoridad competente, en materia de vigilancia y control de las obras

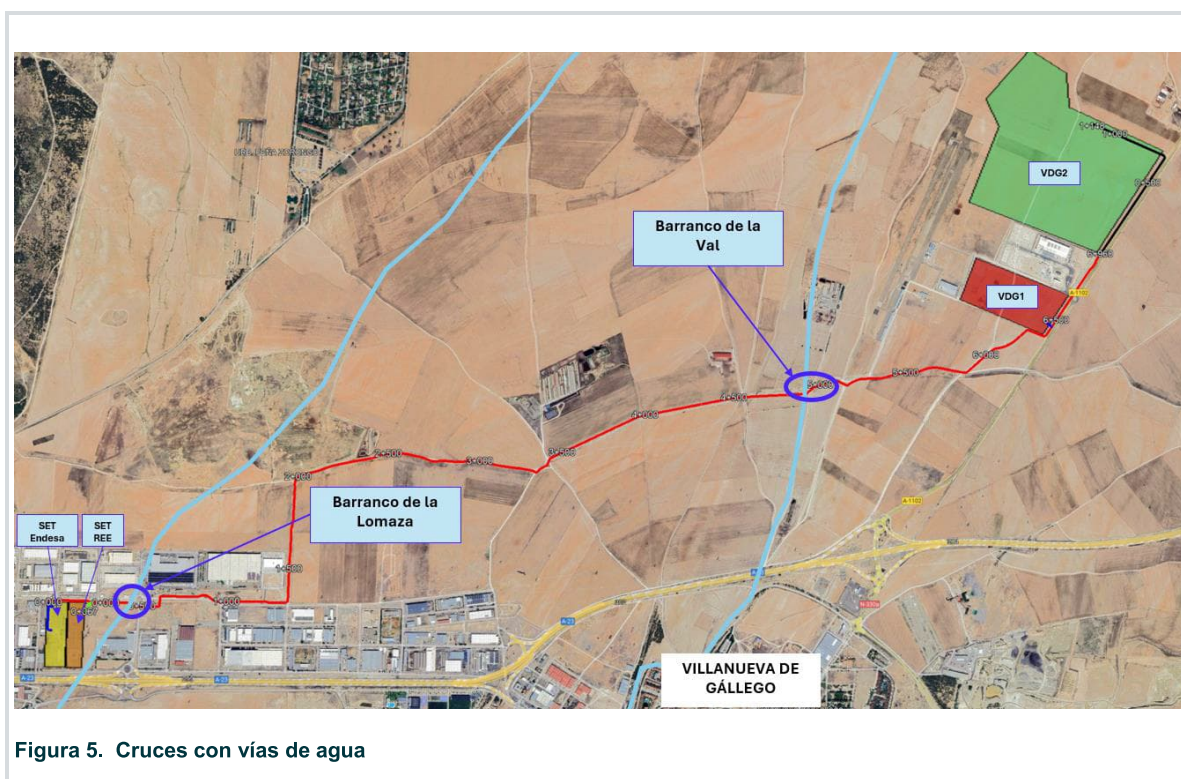
9.3.3 Afección a masas de agua superficial

Se han identificado varios cursos de agua en la zona: los puntos exactos en los que el curso de agua es atravesado por la ruta preferida se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5. VDG1 Cruces con vías de agua

Tipo de curso de agua	Nombre	Posición del cruce
Barranco	De la Lomaza	Este: 679013.89 m
		Norte: 4623572.56 m
Barranco	De la Val	Este: 679160.55 m
		Norte: 4627489.30 m

Fuente: Creación propia



De acuerdo con la información disponible, ninguna de las masas de agua tiene caudal continuo, siendo además el Barranco de la Lomaza fuertemente alterado y transformado por la red de drenaje superficial del Polígono industrial San Miguel.

El cruce de estos barrancos se prevé mediante el método constructivo de excavación convencional en periodo estival.

9.4 Expropiaciones

El objeto de este apartado será definir, con toda la precisión posible, los terrenos que son estrictamente necesarios para la correcta ejecución de las obras del presente proyecto, teniendo en cuenta la etapa del diseño en la que nos encontramos. Para ello se ha tenido en cuenta la normativa vigente:

- Ley de Expropiación Forzosa (Ley de 16 de diciembre de 1954 sobre expropiación forzosa, aprobada en el BOE núm. 351, de 17/12/1954)
- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
- Criterios de franjas de expropiación, servidumbre y ocupación temporal recogidos en la Nota de Servicio 4/2010.

Con el eje del trazado ya definido, se han identificado las parcelas afectadas por las obras. La identificación de las parcelas se ha realizado insertando sobre la base cartográfica las parcelas catastrales reflejadas en los planos de información de la Dirección General del Catastro.

En el **Anejo 2 Relación de Bienes y Derechos Afectados** del presente proyecto se indica la relación de bienes afectados por los trabajos de construcción y operación de las líneas

9.4.1 Introducción, antecedentes y procedimiento

En relación con las parcelas incluidas en los Textos Refundidos del Anexo Expropiatorio DIGA3 para las infraestructuras de conexión eléctrica, el ejercicio de la potestad expropiatoria ha de consistir en la imposición de las servidumbres que correspondan y derechos de ocupación temporal, sin perjuicio de los títulos administrativos de ocupación que deban expedirse, por razones de interés general, cuando la conexión requiera la ocupación de dominio público.

Las servidumbres y derechos de ocupación temporal correspondientes se han identificado en las últimas tres columnas de los Textos Refundidos del Anexo Expropiatorio DIGA3 para las infraestructuras de conexión eléctrica, bajo los siguientes títulos: **"EXPROPIACIÓN"** (infraestructuras a nivel del suelo o en altura con la consiguiente imposición de servidumbre total permanente) y los correspondientes derechos de paso, **"IMPOSICIÓN DE SERVIDUMBRE"** (infraestructuras subterráneas, zanjas, cámaras de empalme, arquetas de fibra y arquetas de tierra) y los correspondientes derechos de paso", y **"OCUPACIÓN TEMPORAL"**, área de construcción.

A los efectos del procedimiento expropiatorio, para facilitar la labor de la Administración expropiante, y también con la finalidad de que los titulares de las parcelas afectadas conozcan con carácter general el alcance de las servidumbres y derechos de ocupación temporal a obtener al amparo de la normativa en materia de expropiación forzosa, se describe en los siguientes apartados, en términos generales, y conforme a la legislación de expropiación en los términos de la solicitud DGI4 (que habrán de concretarse en las correspondientes actas de previa ocupación o de otorgamiento de servidumbre y derechos de ocupación temporal por mutuo acuerdo), el contenido de tales servidumbres y derechos.

Procede también tener en cuenta cuanto sigue que se solicita de la Administración:

1. La aprobación del PIGA4 y de la Relación de Bienes y Derechos Afectados que se adjunta modificará el Área de Influencia correspondiente que quedará así ajustada al ámbito de dicha relación.
2. Deberá darse a la tramitación del presente proyecto de interés autonómico impulso preferente y urgente por las Administraciones Públicas aragonesas y los plazos ordinarios de trámite se reducirán a la mitad, en aplicación de los arts. 8 a 10 del Decreto-Ley 1/2008, de 30 de octubre, del Gobierno de Aragón, de medidas administrativas urgentes para facilitar la actividad económica en Aragón.
3. La Administración deberá proceder a la apertura del trámite de información pública de la Relación de Bienes y Derechos Afectados de necesaria y urgente ocupación para las infraestructuras de conexión eléctrica que se aportan con su publicación en el Boletín Oficial de Aragón y cuanto en Derecho proceda.

9.4.2 Expropiación

Según la normativa española, la Ley de 16 de diciembre de 1954, “Expropiaciones Forzosas”, supone que la expropiación por causa de utilidad pública o interés social comprende cualquier forma de privación singular de la propiedad privada o de derechos o intereses legítimos, con independencia de las personas o entidades a que pertenezcan, por mandato imperativo, ya se trate de venta, permuta, renta, arrendamiento, ocupación temporal o mera cesación en su ejercicio. La normativa autonómica se aplica siguiendo los PIGAS (Planes y Proyectos de Interés General de Aragón), un proceso que autoriza y regula la realización de actividades de especial trascendencia territorial que deban establecerse en más de un municipio, aunque se localicen en uno solo, trasciendan de su término municipal por su impacto territorial, económico, social o cultural, su magnitud o sus especiales características.

El presente proyecto tiene la consideración de Interés General de Aragón, lo que significa que le es de aplicación la legislación antes mencionada.

SERVIDUMBRE TOTAL: infraestructuras en superficie a nivel del suelo y/o sobre el mismo con la consiguiente imposición de servidumbre total y los correspondientes derechos de paso

a) Servidumbre de carácter continuo y permanente de predio sirviente (parcelas incluidas en los Textos Refundidos del Anexo Expropiatorio DIGA3 para la infraestructura de conexión eléctrica), incluyendo el área de acceso o servidumbre de paso a favor del correspondiente predio dominante de propiedad de ADSS.

b) Las finalidades de esta servidumbre son (i) garantizar la conexión del correspondiente predio dominante de propiedad de ADSS a la red eléctrica privada de ADSS, que, a su vez, estará conectada con las subestaciones eléctricas para el suministro de energía eléctrica; así como (ii) garantizar el acceso -por parte de ADSS o de cualquier persona autorizada por ADSS- a las áreas servidumbre del predio sirviente en cualquier momento y sin necesidad consentimiento previo por parte del propietario del predio sirviente.

c) Esta servidumbre ha de permitir, a ADSS o a cualquier persona autorizada por ADSS, la construcción, despliegue, utilización, mantenimiento, reparación, reposición conservación y cualesquiera otras actividades relacionadas, de infraestructuras en el suelo y/o sobre el mismo, arquetas, conductos, tendido de cable, así como cualquier otra instalación necesaria para la consecución de la finalidad de la servidumbre, incluyendo, entre otras, la tala de árboles y vegetación, así como la demolición de estructuras y otros obstáculos que pudieran interferir en las actuaciones descritas, así como el uso de la maquinaria de cualquier tipo que sea precisa. Esta servidumbre también ha de incluir los derechos de paso y servidumbres de mantenimiento necesarios, de carácter continuo y permanente, para poder acceder al predio sirviente y realizar las actuaciones reseñadas.

Como consecuencia de la obtención de las servidumbres y derechos de paso anunciadas con carácter general en las letras anteriores, el propietario de las superficies afectadas no podrá realizar ninguna actuación (entendiendo por actuación, entre otras, cualquier construcción, edificación, obras o plantación) en las mismas. El propietario de la superficie afectada tendrá que garantizar la posesión, el uso y el disfrute pacíficos de la misma a favor de ADSS (o de cualquier tercero designado por ésta).

ADSS podrá solicitar los permisos, licencias y autorizaciones y presentar las declaraciones responsables o comunicaciones necesarias para la ejecución de las infraestructuras de conexión eléctrica en la superficie afectada sin necesidad de consentimiento previo por parte del propietario de la misma.

9.4.3 Imposición de Servidumbre

SERVIDUMBRE PARCIAL: infraestructuras subterráneas (zanjas, cámaras, fibra y cámaras en tierra) y los correspondientes derechos de paso.

a) Servidumbre de carácter continuo y permanente de predio sirviente (parcelas incluidas en los Textos Refundidos del Anexo Expropiatorio DIGA3 para las infraestructuras de conexión eléctrica), incluyendo el área de acceso o servidumbre de paso a favor del correspondiente predio dominante de propiedad de ADSS.

b) Las finalidades de esta servidumbre son (i) garantizar la conexión del correspondiente predio dominante de propiedad de ADSS a la red eléctrica privada de ADSS, según corresponda, que, a su vez, estará conectada con las subestaciones eléctricas para el suministro de energía eléctrica; así como (ii) garantizar el acceso -por parte de ADSS o de cualquier persona autorizada por ADSS- a las áreas servidumbre del predio sirviente en cualquier momento y sin necesidad consentimiento previo por parte del propietario del predio sirviente.

c) Esta servidumbre ha de permitir, a ADSS o a cualquier persona autorizada por ADSS, la construcción, despliegue, utilización, mantenimiento, reparación, reposición conservación y cualesquiera otras actividades relacionadas, de zanjas, cámaras (superficiales o subterráneas), conductos, tendido de cable, así como cualquier otra instalación necesaria para la consecución de las finalidad de la servidumbre, incluyendo, entre otras, la tala de árboles y vegetación, así como la demolición de estructuras y otros obstáculos que pudieran interferir en las actuaciones descritas, así como el uso de la maquinaria de cualquier tipo que sea precisa. Esta servidumbre también ha de incluir los derechos de paso y servidumbres de mantenimiento necesarios, de carácter continuo y permanente, para poder acceder al predio sirviente y realizar las actuaciones reseñadas.

Como consecuencia de la obtención de las servidumbres y derechos de paso anunciadas con carácter general en las letras anteriores, el propietario de las superficies afectadas no podrá realizar ninguna actuación (entendiendo por actuación, entre otras, cualquier construcción, edificación, obras o plantación) en las mismas, excepto previo consentimiento por parte de ADSS (que podrá denegarse en función de la zona concreta de la superficie afectada respecto de la que se pretenda realizar la actuación de que se trate), y manteniendo indemne a ADSS por cualquier daño que pueda causar por las actuaciones consentidas por ADSS. El propietario de la superficie afectada tendrá que garantizar la posesión, el uso y el disfrute pacíficos de la misma a favor de ADSS (o de cualquier tercero designado por ésta).

ADSS podrá solicitar los permisos, licencias y autorizaciones y presentar las declaraciones responsables o comunicaciones necesarias para la ejecución de las infraestructuras de conexión eléctrica en la superficie afectada sin necesidad de consentimiento previo por parte del propietario de la misma.

9.4.4 Ocupación Temporal

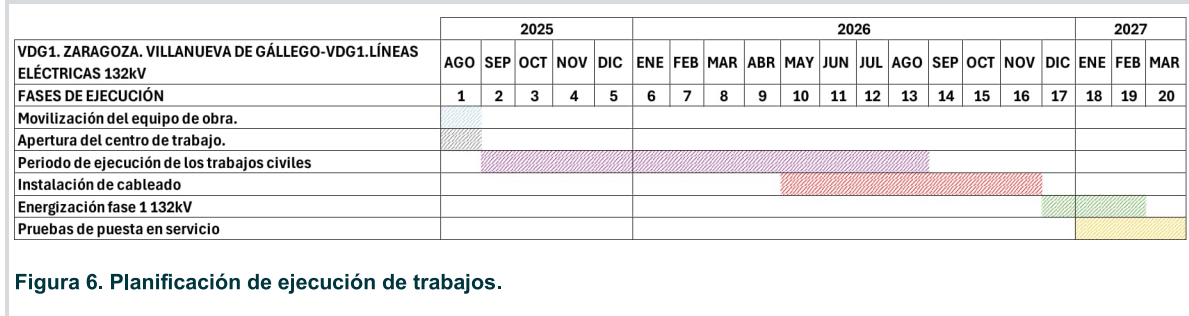
Derechos de acceso y ocupación temporal de las superficies afectadas para la realización por parte de ADSS o de cualquier persona autorizada por ADSS de las infraestructuras de conexión eléctrica en dichas superficies. Las superficies afectadas incluyen la zona de acopios.

El propietario de la superficie afectada tendrá que garantizar la posesión, el uso y el disfrute pacíficos de la misma a favor de ADSS (o de cualquier tercero designado por ésta) y no podrá realizar construcciones ni canalizaciones en la misma, si bien podrá cruzar las zanjar realizadas por ADSS para la instalación de infraestructuras eléctricas, propias o de terceros, manteniendo previo acuerdo con ADSS y manteniendo indemne a ADSS por cualquier daño causado por obras relacionadas con dicho cruce.

ADSS podrá solicitar los permisos, licencias y autorizaciones y presentar las declaraciones responsables o comunicaciones necesarias para la ejecución de las infraestructuras de conexión eléctrica en la superficie afectada sin necesidad de consentimiento previo por parte del propietario de la misma.

10. Planificación de los trabajos.

Para la ejecución de los trabajos correspondientes con el alcance indicado, se prevé una duración de 20 meses desde la apertura del centro de trabajo a la obtención de los permisos de operación de las líneas, considerando el inicio de las obras durante el mes de agosto de 2025 y finalizando en marzo de 2027. Se reparten las tareas previstas de forma genérica como se indica en el siguiente Schedule.



11. Descripción de la Obra Civil

11.1 Método Constructivo

En esta sección se definen el método de construcción que se está considerando en esta fase del diseño.

La línea eléctrica subterránea irá encapsulada en un prisma de hormigón, que asegurará la adecuada protección térmica y eléctrica, facilitando también su instalación.

El método definido como convencional consiste en excavar la zanja con medios mecánicos. Al excavar la zanja, debe prestarse especial atención a la pendiente de excavación y al drenaje de la posible agua subterránea, para que la sección excavada se mantenga estable. Para excavaciones por debajo de 1,5 m, se aplican disposiciones especiales acorde a las normas de salud y seguridad (NTP 278), y, por tanto, se prevé el uso de bermas o entibación.

Adicionalmente, el método convencional también se contempla la posibilidad de emplear como medio mecánico de excavación zanjadoras sobre orugas, pero única y exclusivamente en aquellos entornos donde no existan servicios susceptibles de ser afectados.

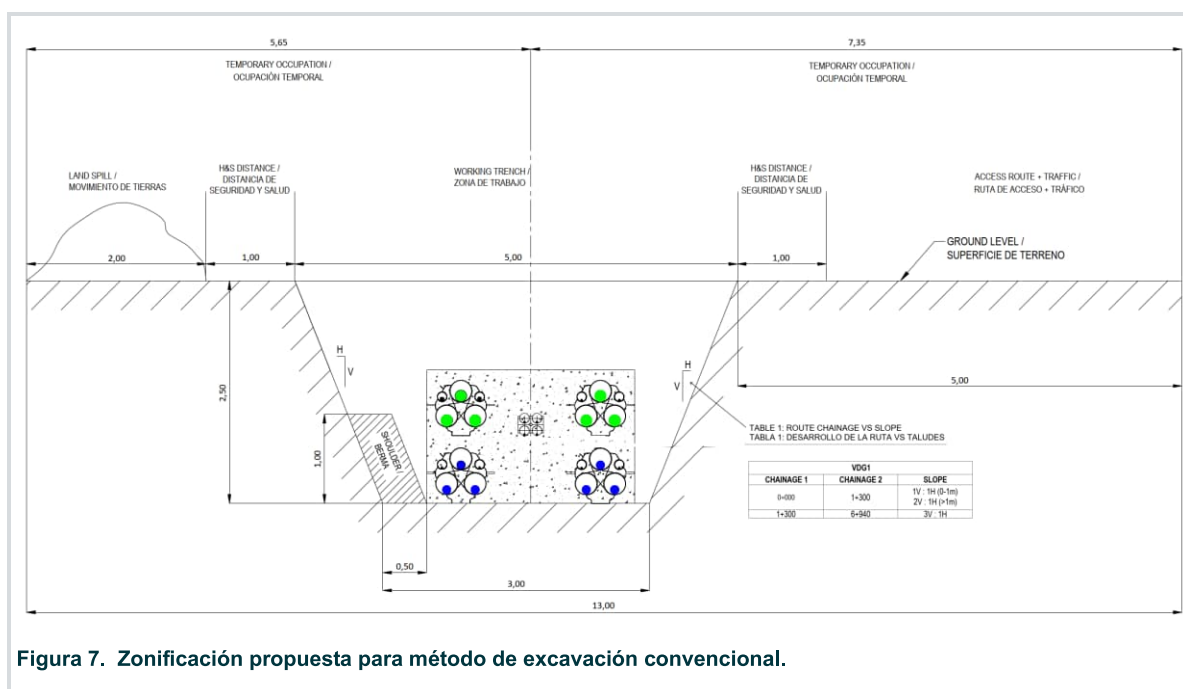


Figura 7. Zonificación propuesta para método de excavación convencional.

El material excavado se depositará en uno de los laterales, a una distancia mínima de 1 m del borde excavado. El exceso de tierra que no se considere para relleno se colocará en un lugar autorizado y, de ser necesario, se aplicarán medidas de mitigación medioambiental.

Una vez excavada la zanja, y de acuerdo con la sección tipo descrita en el capítulo correspondiente a la descripción eléctrica del proyecto, y tras colocar los tubos de las ternas inferiores, se hormigonará con HM-20 hasta 10 cm por encima de la parte superior de los mismos. Luego se repetirá el procedimiento anterior para los tubos de las ternas superiores. Entre fases de hormigonado, se dispondrá de una capa de material tipo polipropileno, o similar, para asegurar la separación en caso de necesitar acceder a las ternas. El relleno con tierras procedentes de la excavación, desde la cara superior del dado de hormigón hasta la coronación de la zanja, así como la zona entre taludes de excavación, se realizará con un mínimo grado de compactación del 95% Proctor Normal o Modificado, de acuerdo con el análisis geotécnico posterior. Por último, se procederá a la reposición del pavimento o firme existente en función de la zona por la que transcurra la instalación. La reposición del pavimento será de la misma naturaleza que la existente, sin variar en lo posible la sección tipo.

La cinta de señalización, que servirá para advertir de la presencia de cables de alta tensión, se colocará a unos 20 cm por encima del prisma de hormigón que protege los tubos, inmediatamente posterior a la primera tongada de relleno.

En todo momento, tanto en el plano vertical como en el horizontal, se deberá respetar el radio mínimo que durante las operaciones del tendido permite el cable a soterrar, así como el radio de curvatura permitido para el tubo utilizado para la canalización. Por este motivo, la presencia de un servicio existente conlleva el ajuste de la rasante de la conducción subterránea, teniendo en cuenta las distancias mínimas para cruces y/o paralelismos. Aun respetando el radio de curvatura indicado, se evitará diseñar una zanja cuya rasante presente continuas subidas y bajadas que podrían dificultar e incluso impedir el tendido de los cables.

11.2 Instalaciones auxiliares y accesos

Los elementos auxiliares, tanto de carácter temporal como permanente, son instalaciones auxiliares como por ejemplo los parques de maquinaria, almacenes de materiales, instalaciones provisionales de obra, así como los caminos de obra que se emplearán para el tránsito de vehículos y/o acceso a la ubicación de las labores de ejecución.

11.2.1 Zona de instalaciones auxiliares

En el proyecto se ha previsto la siguiente zona para la localización de instalaciones.

Tabla 1 VDG1 Zona de Instalaciones Auxiliares

Latitud	Longitud	Superficie
Norte: 4625520.20 m	Este: 679512.04 m	35.000 m ²



Figura 8. Zona de instalaciones auxiliares durante la ejecución de la obra

11.2.2 Accesos a la obra

Como caminos de obra se emplearán, siempre que sea posible, la superficie a ocupar por el Proyecto y los caminos y carreteras existentes.

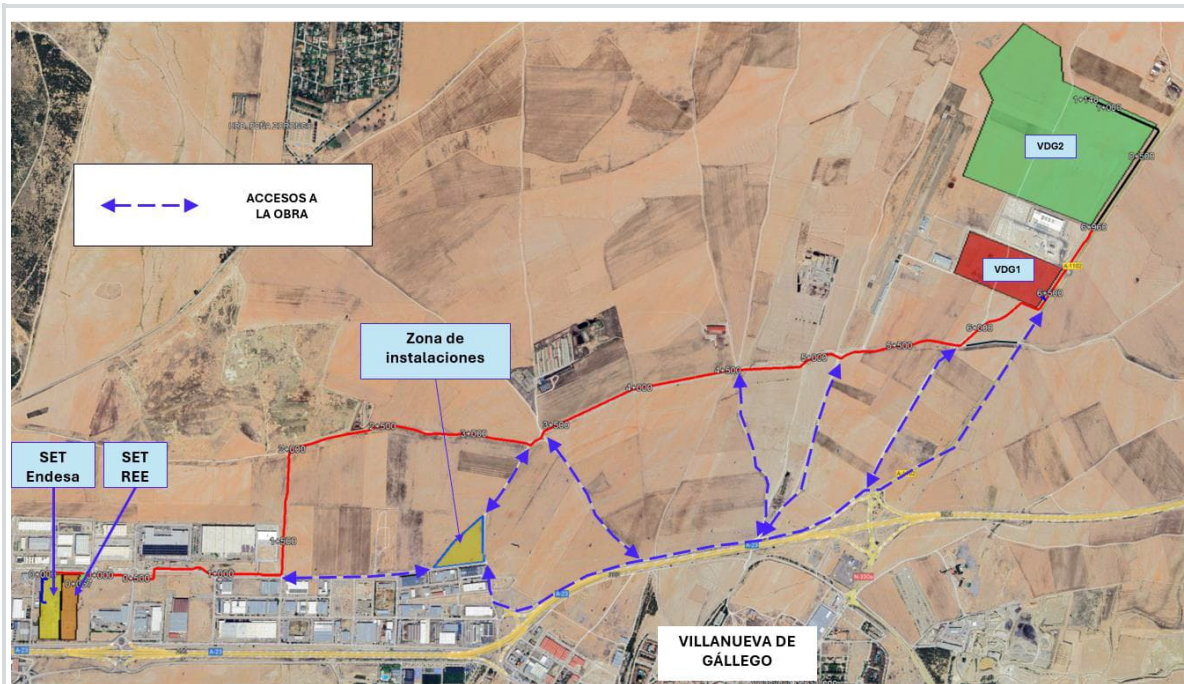


Figura 9. Accesos a la obra

12. Descripción de la instalación eléctrica

Con anterioridad se ha descrito que el alcance del proyecto incluye dos circuitos de 132 kV. Dado que en una fase II posterior está prevista la instalación de dos circuitos de 220 kV, se ha considerado como caso más desfavorable el tener en cuenta dichas líneas en el momento de realizar los cálculos. Se describen a partir de este documento las características principales del cableado eléctrico y componentes necesarios siendo para la línea de 132 kV las indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 6. Características de la Línea Subterránea de Alta Tensión de 132kV

Tensión nominal	132 kV
Categoría	Primera
Potencia a transportar	50 MVA por circuito
Capacidad de transporte por circuito	50 MVA por circuito en situación normal 100 MVA por circuito en situación de emergencia
Nº de circuitos	2
Nº de conductores por fase	1
Disposición conductores	1 conductor por tubo. Disposición en tresbolillo.
Tipo de canalización	Tubo PEAD. Diámetro 250 mm. Hormigonada
Sección de conductor	1200 mm ²
Tipo de conductor	Material: aluminio. Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

12.1 Composición de cables en zanja

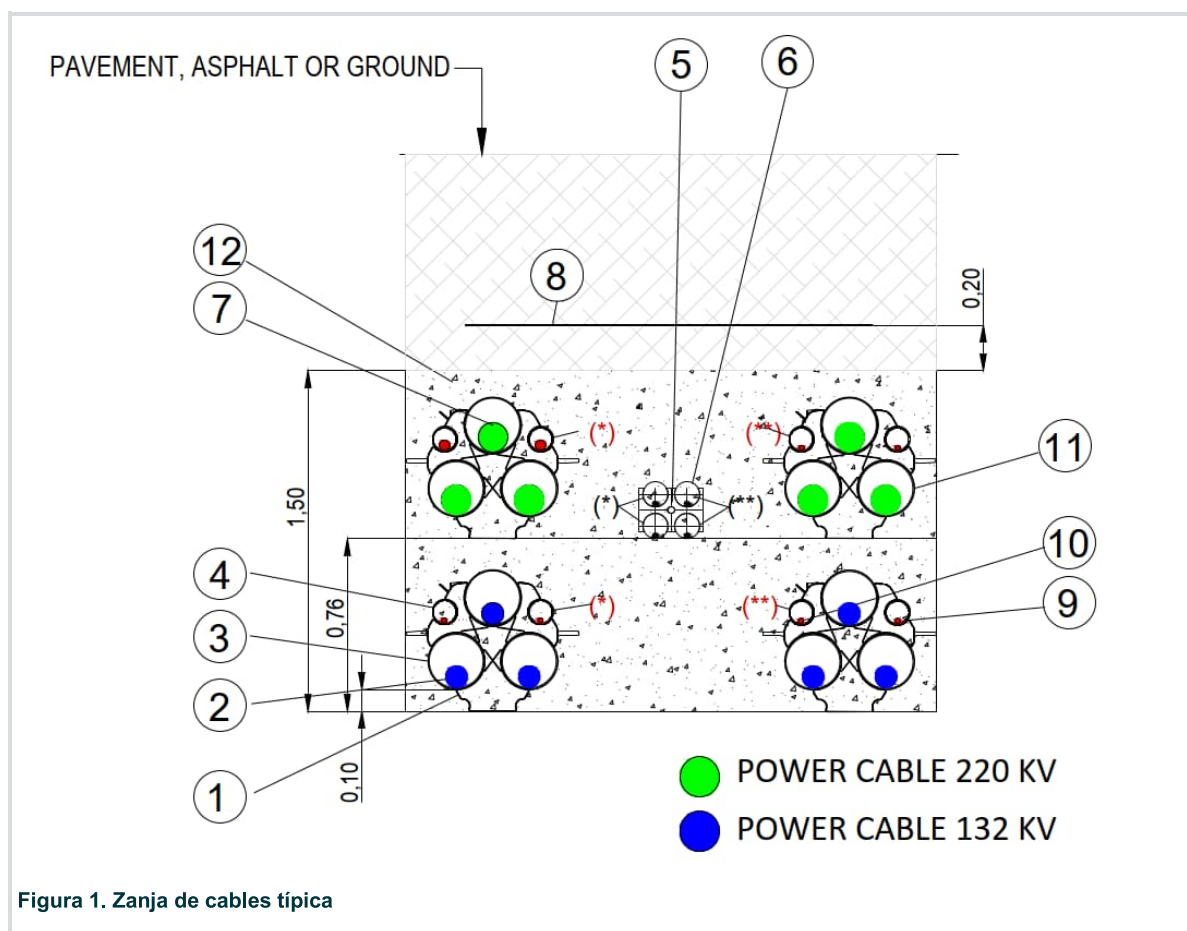


Figura 1. Zanja de cables típica

1. Separador de tubos.
2. Cable de alimentación 132 kV XLPE 1200 mm² Al.
3. Tubo corrugado para circuitos de alimentación de 132 kV. 250 mm de diámetro exterior.
4. Tubo corrugado para conductor de puesta a tierra. 110 mm de diámetro exterior. (*) entran en una cámara de comunicación.
5. Separador de tubos para circuitos de fibra óptica.
6. Tubo corrugado para fibra óptica. Servicios de AWS a la estación de medición. 110 mm de diámetro exterior. (**) entran en otra cámara de comunicación diferente.
7. Cable de alimentación 220 kV XLPE 2500 mm² Cu (a instalar en fase II).
8. Cinta de advertencia.
9. Cable de fibra óptica.
10. Conductor de puesta a tierra.
11. Tubo rígido para circuitos de alimentación de 220 kV. 250 mm de diámetro exterior.
12. Hormigón macizo HM-20.

Los circuitos discurrirán en una instalación tubular hormigonada, instalándose los cables bajo tubo, de forma que vayan por el interior de tubos de polietileno de doble capa, los cuales quedarán siempre embebidos en un prisma

de hormigón que sirve de protección a los tubos y provoca que éstos estén rodeados de un medio de propiedades de disipación térmica definidas y estables en el tiempo.

Los tubos rígidos de PEAD que se dispongan para los cables de potencia de 220 kV, correspondientes con la fase siguiente no incluida en este alcance, tendrán un diámetro exterior de 250 mm. Los tubos corrugados de PEAD que se dispongan para los cables de potencia de 132 kV tendrán un diámetro exterior de 250 mm. También se instalarán dos tubos PEAD de 110 mm de diámetro para la colocación de los cables de comunicaciones de fibra óptica y de la puesta a tierra, por cada terna de tubos de 250 mm. Se utilizarán separadores cada dos metros (aproximadamente) en la formación del tresbolillo de los tubos.

Por el centro se instalarán cuatro tubos PEAD de 110 mm de diámetro exterior para la colocación de cables de comunicaciones de fibra óptica. Se utilizarán separadores cuádruples para los tubos.

12.2 Recorrido de las líneas

Las líneas de 132 kV discurrirán enterradas desde la subestación eléctrica de Villanueva de Gállego hasta la parcela de destino VDG1.

Desde el mismo Polígono Industrial conectan con un camino rural que conecta directamente con la parcela identificada como VDG1. En su camino se encuentra con otros servicios para la misma parcela u otras existentes especialmente a la altura del aeródromo. En esta zona se realizarán desvíos necesarios de las líneas o de los servicios para favorecer la conexión hasta la parcela.

12.3 Cámaras de empalme y arquetas

12.3.1 Cámaras de empalme

Se distribuyen a lo largo de recorrido de las líneas para realizar los empalmes de los cables y asegurar la continuidad de las conexiones a tierra. Presentan además arqueta para puesta a tierra de los cables, así como otra arqueta para la fibra óptica. Ambas arquetas irán adosadas a las cámaras de empalme.

Cabe destacar en este punto que toda la obra civil incluyendo las cámaras de empalme para la red de 220 kV será desarrollada y es objeto de este proyecto.

La distancia de separación de estas cámaras depende de la tensión máxima mecánica que puede soportar el cable durante la instalación, de la longitud máxima de las bobinas de cable y de la disposición geográfica de las mismas para facilitar su acceso y operación de mantenimiento cuando sea necesario.

Las cámaras de empalme están diseñadas para soportar todo tipo de esfuerzo vertical u horizontal transmitido por vehículos habituales en el tránsito de los caminos rurales, así como por el empuje vertical de otros efectos del terreno, como la presencia de elevado nivel freático.

Los cables y empalmes serán fijados, en el interior de las cámaras, mediante bridas a la solera para evitar posibles esfuerzos.

En las cámaras en las que se deba realizar puesta a tierra de las pantallas, deben hincarse por cada circuito cuatro picas en las esquinas y unirse formando un anillo mediante conductor de cobre desnudo de 150 mm².

Cuando sea necesario conectar las pantallas metálicas a una caja de transposición de pantallas para conexión cross-bonding o a una caja de puesta a tierra a través de descargador, se facilitará la salida de los cables coaxiales de interconexión a través de un agujero en las paredes de la cámara de empalme, para llevarlos hasta la caja correspondiente, la cual se situará lo más próxima posible a la cámara de empalme.

En este proyecto no se prevé el paso de la zanja por zonas que requieran estructuras adicionales a las de las arquetas estrictamente necesarias.

La configuración de las cámaras de empalme se muestra en la imagen representada más abajo:

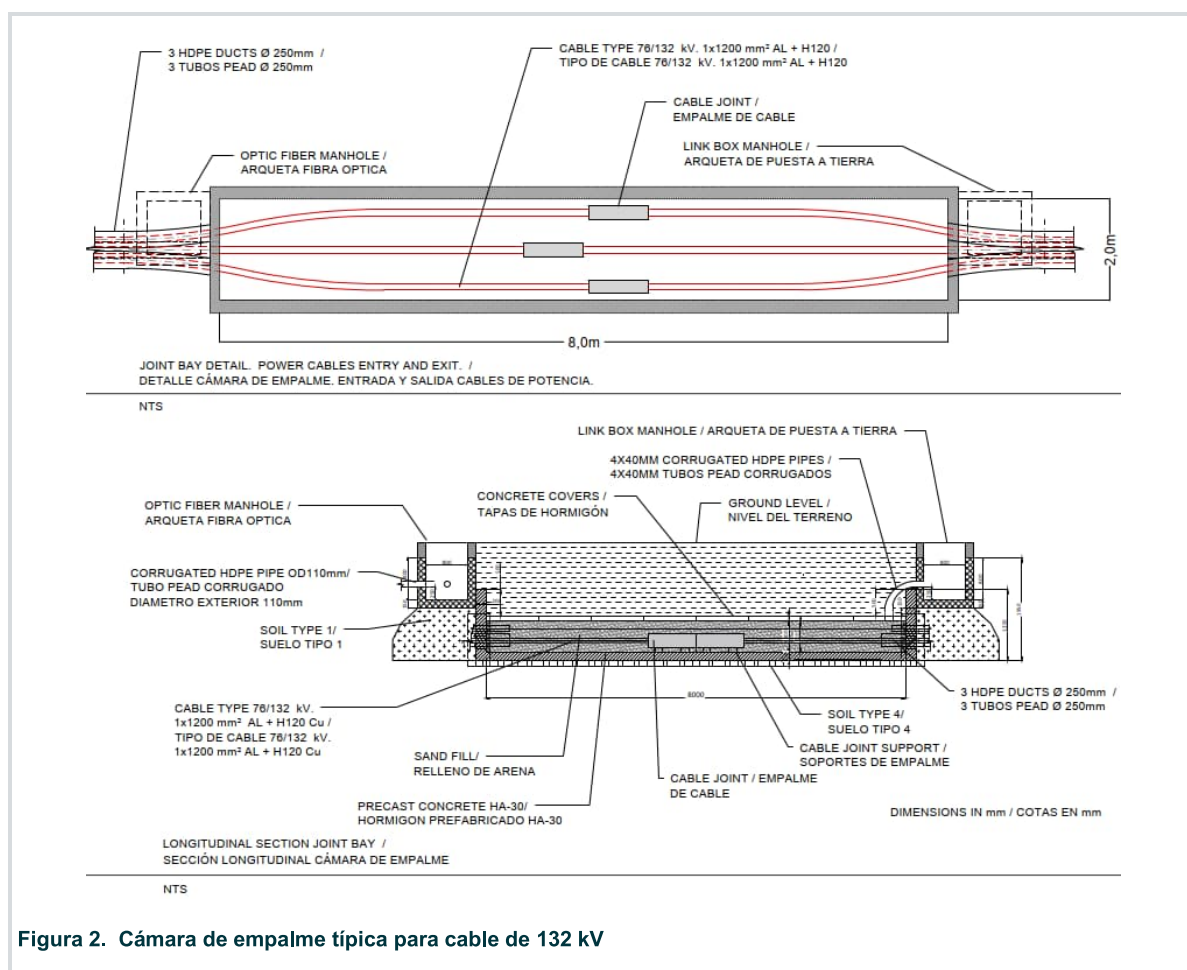


Figura 2. Cámara de empalme típica para cable de 132 kV

Las cámaras son de tipo no visitable, así que no disponen de acceso para personal, si no que presentan unas tapas de hormigón (desmontables en caso de requerir acceso al interior de la cámara) cubiertas por una capa de tierra compactada que se puede retirar en caso de necesitar el acceso a la misma. Sólo resultan accesibles desde el nivel de suelo la arqueta de puesta a tierra y la arqueta de fibra óptica.

La distribución de las cámaras de empalme es diferente para las líneas de 132 kV y 220 kV. Considerándose más restrictiva en cuanto a la máxima distancia de separación la de los cables de 220 kV al ser estos más grandes y pesados, con una menor capacidad alargamiento ante esas circunstancias.

La parte superior de la cámara será provista de secciones de hormigón armado desmontables con maquinaria. Para cualquier labor de acceso a la arqueta será necesario mover la capa de terreno superior.

Las dimensiones interiores de las cámaras de empalme son de 10 metros de largo por 2 metros de ancho para las líneas de 220 kV, y de 8 metros por 2 metros para las líneas de 132 kV. Para más detalles, referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-C-30003.

A lo largo del recorrido se presentarán cámaras de empalme con una interdistancia y ubicaciones indicadas en los planos VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-10002 y VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-10007.

Una vez realizados los empalmes de los cables y las pruebas de instalación y, tras colocar un lecho de arena para los mismos, la cámara se rellenará de arena de río o mina, de granulometría entre 0,2 y 1 mm, y de una resistividad de 1 K·m/W.

12.3.2 Arquetas

Las arquetas serán arquetas normalizadas clase B, presentando una profundidad máxima 120 cm, según lo definido en la norma UNE 133100-2:2021.

En la siguiente figura se presenta la arqueta de puesta a tierra con sus componentes y sus elementos complementarios:

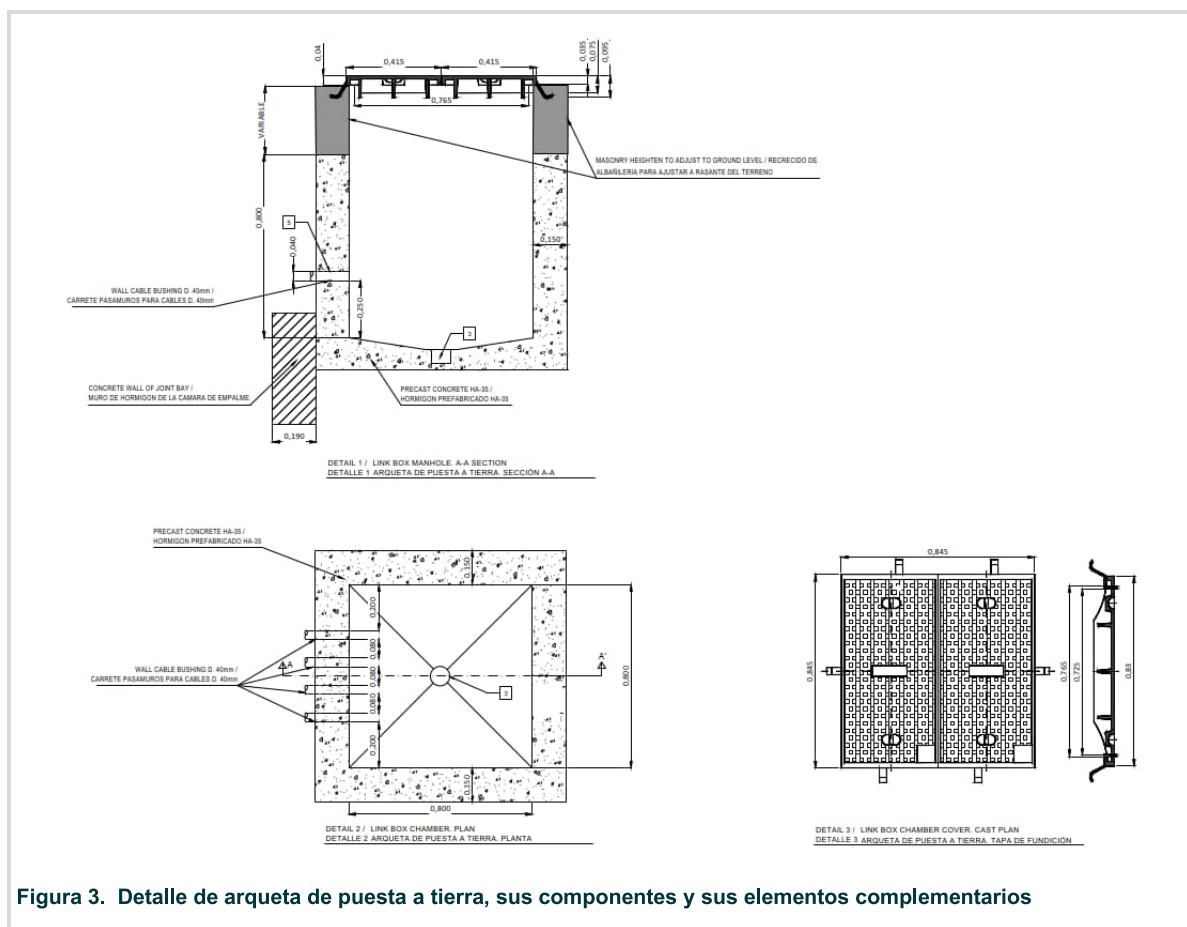


Figura 3. Detalle de arqueta de puesta a tierra, sus componentes y sus elementos complementarios

1. Paredes
2. Solera
3. Pocillo de achique y rejilla
4. Ganchos de tiro
5. Entrada de conductor

Referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-C-30004 para más detalle.

En la siguiente figura se presenta la arqueta de fibra óptica con sus componentes y sus elementos complementarios:

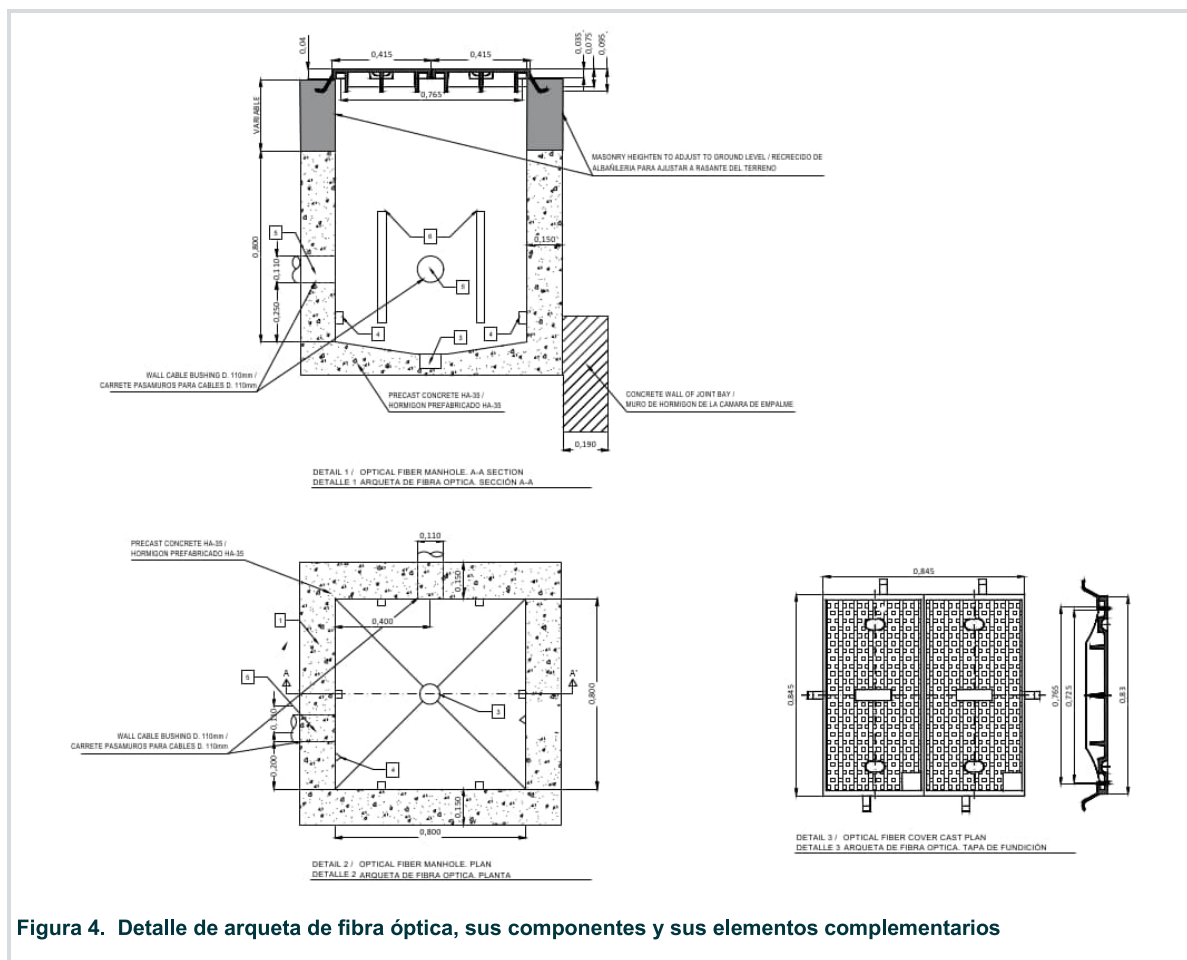


Figura 4. Detalle de arqueta de fibra óptica, sus componentes y sus elementos complementarios

1. Paredes
2. Solera
3. Pocillo de achique y rejilla
4. Ganchos de tiro
5. Entrada de conductor
6. Soporte de cables

Referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-C-30005 para más detalle.

12.4 Empalmes

Los empalmes serán del tipo premoldeado y deberán proporcionar al menos las mismas características eléctricas y mecánicas que los cables que unen, teniendo al menos la misma capacidad de transporte, mismo nivel de aislamiento, corriente de cortocircuito, protección contra entrada de agua, protección contra degradación, etc. Se deberá asegurar además las compatibilidades con respecto al aislamiento y capas semiconductoras (compatibilidad física y química); esfuerzos mecánicos y de cortocircuito; gradiente máximo de campo eléctrico.

12.4.1 Empalme para cable de 132 kV

Cada juego de empalmes se suministrará con todos los accesorios y materiales necesarios para la confección y conexionado de pantallas. Las líneas se dispondrán en tramos de la mayor longitud posible, reduciendo el número de empalmes al mínimo necesario.

Para más detalle, referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-20001.

12.5 Conexión a Subestación

La instalación de los cables se realiza desde la subestación de Villanueva de Gállego tal y como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 7. Puntos de conexión

Tensión de red	Punto de conexión
132 kV	ENDESA realiza todo el diseño, infraestructura y montaje dentro de los límites de la subestación. El alcance del proyecto comienza desde el límite exterior de la subestación con el cable enterrado hasta las celdas GIS de la subestación del campus.

Se muestra a continuación un croquis con la conexión prevista para la subestación de Villanueva de Gállego para las líneas de 132 kV.

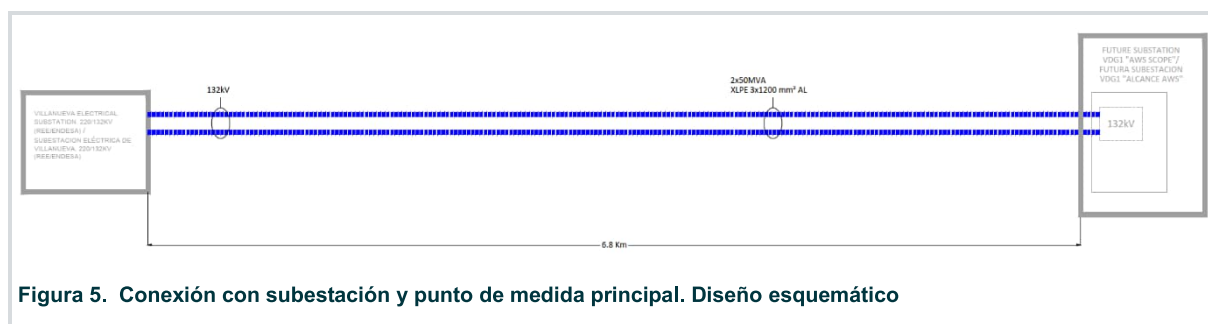


Figura 5. Conexión con subestación y punto de medida principal. Diseño esquemático

La compensación de energía reactiva se realizará en las barras de la subestación del campus y no es objeto de este proyecto.

12.6 Transición aérea-subterránea

Para realizar la transición será necesaria la instalación de un poste por línea incluyendo los elementos representados en la siguiente figura, y que incluyen un aislador y un descargador de tensión.

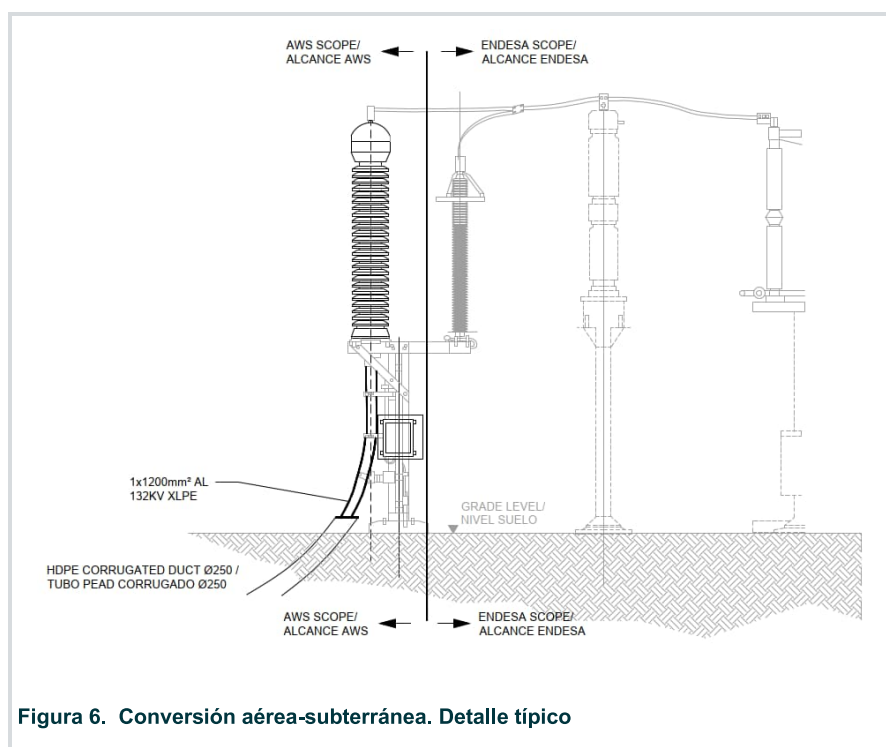


Figura 6. Conversión aérea-subterránea. Detalle típico

En la parte inferior del apoyo se dispondrá una protección para el cable a través de tubo o canaleta metálicos para cubrir las ternas. Esta protección irá empotrada en la cimentación y quedará obturada en la parte superior con espuma de poliuretano expandido para evitar la entrada de agua. Sobresaldrá 2,5 metros de la cimentación.

En lo que a la disposición del cable subterráneo se refiere, quedarán sobre la parte central de una de las caras del apoyo. La curvatura de los cables en el tramo entre la cruceta y el cuerpo del apoyo respetará en todo momento los radios de curvatura mínimos.

Tabla 8. Radio de curvatura mínimo

Tensión	Diámetro mínimo (m)
132 kV	1,9 metros

Una vez en el cuerpo del apoyo se hará uso de estructuras accesorias para el soporte de las abrazaderas o bridas de sujeción de los cables. Estas serán de material no magnético, como nylon, teflón o similar, y se situarán a lo largo del apoyo con una distancia máxima entre ellas de 1,5 metros.

Se realizará la puesta a tierra del propio apoyo y de la cimentación correspondiente del paso aéreo-subterráneo y de los elementos instalados en el mismo. Dicha puesta a tierra se dimensionará según requerimientos de resistencia mecánica y térmica, corrosión, seguridad de personas y protección frente a rayos, tal como se exige en el apartado 7 de la ITC-LAT 07.

Para más detalle, referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-20000.

12.7 Características de los Materiales

12.7.1 Cable 132 kV

Se trata de un cable de aluminio de 1200 mm² de sección según la configuración que se muestra en la siguiente figura:



1. Conductor: Cuerda redonda sectoral taponada de hilos de aluminio de 1200 mm² según IEC 60228.
2. Semiconductora interna: Capa extrudida de mezcla semiconductora.
3. Aislamiento: Polietileno reticulado, XLPE.
4. Semiconductora externa: Capa extrudida de mezcla semiconductora no separable en frío.
5. Obturación longitudinal al agua: Cinta semiconductora bloqueante del agua.
6. Pantalla metálica: Alambres de cobre en hélice (con cinta equipotencial de cobre).
7. Separador: Cinta semiconductora bloqueante del agua.
8. Obturación radial al agua: Lámina de aluminio con solape termosoldado y adherida a la cubierta.
9. Cubierta externa: poliolefina tipo ST12 de baja emisión de humos de color gris, libre de halógenos, no propagador de la llama con capa exterior semiconductora extrudida conjuntamente con la cubierta.

Para más detalles, referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-10004.

12.7.2 Cables de Fibra Óptica

Se dispondrá de cables de fibra óptica de 48 fibras del tipo monomodo. El mismo será tendido en su correspondiente tubo para fibra óptica contiguo a la canalización de los cables de potencia, tal como se muestra en la figura del apartado 11.1, figura 8. Composición de la zanja.

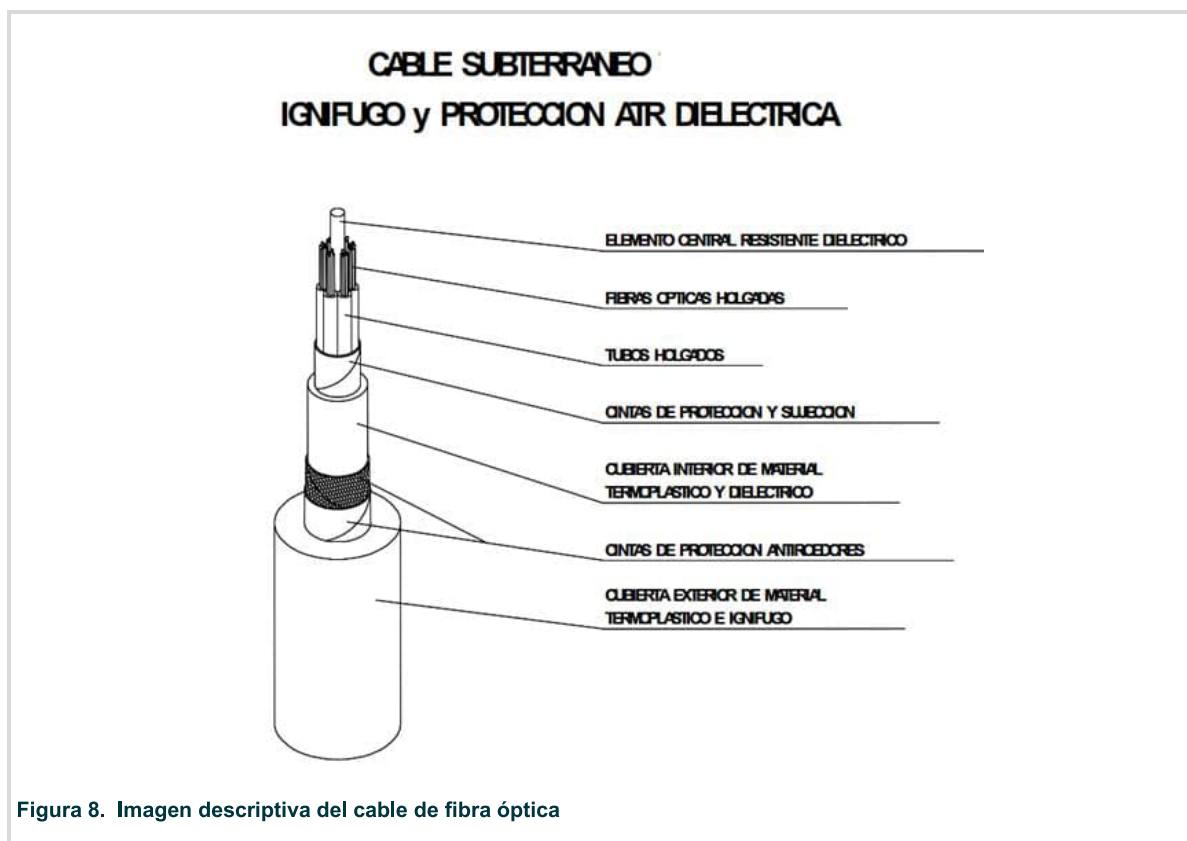
Las características mecánicas del cable de fibra óptica se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Características mecánicas del cable de fibra óptica

Número de fibras	48
Diámetro exterior del cable (mm)	≤ 18
Resistencia a la tracción máxima (daN)	≤ 1000
Masa (kg/km)	≤ 300
Radio de curvatura (mm)	≤ 300

Disposición de tubos	4 tubos de 12 fibras
Humedad relativa	Mínima: 65% hasta 55°C
Margen de temperatura	-20°C a +70°C
Tipos de Fibra (norma de referencia)	Monomodo convencional (ITU-T G.652.D)

La fibra óptica deberá garantizarse para una vida media > 25 años y para una temperatura continua en servicio de 90°C.



Para más detalles, referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-20008.

No se instalarán fibras de diferente tipo por el mismo tubo. Además de ello, el cable de fibra deberá disponer de armaduras antirroedores dieléctrica, así como cubierta exterior de polietileno resistente al fuego.

Características Principales de la Fibra Monomodo Convencional:

Se trata de una fibra monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en torno a 1300 nm, optimizada para uso en la región de longitud de onda de 1310 nm, y que puede utilizarse también a longitudes de onda en la región de 1550 nm, (en las que la fibra no está optimizada).

- Diámetro campo modal ($\lambda=1310$ nm): 9,5+- 0,5 μ m
- Diámetro del revestimiento: 125 +- 1 μ m.
- Diámetro del recubrimiento: 250 +-15 μ m.
- Error de concentricidad núcleo/revestimiento: \leq 0,6 μ m
- No circularidad del revestimiento: \leq 1,0 %
- No circularidad del recubrimiento: \leq 6,0 %

- Coeficiente de atenuación del cable en bobina:
 - ✓ Para $\lambda = 1310$ nm $\leq 0,36$ dB/km
 - ✓ Para $\lambda = 1550$ nm $\leq 0,22$ dB/km
- Coeficiente de atenuación $1310 \leq \lambda \leq 1625$ nm: $\leq 0,4$ dB/km
- Coeficiente de dispersión cromática del cable:
 - ✓ $1285 \leq \lambda \leq 1330$ nm $\leq 3,5$ ps/(nm·km)
 - ✓ $1525 \leq \lambda \leq 1575$ nm ≤ 20 ps/(nm·km)
- Se verificará la no-existencia de discontinuidad.
- Prueba de tracción 1seg. (Proof test): 1 %
- Longitud de onda de corte: ≤ 1280 nm

Los tubos holgados que alojan las fibras ópticas se identificarán por su color y contendrán 12 fibras.

En el interior de cada tubo de 12 fibras, las fibras ópticas se identificarán por su color.

Los colores básicos a utilizar se establecerán de acuerdo con la Norma ANSI/EIA/TIA-598-1995 y responderán al siguiente código:

- Código de colores en tubos de 12 fibras:

Azul, Naranja, Verde, Marrón, Gris, Blanco, Rojo, Negro o Natural, Amarillo, Violeta, Rosa y Turquesa, entendiendo como turquesa el azul claro y el azul como oscuro.

12.7.3 Cables de puesta a tierra

12.7.3.1 Cable concéntrico

Estos cables se utilizarán en los puntos de empalme de cruzamiento de pantallas o cross-bonding. Las pantallas de los dos lados del empalme serán el interior y el exterior del cable concéntrico. Las conexiones estarán diseñadas para minimizar la longitud de este tipo de cables, que no deberá sobrepasar los 10 m.

El cable estará constituido por un conductor de cobre, aislamiento de XLPE y un conductor concéntrico de hilos de cobre de la misma sección que el conductor principal. Además, dispondrá de aislamiento o cubierta exterior.

La sección interior y exterior de estos cables deben ser iguales o mayores que la sección de la pantalla a la que se conectan y como mínimo las siguientes:

Tabla 10. Sección mínima cables de tierra concéntricos

Tensión nominal	Sección del conductor
132 kV	120 mm ² +120 mm ²

Estos cables cumplirán las condiciones de la Norma UNE-HD-603 en todo lo que les sea de aplicación, excepto en lo referente a las tensiones de prueba.

Deberán soportar una tensión de 15 kV en corriente alterna durante 1 minuto, tanto en el aislamiento interior como en el aislamiento exterior.

12.7.3.2 Cables unipolares

Estarán formados por un conductor de cobre, aislamiento de XLPE y cubierta de poliolefina.

La sección del conductor de estos cables debe ser igual o mayor que la sección de la pantalla a la que se conectan y como mínimo será la siguiente:

Tabla 11. Características del cable unipolar de tierra. Sección mínima

Tensión nominal	Sección del conductor
132 kV	120 mm ²

Estos cables cumplirán las condiciones de la Norma UNE-HD-603 en todo lo que les sea de aplicación, excepto en lo referente a las tensiones de prueba.

Deberán soportar una tensión de 15 kV en corriente alterna durante 1 minuto.

12.7.3.3 Cable de continuidad de tierra

Un conductor de continuidad a tierra (ECC) es un conductor aislado colocado para proporcionar una ruta de retorno continua para la corriente de falla. Se instala paralelo a los cables de alimentación a lo largo de toda la línea. El tamaño del conductor ECC debe ser suficiente para transportar toda la corriente de falla del sistema de cables. La distancia entre el circuito del cable y el circuito del cable debe ser lo suficientemente estrecha como para limitar el aumento de tensión de la funda en caso de avería. Dado que el ECC está expuesto a la inducción magnética de los cables de alimentación (como cualquier otro conductor paralelo), debe transponerse durante el recorrido para reducir las corrientes circulantes y las pérdidas.

Se conectará al anillo de puesta a tierra de cada cámara de empalme (mediante una barra de unión equipotencial) y a los anillos de puesta a tierra situados en los extremos de la sección del cable subterráneo.

El cable debe tener un conductor de cobre y un aislamiento de XLPE.

Tabla 10. Conductor de continuidad de tierra (ECC). Sección transversal mínima

Tensión nominal	Sección del conductor
132 kV	120 mm ²

12.7.3.4 Conductor de cobre desnudo

Estos cables se utilizarán para los anillos de puesta a tierra de cada cámara de empalme y cada arqueta de puesta a tierra.

El conductor es de cobre desnudo recocido, clase 2 según norma UNE-EN 60228, EN 60228, IEC 60228, y está formado por varios alambres cableados de sección circular, cuya cantidad varía según la sección nominal.

La sección de este conductor debe ser igual o mayor que la sección de la pantalla y como mínimo:

Tabla 12. Sección mínima del conductor de cobre desnudo

Sección del conductor
120 mm ²

12.7.4 Estrategia de conexión de puesta a tierra de las pantallas

La conexión equipotencial a tierra de las pantallas de los cables será mediante cross-bonding. Las pantallas metálicas se conectarán a una caja de conexión ubicada fuera de la cámara de empalme donde se hará la transposición. Esto reduce las corrientes circulantes en las pantallas metálicas al reducir las tensiones inducidas mediante la inclusión de descargadores de tensión.

Se realiza la permutación de las fases y de las pantallas en los empalmes intermedios de los tramos elementales que componen cada sección independiente, y se conectan las pantallas de los tres cables a tierra a través de descargadores de tensión.

Para más detalles, referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-10002.

12.7.5 Cajas de puesta a tierra de las pantallas

Se instalarán cajas de puesta a tierra para alojar las conexiones de las pantallas de los conductores. Las cajas de puesta a tierra de las pantallas irán en el interior de las arquetas de puesta a tierra que irán anexas a las cámaras de empalme. Para más detalles, referirse a los planos VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-20010 y VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-20011.

Las cajas de puesta a tierra serán capaces de contener los efectos de fallo térmico o eléctrico de alguno de los elementos alojados sin que se produzcan daños a elementos externos cercanos. En su interior se incluirán limitadores de tensión (SVL).

Estarán preparadas para su fijación a nivel de suelo y enterradas. La tapa y el cuerpo de la caja deberán cerrarse mediante tornillería inoxidable.

Cumplirán un grado de protección IP68 con la totalidad de la caja a un metro de profundidad según UNE-EN 60529 y un grado de protección mecánica frente a impactos IK10 según UNE-EN 62262.

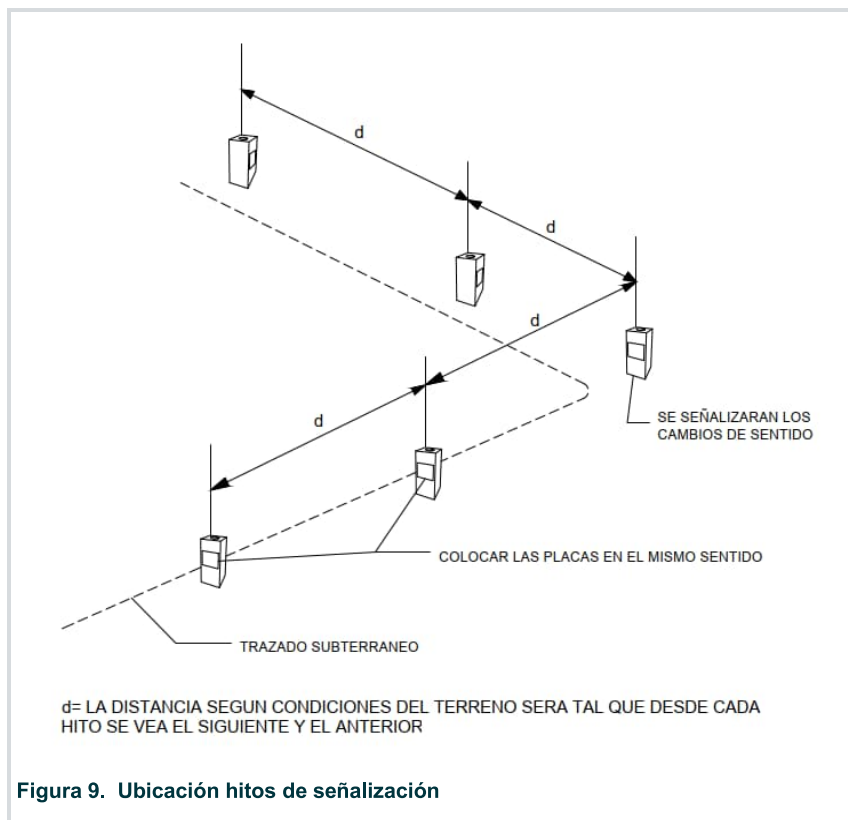
Para más detalles, referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-20012.

12.8 Hitos de señalización de la zanja

Para advertir de la existencia de cables de alta tensión en el interior de una zanja, se utilizará una cinta señalizadora de la presencia de cables. Su finalidad es exclusivamente advertir de la presencia del prisma bajo ella, frente a obras de terceros, a cuyos efectos llevará una leyenda de advertencia, en sentido longitudinal y centrada en la anchura de la malla.

Esta cinta se colocará sobre la primera tongada de tierra de relleno.

También se realizará una señalización exterior de la canalización, colocando hitos de señalización a lo largo del tendido, a una distancia según condiciones del terreno de manera que desde cada hito se vea, al menos, el anterior y posterior. También se señalarán los cambios de sentido.



Para más detalles, referirse al plano VDG1-ACM-74-XX-DR-HV-20003.

12.9 Campos electromagnéticos

En el diseño de las instalaciones de alta tensión se adoptarán las medidas adecuadas para minimizar, en el exterior de dichas instalaciones, los campos magnéticos creados por la circulación de corriente de 50Hz en los diferentes elementos de las instalaciones.

Se comprobará que no se supere el valor establecido en el RD 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el “Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas”. La comprobación de que no se supera el valor establecido se realizará mediante cálculos para el diseño correspondiente.

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, en su Anexo II, sobre los límites de exposición a las emisiones radioeléctricas, se establecen restricciones básicas teniendo en cuenta las variaciones que puedan introducir las sensibilidades individuales y las condiciones medioambientales, así como el hecho de que la edad y el estado de salud de los ciudadanos varían.

Tabla 13. Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz)

Gama de frecuencia	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m ²)	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR Localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR Localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m ²)
0 Hz	40	–	–	–	–	–
>0-1 Hz	–	8	–	–	–	–
1-4 Hz-	–	8/f	–	–	–	–
4-1.000 Hz	–	2	–	–	–	–
1.000 Hz – 100 kHz	–	f/500	–	–	–	–
100 kHz – 10 MHz	–	f/500	0,08	2	4	–
10 MHz – 10 GHz	–	–	0,08	2	4	–
10 – 300 GHz	–	–	–	–	–	10

12.9.1 Niveles de referencia

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, también hace referencia a los niveles de referencia en cuanto a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos. Los niveles de referencia de la exposición sirven para ser comparados con los valores de las magnitudes medidas. El cumplimiento de los niveles de referencia asegura el respeto de las restricciones básicas.

A la hora de ver los valores prácticos en obra, en el caso de que las mediciones de los valores sean mayores que los niveles de referencia es necesario realizar una evaluación al efecto de comprobar que los niveles de exposición son inferiores a las restricciones básicas, sin que signifique el incumplimiento de las restricciones básicas.

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, en su Anexo II, figura un resumen de los niveles de referencia. Por lo general, éstos están pensados como valores promedio, calculados espacialmente sobre toda la extensión del cuerpo del individuo expuesto, pero teniendo considerando que no deben sobrepasarse las restricciones básicas de exposición localizadas.

Por otro lado, en el citado anexo también figuran los niveles de referencia de corriente de contacto. Tal como se refleja en el Real Decreto, cabe considerar que:

“Los niveles de referencia de corriente de contacto) se han establecido para tomar en consideración el hecho de que las corrientes de contacto umbral que provocan reacciones biológicas en mujeres adultas y niños, equivalen aproximadamente a dos tercios y la mitad, respectivamente, de las que corresponden a hombres adultos”.

Tabla 14. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m ²)
0-1 Hz	–	3,2 × 104	4 × 104	–
1-8 Hz	10.000	3,2 × 104/f ²	4 × 104/f ²	–
8-25 Hz	10.000	4.000/f	5.000/f	–
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	–
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	–
3-150 kHz	87	5	6,25	–
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	–
1-10 MHz	87/f ^{1/2}	0,73/f	0,92/f	–
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2.000 MHz	1,375 f ^{1/2}	0,0037 f ^{1/2}	0,0046 f ^{1/2}	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,2	10

Tabla 15. Niveles de referencia para corrientes de contacto procedentes de objetos conductores

Gama de frecuencia	Corriente máxima de contacto (mA)
0 Hz – 2,5 Hz	0,5
2,5 Hz – 100 kHz	0,2 f
100 kHz - 110 MHz	20

Además, cabe mencionar los niveles de referencia dados por la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) y por la Directiva 2013/35/EU del Parlamento Europeo, dados respectivamente en las siguientes tablas. Estos son los niveles que no se deben superar.

Tabla 16. Niveles de referencia de ICNIRP para 50 Hz

Exposición ocupacional		Exposición del público en general	
Campo Eléctrico (V/m)	Campo Magnético (μT)	Campo Eléctrico (V/m)	Campo Magnético (μT)

Exposición ocupacional		Exposición del público en general	
10000	1000	5000	200

Tabla 17. Niveles de referencia para 50 Hz según Directiva 2013/35/EU

Trabajadores	
Campo Eléctrico (V/m)	Campo Magnético (μ T)
10000	1000

En el presente documento se señala las restricciones básicas y niveles de referencia de acuerdo con la normativa que las instalaciones previstas deberán atender en su fase de operación y puesta en funcionamiento.

Finalmente, cabe mencionar que las líneas eléctricas se encuentran alejadas de núcleos de población. Esto significa que la ocupación prevista sería ocasional tan solo para tareas de mantenimiento y reparaciones. Dicho esto, no se consideran posibles afecciones de los campos electromagnéticos hacia las personas.

13. Consideraciones medioambientales

Se incluye el anejo de integración ambiental y de tratamiento de residuos como descripción de las medidas necesarias desde el punto de vista medioambientales exigibles en este proyecto.

14. Conclusiones

El presente documento incluye documentación suficiente como para identificar todas las obras necesarias en el nuevo proyecto de instalación de una línea subterránea de alta tensión para la red de 132kV entre la subestación de Villanueva de Gállego y la parcela VDG1.

Se han identificado y descrito el ruteado de los cables y la configuración del trazado, justificando las instalaciones necesarias desde el punto de vista técnico con cálculos y justificaciones. Por otro lado, se identifican las partes afectadas y se comunica la forma prevista de realizar los trabajos necesarios en las intersecciones con servicios afectados.

El presente proyecto se firma por el Ingeniero Industrial Roberto Fernández Arenas Colegiado por el Colegio de Ingenieros Industriales de Madrid con el número 11.207.

Madrid a 8 de agosto de 2025.

FERNANDEZ
ARENAS,
ROBERTO (FIRMA)

Digitally signed by FERNANDEZ
ARENAS, ROBERTO (FIRMA)
DN: cn=FERNANDEZ ARENAS,
ROBERTO (FIRMA)
Location: Madrid (Spain)
Date: 2025.08.26 13:15:59 +0200

AECOM Spain DCS S.L.U
Roberto Fernández Arenas.
COIIM nº. 11.207

ANEJO 1

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS ELÉCTRICOS

Contenidos

1.	Antecedentes	1
2.	Introducción	1
3.	Cálculos eléctricos	1
3.1	Cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio	1
3.1.1	Intensidad admisible	1
3.1.2	Resistencia del conductor en corriente alterna	2
3.1.3	Pérdidas dieléctricas	3
3.1.4	Factor de pérdidas en la pantalla	3
3.1.5	Resistencia térmica entre el conductor y la envolvente, T1	4
3.1.6	Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura, T2	4
3.1.7	Resistencia térmica de la cubierta exterior, T3	5
3.1.8	Resistencia térmica externa, T4	5
3.2	Cálculo de la intensidad máxima admisible en cortocircuito en el conductor	7
3.2.1	Cálculo de la intensidad de cortocircuito adiabático	7
3.2.2	Cálculo del factor no adiabático	7
3.3	Cálculo de la intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla	8
3.4	Puesta a tierra	8
3.5	Cálculo de la caída de tensión	9
3.6	Cálculo de la pérdida de potencia	9
3.7	Cálculo de la corriente de carga capacitiva	10
3.8	Resumen cálculos eléctricos	11
3.8.1	Resultados del cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio	11
3.8.2	Resultados de ampacidad	11
3.8.2.1	Resultados de la capacidad de corriente de cortocircuito del cable y la pantalla	12
3.8.3	Resultados del análisis del flujo de carga	13
3.8.4	Cálculos adicionales	13
3.8.4.1	Resultados cruzamientos y paralelismos	13

Figuras

Figura 1. Vista 3D del cruce de emergencia. Típico.....	14
Figura 2. Resultados del cruce de emergencia.....	14
Figura 3. Cruce en estado de emergencia ZAZ060 con VDG1.....	15
Figura 4. Cruce en estado de emergencia VDG1 con ZAZ060.....	16
Figura 5. Cables de cruzamiento de VDG1E con VDG1. Vista 3D.....	17
Figura 6. Cables de cruzamiento de VDG1E con VDG1.....	17
Figura 7. Cables de cruzamiento de VDG1E con VDG1 y Zuera. Vista 3D.....	18
Figura 8. Cables de cruzamiento de VDG1E con VDG1 y Zuera.....	19
Figura 9. Cables de cruzamiento de VDG1 con Zuera. Vista 3D.....	20
Figura 10. Cables de cruzamiento de VDG1 y Zuera.....	20
Figura 11. Paralelismo entre VDG1 y VDG1E. Separación de 1 m.....	21
Figura 12. Paralelismo entre VDG1 y VDG1E. Separación de 0,5 m.....	22

Tablas

Tabla 1. Resumen de los resultados. Modo de funcionamiento normal. 3 m de profundidad.....	11
Tabla 2. Resumen de los resultados. Modo de funcionamiento de emergencia 132 kV. 3 m de profundidad.....	11
Tabla 3. Resultados comparativos de la corriente entre los diferentes modos de funcionamiento. 3 m de profundidad.....	11
Tabla 4. Resumen de los resultados de la corriente nominal. Modo de funcionamiento normal.....	12
Tabla 5. Resumen de los resultados de la corriente nominal. Modo de funcionamiento de emergencia 132 kV..	12
Tabla 6. Tabla resumida. Ampacidad frente a corriente nominal. Modo de funcionamiento normal.....	12
Tabla 7. Tabla resumida. Ampacidad frente a corriente nominal. Modo de funcionamiento de emergencia: 132 kV.....	12
Tabla 8. Línea subterránea de alta tensión de 132 kV. Corriente máxima admisible de cortocircuito en el conductor.....	12
Tabla 9. Línea subterránea de alta tensión de 132 kV. Corriente máxima admisible de cortocircuito en la pantalla.....	13
Tabla 10. Resumen de los resultados. Modo de funcionamiento normal. 3 m de profundidad.....	13
Tabla 11. Resumen de los resultados. Modo de funcionamiento de emergencia 132 kV. 3 m de profundidad.....	13
Tabla 12. Compensación de potencia reactiva.....	13
Tabla 13. Tabla resumida. Temperatura nominal de cruce del cable. Modo de funcionamiento de emergencia 220 kV.....	15
Tabla 14. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable en cruzamiento de VDG1E con VDG1.....	17
Tabla 15. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable en cruzamiento de VDG1E con VDG1 y Zuera.....	19
Tabla 16. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable en cruzamiento de VDG1 y Zuera.....	20
Tabla 17. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable. Paralelismo entre VDG1 y VDG1E. Separación de 1 m.....	21
Tabla 18. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable. Paralelismo entre VDG1 y VDG1E. Separación de 0,5 m.....	22

1. Antecedentes

AECOM ha sido designado para producir el proceso de permisos para obtener la documentación del PIGA Constructivo, según el Gobierno de Aragón, así como la documentación del Proyecto de Construcción para la ejecución por parte de Amazon Data Services Spain, SLU.

Uno de los principales hitos acordados en este contrato es producir el diseño que se utilizará para la futura ejecución.

2. Introducción

Como parte del contrato asignado por Amazon Data Services Spain, SLU, AECOM debe hacer entrega de un Proyecto de Construcción para la ejecución de la línea subterránea de alta tensión compuesta por un único circuito de potencia de 132 kV que conecta la subestación de Villanueva de Gállego y la subestación de Villanueva de Gállego Oeste.

3. Cálculos eléctricos

3.1 Cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio

El cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio se realiza según la norma UNE 21-144, "Cálculo de la intensidad admisible en los cables aislados en régimen permanente".

A continuación, se detallan las fórmulas utilizadas para realizar los cálculos eléctricos.

3.1.1 Intensidad admisible

La intensidad admisible en un cable para corriente alterna puede deducirse de la expresión que da el calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente. En este caso hemos considerado que la desecación del suelo no existe, ya que se prevé rellenar la canalización con un relleno de resistividad térmica controlada.

$$\Delta\theta = \left(I^2 \cdot R + \frac{1}{2} W_d \right) \cdot T_1 + (I^2 \cdot R \cdot (1 + \lambda_1) + W_d) \cdot n \cdot T_2 + (I^2 \cdot R \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) + W_d) \cdot n \cdot (T_3 + T_4)$$

donde:

I: es la intensidad de la corriente que circula en un conductor (A);

$\Delta\theta$: es el calentamiento del conductor respecto a la temperatura ambiente (K);

R: es la resistencia del conductor bajo los efectos de la corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio (Ω/m);

W_d : son las pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud, del aislamiento que rodea al conductor (W/m)

T_1 : es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre el conductor y la envolvente (K.m/W);

T_2 : es la resistencia térmica, por unidad de longitud, del relleno de asiento entre la envolvente y la armadura (K.m/W). En nuestro caso, al ser un cable no armado el valor de esta unidad es 0;

T_3 : es la resistencia térmica, por unidad de longitud, del revestimiento exterior del cable (K.m/W);

T_4 : es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie del cable y el medio circundante (K.m/W);

n: es el número de conductores aislados en servicio en el cable (conductores de la misma sección y transportando la misma carga);

λ_1 : es la relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable;

λ_2 : es la relación de las pérdidas en la armadura respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable;

La intensidad de corriente admisible se obtiene de la fórmula anterior como se indica a continuación:

$$I = \left(\frac{\Delta\theta - W_d \cdot [0,5 \cdot T_1 + n \cdot (T_2 + T_3 + T_4)]}{R \cdot T_1 + n \cdot R \cdot (1 + \lambda_1) \cdot T_2 + n \cdot R \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \cdot (T_3 + T_4)} \right)^{0,5}$$

3.1.2 Resistencia del conductor en corriente alterna

La resistencia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura máxima de servicio, viene dada por la fórmula siguiente:

$$R = R' \cdot (1 + \gamma_s + \gamma_p)$$

donde

R: es la resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura máxima de servicio (Ω / m).

R': es la resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio (Ω / m).

γ_s : es el factor pelicular;

γ_p : es el factor de efecto proximidad;

1. La resistencia del conductor en corriente continua, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio, θ , viene dada por:

$$R' = R_0 \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta - 20)]$$

donde:

R_0 : es la resistencia del conductor con corriente continua a 20°C

α_{20} : es el coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura, por Kelvin.

1. Para conductores de aluminio se utilizará el valor de $4,03 \times 10^{-3}$.

θ : es la temperatura máxima de servicio en grados Celsius para el cable. Se tomarán como temperaturas máximas de servicio los valores de 90°C para el conductor y 80°C para la pantalla.

2. El factor de efecto pelicular γ_s viene dado por:

$$\gamma_s = \frac{\chi_s^4}{192 + 0,8 \cdot \chi_s^4}$$

donde

$$\chi_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-7} \cdot \kappa_s$$

f: es la frecuencia de la corriente de alimentación, en hercios (50 Hz);

κ_s : es un factor. Se tomará el valor de 1 para este factor.

3. El factor de efecto proximidad γ_p , viene dado por:

$$\gamma_p = \frac{\chi_p^4}{192 + 0,8 \cdot \chi_p^4} \cdot \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 \cdot \left[0,312 \cdot \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 + \frac{1,18}{\frac{\chi_p^4}{192 + 0,8 \cdot \chi_p^4} + 0,27} \right]$$

donde

$$\chi_p^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R} \cdot 10^{-7} \cdot \kappa_p$$

d_c : es el diámetro del conductor;

s : es la distancia entre ejes de los conductores.

κ_p : es un factor. Se tomará el valor de 1 para este factor.

La resistencia de la pantalla en corriente alterna, se calculará igual que para el conductor, pero con la salvedad de que d_c será el diámetro medio de la pantalla. La distancia entre ejes de los conductores será la misma que en el apartado anterior.

3.1.3 Pérdidas dieléctricas

Al ser un cable de corriente alterna, se han de calcular las pérdidas dieléctricas. Las pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud y en cada fase, vienen dadas por:

$$W_d = \omega \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \text{tg} \delta \quad (\text{W/m})$$

donde

ω : es $2\pi \cdot f$

C : es la capacidad por unidad de longitud (F/m);

U_0 : es la tensión con relación a tierra

$\text{tg} \delta$: es el factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y a la temperatura de servicio. Se tomará el valor de 0,001.

La capacidad para los conductores de sección circular viene dada por:

$$C = \frac{\epsilon}{18 \cdot \ln \left(\frac{D_t}{d_c} \right)} \cdot 10^{-9}$$

donde

ϵ : es la permitividad relativa del material aislante. Se tomará el valor de 2,5

D_t : es el diámetro exterior del aislamiento (con exclusión de la pantalla semiconductor);

d_c : es el diámetro del conductor, incluida la pantalla semiconductor.

3.1.4 Factor de pérdidas en la pantalla

Las pérdidas originadas en las pantallas (λ_1) son debidas a las corrientes de circulación (λ_1') y a las corrientes de Foucault (λ_1'').

Así:

$$\lambda_1 = \lambda_1' + \lambda_1''$$

Para cables unipolares dispuestos en tresbolillo con las pantallas en conexión cross-bonding, el factor de pérdidas viene dado por:

$$\lambda_1 = \lambda_1''$$

ya que:

$$\lambda_1' = 0$$

es decir, las pérdidas por corrientes de circulación son despreciables.

$$\lambda_1'' = \frac{R_S}{R} \cdot \left[g_S \cdot \lambda_0 \cdot (1 + \Delta_1 + \Delta_2) + \frac{(\beta_1 + t_S)^4}{12 \cdot 10^{12}} \right]$$

donde

$$g_S = 1 + \left(\frac{t_S}{D_S} \right)^{1,74} \cdot (\beta_1 \cdot D_S \cdot 10^{-3} - 1,6)$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot \omega}{10^{-7} \cdot \rho_S}}$$

ρ_S es la resistividad eléctrica del material de la pantalla metálica a la temperatura de servicio (Ωm). En este caso, $1,7241 \times 10^{-8}$.

D_S : es el diámetro exterior de la pantalla metálica del cable.

t_S : es el grosor de la pantalla metálica (mm).

ω : es $2 \pi f$.

R_S : es la resistencia de la pantalla, por unidad de longitud, a la temperatura máxima de servicio (Ω/m).

Las fórmulas para λ_0 , Δ_1 and Δ_2 son (tres hilos en tándem):

$$\lambda_0 = 3 \cdot \left(\frac{m^2}{1 + m^2} \right) \cdot \left(\frac{d}{2 \cdot s} \right)^2$$

$$\Delta_1 = (1,14 \cdot m^{2,45} + 0,33) \cdot \left(\frac{d}{2 \cdot s} \right)^{(0,92 \cdot m + 1,66)}$$

$$\Delta_2 = 0$$

3.1.5 Resistencia térmica entre el conductor y la envolvente, T1

La resistencia térmica entre el conductor y la envolvente está dada por:

$$T_1 = \frac{\rho_T}{2\pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot t_1}{d_c} \right)$$

donde

ρ_T : es la resistividad térmica correspondiente al aislamiento. En nuestro caso su valor es 3,5 K.m/W)

d_c : es el diámetro del conductor sin considerar las pantallas semiconductoras (mm);

t_1 : es el espesor del aislamiento entre conductor y envolvente considerando las pantallas semiconductoras (mm);

3.1.6 Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura, T2

La resistencia térmica entre el recubrimiento y la armadura viene dada por:

$$T_2 = \frac{\rho_T}{2\pi} \cdot \ln\left(1 + \frac{2 \cdot t_2}{D_s}\right)$$

- ρ_T : es la resistividad térmica correspondiente a la armadura
- D_s : es el diámetro exterior de la cubierta o pantalla metálica (mm).
- t_2 : es el espesor de la armadura (mm).

3.1.7 Resistencia térmica de la cubierta exterior, T₃

La resistencia térmica de las cubiertas exteriores T₃ está dada por:

$$T_3 = \frac{\rho_T}{2\pi} \cdot \ln\left(1 + \frac{2 \cdot t_3}{D'_a}\right)$$

donde

t_3 : es el espesor de la cubierta (mm);

D'_a : es el diámetro exterior de la pantalla ubicada inmediatamente debajo (mm);

3.1.8 Resistencia térmica externa, T₄

En estos casos, la resistencia térmica externa de un cable colocado en un tubo comprende tres partes:

1. La resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto T'₄.
2. La resistencia térmica del material que constituye el tubo o conducto T''₄.
3. La resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y el medio ambiente T'''₄.

El valor de T₄ que debe figurar en la ecuación que da la intensidad admisible, será la suma de estos tres términos:

$$T_4 = T'_4 + T''_4 + T'''_4$$

Resistencia térmica entre el cable y el conducto o tubo (T'₄)

$$T'_4 = \frac{U}{1 + 0,1 \cdot (V + Y \cdot \theta_m) \cdot D_e}$$

donde

U, V e Y: son las constantes, dependiendo de los tipos de instalación y cuyos valores se tomarán como U=5,2; V=1,1; y Y=0,011.

D_e : es el diámetro exterior del cable (mm);

θ_m : es la temperatura media del medio que rellena el espacio entre el cable y el tubo. Se elige un valor estimado inicial y se repite el cálculo con un valor corregido, si ello fuera necesario (°C). Como una aproximación se puede tomar el valor de 65°C.

Resistencia térmica propia del conducto o tubo (T''₄)

La resistencia térmica a través de la pared de un conducto deberá calcularse por la fórmula:

$$T''_4 = \frac{1}{2\pi} \cdot \rho_T \cdot \ln \frac{D_o}{D_d}$$

donde

D_o : es el diámetro exterior del conducto (mm);

D_i : es el diámetro interior del conducto (mm);

ρ_T : es la resistividad térmica del material constitutivo del conducto (K.m/W). Se tomará el valor de 3,5.

Resistencia térmica externa al conducto o tubo (T''_4)

En el caso de cables idénticos igualmente cargados, la intensidad de corriente admisible se determinará por la del cable más caliente.

Es posible generalmente, de acuerdo con la configuración de la instalación, determinar este cable y así no tener que realizar el cálculo más que para éste.

En los casos en que ello sea más difícil, puede ser necesario un cálculo posterior para otro cable del grupo. El método consiste en utilizar un valor corregido de T_4 que tenga en cuenta el calentamiento mutuo de los cables del grupo. El valor corregido de la resistencia térmica, para el cable de la posición p viene dado por (el número total de cables es q):

$$T_4 = \frac{1}{2\pi} \cdot \rho_T \cdot \ln \left\{ \left(u + \sqrt{u^2 - 1} \right) \cdot \left[\left(\frac{d'_{p1}}{d_{p1}} \right) \cdot \left(\frac{d'_{p2}}{d_{p2}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pq}}{d_{pq}} \right) \right] \right\}$$

Hay que tener en cuenta que hay (q-1) términos, excluido el término (d'_{pp}/d_{pp}). Siendo las distancias d_{pk} las indicadas en la Figura 1.

Donde:

ρ_T : es la resistividad térmica del suelo. Se tomará un valor de 1 K.m/W;

$$u = \frac{2 \cdot L}{D_e}$$

L: es la distancia de la superficie del suelo al eje del cable (mm);

D_e : es el diámetro exterior de la tubular (mm).

Al estar los tubos embebidos en hormigón, se admitirá para el cálculo de la resistencia térmica, que el medio que rodea al conducto es homogéneo y que su resistividad térmica es igual a la del hormigón. Se añade entonces algebraicamente una corrección en la fórmula anterior (o bien para cables idénticos igualmente cargados, o bien para cables desigualmente cargados), para tener en cuenta la eventual diferencia entre la resistividad térmica del hormigón y la del suelo, para aquella parte del circuito térmico exterior al bloque de conductos.

La corrección de la resistencia térmica viene dada por:

$$\frac{N}{2\pi} \cdot (\rho_e - \rho_c) \cdot \ln \left(u + \sqrt{u^2 - 1} \right)$$

N: es el número de cables con carga en el bloque de conductos;

ρ_e : es la resistividad térmica del suelo que rodea al bloque de conductos. Se tomará el valor de 1 K.m/W.

ρ_c : es la resistividad térmica del hormigón. Se tomará el valor de 0,8 K.m/W.

$$u = \frac{L_G}{r_b}$$

L_G es la profundidad de colocación, respecto al centro del bloque de conductos (mm);

r_b es el radio equivalente del bloque de hormigón (mm), dado por:

$$\ln r_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{x}{y} \cdot \left(\frac{4}{\pi} - \frac{x}{y} \right) \cdot \ln \left(1 + \frac{y^2}{x^2} \right) + \ln \frac{x}{2}$$

Las magnitudes de x e y son respectivamente la menor y la mayor de las dimensiones del bloque de conductos, independientemente de su posición, en milímetros.

Esta fórmula sólo es aplicable cuando y/x es inferior a 3.

Esta corrección se añadirá al valor de T_4 previamente calculado.

3.2 Cálculo de la intensidad máxima admisible en cortocircuito en el conductor

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en el conductor se realiza según la norma UNE 21-192, "Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático".

La intensidad de cortocircuito admisible viene dada por la expresión:

$$I = \varepsilon \cdot I_{AD}$$

donde

I : es la intensidad de cortocircuito admisible;

I_{AD} : es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática;

ε : es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes.

3.2.1 Cálculo de la intensidad de cortocircuito adiabático

La fórmula del calentamiento adiabático se presenta bajo la siguiente forma general:

$$I_{AD}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

donde

I_{AD} : es la intensidad de cortocircuito (valor eficaz durante el cortocircuito) calculada en una hipótesis adiabática (A);

t : es la duración del cortocircuito (s). Se tomará el valor de 0,5 s.

K : es la constante que depende del material del componente conductor de corriente.

1. Para conductores de aluminio se utilizará el valor de $148 \cdot A \cdot s^{1/2} / mm^2$

S : es la sección geométrica del componente conductor de corriente; para los conductores se tomará la sección nominal, y para las pantallas la sección de 1 alambre.

θ_f : es la temperatura final (°C). Se utilizarán 90°C en el conductor y en la pantalla.

θ_i : es la temperatura inicial (°C). Se utilizarán 250°C en el conductor y 80°C en la pantalla.

β : es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a °C (K);

2. Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 228 K.

3.2.2 Cálculo del factor no adiabático

La siguiente fórmula de una ecuación empírica para el factor no adiabático se realiza según la norma UNE 21192, "Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del efecto de calentamiento no adiabático".

$$\varepsilon = \sqrt{1 + F \cdot A \cdot \sqrt{\frac{t}{S}} + F^2 \cdot B \cdot \left(\frac{t}{S}\right)}$$

Donde:

F: es el factor que tiene en cuenta la imperfección de los contactos térmicos entre el conductor o los alambres y los materiales metálicos no adyacentes. Se tomará $F=0,7$ para los conductores y $F=0,5$ para las pantallas.

A, B: son las constantes empíricas basadas en las características térmicas de los materiales no metálicos adyacentes.

- $A = \frac{C_1}{\sigma_c} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}} (\text{mm}^2/\text{s})^{1/2}$ donde $C_1=2464 \text{ mm/m}$
- $B = \frac{C_2}{\sigma_c} \cdot \frac{\sigma_i}{\rho_i} (\text{mm}^2/\text{s})$ donde $C_2=1,22 \text{ K.m.mm}^2/\text{J}$

donde:

σ_c : es el calor específico volumétrico del componente conductor de corriente

1. Para el aluminio se tomará el valor de $2,5 \times 10^6 \text{ J/K.m}^3$

σ_i : es el calor específico volumétrico de los materiales no metálicos adyacentes. Se tomará el valor de $2,4 \times 10^6 \text{ J/K.m}^3$ (correspondiente al XLPE)

ρ_i : es la resistividad térmica de los materiales no metálicos adyacentes. Se tomará el valor de $3,5 \text{ K.m/W}$ (correspondiente al XLPE)

3.3 Cálculo de la intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla se realiza según la norma UNE 21-192, "Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático".

Se aplicará el mismo método para el cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en las pantallas. No se considerará la influencia de la lámina metálica adherida a la cubierta del cable ni la influencia de los flejes equipotenciales dispuestos helicoidalmente.

Se calculará para un alambre tomado individualmente y se multiplicará después por el número de alambres para obtener el valor total de la intensidad de cortocircuito. Por lo tanto, se utilizará en todas las fórmulas la sección de un alambre tomado individualmente.

3.4 Puesta a tierra

El cálculo del sistema se evalúa como un trébol simétrico y se basa en la guía "IEEE-575-2014 IEEE Guide for Bonding Shields and Sheaths of Single-Conductor Power Cables Rated 5 kV through 500 kV".

$$E_n = j\omega I_{rms} (2 \times 10^{-7}) \cdot \log_e \left(\frac{2S}{d} \right) \text{ V/m}$$

• Donde,

- ω : es la frecuencia angular del sistema ($2\pi f$) (rad/s), $f = 50 \text{ Hz}$
- I_{rms} : es la corriente de funcionamiento (A)
- S : es la distancia axial del cable (mm)
- d : es el eje central de la separación axial del cable de cubierta metálica (mm)

Para calcular la tensión de cubierta en condiciones de fallo se utiliza la fórmula para un cable en configuración de trébol de IEEE575:

$$E = k \left(\frac{S}{d} \right)^n$$

- E : es el gradiente de tensión de la vaina en V/km/kA
- k : es la constante de los cables en formación de trébol, 75.0
- S : es la distancia entre centros de los cables (m)
- d : es el diámetro de la cubierta (m)
- n : es la constante para cables en formación de trébol, 0.466

Para calcular la tensión máxima posible de la cubierta durante condiciones de falla, se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{sf} = E \cdot L_{m1} \cdot I_{na}$$

- Donde:
 - E : es el gradiente de voltaje de la cubierta en V/km/kA
 - L_{m1} : es la longitud de la sección menor (km)
 - I_{na} : es la clasificación máxima de cortocircuito del cable (kA)

3.5 Cálculo de la caída de tensión

La caída de tensión se determinará mediante la expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$I_n = \text{Intensidad permanente (en A)} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

L = Longitud de la línea (en km)

R = Resistencia óhmica (en ohm/km)

X = Reactancia inductiva (en ohm/km)

$\cos \varphi = 0,9$

Teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

P = potencia transportada [kW]

U = tensión compuesta de la línea [kV]

La caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta será:

$$\Delta U(\%) = P \cdot \frac{L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

3.6 Cálculo de la pérdida de potencia

La fórmula a aplicar para calcular la pérdida de potencia es la siguiente:

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot L \cdot R$$

Donde:

P= potencia transportada [kW]

ΔP = pérdida de potencia en (W)

I= intensidad de la línea (A)

R= resistencia del conductor en (Ω /km)

L= longitud de la línea, en km

Teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

Donde:

P: potencia activa entregada por la línea en kW

U: tensión compuesta en el extremo de la línea en kV

$\cos\varphi$: factor de potencia

La pérdida de potencia en tanto por ciento será:

$$\Delta P(\%) = \frac{R \cdot L \cdot R}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2\varphi}$$

3.7 Cálculo de la corriente de carga capacitiva

La corriente de carga capacitiva es la corriente que circula por el cable debido a la capacitancia existente entre el conductor y la pantalla. La corriente de carga, tanto para líneas trifásicas equilibradas como para una línea monofásica, para la tensión más elevada de la red se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$I_c = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot 2\pi \cdot f \cdot C \cdot 10^{-3} \quad (A/km)$$

Dónde:

I_c : Intensidad de la corriente de carga capacitiva (A).

f : Frecuencia de la red (60 Hz).

C : Capacidad del cable (μ F/km).

U_m : Tensión más elevada de la red (entre fases) para el caso de línea trifásica, y tensión más elevada de la red (entre fase y neutro) para el caso de línea monofásica (kV).

Q_c : Compensación de energía reactiva (KVAR). Para cable subterráneo de alta tensión.

$$Q_c = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_c (\sin\varphi) \quad (KVAR)$$

3.8 Resumen cálculos eléctricos

Dado que en una fase II posterior está prevista la instalación de dos circuitos de 220 kV, se ha considerado como caso más desfavorable el tener en cuenta dichas líneas en el momento de realizar los cálculos.

3.8.1 Resultados del cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio

Los principales resultados obtenidos de las fórmulas anteriores se presentan en este capítulo a modo de resumen:

Tabla 1. Resumen de los resultados. Modo de funcionamiento normal. 3 m de profundidad

Tensión	Sección transversal	Pérdidas dieléctricas (W/m)	Pérdidas de conductor (W/m)	Corriente (A)	Temperatura (°C)
132 kV	1200 mm ²	0.455	1.448	218,82	51,77
132 kV	1200 mm ²	0.455	1.450	218,82	52,27
132 kV	1200 mm ²	0.455	1.452	218,82	52,81
132 kV	1200 mm ²	0.455	1.450	218,82	52,27
132 kV	1200 mm ²	0.455	1.448	218,82	51,77
132 kV	1200 mm ²	0.455	1.452	218,82	52,81

Se considera que el peor escenario o modo de emergencia es la situación en la que se produce una avería en una de las líneas y la otra línea tiene que soportar el 100% de la carga demandada para su cálculo.

En el caso de 132 kV, el peor escenario sería que una línea funcionara a 100 MVA.

Tabla 2. Resumen de los resultados. Modo de funcionamiento de emergencia 132 kV. 3 m de profundidad

Tensión	Sección transversal	Pérdidas dieléctricas (W/m)	Pérdidas de conductor (W/m)	Corriente (A)	Temperatura (°C)
132 kV	1200 mm ²	0.000	0.000	0,00	53,36
132 kV	1200 mm ²	0.000	0.000	0,00	54,30
132 kV	1200 mm ²	0.000	0.000	0,00	54,57
132 kV	1200 mm ²	0.455	6.033	437,94	65,40
132 kV	1200 mm ²	0.455	6,027	437,94	65,07
132 kV	1200 mm ²	0.455	6,043	437,94	66,01

Tabla 3. Resultados comparativos de la corriente entre los diferentes modos de funcionamiento. 3 m de profundidad

Tensión	Sección transversal	Corriente (A) Modo de funcionamiento normal	Corriente (A) Modo de funcionamiento de emergencia 132 kV
132 kV	1200 mm ²	218.82	0,00
132 kV	1200 mm ²	218.82	0,00
132 kV	1200 mm ²	218.82	0,00
132 kV	1200 mm ²	218.82	437,94
132 kV	1200 mm ²	218.82	437,94
132 kV	1200 mm ²	218.82	437,94

3.8.2 Resultados de ampacidad

La corriente nominal para el modo de funcionamiento normal, teniendo en cuenta la potencia nominal de 50 MVA, se calcula mediante la fórmula:

$$I_{nom} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{50 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 132 \text{ kV}} = 218,69 \text{ A}$$

Tabla 4. Resumen de los resultados de la corriente nominal. Modo de funcionamiento normal.

LÍNEA	Carga de potencia (MVA)	Corriente nominal (A)
132 kV-1	50	218,69
132 kV-2	50	218,69

Para el modo de emergencia de 132 kV, se consideran 100 MVA:

$$I_{nom} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 132 \text{ kV}} = 437,39 \text{ A}$$

Tabla 5. Resumen de los resultados de la corriente nominal. Modo de funcionamiento de emergencia 132 kV

LÍNEA	Carga de potencia (MVA)	Corriente nominal (A)
132 kV-1	0	0
132 kV-2	100	437,39

Los resultados de ampacidad examinados según los diferentes modos de funcionamiento se representan a continuación:

Para un funcionamiento normal del sistema.

Tabla 6. Tabla resumida. Ampacidad frente a corriente nominal. Modo de funcionamiento normal

LÍNEA	Corriente nominal (A)	Ampacidad (A)	Temperatura (°C)
132 kV-1	218,69	490,57	89,57
132 kV-2	218,69	490,57	89,57

En caso de avería o emergencia en una de las líneas de 132 kV, consulte la tabla siguiente.

Tabla 7. Tabla resumida. Ampacidad frente a corriente nominal. Modo de funcionamiento de emergencia: 132 kV

LÍNEA	Corriente nominal (A)	Ampacidad (A)	Temperatura (°C)
132 kV-1	0	0	0
132 kV-2	437,39	604,66	88,74

3.8.2.1 Resultados de la capacidad de corriente de cortocircuito del cable y la pantalla

Las corrientes máximas de cortocircuito en el conductor para la línea de 132 kV se indican en la tabla a continuación:

Tabla 8. Línea subterránea de alta tensión de 132 kV. Corriente máxima admisible de cortocircuito en el conductor

Diseño de datos base	Valor calculado
Corriente máxima de cortocircuito admisible en el conductor	161,28 kA

Corriente de cortocircuito adiabática en el conductor	160.34 kA
Factor no adiabático	1.0058

Las corrientes máximas de cortocircuito en pantalla para líneas de 132 kV son:

Tabla 9. Línea subterránea de alta tensión de 132 kV. Corriente máxima admisible de cortocircuito en la pantalla

Diseño de datos base	Valor calculado
Corriente máxima de cortocircuito admisible en la pantalla	25.81 kA
Corriente de cortocircuito adiabática en la pantalla	25.56
Factor no adiabático	1.0096

3.8.3 Resultados del análisis del flujo de carga

Tabla 10. Resumen de los resultados. Modo de funcionamiento normal. 3 m de profundidad

LÍNEA	Caída de tensión ΔU (kV)	Caída de tensión ΔU (%)	Pérdidas de potencia ΔP (kW)	Pérdidas de potencia ΔP (%)
132 kV-1	0,145	0,11	28,40	0,06
132 kV-2	0,145	0,11	28,90	0,06

Tabla 11. Resumen de los resultados. Modo de funcionamiento de emergencia 132 kV. 3 m de profundidad

LÍNEA	Caída de tensión ΔU (kV)	Caída de tensión ΔU (%)	Pérdidas de potencia ΔP (kW)	Pérdidas de potencia ΔP (%)
132 kV-1	X	X	X	X
132 kV-2	0,290	0,22	116,30	0,12

Tabla 12. Compensación de potencia reactiva

LÍNEA	U (kV)	Um (kV)	f (Hz)	C (μ F/km)	Ic (A/km)	L (km)	Qc (kVAr)
132 kV-1	132	145	50	0,265	6,97	6.555	9.401,00
132 kV-2	132	145	50	0,265	6,97	6.681	9.581,00

3.8.4 Cálculos adicionales

3.8.4.1 Resultados cruzamientos y paralelismos

Cruzamiento con una fuente de calor de 90 °C

La disposición de carga de los cables consiste en una falla de emergencia en los circuitos de cable de 220 kV; un circuito transporta 400 MVA y el otro transporta 0 MVA, y los circuitos de 132 kV transportan 50 MVA cada uno, como se muestra a continuación en la figura. Tenga en cuenta que el cruce de cables se supone como fuente de calor en el peor de los casos a una temperatura del conductor de 90 °C.

- Bancada de tubos enterrada a 2 m de profundidad desde la parte superior del prisma de hormigón.
- Resistividad térmica hormigón Bancada de tubos TR 1,0 K.m/W.
- Línea en tresbolillo cruzando que funciona a una temperatura del conductor de 90 °C.

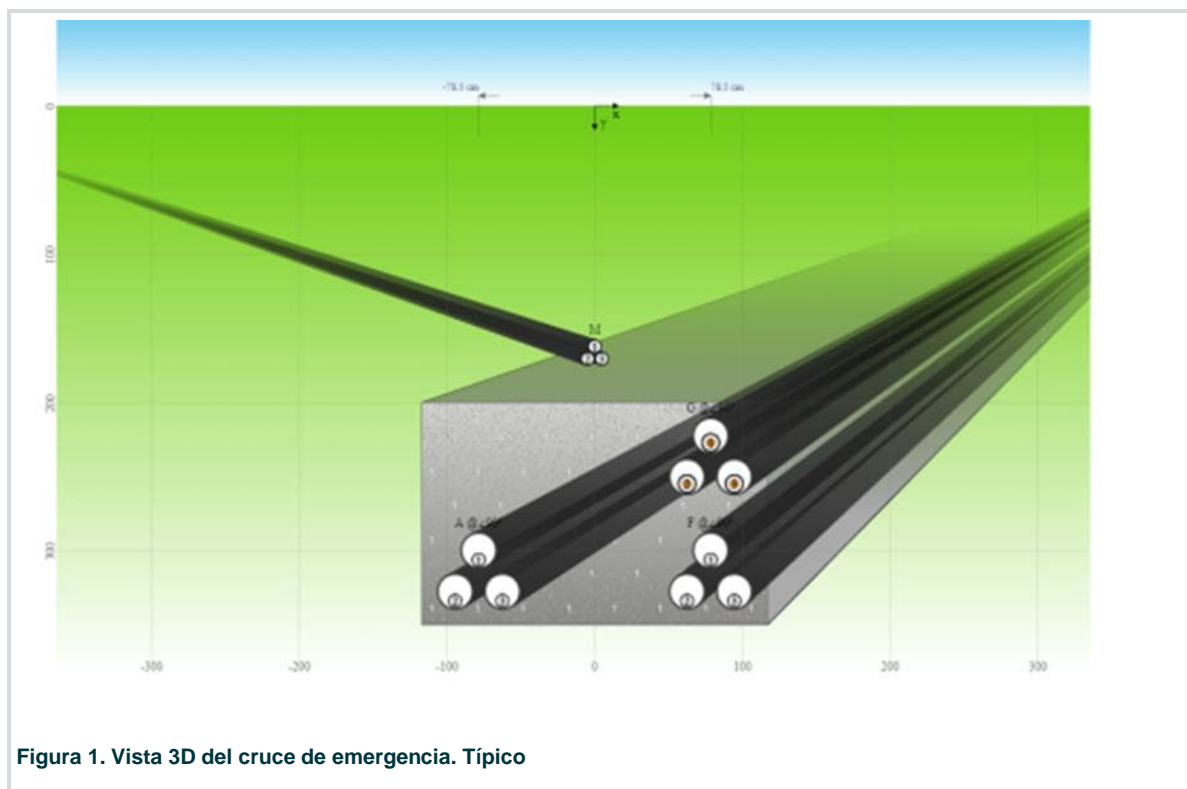


Figura 1. Vista 3D del cruce de emergencia. Típico

Systems

Straight systems

System	Object	Current [A] I_c	Temp. [°C] $\theta_c | \theta_e (\theta_{de})$	Losses [W/m] W_{sys}
M	132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN	569.4	90.0 | 83.8	36.5

Crossing systems commat; angle 90°:

System	Object	Current [A] I_c	Temp. [°C] $\theta_c | \theta_e (\theta_{de})$	Losses [W/m] $W_{sys} | \mu W_{sys}$
A	132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN	219.0	62.8 | 62.1 (61.3)	5.7
F	132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN	219.0	74.0 | 73.3 (72.6)	5.9
G	220kV 2500mm2 CU PRYSMIAN	1050.0	86.5 | 80.7 (75.8)	51.6

The losses in this report are the maximum losses at the crossing.

Objects

Following objects are used:

- 132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN
- 220kV 2500mm2 CU PRYSMIAN

Figura 2. Resultados del cruce de emergencia

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No 202404315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, No Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod Ver: 87870340.

Tabla 13. Tabla resumida. Temperatura nominal de cruce del cable. Modo de funcionamiento de emergencia 220 kV.

LÍNEA	Temperatura. (°C)	Comentarios
132 kV 1200 mm ² AL	62,8	Menos de 90 °C
132 kV 1200 mm ² AL	74,0	Menos de 90 °C
220 kV 2500 mm ² CU	86.5	Menos de 90 °C

Cargas de emergencia de ZAZ060 que cruzan VDG1

Este escenario considera el cruce de los circuitos ZAZ060 con los circuitos VDG1.

La disposición de carga de los cables consiste en una avería de emergencia en los circuitos de 132 kV del ZAZ060: un circuito transporta 100 MVA mientras que el otro transporta 0 MVA. Los circuitos del VDG1 funcionan normalmente: los circuitos de 220 kV transportan 200 MVA cada uno y los circuitos de 132 kV transportan 50 MVA cada uno, como se muestra a continuación en la figura.

- Bancada de tubos ZAZ060 está enterrado a 0,67 m de profundidad sobre el prisma de hormigón.
- Bancada de tubos VDG1 está enterrado a 1,95 m de profundidad sobre el prisma de hormigón.
- Resistividad térmica hormigón Bancada de tubos TR de 1,0 K.m/W.
- El circuito ZAZ060 está modelado con conductores de Al de 132 kV y 1000 mm².

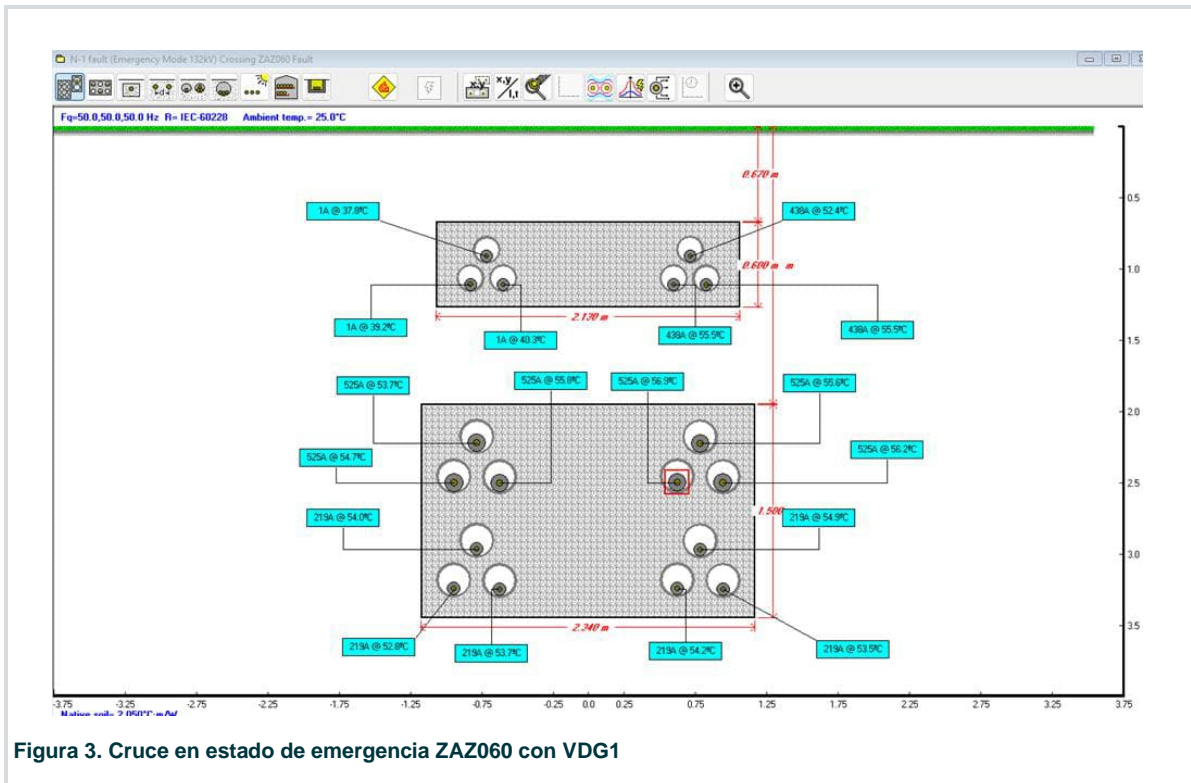


Figura 3. Cruce en estado de emergencia ZAZ060 con VDG1

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado. No 202404315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 No Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 87870340.

Cargas de emergencia VDG1 cruzan ZAZ060

Este escenario considera el cruce de los circuitos VDG1 con los circuitos ZAZ060.

La disposición de carga de los cables consiste en una falla de emergencia en los circuitos de 220 kV del VDG1: un circuito transporta 400 MVA y el otro transporta 0 MVA. Los circuitos ZAZ060 funcionan normalmente, ya que los circuitos de 132 kV transportan 50 MVA cada uno y los circuitos de VDG1 de 132 kV transportan 50 MVA cada uno, como se muestra a continuación en la figura.

- Bancada de tubos ZAZ060 está enterrado a 0,67 m de profundidad sobre el prisma de hormigón.
- Bancada de tubos VDG1 está enterrado a 1,95 m de profundidad sobre el prisma de hormigón.
- Resistividad térmica hormigón Bancada de tubos TR de 1,0 K.m/W.
- El circuito ZAZ060 está modelado con conductores de Al de 132 kV y 1000 mm².

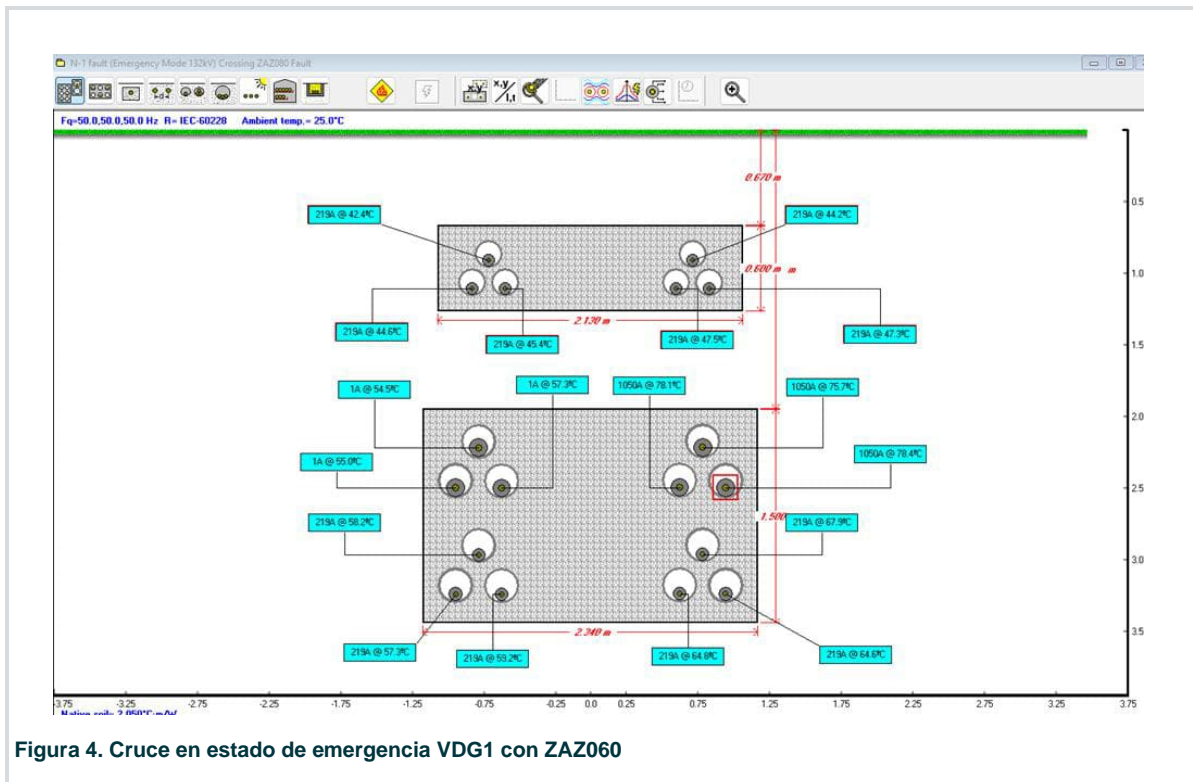


Figura 4. Cruce en estado de emergencia VDG1 con ZAZ060

Cruce VDG1E con VDG1

La disposición de carga del cable VDG1E hace que el circuito transporte 131 MVA. La disposición de carga de cables VDG1 consiste en una avería de emergencia en los circuitos de cable de 220 kV: un circuito transporta 400 MVA y el otro transporta 0 MVA, y los circuitos de 132 kV transporta 50 MVA cada uno, como se muestra a continuación en la figura.

- Bancada de tubos VDG1E está enterrado a 0,9 m de profundidad desde la parte superior del prisma de hormigón hasta el nivel del suelo.
- Bancada de tubos VDG1 está enterrado a 2,52 m de profundidad desde la parte superior del prisma de hormigón hasta el nivel del suelo.
- Resistividad térmica hormigón Bancada de tubos TR 1,0 k.m/W.

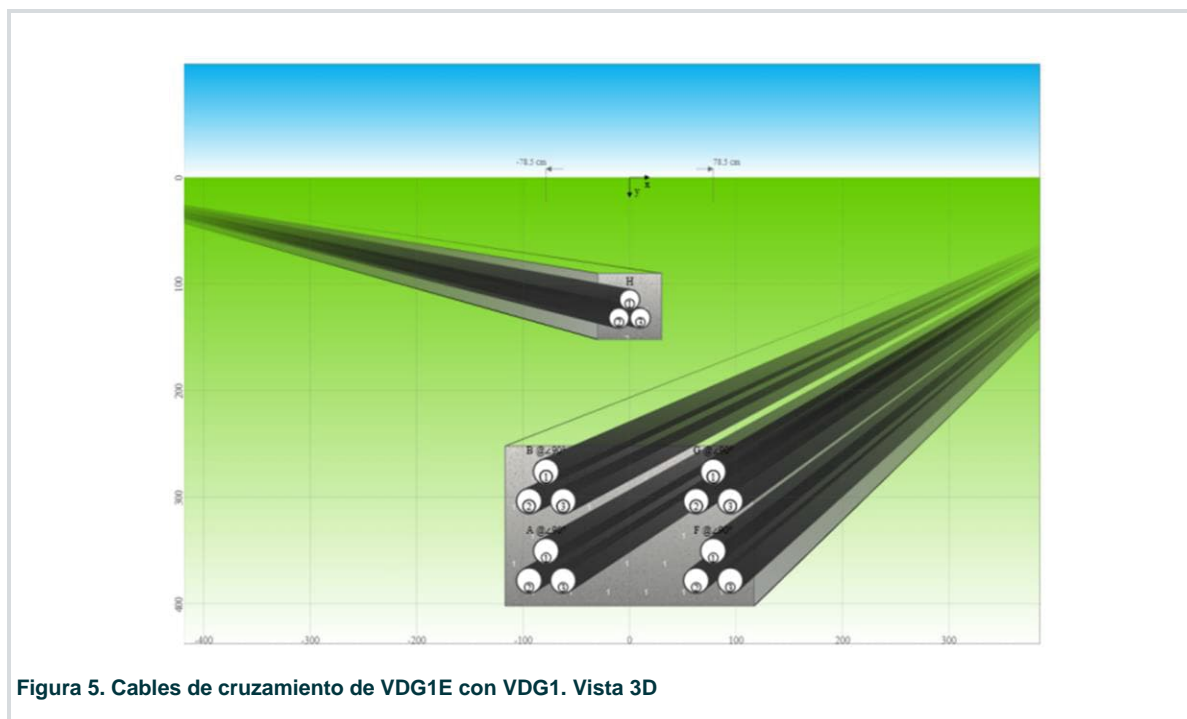


Figura 5. Cables de cruzamiento de VDG1E con VDG1. Vista 3D

Systems					
Straight systems					
System	Object	Current [A]	Temp. [°C]	Losses [W/m]	Load
		I_c	$\theta_c | \theta_e (\theta_{de})$	W_{sys}	LF
H	132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN	573.0	64.2 | 60.1 (56.0)	31.4	1.00
Crossing systems commat; angle 90°:					
System	Object	Current [A]	Temp. [°C]	Losses [W/m]	Load
		I_c	$\theta_c | \theta_e (\theta_{de})$	$W_{sys} | \mu W_{sys}$	LF
A	132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN	219.0	59.2 | 58.5 (57.8)	5.7	1.00
B	220kV 2500mm2 CU PRYSMIAN	1.0	58.5 | 58.2 (57.8)	4.4	1.00
F	132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN	219.0	67.6 | 66.9 (66.2)	5.8	1.00
G	220kV 2500mm2 CU PRYSMIAN	1050.0	78.9 | 74.5 (70.5)	41.3	1.00

The losses in this report are the maximum losses at the crossing.

Figura 6. Cables de cruzamiento de VDG1E con VDG1

Tabla 14. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable en cruzamiento de VDG1E con VDG1

LÍNEA	Temperatura. (°C)	Comentarios
132 kV 1200 mm ² Al	59,2	Menos de 90 °C
132 kV 1200 mm ² Al	67,6	Menos de 90 °C
220 kV 2500 mm ² Cu	58,5	Menos de 90 °C
220 kV 2500 mm ² Cu	78,9	Menos de 90 °C

Cruce VDG1E con VDG1 y línea de Zuera

La disposición de carga del cable VDG1E hace que el circuito transporte 131 MVA. La disposición de carga de cables VDG1 consiste en una avería de emergencia en los circuitos de cable de 132 kV: un circuito transporta 100 MVA y el otro transporta 0 MVA. Para la línea de Zuera de 45KV, los datos aportados por un tercero han sido de 56,08MW repartidos en dos circuitos.

- Bancada de tubos VDG1E enterrado a 3,11 m de profundidad desde el fondo del prisma de hormigón hasta el nivel del suelo.
- Bancada de tubos VDG1 enterrado a 3,16 m de profundidad desde el fondo del prisma de hormigón hasta el nivel del suelo.
- Distancia horizontal entre los prismas de hormigón de VDG1E y VDG1: 1,03 m.
- Bancada de tubos línea de Zuera enterrado a 1,25 m de profundidad desde fondo del prisma de hormigón hasta el nivel del suelo.
- Resistividad térmica del suelo (TR) de 1,48 K.m/W.
- Resistividad térmica hormigón Bancada de tubos TR de 1 K.m/W para VDG1E y VDG1.
- Resistividad térmica hormigón Bancada de tubos TR de 0.8 K.m/W para Zuera.

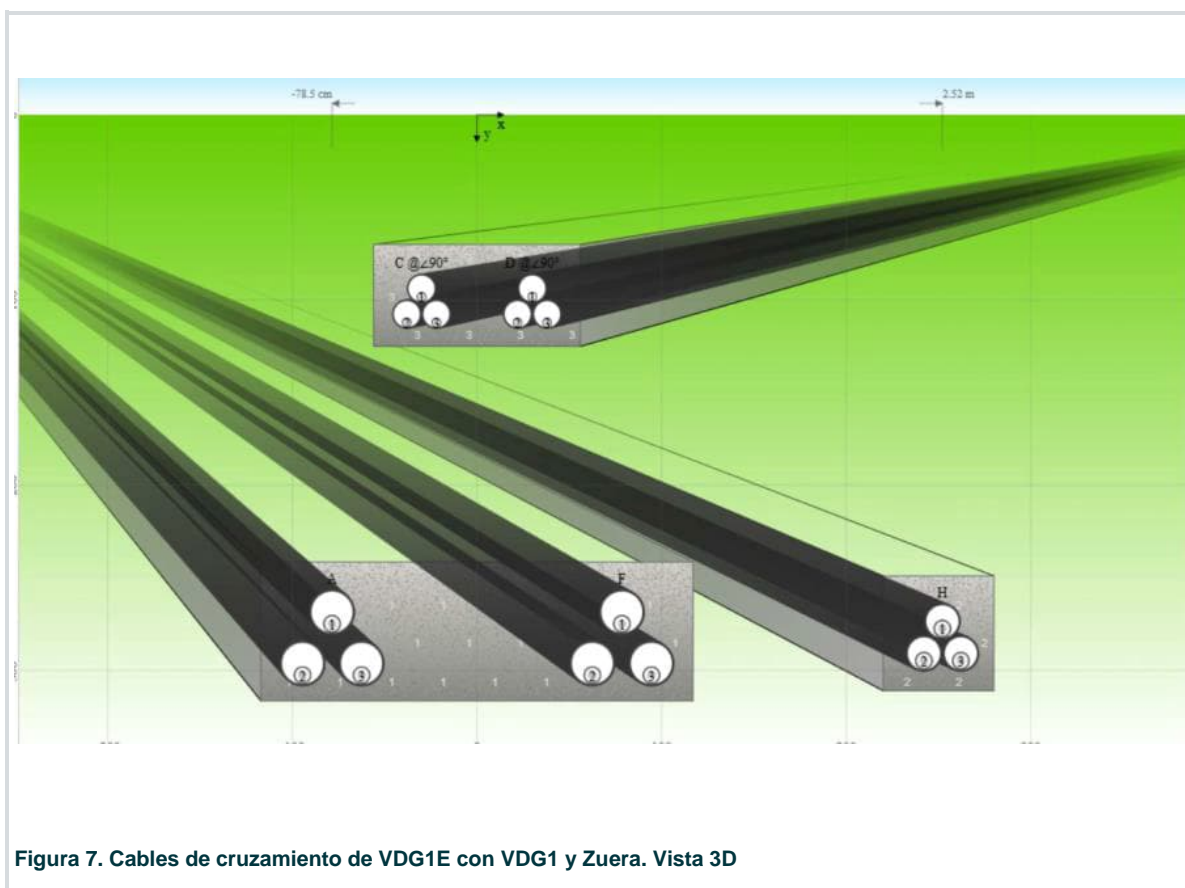


Figura 7. Cables de cruzamiento de VDG1E con VDG1 y Zuera. Vista 3D

Systems					
Systems @ angle 0°:					
System	Object	Current [A]	Temp. [°C]	Losses [W/m]	Load
		I_c	$\theta_c | \theta_e (\theta_{de})$	W_{sys}	LF
A	132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN	1.0	44.5 | 44.3 (44.1)	1.5	1.00
F	132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN	438.0	58.5 | 56.1 (53.8)	18.3	1.00
H	132kV 1200mm2 AL PRYSMIAN	573.0	70.5 | 66.4 (62.3)	32.0	1.00
Systems @ angle 90°:					
System	Object	Current [A]	Temp. [°C]	Losses [W/m]	Load
		I_c	$\theta_c | \theta_e (\theta_{de})$	$W_{sys} | \mu W_{sys}$	LF
C	45kV 400mm2 AL Power Core Athena Zuera	360.0	71.5 | 66.7 (59.7)	37.2	1.00
D	45kV 400mm2 AL Power Core Athena Zuera	360.0	71.5 | 66.7 (59.7)	37.2	1.00

Figura 8. Cables de cruzamiento de VDG1E con VDG1 y Zuera

Tabla 15. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable en cruzamiento de VDG1E con VDG1 y Zuera

LÍNEA	Temperatura. (°C)	Comentarios
132 kV 1200 mm ² AI	44,5	Menos de 90 °C
132 kV 1200 mm ² AI	58,5	Menos de 90 °C
132 kV 1200 mm ² AI	70,5	Menos de 90 °C

Cruce VDG1 y línea de Zuera

La disposición de carga de cables VDG1 consiste en una avería de emergencia en los circuitos de cable de 220 kV: un circuito transporta 400 MVA y el otro transporta 0 MVA, y los circuitos de 132 kV transporta 50 MVA cada uno. Para la línea de Zuera de 45KV, los datos aportados por un tercero han sido de 50,47MW repartidos en dos circuitos.

- Bancada de tubos VDG1 enterrado a 3,68 m de profundidad desde el fondo del prisma de hormigón hasta el nivel del suelo.
- Bancada de tubos línea de Zuera enterrado a 1,25 m de profundidad desde fondo del prisma de hormigón hasta el nivel del suelo.
- Resistividad térmica del suelo (TR) de 2,47 K.m/W.
- Resistividad térmica hormigón bancada de tubos TR de 0,5 K.m/W para VDG1.
- Resistividad térmica hormigón bancada de tubos TR de 0.8 K.m/W para Zuera.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver.: 87870340.

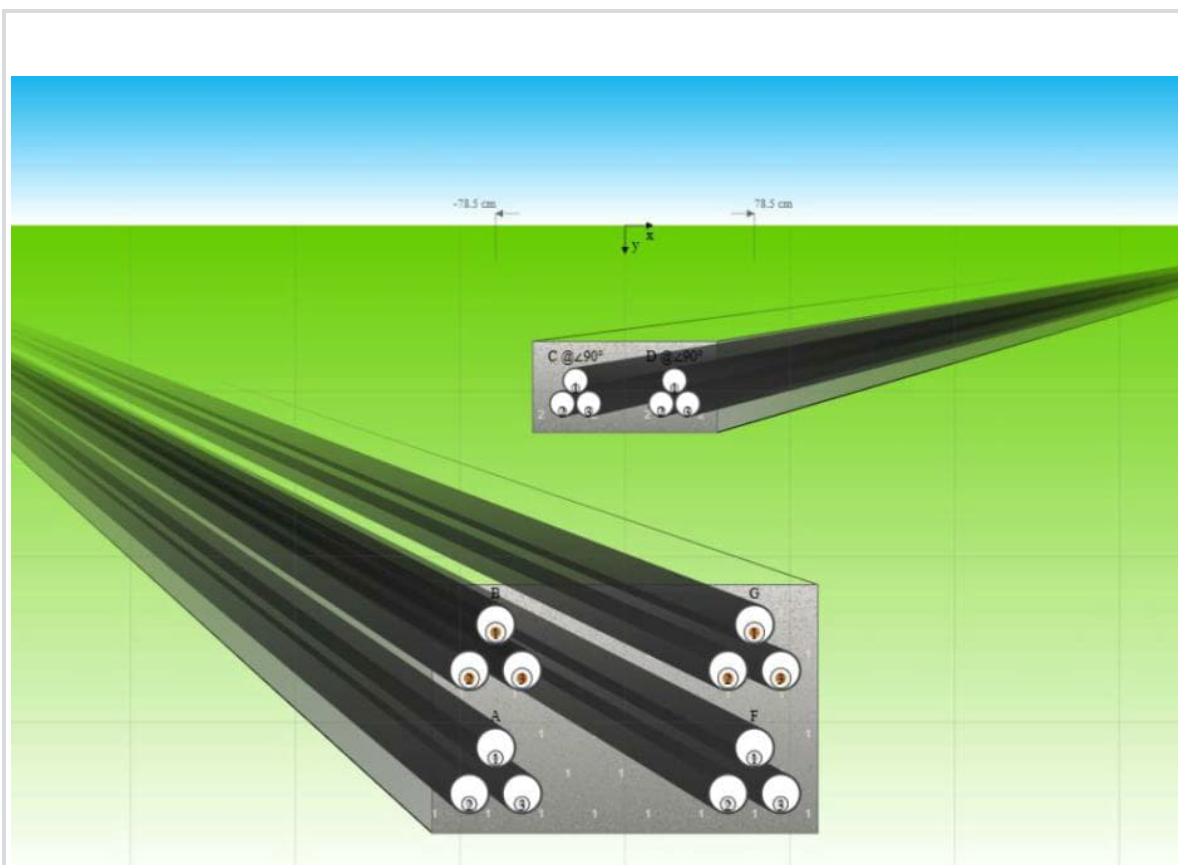


Figura 9. Cables de cruzamiento de VDG1 con Zuera. Vista 3D

Systems @ angle 0°:					
System	Object	Current [A] I_c	Temp. [°C] $\theta_c | \theta_e (\theta_{de})$	Losses [W/m] W_{sys}	Load LF
A	132kV 1200mm ² AL PRYSMIAN	219.0	62.7 | 62.0 (61.3)	5.7	1.00
B	220kV 2500mm ² CU PRYSMIAN	1.0	61.8 | 61.5 (61.1)	4.4	1.00
F	132kV 1200mm ² AL PRYSMIAN	219.0	69.9 | 69.2 (68.5)	5.8	1.00
G	220kV 2500mm ² CU PRYSMIAN	1050.0	77.6 | 73.3 (69.2)	41.2	1.00
Systems @ angle 90°:					
System	Object	Current [A] I_c	Temp. [°C] $\theta_c | \theta_e (\theta_{de})$	Losses [W/m] $W_{sys} | \mu W_{sys}$	Load LF
C	45kV 400mm ² AL Power Core Athena Zuera	360.0	88.5 | 83.4 (76.5)	39.3	1.00
D	45kV 400mm ² AL Power Core Athena Zuera	360.0	88.5 | 83.4 (76.5)	39.3	1.00

Figura 10. Cables de cruzamiento de VDG1 y Zuera

Tabla 16. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable en cruzamiento de VDG1 y Zuera

LÍNEA	Temperatura. (°C)	Comentarios
132 kV 1200 mm ² Al	62,7	Menos de 90 °C
132 kV 1200 mm ² Al	69,9	Menos de 90 °C
220 kV 2500 mm ² Cu	61,8	Menos de 90 °C
220 kV 2500 mm ² Cu	77,6	Menos de 90 °C

Paralelismo entre VDG1 y VDG1E. Separación de 1 m

La disposición de carga de los cables consiste en una avería de emergencia en los circuitos de 132 kV de VDG1: uno transporta 100 MVA y el otro 0 MVA, y el circuito de VDG1E de 132 kV transporta 131 MVA, como se muestra a continuación en la figura.

- Banca de tubos enterrado a 2,5 m de profundidad desde la parte superior del prisma de hormigón.
- Banca de tubos TR de 1,0 K.m/W.
- Distancia entre los lados de los hormigones: 1 m.
- Una resistividad térmica (TR) nativa del suelo de 2,05 K.m/W.

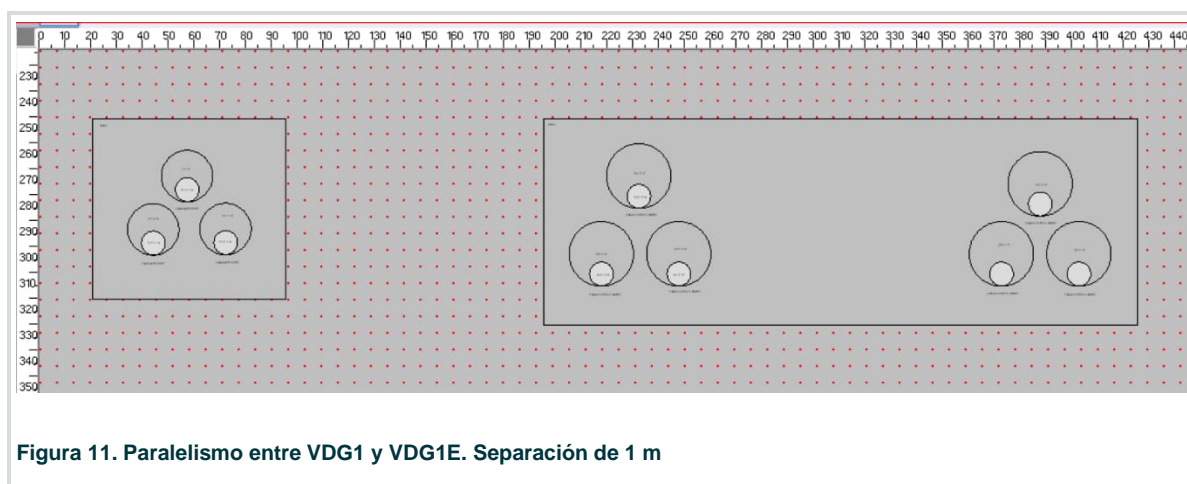


Tabla 17. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable. Paralelismo entre VDG1 y VDG1E. Separación de 1 m

LÍNEA	Temperatura. (°C)	Comentarios
132 kV 1200 mm ² AL	58,3	Menos de 90 °C
132 kV 1200 mm ² AL	40,5	Menos de 90 °C

Paralelismo entre VDG1 y VDG1E. Separación de 0,5 m

La disposición de carga de los cables consiste en una avería de emergencia en los circuitos de 132 kV de VDG1: uno transporta 100 MVA y el otro 0 MVA. El circuito de VDG1E de 132 kV transporta 131 MVA, como se muestra a continuación en la figura.

- Banca de tubos enterrado a 2,5 m de profundidad desde la parte superior del prisma de hormigón.
- Banca de tubos TR de 1,0 K.m/W.
- Distancia entre los lados de los hormigones: 0,5 m.
- Una resistividad térmica (TR) nativa del suelo de 2,05 K.m/W.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 202404315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 No Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver.: 87870340.

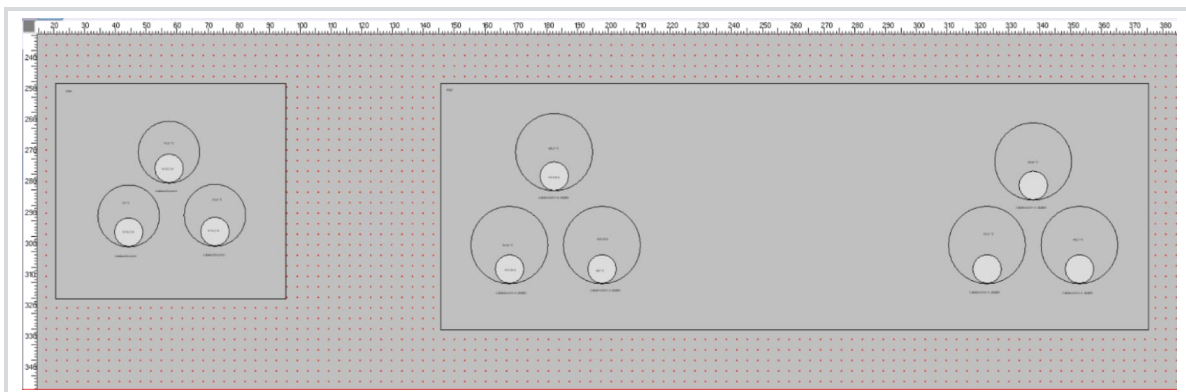


Figura 12. Paralelismo entre VDG1 y VDG1E. Separación de 0,5 m

Tabla 18. Tabla resumida. Temperatura nominal del cable. Paralelismo entre VDG1 y VDG1E. Separación de 0,5 m

LÍNEA	Temperatura. (°C)	Comentarios
132 kV 1200 mm ² AL	62,6	Menos de 90 °C
132 kV 1200 mm ² AL	42,2	Menos de 90 °C

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 87870340.

ANEJO 2

RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

Contenidos

1. Antecedentes.....	3
2. Introducción	3
3. Alcance	3
Apéndice A Tabla de relación de bienes y derechos afectados.....	4

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 87870340.

1. Antecedentes

AECOM ha sido designado para producir el proceso de permisos para obtener la documentación del PIGA Constructivo, según el Gobierno de Aragón, así como la documentación del Proyecto de Ejecución para la construcción por parte de Amazon Data Services Spain, SLU.

Uno de los principales hitos acordados en este contrato es producir el diseño que se utilizará para la futura construcción de la línea.

2. Introducción

Como parte del contrato asignado por Amazon Data Services Spain, SLU, AECOM debe hacer entrega de un Proyecto de Ejecución para la construcción de la línea subterránea de alta tensión compuesta por dos circuitos de cable subterráneo de 132kV y dos circuitos de cable subterráneo de 220kV entre la subestación eléctrica de Villanueva del Gallego y el centro de datos VDG1.

3. Alcance

Una vez definido el trazado, y de acuerdo con la Legislación vigente, se ha procedido al análisis de las parcelas afectadas tanto por la fase construcción como en la fase de explotación, resultando en la relación de parcelas afectadas que a continuación se adjunta. Este análisis se ha realizado mediante el reconocimiento directo de cada una de las fincas afectadas, con el apoyo y colaboración de los particulares afectados, comunidades de regantes y personal de los distintos ayuntamientos. Al mismo tiempo, se ha comprobado la valoración de los bienes afectados distintos de la tierra en aquellos casos en los que se produce afección.

Con todo ello, se ha generado una tabla con la relación de bienes y derechos afectados, dando cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 17 de la vigente Ley de Expropiación Forzosa de 16 de diciembre de 1954 y disposiciones concordantes de su Reglamento.

Apéndice A Tabla de relación de bienes y derechos afectados

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.colimn.es/Verificacion>. Cod Ver: 87870340.

Nº DE ORDEN	TÉRMINO MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	TITULAR ACTUAL. NOMBRE Y DOMICILIO	SUPERFICIE CATASTRAL m ²	AFECCIONES (m2)			
							EXPROPIACIÓN	IMPOSICIÓN SERVIDUMBRE	OCUPACIÓN TEMPORAL	TOTAL
50.293-0002	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A00500011	005	00011	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	179851		27	256	283
50.293-0003	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A00500023	005	00023	CATIVIELA ARTAL MANUEL CL GOMEZ ACEBO 130 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA) OÑATE MIRAVETE MARIA JESUS CL GOMEZ ACEBO 132 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	30589			63	63
50.293-0004	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A00509000	005	09000	DESCONOCIDO DESCONOCIDO DESCONOCIDO	-		103	197	300
50.293-0005	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A00509009	005	09009	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	2227			293	293
50.293-0006	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A00600008	006	00008	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	49280	187	2032	2797	5016

Nº DE ORDEN	TÉRMINO MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	TITULAR ACTUAL. NOMBRE Y DOMICILIO	SUPERFICIE CATASTRAL m ²	AFECCIONES (m ²)			
							EXPROPIACIÓN	IMPOSICIÓN SERVIDUMBRE	OCUPACIÓN TEMPORAL	TOTAL
50.293-0007	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A00609005	006	09005	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	1529	12	117	625	754
50.293-0030	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A01700003	017	00003	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	139870			30235	30235
50.293-0009	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A01709000	017	09000	DESCONOCIDO DESCONOCIDO DESCONOCIDO	-	291	2512	4472	7275
50.293-0010	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A01709017	017	09017	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	92217	1069	11176	14815	27060
50.293-0011	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A01900001	019	00001	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	431312		4	806	810
50.293-0012	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02109011	021	09011	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	42317	479	5963	8664	15106

Nº DE ORDEN	TÉRMINO MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	TITULAR ACTUAL. NOMBRE Y DOMICILIO	SUPERFICIE CATASTRAL m ²	AFECCIONES (m ²)			
							EXPROPIACIÓN	IMPOSICIÓN SERVIDUMBRE	OCUPACIÓN TEMPORAL	TOTAL
50.293-0013	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02700099	027	00099	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	492			5	5
50.293-0014	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02709005	027	09005	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	685			13	13
50.293-0015	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02709015	027	09015	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	22493	155	1952	2917	5024
50.293-0016	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02800001	028	00001	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	55893		60	122	182

Nº DE ORDEN	TÉRMINO MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	TITULAR ACTUAL. NOMBRE Y DOMICILIO	SUPERFICIE CATASTRAL m ²	AFECCIONES (m2)			
							EXPROPIACIÓN	IMPOSICIÓN SERVIDUMBRE	OCUPACIÓN TEMPORAL	TOTAL
50.293-0017	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02800014	028	00014	ENCUENTRA VERA PEDRO CL GOMEZ ACEBO 84 50830 VILLANUEVA DE GALLEGO (ZARAGOZA) ENCUENTRA ORTEGA MARIA ANGELES PS ESTACION DE LA 9 50830 VILLANUEVA DE GALLEGO (ZARAGOZA) ENCUENTRA ORTEGA ELENA PS CUELLAR 1 PI:02 Pt:D 50007 ZARAGOZA (ZARAGOZA)	8706		236	1041	1277
50.293-0018	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02800037	028	00037	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	401918	58	276	575	909
50.293-0019	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02809005	028	09005	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	1497	86	692	516	1294
50.293-0020	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02809010	028	09010	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	6679		35	59	94

Nº DE ORDEN	TÉRMINO MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	TITULAR ACTUAL. NOMBRE Y DOMICILIO	SUPERFICIE CATASTRAL m ²	AFECCIONES (m ²)			
							EXPROPIACIÓN	IMPOSICIÓN SERVIDUMBRE	OCUPACIÓN TEMPORAL	TOTAL
50.293-0021	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	50293A02809017	028	09017	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE GÁLLEGO PZ ESPAÑA 1 50830 VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)	38647	422	3617	4496	8535
50.293-0022	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	8788404XM7288N	NA	NA	DIPUTACION GENERAL DE ARAGON MAT PZ SITIOS 7 50001 ZARAGOZA (ZARAGOZA)	9702	129	1354	1948	3431
50.293-0023	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	8788405XM7288N	NA	NA	DIPUTACION GENERAL DE ARAGON MAT PZ SITIOS 7 50001 ZARAGOZA (ZARAGOZA)	1870		171	268	439
50.293-0024	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	9042403XM7294S	NA	NA	HENNEO MEDIA SA AV INDEPENDENCIA 29 N2dup- 50001 ZARAGOZA (ZARAGOZA)	23787	296	3052	3473	6821
50.293-0025	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	9389802XM7298N	NA	NA	DIPUTACION GENERAL DE ARAGON MAT PZ SITIOS 7 50001 ZARAGOZA (ZARAGOZA)	10490		1465	2372	3837
50.293-0026	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	9389803XM7298N	NA	NA	DIPUTACION GENERAL DE ARAGON MAT PZ SITIOS 7 50001 ZARAGOZA (ZARAGOZA)	3141	42	285	249	576

Nº DE ORDEN	TÉRMINO MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	TITULAR ACTUAL. NOMBRE Y DOMICILIO	SUPERFICIE CATASTRAL m ²	AFECCIONES (m2)			
							EXPROPIACIÓN	IMPOSICIÓN SERVIDUMBRE	OCUPACIÓN TEMPORAL	TOTAL
50.293-0027	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	9641005XM7293N	NA	NA	ALLIANCE HEALTHCARE ESPAÑA SA PG SECTOR 4 50830 VILLANUEVA DE GALLEGO (ZARAGOZA)	97370	108	1402	1905	3415

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 2024/04315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 87870340.

ANEJO 3

GESTIÓN DE RESIDUOS

Contenidos

1.	Introducción	4
2.	Marco Normativo.....	4
2.1	Normativa Comunitaria.....	5
2.2	Normativa Estatal	6
2.3	Normativa Autonómica.....	7
3.	Definiciones	8
4.	Documentación de referencia y metodología.....	11
4.1	Residuos procedentes de los trabajos de demolición.....	11
4.2	Residuos procedentes de los trabajos de construcción.....	12
5.	Identificación y estimación de residuos.....	12
5.1	Estimación de los residuos de demolición	14
5.2	Estimación de los residuos de construcción	15
5.3	Estimación total de los residuos de construcción y demolición	16
6.	Medidas para la prevención y minimización de residuos en la obra	17
6.1	Suministro de materiales	17
6.2	Envases y embalajes.....	17
6.3	Almacenamiento y acopio de materiales	18
6.4	Demoliciones	18
6.5	Puesta en obra	18
6.5.1	Manipulación y puesta en obra del hormigón	19
6.5.2	Manipulación de aceites minerales y sintéticos	19
6.5.3	Manipulación de productos líquidos	19
7.	Medidas para la separación de residuos en obra	19
8.	Operaciones de reutilización, valorización o eliminación de los residuos de la obra	23
8.1	Hormigones	24
8.2	Materiales procedentes de la demolición de obras.....	24
8.3	Bloque y elementos prefabricados de cemento.....	24
8.4	Pavimentos asfálticos	24
8.5	Plásticos	24
9.	Planos.....	26
10.	Prescripciones técnicas	27
10.1	Pliego de prescripciones técnicas generales.....	27
10.1.1	Elaboración del Plan de Gestión de RCD.....	27
10.1.2	Documentación de la gestión de los RCD	27
10.1.3	Almacenamiento, entrega y destino de los RCD	27
10.1.4	Control del subcontratista	28
10.1.5	Limpieza de las obras.....	28
10.1.6	Punto limpio.....	28
10.1.6.1	Definición y condiciones generales	28
10.1.6.2	Condiciones del proceso de ejecución	28
10.1.6.3	Medición y abono	28
10.2	Pliego de prescripciones técnicas particulares	28
10.2.1	Clasificación y recogida selectiva	28
10.2.1.1	Definición y condiciones generales	28
10.2.1.2	Condiciones del proceso de ejecución	29
10.2.1.3	Medición y abono	29
10.2.2	Gestión de residuos de construcción y demolición no peligrosos (pétreos y no pétreos).....	29
10.2.2.1	Definición y condiciones generales	29
10.2.2.2	Condiciones del proceso de ejecución	29
10.2.2.3	Medición y abono	29

10.2.3 Gestión de residuos peligrosos	30
10.2.3.1 Definición y condiciones generales	30
10.2.3.2 Condiciones del proceso de ejecución	30
10.2.3.3 Medición y abono	31
11. Coste previsto de la gestión de residuos	31

Figuras

Figura 1. Esquema del punto limpio de la obra. Fuente: AECOM, 2025.	26
--	----

Tablas

Tabla 1. Porcentaje de pérdidas de material.	12
Tabla 2. Previsión de tipos de residuos de construcción y demolición generados en la obra. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.	12
Tabla 3. Otros tipos de residuos generados en la obra. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.	14
Tabla 4. Previsión de residuos de demolición generados en la obra según las estimaciones realizadas. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.	14
Tabla 5. Previsión de residuos de construcción generados en la obra según las estimaciones realizadas. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.	15
Tabla 6. Previsión de residuos de construcción generados en la obra según las estimaciones realizadas. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.	15
Tabla 7. Tabla resumen de la previsión global de residuos de construcción y demolición generados en la obra según las estimaciones realizadas en fase de construcción y demolición. Fuente: AECOM, 2025.	16
Tabla 8. Residuos de tierras y piedras no contaminadas generadas en la obra. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.	17
Tabla 9. Segregación y almacenamiento de los residuos generados en la obra. Fuente: AECOM, 2025.	20
Tabla 10. Separación en fracciones de RCD en la obra según residuos generados. Fuente: AECOM, 2025.	22
Tabla 11. Operaciones de tratamiento y destino de los Residuos de Construcción y Demolición. Fuente: AECOM, 2025.	25
Tabla 12. Coste previsto de gestión de RCD. Fuente: AECOM, 2025.	31

Lista de acrónimos

Acrónimo	Descripción
BOA	Boletín Oficial de Aragón
BOE	Boletín Oficial del Estado
EGRCD	Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición
LER	Lista Europea de Residuos
PGR	Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición
PIGA	Plan de Interés General de Aragón
PNRCD	Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición
RCD	Residuos de Construcción y Demolición
RD	Real Decreto
RNP	Residuos No Peligrosos
RP	Residuos Peligrosos
VDG	Villanueva de Gállego
ZIA	Zona de Instalaciones Auxiliares

1. Introducción

El Presente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (en adelante EGRCD) se redacta en base a la memoria del *Proyecto Ejecutivo Redes de Alta Tensión. VDG1. Líneas 132 y 220kV entre Subestación de Villanueva de Gállego y Parcela VDG1*, término municipal de Villanueva de Gállego, provincia de Zaragoza (Aragón), de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

El presente EGRCD se ajusta a los contenidos indicados en el Artículo 4 del citado Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, y habrá de servir como base para la redacción, por parte del Contratista, del correspondiente Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (en adelante PGR), tal y como establece el Artículo 5 del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero. En dicho Plan se reflejará como llevará a cabo las obligaciones que le incumben en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra, en particular las recogidas en los Artículos 4.1. y 5 del citado Real Decreto.

Asimismo, en el citado Plan, se desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento en función de los proveedores concretos y su propio sistema de ejecución de la obra.

Siguiendo la citada normativa, en este estudio únicamente se recogen valores relativos a residuos de construcción y demolición.

Los epígrafes contenidos en la memoria del presente estudio de gestión de residuos de construcción y demolición son los siguientes:

- Marco normativo.
- Definiciones.
- Documentación de referencia y metodología.
- Identificación y estimación de residuos.
- Medidas para la prevención y minimización de residuos en la obra.
- Medidas para la separación de los residuos en obra.
- Operaciones de reutilización, valoración o eliminación de residuos en la obra.
- Planos
- Prescripciones técnicas.
- Coste previsto de la gestión de residuos.

2. Marco Normativo

El Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición, junto con distintas iniciativas legales emprendidas en distintas Comunidades Autónomas, constituyen el cuerpo básico de herramientas que la Administración ha implantado en el sector de la construcción con objeto de dar desarrollo a los objetivos contenidos en el Plan Nacional de Residuos de la Construcción, aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001¹.

El actual marco normativo obliga a las empresas a gestionar sus propios residuos, ya sea compatibilizándolos con la actividad de la propia empresa, o bien contratando los servicios de empresas gestoras.

Con el citado Real Decreto se exige a las empresas la prevención en su generación de residuos y el fomento de la reutilización y reciclado, a través de las infraestructuras necesarias para su valorización, junto con el desarrollo

¹ Ministerio de Medio Ambiente. (2001). Resolución de 14 de junio de 2001, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se publica el Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006. BOE nº166, de 12 de julio de 2001.

y potenciación del mercado de los subproductos obtenidos. Uno de los pilares en que se basa dicha normativa es en la obligación del promotor, o productor de residuos, de incluir en los proyectos de ejecución de las obras un Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

La Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular en su Artículo 12. *Competencias administrativas*, en su apartado 4, menciona que corresponde a las Comunidades Autónomas:

- a) *Aprobar los programas autonómicos de prevención de residuos y los planes autonómicos de gestión de residuos. Asimismo, podrán aprobar estrategias autonómicas en materia de economía circular y de suelos contaminados.*
- b) *Ejercer la potestad de autorización, vigilancia, inspección y sanción de las actividades de producción y gestión de residuos y de las competencias establecidas en el título VIII sobre suelos contaminados.*
- c) *Registrar la información en materia de producción y gestión, pública y privada, de residuos en su ámbito competencial.*
- d) *Autorizar los traslados de residuos desde o hacia países de la Unión Europea, regulados en el Reglamento (UE) 2024/1157 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, relativo a los traslados de residuos, por el que se modifican los Reglamentos (UE) n° 1257/2013 y (UE) 2020/1056, y se deroga el Reglamento (CE) n° 1013/2006, así como las de los traslados en el interior del territorio del Estado y la vigilancia, inspección y, en su caso, sanción derivada de los citados regímenes de traslados.*
- e) *Ejercer la potestad de autorización, vigilancia, inspección y sanción de los sistemas de responsabilidad ampliada del productor.*
- f) *Ejercer la potestad de vigilancia e inspección y la potestad sancionadora en el ámbito de sus competencias (...).*
- g) *Suscribir los correspondientes convenios de colaboración para la implementación de inversiones o gastos de las comunidades autónomas en los servicios de gestión de las entidades locales, cuando proceda.*
- h) *Ejercer cualquier otra competencia en materia de residuos no incluida en los otros apartados.*

El Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (Plan GIRA 2018-2022) de la Dirección General de Sostenibilidad del Gobierno de Aragón, se ajusta a la estrategia general establecida en el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022 (PEMAR) conforme a lo dispuesto en el artículo 14 de la Ley de residuos.

Con este plan, el Gobierno de Aragón apuesta por los objetivos básicos de la política de residuos de la UE actualmente vigente, que son prevenir los residuos y promocionar la reutilización, el reciclaje y la recuperación para reducir el impacto ambiental. El objetivo a largo plazo es que la UE se convierta en una sociedad del reciclaje que se proponga como objetivo evitar los residuos y utilizarlos como recurso.

Se indica la normativa comunitaria, estatal y autonómica de aplicación a la Gestión de Residuos de Construcción y Demolición del presente Estudio.

2.1 Normativa Comunitaria

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre residuos.
- Directiva 94/62/CE del parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases (DOCE n° L 365, de 31/12/1994).
- Directiva 1999/31/CE del Consejo de 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos (DOCE n° L 182, de 16/07/1999).
- Decisión de la comisión de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (DOUE n° L 370/44 de 30/12/2014).
- Reglamento 2150/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2002, relativo a las estadísticas sobre residuos (DOCE n° L332, de 09/12/2002).
- Decisión 2003/33/CE del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE (DOCE n° L11, de 16/01/2003).
- Directiva 2004/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de febrero de 2004, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases.

- Directiva 2005/20/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2005, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases.
- Reglamento (UE) 2024/1157 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, relativo a los traslados de residuos, por el que se modifican los Reglamentos (UE) nº 1257/2013 y (UE) 2020/1056, y se deroga el Reglamento (CE) nº 1013/2006 (DOUE nº L 2024/1157 de 30/04/2024).
- Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos.
- Directiva (UE) 2018/850 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos.

2.2 Normativa Estatal

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular (BOE nº85 de 09/04/2022).
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (BOE núm. 38, de 13 de febrero de 2008).
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero (BOE núm. 187, de 08/07/2020).
- Orden TED/834/2023, de 18 de julio, por la que se establecen los requisitos mínimos de tratamiento previo al depósito de residuos municipales en vertedero (BOE núm. 174, de 22/07/2023).
- Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado. (BOE núm. 171, de 19/06/2020).
- Orden APM/1007/2017, de 10 de octubre, sobre normas generales de valorización de materiales naturales excavados para su utilización en operaciones de relleno y obras distintas a aquéllas en las que se generaron. (BOE núm. 254, de 21/10/ 2017).
- Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados (BOE núm. 132, de 03/06/2006).
- Orden ARM/795/2011, de 31 de marzo, por la que se modifica el Anexo III del Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados (BOE núm. 83, de 07/04/2011).
- Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases (BOE núm. 311, de 28/12/2022).
- Real Decreto 710/2015, de 24 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos (BOE núm. 177, de 25/07/ 2015).
- Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (BOE núm. 45, de 21/02/2015).
- Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
- Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto (BOE núm. 37, de 12/02/2008).
- Real Decreto-ley 17/2012, de 4 de mayo, de medidas urgentes en materia de medio ambiente (BOE núm. 108 de 05/05/2012).
- Real Decreto 208/2022, de 22 de marzo, sobre las garantías financieras en materia de residuos. (BOE núm. 78, de 01/04/2022).
- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación (BOE núm. 316, de 31/12/2016).
- Resolución de 16 de noviembre de 2015, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 6 de noviembre de 2015, por el que se aprueba el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022 (BOE núm. 297, de 12/12/ 2015).
- Resolución de 20 de diciembre de 2013, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 13 de diciembre de 2013, por el que se aprueba el Programa Estatal de Prevención de Residuos 2014-2020 (BOE núm. 20, de 23(01/2014).

- Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) para el período 2008-2015 (BOE núm. 49, de 26/02/2009).
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (BOE núm. 255, de 24/10/2007).
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados (BOE núm. 15, de 18/01/2005).
- Resolución de 28 de abril de 1995, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 17 de febrero de 1995, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos Peligrosos (BOE núm. 114 de 13/05/1995).
- Resolución de 14 de junio de 2001, de la Secretaría General de medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006 (BOE núm. 166, de 12/07/2001).

2.3 Normativa Autonómica

- Decreto 148/2008, de 22 de julio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Catálogo Aragonés de Residuos (BOA núm. 121, de 08/08/2008).
- Decreto 114/2020, de 25 de noviembre, pro el que se modifica el Decreto 148/2008, de 22 de julio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Catálogo Aragonés de Residuos (BOA núm. 239, de 02/12/2020).
- Orden DRS/1364/2018, de 27 de julio, por la que se da publicidad al Acuerdo del Gobierno de Aragón de fecha 24 de julio de 2018, por el que se aprueba el Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón 2018-2022 (BOA núm. 164, de 24/08/2018).
- Ley 11/2014, de 4 de diciembre, de Prevención y Protección Ambiental de Aragón (BOA núm. 241, de 10/12/2014).
- Ley 10/2013, de 19 de diciembre, del Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (BOA núm. 5, de 09/01/2014).
- Decreto 133/2013, de 23 de julio, del Gobierno de Aragón, de simplificación y adaptación a la normativa vigente de procedimientos administrativos en materia de medio ambiente (BOA núm. 152, de 02/08/2013).
- Orden de 6 de noviembre de 2007, del Departamento de Medio Ambiente, por la que se la que se acuerda la implantación del servicio público de eliminación de residuos peligrosos en la Comunidad Autónoma de Aragón (BOA núm. 137, de 21/11/2007).
- Decreto 262/2006, de 27 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento de la producción, posesión y gestión de los residuos de la construcción y la demolición, y del régimen jurídico del servicio público de eliminación y valorización de escombros que no procedan de obras menores de construcción y reparación domiciliaria en la Comunidad Autónoma de Aragón (BOA núm. 127, de 03/07/2009).
- Decreto 236/2005, de 22 de noviembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento de la producción, posesión y gestión de residuos peligrosos y del régimen jurídico del servicio público de eliminación de residuos peligrosos en la Comunidad Autónoma de Aragón (BOA núm. 147, de 12/12/2005).
- Decreto 117/2009, de 23 de junio, del Gobierno de Aragón, por el que se modifica el Decreto 262/2006, de 27 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el reglamento de la producción, posesión y gestión de los residuos de la construcción y la demolición, y del régimen jurídico del servicio público de eliminación y valorización de escombros que no procedan de obras menores de construcción y reparación domiciliaria en la Comunidad Autónoma de Aragón (BOA núm. 127, de 03/07/2009).
- Decreto 2/2006, de 10 de enero, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento de la producción, posesión y gestión de residuos industriales no peligrosos y del régimen jurídico del servicio público de eliminación de residuos industriales no peligrosos no susceptibles de valorización en la Comunidad Autónoma de Aragón (BOA núm. 8, de 23/01/2006).
- Acuerdo de 11 de enero de 2005, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Plan de Gestión Integral de los Residuos de la Comunidad Autónoma de Aragón 2005-2008. (BOA núm. 10, de 21/01/2005).

3. Definiciones

Se definen los términos relacionados con la gestión de residuos del modo siguiente:

Residuo: Cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseché o tenga la intención o la obligación de desechar. (Art. 2.a) de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular).

Residuos de construcción y demolición (RCD): cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de "Residuo" incluida en el artículo 2.a) de la Ley 7/2022, de 8 de abril, se genere por las actividades de construcción y demolición (Art. 2.a. del Real Decreto 105/2008 de RCD).

Residuo inerte: aquel residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas (Art. 2.a. del Real Decreto 105/2008 de RCD).

Residuos industriales: residuos resultantes de los procesos de producción, fabricación, transformación, utilización, consumo, limpieza o mantenimiento generados por la actividad industrial como consecuencia de su actividad principal (Art. 2.a. de la Ley 7/2022).

Residuo no peligroso: residuo que no está cubierto por la definición de residuo peligroso incluida en el artículo 2.a) de la Ley 7/2022, de 8 de abril (Art. 2.a. de la Ley 7/2022).

Residuo peligroso: residuo que presenta una o varias de las características de peligrosidad enumeradas en el anexo I de la Ley 7/2022 y aquél que sea calificado como residuo peligroso por el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa de la Unión Europea o en los convenios internacionales de los que España sea parte. También se comprenden en esta definición los recipientes y envases que contengan restos de sustancias o preparados peligrosos o estén contaminados por ellos, a no ser que se demuestre que no presentan ninguna de las características de peligrosidad enumeradas en el anexo I de la Ley 7/2022 (Art. 2.a. de la Ley 7/2022).

Residuos domésticos: residuos peligrosos o no peligrosos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares en composición y cantidad a los anteriores generados en servicios e industrias, que no se generen como consecuencia de la actividad propia del servicio o industria.

Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de, entre otros, aceites de cocina usados, aparatos eléctricos y electrónicos, textil, pilas, acumuladores, muebles, enseres y colchones, así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

Tendrán la consideración de residuos domésticos, los residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados (Art. 2.a. de la Ley 7/2022).

Biorresiduo: residuo biodegradable vegetal de hogares, jardines, parques y del sector servicios, así como residuos alimentarios y de cocina procedentes de hogares, oficinas, restaurantes, mayoristas, comedores, servicios de restauración colectiva y establecimientos de consumo al por menor, entre otros, y residuos comparables procedentes de plantas de transformación de alimentos (Art. 2.g. de la Ley 7/2022).

Residuos municipales:

1.º Los residuos mezclados y los residuos recogidos de forma separada de origen doméstico, incluidos papel y cartón, vidrio, metales, plásticos, biorresiduos, madera, textiles, envases, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, residuos de pilas y acumuladores, residuos peligrosos del hogar y residuos voluminosos, incluidos los colchones y los muebles,

2.º los residuos mezclados y los residuos recogidos de forma separada procedentes de otras fuentes, cuando esos residuos sean similares en naturaleza y composición a los residuos de origen doméstico.

Los residuos municipales no comprenden los residuos procedentes de la producción, la agricultura, la silvicultura, la pesca, las fosas sépticas y la red de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales, incluidos los

lodos de depuradora, los vehículos al final de su vida útil ni los residuos de construcción y demolición (*Art. 2.av. de la Ley 7/2022*).

Prevención: conjunto de medidas adoptadas en la fase de concepción y diseño, de producción, de distribución y de consumo de una sustancia, material o producto, para reducir:

- 1.º La cantidad de residuo, incluso mediante la reutilización de los productos o el alargamiento de la vida útil de los productos.
- 2.º Los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de los residuos generados, incluyendo el ahorro en el uso de materiales o energía.
- 3.º El contenido de sustancias peligrosas en materiales y productos.

(*Art. 2.z. de la Ley 7/2022*).

Productor de residuos: cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca residuos (productor inicial de residuos) o cualquier persona que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos. En el caso de las mercancías retiradas por los servicios de control e inspección en las instalaciones fronterizas, se considerará productor de residuos al titular de la mercancía o bien al importador o exportador de la misma según se define en la legislación aduanera. En el caso de las mercancías retiradas por las autoridades policiales en actos de decomisos o incautaciones efectuadas bajo mandato judicial, se considerará productor de residuos al titular de la mercancía (*Art. 2.ab. de la Ley 7/2022*).

Productor de residuos de construcción y demolición:

- 1.º La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor del residuo la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.
- 2.º La persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.
- 3.º El importador o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.

(*Art. 2.e. del Real Decreto 105/2008 de RCD*).

Poseedor de residuos: el productor de residuos u otra persona física o jurídica que esté en posesión de residuos. Se considerará poseedor de residuos al titular catastral de la parcela en la que se localicen residuos abandonados o basura dispersa, siendo responsable administrativo de dichos residuos, salvo en aquellos casos en los que sea posible identificar al autor material del abandono o poseedor anterior (*Art. 2.x. de la Ley 7/2022*).

Poseedor de residuos de construcción y demolición: la persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de gestor de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos. En todo caso, no tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena (*Art. 2.f. del Real Decreto 105/2008 de RCD*).

Gestión de residuos: la recogida, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la clasificación y otras operaciones previas; así como la vigilancia de estas operaciones y el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos. Se incluyen también las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente (*Art. 2.n. de la Ley 7/2022*).

Gestor de residuos: la persona física o jurídica, pública o privada, registrada mediante autorización o comunicación que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos (*Art. 2.n. de la Ley 7/2022*).

Recogida: operación consistente en el acopio, la clasificación y almacenamiento iniciales de residuos, de manera profesional, con el objeto de transportarlos posteriormente a una instalación de tratamiento (*Art. 2.ag. de la Ley 7/2022*).

Recogida separada: la recogida en la que un flujo de residuos se mantiene por separado, según su tipo y naturaleza, para facilitar un tratamiento específico (Art. 2.ah. de la Ley 7/2022).

Reutilización: cualquier operación mediante la cual productos o componentes de productos que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos (Art. 2.aw. de la Ley 7/2022).

Tratamiento: las operaciones de valorización o eliminación, incluida la preparación anterior a la valorización o eliminación (Art. 2.az. de la Ley 7/2022).

Valorización: cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general. En el anexo II de la Ley 7/2022 se recoge una lista no exhaustiva de operaciones de valorización (Art. 2.bb. de la Ley 7/2022).

Relleno: toda operación de valorización en la que se utilizan residuos no peligrosos aptos para fines de regeneración en zonas excavadas o para obras de ingeniería paisajística. Los residuos empleados para relleno deben sustituir a materiales que no sean residuos y ser aptos para los fines mencionados anteriormente y estar limitados a la cantidad estrictamente necesaria para lograr dichos fines. En el caso de que las operaciones de relleno vayan encaminadas a la regeneración de zonas excavadas, estas operaciones deben venir justificadas por la necesidad de restituir la topografía original del terreno. (Art. 2.ak. de la Ley 7/2022).

Preparación para la reutilización: la operación de valorización consistente en la comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa y dejen de ser considerados residuos si cumplen las normas de producto aplicables de tipo técnico y de consumo (Art. 2.y. de la Ley 7/2022).

Reciclado: toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno (Art. 2.af. de la Ley 7/2022).

Eliminación: cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o materiales, siempre que estos no superen el 50 % en peso del residuo tratado, o el aprovechamiento de energía. En el anexo III de la ley 7/2022 se recoge una lista no exhaustiva de operaciones de eliminación (Art. 2.i. de la Ley 7/2022).

Tratamiento previo: proceso físico, térmico, químico o biológico, incluida la clasificación, que cambia las características de los residuos de construcción y demolición reduciendo su volumen o su peligrosidad, facilitando su manipulación, incrementando su potencial de valorización o mejorando su comportamiento en el vertedero (Art. 2.g. del Real Decreto 105/2008 de RCD).

Vertedero: instalación para la eliminación de residuos mediante depósito en superficie o subterráneo. Tienen además la consideración de vertederos las siguientes instalaciones:

1.º Las instalaciones donde se almacenan residuos peligrosos, dentro o fuera del lugar de producción, por un periodo de tiempo superior a 6 meses.

2.º Las instalaciones que almacenan residuos no peligrosos, dentro y fuera del lugar de producción de los mismos, por un periodo de tiempo superior a 1 año si el destino previsto para los mismos es la eliminación y 2 años si el destino previsto es la valorización.

No tienen la consideración de vertederos las instalaciones donde los residuos son descargados y acondicionados para su transporte a otras instalaciones donde son valorizados, tratados o eliminados (Art. 2.i de. Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero).

Obra de construcción o demolición: la actividad consistente en:

1.º La construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil.

2.º La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos, con exclusión de aquellas actividades a las que sea

de aplicación la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas.

Se considerará parte integrante de la obra toda instalación que dé servicio exclusivo a la misma, y en la medida en que su montaje y desmontaje tenga lugar durante la ejecución de la obra o al final de la misma, tales como:

- Plantas de machaqueo
- Plantas de fabricación de hormigón, grava-cemento o suelo-cemento.
- Plantas de prefabricados de hormigón.
- Plantas de fabricación de mezclas bituminosas.
- Talleres de fabricación de encofrados.
- Talleres de elaboración de ferralla.
- Almacenes de materiales y almacenes de residuos de la propia obra.
- Plantas de tratamiento de los residuos de construcción y demolición de la obra.

(Art. 2.c. del Real Decreto 105/2008 de RCD).

4. Documentación de referencia y metodología

La elaboración del presente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición está basada en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, así como en la experiencia acumulada en la redacción de los Estudios de gestión de RCD y de proyectos de construcción y demolición anteriormente realizados, criterios técnicos del equipo redactor del proyecto ejecutivo y a las diferentes guías y normativa a nivel estatal:

- Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición del País Vasco.
- *“Manual de consulta rápida para productores, empresas, técnicos y ayuntamientos sobre la correcta gestión y reciclaje de los residuos de construcción y demolición, RCD, en España” (2015)*, elaborada por la Asociación Española de Reciclaje de RCD.
- *“Guía: Ratios nacionales. Generación de residuos de construcción y demolición” (2020)*, elaborada por el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE) y el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- *“Guía para la redacción de Estudios de Gestión de Residuos de construcción y demolición” (2008)* elaborada por la Agencia de Residuos de Cataluña y el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITEC).
- *“Herramienta EEH-AURREZTEN de apoyo para la redacción y revisión de EGRs, PGRs e IFGs” (2012)* elaborada por la Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco.
- Resolución de 14 de junio de 2001, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006.

Se han diferenciado los residuos procedentes de los trabajos de demolición y los residuos procedentes de los trabajos de construcción para el cálculo de volúmenes y pesos de los residuos.

4.1 Residuos procedentes de los trabajos de demolición

En este proyecto habrá demolición de firmes debido al cruce con infraestructuras viales. Para calcular el volumen de residuo de demolición se han utilizado los metros cuadros de firmes a demoler por el espesor del firme.

4.2 Residuos procedentes de los trabajos de construcción

Se trata de un proyecto de distribución de energía eléctrica en alta tensión (220 kV y 132 kV), a través de una infraestructura de líneas eléctricas soterradas, que conectarán la parcela del centro de datos CAR con la subestación eléctrica Montetorrero de 220 kV, ubicada en el término municipal de Zaragoza (Zaragoza).

Para la estimación del porcentaje de residuo que se generará en las diferentes actividades de construcción, se ha utilizado como punto de partida el presupuesto del proyecto, las cantidades de materiales a utilizar, así como criterios técnicos y experiencias previas en proyectos similares del equipo redactor del proyecto ejecutivo.

Para los siguientes residuos, la estimación se ha realizado aplicando un porcentaje de pérdidas de material a la medición total del material a utilizar en la obra, en base a la experiencia acumulada y a otros proyectos similares desarrollados, recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Porcentaje de pérdidas de material.

Código LER	Tipo de residuo	% pérdida de material
17 01 01	Hormigón	2%
17 03 02	Mezclas bituminosas	1%

Para el cálculo de los residuos mezclados de construcción y demolición, con código LER 17 04 07, se usará el 1,5% del total de RCD estimados para su cálculo.

Los residuos de madera, plástico, metales mezclados, residuos asimilables a urbanos y envases, se han calculado en base a criterios técnicos y experiencias previas en proyectos similares del equipo redactor del proyecto ejecutivo.

Las tierras y piedras no contaminadas generadas en la obra se identifican en este documento como residuo de construcción y demolición y se menciona su estimación, pero no se tienen en cuenta para el cálculo de los RCD. La descripción detallada del balance del movimiento de tierras se indica en el proyecto ejecutivo.

5. Identificación y estimación de residuos

Desde el punto de vista de su clasificación los residuos de construcción y demolición aparecen como tales a nivel de dos dígitos en el capítulo 17 del Catálogo europeo de residuos en la obra, codificados con arreglo a la Lista europea de residuos (LER) publicada en la Decisión de la Comisión, de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

Durante la ejecución del proyecto, que consiste en el desarrollo de las líneas de energía eléctrica soterradas que conectarán la parcela del centro de datos CAR con la subestación eléctrica Montetorrero de 220 kV, ubicada en el término municipal de Zaragoza (Zaragoza), así como la demolición de firmes, se generarán diferentes tipos de residuos.

En la siguiente tabla se indican los residuos de construcción y demolición que se podrían generar en la obra, codificados con arreglo a la Lista europea de residuos y de acuerdo al Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Tabla 2. Previsión de tipos de residuos de construcción y demolición generados en la obra. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.

Código LER	Tipo de residuo	Descripción y origen
17- RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (NATURALEZA PÉTREA)		
17 01.	Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos	

17 01 01	Hormigón	Restos de hormigón de las labores de ejecución de la zanja.
17 03. Mezclas bituminosas.		
17 03 02	Mezclas bituminosas sin alquitrán de hulla	Sobrantes del asfaltado de carreteras, vías de servicio y caminos y de la demolición de firmes.
17 05. Tierras, piedras y lodos de drenaje		
17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	Tierras sobrantes/excedentes de excavación (operaciones que implican movimientos de tierras, como apertura de zanjas).
17- RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (NATURALEZA NO PÉTREA)		
17 02. Madera, vidrio y plástico		
17 02 01	Madera	Envoltorios de materiales y encofrados.
17 02 03	Plástico	Recortes de tubos.
17 04. Metales, incluidas sus aleaciones		
17 04 01	Cobre, bronce y latón	Recorte de cables.
17 04 02	Aluminio	Recorte de cables.
17 04 07	Metales mezclados.	Recorte de cables y piezas sobrantes de los sistemas de fijación y montaje.
17 09. Otros residuos de construcción y demolición		
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	Labores de construcción y demoliciones de firmes.

Así mismo, es previsible la generación de otros residuos como:

- Residuos peligrosos derivados del uso de sustancias peligrosas como trapos y absorbentes y envases contaminados.
- Residuos no peligrosos como envases de papel y cartón, metálicos y de plástico, procedentes de envases, embalajes y envoltorios de materiales.
- Residuos asimilables a urbanos: en los campamentos de obra, debido a la actividad cotidiana de los trabajadores, aunque la cantidad se considera no significativa.

Si bien su estimación precisa habrá de hacerse en el citado Plan de Gestión de RCD en fases futuras del Proyecto de construcción, cuando se conozcan las condiciones de suministro y aplicación de tales materiales.

Tabla 3. Otros tipos de residuos generados en la obra. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.

Código LER	Tipo de residuo	Descripción y origen
15- RESIDUOS DE ENVASES; ABSORBENTES, TRAJOS DE LIMPIEZA, MATERIALES DE FILTRACIÓN Y ROPAS DE PROTECCIÓN NO ESPECIFICADOS EN OTRA CATEGORÍA		
15 01. Envases [incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal].		
15 01 02	Envases de plástico	Envases y embalajes de materiales.
15 01 04	Envases metálicos	Envases de materiales.
15 02 06	Envases compuestos	Envases de materiales.
15 01 10*	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas.	Uso de productos químicos.
15 02. Absorbentes, materiales de filtración, trajos de limpieza y ropas protectoras		
15 02 02*	Absorbentes, materiales de filtración [incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría], trajos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas.	Material contaminado como absorbentes y trajos impregnados.
20- RESIDUOS MUNICIPALES INCLUIDAS LAS FRACCIONES RECOGIDAS SELECTIVAMENTE		
20 01 Fracciones recogidas selectivamente [excepto las especificadas en el subcapítulo 15 01].		
20 01 01	Papel y cartón	Envoltorios de materiales.
20 03 01	Residuos asimilables a urbanos.	Actividad cotidiana de los trabajadores y restos de comida.

En las siguientes tablas, de acuerdo con las metodologías indicadas en el anterior epígrafe 4, queda reflejada la estimación de residuos de construcción y demolición que se generarán en obra. Tales residuos se corresponden con los derivados del proceso específico de la obra prevista y se han codificado de acuerdo a lo establecido en la Decisión 2014/955/UE de la Comisión, de 18 de diciembre de 2014 (Lista europea de residuos; LER).

5.1 Estimación de los residuos de demolición

Se estima una demolición de firmes de 3.500 m², de 15 cm de espesor, lo cual nos da un volumen de residuos demolición de 525,00 m³.

Tabla 4. Previsión de residuos de demolición generados en la obra según las estimaciones realizadas. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.

RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (NATURALEZA PÉTREA)						
Código LER	Descripción	Medición de material	Espesor	Volumen de residuos (m ³)	Densidad (t/m ³)	Peso de residuos (t)
17 03. Mezclas bituminosas						
17 03 02	Mezclas bituminosas sin alquitrán de hulla	1.230,00 m ²	0,15 m	184,50	2,10	387,45

5.2 Estimación de los residuos de construcción

Se estima la generación de los siguientes residuos de construcción aplicando un porcentaje de pérdidas de material a la medición total del material a utilizar en la obra, en base a la experiencia acumulada del equipo redactor del proyecto ejecutivo.

Tabla 5. Previsión de residuos de construcción generados en la obra según las estimaciones realizadas. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.

RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (NATURALEZA PÉTREA)						
Código LER	Descripción	Medición de material	% perdida material	Volumen de residuos (m ³)	Densidad (t/m ³)	Peso de residuos (t)
17 01. Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos						
17 01 01	Hormigón	24.868,09 m ³	2	497,36	2,30	1.143,93
17 03. Mezclas bituminosas						
17 03 02	Mezclas bituminosas sin alquitrán de hulla	10.686,00 m ³	1	1,99	2,10	4,17
17 09. Otros residuos de construcción y demolición						
17 09 04	Residuos de construcción y demolición mezclados	604,22 m ³	1,5% del total de RCD	9,06	1,90	4,77

Se estima la generación de los siguientes residuos de construcción en base a criterios técnicos y experiencias previas en proyectos similares del equipo redactor del proyecto ejecutivo.

Tabla 6. Previsión de residuos de construcción generados en la obra según las estimaciones realizadas. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.

RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (NATURALEZA NO PÉTREA)					
Código LER	Descripción	Peso de residuos (kg)	Peso de residuos (t)	Densidad (t/m ³)	Volumen de residuos (m ³)
17 02. Madera, vidrio y plástico					
17 02 01	Madera	166,99	0,17	0,60	0,28

17 02 03	Plástico	222,65	0,22	1,10	0,20
----------	----------	--------	------	------	------

17 04. Metales, incluidas sus aleaciones

17 04 07	Metales mezclados	89,78	0,09	7,40	0,01
----------	-------------------	-------	------	------	------

RESIDUOS MUNICIPALES INCLUIDAS LAS FRACCIONES RECOGIDAS SELECTIVAMENTE

Código LER	Descripción	Peso de residuos (kg)	Peso de residuos (t)	Densidad (t/m ³)	Volumen de residuos (m ³)
------------	-------------	-----------------------	----------------------	------------------------------	---------------------------------------

20 01 FRACCIONES RECOGIDAS SELECTIVAMENTE [EXCEPTO LAS ESPECIFICADAS EN EL SUBCAPÍTULO 15 01].

20 01 01	Papel y cartón	22,44	0,02	0,75	0,03
20 03 01	Residuos asimilables a urbanos	2.156,46	2,16	0,60	3,59

15 01. Envases [incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal].

Código LER	Descripción	Peso de residuos (kg)	Peso de residuos (t)	Densidad (t/m ³)	Volumen de residuos (m ³)
------------	-------------	-----------------------	----------------------	------------------------------	---------------------------------------

15 01 06	Envases mezclados	3.235,59	3,236	1,60	2,02
----------	-------------------	----------	-------	------	------

5.3 Estimación total de los residuos de construcción y demolición

A continuación, se presenta una tabla que recoge la estimación de los RCD en base a las premisas indicadas en los apartados anteriores:

Tabla 7. Tabla resumen de la previsión global de residuos de construcción y demolición generados en la obra según las estimaciones realizadas en fase de construcción y demolición. Fuente: AECOM, 2025.

Código LER	Residuo	Volumen de residuos (m ³)	Peso de residuos (t)
Naturaleza pétreo		797,79	1.760,56
17 01 01	Hormigón	497,36	1.143,93
17 03 02	Mezclas bituminosas	291,36	611,86
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición	9,06	4,77
Naturaleza no pétreo		6,14	5,89
17 02 01	Madera	0,28	0,17
17 02 03	Plástico	0,20	0,22
17 04 07	Metales mezclados	0,01	0,09
20 01 01	Papel y cartón	0,03	0,02
20 03 01	Residuos asimilables a urbanos	3,59	2,16
15 01 06	Envases	2,01	3,24

En cuanto a los residuos de tierras y piedras no contaminadas generadas en la obra, se incluye la previsión de cantidades de volumen total de excavación, volumen de material excavado reutilizado y volumen de excedentes que se generarán en obra.

Tabla 8. Residuos de tierras y piedras no contaminadas generadas en la obra. Fuente: AECOM a partir de datos proporcionados por el equipo técnico redactor del proyecto ejecutivo, 2025.

Balance de tierras	m³
Volumen total de excavación	80.188,70
Volumen de material excavado reutilizado	55.813,33
Volumen de excedentes	24.375,37

En cuanto al volumen de excedentes que no pueden ser reutilizados en la propia obra, se destinarán prioritariamente a plantas de tratamiento de áridos para su reciclaje, a rellenos de huecos de explotación minera para su empleo en labores de restauración y en caso de no ser viables estas opciones, se destinarán a vertederos autorizados.

6. Medidas para la prevención y minimización de residuos en la obra

Se proponen medidas generales para la prevención y la minimización de la generación de residuos durante la fase de ejecución del proyecto, y para fomentar la reutilización de materiales. Estas medidas deben ser concretadas por el contratista adjudicatario en el Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

6.1 Suministro de materiales

- Se deberá prever la cantidad de materiales que se necesitan para la ejecución de la obra. Un exceso de materias primas, además de encarecer la obra, es origen de un mayor volumen de residuos sobrantes durante la ejecución.
- La empresa adquirirá los materiales de obra a proveedores cuyas explotaciones cuenten con certificados de explotación sostenible. Las empresas proveedoras de materiales y servicios que dispongan de la certificación ISO 14001 y EMAS garantizarán una mejora ambiental continuada en sus procesos.
- Cuando el mercado no disponga de materiales con etiqueta ecológica se priorizará la elección de materiales con otros distintivos y certificados de calidad.
- Siempre que sea posible, se utilizará en cuantía superior al 50% material procedente de procesos de reciclado o reutilización, o de buen comportamiento energético o ambiental, para minimizar, en la medida de lo posible, los impactos asociados al agotamiento de los recursos naturales, la saturación de vertederos o depósitos de seguridad y la alteración del paisaje. Los materiales reciclados o reutilizados poseerán una certificación emitida por un laboratorio u organización independiente.
- Se utilizarán materiales duraderos y de bajo mantenimiento. Se exigirá a los proveedores la información necesaria sobre las características de los materiales y su composición, procedencia, garantía, distintivos de medio ambiente, calidad y planes de mantenimiento.
- Se dará prioridad a la adquisición de materiales por parte de suministradores próximos a la obra para favorecer la reducción de consumo de combustible y emisiones asociadas al transporte de mercancías.
- Realizar compras de productos que no tengan alguna característica de peligrosidad. Se intentará utilizar productos alternativos que sustituyan a los peligrosos evitando contaminaciones innecesarias y la generación de residuos peligrosos.
- Todos los materiales suministrados cumplirán las especificaciones técnicas del Proyecto, así como el Pliego de Prescripciones Técnicas y cualquier otra Norma de obligado cumplimiento.

6.2 Envases y embalajes

- Se reducirán los residuos de envases mediante prácticas como solicitud de materiales con envases retornables al proveedor, uso de envases de gran capacidad, reutilización de envases contaminados o recepción de

materiales a granel normalmente servidos en envases. Siempre que sea posible se solicitará a los proveedores que retiren sus propios envases.

- Se mantendrá el embalaje hasta la utilización del producto, con el fin de evitar daños sobre la materia prima que la conviertan en un residuo antes de su empleo.
- Minimización del volumen de envases y embalajes mediante compactación.
- Establecer en los contratos de suministro que los residuos de envases y embalajes sean retirados por el propio suministrador y que acredite su destino final.

6.3 Almacenamiento y acopio de materiales

- Será necesario prever el acopio de los materiales a cubierto y fuera de zonas de tránsito de la obra, de forma que permanezcan bien embalados y protegidos hasta el momento de su utilización, con el fin de evitar residuos procedentes de la rotura o deterioro de piezas.
- El acopio de los materiales se realiza de forma ordenada, controlando en todo momento la disponibilidad de los distintos materiales de construcción y evitando posibles desperfectos por golpes, derribos, etc.
- Para prevenir la generación de residuos se deberá prever la instalación de un punto de almacenaje de productos sobrantes reutilizables, de modo que en ningún caso puedan enviarse a vertederos, sino que se proceda a su aprovechamiento posterior por parte del Constructor.
- Se intentará reutilizar los materiales procedentes del derribo (escombros, hormigón) y tierras sobrantes en la obra para rellenos evitando, siempre que sea posible, su valorización y, sobre todo, su eliminación en vertederos.
- Las arenas y gravas se acopian en sobre una base dura para reducir desperdicios.
- Los materiales que endurecen con agua se protegerán de la humedad del suelo y se acopiarán en zonas techadas.
- Se realizará un plan de inspecciones periódicas de materiales, productos y residuos acopiados o almacenados para garantizar que se mantiene en las debidas condiciones.
- Durante toda su permanencia en obra se evitará el deterioro de los embalajes y pallets, con el objetivo de reutilizarlos cuantas veces sea posible.
- Se extremarán las precauciones durante el suministro y trasiego de materiales en la obra.

6.4 Demoliciones

- En la medida de lo posible, las tareas de demolición se realizarán empleando técnicas de demolición selectiva, con el fin de favorecer la reutilización, reciclado y valoración de los residuos generados.
- En caso de existir materiales abandonados se procederá a su retirada y gestión adecuada.
- Como norma general, la demolición se iniciará con los residuos peligrosos, posteriormente los residuos destinados a reutilización, tras ellos los que se valoricen y finalmente los que se transportarán a depósito de sobrantes.

6.5 Puesta en obra

- Se optimizará el empleo de materiales en obra evitando la sobredosificación o la ejecución con derroche de material especialmente de aquellos con mayor incidencia en la generación de residuos.
- Se agotará la vida útil de los medios auxiliares propiciando su reutilización en el mayor número de obras para lo que se extremarán las medidas de mantenimiento.
- Los útiles de trabajo se deben limpiar inmediatamente después de su uso para prolongar su vida útil.
- Aprovechar los materiales y los recortes de material y favorecer el reciclaje de aquellos elementos que tengan opciones de valorización.
- Todo personal involucrado en la obra dispondrá de los conocimientos mínimos de prevención de residuos y correcta gestión de ellos.
- Se incluirá en los contratos con subcontratas una cláusula de penalización por la que se desincentivará la generación de más residuos de los previsibles por una mala gestión de los mismos.

6.5.1 Manipulación y puesta en obra del hormigón

- Programar correctamente la llegada de camiones de hormigón para evitar el principio de fraguado y, por tanto, la necesidad de su devolución a planta que afecta a la generación de residuos y a las emisiones derivadas del transporte.
- Aprovechar los restos de hormigón fresco, siempre que sea posible (en la mejora de los accesos, zonas de tráfico, remates en obras de hormigón, etc.).
- Se determinarán lugares concretos para la limpieza de las cubas de hormigón con el fin de evitar la dispersión de restos. Estos depósitos estarán protegidos con plásticos que eviten el filtrado del material, y tras su endurecimiento, se procederá a su recuperación.

6.5.2 Manipulación de aceites minerales y sintéticos

- Recoger en envases sólidos y resistentes, sin defectos estructurales ni fugas.
- Almacenar en cisternas reconocibles y con letrero etiquetado.
- Evitar vertidos en cauces o en alcantarillado. Evitar depósitos en el suelo.
- Reducir la cantidad generada manteniendo las máquinas en buen estado.
- Reducir la cantidad generada usando las máquinas en su rango de mayor eficiencia.

6.5.3 Manipulación de productos líquidos

- Almacenar estos productos en lugar específico preparado para tal fin.
- Tapar los productos líquidos una vez finalizado su uso para evitar evaporación y vertidos por vuelcos accidentales.
- Reducir el uso de disolventes.
- Calcular la cantidad de pintura necesaria para evitar sobrantes. Almacenar la pintura sobrante y, siempre que sea posible, reutilizarla.

7. Medidas para la separación de residuos en obra

El objetivo de este tipo de medidas es establecer en origen un sistema de segregación y almacenamiento que permita realizar una separación adecuada de residuos tanto peligrosos como no peligrosos, acondicionando zonas para evitar las posibles afecciones al medio.

En fase de construcción se dispondrá de un sistema de punto limpio que garantice la adecuada gestión de los residuos peligrosos y no peligrosos generados, tanto líquidos como sólidos, como consecuencia de la ejecución de las obras, de modo que mediante el citado sistema el Contratista pueda proceder, en su caso, a operaciones de reutilización, valorización o eliminación de los residuos. Este punto limpio se encontrará dentro de las zonas de instalaciones auxiliares (ZIA), áreas designadas para apoyar las actividades de construcción y garantizar una gestión eficiente y segura de los recursos y residuos.

La preparación del suelo del punto de recogida y almacenaje de residuos consistirá en la extensión de una primera capa de arcilla, sobre la cual se situará una lámina, de fácil colocación y retirada, de material sintético e impermeable. En la zona de almacenamiento de residuos peligrosos, además, la parte inferior del punto limpio constará de una solera de hormigón, que actuará como cubeto de retención ante posibles derrames líquidos. La zona estará a resguardo de la lluvia. Los puntos limpios a instalar en las zonas de instalaciones auxiliares definidas en el Proyecto estarán convenientemente señalizados y se restringirá su acceso a ellos a personas ajenas a la obra. Las zonas de almacenamiento de residuos deberán situarse lo más alejados posible de áreas de influencia de cauces/ríos.

El poseedor de residuos (constructor) se encargará de almacenar separadamente los residuos hasta su entrega al gestor autorizado de residuos correspondiente y, en su caso, especificará en los contratos a formalizar con los subcontratistas la obligación que éstos contraen de retirar de la obra todos los residuos generados por su actividad, organizar el correspondiente servicio de recogida con una periodicidad suficiente, así como de responsabilizarse de su gestión posterior. La duración máxima del almacenamiento de los residuos no peligrosos en el lugar de producción será inferior a dos años cuando se destinen a valorización y a un año cuando se destinen a eliminación. En el caso de los residuos peligrosos, en ambos supuestos, la duración máxima será de seis meses.

Los residuos se segregarán en la propia obra a través de contenedores, acopios separativos u otros medios, de manera que se identifique claramente el tipo de residuo y sin mezclarse entre sí.

En cuando a residuos peligrosos, estos se deberán envasar de conformidad con lo establecido en el artículo 35 del Reglamento (CE) n.º 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y, no podrán ser almacenados más de 6 meses. Por este motivo, este tipo de residuos se etiquetarán de manera que quede claramente identificada la fecha en la que se inicia su almacenamiento. En esta etiqueta será necesario incluir, además:

- El código y la descripción del residuo conforme a lo establecido en el artículo 6 de la Ley 7/2022, así como el código y la descripción de las características de peligrosidad de acuerdo con el anexo I de la cita da ley.
- Nombre, Asignación de Número de Identificación Medioambiental (NIMA), dirección, postal y electrónica, y teléfono del productor o poseedor de los residuos.
- La naturaleza de los peligros que presentan los residuos, que se indicará mediante los pictogramas descritos en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 del Parlamento y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008.

Los citados residuos serán retirados o valorizados por gestores autorizados, o en su caso, reutilizados en obra, de acuerdo con lo que se establezca en Plan de Gestión de Residuos a redactar por el Contratista, según se establece en el RD 105/2008, en su Artículo 5, obligaciones del poseedor de residuos de construcción y demolición. Mediante la separación de residuos se facilitará su reutilización, valorización o eliminación.

Será necesario delimitar, señalizar, impermeabilizar y techar convenientemente la zona de acopio de residuos peligrosos. El sistema de punto limpio para los residuos peligrosos consistirá en un conjunto de contenedores, distinguibles según el tipo de residuo. Independientemente del tipo de residuos, el fondo y los laterales de los contenedores serán impermeables, pudiendo ser sin techo (abiertos) o con él (estancos).

Además, los residuos peligrosos líquidos se depositarán sobre cubetos de retención, arqueta, o cualquier otro sistema que garantice la seguridad frente a vertidos o escapes accidentales, cuya capacidad sea al menos la misma que la del contenedor. Se dispondrá en la obra de material absorbente de gran capacidad de absorción (sepiolita o similar) para recoger posibles derrames accidentales, y así evitar la contaminación del suelo o del agua.

Es importante resaltar además que la legislación de residuos obliga a no mezclar ni diluir los residuos peligrosos con otras categorías de residuos peligrosos ni con otros residuos, sustancias o materiales. Por lo tanto, será necesario agrupar los distintos residuos por clases en diferentes contenedores debidamente etiquetados para facilitar su gestión.

En cuanto a los residuos asimilables a urbanos, las medidas de almacenamiento y separación en obra serán las siguientes:

- Se dispondrán contenedores específicos para la recogida de basuras.
- Se tramitará una solicitud municipal para la colocación de contenedores de recogida selectiva de residuos urbanos, de manera que en la obra se pueda recoger de forma segregada envases, papel y cartón, o la gestión mediante gestor autorizado.

En la siguiente tabla queda reflejada la segregación y almacenamiento a realizar de los diferentes residuos generados en obra, clasificados por su Código LER (Lista Europea de Residuos).

Tabla 9. Segregación y almacenamiento de los residuos generados en la obra. Fuente: AECOM, 2025.

Residuos	Código LER	Segregación y almacenamiento en obra	Observación
LER – RESIDUOS NO PELIGROSOS			
Hormigón	17 01 01	Segregación en un contenedor con destino a un gestor autorizado.	Antes de su evacuación se verificará que no esté mezclados con otros residuos. Cuando lo estén con sustancias peligrosas se gestionarán como residuos peligrosos y su código será LER – 17 01 06 .

Residuos	Código LER	Segregación y almacenamiento en obra	Observación
Tierras y piedras	17 05 04	Acopios separativos con destino a vertedero autorizado.	Antes de su evacuación se verificará que no estén mezclados con otros residuos. Cuando lo estén con sustancias peligrosas se gestionarán como residuos peligrosos y su código será LER – 17 05 03 .
Madera	17 02 01	Acopios separativos o segregación en un contenedor con destino a un gestor autorizado.	Cuando la madera lleva incorporado algún tipo de tratamiento químico se gestionará como residuo peligroso y su código será LER – 17 02 04 .
Plástico.	17 02 03	Segregación en contenedor con destino a gestor autorizado.	Cuando el PVC lleva incorporado algún tipo de sustancia peligrosa se gestionarán como residuo peligroso y su código será LER-17 02 04 .
Chatarra de cobre, bronce, latón y aluminio.	17 04 01, 17 04 02	Segregación en un contenedor con destino a un gestor autorizado.	Cuando los residuos metálicos se encuentren mezclados con sustancias peligrosas, se gestionarán como residuos peligrosos y su código será LER – 170409 .
Metales mezclados	17 04 07	Segregación en un contenedor con destino a un gestor autorizado.	Cuando los residuos metálicos se encuentren mezclados con sustancias peligrosas, se gestionarán como residuos peligrosos y su código será LER – 170409 .
Restos de aglomerado asfáltico	17 03 02	Acopios separativos con destino a un vertedero autorizado.	Si las mezclas bituminosas contienen alquitrán de hulla, se gestionarán como residuo peligroso y su código será LER – 17 03 01 .
Envases de plástico	15 01 02	Segregación en un contenedor con destino a un gestor autorizado o mediante gestión municipal.	Cuando el envase de plástico lleve incorporado algún tipo de sustancia peligrosa se gestionará como residuo peligroso y su código será LER-15 01 10 .
Envases metálicos	15 01 04	Segregación en un contenedor con destino a un gestor autorizado o mediante gestión municipal.	Cuando el envase metálico lleve incorporado algún tipo de sustancia peligrosa se gestionará como residuo peligroso y su código será LER-15 01 10 .
Envases de papel y cartón	15 01 01	Segregación en un contenedor con destino a un gestor autorizado o mediante gestión municipal.	Cuando el envase de papel y cartón lleve incorporado algún tipo de sustancia peligrosa se gestionará como residuo peligroso y su código será LER-15 01 10 .
Papel y cartón	20 01 01	Segregación en un contenedor con destino a un gestor autorizado o mediante gestión municipal.	-
Residuos asimilables a urbanos. Restos de comida	20 03 01	Segregación en un contenedor con destino al gestor municipal de basuras.	-

Residuos	Código LER	Segregación y almacenamiento en obra	Observación
LER – RESIDUOS PELIGROSOS			
Absorbentes y trapos contaminados	15 02 02*	Segregación en contenedor de residuos peligrosos con destino a gestor autorizado.	Estos recipientes permanecerán cerrados y estarán debidamente identificados y etiquetados.
Envases vacíos de sustancias peligrosas (combustible, aceite, etc.)	15 01 10*	Segregación en contenedor de residuos peligrosos con destino a gestor autorizado.	Estos recipientes permanecerán cerrados y estarán debidamente identificados y etiquetados.

Además, en base al artículo 5 del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

- Hormigón: 80 t.
- Ladrillos, tejas, cerámicos: 40 t.
- Metal: 2 t.
- Madera: 1 t.
- Vidrio: 1 t.
- Plástico: 0,5 t
- Papel y cartón 0,5 t.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por la persona poseedora de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico o por razones de seguridad no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, la persona poseedora deberá encomendar la separación de fracciones a una persona gestora de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, la persona poseedora deberá obtener de la persona gestora de la instalación documentación acreditativa de que ésta ha cumplido, en su nombre, con esta obligación.

A tal efecto se deberán disponer de cuantos contenedores se estimen convenientes para llevar a cabo los niveles de separación contemplados en el apartado anterior.

Tabla 10. Separación en fracciones de RCD en la obra según residuos generados. Fuente: AECOM, 2025.

Código LER	Tipo de residuo	Estimación de cantidades para proyecto (t)	Límites de generación (RD 105/2008)	¿Debe separarse la fracción?
17 01 01	Hormigón	1.193,43	80 t	SI
17 04 05	Metal	0,01	2 t.	NO
17 02 01	Madera	0,28	1 t	NO
17 02 03	Plástico	0,20	0,5 t	NO
20 01 01	Papel y cartón	0,03	0,5 t	NO

De acuerdo con las cantidades estimadas de residuos del presente anejo, deberá separarse en obra la fracción de hormigón.

8. Operaciones de reutilización, valorización o eliminación de los residuos de la obra

El Real Decreto 105/2008 establece que los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden a operaciones de reutilización, reciclado u otras formas de valorización, por lo que el poseedor de los residuos estudiará la viabilidad de la posible reutilización o reciclaje de los materiales.

Los materiales más relevantes que se van a emplear en obra y que pueden provenir de un proceso de reciclado son:

1. Materiales procedentes de la demolición de obras. Son restos de hormigón, ladrillos y tejas generados en el proceso de demolición. Estos materiales son reciclables como áridos.
2. Materiales procedentes de la excavación. Se podrán utilizar como zahorras para bases, subbases y explanadas, zahorras para nivelación de terrenos, material de relleno y zanjas.
3. Zahorras. Se podrán utilizar materiales granulares reciclados, áridos siderúrgicos, subproductos y productos inertes de desecho, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en el Pliego.
4. Hormigón. Se podrán utilizar residuos procedentes de la fabricación de hormigón preparado o residuos de construcción y demolición, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en el Pliego.
5. Gravas de árido grueso y fino. Provenientes de demoliciones o de reciclado de hormigón, se valorizarán conforme a lo establecido en el artículo 13 del RD 105/2008, siempre que cumplan prescripciones técnicas exigidas en el Pliego.
6. Madera. Podrá proceder de reciclaje (encofrados, moldes, etc.), siempre que sus condiciones físicas y/o mecánicas no se hayan visto modificadas y siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en el Pliego.
7. Betunes asfálticos. Procedentes de la trituración de los neumáticos usados, siempre que sea técnica y económicamente viable y siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en el Pliego.
8. Tierra Vegetal. Seleccionada cuidadosamente y acopiada para ser empleada en la propia obra en los trabajos de restauración.

Lo materiales que son potencialmente reciclables son:

- Los materiales pétreos: hormigón en masa, armado o precomprimido, piedra natural y gravas.
- Los materiales metálicos: hierro, acero, fundición, cinc, aluminio, etc.
- Plásticos, madera, asfalto, neopreno y betunes.

Lo materiales que son potencialmente reutilizables son la tierra fértil de la propia obra, revestimientos de paneles ligeros, elementos prefabricados, chapas, mamparas, barandillas, así como las casetas de obra, la maquinaria de climatización y el mobiliario fijo de las instalaciones auxiliares.

El Plan de Gestión de Residuos preverá la contratación de Gestores de Residuos autorizados por el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón (Sistema Integrado de Calidad Ambiental (SICA)), para su correspondiente retirada y, en su caso, y tratamiento posterior.

Los gestores y transportistas dados de alta en la actualidad se pueden consultar en la siguiente página: <http://calidadambiental.aragon.es/ia/estadisticasresiduos.aspx?id=3>

Se deberá realizar un análisis de los materiales que supongan un mayor volumen de utilización de materias primas del proyecto susceptibles en su caso de generar residuos de construcción y demolición.

En el caso de las tierras no contaminadas por sustancias peligrosas sobrantes, se cumplirá con artículo 3.1.a. del RD 105/2008, serán reutilizadas en la misma obra, como restauración de préstamos o, en último caso, llevadas a vertedero autorizado para su correcta gestión.

Se indica, a continuación, una descripción detallada de los materiales que se van a emplear en obra y que pueden provenir de un proceso de reciclado.

8.1 Hormigones

Se establecerá la procedencia de los materiales para la fabricación del hormigón, indicando si se utilizarán materiales procedentes de extracción en obra u otro lugar, o en su caso provendrán de suministradores externos. El hormigón es potencialmente reciclable al 100%, pudiéndose utilizar como material de relleno, subbase o árido para hormigones.

Se indicará el emplazamiento previsto en obra para su acumulación hasta el momento de su utilización, previendo que las condiciones de almacenamiento sean las adecuadas para la conservación de esos materiales en las mejores condiciones, de manera que no se produzca su deterioro previo a la utilización, evitando la generación de residuos.

8.2 Materiales procedentes de la demolición de obras

Son restos de hormigón generados en el proceso de demolición de obras ya existentes, o en posibles modificaciones realizadas en las mismas. Estos materiales son potencialmente reciclables como material drenante, árido para hormigones o pavimento (tierra batida). Además, durante el desarrollo de la propia obra, los trozos de estos materiales podrán ser utilizados como material drenante de relleno, siempre que cumplan las prescripciones técnicas del Pliego.

Para su salida al exterior será necesario recoger los restos que se generen y almacenarlos en contenedores separados con el resto de los residuos pétreos. Las piezas de mayor tamaño serán reutilizadas con mayor facilidad, pudiendo proceder a su trituración y posible empleo en fábrica para la producción de material en el caso de ladrillos y productos cerámicos.

8.3 Bloque y elementos prefabricados de cemento

Como material pétreo, es potencialmente reciclable como material drenante, árido para hormigones o pavimento, añadiendo a esto la fácil reutilización de los elementos prefabricados.

Durante el desarrollo de la obra, se recogerán los restos y limpieza de obras y se almacenarán en contenedores separados con el resto de los residuos pétreos.

8.4 Pavimentos asfálticos

Cada día es más común en las obras de refuerzo y rehabilitación de firmes asfálticos de carreteras, el empleo del procedimiento de fresado de las capas asfálticas envejecidas para su posterior reposición con nuevas mezclas. Esta técnica da lugar a la generación de materiales con un alto potencial de reutilización, tanto de los áridos, como del ligante contenido en ellos. Parece claro que desde el punto de vista ambiental y de aprovechamiento de los materiales, las técnicas de reciclado son altamente interesantes y beneficiosas, sin embargo, en España, algunas de las técnicas para el reciclado de pavimentos asfálticos están poco desarrolladas, tal es el caso del reciclado en caliente en planta, el cual se ha empleado raras veces hasta el momento.

Se entiende por "Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente en Planta" el proceso mediante el cual los materiales recuperados de firmes bituminosos deteriorados o de mezclas nuevas que no han sido utilizadas por ser un excedente o por no cumplir con las especificaciones del proyecto se mezclan en una central con árido virgen, betún nuevo y/o agentes rejuvenecedores, en las proporciones adecuadas, para producir una nueva mezcla en caliente que cumpla con los requerimientos de calidad, resistencia y durabilidad exigidos para en el tipo de capa que será utilizada.

Se puede decir que el 100% de los materiales recuperados de pavimentos asfálticos deteriorados son susceptibles de ser reciclados, ya sea en la misma obra en la que son generados, en otro pavimento (práctica más habitual) o con propósitos diferentes de la fabricación de firmes.

8.5 Plásticos

Originados básicamente por recortes, materiales rechazados por su inadecuada calidad y roturas por deficiente manipulación, reciclados pueden ser destinados a la fabricación de productos secundarios, o bien en la medida que pueden recuperarse libres de impurezas, son susceptibles de incorporarse al mercado del reciclado para dar lugar a los mismos o similares productos que originaron el residuo.

A continuación, se incluye un cuadro en el que se indica la gestión a realizar con los residuos de construcción y demolición generados en obra, de acuerdo a los Anexos II y III de la Ley 7/2022, donde se incluyen las operaciones de valorización y eliminación de residuos.

Tabla 11. Operaciones de tratamiento y destino de los Residuos de Construcción y Demolición. Fuente: AECOM, 2025.

Código LER	Descripción	Tratamiento	Destino
17- RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (NATURALEZA PÉTREA)			
17 01. Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos			
17 01 01	Hormigón	R05. Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas.	Planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.
17 03. Mezclas bituminosas.			
17 03 02	Mezclas bituminosas sin alquitrán de hulla	R05. Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas.	Planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.
17 05. Tierras, piedras y lodos de drenaje			
17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	R0309. Preparación para la reutilización de sustancias orgánicas, o sin tratamiento.	Reutilización, planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.
17- RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (NATURALEZA NO PÉTREA)			
17 02. Madera, vidrio y plástico			
17 02 01	Madera	R03. Reciclado/ recuperación de materias orgánicas. R0309. Preparación para la reutilización de sustancias orgánicas.	Reutilización, planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.
17 02 03	Plástico	R05. Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas.	Planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.
17 04. Metales, incluidas sus aleaciones			
17 04 01	Cobre, bronce y latón	R04. Reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos.	Planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.
17 04 02	Aluminio	R04. Reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos.	Planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.
17 04 05	Hierro y acero	R04. Reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos.	Planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.

Código LER	Descripción	Tratamiento	Destino
17 04 07	Metales mezclados	R04. Reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos.	Planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.
17 09. Otros residuos de construcción y demolición			
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	R05. Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas.	Planta de reciclaje RCD o gestor autorizado de RNP.

9. Planos

Se incluye un esquema del punto limpio de la obra, con las diferentes zonas de almacenamiento de residuos peligrosos y no peligrosos, y con información sobre cómo se debe acondicionar la superficie del mismo.

El punto limpio estará situado dentro de la ZIA de la obra, cuyos planos se encuentran como anejo al proyecto ejecutivo, , representado en los Planos de Medidas Ambientales y Restauración del ámbito de actuación, incluidos en el Documento Planos.

Posteriormente, este esquema deberá adaptarse a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución y se deberán elaborar los planos necesarios para detallar las proporciones y medidas del punto limpio. Esta información se incluirá dentro del Plan de Gestión de RCD y previo acuerdo del Responsable Ambiental de la obra.

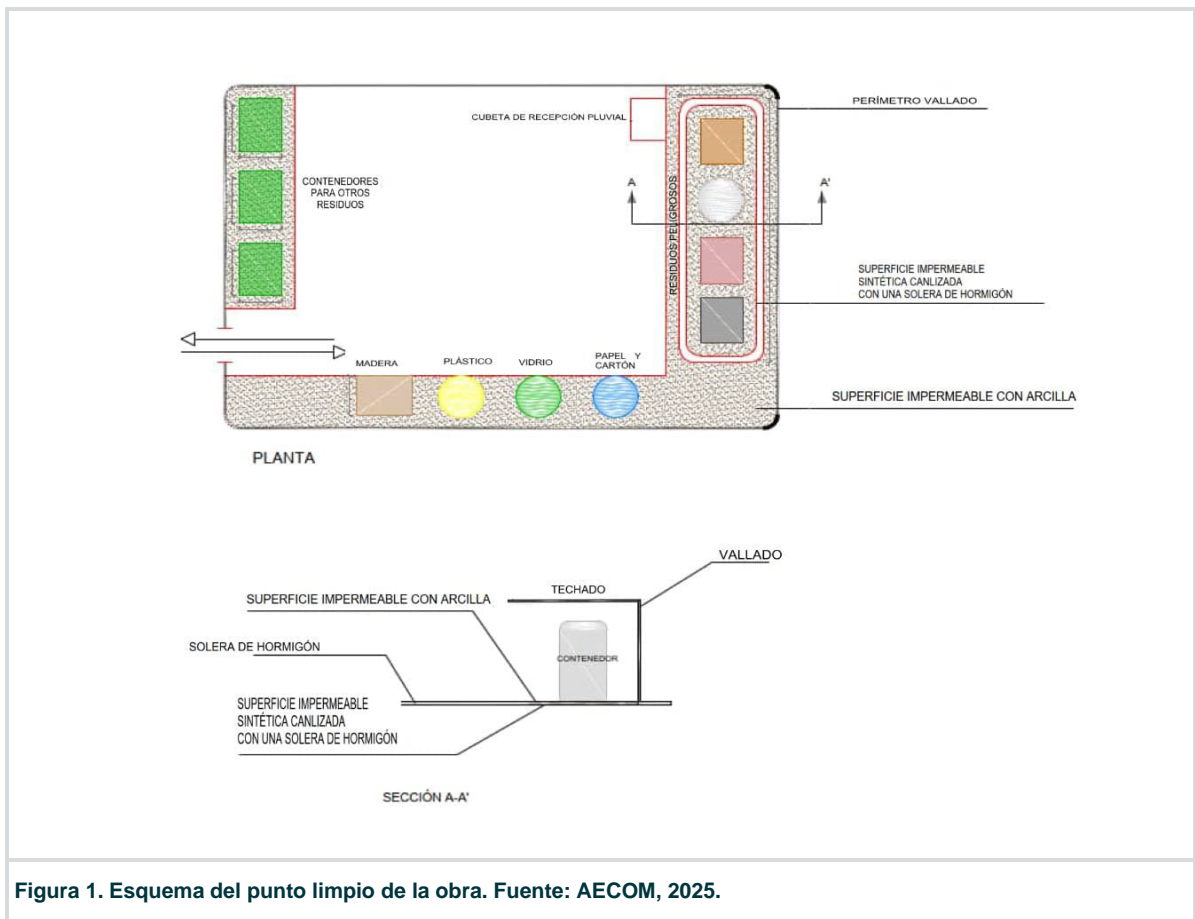


Figura 1. Esquema del punto limpio de la obra. Fuente: AECOM, 2025.

10. Prescripciones técnicas

10.1 Pliego de prescripciones técnicas generales

10.1.1 Elaboración del Plan de Gestión de RCD

Tal y como refleja el artículo 5.1 del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (en adelante RCD), el contratista adjudicatario de la obra está obligado, antes del inicio de las obras, a presentar a la Dirección de Obra del promotor un plan, que se denominará Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (en adelante el PGR).

El PGR deberá concretar en detalle cómo se llevarán a cabo sus obligaciones en relación con los RCD, así como las directrices y medidas contempladas en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición del proyecto constructivo. Deberá contener, además, los planos de instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y gestión de RCD. Este Plan, una vez aprobado por la Dirección de Obra, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El contratista deberá asegurarse de que todo el personal de la obra conoce sus responsabilidades para el cumplimiento del PGR.

10.1.2 Documentación de la gestión de los RCD

Tal como se recoge en el artículo 5.7 del Real Decreto 105/2008 el poseedor de los RCD, en este caso el contratista adjudicatario de la obra, estará obligado a entregar al productor de los RCD, en este caso el promotor, la documentación acreditativa de que los residuos de construcción y demolición producidos en la obra han sido gestionados en la misma o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos regulados en la normativa y, especialmente, en el PGR o en sus modificaciones. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

Se dispondrá de un archivo electrónico donde se recojan, por orden cronológico, la cantidad, naturaleza y origen del residuo generado y la cantidad de productos, materiales o sustancias, y residuos resultantes de la preparación para la reutilización, del reciclado, de otras operaciones de valorización y de operaciones de eliminación; y cuando proceda, se inscribirá también el destino, la frecuencia de recogida, el medio de transporte y el método de tratamiento previsto del residuo resultante, así como el destino de productos, materiales y sustancias. Se guardará la información del archivo cronológico durante, al menos, cinco años y estará a disposición de las autoridades competentes a efectos de inspección y control.

10.1.3 Almacenamiento, entrega y destino de los RCD

Tal como establece el artículo 5.2 del Real Decreto 105/2008, el contratista poseedor de residuos:

- Deberá mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.
- Cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión.
- Destinará los residuos de construcción y demolición preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.
- En este sentido, el contratista deberá atender al artículo 11 del Real Decreto 105/2008 en el que se recoge que “se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo. Esta disposición no se aplicará a los residuos inertes cuyo tratamiento sea técnicamente inviable ni a los residuos de construcción y demolición cuyo tratamiento no contribuya a los objetivos establecidos en el artículo 1 ni a reducir los peligros para la salud humana o el medio ambiente.”

10.1.4 Control del subcontratista

El contratista adjudicatario deberá asegurarse de que los subcontratistas aceptan, conocen y cumplen el Plan de Gestión de RCD. Se deberán conservar los documentos acreditativos firmados por los subcontratistas de que han recibido la información de dicho Plan.

Se incluirán los criterios medioambientales sobre la gestión de residuos en el contrato con contratistas, subcontratistas y autónomos, definiendo las responsabilidades en las que incurrirán en el caso de incumplimiento.

10.1.5 Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

10.1.6 Punto limpio

10.1.6.1 Definición y condiciones generales

Para la correcta gestión de los diferentes residuos generados en la obra es necesario establecer una zona de acopio donde clasificarlos y almacenarlos hasta que se transporte a su emplazamiento definitivo, que deberá ser realizado por transportista y gestor autorizado, que se denomina "punto limpio".

10.1.6.2 Condiciones del proceso de ejecución

El punto limpio estará situado dentro de la zona de instalaciones auxiliares (ZIA) de la obra, deberá estar señalizado y delimitado, impidiendo el acceso a personas ajenas a la obra. La zona de acopio de residuos deberá estar techada y se dispondrá de los contenedores necesarios para el correcto almacenamiento de los residuos.

El punto limpio constará de una zona despejada donde se dispondrán los contenedores para los residuos no peligrosos y una zona especialmente acondicionada para los peligrosos. Los contenedores de residuos deben señalar claramente el tipo de residuo que contiene, mediante etiquetas identificativas y de acuerdo con la normativa vigente. Los residuos peligrosos líquidos se colocarán en cubetos de retención o cualquier otro sistema que asegure la protección contra derrames o fugas accidentales, cuya capacidad sea al menos igual a la del contenedor.

Se dispondrá en el punto limpio de material absorbente de gran capacidad de absorción (sepiolita o similar) para recoger posibles derrames accidentales.

En cada una de las zonas de obra donde se realicen trabajos se dispondrá una zona de acopio de material temporal, que diariamente deberá llevarse al punto limpio general de la obra.

10.1.6.3 Medición y abono

Puesta en obra y desmantelamiento de punto limpio en obra para acopio y almacenamiento de los residuos generados en la construcción. Incluye una zona despejada para el acopio de material no peligroso, así como una zona habilitada para materiales peligrosos. Esta última se constituye por una estructura de chapa prefabricada que supone la parte superior del almacenamiento (techo y las paredes), la parte inferior consta de una solera de hormigón, (que actuará como cubeto de retención ante posibles derrames líquidos), para constituir la base del almacén que deberá tener una mínima inclinación para desembocar a un sumidero que se conectará con un tubo a una arqueta prefabricada. El precio del almacén incluye además un cartel de identificación, un extintor de polvo ABC, así como sepiolita para recoger posibles derrames líquidos pastosos (ej. grasas). Inclusive la mano de obra necesaria para la colocación del cartel, el extintor, la sepiolita, así como de la lámina de plástico y tornillos que sujeten la estructura prefabricada a la solera de hormigón.

Se abonará al precio indicado en el Cuadro de Precios.

10.2 Pliego de prescripciones técnicas particulares

10.2.1 Clasificación y recogida selectiva

10.2.1.1 Definición y condiciones generales

Consiste en el conjunto de operaciones para la recogida selectiva, clasificación y depósito de los residuos en las zonas designadas para el almacenamiento temporal de residuos en obra con objeto de que sean retirados por

gestores de residuos autorizados (inscritos en el registro de producción y gestión de residuos) y entregados a instalaciones de tratamiento de gestor de residuos autorizado.

Los residuos serán clasificados en contenedores o zonas de acopio designadas en las distintas categorías según la Lista Europea de Residuos (LER) y en particular según lo indicado en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) del proyecto, el cual se actualizará en mayor detalle en fases posteriores, mediante la elaboración de Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

10.2.1.2 Condiciones del proceso de ejecución

Se procederá a recoger, clasificar y depositar separadamente por tipo de residuo en contenedores (bidones, cubetos metálicos o bolsas tipo big-bag) ubicados en las zonas designadas para el almacenamiento temporal de residuos en obra previamente a su retirada por gestores de residuos autorizados (inscritos en el registro de producción y gestión de residuos).

10.2.1.3 Medición y abono

Clasificación a pie de obra de residuos de construcción o demolición según normativa vigente, excepto tierras y piedras de excavación, mediante medios manuales y su depósito en la zona principal de almacenamiento de residuos de la obra.

Se medirá por metros cúbicos (m^3) de volumen realmente recogidos y clasificados que se acreditará con los documentos oficiales de control y seguimiento de los diferentes residuos generados en obra entregados por los gestores registrados que realicen la retirada de los residuos y los aportados por las instalaciones de tratamiento de gestor de residuos autorizado.

Se abonará al precio indicado en el Cuadro de Precios.

10.2.2 Gestión de residuos de construcción y demolición no peligrosos (pétreos y no pétreos)

10.2.2.1 Definición y condiciones generales

Consiste en el conjunto de operaciones para la recogida, el transporte y la valorización de los residuos de construcción y demolición no peligrosos (RNP) de carácter pétreo (hormigón y mezclas bituminosas) y no pétreos (madera, plástico, metal, papel y cartón, envases).

Estas operaciones serán realizadas por gestores de residuos autorizados (inscritos en el registro de producción y gestión de residuos). Se incluye la carga, el transporte y la entrega de los residuos a instalación de tratamiento de gestor de residuos autorizado o vertedero autorizado de RCD.

10.2.2.2 Condiciones del proceso de ejecución

Los gestores de residuos autorizados procederán a la retirada periódica de los residuos almacenados en las zonas designadas para el almacenamiento temporal de residuos y los entregarán en instalaciones de tratamiento de residuos de gestores autorizados. El transporte y la retirada se realizará separando los residuos no peligrosos no pétreos de residuos no peligrosos pétreos.

Se cumplirán las siguientes obligaciones documentales con respecto a RCD:

- Tener documentado la cantidad total de residuo inerte producido y la proporción que se ha reutilizado, reciclado, valorado y/o llevado a vertedero.
- Copia de la autorización como gestor autorizado por la comunidad autónoma donde desarrolle su actividad. Con ello se comprueba que la empresa contratada está autorizada por la Administración. En este documento queda definido qué residuo puede gestionar, el tratamiento que realiza y la fecha límite para la que se ha concedido la autorización.
- Documentos de aceptación de los residuos contratados, albaranes de retirada de los residuos y documentos de control y seguimiento de estos residuos.

10.2.2.3 Medición y abono

Se medirá por metros cúbicos (m^3) de volumen realmente recogidos y clasificados de RCD que se acreditará con los documentos oficiales de control y seguimiento de los residuos entregados por los gestores autorizados que realicen la retirada de los residuos y los aportados por las instalaciones de tratamiento del gestor de residuos autorizado.

Se abonará al precio indicado en el Cuadro de Precios.

10.2.3 Gestión de residuos peligrosos

10.2.3.1 Definición y condiciones generales

Consiste en el conjunto de operaciones para la recogida, el transporte y la valorización de los residuos de construcción y demolición peligrosos (RP), constituidos por residuos que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas.

Estas operaciones serán realizadas por gestores de residuos autorizados (inscritos en el registro de producción y gestión de residuos).

10.2.3.2 Condiciones del proceso de ejecución

El Responsable ambiental de la obra, junto con el contratista determinarán, antes del comienzo de las obras, la potencial generación de Residuos Peligrosos. Si se determina que durante la obra se generará una cantidad menor a 10 toneladas de residuos peligrosos, el contratista deberá inscribirse en el registro de Pequeños Productores de Residuos Peligrosos. Si se estimase que durante la obra se generará una cantidad mayor a 10 toneladas, el contratista deberá inscribirse en el registro de Productores de Residuos Peligrosos.

Los gestores de residuos autorizados procederán a la retirada periódica de los residuos peligrosos almacenados en las zonas designadas para el almacenamiento temporal de residuos y los entregarán en instalaciones de tratamiento de residuos de gestores autorizados. El tiempo de almacenamiento debe ser inferior a seis meses desde la fecha en la que se inicia su almacenamiento indicado en la etiqueta del residuo. Se recomienda hacer coincidir la fecha del envasado de los distintos tipos de RP, para poder coordinar su retirada, y así abaratar costes.

Los recipientes o envases que contengan residuos peligrosos deberán estar etiquetados de forma clara y visible, legible e indeleble, al menos en la lengua española oficial del Estado. En la etiqueta deberá figurar:

- El código y la descripción del residuo conforme a lo establecido en el artículo 6, así como el código y la descripción de las características de peligrosidad de acuerdo con el anexo I.
- Nombre, Asignación de Número de Identificación Medioambiental (NIMA), dirección, postal y electrónica, y teléfono del productor o poseedor de los residuos.
- Fecha en la que se inicia el depósito de residuos.
- La naturaleza de los peligros que presentan los residuos, que se indicará mediante los pictogramas descritos en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 del Parlamento y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008.

La etiqueta deberá ser firmemente fijada sobre el envase, debiendo ser anuladas, si fuera necesario, las indicaciones o etiquetas anteriores, de forma que no induzcan a error o desconocimiento del origen y contenido del envase en ninguna operación posterior del residuo. El tamaño de la etiqueta deberá tener como mínimo las dimensiones de 10 × 10 cm. No será necesaria una etiqueta cuando sobre el envase aparezcan marcadas de forma clara las inscripciones indicadas, siempre y cuando estén conformes con los requisitos exigidos.

La zona de almacenamiento debe estar acotada y claramente identificada para el correcto almacenamiento de los residuos peligrosos y que reúna las condiciones adecuadas de higiene y seguridad. Los residuos peligrosos deberán estar protegidos de la intemperie, en un lugar techado y con suelo impermeabilizado, y con sistemas de retención de vertidos y derrames. No se almacenarán cerca de depósitos de combustibles. Se tendrán en cuenta incompatibilidades y, en la medida de lo posible, no se almacenarán en zonas contiguas a edificios habitados o a casetas de obras. Las zonas de almacenamiento de residuos peligrosos deberán situarse lo más alejados posible de áreas de influencia de cauces/ríos.

Los gestores de residuos autorizados para el transporte procederán a la retirada periódica de los residuos almacenados en las zonas designadas para el almacenamiento temporal de residuos y los entregarán en instalaciones de tratamiento de residuos de gestores autorizados.

Se asegurará el control documental del RP desde que es generado hasta el lugar donde será tratado o eliminado, (desde el productor al gestor). Se cumplirán las siguientes obligaciones documentales con respecto a RP:

- Copia de la autorización como gestor autorizado por la comunidad autónoma donde desarrolle su actividad. Con ello se comprueba que la empresa contratada está autorizada por la Administración. En este documento queda definido qué residuo puede gestionar, el tratamiento que realiza y la fecha límite para la que se ha concedido la autorización.

- Documentos de aceptación de los residuos contratados, albaranes de retirada de los residuos y documentos de control y seguimiento de estos residuos.

10.2.3.3 Medición y abono

Se medirá por toneladas (t) de peso realmente recogidas y clasificadas de residuos peligrosos que se acreditará con los documentos oficiales de control y seguimiento de los residuos entregados por los gestores registrados que realicen la retirada de los residuos y los aportados por las instalaciones de tratamiento de gestor de residuos autorizado.

11. Coste previsto de la gestión de residuos

El coste previsto para la gestión de los residuos de construcción y demolición de la obra es el siguiente:

Tabla 12. Coste previsto de gestión de RCD. Fuente: AECOM, 2025.

Código	Operación	Cantidad	Unidad	Precio (€)	Total (€)
U12010010	Puesta en obra y desmantelamiento de punto limpio en obra para acopio y almacenamiento de los residuos generados en la construcción.	1	Ud.	3.236,87	3.236,87
U12031010	Clasificación a pie de obra de residuos de construcción o demolición en fracciones según normativa vigente, excepto tierras y piedras de excavación, mediante medios manuales y su depósito en la zona principal de almacenamiento de residuos de la obra.	497,36	m ³	6,55	3.257,71
U12032210	Carga, transporte y descarga de residuos de construcción y demolición no peligrosos no pétreos (maderas, plásticos, metales, envases, etc.) sobre dumper, por medios manuales considerando dos peones ordinarios. Sin incluir clasificación de residuos ni alquiler de contenedor.	6,14	m ³	16,73	102,72
U12032130	Carga, transporte y descarga de RCD no peligrosos de naturaleza pétreo (excepto tierras y piedras) constituidos por hormigón y mezclas bituminosas, a cantera autorizada, centro de clasificación y tratamiento o vertedero autorizado de RCD, por transportista autorizado para distancias menores o iguales a 40 km, considerando ida y vuelta, carga por medios mecánicos sobre camión basculante de 20 t, incluidos medios auxiliares necesarios. Sin incluir clasificación de residuos ni alquiler de contenedor.	797,78	m ³	25,08	20.008,32
U12033010	Canon vertido residuos limpios de construcción y demolición. Deposición controlada en centro de clasificación y tratamiento o vertedero autorizado de RCD, de residuos limpios de construcción y demolición separados en fracciones.	497,36	m ³	13,25	6.590,02

U12033020	Canon de vertido de residuos mezclados de construcción y demolición. Deposición controlada en centro de clasificación y tratamiento o vertedero autorizado de RCD, de residuos mezclados de construcción y demolición.	15,20	m ³	16,43	249,74
U12033030	Canon vertido mezclas bituminosas (LER 17 03 02). Deposición controlada en centro de clasificación y tratamiento o vertedero autorizado de RCD, de mezclas bituminosas (LER 17 03 02) resultantes de fresado de firmes asfálticos, medido sobre perfil.	291,36	m ³	18,02	5.250,31

El precio total de la gestión de residuos de construcción y demolición es de **treinta y ocho mil seiscientos noventa y cinco euros con sesenta y nueve céntimos (38.695,69 €)** IVA no incluido.

Anejo 4 INTEGRACIÓN AMBIENTAL

ANEJO 4

INTEGRACIÓN AMBIENTAL

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Introducción y antecedentes.....	6
2.	Descripción del proyecto	6
3.	Marco legal y trámites asociados	7
3.1	Marco legal	7
3.1.1	Disposiciones legales	7
4.	Diagnóstico territorial y del medioambiente.....	7
4.1	Delimitación preliminar del ámbito de estudio.....	7
4.2	Descripción del medio físico	8
4.2.1	Climatología.....	8
4.2.2	Cambio climático	10
4.2.3	Calidad del aire.....	11
4.2.4	Ruido ambiental.....	11
4.2.5	Geología y geomorfología.....	12
4.2.6	Edafología y erosión	13
4.2.7	Hidrología superficial	13
4.2.8	Hidrogeología	13
4.3	Descripción del medio biótico	14
4.3.1	Espacios naturales protegidos y/o de interés	14
4.3.1.1	Red Natura 2000	14
4.3.1.2	Red de Espacios Naturales Protegidos de Aragón	14
4.3.1.3	Reservas Biosfera.....	14
4.3.1.4	Humedales Ramsar.....	14
4.3.1.5	Áreas Importantes para las Aves y la Biodiversidad (IBAs).....	14
4.3.2	Hábitats y vegetación.....	14
4.3.2.1	Encuadre bioclimático y biogeográfico	14
4.3.2.2	Vegetación potencial	15
4.3.2.3	Vegetación actual.....	15
4.3.3	Fauna.....	16
4.3.3.1	Biotopos	16
4.3.3.2	Áreas de interés faunístico.....	16
4.3.3.3	Prospección faunística	17
4.4	Descripción del medio histórico-cultural y paisaje	18
4.4.1	Patrimonio cultural	18
4.4.2	Vías pecuarias.....	19
4.4.3	Montes de Utilidad Pública	19
4.4.4	Usos del suelo	19
4.4.5	Caracterización del paisaje.....	20
4.5	Descripción del medio socioeconómico.....	20
4.5.1	Administración territorial	20
4.5.2	Demografía	20
4.5.3	Empleo y actividad económica	21
4.5.3.1	Indicadores de empleo.....	21
4.5.3.2	Actividad económica	21
4.5.4	Cotos de caza y pesca.....	21
4.5.5	Infraestructura de comunicación y servicios	22
5.	Medidas preventivas y correctoras	22

5.1	Introducción	22
5.2	Ámbito de las actuaciones y zonas de instalaciones auxiliares (ZIA)	22
5.2.1	Condicionantes ambientales en las superficies de actuación y localización de elementos auxiliares	22
5.2.1.1	Zona de Instalaciones Auxiliares (ZIA) temporales	24
5.2.1.2	Accesos a obra	25
5.2.2	Resumen del movimiento de tierras	25
5.3	Calidad del aire.....	26
5.3.1	Control de los niveles de emisión de polvo y dispersión de partículas	27
5.3.2	Minimizar la emisión de gases contaminantes.....	27
5.4	Calidad acústica y vibraciones.....	28
5.4.1	Prevención de incremento del ruido y vibraciones en la fase de obras	28
5.4.2	Reducción de niveles acústicos en la fase de obras	30
5.5	Generación de campos electromagnéticos.....	30
5.5.1	Cumplimiento de los límites de exposición	30
5.6	Relieve y suelo	31
5.6.1	Control de la superficie de ocupación.....	31
5.6.2	Control de los movimientos de tierras.....	32
5.6.3	Recogida y conservación de la tierra vegetal	32
5.6.4	Prevención de la contaminación de suelos y gestión de la producción de residuos.....	34
5.7	Calidad de las aguas y del sistema hidrológico	34
5.7.1	Actuaciones previas y durante la ejecución de las obras.....	35
5.7.2	Adecuado diseño de sistemas de drenaje	35
5.7.3	Gestión de la producción de residuos y prevención de la contaminación del sistema hidrológico	35
5.7.4	Diseño y construcción de obras de cruce en los cauces	36
5.8	Vegetación y hábitats naturales	37
5.8.1	Definición de las superficies de ocupación y vegetación afectada	38
5.8.2	Protección de la vegetación y hábitats naturales.....	39
5.9	Fauna.....	42
5.9.1	Actuaciones previstas al inicio de las obras.....	43
5.9.2	Medidas de carácter general	44
5.9.3	Medidas específicas de protección de la fauna	45
5.10	Paisaje	46
5.10.1	Integración paisajística durante las obras	46
5.10.2	Rehabilitación de áreas afectadas	47
5.11	Patrimonio histórico-cultural y arqueológico	47
5.11.1	Control y seguimiento de los trabajos en materia de elementos del patrimonio inventariados	47
5.12	Población	47
5.12.1	Control de las molestias en la población durante las obras	48
5.12.1.1	Calidad del aire	48
5.12.1.2	Calidad acústica.....	48
5.12.1.3	Permeabilidad poblacional.....	48
5.12.1.4	Campos electromagnéticos.....	48
5.13	Actividades económicas y productividad sectorial	49
5.13.1	Promoción de la economía local	49
5.14	Ocupación territorial y actividades preexistentes.....	49
5.14.1	Reposición de servicios, carreteras y caminos	50
5.15	Plan de restauración ambiental	50
5.15.1	Superficies afectadas y objetivos de restauración	50
5.15.1.1	Zonificación	51
5.15.2	Balance de tierra vegetal para la restauración	52
5.15.3	Actuaciones previas: medidas asociadas al movimiento de tierras y rehabilitación del terreno.....	52
5.15.3.1	Jalonamiento ambiental	53

5.15.3.2	Retirada, acopio y mantenimiento de tierra vegetal	53
5.15.3.3	Retirada y acopio de materiales de excavación	53
5.15.3.4	Desmantelamiento de las instalaciones	53
5.15.3.5	Remodelado del terreno	54
5.15.4	Labores de preparación de las superficies a revegetar	54
5.15.4.1	Descompactación de los terrenos	54
5.15.4.2	Aporte y extendido de tierra vegetal.....	54
5.15.4.3	Preparación del sustrato y restitución edáfica	55
5.15.5	Medidas de señalización	56
5.15.6	Labores de mantenimiento.....	56
5.15.7	Programa de trabajos.....	56
6.	Programa de vigilancia ambiental.....	56
6.1	Objetivos.....	57
6.2	Responsabilidad del seguimiento	57
6.3	Aspectos e indicadores de seguimiento	57
6.3.1	Controles antes del inicio de las obras	58
6.3.2	Seguimiento durante la fase de ejecución de las obras y funcionamiento del proyecto	58
6.4	Plan de seguimiento de calidad ambiental.....	65
6.5	Manual de buenas prácticas ambientales.....	65
6.5.1	Formación.....	65
6.5.2	Residuos.....	65
6.5.3	Compras	65
6.5.4	Equipos.....	66
6.5.5	Almacenamiento	66
6.5.6	Manipulación de materiales	66
6.5.7	Producción.....	66
6.5.8	Mantenimiento y equipos de limpieza.....	67
6.5.9	Limpieza general	67
6.5.10	Consumo de agua.....	67
6.5.11	Consumo de energía.....	67
6.5.12	Actividades prohibidas	67
6.5.13	Actualización legislativa	68

Figuras

Figura 1. Climograma de la estación de Zaragoza - Aeropuerto para los valores de las normales climatológicas de temperatura y precipitación de la AEMET (1981 – 2010). Fuente: AECOM a partir de datos de Valores normales de AEMET OpenData, 2025.....	9
Figura 2. Mapa Estratégico de Ruido (MER) - Niveles sonoros en el ámbito del Polígono Industrial San Miguel, Indicador Ld (dBA). Fuente: Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.	12
Figura 3. Localizaciones representativas de potenciales puntos de control de ruido, seleccionados en base a los receptores sensibles identificados. Fuente: AECOM, 2025.	29
Figura 4. Ejemplares de olivo (<i>Olea europaea</i>) ubicados en borde de camino donde se proyecta la traza, y siendo colindantes a la superficie de ocupación temporal. Fuente: AECOM, fotografía del 13 de enero de 2025.	40
Figura 5. Ejemplares de palmera capitata (<i>Butia capitata</i>) identificados durante los trabajos de campo entre las fechas 13,14 y 15 de enero 2025, ubicados en borde de camino donde se proyecta la traza, y siendo colindantes a la superficie de ocupación temporal. Fuente: AECOM, fotografía del 13 de enero de 2025.	41

Tablas

Tabla 1. Selección de indicadores de valores mensuales de normales climatológicas para la serie de valores normales de referencia de la AEMET (1981 - 2010) observados en la estación climatológica de Zaragoza -	
---	--

Aeropuerto. Fuente: AECOM a partir de datos de valores de las normales climatológicas de referencia de la AEMET OpenData, 2025.....	8
Tabla 2. Media de los indicadores considerados para las proyecciones de cambio climático de acuerdo con el periodo contemplado. Fuente: AECOM a partir de los datos del Visor de Escenarios de Cambio Climático de AdapteCCa, 2025.....	10
Tabla 3. Índice de Calidad del aire respecto a los valores medios anuales de concentración de contaminantes en las estaciones de El Picarral y Jaime Ferrán. Fuente: AECOM a partir de los datos de MITERD, 2025.	11
Tabla 4. Especies de flora detectadas en el en el ámbito de estudio (buffer 50 m) 12 y 13 de junio de 2024 y 13,14 y 15 de enero 2025. En negrita, las especies más abundantes. Fuente: AECOM, 2024 y 2025.	15
Tabla 5. Especies observadas durante las prospecciones de fauna los días 12 y 13 de junio de 2024 y 13,14 y 15 de enero 2025. Fuente: AECOM, 2024 y 2025.	17
Tabla 6: Especies sensibles presentes en la zona de estudio detectadas en los trabajos de campo entre las fechas 12 y 13 de junio de 2024 y 13,14 y 15 de enero 2025. En negrita, las especies detectadas en los muestreos. Fuente: AECOM, 2024 y 2025.	18
Tabla 7: Coto de caza en el ámbito de estudio del Proyecto. Fuente: AECOM a partir de los datos de Aragón Open Data, 2025.	21
Tabla 8. Resumen del movimiento de tierras del Proyecto. Fuente: Elaboración propia de AECOM a partir de los datos del equipo redactor del proyecto técnico, 2025.....	26
Tabla 9. Relación de medidas consideradas para la protección de la calidad del aire. Fuente: AECOM, 2025....	26
Tabla 10. Relación de medidas consideradas para la protección acústica y de vibraciones. Fuente: AECOM, 2025.	28
Tabla 11. Medidas consideradas derivadas de la generación de campos electromagnéticos. Fuente: AECOM, 2025.	30
Tabla 12. Relación de medidas consideradas para la protección del relieve y el suelo. Fuente: AECOM, 2025. .	31
Tabla 13. Relación de medidas consideradas para la calidad de las aguas y del sistema hidrológico. Fuente: AECOM, 2025.....	34
Tabla 14. Relación de medidas consideradas para la protección y mitigación de impactos sobre la vegetación y hábitats naturales. Fuente: AECOM, 2025.....	37
Tabla 15. Relación de medidas consideradas para la protección y mitigación de impactos sobre la fauna. Fuente: AECOM, 2025.....	42
Tabla 16. Medidas consideradas para la protección de la calidad paisajística y evitar la intrusión visual durante la fase de obras. Fuente: AECOM, 2025.	46
Tabla 17. Relación de medidas consideradas para la protección de patrimonio histórico-cultural y arqueológico durante la fase de obras y explotación. Fuente: AECOM, 2025.....	47
Tabla 18. Medidas consideradas para la para protección de la población. Fuente: AECOM, 2025.	47
Tabla 19. Medida considerada para la para protección de las actividades económicas y la productividad sectorial. Fuente: AECOM, 2025.	49
Tabla 20. Medidas consideradas para la para protección de las actividades económicas y la productividad sectorial. Fuente: AECOM, 2025.	49
Tabla 21. Superficies a restaurar, técnicas previstas y objetivos. Fuente: AECOM, 2025.....	51
Tabla 22. Balance de tierra vegetal para la restauración. Fuente: AECOM, 2025.....	52
Tabla 23. Actuaciones y parámetros de control para la implementación de las medidas preventivas y correctoras propuestas. AECOM, 2025.	58

Lista de acrónimos

Acrónimo	Descripción
AdapteCCa	Adaptación al Cambio Climático (Plataforma sobre Adaptación al Cambio Climático)
ADSS	Amazon Data Services Spain
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología de España
AIA	Anejo de Integración Ambiental
BIC	Bien de Interés Cultural
CEEA	Catálogo Español de Especies Amenazadas
CR/	Medida Correctora
CRAS	Centro de Recuperación de Fauna Silvestre
AWS	Amazon Web Services

Acrónimo	Descripción
DHE	Demarcación Hidrográfica del Ebro
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DIGA	Declaración de Interés General de Aragón
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental
Expansión ZAZ	Expansión Región Gobierno de Aragón (<i>Amazon Web Services</i>) en Aragón
GEI	Gases de Efecto Invernadero
FEDME	Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada
IAEST	Instituto Aragonés de Estadística
ICEARAGON	Infraestructura de Conocimiento Espacial de Aragón
IBA	Áreas Importantes para las Aves y la Biodiversidad
IGME	Instituto Geológico Minero de España
INAGA	Instituto Aragonés de Gestión Ambiental
LAESPRES	Listado Aragonés de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial
LIG	Lugar de Interés Geológico
MER	Mapas Estratégicos del Ruido
MITERD	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (se ha usado el acrónimo MITERD para todas las referencias del nombre actual y anteriores de este Ministerio)
P/	Medida Preventiva
PACA	Plan de Acción de Cumplimiento Ambiental
PGOU	Plan General de Ordenación Urbana
PHE	Plan Hidrológico del Ebro
PIGA	Planes y Proyecto de Interés General de Aragón
PK	Punto Kilométrico
PORN	Plan de Ordenación de los Recursos Naturales
PVA	Plan de Vigilancia Ambiental
RN2000	Red Natura 2000
ROPVEG	Registro de Operadores Profesionales de Vegetales
SEPRONA	Servicio de Protección de la Naturaleza
SIOSE	Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España
UE	Unión Europea
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
VDG1	Proyecto Básico Redes de Alta Tensión. Líneas 132 y 220kV entre Subestación de Villanueva de Gállego y parcelas VDG1
ZEC	Zona de Especial Conservación
ZEPA	Zona de Especial Protección para las Aves
ZPAEN	Zona de Protección para la Alimentación de Especies Necrófagas
ZIA	Zona de Instalaciones Auxiliares

1. Introducción y antecedentes

En línea con los antecedentes previamente expuestos en la memoria del presente Proyecto Ejecutivo, por Orden VMV/684/2020, de 30 de julio, se publica el Acuerdo adoptado por el Gobierno de Aragón en su reunión celebrada el día 30 de julio de 2020, por la que aprobó el Proyecto de Interés General de Aragón para el desarrollo de tres centros de datos en la Comunidad Autónoma de Aragón y la red de fibra óptica asociada que los conecta, promovido por Amazon Data Services Spain (ADSS), la entidad española de Amazon Web Services (AWS), proveedor global de servicios en la nube.

Posteriormente, en respuesta a la solicitud de expansión de las operaciones de AWS en España, el Gobierno de Aragón aprobó la ampliación de las infraestructuras existentes bajo el nombre de “Expansión Región Gobierno de Aragón (Amazon Web Services) en Aragón” o Expansión ZAZ, de acuerdo con su declaración como inversión de interés autonómico con interés general de Aragón¹ (en adelante, DIGA). Esta ampliación, que incluye nuevos centros de datos y la construcción de infraestructuras necesarias como redes de energía, agua y fibra óptica, se realiza en cinco emplazamientos cercanos a las instalaciones ya operativas, localizadas en Villanueva de Gállego, Huesca y El Burgo de Ebro. El 29 de mayo de 2024, el Gobierno de Aragón aprobó esta ampliación como una inversión de interés autonómico y de interés general, mediante la Orden EEI/579/2024, de 29 de mayo.

A la DIGA de Expansión ZAZ le sucede la propuesta de PIGA para Expansión ZAZ con su correspondiente Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) bajo los preceptos de las leyes de evaluación ambiental, Ley 21/2013 estatal y de la Ley 11/2014 autonómica.

En dicha EAE se contempla la evaluación de los efectos potenciales sobre el medio ambiente del conjunto de proyectos de desarrollo de centros de datos con sus infraestructuras asociadas, mientras que, por acuerdo con el Órgano Ambiental, INAGA, los Proyectos Básicos junto con sus respectivos EsIA de los centros de datos, de las infraestructuras eléctricas, de fibra y de las infraestructuras hidráulicas exteriores, se presentan de manera independiente.

El PIGA para la Expansión ZAZ ha sido sometido a información y participación pública mediante anuncio conjunto de la Dirección General de Planificación Estratégica y Logística y del Instituto Aragonés de Gestión Ambiental publicado en el Boletín Oficial de Aragón de fecha 18 de diciembre de 2024².

El presente Anejo de Integración Ambiental (AIA) forma parte del Proyecto de Ejecución del Plan de Interés General de Aragón Expansión de la Región AWS en Aragón, que a su vez se encuentra asociado al Proyecto Básico Redes de Alta Tensión. VDG1. Líneas 132 y 220kV entre Subestación de Villanueva de Gállego y Parcela VDG1, así como a su correspondiente EsIA, y debe leerse junto con los demás documentos que integran el Proyecto Ejecutivo.

A estos efectos, las estipulaciones y medidas aquí descritas estarán sujetas a las prescripciones que establezca la autoridad ambiental a través de la Declaración de Impacto Ambiental, los informes sectoriales y otros acuerdos.

2. Descripción del proyecto

El Proyecto objeto de este AIA consiste en la construcción de una infraestructura eléctrica subterránea, que permita la conexión desde la subestación eléctrica Villanueva de Gállego, a través de una serie de líneas eléctricas subterráneas, que alimentarán al centro de datos VDG1 y VDG2 de manera independiente.

Las características de la actuación se han descrito previamente en la Memoria del presente Proyecto Ejecutivo.

¹ ORDEN EEI/579/2024, de 29 de mayo, por el que se declara como inversión de interés autonómico con interés general de Aragón. Boletín Oficial de Aragón nº 111 de 10 de junio de 2024.

² ANUNCIO conjunto de la Dirección General de Planificación Estratégica y Logística y del Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, por el que se somete a información y participación pública el Plan de Interés General de Aragón “Expansión de la Región AWS en Aragón” promovido por la mercantil Amazon Data Services Spain, SL y su documentación ambiental asociada. BOA de 18 de diciembre de 2024.

3. Marco legal y trámites asociados

3.1 Marco legal

El marco legal relevante para el presente proyecto en el término municipal de Villanueva de Gállego está compuesto por la normativa aplicable a nivel internacional, comunitario, estatal, autonómico y local. Este marco normativo incluye la legislación necesaria para obtener las autorizaciones sustantivas y ambientales requeridas para la ejecución del proyecto, las cuales integran el cumplimiento de todas las disposiciones legales en materia de protección ambiental.

3.1.1 Disposiciones legales

El ámbito geográfico del marco normativo se organiza de la siguiente manera:

- **Ámbito Internacional:** Convenios internacionales suscritos por España, ya sea directamente o a través de su pertenencia a la Unión Europea. Estos convenios tienen como objetivo la protección de recursos naturales, biodiversidad y mitigación del cambio climático.
- **Ámbito Comunitario (UE):** Directivas y reglamentos de aplicación directa o traspuestos a la legislación española. Ejemplo de ello son:
 - Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de impacto ambiental.
 - Directiva 2012/18/UE, sobre riesgos inherentes a accidentes graves con sustancias peligrosas.
- **Ámbito Estatal:** Normativa nacional que regula las evaluaciones ambientales, prevención de la contaminación y gestión de recursos. Algunas leyes destacadas incluyen:
 - Ley 21/2013, de evaluación ambiental.
 - Ley 7/2021, de cambio climático y transición energética.
 - Ley 26/2007, de responsabilidad medioambiental.
- **Ámbito Autonómico (Aragón):** Legislación específica de Aragón aplicable al proyecto, como:
 - Ley 11/2014, de prevención y protección ambiental.
 - Decreto Legislativo 2/2015, relativo a la ordenación del territorio.
- **Ámbito Local:**
 - Ordenanzas municipales de Villanueva de Gállego.
 - Plan General de Ordenación Urbana de Villanueva de Gállego.

Esta interrelación asegura una coherencia normativa y territorial en la gestión de los recursos y las actividades proyectadas.

4. Diagnóstico territorial y del medioambiente

El presente capítulo tiene por objeto poner de relevancia los principales aspectos ambientales que existen en el área del proyecto. Se desarrollarán con mayor profundidad aquellos aspectos ambientales con una mayor relevancia y que además puedan verse afectados por la ejecución del proyecto.

4.1 Delimitación preliminar del ámbito de estudio

Se ha definido un ámbito de estudio que incluye la ocupación de la zanja, las zonas de ocupación temporal asociadas a los trabajos de construcción, así como la Zona de Instalaciones Auxiliares (ZIA).

En el caso de la identificación y descripción hábitats y vegetación, así como la fauna, dada su susceptibilidad a potenciales afecciones más allá del ámbito de estudio, se ha considerado un área de influencia (buffer) de 500 metros para fauna y de 50 metros para hábitats y vegetación (buffer total, en el caso del trazado, proyectado 25 m a ambos lados del mismo), para el estudio de los elementos que puedan resultar afectados por las acciones del Proyecto. Se incluyen los resultados obtenidos durante las prospecciones en campo realizadas por el equipo de especialistas ambientales entre las fechas 12 – 13 de junio de 2024, junto con el reconocimiento de campo adicional llevado a cabo en las fechas 13 – 15 de enero de 2025.

4.2 Descripción del medio físico

4.2.1 Climatología

El clima predominante en la zona del Proyecto es el de tipo Mediterráneo continental, el cual ocupa buena parte del sector central de la comunidad autónoma aragonesa.

Los caracteres esenciales de este tipo de clima que se resumen en el Atlas Climático de Aragón incluyen:

- Aridez, especialmente reflejada en las tierras del eje del Ebro y condicionante histórico para la ocupación del territorio;
- Irregularidad de las lluvias, una característica propia de todos los climas con matices mediterráneos, por la que a años muy secos pueden suceder otros lluviosos que anulan toda significación real de los valores pluviométricos medios;
- Extremados contrastes térmicos que se establecen entre un invierno frío y severo y un verano cálido y prolongado, como consecuencia del alto grado de continentalidad de la región; y
- El viento, en particular la intensidad y frecuencia del cierzo, viento del noroeste dominante en la región.

En el ámbito del proyecto la temperatura media anual se sitúa en 15,9 °C. Las máximas temperaturas medias se concentran en los meses de verano y las mínimas en invierno, con contrastes que pueden alcanzar desde los 32,8 °C de media de las máximas en julio a 3,3 °C de media de las mínimas en diciembre.

Las lluvias se concentran en las estaciones de primavera y otoño, presentando sus mínimos en periodo estival. La precipitación media anual es de 328,9 mm. Se observa una irregularidad de las precipitaciones a lo largo de los años, con un descenso de aproximadamente el 10% de las precipitaciones medias y máximas.

La siguiente tabla muestra los valores representativos de la zona de los principales parámetros climatológicos, recogidos en la estación meteorológica de Zaragoza – Aeropuerto, en el periodo: 1981 – 2010.

Tabla 1. Selección de indicadores de valores mensuales de normales climatológicas para la serie de valores normales de referencia de la AEMET (1981 - 2010) observados en la estación climatológica de Zaragoza - Aeropuerto. Fuente: AECOM a partir de datos de valores de las normales climatológicas de referencia de la AEMET OpenData, 2025.

Indicador	tm_mes_md	tm_max_md	tm_min_md	p_mes_md	p_max_md	p_mes_max	p_mes_min	n_llu_md
Descriptor	Media temperatura media mensual y anual	Media temperatura media mensual y anual de las máximas	Media temperatura media mensual y anual de las mínimas	Media precipitación total mensual y anual	Media precipitación máxima diaria del mes y año	Valor máximo de la precipitación total mensual y anual	Valor mínimo de la precipitación total mensual y anual	Media del nº de días de lluvia mensual y anual
Enero	7.0	11.0	2.9	23.7	9.9	81.0	0.5	9.3
Febrero	8.5	13.4	3.5	19.8	8.7	70.5	0.0	7.7
Marzo	11.8	17.5	6.0	28.0	11.4	71.2	0.0	8.9
Abril	14.4	20.4	8.5	40.0	17.0	126.6	3.6	10.1

Indicador	tm_mes_md	tm_max_md	tm_min_md	p_mes_md	p_max_md	p_mes_max	p_mes_min	n_llu_md
Descriptor	Media temperatura media mensual y anual	Media temperatura media mensual y anual de las máximas	Media temperatura media mensual y anual de las mínimas	Media precipitación total mensual y anual	Media precipitación máxima diaria del mes y año	Valor máximo de la precipitación total mensual y anual	Valor mínimo de la precipitación total mensual y anual	Media del nº de días de lluvia mensual y anual
Mayo	18.6	24.9	12.3	40.2	16.1	141.9	4.3	10.4
Junio	23.1	30.0	16.2	28.5	13.9	100.1	0.0	7.9
Julio	25.7	32.8	18.6	16.5	9.4	50.6	0.3	5.1
Agosto	25.6	32.4	18.8	17.8	11.3	65.8	0.9	5.4
Septiembre	21.4	27.4	15.4	27.3	15.2	101.4	1.4	7.6
Octubre	16.6	21.8	11.3	34.0	13.9	104.5	0.6	10.0
Noviembre	10.8	15.0	6.5	34.0	14.4	85.1	0.4	10.9
Diciembre	7.2	11.1	3.3	19.1	8.0	77.1	0.6	9.8
Año	15.9	21.5	10.3	328.9	35.8	541.6	182.9	102.1

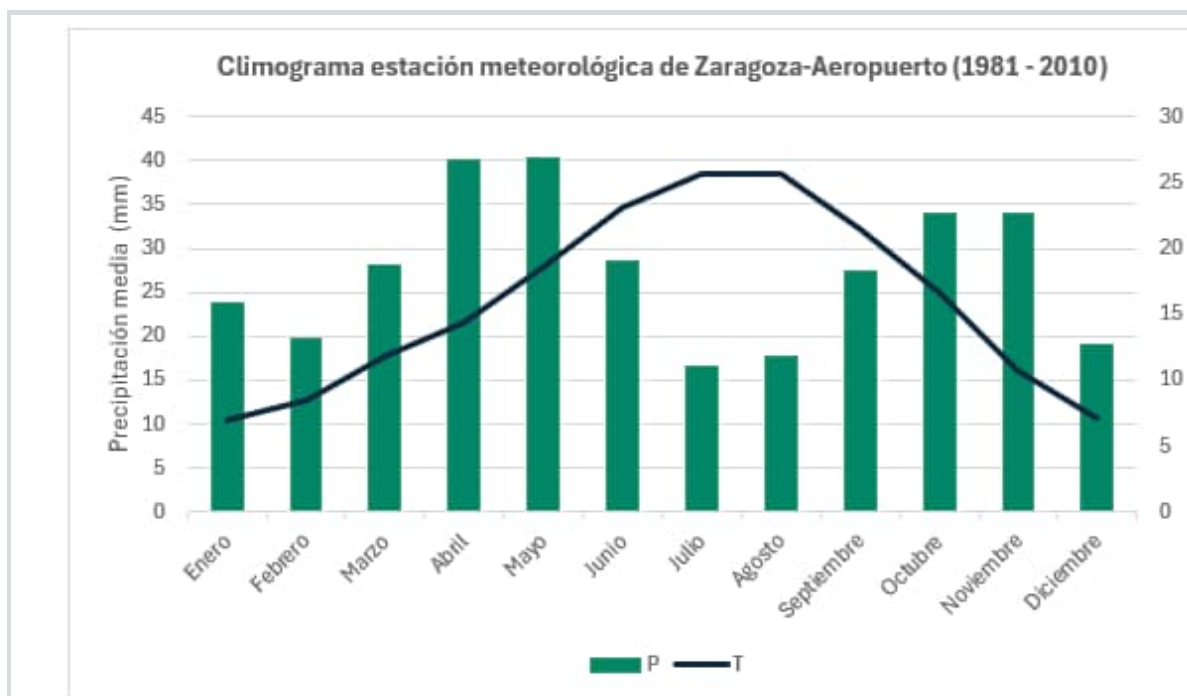


Figura 1. Climograma de la estación de Zaragoza - Aeropuerto para los valores de las normales climatológicas de temperatura y precipitación de la AEMET (1981 – 2010). Fuente: AECOM a partir de datos de Valores normales de AEMET OpenData, 2025.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. nº 2024/04315. Fecha Visado: 29/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11207 Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/verificacion>. Cod.Ver: 97870340.

A la hora de determinar el tipo de restauración ambiental es importante tener en cuenta las variables de temperatura, precipitaciones, heladas, etc. que condicionarán las especies a proponer en caso de que sea necesaria la restauración.

4.2.2 Cambio climático

A partir de la información obtenida del Visor de Escenarios de Cambio Climático de la Plataforma sobre Adaptación al Cambio Climático (AdapteCCa), se plantean una serie de escenarios a corto plazo (2010-2040), medio plazo (2041-2070) y largo plazo (2071-2100) relacionados con el cambio climático en todo el territorio nacional. De acuerdo con la vida útil del proyecto (25-40 años), se ha considerado un análisis de “medio plazo”.

Los valores estimados para los periodos contemplados se comparan con datos históricos (datos de series temporales entre los años 1980-2005) y con datos contemporáneos (datos de series temporales entre los años 2006-2020), extraídos de la plataforma AdapteCCa.

Entre los parámetros que se utilizan para realizar dichas proyecciones de cambio climático se encuentran la **temperatura, la precipitación o la evapotranspiración potencial**.

En este plazo, de acuerdo con los indicadores de **temperatura** analizados para los distintos periodos en el área del proyecto (Villanueva de Gállego), se observa un incremento generalizado de aproximadamente un grado en las temperaturas máximas y mínimas a medio plazo, acentuándose aún más a largo plazo. Este aumento se acompaña de un incremento significativo en el número de días cálidos, que pasan de alrededor de 37 días en el periodo histórico a más de 67 días en el largo plazo, y en la duración máxima de las olas de calor, que se duplica de aproximadamente 11 días (histórico) a más de 21 días (largo plazo) en el mismo periodo. La amplitud térmica se mantiene relativamente constante, con variaciones mínimas entre los diferentes términos municipales.

En resumen, las tendencias reflejan un calentamiento continuo del clima, con un notable aumento en el número de días cálidos y la duración de las olas de calor. Estos cambios indican un mayor impacto del cambio climático en los términos municipales del área del proyecto, resultando en climas más cálidos y extremos.

De acuerdo con los indicadores de **precipitación** analizados para los periodos de cambio climático a corto, medio y largo plazo en el término municipal del área del proyecto, no se observan cambios significativos en la precipitación acumulada en un día, ya que los valores permanecen relativamente constantes. Sin embargo, se prevé un aumento en la precipitación máxima en 24 horas, que pasan de alrededor de 27 mm/día en el periodo histórico a más de 34 mm/día en el largo plazo, lo que sugiere una intensificación de las lluvias. Además, se estima una reducción en el número de días con lluvia, que pasan de alrededor de unos 62 días en el periodo histórico a algo más de 59 días en el largo plazo, indicando una menor frecuencia de días lluviosos. Estas tendencias sugieren un cambio en los patrones de precipitación debido al cambio climático, con lluvias más intensas, pero menos frecuentes.

De acuerdo con los indicadores de **evapotranspiración potencial** analizados para los distintos periodos el término municipales del área del proyecto, se observa un incremento generalizado en la evapotranspiración potencial. Los datos muestran un aumento moderado al comparar los valores históricos con los contemporáneos, y esta tendencia continúa en los escenarios futuros, con incrementos constantes desde el corto hasta el largo plazo. Además, los términos municipales presentan valores de evapotranspiración potencial similares, lo que indica un impacto homogéneo del cambio climático en la evapotranspiración potencial de la región.

A continuación, se muestra el resumen las medias para los indicadores evaluados de los términos municipales del ámbito de estudio:

Tabla 2. Media de los indicadores considerados para las proyecciones de cambio climático de acuerdo con el periodo contemplado. Fuente: AECOM a partir de los datos del Visor de Escenarios de Cambio Climático de AdapteCCa, 2025.

PERIODO	INDICADORES								
	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Número de días cálidos	Amplitud térmica (°C)	Duración máxima olas de calor	Precipitación acumulada en un día (mm/día)	Precipitación máxima 24h (mm/día)	Número de días con lluvia	Evapotranspiración potencial (mm/mes)
Histórico	20,41	8,56	37,49	11,85	11,32	0,96	27,77	62,62	105,6
Contemporáneo	20,94	9,07	46,35	11,87	13,4	1,05	33,99	64,7	107,67

Corto plazo	21,3	9,4	49,51	11,91	13,35	1,05	33,98	63,34	108,78
Medio plazo	22,14	10,17	62,8	11,96	18,93	0,99	32,98	59,52	112,37
Largo plazo	22,59	10,62	67,25	11,99	21,39	1	34,02	59,36	113,66

El análisis de la media de los indicadores considerados para las proyecciones de cambio climático, presentado en la tabla anterior, revela una tendencia generalizada en la estimación de los valores respecto a los periodos históricos y contemporáneos es el aumento de las temperaturas (máximas y mínimas), de los días cálidos, mayor amplitud térmica, así como mayor duración de las olas de calor.

En cuanto a las **precipitaciones** acumuladas, refleja un aumento a corto plazo, pero disminución a medio y largo plazo. Por otro lado, mientras la precipitación máxima en 24 horas aumenta, el número de días con lluvia disminuye conforme a la amplitud del escenario contemplado. Por último, la **evapotranspiración potencial** muestra un cambio ascendente respecto a los valores históricos y contemporáneos para todos los escenarios evaluados.

4.2.3 Calidad del aire

Los datos de las estaciones de calidad del aire El Picarral (ES1044A), a 8,3 km al sur del área de Proyecto, y estación Jaime Ferrán (ES109A0), a 7,7 km al sur; indican que, a pesar de las superaciones en el parámetro óxidos de nitrógeno en la serie de datos 2018-2022 (siendo 2022 el último año con datos disponibles a la fecha de redacción del documento), la calidad del aire en el ámbito de estudio es en general **BUENA**.

A continuación, se muestran los valores medios anuales de concentración para cada uno de los contaminantes medidos en las estaciones de calidad del aire para el periodo 2018-2022. A partir de estos valores se establece la calidad del aire del ámbito de estudio.

Tabla 3. Índice de Calidad del aire respecto a los valores medios anuales de concentración de contaminantes en las estaciones de El Picarral y Jaime Ferrán. Fuente: AECOM a partir de los datos de MITERD, 2025.

Año	NO ₂ - µg/m ³	SO ₂ - µg/m ³	PM ₁₀ - µg/m ³	Categoría Índice de Calidad del Aire
2018	20,54	4,46	16,82	Buena
2019	22,93	5,80	12,05	Buena
2020	20,42	4,42	19,95	Buena
2021	13,80	4,42	18,78	Buena
2022	14,66	6,16	19,77	Buena

4.2.4 Ruido ambiental

La contaminación acústica es considerada en la actualidad como una de las formas de contaminación ambiental que más contribuyen al deterioro de la calidad ambiental del territorio. Es considerada por la mayoría de la población de las grandes ciudades como un factor medioambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. El término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando éste se considera un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. En este apartado se aborda la situación fónica en el ámbito de estudio del proyecto.

Los niveles de ruido en el entorno del Proyecto están determinados principalmente por dos fuentes de ruido: el ruido de tráfico de la autovía A-23 y el ruido industrial procedente de las actividades industriales del Polígono Industrial San Miguel y otras industrias próximas al Proyecto.

El ruido ambiental procedente de la autovía A-23 se ha valorado por medio de la información oficial publicada mediante los Mapas Estratégicos de Ruido (MER)³ para el entorno del Proyecto. Estos establecen índices de ruido durante el día, tarde y noche. A continuación, se muestra el MER en el ámbito del Polígono Industrial *San Miguel*

³ Mapa Estratégico de Ruido (MER) 4ª fase de grandes ejes viarios, Autovía A-23, <https://www.transportes.gob.es/carreteras/gestion-del-ruido-ambiental-en-la-rce/mapa-ruido>

para el periodo de día, por ser el más desfavorable en cuanto a niveles de ruido. Además, se incluye el trazado del proyecto que discurre por esa zona y, marcados en rosa, los edificios analizados.



Figura 2. Mapa Estratégico de Ruido (MER) - Niveles sonoros en el ámbito del Polígono Industrial San Miguel, Indicador Ld (dBA). Fuente: Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

En el MER anterior se puede observar que la primera línea de edificios con respecto a la autovía A-23 presentan niveles de ruido durante el día superiores a 65 dBA, por lo que superan ya actualmente los niveles de inmisión de ruido. Los receptores situados a distancias mayores presentan niveles sonoros de entre 55 dBA y 65 dBA.

Por otro lado, los receptores sensibles identificados en la zona de estudio (véase Figura 3) se corresponden con receptores de uso industrial, uso terciario, uso residencial, uso educacional y uso sanitario.

4.2.5 Geología y geomorfología

El ámbito de estudio se encuentra en la parte central de la Cuenca Terciaria del Ebro. Esta unidad tectosedimentaria representa, desde el punto de vista tectónico, la cuenca de antepaís de los Pirineos y por ello su relleno sedimentario, está muy ligado a dicha cadena montañosa. Sus límites son: por el Norte, la Cordillera Pirenaica; por el Sur y el Oeste, la Cordillera Ibérica; y por el Este las Catalánides.

Su relleno sedimentario es más antiguo en la parte septentrional y oriental y más moderno en la meridional y occidental, desde el Oligoceno hasta el Mioceno. Esta cuenca funcionó durante el periodo indicado como una cuenca endorreica continental endorreica en clima árido, es decir, con una sedimentación detrítica en los bordes que, progresivamente, se convirtió en una sedimentación química en la parte central. Así, los materiales que constituyen el sustrato geológico de la zona pertenecen a formaciones yesíferas miocenas de la Cuenca del Ebro, que, localmente, se encuentran recubiertas de materiales cuaternarios asociados a la dinámica actual de las laderas.

Concretamente, en la zona de estudio, estas litologías yesíferas están cubiertas por formaciones cuaternarias poco profundas denominadas glaciais, que representan los depósitos originados por la corriente superficial sin una jerarquía clara. Estas formaciones cuaternarias se originan en los relieves terciarios existentes al Oeste del área de estudio y alcanzan los niveles más bajos que representan los depósitos del río Gállego, donde se localiza la localidad de Villanueva de Gállego. También aparecen otras unidades cuaternarias de origen aluvial, como fondos de valle y depósitos de terraza.

Desde el punto de vista geomorfológico, el relieve de la zona de estudio es muy suave, con una ligera pendiente constante, ascendente hacia el oeste-noroeste, donde se encuentran los relieves de los que emergen los glaciais

sobre los que se asienta la zona de estudio. La pendiente media el terreno se sitúa en torno al 2-4%, aproximadamente.

Además, **no se ha identificado ningún Lugar de Interés Geológico (LIG)** en el ámbito de estudio. Los LIGs más próximos, denominados Peña del Cuervo y de Galacho de Juslibol y escarpes del Ebro se sitúan a aproximadamente a 2,8 km al noroeste y 7,5 km al este del área de Proyecto, respectivamente.

4.2.6 Edafología y erosión

De acuerdo al El Programa interactivo iAraSol para el estudio y clasificación de suelos de Aragón⁴, el área de estudio del Proyecto se encuentra sobre suelo de tipo **calcisol**.

Los **calcisoles** se caracterizan por presentar una acumulación de carbonato cálcico (horizonte cálcico, Bk, Ck) a cierta profundidad, ya sea por translocación desde horizontes más superficiales o por aportaciones laterales de aguas ricas en bicarbonatos. Son suelos de pH básico y alta saturación de bases, con implicaciones en la actividad agronómica al influir en el bloqueo de la absorción del hierro por las plantas. Se trata de suelos que ocupan áreas semiáridas y subhúmedas con precipitación estacionalmente irregular. También se caracterizan por su susceptibilidad a la erosión en áreas con pendientes pronunciadas y a interactuar en ciertos materiales de construcción por la posibilidad de alta concentración de carbonatos.

En cuanto a la erosión potencial del ámbito de estudio del Proyecto, es decir, aquella que tendría lugar teniendo en cuenta exclusivamente las condiciones de clima, geología y relieve sin tener en cuenta la cobertura vegetal ni sus modificaciones debidas a la acción humana, se ha hecho uso de la información cartográfica del Inventario Nacional de Erosión de Suelos⁵, disponible en el Catálogo de Datos del MITERD⁶.

Conforme a los datos disponibles, el ámbito de estudio del Proyecto se encuentra en suelos con nivel de erosión potencial bajo y alto. La zona norte superior presenta un potencial bajo con menos de 25 t/ha año de pérdidas de suelo. La zona sur inferior la erosión potencial llega a su máximo nivel (con más de 200 t/ha año de pérdidas de suelo).

4.2.7 Hidrología superficial

El ámbito de estudio se encuentra en la zona central de la Demarcación Hidrográfica del Ebro (DHE), gestionada actualmente a través del Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Ebro (DHE) del Tercer Ciclo (2022-2027)⁷, referido en adelante como el Plan Hidrológico del Ebro (PHE).

Dentro del ámbito de estudio **no se encuentran masa de agua superficiales**, encontrándose la más cercana a más de 2 km del área del proyecto (Río Gállego desde el barranco de la Violada hasta el azud de Urdán).

No se encuentran balsas o embalses incluidos en el Plan Hidrológico del Ebro en el ámbito de estudio del Proyecto. Fuera del ámbito, a 7,8 km al suroeste se localiza el Galacho de Juslibol.

Existen dos cauces no permanentes que intersecan con el proyecto son el Barranco de la Val y el Barranco de la Lomaza.

4.2.8 Hidrogeología

El ámbito de estudio coincide con el acuífero número 57 “*Aluvial del Gállego*”, identificado con el código ES091MSBT057 según la CHE. Se trata de un “*acuífero poroso de productividad alta*”, que abarca una superficie aproximada de 217 km² y un estado final de calidad de masa de agua subterránea “*peor que bueno*”.

⁴ Paloma Ibarra. (2004). La diversidad edáfica del territorio aragonés. Geografía física de Aragón, <https://www.suelosdearagon.com/mapas-de-suelos/de-aragon/>.

⁵ Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD). (s.f.). Inventario Nacional de Erosión de Suelos. Obtenido de https://www.MITERD.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/inventario_nacional_erosion.html (último acceso junio 2024).

⁶ Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD). (s.f.). Catálogo de Metadatos. Obtenido de <https://www.mapama.gob.es/ide/metadatos/srv/spa/catalog.search#/home> (último acceso junio 2024).

⁷ Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) (2022). Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Ebro Revisión para el tercer ciclo: 2022-2027. Obtenido de <https://portal.chebro.es/en/web/guest/plan-hidrologico-2022-2027> (último acceso: agosto de 2024).

Según la información disponible de la base de datos de puntos de agua del IGME⁸, no hay ningún poco en el ámbito de estudio del Proyecto.

4.3 Descripción del medio biótico

4.3.1 Espacios naturales protegidos y/o de interés

En el presente apartado se analizan los espacios naturales y áreas de importancia conservacionista para especies y sus hábitats declarados a partir de las regulaciones autonómicas, nacionales y europeas, que quedan incluidos en el ámbito de estudio, describiendo su localización, nivel de protección y principales valores naturales.

4.3.1.1 Red Natura 2000

En el ámbito de estudio **no se ha identificado ningún espacio natural protegido de la Red Natura 2000** (RN2000). Las Zonas de Especial Conservación (ZEC) más próximas se localizan a aproximadamente a 2 km al este y a 4 km al oeste del área de proyecto respectivamente (Zona de Especial Conservación (ZEC) Bajo Gállego - ES2430077, y ZEC El Castellar - ES2430080 -), mientras que la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) más cercana se encuentra a más de 4 km al noroeste del área de Proyecto (ZEPA Montes de Zuera, Castejón de Valdejasa y El Castellar- ES0000293).

4.3.1.2 Red de Espacios Naturales Protegidos de Aragón

No se ha identificado en el ámbito de estudio ningún espacio natural protegido incluido en la Red de Espacios Naturales Protegidos de Aragón de acuerdo con las regulaciones autonómicas o nacionales. El más cercano se encuentra a aproximadamente 13 km al sureste del área de proyecto y corresponde con la Reserva Natural Dirigida a los Sotos y Galachos del Ebro. Además, a aproximadamente 6 km al sur del área de Proyecto se localiza el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) aprobado Sotos y galachos del Ebro (tramo Escatrón – Zaragoza).

4.3.1.3 Reservas Biosfera

No se ha identificado en el ámbito de estudio ninguna Reserva de la Biosfera. La más cercana se encuentra a aproximadamente 46 km al noroeste del ámbito de estudio (Bardenas Reales).

4.3.1.4 Humedales Ramsar

No se ha identificado en el ámbito de estudio ningún Humedal Ramsar. El más cercano se encuentra a más de 50 km al sureste del ámbito de estudio (Saladas de Sástago-Bujaraloz).

No se han identificado en el ámbito de estudio **Humedales Singulares de Aragón** creados en base a la Infraestructura de Datos de Espaciales⁹ y el Decreto 204/2010, de 2 de noviembre, del Gobierno de Aragón.

4.3.1.5 Áreas Importantes para las Aves y la Biodiversidad (IBAs)

En el ámbito de estudio se encuentra la IBA N.º 114 - Campo de San Gregorio.

La IBA Campo de San Gregorio es una región destacada por su rica biodiversidad y la presencia de diversas especies de aves, muchas de ellas en peligro de extinción. Ubicada en la provincia de Zaragoza, esta zona abarca una variedad de ecosistemas que incluyen paisajes esteparios y zonas semiáridas, esenciales para la fauna local. Entre las aves más notables se encuentran el águila real, el cernícalo primilla, el alcaraván, la avutarda y la ganga ortega, lo que subraya su importancia para la conservación de especies tanto rapaces como esteparias.

4.3.2 Hábitats y vegetación

4.3.2.1 Encuadre bioclimático y biogeográfico

De acuerdo con la distribución de las Regiones Biogeográficas a nivel estatal recogida por el MITERD¹⁰, la zona objeto de estudio se encuentra, desde el punto de vista biogeográfico y teniendo en cuenta su vegetación y

⁸ Instituto Geológico Minero de España (IGME) . (s.f.). BD Puntos Agua v2.0. Obtenido de <https://info.igme.es/BDAguas/> (último acceso 2023)

⁹ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (s.f.). Infraestructura de datos espaciales – IDE. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/cartografía-y-sig/ide.html> (último acceso mayo 2024).

¹⁰ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) (2022). Regiones Biogeográficas Terrestres y Regiones Marinas. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/regiones_biogeograficas.html (último acceso: agosto de 2024).

biodimatología, dentro de la Región Biogeográfica Mediterránea, que se caracteriza en términos generales por “gran influencia del cultivo, gran presión turística, riqueza de especies, cálido y seco”¹¹.

De acuerdo al Mapa de Series de Vegetación de España¹², el ámbito de estudio se sitúa en el piso mesomediterráneo, cuyo “termoclima se sitúa entre los 13 y 17° C de temperatura media anual y el invierno es ya acusado con una $m < 4^\circ \text{C}$ (variante fresca o templado-fresca), ya que las heladas, particularmente en los horizontes medio y superior del piso, pueden acaecer estadísticamente durante cinco o seis meses al año”¹³.

4.3.2.2 Vegetación potencial

Según la Memoria del Mapa de series de vegetación de España¹⁴ y el Mapa de series de vegetación de España publicado por el MITERD¹⁵, la vegetación potencial del ámbito de estudio pertenece a la serie climatofila **29**.

La serie **29**, conocida como la serie mesomediterránea murciano-almeriense-guadiciano-bacense-setabense-valenciano-tarraconense y aragonesa semiárida de *Quercus coccifera* (nombre fitosociológico: *Rhamno lycioidis-Querceto cocciferae sigmetum*), representa una vegetación característica de las regiones semiáridas mesomediterráneas con suelos basófilos, típicos de la depresión del Ebro en Aragón.

En su etapa madura, esta serie se manifiesta como bosquetes densos de *Quercus coccifera* acompañados por otras especies arbustivas y arbóreas mediterráneas como *Rhamnus lycioides*, *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea* y *Juniperus oxycedrus*. En zonas más cálidas y termófilas, también se pueden encontrar especies como *Pistacia lentiscus* y *Ephedra fragilis*.

La escasez de precipitaciones y las condiciones semiáridas limitan el desarrollo de un bosque planifolio-esclerófilo, predominando en cambio la garriga densa o formaciones de silvo-estepa en etapas regresivas.

4.3.2.3 Vegetación actual

La mayor parte de la superficie está ocupada por campos de cultivo de secano, terrenos en barbecho o baldíos, así como zonas industriales e infraestructuras, principalmente carreteras. También se encuentran áreas con vegetación ruderal y pequeños parches de vegetación natural, que persisten en los márgenes de los campos y en las zonas menos intervenidas.

En el inventario de flora de la cuadrícula 10 km x 10 km del sistema de proyección UTM (*Universal Transverse Mercator*) 30TXM72 dentro de las cuales se encuentra el ámbito de estudio, no se detectaron especies de flora invasora, especies catalogadas, ni HICs.

Durante las prospecciones en campo realizadas, se observó que la flora del ámbito de estudio se caracteriza por el predominio de unas pocas especies adaptadas a las condiciones climáticas del entorno, especialmente la escasez de agua, como el romero, genista, tomillo y retamas. Se destaca la ausencia de especies de flora amenazada, así como de la especie *Krascheninnikovia ceratoides*. El listado completo de especies detectadas durante la prospección botánica se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Especies de flora detectadas en el en el ámbito de estudio (buffer 50 m) 12 y 13 de junio de 2024 y 13,14 y 15 de enero 2025. En negrita, las especies más abundantes. Fuente: AECOM, 2024 y 2025.

Nombre científico	Nombre científico	Nombre científico
<i>Atriplex halimus</i>	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Silene vulgaris</i>
<i>Avenula bromoides</i>	<i>Plantago albicans</i>	<i>Silybum marianum</i>
<i>Eruca vesicaria</i>	<i>Retama sphaerocarpa</i>	<i>Tamarix gallica</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Rubus ulmifolius</i>	<i>Thymus vulgaris</i>

¹¹ European Environment Agency (2002). Biogeographical regions in Europe. The Mediterranean biogeographical region. EEA Report No 1/2002. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/publications/report_2002_0524_154909 (último acceso: agosto de 2024).

¹² Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) (s.f.). Mapa de Series de Vegetación de Rivas Martínez S. el. Al. (1987) Mapa de series de vegetación de España. 1:400.000. ICONA. Madrid. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/memoria_mapa_series_veg_descargas.html (último acceso: agosto de 2024).

¹³ Rivas Martínez S. el. Al. (1987). Memoria del Mapa de series de vegetación de España. 1:400.000. ICONA. Madrid

¹⁴ Rivas Martínez S. el. Al. (1987). Memoria del Mapa de series de vegetación de España. 1:400.000. ICONA. Madrid

¹⁵ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) (s.f.). Mapa de Series de Vegetación de Rivas Martínez S. el. Al. (1987) Mapa de series de vegetación de España. 1:400.000. ICONA. Madrid. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/memoria_mapa_series_veg_descargas.html (último acceso: agosto de 2024).

Nombre científico	Nombre científico	Nombre científico
<i>Lagurus ovatus</i>	<i>Salsola kali</i>	<i>Viscum album</i>
<i>Moricandia arvensis</i>	<i>Salvia rosmarinus</i>	<i>Quercus sp.</i>

Si bien, aunque se han detectado las especies anteriormente listadas dentro del ámbito de estudio correspondiente a un área de influencia del proyecto de 50 m, las superficies directamente afectadas por las actuaciones (zanja y superficies de ocupación temporal, incluida la ZIA), se corresponden con vías y caminos existentes en su mayoría, y donde se ha observado cubierta vegetal, esta es en su mayoría de tipo herbácea y ocasionalmente arbustiva, vinculada a usos agrícolas, especies de cultivo de secano, y terrenos baldíos con vegetación ruderal. No habiéndose identificado comunidades vegetales de especial interés o valor ecológico, tales como HIC o masas arbóreas.

Adicionalmente, se han identificado ejemplares de especies arbóreas, en particular dos ejemplares de palmera capitata (*Butia capitata*) y un ejemplar de olivo (*Olea europaea*) los cuales son coincidentes con la zona de ocupación temporal del Proyecto en las proximidades de la intersección de la Calle Nicolás Copernico y Calle Ebro en el Polígono Industrial de San Miguel.

4.3.3 Fauna

La fauna presenta gran dificultad para ser cartografiada por su movilidad en el espacio, su variación en el tiempo, las diferencias entre los lugares de alimentación, nidificación, reproducción, estancia y el carácter migratorio de muchas especies. Se ha llevado a cabo también un estudio de la fauna presente en el ámbito del proyecto teniendo en cuenta el análisis de los hábitats faunísticos, las especies sensibles y las áreas de interés para la fauna.

Este estudio se ha basado tanto en la consulta de la bibliografía existente, como en el trabajo intensivo de campo.

4.3.3.1 Biotopos

La fauna existente en la zona de estudio va ligada a los biotopos vegetales, siendo las siguientes unidades de fauna las estudiadas en el territorio:

- **Cultivos de secano:** Los campos de cultivo de secano albergan una diversidad de especies adaptadas a las condiciones agrícolas. Entre las aves más comunes que se pueden encontrar están la alondra común (*Alauda arvensis*), el sisón común (*Tetrax tetrax*) y la calandria (*Melanocorypha calandra*). Los mamíferos incluyen especies como el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y el erizo común (*Erinaceus europaeus*). También pueden estar presentes reptiles como la lagartija colirroja (*Acanthodactylus erythrurus*).
- **Terrenos sin cultivar o baldío:** Estos terrenos suelen estar dominados por vegetación ruderal y matorral bajo, proporcionando refugio y alimento a varias especies de fauna. Las aves son frecuentes en estos biotopos, entre ellas se pueden encontrar especies como la curruca rabilarga (*Sylvia undata*) y el escribano soteño (*Emberiza cirtilus*). Los mamíferos comunes en estas áreas incluyen el zorro (*Vulpes vulpes*) y el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*).
- **Zonas industriales:** Aunque estas áreas están altamente modificadas por la actividad humana, algunas especies de fauna han logrado adaptarse a estos entornos. Es común observar aves como el gorrión común (*Passer domesticus*) y la paloma bravía (*Columba livia*).

4.3.3.2 Áreas de interés faunístico

El ámbito de estudio se encuentra dentro del área de aplicación del Plan de Conservación del hábitat del cernícalo primilla (*Falco naumanni*) y su extremo norte colinda con el área crítica de la especie, que se define como territorio incluidos dentro del ámbito de aplicación del citado Plan, y considerado como vital para la supervivencia y conservación de la especie. Decreto 233/2010, de 14 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se establece un nuevo régimen de protección para la conservación del Cernícalo Primilla (*Falco Naumanni*) y se aprueba el plan de conservación de su hábitat (BOA nº 251, del 27 de diciembre de 2010).

El Proyecto también se encuentra dentro una zona de protección para la alimentación de especies necrófagas (ZPAEN) de interés comunitario en Aragón y dentro de una zona de protección de la avifauna contra la colisión y electrocución de líneas eléctricas de alta tensión.

Las áreas de interés faunístico coincidentes con el ámbito de estudio se muestran en el Plano de Condicionantes Ambientales del Documento Planos.

4.3.3 Prospección faunística

Los esfuerzos de los trabajos de campo se centraron especialmente en las aves rapaces como, por ejemplo, el aguilucho cenizo, milano real, buitre leonado, quebrantahuesos y águila real (consideradas más sensibles a los posibles impactos producidos durante las fases de construcción y explotación del proyecto). No obstante, la metodología es igualmente válida para la detección del resto de avifauna que pudiera estar presente en el entorno del proyecto como, por ejemplo, aves de la familia de los passeriformes.

En total se identificaron 33 especies de fauna: 30 aves, 2 mamíferos y 1 reptiles. De estas, 17 se encuentran incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEEAA) y 4 dentro de los catálogos de la Comunidad de Aragón. De ellos la ganga ibérica y la chova piquirroja presentan categoría de "Vulnerable".

En la siguiente tabla se listan las especies observadas durante las prospecciones:

Tabla 5. Especies observadas durante las prospecciones de fauna los días 12 y 13 de junio de 2024 y 13,14 y 15 de enero 2025. Fuente: AECOM, 2024 y 2025.

Clase	Nombre científico	Nombre común	IUCN	Directiva Aves	LESRPE/ CEEAA	Aragón
Aves	<i>Alauda arvensis</i>	Alondra común	NT	--	--	--
	<i>Alectoris rufa</i>	Perdiz roja	NT	II	--	--
	<i>Anthus campestris</i>	Bisbita campestre	LC	I	LESRPE	--
	<i>Apus apus</i>	Vencejo común	NT	--	LESRPE	--
	<i>Buteo buteo</i>	Busardo ratonero	LC	--	LESRPE	--
	<i>Ciconia ciconia</i>	Cigüeña blanca	LC	I	LESRPE	LAESRPE
	<i>Cisticola juncidis</i>	Buitrón	LC	--	LESRPE	--
	<i>Columba livia</i>	Paloma bravía	LC	II	--	--
	<i>Columba palumbus</i>	Paloma torcaz	LC	II / III	--	--
	<i>Corvus corone</i>	Corneja negra	LC	II	--	--
	<i>Corvus monedula</i>	Grajilla	LC	II	--	--
	<i>Emberiza calandra</i>	Escribano triguero	LC	--	--	LAESRPE
	<i>Falco tinnunculus</i>	Cernícalo vulgar	LC	--	LESRPE	--
	<i>Galerida cristata</i>	Cogujada común	LC	I	LESRPE	--
	<i>Gyps fulvus</i>	Buitre leonado	LC	I	LESRPE	--
	<i>Hieraaetus pennatus</i>	Águila calzada	LC	I	LESRPE	--
	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina común	LC	--	LESRPE	--
	<i>Merops apiaster</i>	Abejaruco europeo	LC	--	LESRPE	--
	<i>Milvus migrans</i>	Milano negro	LC	I	LESRPE	--
	<i>Motacilla alba</i>	Lavandera blanca	LC	--	LESRPE	--
	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión común	LC	--	--	--
	<i>Passer montanus</i>	Gorrión molinero	LC	--	--	--
	<i>Pica pica</i>	Urraca	LC	II	--	--
	<i>Pterocles alchata</i>	Ganga ibérica	LC	I	VU	VU
	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	Chova piquirroja	LC	I	LESRPE	VU
	<i>Saxicola torquatus</i>	Tarabilla común	LC	--	--	--
	<i>Streptopelia decaocto</i>	Tórtola turca	LC	II	--	--
	<i>Sturnus unicolor</i>	Estornino negro	LC	--	--	--
	<i>Turdus merula</i>	Mirlo común	LC	II	--	--
	<i>Upupa epops</i>	Abubilla	LC	--	LESRPE	--
Mamíferos	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo	NT	--	--	--

	<i>Vulpes vulpes</i>	Zorro	LC	--	--	--
Reptiles	<i>Acanthodactylus erythrurus</i>	Lagartija coliroja	--	--	LESRPE	--

IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. LESRPE-CEEAA: Lista de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo Español de Especies Amenazadas. LAESRPE-CEEAA: Lista Aragonesa de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón; Categorías: LC- Preocupación Menor; EN- En Peligro; VU- Vulnerable; NT- Casi Amenazado; Ausente (--). (*) Identificados mediante rastros, restos o huellas

A continuación, se muestran las especies más sensibles que pudieran verse afectadas por las actuaciones del presente proyecto:

Tabla 6: Especies sensibles presentes en la zona de estudio detectadas en los trabajos de campo entre las fechas 12 y 13 de junio de 2024 y 13,14 y 15 de enero 2025. En negrita, las especies detectadas en los muestreos. Fuente: AECOM, 2024 y 2025.

Nombre científico	Nombre común	IUCN	Directiva Aves	LESRPE/ CEEA	Aragón
<i>Chersophilus duponti</i>	Alondra de Dupont	VU	I	EN	EN
<i>Circus pygargus</i>	Aguilucho cenizo	LC	I	VU	VU
<i>Falco naumanni</i>	Cernícalo primilla	LC	I	LESRPE	VU
<i>Neophron percnopterus</i>	Alimoche común	EN	I	VU	VU
<i>Pterocles alchata</i>	Ganga ibérica	LC	I	VU	VU
<i>Pterocles orientalis</i>	Ganga ortega	LC	I	VU	VU
<i>Tetrax tetrax</i>	Sisón común	NT	I	EN	EN
<i>Pyrhocorax pyrrhocorax</i>	Chova piquirroja	LC	I	LESRPE	VU

Ninguna de las especies consideradas está ligada a medios acuáticos, debido a que en el ámbito de estudio no se encontraron cursos de agua o masas de agua con capacidad de albergar especies amenazadas ligadas a este medio en algún momento de su ciclo vital, ya sean invertebrados, anfibios, reptiles (galápago europeo) o mamíferos.

Los muestreos realizados mediante transectos lineales y estaciones de censo en el ámbito de estudio. Como se observa en la tabla, el censo en el buffer considerado para fauna (500 m) muestra una comunidad de aves ligada a matorrales, zonas esteparias, zonas industriales y, especialmente, a rapaces en busca de carroña o presas (principalmente, conejos). Únicamente en la prospección de 2024 se detectaron dos especies catalogadas como Vulnerables a nivel nacional y regional (Ganga ibérica) en vuelo de tránsito y no haciendo uso del espacio, y regional (Chova piquirroja), sin haberse localizado ejemplares nidificantes o haciendo uso del espacio próximo al trazado (sobrevuelo, alimentación).

Del mismo modo, se realizó una prospección específica de la zona en busca de Sisón común, siguiendo la metodología propuesta por SEO/Birdlife¹⁶. Tras la realización del muestreo durante dos jornadas, no se localizaron ejemplares de sisón común en el ámbito de estudio.

4.4 Descripción del medio histórico-cultural y paisaje

4.4.1 Patrimonio cultural

De acuerdo las disposiciones a nivel autonómico regidas por la Ley 3/1999, de 10 de marzo, del Patrimonio Cultural Aragonés los bienes que integran el patrimonio cultural aragonés se clasifican en:

¹⁶ García de la Morena, E. L.; Bota, G.; Mañosa, S. y Morales, M. B. 2018. El sisón común en España. II Censo Nacional (2016). SEO/BirdLife. Madrid.

- **Bienes de Interés Cultural (BIC):** “Los bienes más relevantes, materiales o inmateriales, del patrimonio cultural aragonés”.
 - Inmuebles: Incluyen Monumentos, Conjuntos Históricos, Jardines Históricos, Sitios Históricos, Zonas Paleontológicas, Zonas Arqueológicas, y Lugares de Interés Etnográfico.
 - Muebles: Bienes significativos individuales o en colecciones.
 - Inmateriales: Tradiciones y actividades que forman parte del patrimonio etnológico de Aragón.
- **Bienes catalogados:** “Los bienes integrantes del patrimonio cultural aragonés que, pese a su significación e importancia, no cumplan las condiciones propias de los bienes de interés cultural, bienes catalogados y bienes”.
- **Bienes inventariados:** “Los bienes culturales que no tengan la consideración de bienes de interés cultural o de bienes catalogados”.

Por otro lado, la Ley 3/1999, de 10 de marzo, estipula que los espacios donde se presume fundadamente la existencia de restos paleontológicos o arqueológicos requeridos de medidas precautorias podrán ser declarados zonas de prevención arqueológica o paleontológica.

Con motivo de las consultas previas realizadas para el conjunto de los proyectos incluidos en el PIGA Expansión ZAZ, la Dirección General de Patrimonio Cultural de Aragón emite un informe de 26 de julio de 2024 en el que confirma que, *analizada la documentación aportada y examinada el área afectada por el proyecto se considera que este proyecto no supone afección al Patrimonio Cultural Aragonés.*

Conforme a la información disponible en la página web de Patrimonio Cultural de Aragón¹⁷ y la información cartográfica del Banco de Datos del Gobierno de Aragón¹⁸ no se han identificado los siguientes bienes en el ámbito de estudio.

Asimismo, dentro del Estudio Impacto Ambiental del Proyecto Básico que antecede al presente Proyecto Ejecutivo, se incluye un Estudio Básico Patrimonial realizado por AUDEMA S.A. en el término municipal de Villanueva de Gállego, no habiendo localizado varios bienes patrimoniales (yacimientos arqueológicos, elementos etnográficos y arquitectónicos) en el entorno del proyecto.

4.4.2 Vías pecuarias.

De acuerdo a los datos cartográficos del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico y del Instituto Geográfico de Aragón, no se han identificado vías pecuarias afectadas por el Proyecto.

No existen vías verdes ni senderos FEMDE en el área del proyecto.

4.4.3 Montes de Utilidad Pública

No se localiza ningún Monte de Utilidad Pública (MUP) en el ámbito de estudio.

4.4.4 Usos del suelo

En cuanto a las coberturas territoriales del ámbito de estudio se ha atendido a la base de datos del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE) de Alta Resolución¹⁹ del año 2017, la cual tiene como uno de sus objetivos principales integrar la información de las bases de datos de cubiertas y usos del suelo. Acorde con la información consultada la cobertura territorial los usos principales del ámbito de estudio, ocupando la mayor parte de la extensión, son:

- Producción e infraestructuras agrícolas
- Producción secundaria

¹⁷ Dirección General de Patrimonio Cultural del Gobierno de Aragón . (s.f.). Patrimonio Cultural de Aragón . Obtenido de <https://patrimonioculturaldearagon.es/> (último acceso mayo 2024).

¹⁸ Gobierno de Aragón. (s.f.). ICEARAGON – Visor 2D. Obtenido de <https://icearagon.aragon.es/visor/> (último acceso junio 2024).

¹⁹ Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible. (s.f.). SIOSE Alta Resolución. Obtenido de <https://www.siose.es/siose-alta-resolucion> (último acceso 31 de julio de 2024).

- Servicios logísticos y de almacenamiento

En menor proporción aparecen las áreas urbanas e infraestructuras, en las que se engloban coberturas territoriales destinadas a redes de transporte, áreas naturales terrestres, almacenamiento y distribución de energía, uso residencial, y otros servicios urbanos (servicios a la comunidad, servicios culturales, de ocio y recreativos servicios financieros profesionales y de información y otras actividades del sector terciario. Estas zonas coinciden con núcleos poblacionales de los términos municipales presentes en el ámbito de estudio.

4.4.5 Caracterización del paisaje

De acuerdo con el Decreto Legislativo 2/2015, de 17 de noviembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Ordenación del Territorio de Aragón, son instrumentos de protección, gestión y ordenación del paisaje los Mapas de Paisaje. Estos se describen conforme al artículo 71 como “*documentos de carácter descriptivo, analítico y prospectivo que identifican los paisajes de las diferentes zonas del territorio aragonés, analizan sus características y las fuerzas y presiones que los transforman, identifican sus valores y estado de conservación, y proponen los objetivos de calidad paisajística que deben cumplir*”.

Para la descripción de los grandes dominios del paisaje, es decir, las unidades paisajísticamente homogéneas a escala regional se ha usado el Atlas de Aragón²⁰, publicado en la Infraestructura de Conocimiento Espacial de Aragón (ICEARAGON).

Según la información consultada, los dominios del paisaje dominantes en la zona del Proyecto son *amplios fondos de valle y depresiones* caracterizados por tener paisajes de secanos y regadíos en amplias depresiones, y *espacios urbanos*.

De acuerdo con el visor del Atlas de Aragón del ICEARAGON²¹, **la calidad del paisaje predominante en el ámbito de estudio del Proyecto es media-baja (4-3)**, con algunas zonas muy bajas (1-2).

En cuanto a la **fragilidad del paisaje**, el área del proyecto se encuentra en una zona con fragilidad **media-alta** (3-4).

4.5 Descripción del medio socioeconómico

4.5.1 Administración territorial

El ámbito de estudio del Proyecto abarca el término municipal de Villanueva de Gállego.

- **Villanueva de Gállego:** con una superficie de 76,0 km², pertenece a la Comarca Central. Está situado a 13km al norte del centro del núcleo urbano del término municipal de Zaragoza.

4.5.2 Demografía

De acuerdo con el Instituto Aragonés de Estadística (IAEST)²², Villanueva de Gállego alcanzó en 2023 una población total de 4.807 habitantes. Entre 2019 y 2023 la **evolución de la población** del municipio ha experimentado un ascenso poblacional de 0,018%. El ascenso poblacional es apreciable también en la comarca a la que pertenecen, y en Zaragoza y Aragón. Sin embargo, la tendencia ascendente en cuanto a la población de la Comunidad Autónoma es mínima, pues que los valores se encuentran por debajo del 0,1%.

Respecto a la **densidad de población** según el IAEST²³ en 2022, en el término municipal de Zaragoza es significativamente mayor que en Villanueva de Gállego, debido a que la primera se trata de la capital de Provincia.

²⁰ Instituto Geográfico de Aragón . (s.f.). Atlas de Aragón - Paisaje. Obtenido de <https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/paisaje> (último acceso junio 2024)

²¹ Instituto Geográfico de Aragón . (s.f.). Visor 2D - Mapas del Paisaje de Aragón . Obtenido de <https://idearagon.aragon.es/visor/> (último acceso junio 2024)

²² Gobierno de Aragón. (s.f.). Instituto Aragonés de Estadística (IAEST). Obtenido de <https://www.aragon.es/organismos/departamento-de-economia-empleo-e-industria/direccion-general-de-politica-economica/instituto-aragones-de-estadistica-iaest-> (último acceso junio 2024)

²³ 49 Gobierno de Aragón. (s.f.). Instituto Aragonés de Estadística (IAEST). Obtenido de <https://www.aragon.es/organismos/departamento-de-economia-empleo-e-industria/direccion-general-de-politica-economica/instituto-aragones-de-estadistica-iaest-> (último acceso junio 2024)

Los **datos de indicadores demográficos** según el IAEST²⁴ de 2021, indican que la tasa de natalidad y tasa de nupcialidad en el término municipal de Villanueva de Gállego, si bien se encuentra por debajo de la tasa autonómica, su valor es similar. Por otro lado, la tasa de mortalidad, a pesar de encontrarse por debajo de la tasa autonómica, se considera del mismo orden de magnitud.

4.5.3 Empleo y actividad económica

4.5.3.1 Indicadores de empleo

- La tasa de afiliación global a la Seguridad Social respecto al total poblacional (afiliaciones/habitantes) oscila entre 45% en la mayoría de los ámbitos territoriales. Sin embargo, en el caso de Villanueva de Gállego, en el que se registra una tasa global de afiliación de 111,8% para 2024, lo cual indica que por cada persona que habita en el municipio existe más de un contrato de afiliación por cuenta propia o ajena a la Seguridad Social.
- La tasa de desempleo calculada (parados/habitantes) para el último trimestre de 2023 varía entre 4-4,5% de la población en los ámbitos analizados, inferior a la media nacional de 6,0%.

4.5.3.2 Actividad económica

El sector servicios es la rama de actividad más común para Villanueva de Gállego. El sector industrial representa el segundo lugar en cuanto a rama de actividad que genera más empleo en la Comunidad Autónoma de Aragón.

4.5.4 Cotos de caza y pesca

Los cotos de caza están regulados a nivel autonómico conforme a la Ley 1/2015, de 12 de marzo, de Caza de Aragón (Comunidad Autónoma de Aragón, 2015)²⁵. Según su artículo 15, se denominan cotos de caza “*toda superficie continua de terreno señalizado en sus límites, susceptible de aprovechamiento cinegético racional*”. Los cotos de caza, según la mencionada legislación, se clasifican atendiendo a:

- Sus fines y titularidad:
 - Cotos de titularidad pública.
 - Cotos de titularidad privada.
- Al objeto principal de aprovechamiento cinegético:
 - Cotos con aprovechamiento de caza mayor.
 - Cotos de aprovechamiento de caza menor y jabalí.

Por otro lado, en la clasificación del agua estipulada en la ORDEN MAT/1667/2024, de 19 de diciembre, por la que se aprueba el Plan General de Pesca de Aragón para la temporada 2025, distinguen los tramos de agua en:

- **Cotos sociales de pesca**, gestionados directamente por la Administración de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- **Cotos deportivos de pesca**, gestionados total o parcialmente por entidades colaboradoras en materia de pesca.

En la siguiente tabla se describe las características del coto de caza presente en el ámbito de estudio del Proyecto:

Tabla 7: Coto de caza en el ámbito de estudio del Proyecto. Fuente: AECOM a partir de los datos de Aragón Open Data, 2025.

Matrícula	Nombre	Titular	Tipo de Terreno	Superficie total (ha)	Aprovechamiento
Z10363	San Isidro	Sdad. Cazadores San Isidro	Coto deportivo	3.670,69	Caza menor. Sin aprovechamiento secundario

²⁴ Gobierno de Aragón. (s.f.). Instituto Aragonés de Estadística (IAEST). Obtenido de <https://www.aragon.es/organismos/departamento-de-economia-empleo-e-industria/direccion-general-de-politica-economica/instituto-aragones-de-estadistica-iaest-> (último acceso junio 2024).

²⁵ Comunidad Autónoma de Aragón. (2015). Ley 1/2015, de 12 de marzo, de Caza de Aragón. BOA nº58 de 25 de marzo de 2015.

4.5.5 Infraestructura de comunicación y servicios

Se han identificado las infraestructuras de comunicación, referidas a las redes de transporte (carreteras, aeropuertos y ferrocarriles) y de servicios, correspondiendo a redes de suministro (gaseoductos) presentes en el ámbito de estudio en Secciones previas referidas a afecciones a la infraestructura existente de este Proyecto Ejecutivo.

5. Medidas preventivas y correctoras

5.1 Introducción

La propuesta de medidas protectoras y correctoras basada en la consideración de los distintos aspectos ambientales del territorio afectado y en la tipología de las operaciones implicadas en el proyecto, tiene como objetivo la prevención, eliminación o reducción de los efectos ambientales negativos que pudiera ocasionar el desarrollo del proyecto, así como la integración ambiental del mismo.

Entre las medidas protectoras se encuentran las propuestas de carácter preventivo, dirigidas al control de las operaciones en la fase de ejecución, cuyo fin es evitar o reducir en origen los posibles daños provocados por las actuaciones en el entorno, y que serán de aplicación en los momentos y lugares en que se realicen dichas operaciones.

El grupo de medidas correctoras está dirigido a reparar los efectos ambientales ocasionados por las acciones del proyecto, mediante la aplicación de diversos tratamientos, básicamente dirigidos a la integración paisajística y la protección del entorno.

Las medidas compensatorias se establecen en caso de necesidad de aplicación de medidas excepcionales ante el resultado de impactos residuales tras la aplicación de medidas preventivas y correctoras. No habiéndose detectado impactos residuales, no se prevé su aplicación.

Se definen en el presente Anejo todas las medidas preventivas y correctoras propuestas a aplicar sobre los distintos factores del medio y se recogen en el Documento Planos del presente Proyecto Ejecutivo.

5.2 Ámbito de las actuaciones y zonas de instalaciones auxiliares (ZIA)

Las alteraciones medioambientales que potencialmente pueden tener mayor importancia son las ocasionadas por las superficies de actuación donde se desarrolla la obra constructiva, así como aquellas de ocupación temporal necesarias para la ejecución del Proyecto, incluida las zonas de instalaciones auxiliares.

Con el fin de regular la incidencia ambiental del proyecto y efectuar el seguimiento de los efectos ambientales que pudieran ocasionarse, se relacionan a continuación los criterios que deben ser tenidos en cuenta en la fase de obra y operación, al efecto de minimizar los efectos ambientales que puedan ocasionar las actuaciones proyectadas, incluidas las instalaciones temporales necesarias, reduciéndolos hasta hacerlos compatibles con la preservación de recursos naturales y culturales de interés, así como conseguir la correcta integración paisajística de estas zonas en el entorno:

- Condicionantes ambientales implicados en la delimitación las superficies de actuación, incluido localización de elementos auxiliares, ZIA y accesos.
- Movimiento y balance de tierras.

5.2.1 Condicionantes ambientales en las superficies de actuación y localización de elementos auxiliares

En el presente apartado se define el área de actuación en función de sus valores ambientales, y, por lo tanto, la capacidad de acogida de la zona de las acciones contempladas en la construcción de las infraestructuras proyectadas, incluidas las instalaciones y elementos auxiliares temporales y/o permanentes necesarios para su ejecución.

Los elementos auxiliares, tanto de carácter temporal como permanente, como son instalaciones auxiliares (parques de maquinaria, almacenes de materiales, instalaciones provisionales de obra, sistemas de saneamiento, etc.), zonas de acopio de materiales, caminos de acceso; se ubicarán en las zonas de menor valor ambiental y en aquellas zonas que causen menos molestias a la población.

Como caminos de obra se emplearán, siempre que sea posible, la superficie a ocupar por el Proyecto, los caminos existentes, así como las reposiciones de caminos necesarias incluidas en el proyecto.

Se evitará la delimitación de zonas de localización de instalaciones auxiliares fuera de la zona de ocupación temporal, restringiendo su emplazamiento prioritariamente en el entorno de ocupación del Proyecto y en zonas admisibles y escaso valor medioambiental, conforme a la delimitación del territorio según se describe en el párrafo siguiente, atendiendo especialmente a la normativa sectorial de aplicación referida a los elementos del patrimonio natural y cultural que han sido inventariados en el ámbito.

No obstante, en el caso de que el Contratista considerase necesaria la localización de instalaciones auxiliares fuera del área de ocupación de las obras, deberá tener en cuenta la siguiente clasificación del territorio:

- **Zonas excluidas con carácter general:** Comprenden las zonas de mayor calidad y fragilidad ambiental. En estas zonas se prohibirá la localización de cualquier tipo de construcción temporal o permanente adicional al mero proyecto, acopios de materiales, viario o instalación al servicio de las obras, salvo aquellos, con carácter estrictamente puntual y momentáneo, que resultaran de inexcusable realización para la ejecución de las obras. Las zonas excluidas se establecen en base a las normativas sectoriales que resultan de aplicación y que dictaminan tales restricciones, así como cualquier instrucción que pudiera dictaminar el órgano competente en la materia.

Por tanto, cualquier actuación sobre las mismas que pudiera derivarse de necesidades extraordinarias para la continuidad de la ejecución de los trabajos, estará sujeta a la autorización y prescripciones que pudiera estipular el órgano competente en la materia.

En cualquier caso, esta ubicación quedará condicionada a la restitución íntegra e inmediata del espacio afectado a sus condiciones iniciales.

Se consideran zonas excluidas para la localización de instalaciones auxiliares las siguientes:

- Suelo Urbano Residencial o con dotaciones especiales (edificios sanitarios y educacionales etc.) en el caso de las instalaciones auxiliares.
 - Dominio público de los cauces de ríos y tramos fluviales, incluyendo arroyos temporales o permanentes.
 - Formaciones arbóreas naturales o naturalizadas.
 - Hábitats de Interés Comunitario prioritarios.
 - Restos arqueológicos o paleontológicos de cualquier tipo y elementos de patrimonio histórico-cultural.
 - Espacios naturales protegidos.
 - Humedales de Interés Aragonés, zonas húmedas, manantiales, lagunas, balsas y embalses.
 - Espacios de especial interés para la fauna: pasos de fauna naturales, lugares de nidificación de especies sensibles.
 - Zonas de geomorfología muy desfavorable o con riesgos geológicos probables o comprobados.
 - Vías pecuarias, descansaderos, abrevaderos, senderos de gran recorrido.
- **Zonas restringidas:** Son las áreas de cierto valor ambiental de conservación deseable. En estas áreas sólo se admite la localización de instalaciones al servicio de las obras, con carácter temporal, exclusivamente durante la realización de las mismas, debiéndose retirar por completo a la finalización de éstas, restituyendo al terreno sus condiciones originales tanto topográficas como de cubierta vegetal. Estas zonas se incluirán dentro de las labores del proyecto de restauración ecológica y paisajística. De igual forma que las zonas excluidas, cualquier actuación sobre las mismas que pudiera derivarse de necesidades extraordinarias para la continuidad de la ejecución de los trabajos, estará sujeta a la autorización y prescripciones que pudiera estipular el órgano competente en la materia.

Se consideran zonas restringidas para la localización de instalaciones auxiliares las siguientes:

- Matorral y pasto arbustivo
 - Suelo No Urbanizable Especial, atendiendo al Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Villanueva de Gállego.
 - Suelo Urbanizable
 - Hábitats de Interés Comunitario no prioritario.
 - Zona de policía del Dominio Público Hidráulico.
- **Zonas admisibles:** Constituyen el territorio con menores méritos de conservación. En estas zonas se podrán localizar aquellas instalaciones y elementos que por sus especiales características tengan un carácter permanente. Se realizará las actuaciones para lograr su integración en el entorno, a incluir en el proyecto de restauración ambiental.

Como zonas admisibles se consideran todas aquellas no incluidas en los casos anteriores, que en principio no presentan problemas destacables desde el punto de vista medioambiental.

En el Documento Planos del presente Proyecto se encuentra la colección de Planos de Medidas Ambientales y Restauración del ámbito de actuación para las acciones proyectadas, incluida la ubicación de elementos temporales y permanentes.

5.2.1.1 Zona de Instalaciones Auxiliares (ZIA) temporales

La minimización de los impactos ambientales comienza con una buena ubicación de las actuaciones, por lo que se localizarán las zonas de instalaciones auxiliares en áreas donde no exista peligro potencial de alteración de los recursos hídricos, no existan espacios naturales protegidos ni comunidades vegetales o faunísticas de interés y no se altere el patrimonio cultural.

Será necesario fijar en la zona de actuación, o próximos a ella, elementos auxiliares a las obras de carácter provisional, tales como acopios de material, de maquinaria, etc.

En la localización de superficies apropiadas para instalaciones auxiliares de obra se atenderá a los siguientes criterios:

- Proximidad a la zona de obras, situándolas colindantes a la carretera y con facilidad de acceso mediante infraestructuras cercanas.
- Situación fuera de las zonas de exclusión, según se han definido en el Apartado 5.2.
- Delimitación del territorio atendiendo a los condicionantes ambientales para localización de elementos auxiliares temporales y permanentes.
- Impermeabilización del sustrato en todo lo posible.

Posteriormente, en la fase de replanteo, se ajustarán los emplazamientos intentando minimizar las afecciones ambientales sobre el terreno. Asimismo, con el fin de proteger lo máximo posible el territorio adyacente, se jalonará el perímetro de la zona de instalaciones, evitando la afección a los espacios limítrofes.

Es conveniente que se agrupen el mayor número de instalaciones posible en una zona determinada, concentrando así las afecciones de carácter negativo, para facilitar su posterior adecuación ecológica y paisajística.

Se llevará un control exhaustivo de los derrames que pudieran producirse, procediéndose a eliminarlos en el momento en el que se produzcan mediante su absorción con celulosa o zahorra, que posteriormente se tratará como un residuo peligroso, tal y como establece el Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.

El parque de maquinaria y las instalaciones auxiliares se ubicarán en una zona donde las aguas superficiales no se vean afectadas. La zona de instalaciones auxiliares contará con una superficie impermeabilizada y un área techada en aquellos lugares donde se vayan a acopiar materiales y residuos peligrosos y/o tóxicos. Además, dispondrán de algún sistema de recogida de vertidos accidentales que evite la contaminación del suelo o el agua, como sepiolita o similar. Los cambios de aceite, repostaje y cualquier otra actividad relativa al mantenimiento de la maquinaria o los vehículos de obra se llevará a cabo siempre en lugares habilitados para ello, como talleres o

gasolineras y nunca en la ZIA. Los residuos peligrosos serán tratados según la citada legislación y se contactará con un gestor autorizado de residuos por la comunidad autónoma que se encargará de su tratamiento y gestión.

Para la recuperación del parque de maquinaria y las instalaciones auxiliares, deberán llevarse a cabo una serie de técnicas, que serán de aplicación general, entre las que se citan las siguientes:

- a) Restauración fisiográfica de los terrenos hacia una morfología suave de aspecto natural, que permita la integración en mayor medida en el paisaje circundante.
- b) Descompactación mediante laboreo pleno con arado de vertedera y reextendido de tierra vegetal.
- c) Instauración de una cubierta herbácea de protección, empleando las especies típicas de la zona. En el caso de ubicarse sobre terreno agrícola, la restitución será acordada previamente con el propietario de este.

Una vez finalizadas las obras, se procederá al desmantelamiento de las instalaciones y retirada a vertedero, y la recuperación de la zona al estado original.

Para la selección de la ZIA, se han tenido en cuenta criterios de funcionalidad y proximidad a la línea eléctrica. Por lo tanto, serán ubicadas en zonas próximas a los nudos de comunicaciones. Adicionalmente, para la ubicación de la ZIA se consideran los factores bióticos como abióticos y culturales del entorno para priorizar su localización evitando zonas sensibles. En especial, se tienen en cuenta los factores siguientes:

- Fauna, y en especial las especies protegidas presentes en el ámbito de estudio.
- Espacios protegidos.
- Elementos del patrimonio arqueológico y cultural.

En base a todo lo anterior, se propone una ZIA para el presente proyecto. Esta zona se ubicará próxima a la zona de construcción, previamente acondicionada retirando la capa superficial de tierra vegetal. En esta zona se constituirá una zona de gestión de residuos, consistente en el hormigonado de una zona de la parcela y su vallado, además de su señalización. Por último, los accesos se realizarán desde los caminos existentes.

En los Planos de Medidas Ambientales y Restauración del ámbito de actuación, incluidos en el Documento Planos del presente Proyecto, se incluye la localización de la Zona de Instalaciones Auxiliares de Obra, atendiendo a los criterios aquí mencionados.

5.2.1.2 Accesos a obra

Durante la fase de construcción, se minimizará la afección producida por los caminos de acceso a obra, aprovechando como accesos los caminos existentes. Asimismo, se evitará la apertura de caminos, dentro de las áreas definidas en la delimitación del territorio atendiendo a los condicionantes ambientales del ámbito de actuación, como zonas de exclusión.

Durante la fase de construcción se definirá un plan de rutas para acceder a obra como para el tránsito interior en la misma.

En el trazado del Proyecto los equipos de apoyo y distinta maquinaria requieren llegar a los emplazamientos donde se ejecutarán las obras. Se aprovecharán los caminos y carreteras existentes en la zona para dar acceso a la maquinaria necesaria para la ejecución de las obras. Se proponen tres accesos principales, habiendo uno por cada sentido de la circulación del tráfico, localizados en la autovía A-23 en las salidas de los PK 299+000, 301+000 y 304+000.

Una vez terminada la construcción se procederá a la descompactación de los terrenos por los que haya discurrido la maquinaria de obra mediante escarificado y se restaurarán los terrenos afectados aportando tierra vegetal y revegetándolos, salvo aquellos que sean utilizados permanentemente o sean caminos existentes antes de la ejecución de la obra.

5.2.2 Resumen del movimiento de tierras

A continuación, se indica el resumen de movimiento de tierras:

Tabla 8. Resumen del movimiento de tierras del Proyecto. Fuente: Elaboración propia de AECOM a partir de los datos del equipo redactor del proyecto técnico, 2025.

Elemento	Cantidad	Unidad de medida
Volumen de material extraído	80.188,70	m ³
Volumen de material reutilizado en relleno	24.375,37	m ³
Volumen de material excedente	58.992,72	m ³

Del resumen del balance de tierras, se desprende que la ejecución de la obra generará excedentes de materiales, los cuales no podrán ser reutilizados en la propia obra. Estos excedentes deberán ser gestionados de acuerdo a criterios ambientales, considerando como destino prioritario su reutilización, en plantas de tratamiento de áridos para su reciclaje y/o en rellenos de huecos de explotación minera para su empleo en labores de restauración, atendiendo a la normativa de aplicación y en particular al Decreto 262/2006, de 27 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento de la producción, posesión y gestión de los residuos de la construcción y la demolición, y del régimen jurídico del servicio público de eliminación y valorización de escombros que no procedan de obras menores de construcción y reparación domiciliar en la Comunidad Autónoma de Aragón. En caso de no ser viables estas opciones, se considerará su destino a vertederos autorizados.

5.3 Calidad del aire

En la siguiente tabla se expone la relación enunciativa de medidas consideradas para la protección de la calidad del aire.

Tabla 9. Relación de medidas consideradas para la protección de la calidad del aire. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
P/PLA	Planificación y programación temporal de los trabajos
P/HUM	Humectación del terreno en previsión de tiempo seco.
P/COB	Aplicación de sistemas de cobertura de cargas.
P/OPE	Operaciones de carga y descarga
P/VIA	Utilización de vías y caminos existentes
P/REN	Promover el uso de combustibles de bajas emisiones y origen renovable en la maquinaria
P/DOC	Control de la maquinaria y de la documentación reglamentaria
P/EFI	Eficiencia energética
P/CDC	Control del consumo de combustible
P/REC	Gestión del consumo de recursos

5.3.1 Control de los niveles de emisión de polvo y dispersión de partículas

La calidad del aire será afectada durante la fase de construcción del Proyecto debido a la emisión de contaminantes de combustión y polvo a consecuencia de la actividad de la maquinaria de obra, y los movimientos de tierras, lo que puede provocar molestias en las poblaciones próximas a la zona de obras.

Como medida preventiva para evitar el incremento del nivel de emisión de polvo y partículas derivadas de los trabajos de construcción se prescribirá el riego periódico (P/HUM) de viales de obra, acúmulos de tierra, terraplenes, etc., que puedan suponer una fuente importante de generación de polvo y partículas. Se prestará especial atención a las áreas cercanas a receptores sensibles y durante los meses más secos.

Estos riegos se realizarán diariamente en épocas de baja pluviometría (meses estivales), disminuyendo su frecuencia en los meses de invierno a riegos semanales. Durante la fase de movimiento de tierras y especialmente si se realiza durante el periodo seco, se precisará la presencia permanente de un camión cisterna en la zona de actuación. Su periodicidad se podrá aumentar en los días de fuertes vientos y disminuir en los periodos de lluvia según el criterio del Responsable Técnico de Medio Ambiente. En cualquier caso, se realizará un control visual continuo de los niveles de polvo en obra para precisar la necesidad de realizar riegos.

El Plan de Obras se organizará de manera que se coordinen las operaciones con maquinaria de construcción (P/PLA), evitando que todos los frentes trabajen simultáneamente. De este modo, se minimiza la intervención simultánea de maquinaria en la misma actuación.

Los camiones y vehículos de transporte de áridos o materiales de excavación deberán ir cubiertos para evitar la dispersión de polvo (P/COB). Se llevará a cabo la colocación de lonas o toldos en los acopios de materiales pulverulentos en los camiones destinados a transportar materiales sueltos y, en caso necesario, humectación de materiales. También, se realizarán barridos en las zonas pavimentadas utilizadas para el transporte de materiales y se limitará de la velocidad de la circulación de vehículos a 20 km/h en caminos no asfaltados y a 50 km/h en aquellos que se encuentren asfaltados. Se priorizará el uso de caminos existentes, minimizando nuevas aperturas (P/VIA).

Se priorizarán las operaciones de carga y descarga en condiciones favorables (P/OPE), tratando de evitar realizarlas durante el período estival, en condiciones de sequía, con especial énfasis cuando se combinen con fuertes vientos. Asimismo, se reducirá la altura de las operaciones para minimizar la dispersión de partículas y minimizar los almacenamientos temporales en obra.

5.3.2 Minimizar la emisión de gases contaminantes

Con el objetivo de reducir los gases contaminantes procedentes de los motores de combustión de los vehículos y maquinaria de obra, así como las emisiones difusas generadas por el levantamiento de material particulado durante el tránsito de vehículos, se fomentará el uso de maquinaria que utilice combustibles alternativos de menor impacto ambiental (P/REN). Estos son los de origen renovable (HVO, entre otros), los cuales tienen como objetivo reducir las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero. En la medida de lo posible, se hará uso de maquinaria de bajo consumo y alta eficiencia con el fin de reducir el impacto energético y maximizar la sostenibilidad del proyecto (P/CDC).

Se llevará a cabo un control operacional de consumos de combustible (P/REC) mediante depósitos con sistemas de medición de nivel y registro de las medidas de los camiones de entrega. Se empleará la maquinaria únicamente el tiempo necesario y apagar aquellas máquinas que no estén trabajando, priorizando que se coordinen las operaciones con maquinaria de construcción, evitando que todos los frentes trabajen simultáneamente (P/PLA). Por otro lado, se realizará un uso adecuado de los aparatos de climatización en las casetas de obra, evitando dejar abiertas ventanas o puertas que provoquen pérdidas de temperatura, y asegurándose de apagarlos.

Se formará a los conductores en buenas prácticas enfocadas a una conducción eficiente que conlleve una reducción de los niveles de consumo y, por tanto, de emisiones contaminantes (P/EFI).

Se realizará un mantenimiento adecuado de la maquinaria/vehículos y cuidado de estado de los motores incluyendo controles periódicos de los mismos (P/DOC), con una periodicidad mínima de un mes, un control exhaustivo de la puesta en marcha de la maquinaria y equipos empleados en la obra, así como un correcto mantenimiento según el reglamento de Inspección Técnica de Vehículos (ITV), cuidando de no sobrepasar en ningún momento la fecha límite de revisión establecida para cada vehículo. Para ello, se realizará un archivo en

el que se refleje la fecha en la que cada vehículo debe pasar la ITV, lo que permitirá realizar un seguimiento continuo de los vehículos.

5.4 Calidad acústica y vibraciones

En la siguiente tabla se expone la relación enunciativa de medidas consideradas para la protección acústica y de vibraciones.

Tabla 10. Relación de medidas consideradas para la protección acústica y de vibraciones. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
P/PAN	Instalación de pantallas acústicas
P/PLA	Planificación y programación temporal de los trabajos
P/EST	Estacionamientos de maquinaria
P/SON	Comprobación del cumplimiento límites de emisiones sonoras
P/VEL	Reducción y control de la velocidad de vehículos
P/MON	Monitorización de vibraciones en edificaciones

5.4.1 Prevención de incremento del ruido y vibraciones en la fase de obras

Los niveles de ruido debido a las actividades y a la maquinaria utilizada durante las obras producirán incrementos sonoros puntuales limitados a la fase de construcción del proyecto.

Se llevará a cabo la comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas por la normativa de aplicación (P/SON) en cuanto a los límites de emisiones sonoras. De acuerdo con el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre y a las modificaciones incorporadas por Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, las máquinas utilizadas durante la fase constructiva del presente Proyecto no deben superar el nivel de potencia acústica admisible establecido en el "Cuadro de valores límite" del Anexo XI de este Real Decreto.

Igualmente, se atenderá a las estipulaciones que marca el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Se han seleccionado localizaciones representativas para las mediciones de control de ruido en fase de proceso de apertura de zanja, considerando que la actividad de construcción es secuencial y solo trabaja una unidad de maquinaria simultáneamente. Los puntos de control seleccionados se corresponden con ubicaciones representativas a lo largo de la traza en base a sensibilidad de receptor y/o distancia a la zanja. Estos puntos podrán ser modificados junto con el plan de vigilancia ambiental o seleccionados por un técnico acústico in situ en función del cronograma de obras, la accesibilidad a las áreas de medición, ruido de industrias cercanas, y cualquier otro factor condicionante. En la siguiente figura se representan estos potenciales puntos de control para el monitoreo de ruido y vibraciones en obra:



Previamente al inicio de cada etapa o localización de las actividades de construcción, se realizarán mediciones de ruido para comprobar el nivel de ruido de fondo en puntos de control representativos, cercanos a las zonas de actuación. Se monitorizarán los niveles de ruido derivados de la maquinaria de construcción en los puntos del control definidos al inicio de cada etapa o localización de las actividades de construcción, al objeto de controlar que no se superen los límites de ruido establecidos en la legislación vigente (P/SON).

De igual forma, se monitorizarán las actividades de vibración en edificios residenciales ubicados a menos de 50 metros del trazado, especialmente en edificios residenciales o edificios con valor cultural identificados con potencial riesgo de daño menor o cosmético. Si se superan los límites de vibración propuestos, detener o suspender las actividades hasta que se evalúe la posibilidad de reducir los niveles de vibración generados o implementar medidas de mitigación, como el uso de zanjas (P/MON).

Se planificarán (P/PLA) las operaciones que conlleven emisión de vibraciones y ruidos (movimientos de tierras, demolición, excavación...) de forma que no se realicen simultáneamente, cuando sea posible. Se restringirán los trabajos de construcción al horario diurno y vespertino. En caso de requerirse trabajos en horario nocturno (22h – 8h), se limitarán estos a los imprescindibles, y tendrán que ser expresamente autorizados por la autoridad municipal correspondiente. En el caso de receptores industriales o terciarios en los que la ocupación por parte de los trabajadores no sea permanente, se adecuarán siempre que sea posible los horarios de las actividades constructivas más ruidosas para que no coincidan con la presencia de trabajadores. Si existe alguna industria que lleve a cabo actividades ruidosas (por ejemplo, actividades de demolición) durante el momento de las actividades de obra, no será necesaria la instalación de pantallas acústicas temporales para proteger a estos receptores.

Se operarán y se estacionarán los equipos de movimiento de tierras lo más lejos posible de receptores sensibles, especialmente los residenciales o de usos especiales como sanitarios o educativos (P/EST). También, se redirigirá, en la medida de lo posible, el tráfico pesado para evitar las calles residenciales. Si no es posible evitar pasar por áreas residenciales, seleccionar aquellas calles que tengan el menor número de viviendas. La velocidad de la maquinaria y vehículos empleados dentro de la obra se limitará a 20 km/h (P/VEL).

5.4.2 Reducción de niveles acústicos en la fase de obras

A partir de los niveles de potencia sonora obtenidos en el Estudio Acústico del EIA, se ha calculado el nivel de presión sonora a varias distancias para la suma de todas las máquinas involucradas en las obras. Este procedimiento ha permitido identificar los receptores que podrían verse potencialmente afectados por el ruido en base a los límites acústicos definidos en la legislación vigente en materia de emisiones sonoras.

Los resultados muestran la importancia de implementar medidas de mitigación adecuadas para reducir el impacto acústico en las áreas afectadas mediante la medición de los niveles de ruido en puntos de control y la instalación pantallas acústicas temporales (P/PAN) tipo *Echobarrier* o similar.

En el caso de que los límites acústicos se vean superados durante las mediciones acústicas en los puntos de control definidos, se colocarán barreras acústicas temporales que amortigüen las emisiones acústicas con el fin de reducir los niveles de ruido en receptores cercanos y cumplir con los límites de ruido establecidos en la legislación vigente para receptores de diferentes usos.

En los Planos de medidas Ambientales y Restauración del Documento Planos se muestran localizaciones potenciales de las pantallas acústicas temporales, definidas en base a cálculos teóricos, pero que podrán ser reducidas o modificadas en base a las mediciones de campo atendiendo a la localización de los receptores sensibles en los puntos de control.

Las pantallas acústicas temporales se irán moviendo de lugar a medida que avancen las operaciones de obra y se realicen mediciones de ruido en las nuevas localizaciones.

Para la colocación de las pantallas acústicas, se deberán seguir las siguientes indicaciones:

- Deberán colocarse entre la fuente de ruido y los receptores afectados a lo largo del todo el trazado, las cuales se irán moviendo de lugar a medida que avancen las operaciones de obra.
- La instalación se deberá llevar a cabo de forma que se evite cualquier grieta, abertura o hueco que pueda comprometer la efectividad de la medida y de forma que detenga la línea de visión entre receptor y fuente de ruido.
- Las "fugas" de sonido debidas a agujeros, aberturas, grietas o huecos a través o debajo de una barrera de ruido pueden reducir seriamente el rendimiento de la barrera y deben evitarse. Para que sea efectivo, la cantidad de ruido transmitido a través de la barrera debe ser significativamente menor que lo que pasa sobre la parte superior.
- La barrera acústica debe detener la línea de visión entre el receptor y la fuente de ruido, siendo las barreras acústicas más eficientes en función de la sombra acústica producida en el receptor, y, por tanto, siendo más efectivas cuanto más cerca se encuentren de la fuente de ruido.

Las actuaciones pautadas por esta medida se integrarán dentro del Plan de control y seguimiento de la calidad ambiental que deberá ser diseñado a tal efecto en el marco del Proyecto Ejecutivo.

5.5 Generación de campos electromagnéticos

En la siguiente tabla se exponen las medidas consideradas derivadas de la generación de campos electromagnéticos.

Tabla 11. Medidas consideradas derivadas de la generación de campos electromagnéticos. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
P/ELE	Comprobación del cumplimiento límites de exposición campos electromagnéticos

5.5.1 Cumplimiento de los límites de exposición

Se llevará a cabo la comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas por la normativa de aplicación en cuanto a límites de exposición, de forma previa a la puesta en funcionamiento (P/ELE).

Se realizará un estudio de campos electromagnéticos, así como cálculos sobre el diseño técnico de las instalaciones eléctricas de cara a la comprobación y ajuste, en su caso, sobre su adecuación al cumplimiento de las restricciones establecidas en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas y el Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos y, por último, en lo que determine el órgano competente en la materia.

5.6 Relieve y suelo

En la siguiente tabla se expone la relación enunciativa de medidas consideradas para la protección del relieve y el suelo.

Tabla 12. Relación de medidas consideradas para la protección del relieve y el suelo. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
P/JAL	Control de las superficies de ocupación: Jalonamiento integrando criterios ambientales
P/MOV	Control de los movimientos de tierras
P/PAI	Integración paisajística
P/RES	Gestión de la producción de residuos
P/ACO	Acopios de tierras inertes excavadas
P/CON	Control del riesgo por contaminación por vertidos accidentales
P/REC	Gestión del consumo de recursos
CR/DES	Rehabilitación de áreas afectadas, descompactado y restitución topográfica del terreno
CR/REV	Sellado con tierra vegetal e implantación de cubierta

5.6.1 Control de la superficie de ocupación

Para minimizar la afección a los suelos, será necesario limitar al máximo la superficie de ocupación permanente y temporal en las inmediaciones de la obra (P/JAL).

Para ello, será preceptivo el replanteo de la zona de actuación y señalización de sus límites, para evitar daños innecesarios en los terrenos colindantes.

Durante la fase de construcción para evitar que los daños sobre el medio sean muy superiores a los estrictamente necesarios y controlar que el tránsito de la maquinaria y de los camiones se ciña a la superficie autorizada, se procederá a la señalización y/o jalonamiento provisional del área afectable por la obra (zona de ocupación estricta del trazado, así como las zonas de instalaciones auxiliares temporales y permanentes, y caminos de acceso), no superando la maquinaria la franja definida por la explanación de la nueva vía.

Desde el punto de vista de la protección del medio ambiente, la señalización y/o jalonamiento estricto del área de ocupación de las obras, se considera una actuación preventiva de importancia relevante. Permitirá minimizar la

superficie afectada y de este modo evitar impactos innecesarios, así como tener que aplicar medidas correctoras de mayor o menor eficacia, que siempre implican un coste económico suplementario.

La señalización y jalonamiento se realizará siempre con carácter previo al inicio de cualquier actividad relacionada directa o indirectamente con las obras y en cualquier caso antes de cualquier tala o movimiento de maquinaria.

El jalonamiento se implementará mediante la colocación de los soportes y cinta de señalización. Para su sujeción se utilizará como soporte estacas de madera de un metro y medio de altura (1,5 m), estando los veinte centímetros (20 cm) superiores cubiertos por pintura roja y los treinta centímetros (30 cm) inferiores clavados en el terreno. Estos soportes, colocados cada 8 metros, se unirán entre sí mediante una cinta de señalización de obra. Para el jalonamiento temporal se empleará cinta de señalización de obra, preferiblemente de color rojo y blanco o negro y amarillo, habitualmente empleados por razones de visibilidad.

Asimismo, se delimitarán mediante señalización y/o jalonamiento los itinerarios a seguir para el acceso a la obra, zonas de acopio y, en general, cualquier actividad que suponga una ocupación temporal de suelo. En concreto, se delimitarán mediante señalización y jalonamiento las zonas ambientalmente sensibles derivadas de la prospección de biodiversidad. Se incluyen las zonas de cursos de aguas, como el barranco de la Lomaza y el Barranco de la Val, dada su sensibilidad ambiental derivada de la potencial afección de las actuaciones.

Se utilizarán, en la medida de lo posible accesos y rutas de movimiento de las obras del propio trazado o caminos y carreteras existentes, reduciendo al mínimo la apertura de nuevos viales.

Con el fin de no aumentar la zona de afección, las casetas de obra, el parque de maquinaria y cualquier otra infraestructura auxiliar temporal que fuese necesaria en el transcurso de la obra, se localizará en zonas amplias de explanación delimitada y definida de acuerdo con los criterios expuestos para el establecimiento de la ZIA.

En el Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto de Construcción se incluirá un artículo que contemple las características y colocación del jalonamiento de protección en base a criterios ambientales, de acuerdo con lo indicado.

5.6.2 Control de los movimientos de tierras

Con el objetivo de evitar derrumbes, garantizar la estabilidad de la zanja y minimizar el impacto sobre el medio es fundamental adoptar las medidas siguientes de carácter preventivo:

- Los movimientos de tierra se limitarán a la zona exclusiva de ocupación de las labores de obra evitando la ocupación innecesaria de otros terrenos.
- Los materiales procedentes de la excavación se acopiarán en terrenos dedicados a tal efecto atendiendo a las zonas sensibles según se establece en la Sección 5.2. Por otro lado, no se situarán en terrenos con pendientes con el fin de asegurar la máxima estabilidad y minimizar los procesos erosivos y se realizarán de forma que se garantice la integración paisajística de las obras de la forma en que se describe en la Sección 5.10.
- Los excedentes procedentes de los movimientos de tierra se gestionarán conforme a la normativa de aplicación en la materia.
- El programa de ejecución de las labores que impliquen movimiento de tierras se ajustará a los periodos de sensibilidad de especies faunísticas, en su caso, conforme a lo descrito en la Sección 5.9.

Los movimientos de tierra serán supervisados por la Responsable Técnico de Medio Ambiente.

5.6.3 Recogida y conservación de la tierra vegetal

El suelo productivo, entendido como la capa superficial de sustrato que contiene elementos minerales, orgánicos y biológicos, como son las semillas de la vegetación local, es uno de los elementos más valiosos y frágiles del medio, constituye un sustrato sobre el que se asientan múltiples ecosistemas, que tiene un proceso de regeneración muy lento y de difícil recuperación de forma natural.

La ejecución de una obra implica la ocupación de un área de mayor o menor extensión de suelo que, en caso de no tener previstas actuaciones para su protección y conservación, puede llegar a desaparecer.

Dado el carácter de recurso natural básico, único y difícilmente sustituible, la recuperación mediante el decapado y el acopio de esta capa de suelo, para su posterior utilización en las tareas de restauración e integración

paisajística de las obras, se convierten en un objetivo de primer orden para minimizar el impacto sobre este componente ambiental (P/REC).

Asimismo, la reutilización de la tierra vegetal es muy recomendable, tanto por la preservación del suelo como por el ahorro en aportes posteriores de tierras vegetales que representa. Además, el suelo es un notable almacén de semillas, todas ellas adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas de la zona, por lo que su posterior extensión sobre las zonas alteradas a restaurar e integrar paisajísticamente, contribuirá al restablecimiento de la vegetación anterior a la actuación.

En aquellas zonas donde sea inevitable la ocupación del suelo natural, y con objeto de evitar su destrucción, este será retirado de forma selectiva, acopiado y conservado hasta su posterior utilización en el relleno de las zanjas y zonas a restaurar. La tierra vegetal retirada ya tiene incorporados nutrientes y semillas, y es apta para soportar el crecimiento de las especies, por lo que su utilización en la restauración de los terrenos naturales o agrícolas.

Esta operación afectará a un espesor variable en función del tipo de suelo atendiendo a las siguientes pautas:

- Se recuperará la capa superior de suelo vegetal que vaya a ser alterada por cualquier elemento de la obra. Con carácter general, se realizará el descabece con una potencia media de 0,30 metros, pudiendo variar este espesor de acuerdo con las características edáficas locales del tramo de actuación. El espesor medio tierra vegetal se estima del orden de 30 cm en base a los resultados de las investigaciones sobre el terreno, expuestas en el Anejo 6 Informe Geotécnico.
- El suelo vegetal retirado se almacenará en caballones trapezoidales de no más de 1 m de altura para su adecuada conservación hasta la rehabilitación del terreno degradado. Este almacenamiento se realizará en acopios sobre terreno llano, de fácil drenaje y alejado de barrancos y zonas potencialmente inundables. Este suelo se dispondrá en las áreas habilitadas para ello en las zonas de ocupación temporal y de instalaciones auxiliares. La zona deberá estar lo suficientemente drenada para que no pueda originarse un ambiente reductor en las partes bajas del apile.
- Se acopiará la tierra vegetal en cordones laterales junto a las zanjas en zonas con la menor visibilidad posible, para minimizar la afección al paisaje de la zona.
- Los caballones tendrán forma de artesa, con taludes de pendiente 1(H):1(V), de longitud variable y altura tal que los camiones puedan bascular sin pisar las capas bajas. Su preparación se hará por tongadas de 50 cm de espesor, evitando su mezcla con otros materiales y añadiendo entre ellas, en caso necesario, una cantidad de abono natural del orden de 1 – 1,5 kg/m² con objeto de que la tierra se vaya enriqueciendo en materia orgánica.
- Una vez terminados los caballones, se evitará la formación de surcos o cavidades exageradas en la parte superior, que retendrían el agua de lluvia y podrían dar origen a la destrucción de la geometría buscada para los acopios.
- No debe realizarse ninguna actividad con la tierra vegetal, ya sea extracción, transporte, acopio, etc., durante los días o períodos de lluvia, ya que se forma barro y perjudica e incluso inutiliza la capa edáfica para usos posteriores.
- Los acopios de tierra vegetal serán mantenidos en condiciones óptimas mediante un tratamiento de conservación adecuado que incluya:
 - Remover la tierra cuando esté seca y cuando el contenido en humedad sea inferior al 75%. No debe realizarse ninguna actividad con la tierra vegetal, ya sea extracción, transporte, acopio, etc., durante los días o períodos de lluvia, ya que se forma barro y perjudica e incluso inutiliza la capa edáfica para usos posteriores.
 - Regar los apiles en períodos de elevada sequedad ambiental, especialmente estival.
 - Controlar la pérdida de suelo por erosión mediante mallas de protección contra el arrastre por viento y agua, especialmente en período de lluvias intensas y vientos fuertes.
 - Abonado periódico (si se superan los seis meses) e hidrosiembra con semillas apropiadas (veza, alfalfa silvestre, trébol, etc.) en caso necesario, que evite la pérdida de nutrientes.

En los trabajos excavación a realizar, se reutilizarán las tierras vegetales extraídas del área de ocupación, lo que permitirá la presencia en la misma de semillas perfectamente adaptadas a las condiciones edáficas y climáticas de la zona y supondrá un notable ahorro en el presupuesto de ejecución de estos.

5.6.4 Prevención de la contaminación de suelos y gestión de la producción de residuos

Durante la fase de construcción se dispondrá de un sistema que garantice la adecuada gestión de los residuos (P/RES) y desechos generados, tanto líquidos como sólidos, como consecuencia de la ejecución de las obras, con el fin de evitar la contaminación de los suelos y de las aguas superficiales y subterráneas.

Se tomarán las oportunas medidas para la con objeto de prevenir la contaminación de los suelos (P/CON). Puesto que las indicaciones pueden ser aplicadas de igual forma para la prevención del sistema hidrológico, se detallan las medidas en la Sección 5.7.

El objetivo de la gestión de residuos es la recogida, gestión y almacenamiento de forma selectiva y segura, de los residuos y desechos, sólidos o líquidos. Este almacenamiento selectivo y seguro permitirá su traslado a plantas de reciclado o de tratamiento, y en algunos casos, su reutilización en la propia obra. En este sentido el Contratista incorporará a su cargo las medidas para la adecuada gestión y tratamiento en cada caso.

Todo lo relacionado con el manejo de residuos tanto urbanos, asimilables a urbanos como residuos de demolición y construcción, vegetales, aceites usados y residuos peligrosos etc., se regirán según lo dispuesto en la Ley 7/2022, de 8 de abril, el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición y por lo dispuesto en la legislación de aplicación.

Asimismo, se tendrán en cuenta la normativa de la Comunidad Autónoma de Aragón. Estas son, el Decreto 114/2020, de 25 de noviembre, por el que se modifica el Decreto 148/2008, de 22 de julio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Catálogo Aragonés de Residuos y Decreto 133/2013, de 23 de julio, del Gobierno de Aragón, de simplificación y adaptación a la normativa vigente de procedimientos administrativos en materia de medio ambiente.

La descripción de la gestión de producción de residuos del presente Proyecto de Ejecución se incluye en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, prescripción del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, el cual se encuentra en el Anejo C de este Proyecto Ejecutivo.

5.7 Calidad de las aguas y del sistema hidrológico

En la siguiente tabla se expone la relación enunciativa de medidas consideradas para la calidad de las aguas y del sistema hidrológico.

Tabla 13. Relación de medidas consideradas para la calidad de las aguas y del sistema hidrológico. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
P/EST	Estacionamientos de maquinaria
P/JAL	Control de la superficie de ocupación
P/PLA	Planificación y programación temporal de los trabajos
P/CON	Control del riesgo por contaminación por vertidos accidentales
P/RES	Gestión de la producción de residuos

P/MOV	Control de los movimientos de tierras
P/DRE	Instalación de sistemas de drenaje
P/CRU	Condiciones en cruce con aguas superficiales y trabajos en las cercanías de masas de agua

5.7.1 Actuaciones previas y durante la ejecución de las obras

Se priorizará la ejecución de las obras en el entorno de barrancos y cauces menores, en periodo estival, con menor caudal, principalmente en las obras necesarias en los cruces con la red hidrológica (P/PLA). También, se evitará, en lo posible, los periodos más lluviosos para el manejo de tierras, acopios, etc. con el fin de minimizar las afecciones a la red de drenaje superficial. Igualmente, se hará seguimiento periódico de los avisos hidrológicos e información facilitada en las fuentes de acceso público y actualizadas de la CHE sobre la posibilidad de crecidas súbitas importantes de carácter local en barrancos y cauces menores, de cara a la programación adecuada de los trabajos. Concretamente, se deberá hacer seguimiento de las precipitaciones en los radares de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (www.aemet.es) y de los datos hidrometeorológicos de la red SAIHEbro en www.saihebro.com, así como de esta página web www.chebro.es y @CH_Ebro.

Además de la limitación temporal de las obras, tanto las proximidades de los cursos permanentes como de los cursos estacionales deberán mantenerse libres de obstáculos, residuos, escombros, o cualquier otro material susceptible de ser arrastrado o que pudiera impedir la libre circulación de las aguas priorizando la mínima ocupación del terreno (P/JAL y P/MOV).

Por otro lado, se solicitará ante el órgano de cuenca, en el presente caso la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), autorización previa a cualquier actuación que afecte al dominio público hidráulico o zona de policía. Se respetarán las servidumbres legales y, en particular la de uso público de 5 m en cada margen del cauce público. En cualquier caso, las zonas afectadas serán rehabilitadas al finalizar las obras.

Se llevará a cabo una prospección de la flora en las áreas de actuación. En caso de detectarse especies invasoras exóticas en superficies de actuación, la realización de los desbroces se realizará fuera de la época de su floración tal como se describe en la *Sección 5.8*.

5.7.2 Adecuado diseño de sistemas de drenaje

Se instalarán sistemas con el adecuado dimensionado para la recogida, conducción y desagüe de los caudales de escorrentía, considerando para ello drenajes y canalizaciones, arquetas y dispositivos temporales, de tal modo que se garantice el adecuado drenaje de las aguas (P/DRE), minimizado de sólidos en suspensión por escorrentías, y evitando que, ante posibles avenidas, las aguas pudieran desbordarse de cauces o por la zona afectada por las obras. Se instalarán los sistemas de drenaje necesarios para asegurar el mantenimiento de la hidromorfología.

Para el control de las aguas de escorrentía, así como de potenciales surgencias, durante la ejecución de la zanja se procederá a darle una ligera pendiente al fondo, mínima, y de ahí se extraerá y trasladará el agua, en su caso, a un punto donde se excavará dentro de la propia zanja una cata, y ahí dentro se dispondrá una bomba, o bien, un tractor o camión con cuba y bomba de vacío, que extraerán el agua.

5.7.3 Gestión de la producción de residuos y prevención de la contaminación del sistema hidrológico

Se extremarán las precauciones para evitar cualquier vertido accidental de combustible, aceites, hormigón u otros que puedan afectar al sistema hidrológico, tanto aguas superficiales como subterráneas (P/CON). No podrán realizarse vertidos directos o indirectos que contaminen las aguas y acumular residuos o sustancias que puedan constituir un peligro de contaminación de las aguas o degradación de su entorno.

No se realizará vertido alguno en los barrancos y cauces menores, ni depósito en forma de cordones o en cualquier otra forma a lo largo de las márgenes. Se retirarán de la zona los residuos (P/RES) que puedan ser generados durante las obras, y se gestionarán adecuadamente, según su calificación y codificación, debiendo quedar el entorno libre de cualquier elemento artificial y en perfectas condiciones de limpieza.

La limpieza de las cubas se realizará en espacios habilitados, controlados y autorizados para ello, fuera de la obra. En la obra solamente estará autorizada la limpieza de las canaletas, la cual se realizará en depósitos para tal uso. Estos depósitos estarán protegidos con plásticos que eviten el filtrado del material, y tras su endurecimiento, se procederá a su extracción y gestión. Los restos de hormigón procedentes de la limpieza de canaletas de las hormigoneras se retirarán por gestores autorizados.

En las zonas con baño químico portátil o fosa séptica, estos serán gestionados de acuerdo con la legislación vigente. No se prevé el vertido de aguas negras, pero, en su caso, se deberá disponer de un sistema de depuración previo adecuado.

El Contratista velará por la correcta segregación de residuos durante toda la fase de construcción, estableciendo los puntos de almacenamiento suficientes, con el fin de facilitar su prevención, reutilización y reciclaje, y el adecuado tratamiento que estén destinados a la eliminación.

Los puntos de almacenamiento de residuos deberán contar con las medidas adecuadas para el correcto almacenamiento de manera que se asegure la contención de la contaminación debiendo encontrarse en correcto estado de mantenimiento (p. ej. Dispositivos contención derrames). Las zonas de almacenamiento de residuos deberán situarse lo más alejados posible de áreas de influencia de cauces/ríos.

La zona de acopio de residuos peligrosos deberá contar con solera impermeable, sistema de recogida de vertidos accidentales y estar techada. Los residuos peligrosos que pudieran generarse durante esta fase deberán ser gestionados mediante gestores autorizados.

El parque de maquinaria se situará sobre suelos impermeables (P/EST) o, en su caso, previamente impermeabilizados. El cambio de aceite y repostaje de maquinaria de la obra se realizará en espacios habilitados, controlados y autorizados para ello, fuera de la obra. Se llevará un control exhaustivo de los derrames o vertidos accidentales que pudieran producirse, procediéndose a eliminarlos en el momento en el que se produzcan mediante su absorción con celulosa, sepiolita o zahorra, que posteriormente se tratará como un residuo peligroso, tal y como establece el Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.

Se recomienda utilizar las infraestructuras existentes en los municipios más cercanos a las obras para ubicar las oficinas, los vestuarios y las duchas. De esta manera se evitará la generación de aguas fecales y la necesidad de proceder a su tratamiento o depuración. En caso de no ser posible las aguas residuales generadas en casetas, duchas, lavabos, serán tratadas y depuradas de manera que cumplan los parámetros de vertido a la red de saneamiento o cauce al que se viertan.

5.7.4 Diseño y construcción de obras de cruce en los cauces

La elección de la técnica de cruce de la línea con los cauces no permanentes se realizará atendiendo a los diversos elementos característicos de estos, así como a las condiciones y medidas ambientales aquí expuestas de cara a minimizar afecciones (P/CRU).

La metodología de cruce con cursos de agua no permanentes (Barranco de la Val y Barranco de la Lomaza) prevista de cara a minorar efectos será el método constructivo de excavación convencional en periodo estival, por lo que en el proyecto de construcción se incluirán aquellos requisitos técnicos medioambientales a seguir para limitar y restaurar la zona afectada.

Aunque este método no afecta directamente al entorno, es necesario un plan de vigilancia y medidas de actuación para asegurar la integridad del proceso.

Durante la ejecución de las obras, no se invadirá, desviará ni cortará el cauce o canal, ni siquiera temporalmente.

Previo a las actuaciones en el entorno de las masas de agua, se deberá estar en posesión de los permisos y autorizaciones que sean legalmente preceptivos o exigibles por cualquier Autoridad, incluida la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), con la obligación de respetar las servidumbres existentes y las que pudieran ser decretadas por la autoridad competente.

Durante el desarrollo de las obras se respetará al máximo la vegetación natural presente en la zona del barranco, minimizando las afecciones sobre ella, limitando los movimientos de maquinaria a la zona directamente afectada por las obras, y utilizando accesos y servidumbres existentes. No se instalarán zonas de acopio o vertido de materiales, parques de maquinaria, instalaciones auxiliares, escombreras, etc. en zonas con vegetación natural, ni sobre terrenos propiedad de la CHE.

Durante el periodo de ejecución de las obras, se garantizará en todo momento el desagüe para evitar que, ante posibles avenidas, las aguas pudieran desbordarse de su cauce por la zona afectada por las obras. Para ello, los trabajos se efectuarán de forma ordenada, continua y progresiva, sin dañar al cauce ni a los márgenes. Una vez concluidas las obras, se deberá dejar el ámbito de afección en las mismas condiciones en que se encontraba al empezar estas.

Asimismo, dado que la maquinaria y equipos trabajarán en una zona potencialmente inundable, por lo que deberá contarse con un plan de actuaciones, en base a este riesgo y mediante la adopción las medidas adecuadas frente a éste. Se seguirán, de forma generalizada, las siguientes recomendaciones para las labores de construcción en las zonas inundables:

- Seguimiento periódico de los avisos hidrológicos sobre la posibilidad de crecidas súbitas importantes de carácter local en ríos, barrancos y cauces menores de la forma que se describe en el Apartado 5.7.1.
- Ubicar maquinaria y equipos que puedan ser dañados por el agua en zonas elevadas.
- Uso de materiales resistentes al agua.
- Garantizar el correcto y eficiente drenaje del agua, así como evitar toda acumulación de escombros y material con el objetivo de evitar la acumulación de agua.

5.8 Vegetación y hábitats naturales

En la siguiente tabla se expone la relación enunciativa de medidas ambientales consideradas en cuanto a la vegetación y hábitats naturales.

Tabla 14. Relación de medidas consideradas para la protección y mitigación de impactos sobre la vegetación y hábitats naturales. Fuente: AECOM, 2025.

Código*	Medida
P/ACO	Acopios de tierras inertes excavadas
P/COB	Aplicación de sistemas de cobertura de camiones para la reducción de emisiones de partículas.
P/HUM	Aplicación de riegos de agua regularmente sobre las superficies de terreno.
P/PLA	Planificación y programación temporal de los trabajos
P/EST	Estacionamiento de la maquinaria alejada de elementos bióticos con mayor sensibilidad
P/VEL	Reducción y control de la velocidad de vehículos.
P/DOC	Control de la maquinaria y de la documentación reglamentaria
P/CON	Control del riesgo por contaminación por vertidos accidentales
P/PRO	Prospección inicial de fauna y flora, y durante las obras
P/JAL	Control de las superficies de ocupación: jalonamiento integrando criterios ambientales
P/MOV	Control de los movimientos de tierras
P/VIA	Utilización de vías y caminos existentes
P/ARB	Protección ejemplares arbóreos
CR/LAV	Riego (lavado) de vegetación

CR/POL	Restauración de las zonas afectadas
CR/REV	Sellado con tierra vegetal e implantación de cubierta
P/INC	Actuaciones de prevención y extinción de incendios forestales

*(P) Medida preventiva, (CR) Medida correctora

5.8.1 Definición de las superficies de ocupación y vegetación afectada

Se llevará a cabo el **replanteamiento en obra, planificación y programación temporal de los trabajos para minimizar impactos al medio (P/PLA)**, incluyendo a los elementos y áreas de vegetación natural. Como parte de la definición de su alcance, se integra la medida de prospección inicial de flora (P/PRO).

Previo al inicio de las labores de desbroce y despeje, se deberá ejecutar una **prospección inicial de flora (P/PRO)** y atender, entre otros, a los resultados de esta:

- Se realizará una prospección de flora (P/PRO) previo al inicio de los trabajos de desbroce y movimiento de tierras en fase de obras, de la zona de actuación para la localización de flora potencialmente afectada. La época preferente para la ejecución de la prospección botánica será primavera.
- En caso de detección de especies protegidas o de vegetación natural de especial interés, particularmente flora protegida, HICs y elementos arbóreos, se señalará y balizará (jalonomiento) el entorno inmediato a las obras. La necesidad y el grado de protección para adoptar dependerá fundamentalmente de la especie o hábitat a proteger, así como lo cercano que se encuentre a las obras y la duración de los trabajos que se realicen en su entorno.
- En caso de detectarse especies exóticas invasoras durante la ejecución de las obras en las superficies de actuación, la realización de los desbroces se realizará fuera de la época de su floración.

Se llevará a cabo un **control de las superficies de ocupación**, que incluirá el **jalonamiento integrando criterios ambientales (P/JAL)**. Esta medida conlleva que las tareas de desbroce se restrinjan al límite de la zona de ocupación de las obras, así como cualquier movimiento de maquinaria, disposición de equipos auxiliares y con carácter general cualquier actuación quedará restringida por el límite marcado por el jalonamiento. Esta medida constituirá una unidad de obra que incluye las operaciones siguientes:

- Replanteo del jalonamiento, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por la medida señalada (P/PRO). Es decir, delimitación y señalización de la superficie de ocupación previa a la ejecución de la obra y durante la misma, actualizándolo en su caso periódicamente de manera que limite la superficie de ocupación temporal. El diseño del trazado tendrá en cuenta las áreas con vegetación natural identificada durante los muestreos de campo (P/PRO), de tal modo que se ajuste en puntos señalados durante la obra, en la medida de lo posible.
- Durante el replanteo definitivo del terreno, se realizará el balizado de la zona de obras mediante elementos adecuados que impidan la ocupación indebida de terrenos no afectados por las obras. Será competencia del Responsable Técnico de Medio Ambiente la determinación de zonas nuevas que deban jalonarse, a fin de señalar la prohibición de acceso por parte de la maquinaria o incluso del personal que intervenga en la ejecución de las obras.
- El jalonamiento deberá estar totalmente instalado antes de que se inicien las tareas de desbroce o de cualquier otro movimiento de tierras.
- Durante la ejecución de las obras se verificará la integridad de las zonas con vegetación natural, que no se prevé que sean afectadas por la ejecución de las obras, así como el estado del jalonamiento y balizado.
- Se implementará mediante la colocación de los soportes y cinta de señalización. Como se ha indicado anteriormente, para su sujeción se utilizará como soporte estacas de madera de un metro y medio de altura (1,5 m), estando los veinte centímetros (20 cm) superiores cubiertos por pintura roja y los treinta centímetros (30 cm) inferiores clavados en el terreno. Estos soportes, colocados cada 8 metros, se unirán entre sí mediante una cinta de señalización de obra. Para el jalonamiento temporal se empleará cinta de

señalización de obra, preferiblemente de color rojo y blanco o negro y amarillo, habitualmente empleados por razones de visibilidad.

- Se llevará a cabo la revisión y reposición sistemática del jalonamiento durante toda la fase de construcción, reponiéndose en caso de haber sido dañado o deteriorado, como se especifica en el Programa de Vigilancia Ambiental. Se procederá a su retirada tras la finalización de las obras. El contratista será responsable del adecuado mantenimiento de este hasta la emisión del Acta de recepción de las obras, y de su desmantelamiento y retirada posterior.

Como parte del control de las superficies de ocupación, se incluyen asimismo las siguientes medidas generales:

- **Estacionamiento de la maquinaria (P/EST)** de obra se ubicará fuera de las formaciones vegetales singulares y flora protegida.
- **Utilización de vías y caminos existentes (P/VIA)**. Se priorizará la utilización de caminos preexistentes, minimizando la apertura de nuevos accesos en áreas con cubierta vegetal natural y/o espacios de interés para la biota.
- **Control de los movimientos de tierras (P/MOV)**. Los acopios derivados del movimiento de tierras no podrán afectar a la vegetación arbórea. Se dará preferencia al empleo de superficies de cultivo para realizar los acopios ya que la recuperación de su uso es más rápida.
- Los **acopios de tierras inertes excavadas (P/ACO)** delimitarán las áreas destinadas a tal efecto controlando las áreas de especial sensibilidad, tal como se detalla en la *Sección 5.2*.

5.8.2 Protección de la vegetación y hábitats naturales

Durante la ejecución de la obra, se llevarán a cabo una serie de medidas de carácter general en las zonas de actuación, y con carácter prioritario donde sean importantes los movimientos de tierras y maquinaria, al objeto de minimizar la afección sobre la vegetación:

- **Aplicación de sistemas de cobertura de camiones para la reducción de emisiones de partículas (P/COB)** y su deposición en la vegetación circundante, afectando negativamente su capacidad para llevar a cabo la fotosíntesis, entre otros. Los camiones y vehículos de transporte de áridos o materiales de excavación deberán ir cubiertos para evitar la dispersión de polvo. Colocación de lonas o toldos en los acopios de materiales pulverulentos y en los camiones destinados a transportar materiales sueltos, y en caso necesario, humectación de materiales.
- **Riego (lavado) de vegetación (CR/LAV)**. Se llevará a cabo un control de visual del estado fitosanitario de la vegetación circundante al área de actuación y en caso necesario, se pautará el lavado mediante riego localizado de la vegetación afectada por deposición de partículas en suspensión y polvo debido al trasiego de maquinaria.
- **Aplicación de riegos de agua regularmente sobre las superficies de terreno (P/HUM)**. Aplicación de riegos de agua regularmente sobre las superficies de terreno para disminuir el levantamiento de partículas, en especial en áreas cercanas a receptores sensibles y durante los meses más secos.
- **Reducción y control de la velocidad de vehículos (P/VEL)**. En línea con las medidas anteriores, al objeto de reducir las emisiones, se limitará la velocidad de la maquinaria y vehículos empleados dentro de la obra a 20 km/h, particularmente en el entorno de las zonas de alto valor ambiental, señalizando las zonas de tránsito.
- **Control de la maquinaria y de la documentación reglamentaria (P/DOC)** para minimizar situaciones de malfuncionamiento, los riesgos de accidentes y las emisiones atmosféricas, que pueden afectar al estado de la vegetación.
- Adicionalmente, las medidas asociadas al **control del riesgo por contaminación (P/CON)**, permitirán minimizar situaciones con potencial contaminación de suelos, aguas superficiales y/o subterráneas, entre otros factores ambientales, que pueden derivar en afecciones a la vegetación.

Se respetarán los elementos vegetales y hábitats naturales identificados en la zona de actuaciones (P/PRO) y se evitará su afección, según el área restringida marcada por la **medida de jalonamiento ambiental (P/JAL)**.

El jalonamiento ambiental se instalará siguiendo las prescripciones indicadas en el Pliego y en los Planos de medidas Ambientales y Restauración del Documento Planos, donde se delimitan las zonas ambientalmente sensibles, en otros, los ejemplares arbóreos, y particularmente las siguientes zonas atendiendo a la distribución mencionada en la Sección 4.3.2 Hábitats y vegetación.

- Ejemplares de olivo (*Olea europaea*)



- Ejemplares de palmera capitat (*Butia capitata*)

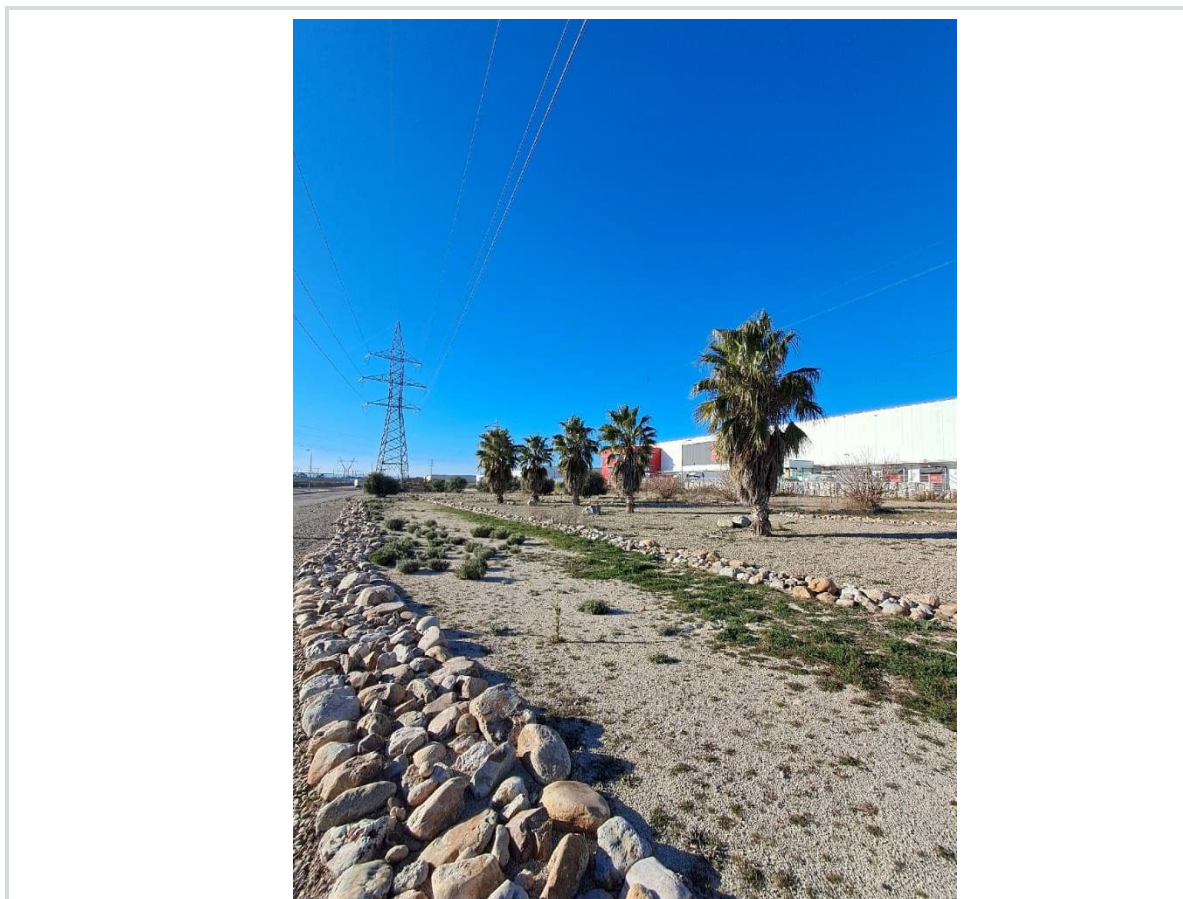


Figura 5. Ejemplares de palmera capitata (*Butia capitata*) identificados durante los trabajos de campo entre las fechas 13,14 y 15 de enero 2025, ubicados en borde de camino donde se proyecta la traza, y siendo colindantes a la superficie de ocupación temporal. Fuente: AECOM, fotografía del 13 de enero de 2025.

Se establecerán una serie de pautas particulares para la **protección de ejemplares arbóreos (P/ARB)** durante la fase de construcción:

- En el caso de pendientes acusadas como terraplenes en caminos y vías, los árboles a conservar, cuya raíz quede cubierta con el relleno se debe asegurar la permeabilidad del terraplén en ese punto; si también quedase cubierto el tronco deberá colocarse el material permeable al aire y al agua alrededor del tronco hasta el límite de goteo de las hojas.
- Aquellos ejemplares que deban por tanto permanecer tras las obras, pero se sitúen en el límite de éstas, deberán protegerse de posibles impactos con la maquinaria por lo que se rodearán con protectores arbóreos o con un cercado eficaz para asegurar que no se afectan los troncos. Estos sistemas de protección se colocarán a una distancia y con unas dimensiones tales que aseguren la salvaguarda de la parte aérea y del sistema radical, son variables, por lo tanto, en función del ejemplar a proteger.
- Se propone una protección basada en la colocación de tabloncillos de madera alrededor del árbol o similar, de tal modo que impida que los troncos sean golpeados y terminen muriendo por las heridas y ataques de hongos e insectos.
- Con carácter general, se considerará una franja de mínimo 1 m, a lo largo de los márgenes de dichos límites de la zona de actuación, con el fin de estimar el número de árboles sobre los que se requerirá la instalación de los citados protectores. Esta actuación se integra dentro de la prospección botánica previa (P/PRO). Dado que además deberá instalarse un jalonamiento de protección a lo largo de los límites de las zonas de ocupación (P/JAL). Se estima que los ejemplares arbóreos localizados a más de 1 m. de dicho jalonamiento no tendrán riesgo de sufrir daños sobre los troncos.
- En el caso que algún árbol quedara afectado por rotura de ramas, éstas deberán ser podadas y protegido el corte con antisépticos si se hace en época de actividad vegetativa.

Concretamente, la medida de protección de ejemplares arbóreos se implementará siguiendo las prescripciones indicadas en el pliego y en los Planos de medidas Ambientales y Restauración del Documento Planos, donde se identifican los ejemplares a respetar, siendo contabilizados del orden de 3 ejemplares, habiendo sido identificadas las especies siguientes:

- Palmera capitata (*Butia capitata*)
- Olivo (*Olea europaea*)

Por tanto, el criterio será respetar los elementos vegetales identificados, para ello se evitará su afección según el área restringida marcada por la medida de jalonamiento (P/JAL) y la protección del arbolado (P/ARB). A este respecto, y en caso de detectarse afecciones a otras especies de arbolado, tal como se ha constatado en los trabajos de campo, se solicitará y contará con la debida autorización, para lo que se llevará a cabo el marcado de los ejemplares arbóreos que deban ser cortados durante el desbroce y bajo las condiciones que dicte el órgano competente. En todo caso, la determinación de eliminación de ejemplares arbóreos se realizará tras haber valorado la posibilidad de trasplante, en función del porcentaje de éxito estimado y de la observación de las condiciones adecuadas para ello. Adicionalmente, y, en consecuencia, deberá pautarse las medias de restauración oportunas, de corrección y/o compensación de los ejemplares y hábitat que resulten afectados.

Adicionalmente, el contratista deberá desarrollar un Plan de prevención y extinción de incendios de acuerdo con la normativa regional específica (Decreto Legislativo 1/2017, de 20 de junio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Montes de Aragón). Se atenderá a las medidas dispuestas en el citado plan para evitar la aparición y propagación de cualquier conato de incendio, debiendo cumplir en todo momento las prescripciones de la normativa y planificación vigente sobre prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón, particularmente durante la ejecución de las labores que conlleven especial riesgo.

En los Planos de Medidas Ambientales y Restauración del ámbito de actuación incluidos en el Documento Planos del presente Proyecto, se incluye la representación y de limitación diferenciada de las superficies y restauración.

5.9 Fauna

En la siguiente tabla se expone la relación enunciativa de medidas ambientales consideradas en cuanto al impacto ocasionado a la fauna.

Tabla 15. Relación de medidas consideradas para la protección y mitigación de impactos sobre la fauna. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
P/JAL	Control de las superficies de ocupación: Jalonamiento integrando criterios ambientales
P/PLA	Planificación y programación de los trabajos
P/EST	Estacionamiento de maquinaria
P/VEL	Reducción y control de la velocidad de los vehículos
P/PRO	Prospección inicial de fauna y flora durante las obras
P/RAM	Instalación de dispositivos para escape de fauna
P/VAL	Instalación de vallado en las zonas de actuación
P/CON	Control del riesgo por contaminación por vertidos accidentales
P/DOC	Control de la maquinaria y de la documentación reglamentaria
P/VIG	Ejecución de la vigilancia en obra

P/CRI	Restricción de obras en época de cría
CR/POL	Restauración con especies de pastizal y matorral atrayente de insectos polinizadores.

5.9.1 Actuaciones previstas al inicio de las obras

Según el análisis realizado en el Estudio de Impacto Ambiental sobre los impactos y medidas aplicados a la fauna del entorno del Proyecto, se exponen las medidas y actuaciones previstas antes del inicio de las obras:

- **Prospección inicial de fauna:** Con el fin de detectar ejemplares de interés y especies sensibles se realizará una **prospección inicial (P/PRO)** en un área de influencia de 500 m (250 m a cada lado de la traza), previo al inicio de los trabajos de desbroce y movimiento de tierras en fase de obras, para la localización de nidificación o refugio de fauna amenazada según legislación nacional y autonómica, que puedan verse afectadas por las actuaciones. La prospección previa de fauna será llevada a cabo por especialistas en la identificación de fauna terrestre que proporcionarán un calendario de las épocas más sensibles de las especies prospectadas.

En prospecciones previas, destacan las aves, especialmente, la chova piquirroja. Esta especie está catalogada como Vulnerable en el catálogo aragonés. Por otro lado, se tendrá en especial consideración tanto el Área Crítica para la conservación del cernícalo primilla (*Falco naumanni*) en el que el ámbito de estudio se encuentra parcialmente.

A estos efectos deberá tenerse particularmente en cuenta los resultados de la prospección inicial, en tanto en cuanto pudieran arrojar conclusiones que conlleven la adopción de medidas adicionales.

- **Control de las superficies de ocupación. Jalonamiento integrando criterios ambientales (P/JAL):**

En el caso de detectarse nidificaciones, refugios de fauna o especies de flora protegida, se podrá considerar el jalonamiento del área a respetar o restricciones de las obras fuera del periodo reproductivo de las especies faunísticas protegidas que hayan sido identificadas, dentro de un radio de 500 m al lugar de nidificación.

Para realizar el jalonamiento en la fase de obra para la protección de las especies de fauna, en su caso, se deben seguir varios pasos importantes. Primero, se identifica las áreas sensibles donde habita la fauna local durante la prospección previa a la obra, como nidos, refugios, charcas temporales, zonas de agua, etc. Una vez se identifican estas áreas, se procederá a la colocación de señales y barreras físicas alrededor de la zona de construcción. Estas barreras, deben ser visibles y resistentes, como balizas con cintas de advertencia que sean fácilmente visibles para los trabajadores y se tenga especial precaución en la zona señalada.

Además, se realizarán inspecciones periódicas para asegurar que las barreras están en buen estado y no represente un riesgo para la fauna.

Finalmente, es importante establecer protocolos de rescate y traslocación para aquellas especies que puedan verse afectadas por las actividades de construcción. Estos protocolos deben ser desarrollados en colaboración con expertos en fauna y autoridades ambientales, donde deben incluir procedimientos claros para la captura, transporte y liberación de las especies en áreas seguras.

- **Planificación y programación de los trabajos (P/PLA):** Previo al inicio de las obras y condicionada a la prospección inicial de fauna (P/PRO), se comunicará a las empresas contratistas la programación de los trabajos y potenciales condicionantes que pudiera haber para la protección de la fauna, así como las medidas generales y específicas que se van a aplicar durante esta fase.

Las actividades de construcción se planificarán de manera que se eviten estas épocas sensibles como la reproducción y cría (P/CRI) de las especies que se identifiquen durante la prospección inicial o durante la fase de obra, que generalmente estarán comprendidas entre el 15 de febrero y el 15 de agosto en un radio estimado de 500 metros al lugar de nidificación o refugio de los ejemplares encontrados.

Este radio se estima en base a la bibliografía científica existente, donde se considera el umbral de ruido que puede provocar cambios comportamentales en las especies nidificantes, tales como las aves rapaces, como el aguilucho cenizo y el cernícalo primilla, que son muy sensibles al ruido, al menos para

la selección de los territorios de nidificación y cría²⁶. Diversos estudios muestran cambios comportamentales intensos con ruidos impulsivos (suceso sonoro individual) por encima de los 50dBA²⁷ en un radio de 500 m en torno a los lugares de nidificación. En este sentido, se prevé la potencial superación de este umbral por el uso de excavadoras y retrocargadoras durante las actuaciones de soterramiento de la línea en un radio que podrá superar los 500 m al trazado. En ausencia de medidas de mitigación, las especies más sensibles podrían desplazarse para evitar la zona de emisión de estas molestias, modificar su comportamiento (disminución de la tasa de alimentación o reducción del tiempo de posado), cambiar sus pautas de vuelo (aumento del número de movimientos dentro de la zona o movimientos fuera de la zona de nidificación) y se reducir el éxito reproductivo (reducción de la tasa de emparejamiento, disminución de la tasa de puesta eclosión de los huevos y número de volantones, aumento tasa abandono de nido).

Con todo, se priorizarán los trabajos menos invasivos durante los periodos sensibles (15 de febrero a 15 de agosto) para minimizar el impacto sobre la fauna, si bien será el equipo de expertos y responsables de la prospección quienes indiquen, en función de sus hallazgos, las limitaciones a aplicar en cada caso. En términos generales estas limitaciones están relacionadas con el tránsito de maquinaria pesada, operarios y vehículos, movimientos de tierras, así como carga y descarga de materiales.

Además, durante la fase construcción se implementará un control y vigilancia ambiental para asegurar la no afección a especies de fauna protegida, amenazada o de interés potencialmente presentes en el área de influencia del proyecto, estimando un área de influencia de 500 m al trazado. El Responsable Técnico de Medio Ambiente se encargará de asegurar el cumplimiento de las medidas de protección a la fauna. Todo el personal involucrado durante la obra recibirá capacitación sobre la importancia de la protección de la fauna y las medidas específicas que deben seguirse.

5.9.2 Medidas de carácter general

Durante la ejecución de la obra, se implementarán diversas medidas generales en el área de intervención, con especial énfasis en aquellas donde se realicen movimientos significativos de tierras y se utilice maquinaria pesada, con el fin de reducir al mínimo el impacto sobre la fauna.

Para minimizar el impacto negativo en la fauna debido a la presencia y tránsito de personal y maquinaria en una obra, es fundamental implementar varias medidas.

- **Reducción y control de la velocidad de vehículos (PVEL):** Establecer un control estricto sobre la velocidad de los vehículos que circulan en la zona de construcción. Reducir la velocidad disminuye el riesgo de atropello y ayuda a reducir el ruido y las perturbaciones que pueden afectar a las especies sensibles que habitan en las proximidades, limitando el tránsito durante la época de reproducción (15 febrero al 15 de agosto), así como limitando el acceso al Área Crítica para la conservación del cernícalo primilla.

Para llevar a cabo esta medida de manera efectiva, se deben instalar señales de tráfico claras y visibles que indiquen los límites de velocidad permitidos en la fase de construcción. Estas señales deben colocarse en puntos estratégicos, especialmente en la entradas y salidas de las zonas de obra, así como los tramos identificados previamente con presencia de fauna sensible.

Una velocidad adecuada de 20 Km/h durante todo el proceso de obra.

Se establecerán horarios específicos para el tránsito de la maquinaria pesada, evitando las horas de mayor actividad de la fauna, como el amanecer y el atardecer, para reducir la probabilidad de encuentros entre vehículos o maquinaria y fauna presente en el área. Por lo tanto, se recomienda iniciar las obras dos horas después del amanecer y concluir el trabajo de maquinaria dos horas antes del crepúsculo, minimizando así, las molestias a la fauna.

Si durante las prospecciones previas se determina la existencia de zonas sensibles de paso de fauna, se podrán utilizar barreras físicas como vallas de exclusión, para guiar a la fauna lejos de las zonas de tránsito, creando corredores seguros que permitan a los animales moverse sin riesgo de ser atropellados.

²⁶ Shannon, G., McKenna, M. F., Angeloni, L. M., Crooks, K. R., Fristrup, K. M., Brown, E., ... & Wittemyer, G. (2016). A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biological Reviews*, 91(4), 982-1005.

²⁷ Patón, D., Romero, F., Cuenca, J., & Escudero, J. C. (2012). Tolerance to noise in 91 bird species from 27 urban gardens of Iberian Peninsula. *Landscape and Urban Planning*, 104(1), 1-8.

Estas vallas, hechas de materiales como malla metálica o plástico resistente, deben ser lo suficientemente altas (2,5-3m) y enterradas en el suelo para evitar que la fauna pueda atravesarlas.

- **Estacionamiento de maquinaria (P/EST):** La ubicación del parque de maquinaria deberá llevarse a cabo en lugares seleccionados y acondicionados específicamente para este fin. Esto implica elegir aquellas áreas que no sean sensibles desde el punto de vista ambiental y acondicionarlas adecuadamente para evitar afección al medio y a las áreas sensibles para la fauna. Se evitarán aquellos lugares de reproducción cercanos que pudieran ser identificados previamente en la prospección de fauna, así como el Área Crítica del cernícalo primilla.
- **Control de la maquinaria y la documentación reglamentaria (P/DOC):** Minimizar las situaciones de malfuncionamiento de la maquinaria con revisiones periódicas, evitando el riesgo de accidente y emisiones atmosféricas que puedan afectar a la fauna presente en el área.
- **Control del riesgo por contaminación por vertidos accidentales (P/CON):** Para la prevención de la contaminación y protección de la fauna se debe comenzar con la identificación durante la vigilancia en la obra de las fuentes de contaminación, incluyendo todas las sustancias químicas y materiales peligrosos que se utilizarán durante la construcción, como combustibles, aceites, pinturas y solventes, determinando aquellas áreas de la obra donde es más probable que puedan ocurrir derrames o filtraciones; como zonas de almacenamiento de materiales y áreas de mantenimiento o estacionamiento de maquinaria.

En cuanto a las medidas de contención, se deben utilizar barreras físicas y contenedores adecuados para almacenar sustancias peligrosas evitando el contacto con el suelo y las aguas superficiales, así como se encuentren sellados o cerrados de manera adecuada para evitar el acceso de la fauna los mismos.

Para proteger a la fauna, es importante establecer zonas de exclusión alrededor de las áreas sensibles (Área Crítica para la conservación del cernícalo primilla) donde habita la fauna evitando cualquier actividad que pueda implicar contaminación. Si alguna especie de fauna se ve afectada por actividades relacionadas con la contaminación que puedan causarle daño o lesión, el personal de la obra debe estar informado sobre cómo actuar y las medidas a seguir según el protocolo de actuación en caso de intoxicación de la fauna. Este procedimiento incluye notificar a las autoridades competentes, como el SEPRONA o los Agentes Medioambientales y conocer la ubicación del Centro de Recuperación de Fauna Silvestre (CRAS) más cercano.

Es importante que todo el personal de la obra esté capacitado e informado en la importancia de estas medidas y en cómo actuar en caso de encontrar fauna en la zona de construcción. La sensibilización y formación del personal son esenciales para asegurar que las medidas de protección se implementen de manera efectiva y se mantengan durante toda la fase de construcción. La capacitación del personal es importante para el manejo seguro de sustancias peligrosas y en los procedimientos de emergencia en caso de derrames.

5.9.3 Medidas específicas de protección de la fauna

De acuerdo con el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto, se implementan las siguientes medidas específicas para proteger la fauna durante la fase de construcción:

- **Instalación de dispositivos para escape de fauna (P/RAM):** Durante el tiempo que permanezca la zanja abierta, se instalarán rampas de salida para anfibios, reptiles y pequeños mamíferos cada 50 metros. Estas rampas deben ser construidas con materiales resistentes y duraderos como madera tratada o metal galvanizado, para asegurar la estabilidad y longevidad durante todo el periodo de construcción. La pendiente debe ser suave, con una inclinación no mayor a 45 grados, para permitir que la fauna pueda subir sin dificultad, especialmente anfibios, reptiles y micromamíferos. Cada rampa debe tener una anchura de 30 cm para acomodar a diferentes tamaños de animales, que deben estar firmemente ancladas en el suelo de la zanja y extenderse hasta el borde superior para asegurar que los animales pueden salir completamente de la zanja. Además, es importante que las rampas sean inspeccionadas regularmente para verificar su estado y realizar cualquier reparación que sea necesaria durante la fase de construcción. También se debe capacitar al personal sobre la importancia de estas estructuras y cómo actuar en caso de encontrar animales atrapados en las zanjas.
- **Instalación de vallado móvil en las zonas de actuación (P/VAL):** Condicionado a la prospección previa de fauna y durante las obras, la presencia de pasos de fauna, charcas temporales o zonas de agua, así

como zonas de paso de especies terrestres protegidas, se instalará un vallado móvil por motivos de seguridad durante la fase de construcción. Este vallado es especialmente útil para proteger tanto a la fauna, como a las personas y maquinaria involucradas en la obra.

El vallado móvil está diseñado para ser fácilmente transportable y reubicable según las necesidades del proyecto a lo largo de la construcción de la zanja. Está compuesto por paneles modulares que se pueden ensamblar y desensamblar rápidamente, lo que permite su instalación y retirada sin causar daños en el entorno. Los paneles están hechos de materiales resistentes y duraderos, como acero galvanizado, que pueden soportar el uso intensivo durante la construcción.

La altura del vallado móvil debe ser suficiente para impedir el paso de fauna de tamaño mediano y grande, generalmente entre 1,5 y 2 metros. Para asegurar la estabilidad del vallado, los paneles deben estar anclados mediante estacas o postes de soporte, que deben ser revisados periódicamente para garantizar que el vallado permanezca en su lugar.

Este vallado, deber estar señalizado adecuadamente para alertar al personal de obra sobre su presencia y la necesidad de mantenerlo en buen estado. Las señales deben ser visibles y colocadas en puntos estratégicos a lo largo del vallado.

5.10 Paisaje

En la siguiente tabla se expone la relación enunciativa de medidas consideradas para la protección de la calidad paisajística y evitar la intrusión visual durante la fase de obras:

Tabla 16. Medidas consideradas para la protección de la calidad paisajística y evitar la intrusión visual durante la fase de obras. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
P/PLA	Planificación y programación temporal de los trabajos
P/JAL	Control de la superficie de ocupación: jalonamiento de las zonas de actuación integrando criterios ambientales
P/PAI	Integración paisajística
P/ACO	Acopios de tierras inertes excavadas
CR/DES	Rehabilitación de áreas afectadas, descompactado y restitución topográfica del terreno
CR/REV	Sellado con tierra vegetal e implantación de cubierta

5.10.1 Integración paisajística durante las obras

El Contratista deberá llevar a cabo la delimitación y señalización de la superficie de ocupación previa a la ejecución de la obra y durante la misma, actualizándolo en su caso periódicamente de manera que limite la superficie de ocupación temporal (P/JAL). Además, planificarán las actuaciones de la obra, evitando trabajos simultáneos (P/PLA) y minimizando las afecciones paisajísticas durante la fase de obra.

En cuanto a las medidas a adoptar durante la ejecución de las obras, se llevará a cabo el mayor grado de integración paisajística (P/PAI) que disminuya los impactos sobre el paisaje causados por las acciones de proyecto como son la construcción de la infraestructura, los movimientos de tierra y aquellas otras acciones que producen un cambio en la vegetación y morfología del lugar.

Los impactos más importantes se deben a la apertura de la zanja para la instalación de las infraestructuras eléctricas, el movimiento de tierras y maquinaria y la posible modificación de áreas sensibles. Es importante atender al paisaje más antropizado relacionado con zonas industriales, considerando los siguientes aspectos en el vertido y acopio de los tierras de excavación (P/ACO):

- Se priorizará que los acopios respeten la escala de la topografía del lugar distribuyéndose sin superar en ningún caso la altura del horizonte.

- Los movimientos de tierras deben respetar lo máximo posible la fisiografía del paisaje, buscando superficies redondeadas sin transiciones bruscas, con objeto de integrarlas en el paisaje circundante
- Los acopios de tierra procedente de la apertura de zanja y otros trabajos deberán realizarse aprovechando las elevaciones del terreno.
- Se evitarán las morfologías regulares y los cortes rectos, de aspecto artificial.
- Se considerará, en la medida de lo posible, la ubicación más adecuada de las instalaciones según la orografía del entorno.

5.10.2 Rehabilitación de áreas afectadas

Se llevará a cabo la restitución de las condiciones iniciales del terreno afectado (CR/DES y CR/REV). Esto incluirá la descompactación del suelo, el relleno y nivelación de las zanjas, así como la recuperación de la zona ocupada por la ZIA. Esta medida tiene como objetivo restaurar el entorno lo más fielmente posible a su estado original tras la finalización de las obras.

Las actuaciones se integrarán dentro del Plan de Restauración que se encuentra en la *Sección 5.15* Plan de restauración ambiental.

5.11 Patrimonio histórico-cultural y arqueológico

En la siguiente tabla se expone la relación enunciativa de medidas consideradas para la protección de patrimonio histórico-cultural y arqueológico durante la fase de obras y explotación:

Tabla 17. Relación de medidas consideradas para la protección de patrimonio histórico-cultural y arqueológico durante la fase de obras y explotación. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
P/ARQ	Control y seguimiento de los trabajos en materia de patrimonio cultural
P/VIA	Utilización de vías y caminos existentes

5.11.1 Control y seguimiento de los trabajos en materia de elementos del patrimonio inventariados

Se atenderá a las indicaciones que dictamine la Dirección General de Patrimonio de Aragón, con carácter previo al inicio de las obras, sobre los bienes y elementos patrimoniales inventariados y documentados bibliográficamente.

A estos efectos, la autoridad competente determinará si es necesaria una prospección arqueológica previa al inicio de las obras, que verifique el estado actual de los bienes patrimoniales inventariados, así como la existencia de otros elementos patrimoniales no documentados bibliográficamente.

Como medidas de carácter general, se respetará una distancia de seguridad, según cada caso específico, para la salvaguarda del entorno de yacimientos arqueológicos u otros bienes de interés cultural, y se realizará el seguimiento de los trabajos de excavación y movimientos de tierras. Los resultados e incidencias que fuesen detectados serán registrados y formarán parte de la entrega de informes periódicos del PVA. Si en el transcurso de las obras apareciesen restos históricos, arqueológicos o paleontológicos, el promotor procederá a parar la obra y ponerlo en conocimiento del Servicio Territorial competente en la materia, para que dicte las normas de actuación que procedan.

5.12 Población

En la siguiente tabla se expone la relación enunciativa de medidas consideradas para la protección de la población.

Tabla 18. Medidas consideradas para la para protección de la población. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
---------------	---------

P/HUM	Humectación del terreno
P/COB	Aplicación de sistemas de cobertura de camiones
P/PAN	Instalación de pantallas acústicas
P/PLA	Planificación y programación temporal de los trabajos
P/ELE	Comprobación del cumplimiento límites de exposición campos electromagnéticos
P/SON	Comprobación del cumplimiento límites de emisiones sonoras
P/RES	Gestión de la producción de residuos

5.12.1 Control de las molestias en la población durante las obras

Con objeto de minimizar el impacto que las actividades de construcción ocasionarán sobre las poblaciones próximas, se establecerán medidas preventivas que garanticen la seguridad, integridad y bienestar de estas. Con el objetivo de proteger la salud humana, se aplicarán medidas en relación con:

5.12.1.1 Calidad del aire

Se considerará los parámetros regulados por Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire cuyo fin entre otros, es definir y establecer los objetivos de calidad del aire ambiente para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente en su conjunto.

Los resultados obtenidos de la modelización a partir de las hipótesis restrictivas de diseño para la fase de construcción (Estudio de Calidad del Aire del EsIA), muestran que las concentraciones medias de los parámetros evaluados se mantienen por debajo de los límites de la calidad del aire definidos en el Real Decreto mencionado. Si bien, con la finalidad de minimizar la afección a las poblaciones cercanas, se adoptarán las medidas descritas en el Sección 5.3 Calidad del aire, en especial, las que tienen relación con la protección de la salud humana en calidad del aire.

Adicionalmente, en el ámbito laboral, los trabajadores implicados en los trabajos generadores de polvo, partículas en suspensión y gases contaminantes, adoptarán medidas de protección individual, como mascarar respiratorias y protección ocular cuando la actividad lo requiera.

5.12.1.2 Calidad acústica

Los valores de ruido y vibraciones emitidos durante la fase de ejecución de las obras se adaptarán a las prescripciones establecidas en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

En base a los resultados expuestos en el Estudio de Ruido del EsIA, se considera la adopción de medidas de mitigación para reducir la afección por el impacto acústico en los receptores sensibles tipificados en el entorno del Proyecto, tales como educacionales, sanitarios o residenciales. Se adoptarán las medidas preventivas mencionadas en la Sección 5.4 Calidad acústica y vibraciones.

Se adoptarán también medidas que mejoren las condiciones de los trabajadores, siendo necesario la utilización de equipos de protección individual cuando los niveles sonoros lo requieran durante las labores de ejecución de la obra, así como, orejeras, tapones y otros protectores auditivos que cumplan con la normativa de aplicación.

5.12.1.3 Permeabilidad poblacional

Se procederá a la construcción de accesos provisionales y a la señalización de los cortes de tráfico que se originen durante las obras, con objeto de perturbar lo menos posible las actividades de los habitantes del entorno. La ejecución de los trabajos se adaptará estrictamente a la cronología de los programas tratando de evitar retrasos que puedan afectar en socioeconomía de la población.

5.12.1.4 Campos electromagnéticos

Se llevará a cabo la comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas por la normativa de aplicación (límites de exposición), previo a la puesta en funcionamiento: realización de estudio de campos electromagnéticos,

cálculos sobre el diseño técnico de las instalaciones eléctricas de cara a la comprobación y ajuste, en su caso, sobre su adecuación al cumplimiento de las restricciones establecidas (Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, Real Decreto 299/2016, de 22 de julio) y en lo que determine el órgano competente en la materia, tal y como se menciona en la Sección 5.5 Generación de campos electromagnéticos.

5.13 Actividades económicas y productividad sectorial

En la siguiente tabla se expone la medida considerada para la protección de las actividades económicas y la productividad sectorial.

Tabla 19. Medida considerada para la para protección de las actividades económicas y la productividad sectorial. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medida
P/LOC	Favorecer la economía local

5.13.1 Promoción de la economía local

Con la intención de promover la economía local y otros aspectos de vital importancia en el impulso de la productividad sectorial (P/LOC), se priorizarán las siguientes prácticas:

- Fomentar y priorizar la contratación de personal, la adquisición de materiales y maquinarias, así como la contratación de servicios en los municipios próximos al emplazamiento.
- Primará la utilización de caminos previamente existentes minimizando interferencias, se establecerán rutas alternativas siendo estas señalizadas correctamente y se limitará la interferencia al máximo imprescindible, comunicando con antelación los cortes o desvíos propuestos como consecuencia de las obras.
- Se tendrán en consideración los servicios afectados y se contemplará su reposición durante la duración de la obra.
- Se evitará la infiltración de sustancias contaminantes para prevenir la contaminación de las aguas y del suelo, de la forma que se ha mencionado en el Apartado 5.7.3 Gestión de la producción de residuos y prevención de la contaminación del sistema hidrológico y 5.6.4 Prevención de la contaminación de suelos y gestión de la producción de residuos, la posible contaminación de terrenos agrícolas dentro del espectro de afección de las obras.

5.14 Ocupación territorial y actividades preexistentes

En la siguiente tabla se expone la medida considerada para la protección de la ocupación territorial y actividades preexistentes.

Tabla 20. Medidas consideradas para la para protección de las actividades económicas y la productividad sectorial. Fuente: AECOM, 2025.

Código medida	Medidas
P/PLA	Planificación y programación temporal de los trabajos
P/VIA	Utilización de vías y caminos existentes

5.14.1 Reposición de servicios, carreteras y caminos

Se han documentado los servicios existentes que pueden verse afectados por el desarrollo de las actuaciones de construcción en la Sección Afección a la infraestructura pública del presente Proyecto Ejecutivo con el objeto de:

- Solicitar información a las empresas y organismos propietarios de los servicios;
- Identificar los servicios que pudieran resultar afectados por las obras de construcción
- Plantear las reposiciones necesarias en caso de afección para otros servicios existentes, teniendo presente los requerimientos de sus titulares.

Por otro lado, se llevará a cabo una adecuada planificación y programación de las actividades, asegurando que no interfieran en el normal desarrollo de los usos actuales de los terrenos y caminos afectados y se priorizará el uso de caminos y vías ya existentes para minimizar las interferencias. Se establecerán rutas alternativas que serán debidamente señalizadas. Además, se limitará la afectación al tráfico al mínimo necesario, comunicando con antelación cualquier corte o desvío propuesto como resultado de las obras.

5.15 Plan de restauración ambiental

En este apartado se describen las medidas y acciones necesarias para recuperar las superficies y espacios naturales afectados por la construcción de la infraestructura eléctrica proyectada. Los objetivos principales son la recuperación de la cobertura vegetal y hábitats naturales, incluida su rehabilitación, control de los procesos erosivos, restitución edáfica y fisiográfica.

Por tanto, las actuaciones descritas en esta sección se dirigen a recuperar el valor ecológico de las zonas afectadas, que ha sido mermado durante las distintas fases del proyecto.

Asimismo, estas actuaciones se llevarán a cabo atendiendo a la normativa vigente que resulte de aplicación en todo momento, en particular, aquella que refiera la recuperación ambiental de espacios degradados o alterados, y teniendo en cuenta los condicionantes y preceptos marcados por el órgano competente.

5.15.1 Superficies afectadas y objetivos de restauración

Como objetivo general se establece que para que los espacios alterados por el Proyecto se consideren restaurados desde el punto de vista ecológico se deberán cumplir los siguientes preceptos²⁸:

- Contiene suficientes elementos bióticos y abióticos para conservar su desarrollo sin actuaciones de mantenimiento continuado.
- Se autorregula tanto estructural como funcionalmente.
- Demuestra resiliencia bajo circunstancias normales de estrés ambiental y otras perturbaciones.
- Se integra e interacciona a diferentes escalas con otros ecosistemas, estableciendo flujos bióticos, abióticos y/o culturales.

En base a lo expuesto, en primer término, se determina que los trabajos llevados a cabo durante la fase de construcción originan una serie de cambios en las áreas de actuación, de tipo morfológico y estructural, esta rehabilitación será asimilable en todos los casos. Si bien, los diferentes espacios afectados, en base a sus características, tendrán un tratamiento específico de cara a la restitución de sus valores ecológicos previos a la actuación, particularmente hábitats naturales, en cuanto a técnicas de revegetación y especies empleadas.

De tal modo que, al finalizar las obras, se llevará a cabo la restitución del suelo afectado a las condiciones iniciales. Esta medida es de aplicación al área afectada por la apertura de zanjas, los caminos de acceso temporales, zonas de ocupación temporal dispuestas en el lateral a la traza de la zanja, y la ZIA.

Desde el punto de vista del relieve, se remodelará la topografía alterada, de modo que se adecúe lo más posible al entorno natural.

²⁸ Principios de *Society for Ecological Restoration International* (SER) sobre la Restauración Ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (Versión 2: octubre de 2004). Disponible en: www.ser.org

En el caso de las zonas afectadas sobre terreno natural, las labores de recuperación consistirán en el relleno con material inerte (cuando sea necesario), descompactado y el aporte de tierra vegetal, así como en la plantación y/o siembra cuando el terreno original dispusiera de vegetación.

En el caso de superficies de terreno natural con uso previo, y destino al finalizar las actuaciones, labores agrícolas, se restaurará el terreno de cara a la consecución de los objetivos ambientales y en todo caso, quedará sujeto a los acuerdos que hubiere para la restitución de su actividad.

Para la definición de las labores de restauración y objetivos, se tienen en cuenta los condicionantes siguientes:

- Actuaciones del proyecto, en cuanto a superficies afectadas (ver Tabla 21).
- Disponibilidad de materiales y tierra vegetal (ver Apartados 5.6 y 5.15.2).
- Condiciones de ámbito abióticas (ver Apartado 4.2), principalmente climatología.
- Condiciones bióticas (ver Apartado 4.3), y específicamente la vegetación climática y la actual.

En total, entre todos los sistemas necesarios, de acuerdo con los datos facilitados por el equipo técnico redactor del Proyecto, se van a realizar 7,2 km de conducciones (zanja). La superficie de afección de la zanja será de 3,77 Ha, la superficie de ocupación temporal prevista en los laterales de la misma se estima en 5,35 Ha, a las que se suman 3,58 Ha de superficie de ocupación de la ZIA.

La afección a la vegetación natural se concentra en zonas delimitadas al lateral del trazado y ZIA, tal y como puede observarse en los Planos de Condicionantes Ambientales y de Medidas Medioambientales y Restauración del Documento Planos. Asumiendo el ancho de la zanja y zonas contiguas, se estima una potencial afección de 5,12 Ha principalmente concentrada sobre suelos con usos agrícolas.

Como resultado de estas mediciones preliminares deberá llevarse a cabo la restauración sobre un total 5,12 Ha. Esta medición deberá ser revisada, en su caso, con el replanteamiento de los trabajos, previo al inicio de la obra. Es decir, se realizará una revisión del inventario y medición de todas las superficies a revegetar junto con la determinación de la actuación o actuaciones en cada una de ellas.

5.15.1.1 Zonificación

En base al diagnóstico ambiental de las superficies afectadas (ver Apartado 4.3.2.3), en la siguiente Tabla 21 se detalla el desglose de las superficies y elementos afectados a restaurar zonificados en tramos o unidades de actuación diferenciada, con indicación de las técnicas específicas de tratamiento para el alcance de los objetivos considerados.

Tabla 21. Superficies a restaurar, técnicas previstas y objetivos. Fuente: AECOM, 2025.

Elemento	Método de tratamiento y/o técnica/s de revegetación	Objetivos
Terreno natural afectado por la apertura de zanja, y superficies de ocupación temporal, incluida la ZIA	Revegetación natural mediante el banco de semillas existente en el reservorio de tierra vegetal autóctono, conservada y/o recuperada para la restauración.	Remodelado de la topografía alterada. Restitución de suelos para la restauración de cubierta vegetal previa, de tipo herbazal/pastizal en su mayoría (arbustivo y/o matorral bajo, ocasional).

Las superficies de terreno afectadas se corresponden con tierras de uso agrícola y bordes de camino con poca afección que no poseen grado de protección ambiental ni relevancia ecológica específica, por lo que se estima su potencial de regeneración natural, contemplando para ello las actuaciones necesarias de restauración de cara a la recuperación de usos previos, siempre y cuando dispongan de un espesor de tierra vegetal con un banco de semillas viable adecuado para la revegetación natural.

El plan incluirá el mantenimiento y/o restitución de la tierra vegetal, las actuaciones de restauración fisiográfica, un tratamiento del suelo para su descompactación escarificado, laboreo y finalmente, la integración de los terrenos afectados en el entorno natural y recuperación de usos previos. No obstante, se llevará a cabo el adecuado control

y seguimiento para confirmar que la restauración natural sea efectiva en todas las superficies de actuación y de acuerdo con el destino previsto.

A estos efectos, y de acuerdo a la vigilancia ambiental, deberá contemplarse las medidas adicionales que fuesen necesarias, tales como, el aporte de abono, siembras o riegos, para la restauración de estas superficies, de acuerdo a los objetivos planteados y otros acuerdos que hubiere.

En los Planos de Medidas Ambientales y Restauración del ámbito de actuación incluidos en el Documento Planos del presente Proyecto, se incluye la representación y de limitación diferenciada de las superficies y restauración.

5.15.2 Balance de tierra vegetal para la restauración

Como se ha expuesto anteriormente, las operaciones relativas a la recuperación de tierra vegetal se realizarán atendiendo a las pautas indicadas en el Apartado 5.6.3 Recogida y conservación de la tierra vegetal, y en cuanto a la estimación del espesor medio tierra vegetal, se consideran 30 cm en base a los resultados de las investigaciones sobre el terreno, expuestas en el Anejo 6 Informe Geotécnico.

En base a la traza proyectada para la construcción de la infraestructura eléctrica subterránea, en la siguiente tabla se expone el resumen de las estimaciones del balance de tierras, expresado en superficies, así como en volúmenes de tierra vegetal, considerados para la restauración ambiental de los espacios afectados.

Tabla 22. Balance de tierra vegetal para la restauración. Fuente: AECOM, 2025.

Elemento	Superficie (m ²)	Espesor medio de tierra vegetal (m)	Volumen de tierra vegetal (m ³)
Volumen de tierra vegetal extraída			
Apertura de zanja y la ZIA en terreno natural	31.394,1	0,30	9.418, 23
Volumen de tierra vegetal necesaria para la restauración			
Apertura de zanja y la ZIA en terreno natural	31.394,1	0,30	9.418, 23

Este volumen de tierra vegetal será gestionado de acuerdo con las pautas establecidas dentro de la fase de actuaciones previas (ver Apartado 5.15.3) y las labores de preparación de las superficies a revegetar (ver Apartado 5.15.4). En base a ello, se considera que la tierra vegetal extraída resulta suficiente para cubrir las necesidades de la restauración ambiental de las superficies donde esta capa ha sido retirada.

En el caso de que esta reserva de tierra vegetal extraída no asegure la creación de una capa de, al menos, 30 cm de espesor y en estado óptimo (ver Apartado 5.15.4.2) deberá preverse una exportación exterior de suelos fértiles, aptos y certificados, procedente de productor autorizado, para su empleo en la restauración.

5.15.3 Actuaciones previas: medidas asociadas al movimiento de tierras y rehabilitación del terreno

En este apartado se describen las operaciones previas a los trabajos de revegetación, en particular en lo relacionado a afecciones a la vegetación y preparación de los terrenos afectados por el desarrollo de las obras y en los cuales se procederá a realizar los trabajos asociados a los tratamientos de revegetación.

De cara a la adecuada implementación de las medidas que se describen en este apartado, y en concreto las relativas a la gestión del suelo existente en el ámbito de las actuaciones y objeto de restitución en aquellas superficies donde ha sido retirado durante las obras de construcción (traza de la zanja y superficie en la ZIA), se definen las siguientes capas principales horizontales superpuestas:

- Horizonte "A". Capa superior del suelo o tierra vegetal, contiene raíces, es rico en humus y cuenta con una fuerte actividad biológica. El espesor medio de esta capa se estima en 0,30 m.

- Horizonte "B". Cobertera o capa mineral alterada, considerada la capa intermedia del suelo natural que presenta signos de alteración, reducida en humus y actividad biológica. Relevante como zona de enraizado y en el aporte de oxígeno, agua y elementos nutritivos.
- Horizonte "C". Capa estéril o roca madre o suelo subyacente, también con signos de alteración, no presenta fenómenos de formación de suelo ni actividad biológica, pero proporciona el material de base para la formación del suelo que la recubre. En niveles inferiores se encuentran los estériles.

5.15.3.1 Jalonamiento ambiental

Previo al inicio de las obras se jalonarán las zonas con vegetación y hábitats naturales con reservorios de fauna que puedan existir, según se ha descrito previamente en el Apartado 5.6.1, y se llevará a cabo el seguimiento y control de su adecuado mantenimiento durante toda la fase de obras (ver Sección 6 Programa de vigilancia ambiental).

5.15.3.2 Retirada, acopio y mantenimiento de tierra vegetal

Previo a ejecutar las obras de construcción de la infraestructura proyectada, se procederá al desbroce y eliminación de la vegetación existente en la superficie afectada por la zanja y en la ZIA. Esta capa superior del suelo (tierra vegetal, horizonte orgánico "A"), será tratada adecuadamente según se ha expuesto en la Sección 5.6.3.

En las áreas de actuación, apertura de zanja y ZIA, ocupadas por vegetación natural, el procedimiento ideal a seguir será, tras las operaciones de desbroce, retirar la tierra vegetal, que dadas las características del ámbito se estima con una profundidad de 30 cm, evitando la mezcla de dichos horizontes.

La operación se realizará mediante el método de retirada por capas, a fin de minimizar la compactación. Tras retirar las primeras paladas, se coloca la retroexcavadora sobre el horizonte B, desde donde puede retirarse por separado la capa de tierra vegetal (horizonte A). Esta retirada se realizará alternativamente, en tandas marcadas por el alcance del brazo de la máquina.

La tierra vegetal será apilada en caballones de altura menor a 1 metro (o profundidad de enraizado) y en caso necesario, evitando su compactación y manteniendo sus condiciones aeróbicas. La pendiente deberá permitir la evacuación del agua en caso de lluvias, por lo que no se realizarán en huecos, sino en zonas de pequeñas pendientes o llanas y, en su caso, se preverá un sistema de drenaje.

Se dispondrá en un lugar alejado de equipos móviles y bajo la prohibición de circular sobre ellos, en zonas relativamente llanas para garantizar la estabilidad. Su emplazamiento será, con carácter preferente, sobre superficie con cubierta vegetal de cara a reducir la compactación y mejorar la composición orgánica del suelo.

En caso necesario, y con carácter general, cuando permanezcan acopiados más de 2 meses, se realizará siembra de conservación, mediante siembra manual con mezcla de semillas leguminosas y/o gramíneas en dosis de 15 g/m² o similar, incluido abonado de conservación.

Esta reserva temporal de tierra vegetal que se corresponda con suelo fértil será la empleada en la revegetación, restauración final.

5.15.3.3 Retirada y acopio de materiales de excavación

Las operaciones de retirada y acopio de materiales sobrantes de la excavación se llevarán a cabo bajo las pautas prescritas según las medidas descritas en las Secciones 5.6 y 5.10.

En todo caso, cada tipo de capa retirada (horizonte A, y en su caso, horizontes B y C) se acopiará por separado para conservar sus características naturales. Esta operación es especialmente importante ya que de su éxito dependerá el poder disponer de material adecuado para la futura restauración.

5.15.3.4 Desmantelamiento de las instalaciones

Antes de proceder a la rehabilitación del terreno, se retirará todo elemento artificial derivado del desarrollo de las obras de construcción (desmantelamiento de las instalaciones). Esto incluye también los acopios de material que pudieran haberse quedado en el terreno, residuos o cualquier otro elemento ajeno a las labores de restauración.

Respecto a las zonas destinadas a instalaciones auxiliares, se procederá a la eliminación de las soleras de hormigón y recogida de todo material que estuviera depositado sobre el suelo.

De igual modo, se desmantelarán las cunetas y sistemas de drenajes que hayan sido creados durante la fase de construcción, previo relleno con material inerte.

5.15.3.5 Remodelado del terreno

Una vez finalizada la obra de construcción, en cuanto a implantación de la infraestructura eléctrica, y despejadas las superficies ocupadas, se iniciarán los trabajos de remodelación topográfica del terreno para recuperar su integración en el entorno mediante la restitución de las condiciones iniciales de las zonas afectadas.

Para el relleno de los huecos creados (excavación de zanjas) se emplearán aportes del material inerte previamente acumulado, procedente de la propia obra.

Se procederá a proporcionar un relieve homogéneo, eliminando cualquier tipo de montículo o depresión pronunciada, al objeto de evitar zonas de acumulaciones de agua. Esto es, acondicionamiento, regulación y corrección de perfiles en todos los terrenos afectados, con el fin de conseguir pendientes suaves a moderadas, perfiles redondeados, no agudos y no discordantes con la topografía y forma del terreno, de tal forma que se restituya el modelado del terreno original. Se deberá garantizar la estabilidad de las zonas alteradas y la correcta evacuación de las aguas de precipitación.

Estas operaciones tienen como objetivo preparar los terrenos para la posterior extensión de la tierra vegetal y aplicación de técnicas de revegetación.

5.15.4 Labores de preparación de las superficies a revegetar

5.15.4.1 Descompactación de los terrenos

Una vez finalizadas las obras, los suelos degradados serán reacondicionados, con el fin de recuperar su anterior uso del suelo y cumplir los objetivos de la restauración.

Se llevará a cabo un escarificado de las superficies del medio natural a restaurar, consistente en la disgregación de la superficie del terreno y la posterior homogeneización de la superficie, confiriéndole las características necesarias de acuerdo con los objetivos.

Con el fin de eliminar la excesiva compactación del terreno derivada del paso de la maquinaria pesada, se realizará un subsolado lineal, mejorando la profundidad del suelo, así como su capacidad de retención e infiltración de agua. Esto permitirá proporcionar una profundidad y características adecuadas a las raíces de las especies a implantar para optimizar su desarrollo, además de favorecer la infiltración del agua.

Estas operaciones se realizarán sobre las zonas de terreno natural donde se han ejecutado las obras de construcción y sobre las superficies de ocupación temporal, incluidas la ZIA, que han sido ocupadas por la maquinaria, acopios e instalaciones auxiliares. Se realizará siguiendo las curvas de nivel, es decir, en sentido perpendicular a la pendiente, de manera que se reduzca la escorrentía superficial y la correspondiente erosión y arrastre de suelo.

Con carácter general el escarificado se realizará a una profundidad de unos 30 cm, excepto en el caso en que la superficie esté compactada, precediéndose entonces a un subsolado con mayor profundidad.

5.15.4.2 Aporte y extendido de tierra vegetal

Una vez ejecutadas las operaciones anteriores, en las zonas previstas a revegetar se procederá al aporte y extendido de los materiales de cobertera o capa mineral alterada (horizonte B), donde esta ha sido retirada (apertura zanja) y que subyacen a la siguiente capa a restituir, de tierra vegetal (horizonte A).

El espesor de la cobertera en el relleno de la zanja tendrá un promedio de medio metro en zonas a revegetar con intervención, y el espesor de tierra vegetal será de aproximadamente 30 cm. Si bien, estos valores medios estarán sujetos a variación según necesidades del área de actuación que deberá ser supervisada (ver Sección 6 Programa de vigilancia ambiental) así como en base a las indicaciones del órgano competente en la materia.

La tierra vegetal se extenderá en todas las zonas afectadas por las actuaciones y que fueron desprovistas de ella en algún momento del ciclo del proyecto, así como las zonas que ya carecían o eran deficitarias de ella antes de dar comienzo las labores. De tal modo que se asegure unas características del suelo adecuadas para la implantación de la comunidad vegetal y cumplimiento de los objetivos de la restauración ambiental.

Se exponen a continuación una serie de directrices que deberán seguirse para el adecuado aporte de suelo:

- Extendido. Las capas se extenderán por orden inverso a su extracción, para obtener un perfil similar al original. En este caso, dado los espesores de suelo de partida, con carácter general será un manto de material estéril. El extendido se llevará a cabo sobre el terreno remodelado, evitando producir

compactación y adoptando una morfología similar a la original. Se evitará el paso de maquinaria pesada, sobre todo con terreno húmedo.

- **Aportación.** El espesor del aporte de tierra vegetal en las zonas a restaurar se realizará en función de la pendiente del terreno, considerándose con carácter general un espesor aproximado de 30 cm para el correcto establecimiento del primer horizonte herbáceo que proteja al suelo de fenómenos erosivos y permita el correcto establecimiento de la vegetación a implantar.
- **Características.** Las características físicas para valorar serán la composición granulométrica, la profundidad de los diferentes estratos y el contenido en materia orgánica. De modo general, se consideran como adecuados los suelos limoso-arcillosos en un espesor mínimo de 30 cm, dependiendo del tipo de vegetación a implantar, e ir aumentando la proporción de elementos gruesos a partir de esta primera capa, con el objetivo de asegurar un buen drenaje y mejorar las condiciones de colonización de la vegetación.

La tierra vegetal será extendida mediante un bulldozer o una motoniveladora, teniendo en cuenta que, si se utiliza maquinaria pesada, el extendido se realizará de manera que se evite que los vehículos la compacten. Tras ello, se verterá el material desde la cabeza de los taludes (zonas zanja) para que por gravedad se distribuya sobre el terreno.

Una vez se haya procedido al extendido de la capa de tierra vegetal, se efectuará un ligero laboreo para igualarla y esponjarla, utilizándose según pendientes diversos medios mecánicos y siguiendo las curvas de nivel, operación que favorecerá la descompactación de los suelos instalados y el desarrollo de la vegetación.

La tierra vegetal deberá estar seca en el momento del extendido. No podrán circular vehículos ni maquinaria por las zonas recién cubiertas, y con carácter prioritario se realizará en épocas inmediatas al inicio del periodo húmedo para favorecer el asentamiento de la vegetación.

La tierra vegetal previamente retirada y acopiada (ver apartado 5.15.3.2), junto con los aportes necesarios con características agrológicas y fisicoquímicas similares a los suelos autóctonos (ver apartado 5.15.2), se incorporará sobre todas las superficies afectadas por las obras. Estas superficies serán revegetadas, a excepción de los tramos que discurren sobre vial o camino existente (ver apartado 5.15.1).

En caso de que la tierra vegetal extraída en las labores de movimiento de tierras no sea suficiente para las labores de restauración, será necesaria la obtención de tierra vegetal procedente de productor autorizado. Las características fisicoquímicas de la tierra vegetal deberán ser las adecuadas en cada caso y adaptarse al lugar y vegetación que va a acoger. Será el Responsable Ambiental de la obra el responsable de la identificación de las características fisicoquímicas óptimas para la restauración ambiental.

5.15.4.3 Preparación del sustrato y restitución edáfica

De cara a la recuperación del determinado uso del suelo que conlleve la posterior implantación de especies vegetales, se recuperarán sus condiciones óptimas. Es decir, el suelo deberá constituir el soporte capaz de proporcionar las condiciones vitales para las plantas, como son la retención de agua, aporte de nutrientes, aireación y sujeción.

Tras la ejecución de las medidas previamente descritas, tales como la adecuada retirada y almacenamiento de estériles y tierra vegetal, su aporte y extendido en relleno de huecos de las zanjas y superficies de ocupación temporal (ZIA), así como las labores de descompactación y ripado en todas las superficies afectadas, se efectuará supervisión de las condiciones edáficas.

En base a ello deberá supervisarse las condiciones edáficas. A estos efectos, cuando los materiales a extenderse no presenten los mínimos aceptables para que se desarrolle la nueva vegetación, deberán añadirse las enmiendas y correcciones que resulten necesarias. En estas circunstancias, se proporcionará materia orgánica y elementos nutrientes de forma directa, mediante fertilizantes inorgánicos (N, P, K) o indirecta, con aportes de materia orgánica, fertilización orgánica (tierra vegetal, abonos). Debe evaluarse en cada caso la necesidad o no de dichos aportes. En caso de estimarse oportuno, la mezcla se realizará antes de la extensión final, y si no fuese posible, por irrigación o mediante labores.

Una vez restituido el suelo, en caso de observarse la aparición de incidencias que empeoren su capacidad de acogida para la vegetación a implantar, deberán considerarse técnicas adicionales, como descompactar nuevamente o la mejora del drenaje.

Una vez preparado el sustrato, se estima la revegetación natural mediante el banco de semillas existente en la tierra vegetal recuperada. El objetivo será la recuperación de la vegetación natural para su destino posterior (principalmente cultivos de secano), de tal modo que permita restituir los usos previos de los espacios afectados, y que de modo complementario evitara el desencadenamiento de procesos erosivos, y contribuirá a que las superficies restauradas tengan una evolución ecológico-paisajística progresiva para su integración en el medio natural.

5.15.5 Medidas de señalización

Se considerará la señalización y cerramiento a modo de protección de determinadas zonas a restaurar mediante señalización y/o jalonamiento tal como se ha descrito en el Apartado 5.6.1.

5.15.6 Labores de mantenimiento

Consistirá en un conjunto de actuaciones dirigidas a confirmar que la restauración y revegetación natural se adecúa a los objetivos tras la recepción de las obras, es decir, se llevarán a cabo durante el periodo que garantice el objetivo de la medida (CR/SEG).

En las superficies restauradas se llevará a cabo un seguimiento y control, en base al cual se realizarán riegos de apoyo en situaciones de déficit hídrico, así como chequeos de fertilización.

Entre las operaciones a desarrollar se incluyen las siguientes:

- Vigilancia regular para comprobar la efectividad de las actuaciones desarrolladas para la restauración natural (banco de semillas de tierra vegetal autóctona) y, en caso necesario, eliminar vegetación no deseada, prevenir su reaparición, y con ello, potenciar el crecimiento de la vegetación que se pretenda instalar según destino previsto de los terrenos.
- Comprobación de necesidades de aporte de tierra vegetal o incluso siembra, donde se haya producido un déficit en la germinación de las especies previas implantadas.
- Comprobación de las necesidades hídricas, y en su caso, riego de las superficies.

La vigilancia periódica se realizará durante el periodo que garantice el objetivo de la restauración, mediante apreciación visual del aspecto físico del crecimiento de las especies y su estado nutricional, de cara a la formación de una cubierta vegetal de protección contra la erosión y la integración paisajística. Síntomas para detectar: amarilleamiento del follaje, aparición de calveros, disminución en el tamaño de los ejemplares, observación de parásitos u hongos, y en general cualquier indicativo de que las especies vegetales tengan deficiencias en algún elemento esencial o sea objeto de ataques. En caso de detección, se realizará el análisis de sustrato para determinar sus carencias nutricionales u otros motivos de su mal desarrollo y pautar soluciones.

5.15.7 Programa de trabajos

La cronología de las labores de restauración se plantea como estimación y con unas prescripciones mínimas, dado que estará sujeta a la fecha de inicio, progresión y avances de la obra.

La restauración se realizará por fases y se avanzará en la medida en que se confirme el alcance de los estados finales de cada una de ellas, con las siguientes premisas a las que quedará sujeto el cronograma de las tareas expuestas en las secciones previas:

- Movimientos de tierras. La extracción del suelo y su extendido no debe tener lugar en condiciones de gran humedad, al igual que la descompactación del suelo. Por tanto, estas acciones se realizarán preferentemente en época de pocas lluvias.

6. Programa de vigilancia ambiental

El programa de vigilancia ambiental (en adelante PVA) tiene por objeto garantizar la correcta ejecución de las medidas preventivas y correctoras previstas, así como prevenir o corregir las posibles disfunciones con respecto a las medidas propuestas, o a la aparición de efectos ambientales no previstos.

La correcta ejecución del Programa exige una detallada labor de programación, toma de datos y tratamiento de estos, y en algunos casos, plantear planes de respuesta ante situaciones no previstas en el AIA. En este sentido, el grado de elaboración del presente apartado se ha establecido en concordancia con la fase de proyecto en la que se elabora, el Proyecto Ejecutivo que antecede al Proyecto Constructivo.

A nivel de Proyecto Constructivo y etapas sucesivas, en el PVA tendrá que incluirse la definición detallada y concreta relativa a los aspectos que contempla, como lugares y tipo de muestreo en cada caso, toma de datos, frecuencia, metodologías, tratamiento de los datos, y cualquier otro aspecto necesario, que permita asegurar la sistematización y registro de la información. Asimismo, deberá integrar las prescripciones de la DIA y condicionados que procedan relativos a la informes sectoriales de las administraciones competentes por razón de materia, tales como en área de biodiversidad o de patrimonio cultural.

En todo caso, el PVA ha de constituir un sistema abierto al ajuste y adecuación ante las variaciones que pudieran plantearse con respecto a la situación prevista. Se dirigirá no sólo a las áreas para las que se propone algún planteamiento, sino también a las Zonas de Instalaciones Auxiliares y otras actuaciones concretas de obra.

Con respecto a la responsabilidad y encargado de la implementación del PVA, durante la fase de ejecución, el contratista deberá definir la organización que permita su control y ejecución efectiva, dentro del Plan de Acción de Cumplimiento Ambiental (PACA), designando la persona responsable de los trabajos de vigilancia y seguimiento ambiental.

A continuación, se describe el conjunto de criterios y contenidos mínimos que deben ser tenidos en cuenta con el fin de asegurar la efectividad de las medidas correctoras y el desarrollo ambientalmente seguro de la actividad.

6.1 Objetivos

Los objetivos del PVA se relacionan a continuación:

- Controlar la correcta ejecución de las medias incluidas en el presente AIA y su adecuación a lo establecido en la DIA e informes sectoriales. Verificar estándares de calidad de los materiales y medios a emplear, como tierras, plantas o agua.
- Comprobar la eficacia de las medidas establecidas y ejecutadas, y en caso de no resultar satisfactoria, determinar las causas y establecer las correcciones necesarias.
- En su caso, detectar impactos no previstos en el EsIA y prever las medidas adecuadas para reducirlos, eliminarlos o compensarlos.
- Ofrecer un método sistemático para informar sobre los aspectos objeto de vigilancia y realizar una vigilancia eficaz, incluyendo la descripción del tipo de informes, frecuencia y periodo de emisión, que deben remitirse al órgano competente.

6.2 Responsabilidad del seguimiento

El cumplimiento, control y seguimiento de las medidas son responsabilidad del promotor del Proyecto, que puede ejecutarlo con personal propio, o en este caso, mediante la empresa Constructora o mediante la contratación de una asistencia técnica especializada.

Con carácter general, se deberá constituir un Responsable Técnico de Medio Ambiente, el que finalmente sea designado según la contratación de la ejecución de los trabajos por parte del Promotor, de cara a la responsabilización de la adopción de las medidas, la ejecución del PVA, la emisión de los informes técnicos periódicos que incluirán el grado de cumplimiento de las prescripciones de la DIA, para su remisión al órgano ambiental (INAGA).

6.3 Aspectos e indicadores de seguimiento

En este apartado se definen los aspectos objeto de vigilancia, los indicadores establecidos y los criterios para su aplicación.

6.3.1 Controles antes del inicio de las obras

Antes del inicio de las obras, se revisará el proyecto de ejecución y se llevará a cabo una prospección inicial de fauna y flora para complementar y actualizar los aspectos descritos en el mismo.

La prospección de fauna abarcará un radio de 500 m en torno al trazado y superficies de actuación, con el objetivo de identificar posibles áreas de nidificación o refugios de especies amenazadas, conforme a la legislación nacional y autonómica, que pudieran verse afectadas por las actuaciones. En caso de encontrarlas, se realizarán las medidas pertinentes ya definidas en los apartados anteriores.

Por su parte, la prospección de flora se centrará en un área de influencia de 50 m respecto a las actuaciones del proyecto y tendrá como finalidad identificar y balizar cualquier vegetación natural de especial interés que se detecte en el entorno inmediato de las obras, así como las especies exóticas invasoras que serán eliminadas en dicha área. Se tendrán en cuenta las medidas pertinentes preventivas de tratamiento de especies exóticas invasoras.

Con este reconocimiento se tendrá una base de partida para poder identificar y valorar las alteraciones introducidas por las obras y, sobre todo, para definir las zonas o los aspectos en los que se realizarán los muestreos u observaciones posteriores para la comparación con su estado preoperacional.

6.3.2 Seguimiento durante la fase de ejecución de las obras y funcionamiento del proyecto

Durante la fase de ejecución, la vigilancia se centrará en verificar la correcta realización de las obras del Proyecto de Ejecución, en lo que respecta a las especificaciones del mismo con incidencia ambiental y de las medidas preventivas y correctoras propuestas. Además, se vigilará la posible aparición de impactos no previstos o para los que no se han propuesto medidas protectoras, correctoras o compensatorias, en caso necesario.

Durante la fase de funcionamiento se realizará un seguimiento ambiental que garantice la correcta implementación y éxito de las medidas planteadas. A partir de la emisión del Acta de Recepción de la Obras y durante el período que garantice el objetivo de la medida, se controlarán los aspectos indicados en la tabla siguiente:

Tabla 23. Actuaciones y parámetros de control para la implementación de las medidas preventivas y correctoras propuestas. AECOM, 2025.

Código	Medidas preventivas y correctoras	Objetivo	Lugar de la inspección e indicadores de realización y/o de mantenimiento	Calendario de comprobación y/o periodicidad de la inspección	Parámetros de control y valores umbrales	Medidas adicionales, en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Documentación generada
Control de los niveles de emisión de emisión de polvo y dispersión de partículas							
P/HUM	Humectación del terreno	Mantener el aire libre de polvo.	En toda la obra, particularmente en los accesos a la obra y en los viales.	Periodicidad diaria en periodos secos y durante todo el periodo estival, que dependerá de las condiciones atmosféricas. Resto del año, periodicidad estimada semanal en toda la zona de obra y entorno próximo. Durante toda la fase de construcción.	Control visual continuo de los niveles de polvo según criterio del Director Ambiental de Obra. Umbral: Presencia visual de polvo en cantidades que pueden dar lugar a molestias y en condiciones meteorológicas adversas (periodo estival y/o sin lluvias).	Intensificar el riego, realizar limpieza de vías (baldeos), y en caso necesario, se pautará la aplicación conjunta con otras medidas (restricciones de la velocidad de vehículos en el interior de la obra, gestión de acopios fuera de los límites del emplazamiento o el uso de pequeños recintos para almacenamiento y protección de acopios).	Registro documental mediante fichas de inspección del monitoreo ambiental.
P/COB	Aplicación de sistemas de cobertura de camiones	Reducir emisiones de partículas mediante el control de la adecuada cobertura de los acopios y las cajas de los camiones que transportan materiales sueltos.	En toda la obra, particularmente en cercanías de lugares habitados, entorno de la vegetación, accesos a la obra, caminos, carreteras y núcleos de emisión de polvo.	Periodicidad diaria durante el transcurso de los movimientos de tierra, de maquinaria, acopios de áridos, etc., y cada vez que un vehículo abandone el área de trabajo. Durante toda la fase de construcción.	Control visual continuo de comprobación: todos los vehículos que transporten materiales susceptibles de emitir partículas a la atmósfera lleven la carga cubierta por lonas o toldos. Umbral: Existen camiones destinados al movimiento de tierras o materiales cuya carga no está cubierta.	Humectación de materiales.	Registro documental mediante fichas de inspección del monitoreo ambiental.
P/OPE	Operaciones de carga y descarga	Reducir emisiones de partículas mediante el control en las operaciones de carga y descarga.	En toda la obra.	Al inicio y periodicidad diaria. Durante toda la fase de construcción.	Control de las operaciones de carga y descarga de material pulverulento. En caso de fuerte viento no se realizarán. Control de la ubicación de los acopios y parque maquinaria, asegurando que se realiza en función del viento predominante. Control de la duración de los almacenamientos provisionales de escombros. Umbral: Presencia de partículas visibles en suspensión durante las operaciones de carga y descarga o acumulación de polvo en áreas cercanas debido al manejo de materiales.	Incrementar la humectación del material antes y durante las operaciones.	Registro documental mediante fichas de inspección del monitoreo ambiental.
P/VIA	Utilización de vías y caminos existentes	Minimizar la afección al suelo y vegetación mediante la priorización del uso de caminos y vías existentes.	En toda la obra.	Periodicidad quincenal. Durante toda la fase de construcción.	Verificar y llevar registro de las condiciones de los accesos y viales internos. Comprobación del aprovechamiento al máximo de la red de caminos y accesos existentes, y el resto de las áreas de actuación se hallan convenientemente señalizadas con el fin de que los vehículos y personal no se salgan de las mismas. Supervisión de las zonas afectadas por las obras y aplicación de correcciones, particularmente en donde se vayan finalizando las obras y no vayan a ser alteradas por nuevos pasos de maquinaria. Umbral: Identificación de nuevas áreas de afectación fuera de las vías existentes sin justificación o autorización.	Implementar mantenimiento periódico de los caminos existentes para minimizar la afectación al suelo y vegetación. Restaurar áreas afectadas temporalmente al finalizar la obra para reintegrarlas a su estado original o mejorar sus condiciones.	Registro documental mediante fichas de inspección del monitoreo ambiental.
Minimizar la emisión de gases contaminantes							
P/DOC	Control de la maquinaria y de la documentación reglamentaria	Reducir las emisiones de GEI y de contaminantes atmosféricos.	En toda la obra.	Periodicidad mensual y/o quincenal (registro de fugas). Durante toda la fase de construcción.	Comprobar que los combustibles utilizados son de tipo bajo en azufre. Realizar inspecciones periódicas de la maquinaria con el fin de detectar cualquier fuga y, en su caso, proceder inmediatamente a la reparación de la maquinaria o equipo. Umbral: Presencia de fugas no controladas en maquinaria, uso de combustibles que no sean de bajo contenido en azufre, o falta de documentación reglamentaria en vehículos y maquinaria.	Inmovilización de maquinaria y vehículos que no cumplan con los requisitos legales o no dispongan de la documentación reglamentaria. Reparación urgente de equipos defectuosos.	Registro de inspecciones y los resultados de estas, y, en su caso, de subsanación de fugas (hojas de mantenimiento).
P/EFI	Eficiencia energética	Reducir impacto energético y emisiones contaminantes.	En toda la obra.	Periodicidad puntual (comprobación de aplicación de buenas prácticas). Durante toda la fase de construcción.	Formar a los trabajadores en buenas prácticas de conducción. Aplicar buenas prácticas en aparatos de climatización. Umbral: Identificación de prácticas ineficientes en el uso energético de la maquinaria o climatización que incrementen el consumo energético de forma significativa.	Revisión y ajuste de maquinaria y sistemas de climatización para optimizar su eficiencia. Sustitución de equipos por alternativas más modernas y eficientes.	Registro documental mediante fichas de inspección del monitoreo ambiental.
P/CDC	Control de consumos de combustible	Reducir impacto energético y emisiones contaminantes.	En toda la obra.	Periodicidad quinquenal de registros y chequeos con carácter general sobre la gestión de consumo de combustible). Durante toda la fase de construcción.	Control del combustible utilizado, mediante registro de litros consumidos y tipología de consumo. Verificar que la maquinaria que no está en uso se encuentra apagada. Priorizar empresas que utilicen maquinaria de bajo consumo. Umbral: Incremento significativo en el consumo de combustible sin justificación operativa o uso de combustibles de baja calidad no acordes con las especificaciones.	Sustitución de maquinaria que no cumpla con estándares de eficiencia.	Registro del tipo de combustible utilizado consumido.
P/REN	Promover el uso de combustibles de bajas emisiones y origen renovable en la maquinaria	Reducir impacto energético y emisiones contaminantes.	En toda la obra.	Al inicio y periodicidad mensual. Durante toda la fase de construcción.	Control del tipo de combustible que emplea toda la maquinaria, mediante registro inicial, priorizando maquinaria (incluidas subcontratas) que emplee combustibles de origen renovable. Umbral: Uso de combustibles no renovables o con emisiones altas en maquinaria priorizada, incluida la de subcontratas.	Posibilidad de negociar con subcontratas el uso exclusivo de combustibles de bajas emisiones.	Registro del tipo de combustible utilizado por cada maquinaria.
Control del incremento del ruido y vibraciones							
P/MON	Monitorización de vibraciones en edificaciones	Controlar las condiciones de sosiego público.	En edificios residenciales ubicados a menos de 50 metros del trazado, especialmente en edificio residenciales o edificios con valor cultural identificados con potencial riesgo de daño.	Periodicidad quincenal. Durante toda la fase de construcción.	Control y seguimiento de los valores límite de vibraciones. Umbral: Superación de los valores límite de vibraciones establecidos por la normativa local o internacional aplicable.	Detener o suspender las actividades hasta que se evalúe la posibilidad de reducir los niveles de vibración generados o implementar medidas de mitigación, como el uso de zanjas. Analizar potenciales daños debidos a la superación de los niveles de vibración y valorar la necesidad de medidas correctoras.	Registro documental de mediciones e incidencias detectadas.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 202404315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COII, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.ccoim.es/verificacion>, Cod.Ver: 87870340

Código	Medidas preventivas y correctoras	Objetivo	Lugar de la inspección e indicadores de realización y/o de mantenimiento	Calendario de comprobación y/o periodicidad de la inspección	Parámetros de control y valores umbrales	Medidas adicionales, en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Documentación generada
P/VEL	Reducción y control de la velocidad de vehículos	Protección de las condiciones de sosiego público producido por la maquinaria pesada de obras.	En toda la obra.	Periodicidad diaria (comprobación general de las prácticas pautadas), y quinquenal (muestreo aleatorio de cumplimiento de la velocidad máxima permitida en obra). Durante toda la fase de construcción.	Comunicar a todos los contratistas que cumplan con las normas de uso de la maquinaria, velocidades de circulación (20 km/h), maquinaria que no esté en uso estará apagada. Verificar cumplimiento de las prácticas pautadas y registro de incidencias detectadas. Comunicación y registro a todos los operarios implicados en la obra sobre las buenas prácticas para reducir emisiones. Umbral: Superación de la velocidad máxima permitida en obra (20 km/h) por parte de cualquier vehículo o incumplimiento de las normas de apagado de maquinaria no en uso.	Instalación de señalización adicional en puntos clave que indiquen la velocidad máxima permitida. Paralización de vehículos o maquinaria que superen la velocidad de 20km/h. Programación de nuevas formaciones relacionadas con buenas prácticas ambientales.	Registro de realización de la presentación formativa a personal y subcontratistas, siendo comprobación única antes del inicio de las obras.
P/SON	Comprobación del cumplimiento límites de emisiones sonoras	Protección de las condiciones de sosiego público producido por la maquinaria pesada de obras.	Puntos de control establecidos.	Al inicio de cada etapa o localización de las actividades de construcción.	Se establecerán puntos de control dentro de las áreas de actuación de la maquinaria para realizar mediciones de ruido (sonómetro) y verificar que se está dentro de los límites legales, dentro de la planificación y programación de los trabajos en el marco del Proyecto Ejecutivo. Medición de los niveles de ruido y registro. Umbral: Superación de los límites legales de ruido establecidos en el área de construcción.	Detener las actividades de construcción hasta que se evalúe la posibilidad de reducir los niveles de ruido generados, restricciones, etc.	Registro documental de mediciones e incidencias detectadas.
P/EST	Estacionamiento de maquinaria	Evitar contaminación del suelo y aguas.	Parque de maquinaria.	Al inicio y periodicidad mensual durante las obras. Durante toda la fase de construcción.	Comprobar que el parque de maquinaria se ubica en los lugares seleccionados y con las medidas pautadas: señalización y vigilancia para evitar la contaminación de aguas y suelos. Umbral: Ubicación incorrecta del parque de maquinaria que genere contaminación de suelos y aguas (fugas de aceites, combustibles, etc.). Identificación de maquinaria fuera de las zonas designadas para ello.	Implementar sistemas de contención (bandejas de retención, mantas absorbentes) en las áreas de estacionamiento. Realizar inspecciones periódicas para identificar posibles fugas o problemas en la zona de estacionamiento. Medidas disciplinarias de apercibimiento para los operadores que incumplan las normativas de estacionamiento.	Registro de su conocimiento por todo el personal de obra, y de las incidencias detectadas.
Reducción de los niveles acústicos							
P/PAN	Instalación de pantallas acústicas	Protección de las condiciones de sosiego público. Pantallas acústicas.	Zona de instalación de las pantallas acústicas (entre las fuentes de ruido y los receptores afectados).	En el momento de la instalación y periodicidad diaria (verificación de efectividad). Durante toda la fase de construcción.	Comprobación y control de la adecuada instalación de las barreras acústicas temporales (ubicación y ejecución): no existan grietas, aberturas o huecos que puedan comprometer la efectividad de la medida y de forma que detenga la línea de visión entre receptor y fuente de ruido. Umbral: Niveles de ruido en los receptores del entorno por encima de los valores establecidos por la normativa aplicable.	Ajustar la ubicación y altura de las pantallas. Instalación de pantallas adicionales. Modular el uso de maquinaria, evitando actividades simultáneas que puedan incrementar los niveles acústicos.	Registro documental, informes de resultado de las mediciones e incidencias detectadas.
Cumplimiento de los límites de exposición de campos electromagnéticos							
P/ELE	Comprobación del cumplimiento límites de exposición campos electromagnéticos	Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores a la exposición radioeléctrica	En toda la obra, en especial, a la ocupación de la zanja.	Previo a la puesta en funcionamiento.	Comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas por la normativa de aplicación (límites de exposición) y en lo que determine el órgano competente en la materia.	Ajuste y adecuación de los niveles al cumplimiento de las restricciones establecidas.	Registro documental en informe de seguimiento de incidencias detectadas, en su caso.
Control de la superficie de ocupación							
P/JAL	Control de las superficies de ocupación: Jalonamiento integrando criterios ambientales	Protección de las áreas de sensibilidad ambiental. Delimitación de la zona de afección de la obra.	Áreas de sensibilidad ambiental. Y todo el perímetro de la obra	Al inicio de las obras y de modo continuado durante las obras, particularmente cada vez que sea necesario colocar un jalonamiento por criterios ambientales o avance de obra. Periodicidad semanal (verificación del correcto estado del balizado o jalonamiento). Durante toda la fase de construcción.	Inspección visual del correcto jalonamiento y delimitación de la zona de obras y de que estas se han efectuado respetando las áreas de sensibilidad ambiental identificadas. Durante la ejecución de las obras se verificará la integridad de las zonas de no actuación y seguimiento de las zonas aledañas a la obra, evitando la afección a la vegetación con acciones innecesarias. Verificación de la correspondencia del señalamiento en plano con la inspección visual realizada en obra. Registro de todas las áreas de trabajo, de almacenamiento, acopio y de las revisiones del estado de los accesos y viales. Verificar que no existen zonas auxiliares de acopio o almacenamiento fuera del ámbito de estudio, y el adecuado estado de los accesos y viales; si detectasen algunos obstáculos, despejarlos inmediatamente. Umbral: Identificación de intrusiones en áreas delimitadas como zonas de no actuación. Detección de daños en la vegetación o en zonas ambientalmente sensibles fuera de los límites de la obra.	Reparación y/o reposición del jalonamiento y señalización. En su caso, si hubo actuaciones con daños en el interior de zonas pautadas con jalonamiento, rehabilitación de las zonas afectadas.	Registro de incidencias detectadas para su corrección, reparación o reposición de la señalización.
Control de los movimientos de tierras							
P/MOV	Control de los movimientos de tierras	Disminuir los riesgos de erosión, la inestabilidad de las laderas y el impacto sobre el terreno.	En toda la obra.	Periodicidad quincenal (min) y diaria (fase mayor intensidad de trabajos). Durante toda la fase de movimiento de tierras.	Control de los movimientos de tierra mediante la supervisión en obra. Planificar los traslados y registro de trayectos reales realizados. Umbral: Compactación inadecuada que genere riesgos de deslizamiento o erosión. Movimiento de tierras en áreas fuera de los límites definidos sin autorización previa.	Estabilización inmediata de taludes mediante mallas de protección, vegetación o estructuras de contención cuando se detecten riesgos de deslizamiento. Realizar inspecciones adicionales durante y después de lluvias intensas o eventos climáticos adversos.	Registro documental mediante fichas de inspección del monitoreo ambiental.
Prevención de la contaminación de suelos y del sistema hidrológico y gestión de la producción de residuos							

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COII, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: https://www.ccoim.es/verificacion, Cod.Ver: 87870340.

Código	Medidas preventivas y correctoras	Objetivo	Lugar de la inspección e indicadores de realización y/o de mantenimiento	Calendario de comprobación y/o periodicidad de la inspección	Parámetros de control y valores umbrales	Medidas adicionales, en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Documentación generada
P/CON	Control del riesgo por contaminación por vertidos accidentales	Evitar la contaminación de los suelos y de las aguas superficiales y subterráneas.	En toda la obra, particularmente en las zonas auxiliares.	Periodicidad semanal. Durante toda la fase de construcción.	Comprobación del cumplimiento del Protocolo de actuación en caso de vertidos o derrames de productos tóxicos y peligrosos establecido en el marco del Proyecto Ejecutivo. Comprobación de la ubicación de las zonas auxiliares donde se almacenarán materiales y maquinaria con potencial riesgo de contaminación en lugares señalados y acondicionados de manera que dispongan de las medidas de protección necesarias para proteger el subsuelo. Señalización en plano en planta con la ubicación del material necesario (material absorbente/otros) para actuar en caso de emergencias ambientales. Inspección del estado de mantenimiento de los dispositivos de contención de derrames (llenado, estanqueidad). Umbral: no se aceptará la presencia de derrames accidentales que no hayan sido corregidos según los procedimientos de obra, ni depósitos que no cuenten con medidas de contención de derrames (doble pared, cubetos, etc.).	Diseñar y poner en marcha medidas adicionales para la corrección de derrames accidentales. Registrar y emisión de informes de ocurrencia de derrames y/o vertidos accidentales. Responsable: técnico medioambiente de obra.	Registro documental mediante ficha de inspección. Informes de derrames y/o vertidos accidentales.
P/RES	Gestión de la producción de residuos	Garantizar la adecuada gestión de los residuos.	En toda la obra.	Formación y comunicación: Al inicio de las obras y con cada nueva contratación. Marquesina: Al inicio y periodicidad semanal. Gestión de residuos: Documentación de entrega y traslado a gestor autorizado (puntual). Segregación diaria de residuos: Periodicidad diaria. Registro de fechas, cantidades, tipos, etiquetado y estado de segregación: Periodicidad semanal. Archivo cronológico de la gestión de residuos, incluyendo procedimientos y declaraciones: Periodicidad trimestral. Durante toda la fase de construcción.	Comprobación de la implementación y seguimiento del Plan de Gestión de Residuos en el marco del Proyecto Ejecutivo, garantizando el adecuado tratamiento de los mismos. Inspeccionar las zonas de almacenamiento de residuos, incluyendo las siguientes comprobaciones: - Control de volúmenes de residuos almacenados. - Periodicidad de recogida de residuos peligrosos. - Registro de derrames accidentales en caso de que ocurrieran y medidas correctoras aplicadas. - Segregación de los residuos: se comprobará que tanto residuos no peligrosos como peligrosos como están etiquetados y almacenados debidamente (marquesina techada y con protección contra derrames) - Registro de la entrega de residuos catalogados a transportistas y gestores autorizados, aportando la documentación correctamente cumplimentada. - Control de los tiempos de almacenamiento de residuos, tanto peligrosos como no peligrosos. No se almacenarán residuos durante un tiempo superior al que asegure unas buenas condiciones de salubridad (máximo 6 meses). - Registro de las cantidades de residuos y productos almacenados, con la fecha del almacenamiento de estos. - Registro de formación sobre buenas prácticas de residuos de forma previa al inicio de las obras para que tanto el personal como los subcontratistas conozcan cómo es necesario proceder para la gestión de los residuos generados durante la fase de construcción. Umbrales: Incorrecta segregación de los residuos, incorrecta recogida selectiva, reutilización y reciclaje en la obra de los residuos, ausencia de contenedores adecuadamente etiquetados y localizados, usencia de documentación de transporte y gestión de residuos fuera de la obra.	Se establecerán medidas adicionales, en su caso, para la corrección de la segregación de los residuos, la recogida selectiva de residuos, disposición de contenedores adecuadamente etiquetados y localizados, así como para la obtención de documentación de transporte y gestión de residuos fuera de la obra. Responsable: técnico medioambiente de obra.	Registro de derrames accidentales, registro de generación de residuos (archivo cronológico) y registro de entrega de residuos a gestor autorizado.
Adecuado diseño de sistemas de drenaje							
P/DRE	Instalación de sistemas de drenaje	Asegurar el mantenimiento de la hidromorfología.	Drenajes, canalizaciones, arquetas, etc.	Periodicidad quincenal (min) y diaria (fase mayor intensidad de trabajos). Durante toda la fase de construcción.	Comprobación que se dispone de los sistemas y elementos (drenajes, arquetas, bombas de extracción,) para evitar desbordamientos, minimizar los sólidos en suspensión por escorrentías, etc., y verificar su correcto funcionamiento. Umbral: Presencia de obstrucciones en los sistemas de drenaje que comprometan la correcta evacuación de aguas.	Limpieza inmediata y desobstrucción de drenajes y arquetas obstruidas para garantizar su funcionamiento. Instalación de filtros temporales en las salidas de los sistemas de drenaje para minimizar los sólidos en suspensión.	Registro documental mediante fichas de inspección del monitoreo ambiental.
Diseño y construcción de obras de cruce en los cauces							
P/CRU	Condiciones en cruce con aguas superficiales y trabajos en las cercanías de masas de agua	Minimizar impactos en la red hidrográfica.	Obras de cruce y entorno de cauces.	Previo al inicio de obra y periodicidad diaria hasta el final de las obras en cruces y entorno de cauces.	Comprobación de las condiciones pautadas por la medida (los trabajos se realizarán en periodo de estiaje, se respetarán las servidumbres existentes, etc.). Registro de incidencias (presencia de materiales en las proximidades de los cauces con riesgo de ser arrastrados, afección a la vegetación natural, etc.). Umbral: Afección directa a la vegetación ribereña o incumplimiento de las condiciones pautadas en el proyecto (ej.: trabajar fuera del periodo de estiaje).	Proponer las medidas adicionales necesarias, ajustadas a las distintas situaciones. Implementar barreras físicas (barreras de sedimentos o flotantes) para controlar la turbidez en el agua, en su caso. Retirada inmediata de materiales acumulados en zonas próximas a cauces. Responsable: técnico medioambiente de obra.	Registro documental, informe de resultados e incidencias.
Protección de la vegetación							
P/PRO	Prospección de la flora previa al replanteo	Proteger la flora.	En toda la obra.	Al inicio de las obras.	Comprobación de la ejecución de las prospecciones de flora. Control de los registros de los trabajos. Registro del reconocimiento del emplazamiento antes del comienzo de las obras.	Proponer las medidas adicionales necesarias, ajustadas a las distintas situaciones. Implementar zonas de exclusión estricta alrededor de ejemplares protegidos o zonas sensibles, debidamente señalizadas.	Registro documental de los trabajos de prospección.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 202404315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIN, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: https://www.coiin.es/verificacion, Cod.Ver.: 87870340.

Código	Medidas preventivas y correctoras	Objetivo	Lugar de la inspección e indicadores de realización y/o de mantenimiento	Calendario de comprobación y/o periodicidad de la inspección	Parámetros de control y valores umbrales	Medidas adicionales, en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Documentación generada
					Umbral: Daño o afección accidental a áreas previamente identificadas como sensibles.	Realizar un mapeo digital actualizado con la ubicación exacta de las áreas sensibles y especies protegidas. Responsable: técnico medioambiente de obra.	
P/INC	Actuaciones de prevención y extinción de incendios	Evitar riesgo de incendios.	En toda la obra.	Periodicidad puntual (cuando se gestionan residuos). Periodicidad semanal, quincenal y/o mensual (comunicación del Plan de prevención y extinción de incendios, y registro de la misma). Durante toda la fase de construcción.	Supervisión del cumplimiento del Plan de Prevención y Extinción de Incendios de la obra (medios de protección, formación del personal de obra y señalización), Inventario exhaustivo de materiales almacenados (P/CON) y comprobación de la retirada de restos a realizar por gestor autorizado quedando totalmente prohibida la quema de residuos (P/RES). Umbral: Presencia de materiales inflamables acumulados fuera de las zonas delimitadas. No disponibilidad de los medios de protección requeridos (extintores, cortafuegos, etc.).	Refuerzo en la instalación de cortafuegos y eliminación de materiales inflamables de áreas sensibles. Ejecución de simulacros más frecuentes en periodos de riesgo elevado (verano o épocas de sequía).	Registro de los ejercicios de simulacro de respuesta ante incendios forestales.
CR/LAV	Riego (lavado) de vegetación	Evitar afección a la vegetación por polvo y partículas en suspensión.	Zonas vegetadas.	Periodicidad quinquenal. Durante toda la fase de construcción.	Control de la acumulación de polvo sobre la vegetación. Umbral: Acumulación visual de polvo o partículas en suspensión sobre la vegetación.	En caso de que se produzca una acumulación significativa sobre la vegetación se procederá a su limpieza mediante riegos con agua.	Registro documental de inspección del monitoreo ambiental.
P/ARB	Protección de ejemplares arbóreos	Evitar afección a los ejemplares arbóreos.	Zonas con ejemplares arbóreos.	Al inicio y periodicidad semanal. Durante toda la fase de construcción.	Inspección visual del correcto estado de las protecciones de los ejemplares arbóreos. Umbral: Daños visibles en los árboles protegidos (rotura de ramas, daños en el tronco, afectación a las raíces). Incumplimiento de las medidas de protección física durante la ejecución de las obras.	En el caso que algún árbol sea afectado por rotura de ramas, podar y proteger el corte con antisépticos si se hace en época de actividad vegetativa.	Registro documental de inspección del monitoreo ambiental.
Protección de la fauna							
P/PRO	Prospección de la fauna previa al replanteo	Proteger la fauna.	En toda la obra.	Al inicio de las obras.	Comprobación de la ejecución de las prospecciones de fauna. Control de los registros de los trabajos. Registro del reconocimiento del emplazamiento antes del comienzo de las obras. Umbral: Ausencia de registros completos y precisos de las prospecciones realizadas. Falta de delimitación de áreas sensibles donde se haya identificado fauna de interés.	Proponer las medidas adicionales necesarias, ajustadas a las distintas situaciones. Responsable: técnico medioambiente de obra.	Registro documental de los trabajos de prospección.
P/RAM	Instalación de dispositivos para escape de fauna	Evitar fauna atrapada.	Dispositivos de escape de fauna.	Periodicidad diaria (durante esté la zanja abierta).	Inspección visual de la efectiva instalación de rampas y de su eficacia (número y localización de los sistemas de escape). Umbral: Presencia de fauna atrapada en las zanjias o dispositivos mal instalados o dañados. Falta de dispositivos en las ubicaciones críticas identificadas durante la planificación.	Incrementar el número de dispositivos de escape en las áreas con mayor riesgo, adaptándolos al tamaño de las especies identificadas. Reparar los dispositivos de escape de fauna y proponer las medidas adicionales necesarias, ajustadas a las distintas situaciones. Responsable: técnico medioambiente de obra.	Registro documental de inspección del monitoreo ambiental.
P/CRI	Restricción de obras en época de cría	Proteger a las especies durante su periodo de cría.	En toda la obra.	Periodicidad semanal durante el periodo de restricción de obras.	Comprobación de la no realización de trabajos durante el periodo de cría de las especies. Umbral: Presencia de actividad de obra durante el periodo de cría de especies protegidas o identificadas en la zona. Detección de nidos afectados por actividades de construcción.	Paralizar inmediatamente las actividades en áreas críticas si se detecta incumplimiento de la restricción.	Registro documental de inspección del monitoreo ambiental.
P/VAL	Instalación de vallado en las zonas de actuación	Proteger la fauna, personas y maquinaria de la obra.	Perímetro vallado de la obra.	Periodicidad semanal. Durante toda la fase de construcción.	Inspección visual del estado del vallado. Verificación de la correspondencia del señalamiento en plano con la inspección visual realizada en obra. Umbral: Roturas, desplazamientos o deterioro del vallado que comprometan su función.	Colocar señalización clara y visible en el vallado que indique las restricciones de acceso. Inspecciones adicionales después de eventos climáticos fuertes para garantizar la estabilidad del vallado. Implementar vallados con características adicionales (ej., alturas mayores o materiales más robustos) en áreas con mayor riesgo de intrusión o peligro.	Registro documental de inspección del monitoreo ambiental.
Integración paisajística							
P/PAI	Integración paisajística	Respetar la fisiología del paisaje.	En toda la obra.	Periodicidad puntual (momento de generación de acopios).	Control de las zonas de acopios, alturas y ubicación, minimizando impactos paisajísticos de acuerdo con la medida pautada. Umbral: Acopios de materiales o tierras que superen las alturas establecidas en la planificación paisajística. Ubicación de acopios fuera de las áreas designadas o en zonas sensibles desde el punto de vista paisajístico.	Implementar pantallas visuales o vegetación provisional para ocultar los acopios en las zonas más visibles. Redistribuir o reducir las dimensiones de los acopios si se detecta un impacto significativo sobre el paisaje.	Registro documental de inspección del monitoreo ambiental.
Control y seguimiento de los trabajos en materia de elementos del patrimonio inventariados							
P/ARQ	Control y seguimiento de los trabajos en materia de patrimonio cultural	Conservación del patrimonio.	Zanjas	Periodicidad diaria durante el momento de apertura de zanjas.	Vigilancia de las obras de remoción sobre la aparición elementos arquitectónicos, arqueológicos o paleontológicos en los que se presuma algún valor, dando inmediata cuenta a la administración competente, para que ésta pueda ordenar lo pertinente relativo a su conservación o traslado, cuidando entretanto, que los mismos no sufran deterioro y permitiendo el acceso a las obras a técnico	Proponer las medidas adicionales necesarias, ajustadas a las distintas situaciones. Responsable: arqueólogo acreditado.	Registro documental de la vigilancia de las obras.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIR, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: https://www.coiir.es/verificacion, Cod.Ver: 87870340.

Código	Medidas preventivas y correctoras	Objetivo	Lugar de la inspección e indicadores de realización y/o de mantenimiento	Calendario de comprobación y/o periodicidad de la inspección	Parámetros de control y valores umbrales	Medidas adicionales, en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Documentación generada
					debidamente autorizado. Umbral: Todos los hallazgos de valor patrimonial deben ser reportados inmediatamente a las autoridades competentes, asegurando su conservación sin deterioro y permitiendo el acceso a un técnico autorizado para su manejo adecuado.		
Promoción de la economía local							
P/LOC	Favorecer la economía local	Impulsar la economía local.		Al inicio y durante las obras en fase construcción y operación en las tareas de mantenimiento de las instalaciones.	Registro de la contratación de personal y de servicios de los municipios de la zona. Porcentaje de operarios, proveedores y subcontratas locales en un radio de acción de 20 km respecto al emplazamiento.		Registro documental de la contratación de personal y de servicios de los municipios de la zona.
Plan de restauración ambiental							
CR/POL	Restauración de zonas afectadas	Recuperar las zonas de vegetación afectadas.	Zonas destinadas a la restauración.	Al inicio de las obras (delimitación) y actuación puntual en la fase final, previo al cese de las obras.	Delimitación de las áreas a restaurar. Implementación, registro y comprobación de la adecuada implantación. Umbral: Presencia de vegetación insuficiente o mal implantada en las áreas restauradas. Erosión o degradación del suelo en las áreas restauradas por falta de implementación adecuada.	Introducir prácticas de mejora del suelo (como fertilización orgánica) en caso de baja calidad del sustrato para garantizar la sostenibilidad de la vegetación. Implementar medidas de control de erosión (mallas, acolchados, o barreras temporales) si se detecta inestabilidad del terreno en las zonas restauradas.	Plan de Restauración y seguimiento documental del mismo.
CR/DES	Rehabilitación de áreas afectadas, descompactado y restitución topográfica del terreno	Restituir condiciones iniciales del terreno.	En toda la obra, particularmente en las superficies afectadas por la obra (zanjas, zonas de instalaciones auxiliares, etc.).	En la fase final, previo al cese de las obras.	Comprobación de la implementación de las acciones de la medida descrita, cuando la fase de construcción esté llegando a su fin (liberar de instalaciones, restos y residuos de obra, restitución de servidumbres y servicios afectados, acondicionando el terreno correctamente, aporte y extendido de tierra vegetal, etc.). Umbral : Presencia de compactación excesiva del suelo tras la finalización de las obras. Fallos en la restitución de las condiciones topográficas originales del terreno. Restos de materiales, instalaciones o residuos en las áreas rehabilitadas. Falta de cobertura de tierra vegetal en las áreas rehabilitadas.	Realizar un descompactado profundo adicional del suelo en las áreas detectadas como inadecuadas mediante maquinaria específica. En caso de necesidad, añadir y extender capas adicionales de tierra vegetal para garantizar la calidad del terreno restaurado.	Plan de Restauración y seguimiento documental del mismo.
P/ACO	Acopios de tierras inertes excavadas	Adecuado acopio de la tierra vegetal hasta su reutilización en las labores de restauración ambiental	En toda la obra.	Al inicio y periodicidad diaria. Durante toda la fase de movimiento de tierras y hasta el empleo de la tierra vegetal.	Comprobar la ubicación y delimitación de las áreas de acopio de tierras inertes de acuerdo con la planificación de su distribución en el marco del Proyecto Ejecutivo de acuerdo a la medida pautada, controlando la no afección a áreas sensibles. Umbral: Altura máxima de acopios que no supere los valores establecidos en el proyecto (ej.: 1 m, dependiendo del tipo de material y las condiciones locales). Identificación de afección a áreas ambientalmente sensibles o fuera de las zonas previstas en el diseño.	Reubicación de acopios si las condiciones ambientales o de seguridad lo requieren, asegurando una adecuada planificación y registro. Riesgos y aportes de semillas hasta la utilización de la tierra vegetal	Registro documental mediante fichas de inspección del monitoreo ambiental.
CR/REV	Sellado con tierra vegetal e implantación de cubierta	Recuperación de la cubierta vegetal.	En toda la obra, particularmente en las superficies afectadas por la obra (zanjas, zonas de instalaciones auxiliares, etc.).	En la fase final, previo al cese de las obras.	Comprobación de la restitución de suelos y revegetación natural, en su caso, en la fase final de las obras: control de la descompactación de los terrenos, de que las tierras procedentes de desbroce son empleadas para la cubrición de las zonas degradadas, de superficies que sea necesario revegetar, etc. Umbral: Las áreas revegetadas deben mostrar un buen establecimiento y cobertura de vegetación, evaluado según la densidad y uniformidad de la vegetación. Estas áreas deben exhibir una cobertura vegetal homogénea, libre de especies invasoras.	Realizar siembras adicionales para aumentar la densidad de vegetación en áreas con cobertura insuficiente. Establecer un plan de riego y fertilización durante el periodo que garantice el objetivo de la medida para apoyar el establecimiento de las plantas.	Plan de Restauración y seguimiento documental del mismo.
	Labores de mantenimiento y seguimiento de las revegetaciones	Asegurar el éxito de las labores de restauración ambiental y ecológica	Áreas seleccionadas para la restauración ambiental y ecológica	Durante el periodo que garantice el objetivo de la medida	Comprobar la efectividad de las actuaciones desarrolladas para la restauración natural (banco de semillas de tierra vegetal autóctona) y, en caso necesario, eliminar vegetación no deseada, prevenir su reaparición, y con ello, potenciar el crecimiento de la vegetación que se pretenda instalar según destino previsto de los terrenos. Comprobación de necesidades de aporte de tierra vegetal o incluso siembra, donde se haya producido un déficit en la germinación de las especies previas implantadas. Comprobación de las necesidades hídricas, y en su caso, riego de las superficies.	Incremento de las labores de eliminación de vegetación no deseada. Ajuste en la periodicidad del riego para cubrir las necesidades hídricas de la vegetación, acorde con la situación climática.	Plan de Restauración y seguimiento documental del mismo.
Generales							
P/REC	Gestión del consumo de recursos	Reducción de consumo de recursos.	En toda la obra.	Periodicidad diaria (control durante el periodo de retirada de la tierra vegetal y registro -fecha de comienzo y terminación de la retirada de tierras vegetales, espesor y volumen retirado, lugar y condiciones de almacenamiento-). Periodicidad quinzenal (gestión de consumo de recursos). Durante toda la fase de construcción.	Otros recursos: Comprobación que las empresas suministradoras de materiales de construcción (áridos, hormigón, etc.) tienen los permisos en regla para la extracción y suministro de materiales, y que en ningún caso extraen recursos minerales de zonas no autorizadas. Igualmente, con respecto al suministro y acopio de tierra vegetal procedente de vivero: se verificará la no contaminación del acopio de tierra vegetal mediante su tapado, preferiblemente reutilizándose inmediatamente en las actuaciones de revegetación, y se recabarán los albaranes del transportista y del vivero de procedencia de la tierra	Se establecerán protocolos adicionales de seguimiento para asegurar que los recursos empleados en la obra cumplen con la normativa vigente, se acopian de forma adecuada y proceden de fuentes legales.	Registro documental de consumo de recursos.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIN, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: https://www.coiin.es/verificacion, Cod.Ver: 87870340.

Código	Medidas preventivas y correctoras	Objetivo	Lugar de la inspección e indicadores de realización y/o de mantenimiento	Calendario de comprobación y/o periodicidad de la inspección	y/o	Parámetros de control y valores umbrales	Medidas adicionales, en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Documentación generada
P/PLA	Planificación y programación temporal de los trabajos	Minimiza la intervención simultánea de maquinaria en la misma actuación.	En toda la obra.	Periodicidad diaria (inspección y verificación). Durante toda la fase de construcción.	y	<p>vegetal. Control del consumo de agua y de los combustibles consumidos, mediante registros de los volúmenes utilizados. Umbral: El 20% del material de los acopios no cumple las condiciones definidas, está contaminado, no es tierra vegetal, o no se han realizado labores de siembra, abonado y riego cuando el acopio supera los seis (6) meses de permanencia. Se carece de registros de volumen o peso de materiales empleados en la obra.</p> <p>Verificar la existencia de planificación y definición de rutas, y que esta ha sido comunicada a los contratistas. Definición de rutas utilizadas y registro de comunicación a contratistas. Comunicar a las empresas contratistas las medidas relativas a la planificación y programación temporal de los trabajos. Asegurar que se pone a disposición de todos los trabajadores, incluidas las subcontratas, un plano con los elementos naturales a proteger, con información de la necesidad de balizamiento durante el replanteo. Registro de horas de trabajo efectuadas. Planificar las operaciones en las que intervienen las maquinarias de construcción, para que no trabajen simultáneamente en la misma actuación.</p>		Registro de horas de trabajo efectuadas y de la comunicación a contratistas de la planificación y programación de las obras, así como de incidencias detectadas.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COII, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>, Cod.Ver: 87870340.

6.4 Plan de seguimiento de calidad ambiental

El contratista adjudicatario de las obras presentará antes del comienzo de las mismas un Plan de Seguimiento de la Calidad Ambiental, con indicación expresa de los recursos materiales y humanos asignados (indicando, en cada caso, las funciones y responsabilidades). Este plan incluirá procedimientos de ejecución y revisión de las distintas actividades que puedan tener un impacto en el medio ambiente, así como de aquellas actividades cuyo objetivo es protegerlo o restaurarlo. En estos procedimientos se describirá el modo correcto de realizar cada actividad para minimizar los impactos al medio ambiente.

Complementariamente, el Plan de Seguimiento de la Calidad Ambiental incorporará un Programa de Puntos de Inspección (PPI) en el que se planificará la forma de ejecutar y controlar las actividades desarrolladas durante las obras.

Cuando una inspección o ensayo detecte una NO CONFORMIDAD se identificará el elemento en cuestión y se aplicará el procedimiento correspondiente, proponiéndose seguidamente la correspondiente acción correctora.

En el Plan de Seguimiento de la Calidad Ambiental, se incorporará un Diario Ambiental de Obra en el que se anotarán las actuaciones de carácter ambiental realizadas, el personal responsable de cada una de ellas y su seguimiento. Este Diario Ambiental será designado por el Responsable Técnico de Medio Ambiente.

Por último, deberá establecerse un régimen de sanciones interno para determinadas actuaciones mal ejecutadas o con reincidencia.

6.5 Manual de buenas prácticas ambientales

Con carácter previo al comienzo de las obras la contrata de las mismas entregará al promotor del proyecto un manual de Buenas Prácticas Ambientales. Las Buenas Prácticas Ambientales son una serie de recomendaciones prácticas con cuya aplicación se trata de conseguir:

6.5.1 Formación

Se informará y formará al personal que vaya a participar en estas obras con el fin de que sean conscientes de la importancia de las buenas prácticas ambientales y las pongan en práctica.

6.5.2 Residuos

Se reducirá el número de envases vacíos generados mediante la compra de materiales en recipientes de mayor tamaño, procurando que ello no implique su acopio excesivo.

Antes de adquirir materiales, se negociará con los proveedores que acepten los sobrantes y la devolución de los envases y embalajes, para su reutilización o reciclado.

El consumo de papel se ajustará solo a lo necesario, para, además, reducir costes. En esa línea, se fomentará el uso de papel reciclado en las oficinas, para correspondencia, facturas, papel de ordenador, notas, etc.

6.5.3 Compras

En caso de semejanza entre precios y características técnicas de varios materiales que realicen una misma función, se optará por los que consumen menos recursos naturales y energía o los menos agresivos con el medio ambiente.

Se planificarán las cantidades de las compras:

- Con compras excesivas, tiende a favorecerse la aparición de materiales caducados u obsoletos, que se convierten en residuos.
- Siempre se valorará la calidad y características de los materiales adquiridos para evitar los inadecuados, caducados, defectuosos o fuera de especificación.

Para la limpieza de equipos y maquinaria se buscarán los productos químicos de menor agresividad ambiental.

Se procurará siempre comprar los materiales en cantidades y en recipientes adecuados y reutilizables, o en todo caso reciclable.

6.5.4 Equipos

Al igual que con los materiales, antes de la compra de nuevos equipos (maquinaria, equipos eléctricos y mecánicos, etc.), se tendrán en cuenta, los que, con similares prestaciones, sean más respetuosos con el medio ambiente, en su funcionamiento normal, en los mantenimientos preventivos y correctivos y su final retirada una vez concluida su vida útil.

6.5.5 Almacenamiento

Se protegerán las áreas de almacenamiento de las inclemencias del tiempo y las temperaturas extremas que provocan envejecimiento prematuro en el material almacenado, generando gran cantidad de residuos.

En los almacenamientos, se ubicarán los contenedores de forma que se facilite su inspección completa, simplificando así la comprobación de su estado y reduciendo el riesgo de golpes o derrumbamientos, que pueden generar residuos y emisiones.

Se seguirán estrictamente las instrucciones de los proveedores y fabricantes sobre el almacenamiento y manipulación de los materiales suministrados.

Se evitarán posibles incidentes o circunstancias que podrían deteriorar las materias primas.

En los tanques de almacenamiento se instalará y comprobará periódicamente indicadores visuales de nivel y, en la medida de lo posible, alarmas de rebose.

Se establecerán procedimientos en materia de detección, contención, actuación y saneamiento de emergencia ante posibles escapes de sustancias almacenadas.

6.5.6 Manipulación de materiales

Se etiquetarán las sustancias peligrosas clara y correctamente para evitar accidentes, errores y contaminaciones. También se controlará su orden de su llegada.

Se emplearán siempre las sustancias más antiguas, para reducir en la medida de lo posible los residuos generados por envejecimiento del material.

Los bidones, tanques y recipientes estarán herméticamente cerrados.

Se pueden producir fugas al suelo por derrames, y a la atmósfera por evaporación. El mayor riesgo de incidentes, derrames, etc., se corre en las operaciones de carga, descarga y transferencia de materiales; por ello, se establecerán prácticas de seguridad y procedimientos escritos para su realización. Para estas labores pueden aprovecharse los documentos, planes y procedimientos de prevención de riesgos laborales.

6.5.7 Producción

Siempre que sea posible, se evitará el uso de pinturas basados en disolventes en favor de otros con base de agua. Su fabricación y depuración puede implicar el escape de disolventes.

Se registrarán las fugas y derrames y sus correspondientes costes. Esta práctica dará información sobre el origen de las fugas y sus costes asociados con lo que se pueden poner en marcha medidas preventivas.

Se elaborarán hojas de instrucciones para los equipos, consignando sus características, funcionamiento óptimo y mantenimiento.

Cada tarea estará bien definida y registrada.

Los manuales y procedimientos sobre seguridad e higiene en el trabajo informan sobre posibles sucesos con implicaciones ambientales y evitan accidentes laborales. En esta línea, se establecerán planes y procedimientos que en combinación con éstos prevengan también los incidentes de consecuencias ambientales.

En las relaciones con los subcontratistas se llevará un control específico de su actuación ambiental, sus permisos y licencias.

6.5.8 Mantenimiento y equipos de limpieza

Se estudiarán los elementos químicos que componen los productos para evitar que el uso innecesario de sustancias tóxicas en el mantenimiento de equipos y maquinaria aumente la generación de residuos peligrosos.

En las tarjetas y hojas de instrucciones de los equipos se incluirán la frecuencia y método de limpieza:

- presión de agua (alta o baja),
- tiempo,
- frecuencia o intervalos,
- si debe hacerse con difusores u otro tipo de productos (detergentes o disolventes),
- dónde y cómo almacenar, verter o gestionar los residuos resultantes.

Se limpiarán los equipos en espacios habilitados, controlados y autorizados para ello, fuera de la obra con el objeto de evitar la formación de depósitos endurecidos, que implican grandes consumos de disolventes y agua. Esto ocurre especialmente en depósitos, hormigoneras, mezcladoras, tolvas, etc. Una limpieza preliminar con medios mecánicos ahorra aún más agua y disolventes.

6.5.9 Limpieza general

Si se consiguen reducir o eliminar las causas de suciedad, se evita la necesidad de desviar recursos o esfuerzos extra a las labores de limpieza. En general se comprobará que la cantidad de agua empleada en la limpieza es la adecuada.

Para evitar consumos innecesarios y contaminación se emplearán las cantidades mínimas recomendadas por el fabricante en la utilización de productos de limpieza. Lo ideal es que el método de limpieza tenga el menor número posible de etapas, que se usen los agentes menos peligrosos para el entorno y que se genere la mínima cantidad de residuos y emisiones.

6.5.10 Consumo de agua

Para reducir el agua utilizada para limpieza, humidificación de áridos o fabricación de hormigón, se utilizará la dosificación por aspersores o difusores gobernados por temporizadores.

También se realizarán inspecciones en las instalaciones de los sistemas hidráulicos con el objeto de detectar fugas y, por tanto, evitar los sobreconsumos por averías.

6.5.11 Consumo de energía

Conociendo los valores reales de consumo es posible establecer objetivos de reducción en su uso. Para tal fin se determinará el consumo de energía eléctrica por zonas. Las lámparas fluorescentes consumen la quinta parte de la energía que las de incandescencia. Siempre que sea posible, se instalarán sistemas de alumbrado por tubos fluorescentes o lámparas de sodio.

En las oficinas, se aprovechará al máximo la iluminación natural, situando los puestos de trabajo cerca de los ventanales y asegurando su limpieza para que dejen pasar la luz con la máxima claridad.

Las fugas de vapor o de aire comprimido de las instalaciones suponen pérdidas considerables de energía. Se revisarán y mantendrán periódicamente estos sistemas.

6.5.12 Actividades prohibidas

Queda terminantemente prohibido:

- La realización de hogueras sin la correspondiente autorización del órgano competente, debiendo seguir, en cada caso, las directrices en ésta formuladas.
- La realización de cualquier tipo de vertido a los cauces próximos sin la correspondiente autorización otorgada por el órgano competente, debiendo seguir, en cada caso, las directrices en ésta formuladas.
- El desvío, canalización o modificación de cursos de agua sin la correspondiente autorización otorgada por el órgano competente, debiendo seguir, en cada caso, las directrices en ésta formuladas.

- La realización de cualquier tipo de vertido directamente sobre el terreno.
- La explotación de canteras o préstamos ilegales que no cuenten con las oportunas autorizaciones, así como un plan de restauración.
- El vertido de materiales excedentes de obra en zonas no autorizadas o de singularidad ambiental.

6.5.13 Actualización legislativa

Se tendrá un conocimiento total de la legislación ambiental relacionada con las actividades que se desempeñan en la obra, incluyendo la nueva normativa que al respecto se vaya aprobando y afecte a la actividad.

ANEJO 5

INFORME GEOTÉCNICO

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 2024/4315. Fecha Visado: 29/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/verificacion>. Cod.Ver.: 87870340.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Antecedentes.....	3
2.	Introducción.....	3
3.	Alcance.....	3
4.	Abreviaturas	3
5.	Informe de Investigaciones del Terreno.....	4
5.1	Contexto geológico	4
5.2	Riesgos geológico-geotécnicos	5
5.3	Propuesta de campaña geotécnica.....	5
5.4	Caracterización geotécnica.....	7
5.5	Ensayos de conductividad térmica del suelo	8
5.6	Ensayos de resistividad eléctrica del suelo.....	8
5.7	Tramificación geológica-geotécnica	9
6.	Informe de Diseño Geotécnico	10
6.1	Reutilización de materiales.....	10
6.2	Excavabilidad y taludes temporales.....	11
	APÉNDICE A. Estudio Geotécnico.....	12
	APÉNDICE B. Informe Geofísico	13

Figuras

Figura 2.	Resultados para los SEV 1-6.....	9
-----------	----------------------------------	---

Tablas

Tabla 11.	Calicatas realizadas.....	5
Tabla 12.	Perfil litológico registrado en las calicatas.....	6
Tabla 13.	Coordenadas de los DPSH.....	7
Tabla 14.	Ensayos de laboratorio.....	7
Tabla 15.	Unidades geotécnicas.....	7
Tabla 16.	Parámetros geotécnicos de cada unidad.....	8
Tabla 17.	Coordenadas geográficas de los sondeos eléctricos verticales.....	8
Tabla 18.	Clasificación PG-3 y grado de agresividad.....	11
Tabla 19.	Ripabilidad y profundidad del nivel freático.....	11
Tabla 20.	Litología y talud recomendado para un factor de seguridad ≥ 1	11

1. Antecedentes

AECOM ha sido designado para producir el proceso de permisos para obtener la documentación del PIGA Constructivo, según el Gobierno de Aragón, así como la documentación del Proyecto de Ejecución para la construcción por parte de Amazon Data Services Spain, SLU.

Uno de los principales hitos acordados en este contrato es producir el diseño que se utilizará para la futura construcción de la línea.

2. Introducción

Como parte del contrato asignado por Amazon Data Services Spain, SLU, AECOM debe hacer entrega de un Proyecto de Ejecución para la construcción de la línea subterránea de alta tensión compuesta por dos circuitos de cable subterráneo de 132kV y dos circuitos de cable subterráneo de 220kV entre la subestación eléctrica de Villanueva del Gallego y el centro de datos VDG1.

3. Alcance

El Informe de Diseño Geotécnico se ha dividido en dos capítulos principales:

- Informe de Investigación del Terreno: incluye el estudio geológico de la zona, una evaluación de los riesgos del terreno, los ensayos de campo y laboratorio realizados y sus resultados, así como la caracterización de las principales unidades geotécnicas y sus parámetros de cálculo.
- Informe de Diseño Geotécnico: incluye los apartados de diseño geotécnico, como la reutilización de materiales, la excavabilidad y el análisis de estabilidad de taludes, basados tanto en los resultados de los ensayos de campo y laboratorio como en los parámetros establecidos en el informe de investigación del terreno.

El Informe de Diseño Geotécnico se facilita a título meramente informativo, debiendo el Contratista verificar su contenido antes de su utilización en la realización de las obras, ya sea a efectos de diseño o de ejecución.

Las posiciones de los trabajos de campo han sido definidas por AECOM y previamente revisadas in situ mediante técnicas geofísicas (GPR) para evitar afectar otras tuberías enterradas.

Los trabajos de campo finalmente incluyen:

- 8 calicatas mecánicas con mediciones de resistividad térmica in situ en cada una
- 4 ensayos de penetración dinámica continua.

AECOM subcontrató los trabajos de investigación geotécnica a INGEOSUMA S.L. El informe geotécnico resultante de esta campaña se incluye en el Apéndice A.

Este informe sintetiza datos geotécnicos de campo y de laboratorio para evaluar las características del terreno, centrándose en la excavabilidad, estabilidad de taludes, presencia de agua subterránea, resistividad térmica del suelo y factores que influyen en la excavación e instalación de materiales.

4. Abreviaturas

- PIGA: Plan y Proyecto de Interés General de Aragón.
- UG: Unidad geotécnica

- P.K.: punto kilométrico
- Msnm: Metros sobre el nivel del mar
- BH: sondeo
- TP: calicata
- DP: penetrómetro dinámico
- BHS: sondeo corto

5. Informe de Investigaciones del Terreno

5.1 Contexto geológico

El área de estudio, desde un punto de vista geológico, se encuentra en el sector central de la Cuenca del Ebro, formada por los aportes sedimentarios procedentes de las tres cordilleras que la enmarcan: Pirineo, Cordillera Ibérica y Cadenas Costero-Catalanas.

Esta cuenca está rellena con materiales terciarios, sedimentados inicialmente en ambientes marinos y posteriormente en ambientes continentales desde finales del Eoceno. Los sedimentos abarcan desde facies de abanicos aluviales en los márgenes (sedimentos detríticos gruesos) hasta facies de playa-lake en el centro (depósitos carbonatados, yesíferos y halíticos). Durante el Cuaternario, la red fluvial del río Ebro y sus afluentes erosionó los materiales terciarios, depositando sedimentos aluviales y formando terrazas fluviales y glacis.

Estratigrafía

El área de estudio queda cubierta por una única hoja del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 (hoja nº355), publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), destacándose las siguientes unidades cuaternarias:

UNIDADES CUATERNARIAS

- Unidad 18 (Depósitos de terraza): Compuesta de gravas de cantos poligénicos (cuarcitas, areniscas, calizas, rocas metamórficas, etc) con presencia de cantos bastante alterados de granito con matriz arenosa y limosa. Estos depósitos alcanzan un espesor de entre 15-25 m, pudiéndose alcanzar espesores de hasta 40 m en la zona de estudio.
- Unidad 21 (Depósitos de Glacis): Gravas de cantos calizos y areniscas en matriz limosa a arenosa, con cantos de yeso ocasionales, de espesor 10-15 m en el caso de los glacis más antiguos y de 2-3 m en glacis holocenos.
- Unidad 25 (Depósitos de valles de fondo plano): sedimentos de origen aluvial-coluvial formados por limos yesíferos con cantos subangulosos de caliza y arenisca y cantos redondeados de yeso, de espesor variable de hasta 6m.

Hidrogeología

El curso de agua principal en el área de estudio es el río Gállego. Según las clasificaciones hidrogeológicas españolas (MOPU-MINER, 1988, 1999), la zona se encuentra dentro del dominio de la Depresión del Ebro, específicamente dentro de la unidad hidrogeológica regional UH nº 4.10 "Aluvial del Gállego".

El acuífero está formado por la llanura aluvial actual y las tres terrazas más recientes, constituidos por gravas, arenas gruesas, limos y arcillas, todo ello de espesor variable en función del tramo del río. No obstante, los espesores de suelos aluviales del acuífero en el área de estudio serían del orden de 10 metros, presentando una rápida profundización hacia el este, aumentando considerablemente su espesor.

Respecto al nivel freático, se situaría a una profundidad superior a 25 m, sobre la cota 230 m.s.n.m. en su mitad norte (hacia el lado sur la cota es menor).

5.2 Riesgos geológico-geotécnicos

La evaluación de los riesgos geológico-geotécnicos del área de estudio es la siguiente:

- El riesgo potencial de subsidencia por hundimiento debido a la karstificación de rocas solubles (caliza, yeso) es muy bajo.
- El riesgo de expansividad asociado a las arcillas de los recubrimientos cuaternarios es inexistente (la traza discurre fundamentalmente por terrenos granulares gruesos de las terrazas del Gállego y glaciares asociados).
- No se espera detectar rellenos antrópicos ni vertederos de tierras sobrantes de grandes dimensiones, aunque sí a escala local fruto de la conversión a suelo industrial que ha sufrido la zona de estudio.
- El riesgo sísmico es bajo y la aceleración sísmica básica asignada es inferior a 0.04.

5.3 Propuesta de campaña geotécnica

Las posiciones de los trabajos de campo fueron definidas por AECOM y previamente verificadas in situ mediante técnicas geofísicas (GPR) para evitar afectar otras tuberías enterradas.

El trabajo de campo finalmente llevado a cabo incluye:

- 8 calicatas mecánicas (TP) con mediciones de resistividad térmica in situ en cada una
- 4 ensayos de penetración dinámica (DPSH)

Además, se consideraron varias pruebas de laboratorio para caracterizar el terreno de manera más detallada:

- Ensayos de identificación y compactación y análisis químicos que nos permitan caracterizar el terreno y estudiar su posible reutilización.
- Se evaluaron las características resistentes del terreno, así como la presencia del nivel freático y la posible agresividad del terreno y del agua a las estructuras de hormigón.

Calicatas

Las calicatas se realizaron a lo largo del trazado de la línea eléctrica en las siguientes ubicaciones:

Tabla 1. Calicatas realizadas.

ENSAYO	REFERENCIA	COORDENADAS UTM 30T		COTA (m)
		X	Y	
CALICATAS	TP-1	678923	4623674	244,80
	TP-2	679143	4624195	248,40
	TP-3	679116	4624628	251,10
	TP-4	678706	4624295	254,70
	TP-5	678819	4625522	258,80
	TP-6	679000	4626463	266,80
	TP-7	679143	4627613	270,80
	TP-8 bis	679357	4628452	282,20

Los perfiles litológicos obtenidos durante la ejecución de las calicatas se resumen a continuación, en los que se han reconocido un total de 3 unidades geotécnicas (UG) diferentes:

Tabla 2. Perfil litológico registrado en las calicatas.

CALICATA	UG-0: Suelo vegetal/ Relleno de tierras		UG-I: Suelos finos			UG-II: Suelos granulares gruesos		
	Espesor (m)	Litología	Profundidad de aparición (m)	Espesor (m)	Litología	Profundidad de aparición (m)	Espesor (m)	Litología
TP-1	0,10	SUELO VEGETAL	0,10	0,20	ARCILLAS arenosas	0,30	2,80	GRAVAS arenosas
TP-2	1,00	RELLENO tierras				1,00	2,15	GRAVAS areno limosas
TP-3	0,30	SUELO VEGETAL	1,15 2,10	0,65 0,80	ARENAS arcillosas LIMOS arenosos	0,30 2,90	0,85 0,40	GRAVAS areno arcillosas GRAVAS areno arcillosas
TP-4	0,30	SUELO VEGETAL				0,30	3,00	GRAVAS areno arcillosas
TP-5	0,50	SUELO VEGETAL				0,50	2,65	GRAVAS areno limosas
TP-6	0,50	SUELO VEGETAL				0,50	2,60	GRAVAS areno limosas
TP-7	0,40	SUELO VEGETAL	0,40	0,20	ARCILLAS limosas	0,60	2,75	GRAVAS areno limosas
TP-8 BIS	0,35	SUELO VEGETAL				0,35	2,85	GRAVAS areno limosas
MIN	0,10		0,10	0,20		0,30	0,40	
MÁX	1,00		2,10	0,80		2,90	3,00	
MEDIO	0,43		0,94	0,46		0,80	2,15	

Aspectos de interés a considerar que se han observado durante la excavación de las calicatas son los siguientes:

- Todos los materiales identificados fueron excavados con retroexcavadora, presentando la unidad geotécnica II una mayor resistencia a la excavación debido a la variable cementación por carbonatos que presenta.
- En todos los casos se han alcanzado 3,00-3,30 m de profundidad de excavación.
- La estabilidad en paredes verticales fue buena en todas las calicatas ejecutadas, con excepción de la TP-2 donde los rellenos se mostraban bastante inestables.
- En ninguna de las calicatas abiertas se han detectado humedades significativas o presencia de agua.

Penetrómetro dinámico (DPSH)

Asimismo, a lo largo del trazado de la línea eléctrica, se llevaron a cabo cuatro ensayos de penetración dinámica (DPSH) en los siguientes lugares:

Tabla 3. Coordenadas de los DPSH

ENSAYO	REFERENCIA	COORDENADAS UTM 30T		COTA (m)
		X	Y	
DPSH	DP-1	678926	4623680	244,80
	DP-2	679127	4624627	251,20
	DP-3	678823	4625529	258,80
	DP-4	679144	4627606	270,80

Pruebas de laboratorio

La siguiente tabla muestra las pruebas de laboratorio que se han llevado a cabo:

Tabla 4. Ensayos de laboratorio.

Ensayo del suelo	Norma	N.º
Ensayo de distribución granulométrica	UNE-103101/95	8
Determinación de los límites de Atterberg	UNE-103103/94 y UNE-103104/93	8
Ensayo Proctor modificado	UNE 10350/95	8
Índice CBR	UNE 103502:1995	8
Determinación del índice de colapso en edómetro	UNE-103406/2006	1
Hinchamiento libre en edómetro al 98% PM	UNE 103601/96	1
Contenido de materia orgánica	UNE 103204/93	8
Contenido de sales solubles	UNE 103205/2019	8
Contenido de yeso soluble	UNE 103206/2019	8
Ensayo de acidez Baumann-Gully	UNE-EN 16502:2015	1

5.4 Caracterización geotécnica

Basado en la campaña geotécnica realizada, se han detectado 3 unidades geotécnicas (UG) como se muestra en el Apéndice A adjunto a este informe. Los materiales de las diferentes formaciones litológicas presentes en el área de estudio se han dividido en grupos geotécnicos de características similares.

La descripción de estas UG se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 5. Unidades geotécnicas.

Unidad Geotécnica	Profundidad a la que aparece (m)	Espesor (m)	Naturaleza	Litología
UG-0	0,00	0,10-1,00	SUELO VEGETAL y RELLENO de tierras	LIMOS arenosos marrón claros. Tierras con cascotes
UG-I	0,10-1,15	0,20-0,80	Suelos FINOS	ARENAS arcillosas y limosas
UG-II	0,3-1,00	0,40->3,00	Suelos GRUESOS	GRAVAS arenosas y limosas

Para caracterizarlos se han utilizado ensayos in situ procedentes de la campaña de investigación de campo junto con ensayos de laboratorio, así como gráficas y correlaciones bibliográficas. Un resumen de los parámetros geotécnicos para cada UG se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Parámetros geotécnicos de cada unidad.

Unidad geotécnica	NSPT	Densidad aparente (g/cm ³)	q _u (kg/cm ²)	c _u (kg/cm ²)	C' (kg/cm ²)	Φ' (°)	Módulo de Deformación (kg/cm ²)
UG-I	7	1,90	0,90	0,45	0,25	25	100
UG-II	20	2,10	-	-	0,05	37	250
	50	2,20	-	-	0,05	40	530

5.5 Ensayos de conductividad térmica del suelo

Los ensayos de conductividad térmica del suelo miden la capacidad del terreno para conducir o disipar calor.

La comprensión correcta de las propiedades térmicas de un suelo o capa de terreno artificial es importante para el diseño e instalación de tuberías subterráneas y cables de transmisión, para evitar fallos prematuros.

La conductividad térmica del suelo está condicionada por la composición, el contenido de humedad, la densidad, la temperatura y el grado de compactación del suelo. Durante la prueba, se registra la temperatura del sensor durante un período, Esto se hace midiendo los datos de calentamiento y enfriamiento. Al completar la prueba, se obtienen valores de conductividad térmica y resistividad.

Las determinaciones de conductividad térmica (k) se han llevado a cabo tanto, in situ en las calicatas, como en muestras remoldeadas en el laboratorio.

Los siguientes rangos de valores se pueden establecer a partir de las determinaciones in situ:

- UG-0 (rellenos de GRAVAS) K = 0,47 (W / (m*K)).
- UG-I (ARENAS y ARCILLAS) K = 0,70 (W / (m*K)).
- UG-II (GRAVAS arenosas) K = 0,14-0,74 (W / (m*K)). Promedio de 0,49 (W / (m*K)).

Para muestras remoldeadas en el laboratorio, en la humedad más cercana al óptimo del ensayo Proctor modificado, los resultados son:

- UG-I (ARCILLAS y limos) R = 0,77 (°C.m / W).
- UG-II (GRAVAS arenosas) R = 0,49-0,84 (°C.m / W). Media 0,69 (°C.m / W).

5.6 Ensayos de resistividad eléctrica del suelo

Se han realizado 6 sondeos eléctricos verticales (SEV) para obtener modelos de resistividad eléctrica de la secuencia vertical de los materiales del suelo.

Tabla 7. Coordenadas geográficas de los sondeos eléctricos verticales.

ENSAYO	REFERENCIA	COORDENADAS UTM 30T		COTA (m)
		X	Y	
SEV	VES-1	678936,98	4623676,13	244,77
	VES-2	679111,89	4624622,74	251,08
	VES-3	678818,51	4625515,85	258,65
	VES-4	678999,30	4626478,18	266,82
	VES-5	679166,45	4627612,54	270,33
	VES-6	679384,03	4628437,53	282,32

El siguiente gráfico representa los resultados obtenidos:

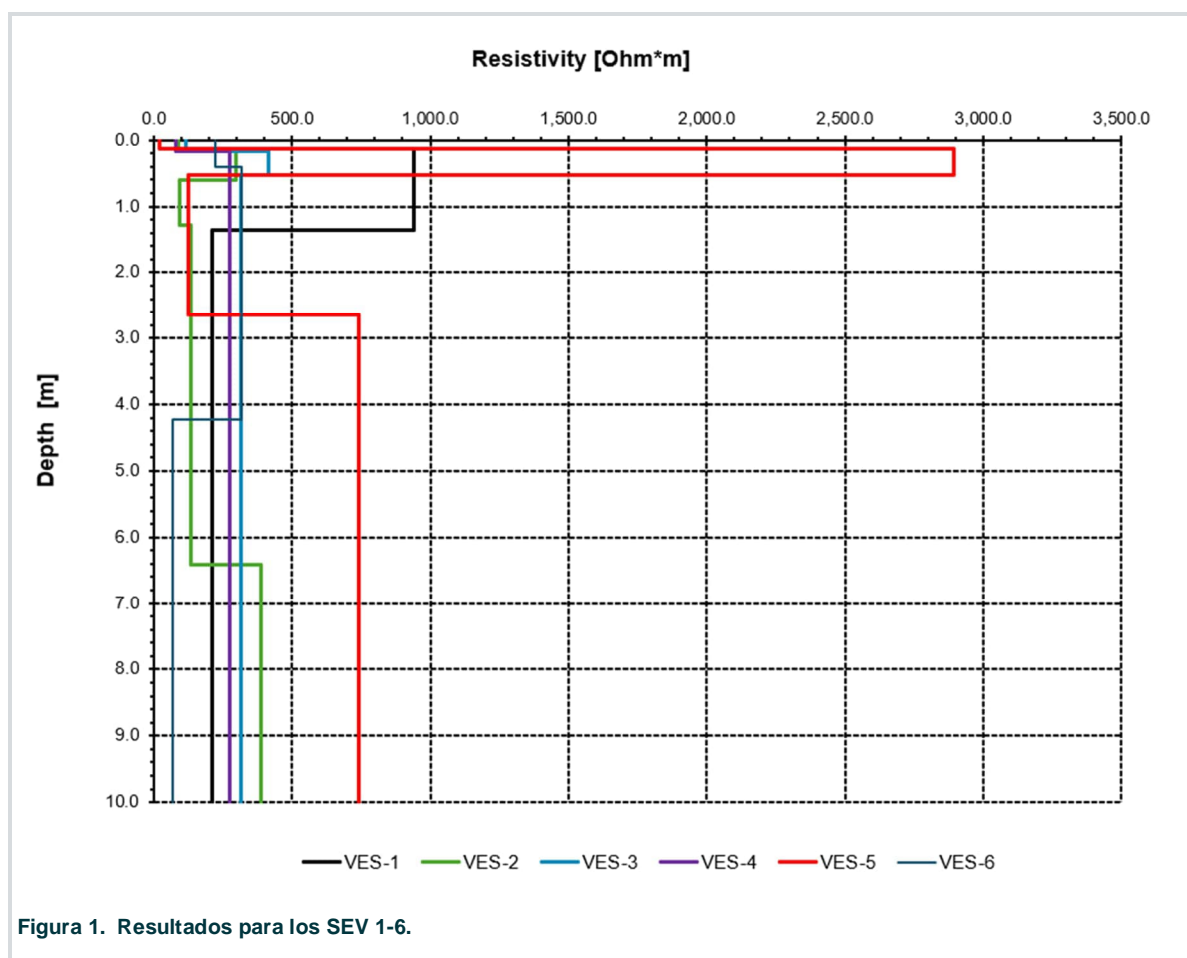


Figura 1. Resultados para los SEV 1-6.

El modelo de resistividad muestra una resistividad eléctrica entre 127 y 316 (Ohm*m) para una profundidad de entre 1,0 y 3,0 m. El valor medio es 229 (Ohm*m).

Todos los resultados se pueden encontrar en el Apéndice B Informe Geofísico.

5.7 Tramificación geológica-geotécnica

A partir del trabajo de campo y de laboratorio se ha interpretado un modelo de suelo formado por las 3 unidades geotécnicas, con características bien diferenciadas, descritas en el apartado anterior.

Se han identificado dos tramos o secciones con similar comportamiento geológico-geotécnico, que se describen a continuación, no habiéndose registrado presencia de agua subterránea en ninguno de ellos:

- Tramo 1: se extiende desde P.K. 0+000 a P.K. 1+300. Se caracteriza por un espesor de 3,50 metros de recubrimientos cuaternarios principalmente de gravas (UG-II), siendo el aspecto más significativo la presencia de rellenos de tierras superficiales, que, aunque solamente se han detectado en una calicata, podrán aparecer de forma más extensiva dado el carácter industrial de la zona.
- Tramo 2: se extiende desde P.K. 1+300 a P.K. 6+940 (final). Se caracteriza por un espesor de, al menos, 3,50 metros de recubrimientos cuaternarios, fundamentalmente de gravas (UG-II).

En ninguno de los dos tramos existe presencia de agua subterránea.

6. Informe de Diseño Geotécnico

6.1 Reutilización de materiales

Los materiales obtenidos de las excavaciones de las zanjas consistirán principalmente en las gravas de la UG-II y, en menor medida, en las arenas arcillosas y limos de la UG-I. Los materiales de relleno de la UG-0 con presencia de escombros deben ser retirados a vertedero.

Por otra parte, y dado que la línea eléctrica está contenida en un prisma de hormigón, se analiza la agresividad del suelo al hormigón de acuerdo con las disposiciones del Código Estructural Español.

La caracterización de las unidades geotécnicas desde el punto de vista de su uso como relleno para zanjas se describe a continuación:

UG-0

La unidad de tierra vegetal debe ser removida al vertedero, pero también podría ser utilizada para trabajos de revegetación en la zona.

En la calicata TP-2 se detecta un relleno de tierras con algunos escombros y restos de construcción, que alcanza un espesor de 1,0 metros. Estos materiales de relleno con presencia de escombros deben ser retirados a vertedero.

UG-I

Los materiales de UG-I se clasifican como suelos TOLERABLES según el PG-3.

Se ha realizado 1 ensayo de compactación Proctor modificado con los siguientes resultados:

- Densidad máxima 1,98 g/cm³.
- Contenido óptimo de humedad: 10,49 %.
- El CBR en la muestra compactada al 98% de DMPM es de 2,60.

La tasa de colapso en muestra remoldeada al 98% de DMPM es de 0,0%, y el hinchamiento libre al 98% de DMPM es de 0,70%.

UG-II

Los materiales de UG-II se clasifican como suelos SELECCIONADOS según el PG-3, a excepción de una de las muestras ensayadas (clasificada como SC) que se clasifica como un ADECUADO tanto por plasticidad como por el contenido en materia orgánica.

Se han realizado 7 ensayos de compactación Proctor Modificado con estos resultados:

- Densidad máxima 2,02-2,21 g/cm³ (promedio 2,09 g/cm³)
- Contenido óptimo de humedad 5,4-8,30 % (promedio 7,1 %).
- CBR en muestra compactada al 98% DMPM 23-90 (promedio 49).

La tabla a continuación muestra, para cada una de las secciones definidas, los espesores de cada unidad y su clasificación según PG-3, así como el grado de agresividad para el hormigón. Si hay condiciones especiales para su instalación, se indican en la columna de comentarios.

Tabla 8. Clasificación PG-3 y grado de agresividad.

TRAMO	PUNTO KILOMÉTRICO	PERFIL TÍPICO									COMENTARIOS
		UG-0			UG-I			UG-II			
		PROF. (m)	CLASIF. PG-3	AGRES.	PROF. (m)	CLASIF. PG-3	AGRES.	PROF. (m)	CLASIF. PG-3	AGRES.	
1	0+000-1+300	<1	MARGINAL				>3	SELECCIONADO	NULA	UG-II CBR>20	
2	1+300-6+940			1,50	TOLERABLE	NULA	>2	SELECCIONADO	NULA	UG-II CBR>20	

Será necesario un plan de control durante la construcción de los materiales excavados para verificar estas suposiciones hechas en la etapa de diseño.

6.2 Excavabilidad y taludes temporales

En el apartado 3.5, se han definido 2 secciones con características similares desde el punto de vista geológico-geotécnico. La tabla a continuación analiza para cada una de las secciones su excavabilidad y profundidad del nivel freático.

Tabla 9. Ripabilidad y profundidad del nivel freático.

SECCIÓN	PUNTO KILOMÉTRICO	RIPABILIDAD
1	0+000-1+300	RETROEXCAVADORA
2	1+300-6+940	RETROEXCAVADORA

La estabilidad de las paredes de la zanja se ha analizado utilizando el software SLIDE v6.0, basándose en los parámetros geotécnicos definidos en el Capítulo 3.4. El análisis considera suelos cohesivos en condiciones de corto y largo plazo para profundidades de excavación de hasta 3 metros, con una carga de 20 kN/m² (que representa el peso de la maquinaria de excavación) colocada a 1 metro de la parte superior del talud. El análisis de estabilidad se realiza mediante el método de Bishop.

De conformidad con el Eurocódigo, las sobrecargas en la coronación del talud se incrementan por un coeficiente parcial de 1,30, y los parámetros resistentes del suelo se minoran por 1,25, para tener en cuenta las condiciones transitorias. La tabla siguiente detalla los espesores de las unidades de suelo, la profundidad de las aguas subterráneas y la pendiente de los taludes propuestos para cada sección, manteniendo un factor de seguridad de ≥ 1 . Se ha considerado una pendiente máxima de 5V:1H, incluso cuando los factores de seguridad superan 1.

Aunque la altura de excavación estándar se fija en 3 metros, ambas secciones superan este límite: Sección 1 (3,50 m) y Sección 2 (3,50 m). Estos tramos se analizan a sus respectivas alturas máximas.

Los resultados gráficos del programa SLIDE v6.0 se incluyen en el Apéndice A.

Tabla 10. Litología y talud recomendado para un factor de seguridad ≥ 1 .

SECCIÓN	PUNTO KILOMÉTRICO	PERFIL TÍPICO			TALUD
		UG-0	UG-I	UG-II	
		PROFUNDIDAD (m)	PROFUNDIDAD (m)	PROFUNDIDAD (m)	
1	0+000-1+300	1,00		>3	1V:1H; 0 a 1 m 2V:1H; > 1 m
2	1+300-6+940		1,50	>2	3V:1H

Será necesario un plan de control durante la construcción de los materiales excavados para verificar estas suposiciones hechas en la etapa de diseño.

APÉNDICE A. Estudio Geotécnico

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. nº 2024/04315. Fecha Visado: 29/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/verificacion>. Cod.Ver.: 57870340.

IGEOSUMA, S.L.

***ESTUDIO GEOTÉCNICO DE LA LÍNEA
ELÉCTRICA ZAZ080.
VILLANUEVA DE GÁLLEGO (ZARAGOZA)***



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 2024/04315. Fecha Visado: 29/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/verificacion>. Cod.Ver: 97870340.

PETICIONARIO: AECOM

INFORME: 0976

FECHA: DICIEMBRE 2024

IGEOSUMA, S.L.

Elaborado por:

IGEOSUMA, S.L.

Revisado por:

José Manuel Bescós Roy

Verificado por:

José Antonio Sánchez
(Geotechnical Lead)

INDICE

1. INTRODUCCIÓN..... 5

2. INFORME DE INVESTIGACIONES DEL TERRENO 6

 2.2. MARCO GEOLÓGICO..... 6

 2.2.1. CONTEXTO GEOLOGICO GENERAL 6

 2.2.2. ESTRATIGRAFÍA..... 8

 2.2.3. HIDROGEOLOGÍA..... 11

 2.3. RIESGOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS 14

 2.3.1. RIESGO POR SUBSIDENCIA KÁRSTICA 14

 2.3.2. EXPANSIVIDAD DE ARCILLAS 14

 2.3.3. MOVIMIENTOS DE TIERRA. EXCAVACIONES Y RELLENOS ANTRÓPICOS 15

 2.3.4. SISMICIDAD 16

 2.3.5. RESUMEN DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS 17

 2.4. TRABAJOS REALIZADOS..... 18

 2.4.1. TRABAJO DE CAMPO 18

 2.4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO..... 23

 2.5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 26

 2.5.1. UNIDAD GEOTÉCNICA 0. SUELO VEGETAL Y RELLENOS 26

 2.5.2. UNIDAD GEOTÉCNICA I: SUELOS FINOS 27

 2.5.2.1. *Caracterización de la resistencia mediante ensayos de campo* 28

 2.5.3. UNIDAD GEOTÉCNICA II. SUELOS GRANULARES GRUESOS 33

 2.6. CONDUCTIVIDAD Y RESISTIVIDAD TÉRMICA 38

3. INFORME DE DISEÑO GEOTÉCNICO..... 39

 3.1. ZONIFICACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA..... 39

 3.2. EXCAVACIONES 40

 3.3. ESTABILIDAD DE TALUDES..... 41

 3.4. UTILIZACIÓN DE MATERIALES Y AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN 42

ANEJOS

ANEJO I.- PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE ENSAYOS

ANEJO II.- REGISTROS DE CALICATAS Y FOTOGRAFIAS

ANEJO III.- REGISTROS ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA

ANEJO IV.- ACTAS DE LABORATORIO

ANEJO V.- SALIDAS GRAFICAS DEL PROGRAMA SLIDE V6.0

ANEJO VI.- REFERENCIAS

1. INTRODUCCIÓN

AECOM encarga a IGEOSUMA S.L. la realización del estudio geotécnico de la línea eléctrica ZAZ080, que discurre al oeste de la localidad de Villanueva de Gállego, en la provincia de Zaragoza. La línea se desarrolla con dirección aproximada norte-sur. La ubicación del trazado de la línea se refleja en la figura 1.1.



Figura 1.1.- Situación general de la zona de estudio.

La línea eléctrica se proyecta enterrada en una zanja, con una longitud total de 6,940 metros. Su recorrido discurre por una zona industrial al principio para posteriormente salir a caminos agrícolas y campos de secano, sin cruzar ninguna infraestructura existente (carreteras, etc.) o

cursos de agua.

El estudio geotécnico ha consistido en una caracterización geológica y geotécnica del área de estudio, basada tanto en observaciones directas como en los trabajos de campo.

Todas las fuentes bibliográficas consultadas se relacionan en el Anexo VI, incluido al final del informe.

Las ubicaciones de los trabajos de campo fueron definidas por AECOM, y verificadas in situ mediante técnicas geofísicas (GPR), para evitar afecciones a otros servicios enterrados, antes del inicio de los trabajos de campo.

Los trabajos de campo incluyen la apertura de 8 calicatas con mediciones in situ de resistividad térmica en cada una de ellas, y la ejecución de 4 ensayos de penetración dinámica DPSH.

La información geotécnica y geológica obtenida durante los trabajos de campo y las pruebas de laboratorio fue utilizada para la elaboración del presente informe. Su principal objetivo es caracterizar los diferentes tipos de terreno a lo largo del trazado de la línea eléctrica para determinar su excavabilidad, estabilidad de taludes, la presencia o ausencia de nivel freático, la resistividad térmica del suelo, y cualquier problema geotécnico que pudiera afectar a la excavación y posterior uso de los materiales.

2. INFORME DE INVESTIGACIONES DEL TERRENO

2.2. MARCO GEOLÓGICO

2.2.1. CONTEXTO GEOLOGICO GENERAL

Desde el punto de vista geológico, el área de estudio se localiza en el sector central de la Cuenca del Ebro, formada por los aportes sedimentarios procedentes de las tres cordilleras que la enmarcan (Pirineo, Cordillera Ibérica y Cadenas Costero-Catalanas).

Esta cuenca se encuentra rellena por una serie de materiales de edad terciaria, sedimentados en ambientes marinos al comienzo del Terciario, y continentales a partir de finales del Eoceno. Estos últimos, abarcan desde facies de abanicos aluviales en los márgenes de la cuenca (sedimentos detríticos gruesos) hasta facies de playa-lake en el centro de la misma (con depósitos carbonatados, yesíferos y halíticos). En el sector central el relleno sedimentario

Terciario es muy potente y llega a alcanzar varios miles de metros de espesor.

La ubicación de la zona de estudio en el mapa geológico regional (E. 1:1000000) editado por el IGME se muestra en la figura 2.1 a continuación.

En el entorno de Zaragoza la parte más superficial de este relleno sedimentario Terciario tiene una edad Mioceno y está constituido por la denominada Formación Zaragoza, la formación yesífera más importante de todo este sector de la Depresión. Fue definida por QUIRANTES (1978), quien diferencia varios grupos según la zona considerada. En el sector de Zaragoza nos encontramos con yesos masivos, concrecionales y nodulosos, de tonos blanquecinos y blanco-grisáceos, con pequeñas intercalaciones de lutitas, margas y calizas margosas blancas (MANDADO, 1987). Es frecuente también encontrar en ellos pequeños niveles de anhidrita, glauberita y halita.

La disposición estructural en el entorno de la zona de estudio es de gran sencillez, con los materiales Terciarios sensiblemente horizontales en todo el ámbito. Las estructuras de plegamiento existentes sobre este sustrato terciario corresponden con deformaciones de gran radio que condicionan la existencia de buzamientos de muy pocos grados. En concreto en el entorno se determina un leve basculamiento de 3° a 5° hacia el N-NE que se alinea en una dirección aproximada E-O y que corresponden al flanco meridional de una estructura sinclinal muy laxa, el sinclinal Logroño-Sástago.

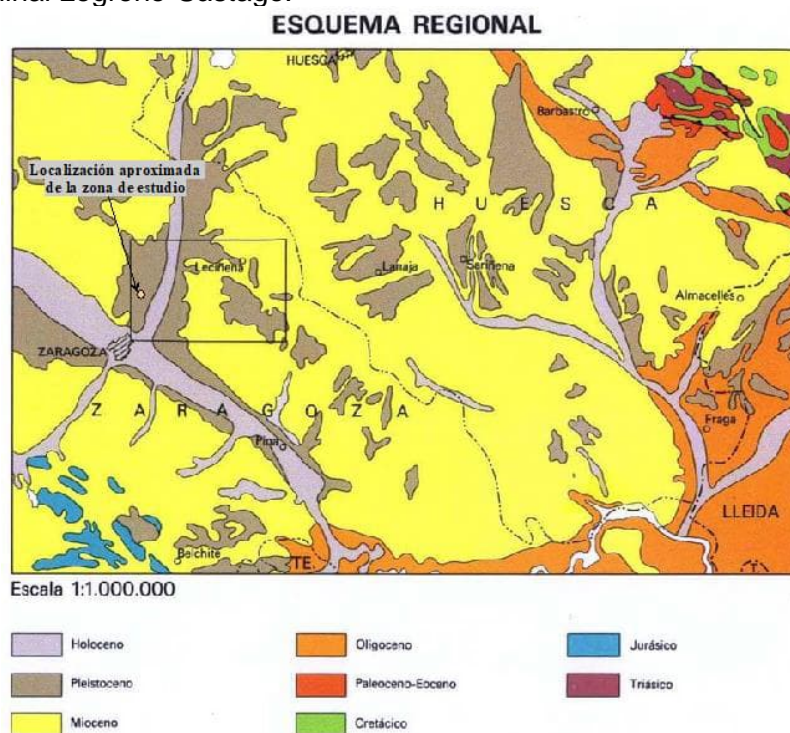


Figura 2.1.- Situación geológica general. Fuente IGME

Por procesos halocinéticos existen deformaciones y distorsiones locales en los yesos.

Las estructuras de deformación frágil están presentes en todo este sector de la Cuenca del Ebro y han sido estudiadas recientemente por Arlegui y Simón (1993) y Arlegui et al. (1994), quienes a partir de datos de campo, fotografía aérea e imágenes de satélite han realizado una cartografía de los lineamientos existentes. Además de estas estructuras existe una densa red de diaclasas que ha sido igualmente constatada y estudiada por los autores citados y que Quirantes ya analizó en 1969.

Al comienzo del Cuaternario se produjo la instalación de la red fluvial, que produjo la erosión de los materiales terciarios y una sedimentación muy importante asociada al río Ebro y sus afluentes (Gállego y Huerva) conformando depósitos aluviales (terrazas fluviales), pero también controlada por los relieves terciarios circundantes que enlazaban con los cursos fluviales, conformando depósitos mixtos coluviales-aluviales (Glacis).

Como consecuencia de la alternancia de etapas de erosión y sedimentación, se desarrollan varios niveles escalonados de terrazas y de glacis. A la altura de Zaragoza se diferencian hasta ocho niveles de terraza, perfectamente desarrollados en la margen derecha del río Ebro.

2.2.2. ESTRATIGRAFÍA

La zona de estudio se incluye en el límite oeste de la Hoja nº 355-Leciñena, muy cercana a la hoja nº354-Alagón del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, ambas editadas por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). En la figura 2.2, se muestra la zona de actuación del presente informe sobre esta cartografía.

La implantación durante el Cuaternario de la red fluvial actual da lugar a los depósitos aluviales y coluviales compuestos fundamentalmente por material granular, estando bien representadas las terrazas aluviales del río Gállego, afluente de procedencia pirenaica.

El trazado longitudinal de la línea eléctrica hace que se atraviesen 3 unidades cuaternarias de diverso origen que recubren el sustrato Terciario, ya que según el mapa geológico, el sustrato no aflora en el entorno de la zona de estudio.

Teniendo presente las subdivisiones en unidades cartográficas de las hojas geológicas, así como el origen y edad de las mismas, se diferencian los siguientes tipos de materiales:

A.- CUATERNARIO

A.1.- Depósitos de Terraza

Incluye la unidad cartográfica 18 (hoja 355).

Se trata de materiales aportados por el curso fluvial del río Gállego que se disponen en niveles escalonados a diferentes alturas sobre la cota del cauce actual. Su edad es Pleistoceno superior, y se encuentra aproximadamente unos 20 m por encima del cauce del Gállego.

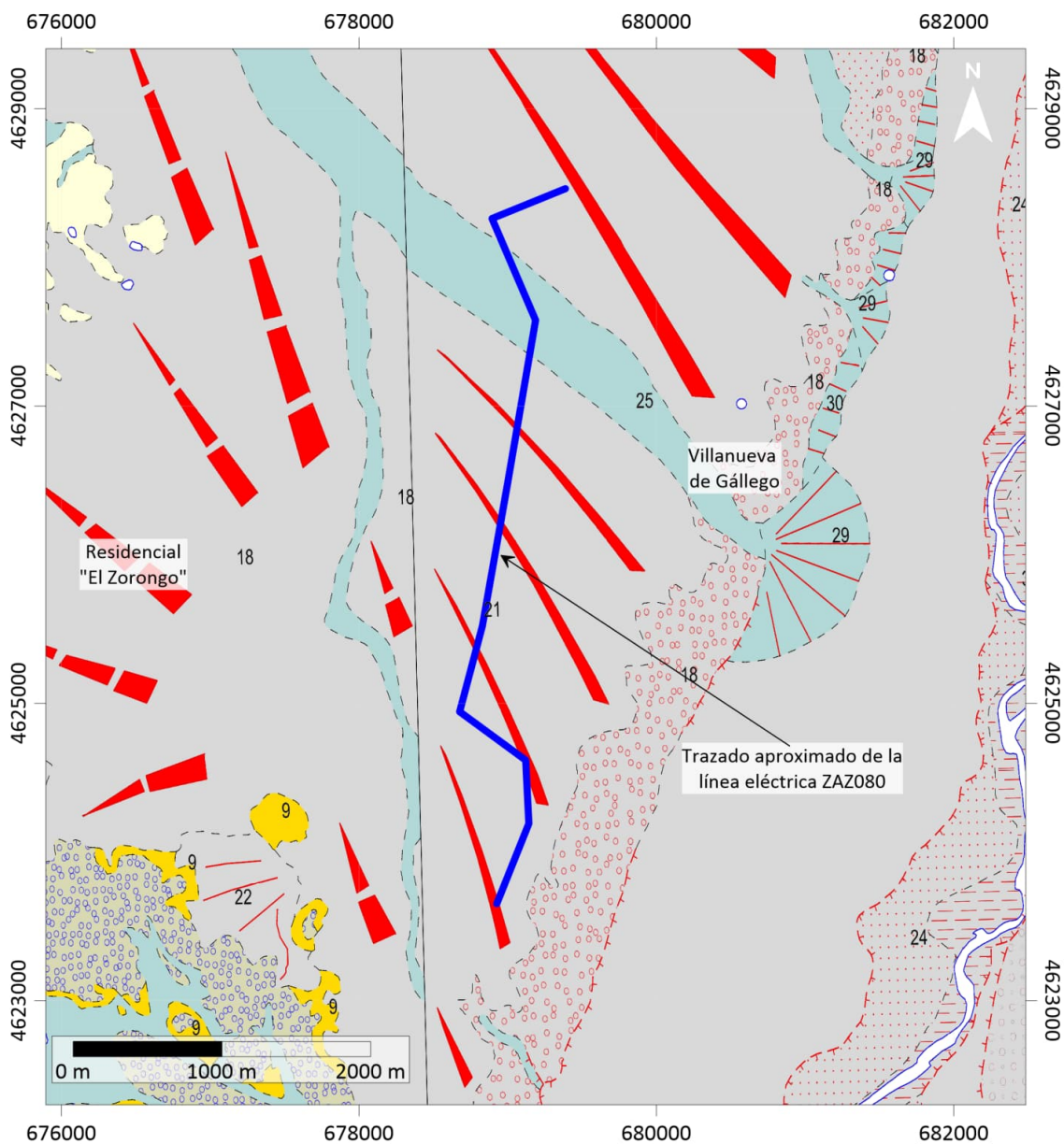


Figura 2.2.- Situación geológica. Sobre mapas geológicos E:1/50000 Hojas 354 y 355 del IGME.

Como rasgos litológicos comunes, las terrazas presentan gravas de cantos poligénicos (cuarcitas, areniscas, calizas, rocas metamórficas, etc) siendo el rasgo más singular la presencia de cantos bastante alterados de granito. Los cantos son redondeados a subredondeados, con matriz arenosa y limosa. El tamaño máximo de los clastos es de 30-40 cm (habitualmente del orden de 20 cm) y su distribución presenta un carácter bimodal entre 1 y 5 cm y entre 7 y 12 cm.

El contenido en matriz arenosa oscila entre el 15 y el 25%. Dentro de las gravas pueden aparecer lentejones intercalados de arenas a arenas limosas con gravas dispersas. Estos lentejones son de extensión lateral variable (en general reducida) y espesores de 0,5 a 2,0 m.

La cementación suele restringirse a las terrazas medias y altas, es de naturaleza carbonatada, y tiene carácter errático, aunque en ocasiones llega a constituir un verdadero conglomerado, denominado localmente “mallacán”.

En el caso de las terrazas medias y bajas, sobre las gravas (culminación de la terraza), aparece un nivel de 1 a 2 m de espesor, formado por suelos limosos a limo-arcillosos que corresponden con un depósito de llanura de inundación.

La potencia de las terrazas medias oscila entre 15 y 25 m, aunque como se verá en el siguiente capítulo, en la zona de estudio las terrazas pueden alcanzar espesores de hasta 40 m.

A.2.- Depósitos de Glacis

Incluye las unidades cartográficas: 18 (hoja 354) y 21 (hoja 355).

Estas formaciones superficiales se presentan en forma de extensas superficies con depósitos detríticos procedentes de los Montes de Castejón. Litológicamente, está formado por gravas de cantos calizos y en menor proporción de areniscas, trabados por una matriz limosa a arenosa de color ocre-amarillento. También pueden aparecer cantos de yesos.

Los glacis más antiguos, pueden presentar encostramientos calcáreos variables, más frecuentes a techo.

Su espesor es variable, citándose potencias de 10 a 15 m en el caso de los glacis antiguos, más reducidas para los glacis holocenos, de 2 a 3 metros.

A.3.- Depósitos de valles de fondo plano

Incluye la unidad cartográfica 25 (Hoja 355).

Se trata de sedimentos de origen aluvial-coluvial que se disponen en los fondos de los valles (vales) de morfología plana. El espesor de los mismos es variable y se citan espesores máximos de algo más de 6 metros.

Están formados por limos, generalmente yesíferos, que contienen, en proporción variable, cantos de caliza, arenisca y yeso. Los primeros suelen ser subangulosos, mientras que los cantos de yeso aparecen más redondeados.

2.2.3. HIDROGEOLOGÍA

El principal cauce permanente de agua en el entorno de la zona de estudio es el río Gállego, que discurre aproximadamente paralelo al trazado de la línea eléctrica ZAZ080, a unos 3 km al este.

Las aguas del Gállego son empleadas para regadío y algunos abastecimientos. Los materiales más importantes en lo referente a las características hidrogeológicas son los aluviales y terrazas del río Gállego, de gran extensión superficial.

En la catalogación hidrogeológica llevada a cabo por el Instituto Tecnológico Geominero de España y el Servicio Geológico de Obras Públicas (MOPU-MINER, 1988), modificada posteriormente en el Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro (MIMAM, 1999), la zona de estudio se incluye dentro del Dominio de la Depresión del Ebro (figura 2.3).

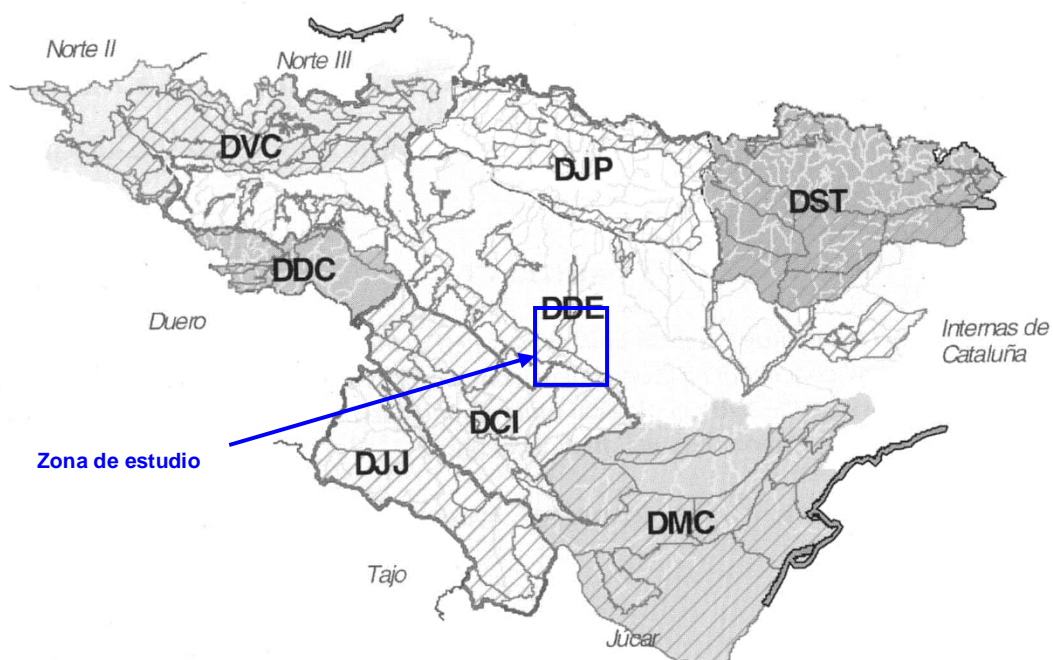


Figura 2.3.- Situación de la zona de estudio dentro del mapa con los dominios y las unidades hidrogeológicas de la cuenca del Ebro. DVC: Dominio Pirenaico Vasco-Cantábrico; DJP: Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca - Pamplona; DST: Dominio Pirenaico del Sinclinal de Tremp; DDE: Dominio de la Depresión del Ebro; DDC: Dominio Ibérico de Demanda – Cameros; DCI: Dominio Ibérico Central; DJJ: Dominio Ibérico del Alto Jalón – Alto Jiloca, y DMC: Dominio Ibérico Maestrazgo – Catalánides. Fuente: Sacado y modificado de Arqued et al. (2.000).

Dentro de este dominio, MIMAM (1999) limitó las unidades hidrogeológicas por cuestiones de gestión. La zona de estudio se dispone sobre la unidad hidrogeológica regional UH nº 4.10 “Aluvial del Gállego”.

Esta unidad incluye el aluvial del Gállego en su tramo medio y bajo, desde el embalse de Ardisa hasta la desembocadura en el Ebro. Se trata de un acuífero formado por la llanura aluvial actual y las tres terrazas más recientes, constituidos por gravas, arenas gruesas, limos y arcillas, todo ello de espesor variable en función del tramo del río, alcanzándose aproximadamente 80 metros en Montañana.

La recarga se debe principalmente a la infiltración de la escorrentía superficial de los barrancos laterales y a los retornos de regadío, así como al agua procedente de precipitaciones. La zona de recarga supone toda la extensión del aluvial, mientras que la zona de descarga es hacia el río Ebro tanto en su confluencia como mediante agua subterránea.

En la zona concreta de estudio, en base al plano de isoespesores de estos acuíferos (fuente CHE) que se recoge en la figura 2.4, puede decirse que, al quedar en el borde del surco, los espesores de suelos aluviales del acuífero, serían del orden de 10 metros, presentando una rápida profundización hacia el este, aumentando considerablemente su espesor.

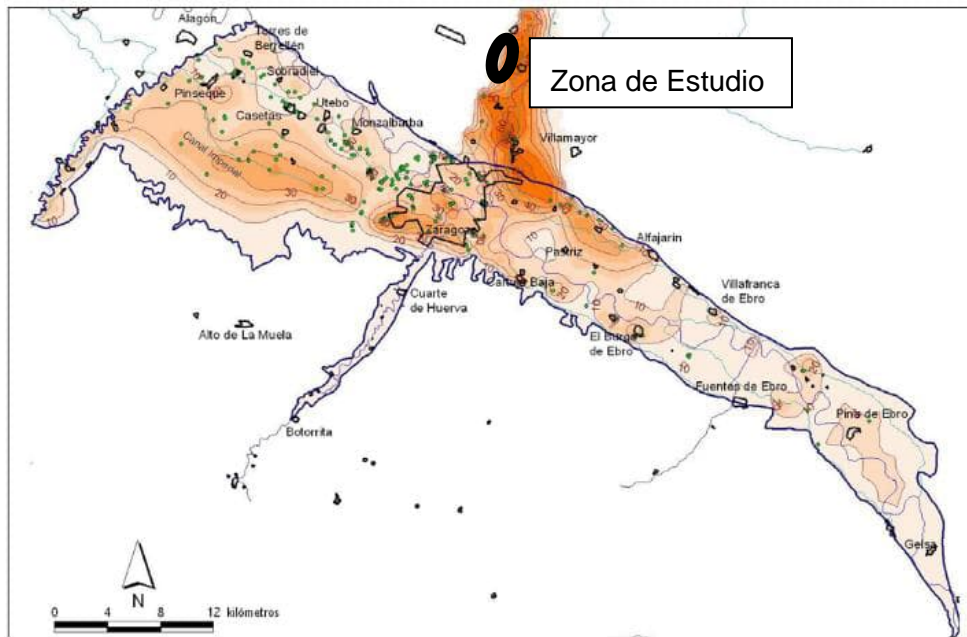


Figura 2.4.-Isoespesores en metros del acuífero aluvial del Ebro. Fuente: CHE

La transmisividad de estos acuíferos es alta por lo que existen un elevado número de captaciones de agua para aprovechamiento agrícola e industrial, como se observa en el inventario de puntos de agua de la web de la CHE adjunto a continuación en la figura 2.5.



Figura 2.5.-Inventario de puntos de agua en el entorno de la actuación. Fuente CHE

De la información recogida en los puntos de agua más próximos a la zona de estudio se determina que el nivel freático se situaría sobre la cota 230 m.s.n.m. en su mitad norte, siendo menor hacia el sur. Por lo tanto, se situaría a una profundidad superior a 25 metros.

2.3. RIESGOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS

2.3.1. RIESGO POR SUBSIDENCIA KÁRSTICA

Según el Mapa del Karst en España (escala 1:1.000.000) desarrollado y publicado por el IGME, el trazado de la línea eléctrica (representado en rojo) se sitúa lejos de las áreas de riesgo kárstico, como puede verse en la figura 3.1.



Figura 3.1.- Mapa del karst de España 1:1.000.000. Fuente: IGME

2.3.2. EXPANSIVIDAD DE ARCILLAS

Según la información incluida en la página web del IGME (figura 3.2), la línea eléctrica proyectada, cuyo trazado se resalta con una línea roja, se ubica en áreas clasificadas con riesgo bajo a nulo por expansividad. Este hecho es lógico puesto que la traza discurre fundamentalmente por terrenos granulares gruesos de las terrazas del Gállego y glaciares asociados.

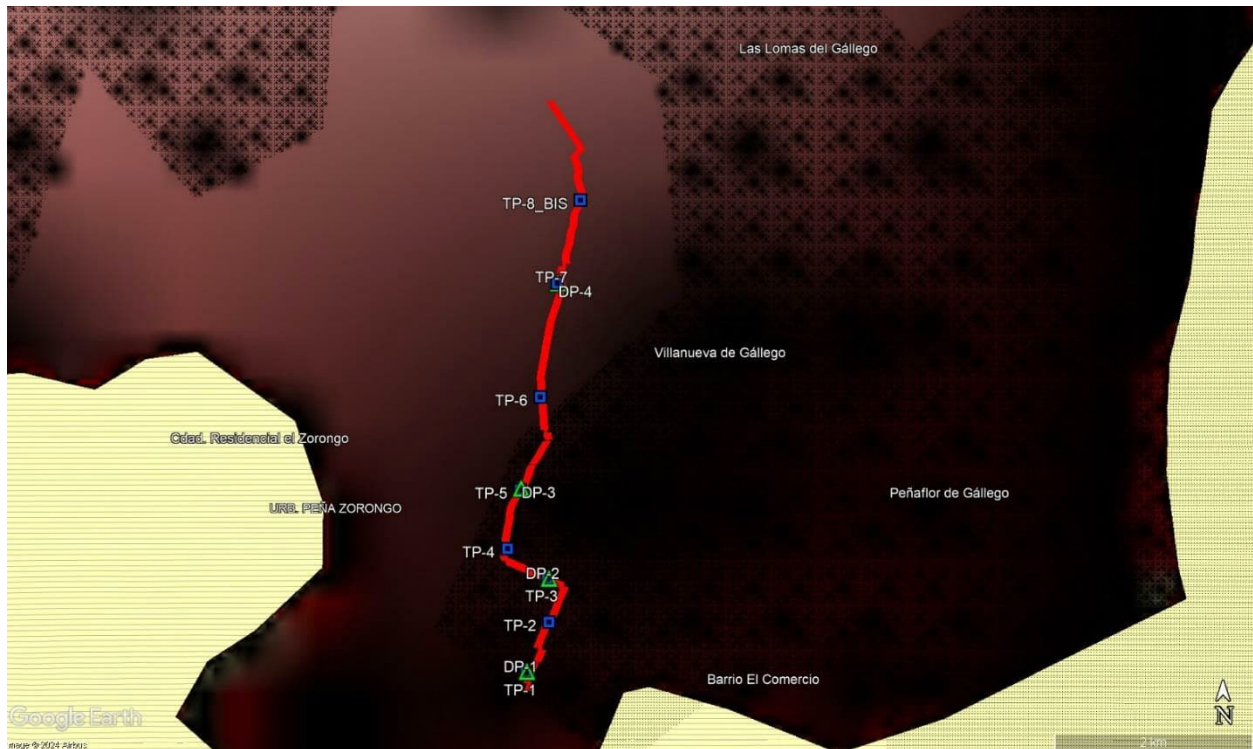


Figura 3.2.- Mapa predictor de riesgo potencial por arcillas expansivas. Fuente: IGME.

2.3.3. MOVIMIENTOS DE TIERRA. EXCAVACIONES Y RELLENOS ANTRÓPICOS

Según las ortofotos históricas consultadas (visor cartográfico del ICE Aragón y Google Earth), en el año 2001 la zona sur del trazado (hasta el p.k. 1+200) todavía no había sido urbanizada para los polígonos industriales, habiendo correspondido los terrenos a zonas de actividad agrícola en secano. En el año 2004 ya se urbaniza el sector comprendido entre la línea eléctrica y la autovía A-23, y entre ese año y el 2011 se urbaniza el entorno oeste de la línea eléctrica.

Aunque no se observan grandes huecos de extracción de áridos o zonas de vertedero, de forma puntual aparecen acopios de tierras (Figura 3.3) que pueden alcanzar alturas de 1,0-1,5 metros. La fotografía corresponde a la zona del p.k. 0+460 aproximadamente



Figura 3.3.- Rellenos de tierras en parcela situada a la altura del p.k. 0+460

2.3.4. SISMICIDAD

Durante los últimos años y a partir de nuevos datos e investigaciones, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) elaboró en 2012 nuevos mapas de peligrosidad sísmica para España, los cuales aún no han sido incluidos en las normas de construcción sismorresistente. Actualmente, la norma NCS-2002 debe ser utilizada legalmente, basada en los mapas de peligrosidad sísmica elaborados por el IGN en 1991.

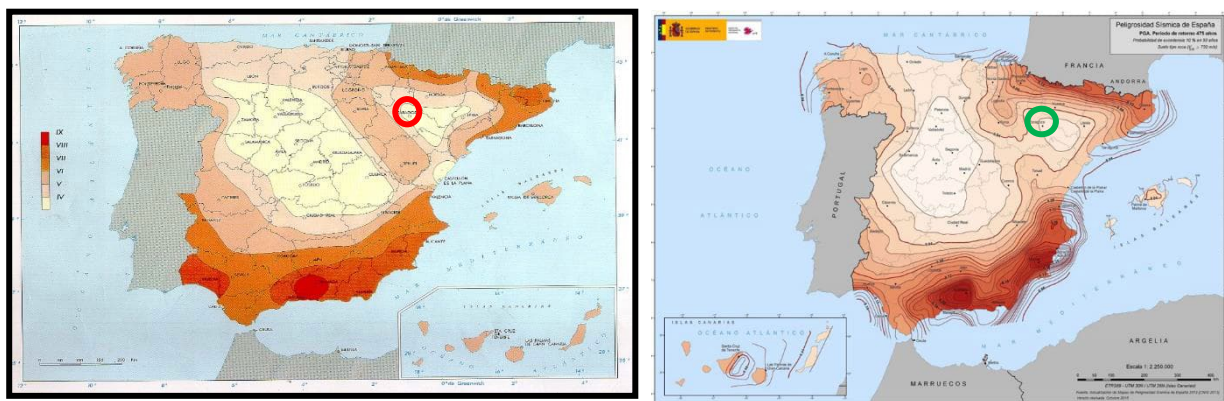


Figura 3.4.- a) Mapa de intensidad de movimientos sísmicos para un periodo de retorno de 500 años. b) Riesgo sísmico para España 2012 (valores de aceleración) para un periodo de retorno de 475 años. Fuente: IGN website

Teniendo en cuenta la sismicidad histórica y los mapas de peligrosidad sísmica (recurrencia e intensidad sísmica esperable) que ha ido publicando el IGN desde 1991, se puede afirmar que en el área de estudio el riesgo sísmico es bajo, propio de una zona tectónicamente bastante estable, para la que las intensidades esperables son inferiores a grado VI (escala MKS).

Acerca de la sismicidad para edificaciones y de acuerdo a la actual Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, para las localidades de Zaragoza y Villanueva de Gállego, la aceleración básica es menor a 0,04g (g = aceleración de la gravedad).

El artículo 1.2.3 de la NCSE-02 indica que la aplicación de la Norma es obligatoria para zonas con aceleraciones mayores de 0,04g, excepto en edificaciones de especial importancia que se proyecten en zonas donde la aceleración sísmica es menor de 0,04g.

2.3.5. RESUMEN DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS

En conclusión, la evaluación de los riesgos geológico-geotécnicos del área de estudio es la siguiente:

- El riesgo potencial de subsidencia por hundimiento debido a la karstificación de rocas solubles (caliza, yeso) es muy bajo.
- El riesgo de expansividad asociado a las arcillas de los recubrimientos cuaternarios, el riesgo potencial es inexistente.
- No se espera detectar rellenos antrópicos ni vertederos de tierras sobrantes de grandes dimensiones, aunque sí a escala local fruto de la conversión a suelo industrial entre los años 2000 y 2010 del tramo comprendido entre el inicio y el p.k. 1+200.
- El riesgo sísmico es bajo, ya que las intensidades previstas, para períodos de retorno de 500 años, son de grado IV-V. Por otro lado, la aceleración sísmica básica asignada a toda la zona es inferior a 0.04g.

2.4. TRABAJOS REALIZADOS

2.4.1. TRABAJO DE CAMPO

En base a los objetivos previstos, los trabajos de campo incluyen la apertura de 8 calicatas mecánicas con medidas in situ de resistividad térmica en cada una, y la realización de 4 ensayos de penetración dinámica tipo DPSH.

2.4.1.1. Calicatas

El objetivo de las calicatas es definir adecuadamente el perfil del terreno en su parte más superficial, determinar la posible presencia de rellenos, la presencia o ausencia del nivel freático, la estabilidad de las excavaciones, su excavabilidad, así como tomar muestras representativas de los diferentes niveles para su análisis en el laboratorio. El número y las coordenadas de las calicatas realizadas se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1.- Calicatas realizadas.

ENSAYO	REFERENCIA	COORDENADAS UTM 30T (ETRS89)		COTA (m)
		X	Y	
CALICATAS	TP-1	678923	4623674	244,8
	TP-2	679143	4624195	248,4
	TP-3	679116	4624628	251,1
	TP-4	678706	4624925	254,7
	TP-5	678819	4625522	258,8
	TP-6	679000	4626463	266,8
	TP-7	679143	4627613	270,8
	TP-8 bis	679357	4628452	282,2

Los perfiles litológicos obtenidos durante la excavación de las calicatas permiten definir un modelo del terreno en el que se reconocen 3 unidades geotécnicas:

- Suelo vegetal y rellenos de tierras. (UG-0)

Esta unidad aparece en todas las calicatas desde la superficie, alcanzando un espesor de 0,1 a 0,5 metros (media de 0,35 metros). Está constituida por la capa de suelo vegetal superficial.

Cabe destacar que en la calicata TP-2 se detecta un relleno de tierra con algunos escombros de construcción, que alcanza un espesor de 1,0 metros.

- Suelos finos (UG-I)

Esta unidad aparece en las catas TP-1 ,3 y 7 por debajo de la unidad UG-0 (TP-1 y 7) o intercalado entre las gravas de la UG-II (TP-3). Está compuesta por arcillas arenosas y limosas, y por arenas limosas de color marrón a grisáceo, con contenido variable en gravas. Su espesor varía de 0,20 a 0,80 m

- Suelo granular grueso (UG-II)

Aparece en todas las calicatas por debajo de las unidades UG-0 o UG-I. Consiste en gravas redondeadas medias a gruesas, en matriz arenosa y arcillosa, con un espesor variable desde 0,40 m hasta más de 3,0 metros.

Otros aspectos de interés a tener en cuenta y que se han observado durante la excavación de las calicatas son:

- Todos los materiales identificados fueron excavados con retroexcavadora. La unidad II fue la que mayor resistencia a la excavación presentó por la variable cementación por carbonatos, pero pudiendo llegar en todos los casos a 3,0-3,3 metros de profundidad.
- La estabilidad de las paredes verticales resultado de la excavación fue buena en todas las calicatas, con la excepción de TP-2 en la que los rellenos se mostraban bastante inestables.
- En ninguna de las calicatas abiertas se ha detectado presencia de agua o de humedades significativas.

Como se ha comentado anteriormente, durante la apertura de las calicatas se tomaron medidas de resistividad térmica in situ.

La conductividad térmica del suelo es la capacidad de conducir o disipar calor desde la fuente, y está condicionada por su composición, su humedad, su densidad, la temperatura y su grado de compactación. Durante la prueba se registra la temperatura del sensor a lo largo de un periodo de tiempo. Esto se realiza midiendo los datos de calentamiento y enfriamiento. Al finalizar la prueba, se obtienen los valores de conductividad térmica y resistividad. El equipo utilizado para las mediciones es un registrador de datos con sonda RK-3.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.2, donde se incluye la litología sobre las que se llevaron a cabo.

Tabla 4.2: Ensayos in situ de conductividad/resistividad térmica

CALICATA	Ensayos in situ de conductividad térmica/resistividad									
	Prof (m)	Litología	Medidas						Promedio	
			Medida 1.- Horizontal		Medida 2.- Vertical		Medida 3.- Oblicuo		K (W / (m*K))	R ((°C*m) / W)
			K (W / (m*K))	R ((°C*m) / W)	K (W / (m*K))	R ((°C*m) / W)	K (W / (m*K))	R ((°C*m) / W)		
TP-1	1.00	UG-II. Gravas			0.6755	1.48			0.68	1.48
TP-2		UG-0. Gravas	0.6475	1.54			0.2947	3.39	0.47	2.47
TP-3	1.30	UG-I. Arenas arcillosas	0.8196	1.22	0.4214	2.37	0.8625	1.16	0.70	1.58
TP-4	1.15	UG-II. Gravas			0.137	7.3			0.14	7.30
TP-5	1.15	UG-II. Gravas	0.6953	1.44	0.2998	3.34	0.6706	1.49	0.56	2.09
TP-6	1.15	UG-II. Gravas	1.129	0.886	0.4384	2.28	0.6566	1.52	0.74	1.56
TP-7	0.90	UG-II. Gravas	0.8899	1.12	0.2882	3.47	0.2902	3.45	0.49	2.68
TP-8 bis		UG-II. Gravas	0.284	3.52	0.4286	2.32	0.2553	3.92	0.32	3.25

Por otro lado, en la tabla 4.3 de la siguiente página, se incluye un resumen de las unidades diferenciadas basadas en la información extraída de la excavación de las calicatas.

CALICATA	UG-0: Suelo vegetal		UG-I: Suelos finos			UG-II: Suelos granulares gruesos		
	Espesor (m)	Litología	Profundidad de aparición (m)	Espesor (m)	Litología	Profundidad de aparición (m)	Espesor (m)	Litología
TP-1	0.1	Suelo vegetal	0.1	0.2	Arcillas arenosas	0.3	2.8	Gravas arenosas
TP-2	1.0	Relleno tierras				1.0	2.15	Gravas areno limosas
TP-3	0.3	Suelo vegetal	1.15	0.65	Arenas arcillosas	0.3	0.85	Gravas areno arcillosas
			2.1	0.8	Limos arenosos	2.9	0.4	Gravas areno arcillosas
TP-4	0.3	Suelo vegetal				0.3	3.0	Gravas areno arcillosas
TP-5	0.5	Suelo vegetal				0.5	2.65	Gravas areno limosas
TP-6	0.5	Suelo vegetal				0.5	2.6	Gravas areno limosas
TP-7	0.4	Suelo vegetal	0.4	0.2	Arcillas limosas	0.6	2.75	Gravas areno limosas
TP-8 bis	0.35	Suelo vegetal				0.35	2.85	Gravas areno limosas
MIN	0.10		0.10	0.20		0.30	0.40	
MAX	1.00		2.10	0.80		2.90	3.00	
MEDIA	0.43		0.94	0.46		0.80	2.15	

Tabla 4.3.- Unidades geotécnicas.

2.4.1.3. DPSH

El día 25 de septiembre de 2024 se llevaron a cabo 5 ensayos de penetración tipo DPSH utilizando un equipo montado sobre orugas y de acuerdo a la norma UNE 103802:1998. La localización de cada uno de los ensayos se muestra en el Anejo I, mientras que los perfiles de penetración y sus fotografías se recogen en el Anejo III. En la tabla 4.4 se incluyen las coordenadas de cada ensayo.

Tabla 4.4.- Coordenadas de los ensayos DPSH.

ENSAYO	REFERENCIA	COORDENADAS UTM 30T (ETRS89)		COTA (m)
		X	Y	
DPSH	DP-1	678926	4623680	244,8
	DP-2	679127	4624627	251,2
	DP-3	678823	4625529	258,8
	DP-4	679144	4627606	270,8

Para el cálculo de los resultados, los valores obtenidos en los primeros 30-50 cm no se deben incluir, debido a que corresponden a la fase de conducción del varillaje y a la sección del terreno con bajo confinamiento por lo que los golpes pueden presentar anomalías. Teniendo en cuenta los resultados de la prueba de penetración dinámica DPSH, se puede estimar la resistencia dinámica del suelo según la siguiente expresión:

$$Q_d = \frac{P_m^2 x H}{(P_m + P_p) A \frac{20}{n20}}$$

donde:

Q_d = Resistencia dinámica por punta en kg/cm².

P_m = Peso de la maza (63.5 kg).

H = Altura de caída (75 cm).

P_p = Peso de la punta y cabezal (1.5 kg) + varillas (6.3 kg/m).

A = Sección de la punta (19.5 cm²).

$20/n20$ = Penetración por golpeo (cm).

Como los DPSH se han realizado justo al lado de las calicatas, se puede analizar la secuencia de golpeo con la litología:

- DP-1 vs TP-1

Los primeros 20 cm presentan golpeo de 5 que corresponde a la UG-0 y I. Por debajo se encuentra la UG-II en la que el golpeo sube a 22-38 hasta 1,2 m para luego incrementarse de forma rápida hasta el rechazo a 1,8 metros.

- DP-2 vs TP-3

Los primeros 40 cm presentan golpeo de 4-7 que corresponde a la UG-0. Por debajo se encuentra la UG-II en la que el golpeo sube a más de 21 hasta llegar a 1,8 m, profundidad a la que se produce el rechazo.

- DP-3 vs TP-5

Los primeros 40 cm presentan golpeo de 3-4 que corresponde a la UG-0. Por debajo se encuentra la UG-II en la que el golpeo sube a más de 18 hasta llegar a 1,6 m, profundidad a la que se produce el rechazo.

- DP-4 vs TP-7

Los primeros 40 cm presentan golpeo de 0-8 que corresponde a la UG-0. Por debajo se encuentra la UG-II en la que el golpeo sube a más de 28 hasta llegar a 1,4 m, profundidad a la que se produce el rechazo.

2.4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

2.4.2.1. Ensayos realizados

Las muestras de suelo tomadas durante la perforación de los sondeos y la ejecución de las calicatas fueron examinadas por personal especializado y agrupadas de manera adecuada. Se seleccionaron una serie de muestras representativas de cada tipo de suelo diferenciado para su análisis en laboratorio. Las pruebas fueron realizadas por el laboratorio TERRALABS CONTROL, que cuenta con las acreditaciones pertinentes para este tipo de trabajos. Los tipos de pruebas realizadas y la normativa aplicada, se muestran en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5.- Ensayos de laboratorio realizados y normativa aplicada.

Tipos de ensayo en suelos	Normativa actual	Nº
Granulometría por tamizado	UNE-103101/95	8
Determinación de límites de Atterberg	UNE-103103/94 y UNE-103104/93	8
Ensayo compactación Proctor Modificado	UNE 10350/95	8
Índice CBR	UNE 103502:1995	8
Colapso en edómetro	UNE-103406/2006	1
Hinchamiento libre en edómetro 98%PM	UNE 103601/96	1
Contenido en materia orgánica	UNE 103204/93	8
Contenido de sales solubles	UNE 103205/2019	8
Contenido de yeso	UNE 103206/2019	8
Ensayo de acidez Baumann - Gully	UNE-EN 16502:2015	1

Además de los ensayos recogidos en la tabla, se han llevado a cabo otros para determinar la conductividad térmica sobre muestras remodeladas, de acuerdo a la norma ASTM D5534.

2.4.2.2. Resultados obtenidos

En las tablas 4.6 y 4.7, recogidas en las siguientes páginas, se presenta un resumen de los resultados de laboratorio obtenidos, cuyas actas se adjuntan en el Anejo IV.

Tabla 4.6.- Resultados obtenidos en muestras de suelo.

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación USCS	% Gravas >5mm	% Arenas 5 - 0,08 mm	% Finos <0,08mm	LL %	LP %	IP	Proctor Modificado		Indice CBR		Índice de colapso 98% pm (%)	Hinchamiento libre 98% PM (%)	Materia orgánica (%)	Sales solubles (%)	Contenido en yesos (%)	Acidez Baumann-Gully (ml/kg)	Litología	Unidad geotécnica
										Densidad máxima (g/cm ³)	Humedad óptima (%)	98% PM	Hinchamiento (%)								
TP-1	GRANEL	1,00	GM	71,1	16,8	12,1	NP	NP	NP	2,21	5,43	29	0,04			0,10	<0,1	<0,1		Gravas arenosas	II
TP-2	GRANEL	0,90	SC	39,7	44,3	16,0	33,2	22,4	10,8	2,06	7,88	90	0,1			0,33	0,13	<0,1		Gravas areno arcillosas	II
TP-3	GRANEL	1,30	CL	0,7	10,4	88,9	27,0	13,8	13,2	1,98	10,49	2,6	0,6	0,0	0,7	0,18	0,19	0,14	3	Arenas arcillosas	I
TP-4	GRANEL	1,15	GP-GM	62,5	28,7	8,8	NP	NP	NP	2,02	8,33	23	0,02			0,13	<0,1	<0,1		Gravas areno arcillosas	II
TP-5	GRANEL	1,15	GP-GM	49,2	41,5	9,3	NP	NP	NP	2,08	7,84	78	0,15			0,13	<0,1	<0,1		Gravas arenosas	II
TP-6	GRANEL	1,15	GP-GM	40,7	42,0	8,3	NP	NP	NP	2,14	8,16	67	0,46			0,15	<0,1	<0,1		Gravas areno arcillosas	II
TP-7	GRANEL	1,10	GP-GC	47,3	42,3	10,4	25,8	14,6	11,2	2,07	5,35	34	0,12			<0,1	<0,1	<0,1		Gravas arenosas	II
TP-8 bis	GRANEL	1,10	GP-GM	49,9	38,6	11,5	NP	NP	NP	2,06	6,98	23	0,01			0,18	<0,1	<0,1		Gravas arenosas	II

Tabla 4.7.- Resultados de resistividades térmicas sobre muestras remoldeadas en laboratorio

Ensayos de resistividad térmica en laboratorio							
TP-1 (1,0 m)		TP-3 (1,30 m)		TP-5 (1,15 m)		TP-7 (1,10 m)	
Humedad 5,43%; DMPM 2,21 t/m3		Humedad 10,49%; DMPM 1,98 t/m3		Humedad 7,84%; DMPM 2,08 t/m3		Humedad 5,35%; DMPM 2,07 t/m3	
Humedad %	Resistividad térmica (°C.m/W)	Humedad %	Resistividad térmica (°C.m/W)	Humedad %	Resistividad térmica (°C.m/W)	Humedad %	Resistividad térmica (°C.m/W)
3,40	0,887	6,7	1,390	3,5	1,220	3,4	1,840
5,10	0,492	8,3	1,180	6,3	0,759	4,7	0,729
7,80	0,565	11,2	0,771	8,4	0,840	7,2	0,764
9,30	0,649	13,4	0,847	9,9	0,933	8,6	1,160

2.5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

En base a los ensayos geotécnicos de campo (calicatas y DPSH), los ensayos de laboratorio y el contexto geológico del entorno, se ha establecido un modelo del terreno con 3 unidades geotécnicas bien diferenciadas con características geotécnicas distintas (ver tabla 5.1), que se analizan en este apartado.

Tabla 5.1- Unidades geotécnicas diferenciadas.

Unidad geotécnica	Profundidad de aparición (m)	Espesor (m)	Origen	Litología
0	0,00	0,10-1,00	SUELO VEGETAL y relleno de tierras	LIMOS arenosos marrón claro. Tierras con cascotes
I	0,10-1,15	0,20-0,80	SUELOS FINOS	ARENAS arcillosas y limosas
II	0,3-1,00	0,4->3,0	SUELOS GRUESOS	GRAVAS arenosas y limosas

2.5.1. UNIDAD GEOTÉCNICA 0. SUELO VEGETAL Y RELLENOS

Esta unidad aparece en todas las calicatas desde la superficie, alcanzando un espesor de 0,1 a 0,5 metros (media de 0,35 metros). Está constituida por la capa de suelo vegetal superficial.

Cabe destacar que en la calicata TP-2 se detecta un relleno de tierras con algunos escombros y restos de construcción, que alcanza un espesor de 1,0 metros.

No se dispone de ningún dato de resistencia pero a la vista de la cierta inestabilidad de las paredes de la calicata se pueden adoptar los siguientes parámetros de corte:

Densidad aparente	1,9 t/m ³
Ángulo de rozamiento interno	32°
Cohesión	5 t/m ²

2.5.2. UNIDAD GEOTÉCNICA I: SUELOS FINOS

Esta unidad aparece en las catas TP-1 ,3 y 7 por debajo de la unidad UG-0 (TP-1 y 7) o intercalado entre las gravas de la UG-II (TP-3). Está compuesta por arcillas arenosas y limosas, y por arenas limosas de color marrón a grisáceo, con contenido variable en gravas. Su espesor varía de 0,20 a 0,80 m

En la tabla 5.2 se muestran los resultados de laboratorio obtenidos para esta unidad.

El material de esta unidad se compone de una fracción grava del 1%, una fracción arenosa (tamaño entre 5 y 0,08 mm) que supone el 10%, y una fracción fina (tamaño menor a 0,08 mm) que presenta el 89%. La fracción es de plasticidad media-baja, con un límite líquido del 27% y un índice de plasticidad de 13.

Tabla 5.2.- Resultados de laboratorio para la unidad UG-I.

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación USCS	% Gravas >5mm	% Arenas 5 - 0,08 mm	% Finos <0,08mm	LL %	LP %	IP	Proctor Modificado		Indice CBR		Índice de colapso 98% pm (%)	Hinchamiento libre 98% PM (%)	Materia orgánica (%)	Sales solubles (%)	Contenido en yesos (%)	Acidez Baumann-Gully (ml/kg)
										Densidad máxima (g/cm ³)	Humedad óptima (%)	98% PM	Hinchamiento (%)						
TP-3	GRANEL	1,30	CL	0,7	10,4	88,9	27,0	13,8	13,2	1,98	10,49	2,6	0,6	0,0	0,7	0,18	0,19	0,14	3

Estos materiales se clasifican según SUCS como CL («arcilla de baja plasticidad»). Según las especificaciones del PG-3 en cuanto a granulometría, plasticidad y composición química, se clasificarían como suelos TOLERABLES.

2.5.2.1. Caracterización de la resistencia mediante ensayos de campo

Desde el punto de vista de la resistencia de este nivel, se dispone de los siguientes ensayos in situ:

- Ensayos DPSH

A partir de los ensayos DPSH realizados, y con la dificultad de separar correctamente los suelos de la UG-0 y los de la UG-I, los valores de N_{20} son reducidos, entre 3 y 8 (media de 5).

Aplicando la corrección de Dapena et al (2000) para suelos cohesivos, el valor SPT se puede obtener con la siguiente ecuación.

$$N_{SPT} = 13 \times \log(N_{DPSH}) - 2$$

Para $N_{20} = 5$, $N_{SPT} = 7$.

2.5.2.2. Parámetros geotécnicos

A la vista de los resultados de laboratorio, se caracteriza esta unidad geotécnica con un comportamiento puramente cohesivo, y un valor de N_{SPT} de 7.

Resistencia a la compresión simple (q_u) y resistencia al corte no drenado (c_u)

Utilizando el gráfico de NAVFAC (1971) con la línea de Terzaghi y Peck para arcillas de plasticidad media (Figura 5.1), para un N_{60} de 7 se obtiene un valor de resistencia a compresión simple de $1,0 \text{ kg/cm}^2$.

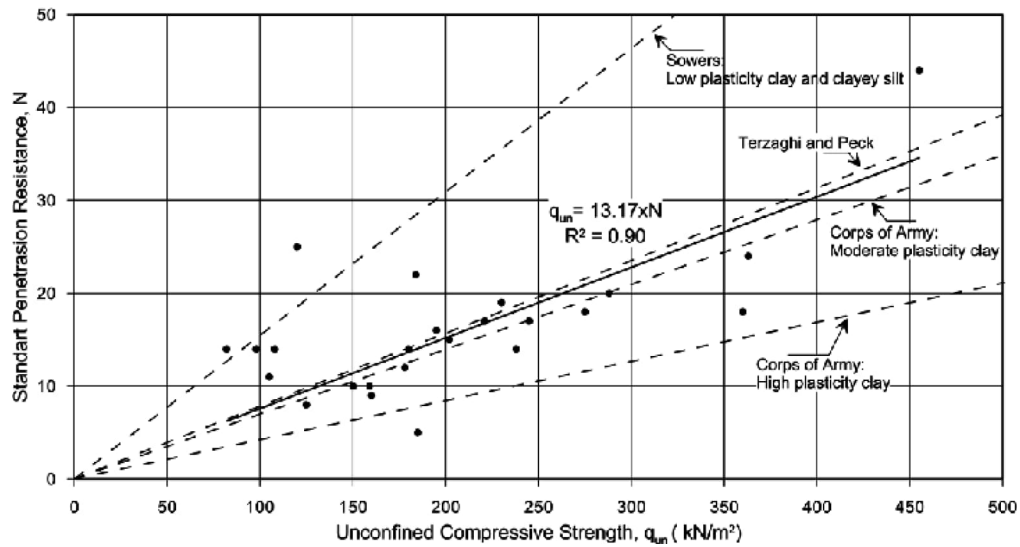


Figura 5.1.- Gráfico de la NAVFAC (1971. Correlación q_u -SPT en arcillas.

Stroud (1974) para arcillas no sensitivas propone la siguiente expresión para el cálculo de la cohesión no drenada (c_u). El valor de K puede variar entre 3,5 y 6,5 kN/m^2 . Para los suelos de plasticidad media, puede adoptarse un valor de 5,5.

$$c_u(\text{KN/m}^2) = K \times NSPT$$

Aplicando esta formulación, se obtiene un valor de cohesión no drenada de 0,39 kg/cm^2 para un N_{SPT} de 7, y valores de resistencia a compresión simple estimados de 0,8 kg/cm^2 .

Según la Tabla 5.6 «Ángulo de fricción interna y cohesión para diferentes suelos» adaptada de Morilla Abad, 2014, el ángulo medio para arcillas de plasticidad media (CL) es de 25° , que es el que se adopta en este caso. Para la cohesión, se adopta un valor de 0,25 kg/cm^2 para $N=7$.

TABLA RESUMEN DE DATOS ESTADÍSTICOS DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE ROZAMIENTO			
TIPO DE TERRENO	ÁNGULO DE ROZAM. MÍN - MED - MAX	COHESIÓN EN MPA MIN - MAX	OBSERVACIONES
GW	35 - 38,5 - 45	-	Los valores indicados son de tipo medio, y suelen corresponder a muestras naturales. Los valores más altos pertenecen a muestras con baja humedad, consolidadas y poco alteradas, mientras que los más bajos corresponden a muestras saturadas, poco consolidadas o sueltas y bastante alteradas
GP	32 - 37 - 43	-	
GM	34 - 38 - 42	0,0 - 0,1	
GC	28 - 33,5 - 38	0,0 - 0,3	
SW	30 - 36 - 41	-	
SP	29 - 35 - 40	-	
SM	27 - 32,5 - 38	0,0 - 0,2	
SM-SC	26 - 31 - 36	0,1 - 0,3	
SC	25 - 29,5 - 34	0,1 - 0,4	
ML	27 - 30 - 33	0,1 - 0,3	
ML-CL	23 - 28 - 31	0,2 - 0,5	
CL	20 - 25 - 29	0,2 - 0,7	
MH	23 - 27 - 30	0,1 - 0,4	
CH	13 - 19 - 25	0,2 - 0,8	

Tabla 5.6.- Ángulo de rozamiento interno y cohesión para diferentes tipos de suelos (Morilla Abad, 2014)

Módulo de deformación

Para suelos cohesivos (arcillas), y con la fórmula propuesta por Henkel y Wroth $E=220 \times c_u$, para $c_u=0,45 \text{ kg/cm}^2$ se obtienen módulos de deformación $E=99 \text{ kg/cm}^2$.

Para suelos cohesivos, aplicando el gráfico de Stroud (1974) (Figura 5.2), para un índice de plasticidad $IP=13$, se obtiene $E/N=1600 \text{ kPa}$. Para $N=7$ los módulos de deformación obtenidos son $E= 112 \text{ kg/cm}^2$.

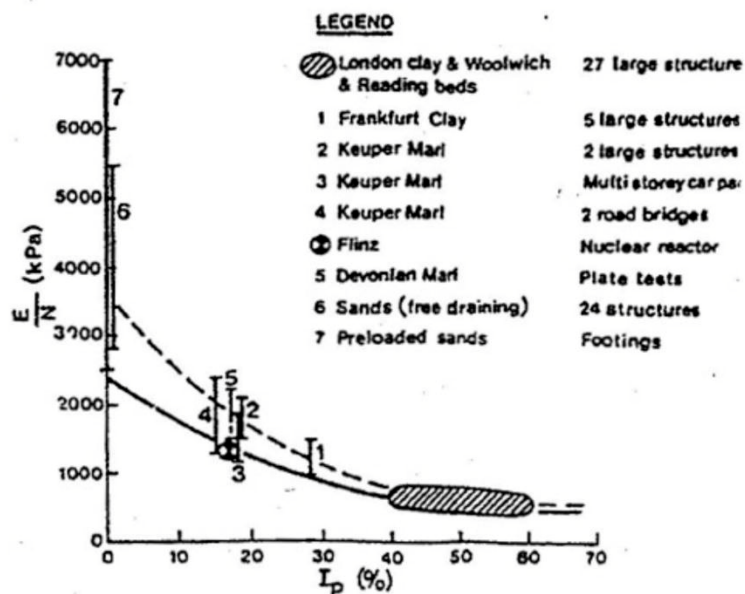


Figura 5.2.- Gráfica de Stroud que relaciona el módulo de deformación con el SPT y el índice de plasticidad.

A la vista de estos resultados para las arcillas de la UG-I se adopta un valor medio de Módulo de Deformación (E) de 100 kg/cm² para N=7.

En resumen, los parámetros geotécnicos adoptados para la UG-I en función de su valor N_{SPT} se muestran en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7.- Parámetros geotécnicos de la UG-I en función de N_{SPT}.

Unidad geotécnica	N _{SPT}	Densidad aparente (g/cm ³)	q _u (kg/cm ²)	c _u (kg/cm ²)	C' (kg/cm ²)	Φ' (°)	Módulo de deformación. (kg/cm ²)
I	7	1,90	0,9	0,45	0,25	25	100

2.5.2.3. Otros aspectos geotécnicos

Colapsabilidad

No existen datos de laboratorio para valorar este aspecto pero en la testificación de campo se trata de materiales de densidad elevada, por lo que de acuerdo con los criterios de colapsabilidad mostrados en la Tabla 5.8 (fuente: González de Vallejo et al. 2002), este nivel se clasificaría como de bajo potencial de colapso.

Tabla 5.8.- Criterio de colapsabilidad en base a la densidad seca (González de Vallejo et al. 2002).

Grado de colapso	Peso específico seco (kN/m ³)	Potencial de colapso (%) (*)
Bajo	> 14,0	< 0,25
Bajo a medio	12,0-14,0	0,25-1,0
Medio a alto	10,0-12,0	1,0-5,0
Alto a muy alto	< 10,0	> 5,0

(*) Asiento inducido por colapso bajo inundación referido a la altura inicial de la muestra.

Expansividad

A la vista de la plasticidad el material se clasifica como de expansividad baja, con valores de presiones de hinchamiento máximas de 20-25 kPa, e hinchamiento libre del material compactado del 0,7%.

Utilización de los materiales

Los materiales de la UG-I se clasifican como suelos TOLERABLES según PG-3.

Se dispone de 1 ensayo de compactación Proctor Modificado, con estos resultados:

- Densidad máxima 1,98 g/cm³
- Humedad óptima 10,49 %
- CBR al 98% DMPM 2,6.

El índice de colapso en muestra remoldeada al 98% DMPM es 0,0%, mientras que el hinchamiento libre supone el 0,7%.

El contenido en materia orgánica es del 0,18%, el de sales solubles del 0,19%, y el de yesos del 0,14%.

Agresividad química del hormigón

Aunque no se dispone de determinaciones del contenido en sulfatos solubles, el hecho de que la muestra ensayada tenga un contenido en sales solubles del 0,19%, y de yesos del 0,14%, nos indica, por simple estequiometría, que la agresividad a los hormigones de estos materiales es nula.

La acidez Baumann-Gully es de 3, que tampoco implica agresividad alguna.

Permeabilidad

Para estimar la permeabilidad se utilizan las curvas de Breddin. Al comparar la curva granulométrica de laboratorio (figura 5.3), se observa que la cola se sitúa por encima de la clase 10, por lo que la permeabilidad sería inferior a 1×10^{-5} cm/s.

CLASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K (cm/s)	3	0,7	0,1	0,05	$9 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$< 1 \cdot 10^{-5}$	$<< 1 \cdot 10^{-5}$

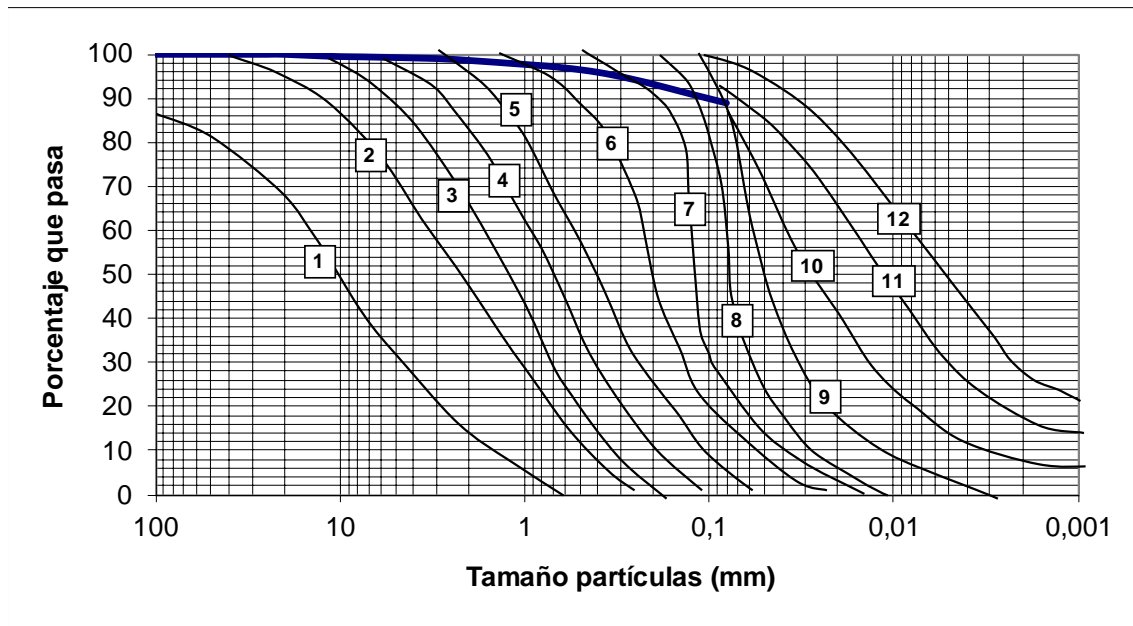


Figura 5.3.- Cálculo de permeabilidad usando las curvas de Breddin.

2.5.3. UNIDAD GEOTÉCNICA II. SUELOS GRANULARES GRUESOS

Aparece en todas las calicatas por debajo de las unidades UG-0 o UG-I. Consiste en gravas redondeadas medias a gruesas, en matriz arenosa y arcillosa, con un espesor variable desde 0,40 m hasta más de 3,0 metros.

Localmente, las gravas están cementadas por carbonatos.

Geológicamente se trata de gravas redondeadas a subangulosas asociadas a los depósitos aluviales del río Gállego, y a depósitos coluviales (glacis) que los recubren.

La Tabla 5.9 recoge los resultados de laboratorio en esta unidad geotécnica.

Tabla 5.9.-Resultados de laboratorio sobre la UG-II.

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación USCS	% Gravas >5mm	% Arenas 5 - 0,08 mm	% Finos <0,08mm	LL %	LP %	IP	Proctor Modificado		Indice CBR		Materia orgánica (%)	Sales solubles (%)	Contenido en yesos (%)	Litología	Unidad geotécnica
										Densidad máxima (g/cm ³)	Humedad óptima (%)	98% PM	Hinchamiento (%)					
TP-1	GRANEL	1,00	GM	71,1	16,8	12,1	NP	NP	NP	2,21	5,43	29	0,04	0,10	<0,1	<0,1	Gravas arenosas	II
TP-2	GRANEL	0,90	SC	39,7	44,3	16,0	33,2	22,4	10,8	2,06	7,88	90	0,1	0,33	0,13	<0,1	Gravas areno arcillosas	II
TP-4	GRANEL	1,15	GP-GM	62,5	28,7	8,8	NP	NP	NP	2,02	8,33	23	0,02	0,13	<0,1	<0,1	Gravas areno arcillosas	II
TP-5	GRANEL	1,15	GP-GM	49,2	41,5	9,3	NP	NP	NP	2,08	7,84	78	0,15	0,13	<0,1	<0,1	Gravas arenosas	II
TP-6	GRANEL	1,15	GP-GM	40,7	42,0	8,3	NP	NP	NP	2,14	8,16	67	0,46	0,15	<0,1	<0,1	Gravas areno arcillosas	II
TP-7	GRANEL	1,10	GP-GC	47,3	42,3	10,4	25,8	14,6	11,2	2,07	5,35	34	0,12	<0,1	<0,1	<0,1	Gravas arenosas	II
TP-8 bis	GRANEL	1,10	GP-GM	49,9	38,6	11,5	NP	NP	NP	2,06	6,98	23	0,01	0,18	<0,1	<0,1	Gravas arenosas	II

MIN	39,7	16,8	8,3	25,8	14,6	10,8	2,02	5,35	23,0	0,0	0,1	<0,1	<0,1		
MAX	71,1	44,3	16	33,2	22,4	11,2	2,21	8,33	90,0	0,5	0,33	0,13			
MEDIA	51,5	36,3	10,9	29,5	18,5	11	2,091	7,139	49,1	0,1	0,17				

Estos materiales están compuestos por una fracción grava (tamaño superior a 5 mm) que representa el 40-71%. La fracción arena (tamaño entre 5 y 0,08 mm) alcanza el 17-44%. Por último, la fracción fina (tamaño inferior a 0,08 mm) representa el 8-16%.

La fracción fina es de plasticidad nula en 5 casos y de plasticidad media en otros 2 (LL=26-33% e IP=11). Los materiales se clasifican según SUCS como GP-GM «Grava mal graduada con arena y limo» en el 70% de las muestras, y como GP-GC «Grava mal graduada con arena y arcilla», GM «Grava con arena y limo», y SM «Arena limosa» en un 10% en cada caso.

Según las especificaciones del PG-3 en cuanto a granulometría, plasticidad y composición química, se clasificarían como suelos SELECCIONADOS, excepto la muestra SC, que es un suelo ADECUADO.

2.5.3.1. Caracterización de la resistencia mediante ensayos in situ

Desde el punto de vista de la resistencia de este nivel, se dispone de los siguientes ensayos in situ:

- Ensayos DPSH

En los 4 ensayos el rechazo se obtiene de forma muy superficial, aunque en el primer metro los

valores de N_{20} son del orden de 25.

2.5.3.2. Parámetros geotécnicos

En este apartado se determina el comportamiento geotécnico de la unidad II, típico de un suelo granular grueso. De acuerdo con lo anterior, se calculan los parámetros geotécnicos de las gravas de la UG-II para unos valores característicos de N_{SPT} de 25 para profundidades de hasta 1,0 metros y de 50 por debajo de esa profundidad.

Densidad relativa

La densidad relativa de las gravas puede estimarse utilizando la expresión siguiente (ISOPT-1, 1998) para suelos granulares gruesos:

$$DR(\%) = 25 \times N^{0,44} \times (100 \times \sigma'_{v0})^{-0,13}$$

σ'_{v0} presión vertical efectiva en t/m²
 N N_{60}

Para el valor de SPT=25, se obtiene una densidad relativa del 49%, y del 62% para SPT=50.

Ángulo de rozamiento interno

Schmertmann (1977), para suelos granulares gruesos, estima que el ángulo de rozamiento está relacionado con la densidad relativa según la expresión:

$$\phi = 38 + 0,08 * DR = 42-43^\circ$$

Giuliani y Nicoll, basándose en métodos estadísticos, proponen:

$$\text{tg}\phi = 0,575 + 0,361 * (DR)^{0,866} = 37-39^\circ$$

Otros autores como Kishida y Muromachi proponen relaciones directas con N_{SPT} :

$$\phi = 12 + (20 \times N)^{0,5} = 34-44^\circ$$

$$\phi = 20 + 3,5 \times N^{0,5} = 37-45^\circ$$

Según estas expresiones, se adopta un ángulo de rozamiento interno medio de 37° para las

gravas de SPT = 20, y de 40^o para las gravas de SPT = 50.

Cohesión

En general, dadas las características de la UG-II, con un 8-16% de fracción fina no plástica, se puede considerar una cohesión baja, de 5 kPa, aunque en algunas zonas la cementación por carbonatos puede incrementar estos valores.

Módulo de deformación

Para la estimación del módulo de deformación en materiales granulares gruesos se han considerado las siguientes correlaciones existentes en la bibliografía, que relacionan el módulo de deformación elástico con los valores de N_{SPT} obtenidos. En concreto, se han considerado las siguientes formulaciones:

- Begueman (1974) $E = 40 + 12(N - 6)$ (kg/cm²)
- Wrench y Nowatzki $E = 2,22 \times N^{0,888}$ (MPa)
- D'Appolonia *et al.* (1970) $E = 7,56 \times N_{SPT} + 187,5$ (kg/cm²)
- Agnostopoulos $E = 7,5 + 0,8 \times N_{SPT}$ (MPa)
- Bowles (1983) $E = 7,5 + 0,5 \times N_{SPT}$ (MPa)

A partir de estas expresiones y considerando un SPT = 20, se obtienen valores de módulo de deformación (E) que varían entre 175 y 340 kg/cm², pudiéndose adoptar, por seguridad, la media de los valores intermedios, E = 250 kg/cm². Para las gravas con SPT = 50, se puede adoptar un valor de módulo de deformación E = 530 kg/cm².

En resumen, los parámetros geotécnicos adoptados para la UG-II se muestran en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11.- Parámetros geotécnicos de la UG-II.

Unidad geotécnica	N _{SPT}	Densidad aparente (g/cm ³)	C' (kg/cm ²)	Φ' (°)	Módulo deformación. (kg/cm ²)
II	20	2,10	0,05	37	250
II	50	2,20	0,05	40	530

2.5.3.3. Otros parámetros geotécnicos

Colapsabilidad y expansividad

Debido a su granulometría y nula plasticidad, se descartan problemas de colapsabilidad y expansividad.

Utilización de los materiales

Los materiales de la UG-II se clasifican como suelos SELECCIONADOS según PG-3, aunque una de las 7 muestras ensayadas (clasificada como SC) es un suelo ADECUADO tanto por plasticidad como por el contenido en materia orgánica.

Se han realizado 7 ensayos de compactación Proctor Modificado, con estos resultados:

- Densidad máxima 2,02-2,21 g/cm³ (media 2,09 g/cm³)
- Humedad óptima 5,4-8,3 % (media 7,1 %).
- CBR al 98% DMPM 23-90 (media 49).

El contenido en materia orgánica es del 0,10-0,33% (media de 0,17%), el de sales solubles llega al 0,13%, y el de yesos es en todos los casos inferior al 0,1%.

Agresividad química al hormigón

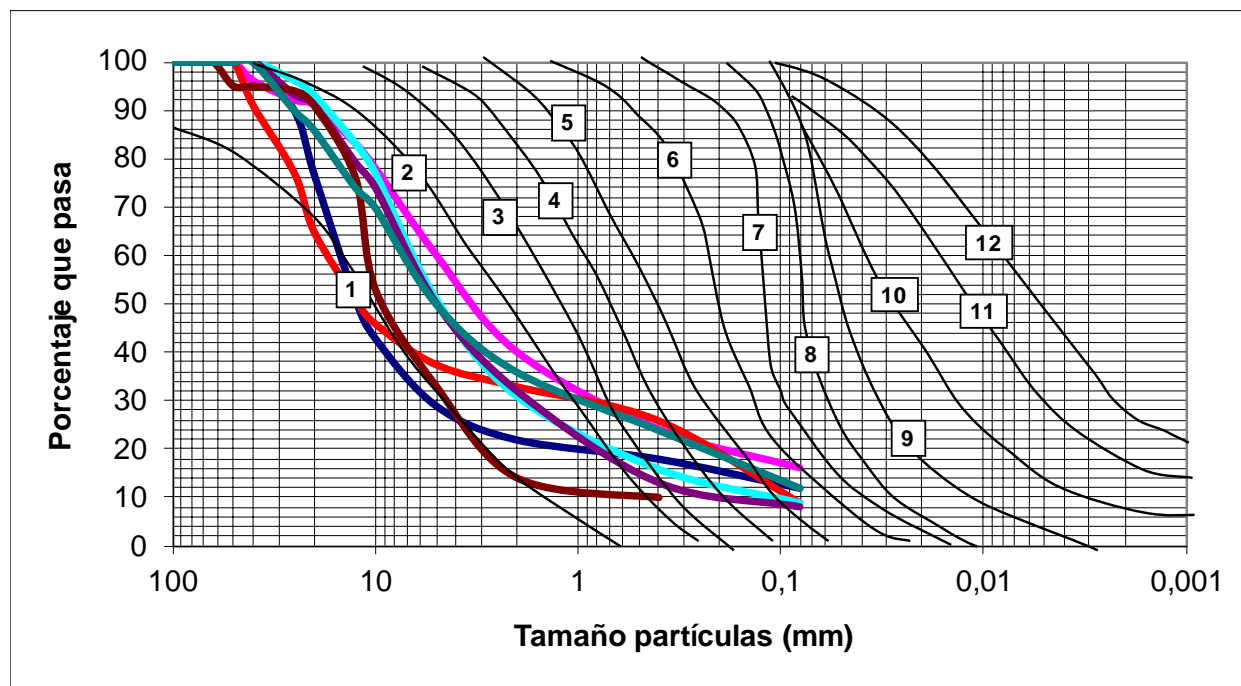
Aunque no se dispone de determinaciones del contenido en sulfatos solubles, el hecho de que las muestras ensayadas tengan un contenido en sales solubles máximo del 0,13%, y el de yesos sea inferior al 0,10%, nos indica, por simple estequiometría, que la agresividad a los hormigones de estos materiales es nula.

Permeabilidad

Para estimar la permeabilidad se utilizan las curvas de Breddin. Al comparar las curvas obtenidas en laboratorio con las de Breddin (Figura 5.4), se observa que las colas se disponen entre las clases 5 y 6, a las que se asigna una permeabilidad K de $5-9 \times 10^{-3}$ cm/s. En vista de ello, se adopta para UG-II una permeabilidad del orden de $K=7 \times 10^{-3}$ cm/s, típica de un suelo permeable.

Figura 5.4.- Cálculo de permeabilidad usando las curvas de Breddin

CLASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K (cm/s)	3	0,7	0,1	0,05	$9 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$< 1 \cdot 10^{-5}$	$<< 1 \cdot 10^{-5}$



2.6. CONDUCTIVIDAD Y RESISTIVIDAD TÉRMICA

Las determinaciones de la conductividad térmica se han llevado a cabo tanto en campo como sobre muestras remoldeadas en el laboratorio.

Los siguientes rangos de valores se han establecido para las determinaciones “in situ”.

UG-0 (rellenos de gravas) $K = 0,47$ (W / (m*K)).

UG-I (arenas y arcillas) $K = 0,70$ (W / (m*K)).

UG-II (gravas arenosas) $K = 0,14-0,74$ (W / (m*K)). Media de $0,49$ (W / (m*K)).

Para las muestras remoldeadas en laboratorio, y para la humedad más próxima a la óptima del Proctor Modificado, los resultados son:

UG-I (arcillas y limos) $R = 0,77$ (°C.m / W).

UG-II (gravas arenosas) $R = 0,49-0,84$ (°C.m / W). Media $0,69$ (°C.m / W).

3. INFORME DE DISEÑO GEOTÉCNICO

La línea eléctrica se dispondrá en el interior de una zanja cuyas características principales se muestran en la figura 6.1. Esta figura es solo indicativa y deberá ser validada a lo largo de la línea por el constructor.

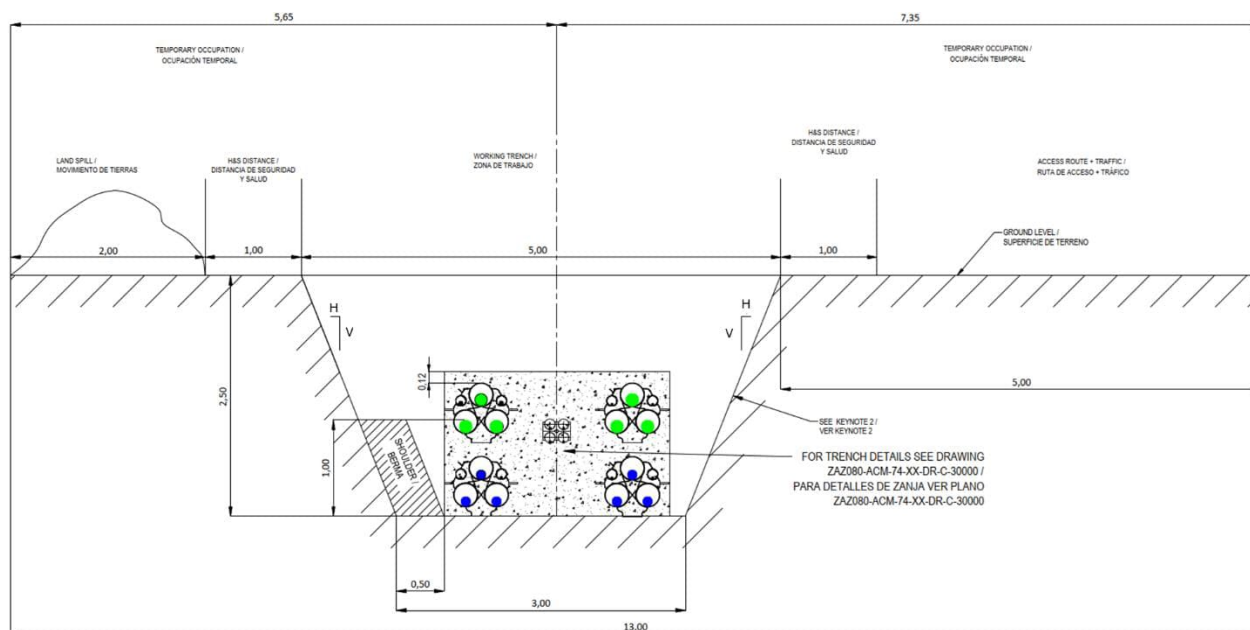


Figura 6.1.- Sección tipo de la zanja

Las canalizaciones van embebidas en un macizo de hormigón HM-20 hasta una profundidad aproximada de 1 metro, y sobre ellos se colocará un relleno de tierras procedentes de la propia excavación.

3.1. ZONIFICACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

A partir de los trabajos de campo y laboratorio se ha interpretado un modelo de terreno compuesto por 3 unidades geotécnicas con características bien diferenciadas (Tabla 6.1).

Tabla 6.1- Unidades geotécnicas diferenciadas.

Unidad geotécnica	Profundidad de aparición (m)	Espesor (m)	Origen	Litología
0	0,00	0,10-1,00	SUELO VEGETAL y relleno de tierras	LIMOS arenosos marrón claro. Tierras con cascotes
I	0,10-1,15	0,20-0,80	SUELOS FINOS	ARENAS arcillosas y limosas
II	0,3-1,00	0,4->3,0	SUELOS GRUESOS	GRAVAS arenosas y limosas

Se han diferenciado dos tramos con un comportamiento geológico-geotécnico similar, y que se describen a continuación:

- Tramo 1: Se extiende desde el p.k. 0+000 hasta el p.k. 1+300. Se caracteriza por un espesor de 3,5 metros de recubrimientos cuaternarios principalmente de gravas (UG-II), siendo el aspecto más significativo la presencia de rellenos de tierras superficiales, que aunque solamente se han detectado en una calicata, podrán aparecer de forma más extensiva dado el carácter industrial de la zona.
- Tramo 2: Se extiende desde el p.k. 1+300 hasta el p.k. 6+940 (final). Se caracteriza por un espesor de al menos 3,5 metros de recubrimientos cuaternarios fundamentalmente de gravas (UG-II).

En ninguno de los dos tramos existe presencia de agua subterránea.

3.2. EXCAVACIONES

En este capítulo se establecen los criterios a seguir para la excavación de la zanja en la que se alojará la línea eléctrica. Estos criterios se basan en la geología del terreno deducida de los ensayos realizados, la dificultad o no de avanzar en la apertura de las calicatas, y en las observaciones de campo.

Otro aspecto importante es la presencia o ausencia de agua en las excavaciones. En este caso no existe presencia de agua subterránea en ningún punto del trazado.

En el apartado anterior se han definido 2 tramos con características similares desde el punto de

vista geológico-geotécnico. En la tabla 6.2 se analiza para cada uno de los tramos su excavabilidad.

Tabla 6.2- Ripabilidad

SECCIÓN	PUNTO KILOMÉTRICO	RIPABILIDAD
1	0+000-1+300	RETROEXCAVADORA
2	1+300-6+940	RETROEXCAVADORA

3.3. ESTABILIDAD DE TALUDES

En este capítulo se analiza la estabilidad de los taludes de las zanjas aplicando el software SLIDE v6.0, utilizando los parámetros geotécnicos establecidos en el Capítulo 5, para condiciones de largo y corto plazo para suelos cohesivos, y con una profundidad de excavación de hasta 3,5 metros (p.k. 1+550). También se ha considerado una sobrecarga de 20 KN/m² y 3 metros de ancho, situada a una distancia de 1 m de la cresta del talud, sobrecarga equivalente al peso de la maquinaria de excavación y los acopios. Se ha aplicado el método de Bishop.

De acuerdo con el Eurocódigo, las acciones (sobrecarga de la cabeza del talud) se han incrementado en un factor de 1,3, y los parámetros resistentes del suelo se ven afectados por un factor reductor de 1,25 (situaciones transitorias).

La tabla 6.3 muestra, para cada una de las dos secciones definidas, los espesores de cada unidad y los parámetros de corte que se aplican, la pendiente propuesta para el talud con un factor de seguridad de 1 (se ha establecido una pendiente 5V:1H como límite superior aunque los factores de seguridad sean superiores a 1).

Las salidas gráficas del programa SLIDE v6.0 se incluyen en el Apéndice VI.

TRAMO	P.K.	PERFIL TIPO												TALUD CORTO PLAZO	TALUD LARGO PLAZO	
		UG-0				UG-I				UG-II						
		ALTURA (m)	DENSIDAD (T/m3)	Φ (°)	c' (kPa)	ALTURA (m)	DENSIDAD (T/m3)	cu (kPa)	Φ (°)	c' (kPa)	ALTURA (m)	DENSIDAD (T/m3)	Φ (°)			c' (kPa)
1	0+000-1+300	1,00	1,90	27	4											1V:1H 0 a 1 m 2V:1H > 1 m
2	1+300-6+940					1,50	2,05	72	20	20	>2	2,2	34	4	5V:1H	3V:1H

Los parámetros de corte del suelo ya se han reducido por un coeficiente de 1,25 de acuerdo con Eurocódigo.

Tabla 6.3- Litología, parámetros de corte y pendiente propuesta para los taludes.

3.4. UTILIZACIÓN DE MATERIALES Y AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

Los materiales obtenidos de las excavaciones de las zanjas consistirán principalmente en las gravas de la UG-II y en menor medida en las arenas arcillosas y limos de la UG-I. Los materiales de relleno de la UG-0 con presencia de escombros deben ser retirados a vertedero.

La caracterización de estos materiales desde el punto de vista de su utilización como relleno de zanjas se describe en el capítulo 5.

En este apartado se analiza, para cada una de las secciones definidas anteriormente, su validez para el relleno de zanjas según su clasificación de acuerdo con el PG-3.

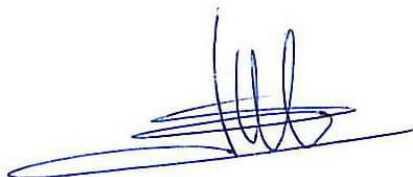
Por otra parte, y dado que la línea eléctrica está embebida en un prisma de hormigón, se analiza la agresividad del terreno al hormigón de acuerdo con lo establecido en el Código Estructural Español CoDE.

En la Tabla 6.4 se muestran, para cada uno de los dos tramos definidos, los espesores de cada unidad y su clasificación según el PG-3, así como el grado de agresividad para el hormigón. Si existen situaciones especiales para su uso, se indican en la columna de observaciones.

TRAMO	PUNTO KILOMÉTRICO	PERFIL TIPO									COMENTARIOS
		UG-0			UG-I			UG-II			
		ALTURA (m)	CLAS PG-3	AGRESIVIDAD	ALTURA (m)	CLAS PG-3	AGRESIVIDAD	ALTURA (m)	CLAS PG-3	AGRESIVIDAD	
1	0+000-1+300	<1	MARGINAL					>3	SELECCIONADO	NULA	UG-II CBR>20
2	1+300-6+940				1,5	TOLERABLE	NULA	>2	SELECCIONADO	NULA	UG-II CBR>20

Tabla 6.4- Litología, clasificación PG-3 y grado de agresividad.

Zaragoza, Diciembre 2024

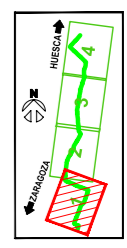


JOSÉ MANUEL BESCÓS ROY
Geólogo
Nº de Colegiado: 5895



ALFREDO ZAMORA RADA
Geólogo
Nº de Colegiado: 2702

ANEJO I.- PLANTA DE LOCALIZACION DE ENSAYOS



NOTAS / NOTES

This project represents an Schematic Design. Do not infer information for any other purposes than information.
/ Este es un Proyecto Esquemático. No usar la información mostrada para otros propósitos.

NOTAS CLAVE / KEYNOTES

LEYENDA / LEGEND

- TRAZADO / ROUTE
--- (Red dashed line)
- ALTERNATIVAS / ALTERNATIVES
--- (Blue dashed line)
--- (Green dashed line)
- CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN
● (Red circle with cross) SONDEOS / BOREHOLES (BH)
▲ (Red triangle) PENETRÓMETROS / PENETROMETERS (DP)
■ (Red square) CALICATAS / TRIAL PIT (TP)

REV	FECHA / DATE	DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION	DRN / ENG / CHK / APP

CONFIDENCIAL
QUEDA PROHIBIDA LA UTILIZACIÓN O REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA DE ESTE DOCUMENTO, BORRE ESTE DOCUMENTO SI LO HA RECIBIDO POR ERROR
CONFIDENTIAL
ANY UNAUTHORIZED USE OR REPRODUCTION OF THIS DOCUMENT IN WHOLE OR IN PART IS PROHIBITED, DELETE THIS DOCUMENT IF YOU HAVE RECEIVED IT IN ERROR

INGENIERO MECÁNICO / MECHANICAL ENGINEER	INGENIERO ELÉCTRICO / ELECTRICAL ENGINEER
AECOM	AECOM
INGENIERO CIVIL / CIVIL ENGINEER	INGENIERO DE ESTRUCTURAS / STRUCTURAL ENGINEER
AECOM	AECOM
ARQUITECTO / ARCHITECT	OTRO CONSULTOR / OTHER CONSULTANT

PROYECTO / PROJECT: ZAZ 080 HV

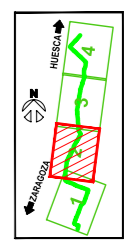
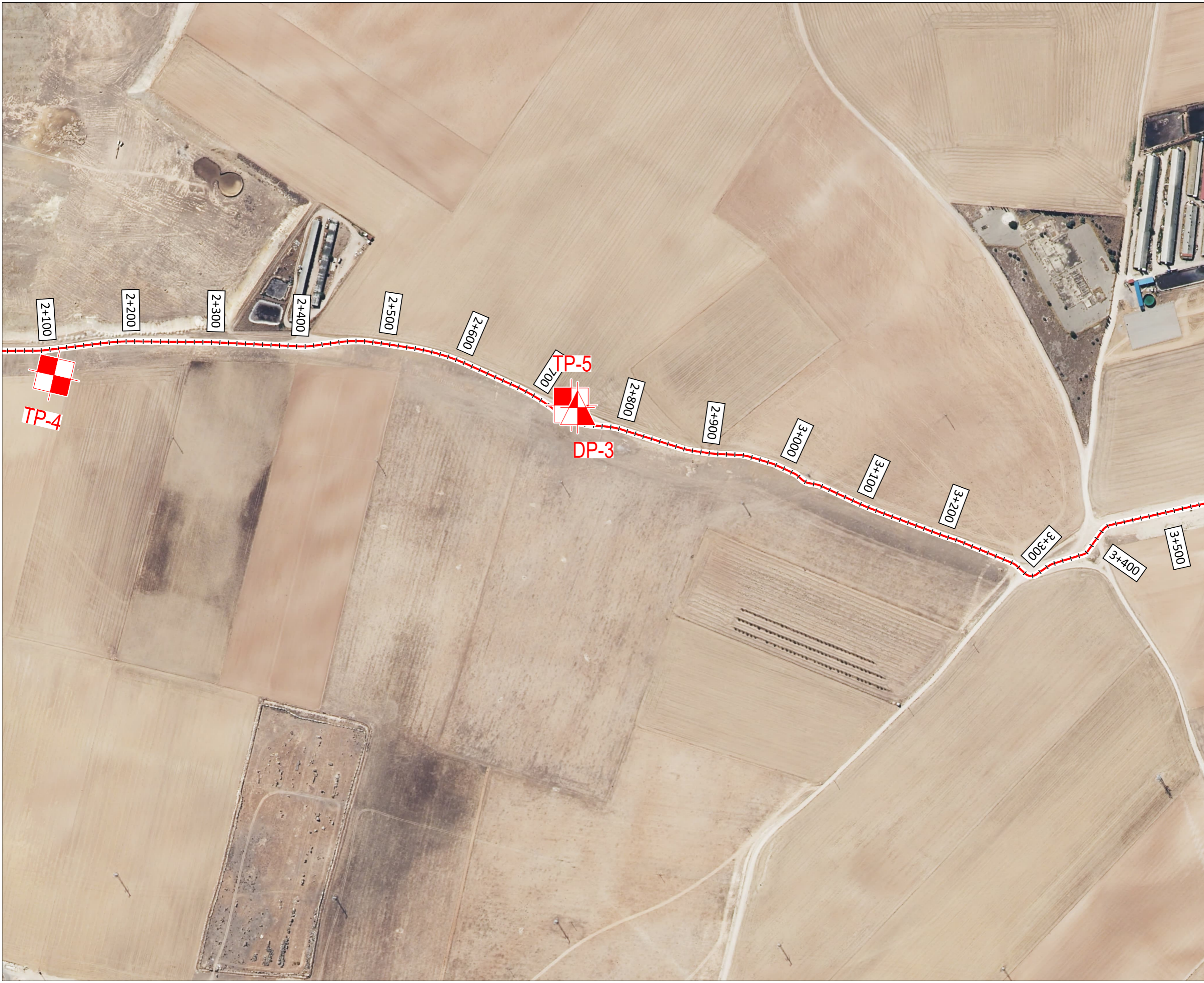
TÍTULO / TITLE: PLAN DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN PLAN

Hojas No. / SHEET NO.: B-001

Fichero / FILE NO.: 3_ATH_ZAZ080_PL-CAM

Tamaño de Hoja / PAPER SIZE: ISO A1 | Escala / SCALE: 1:2000 | Rev: 0.0

PRINT IN COLOUR



NOTAS / NOTES

This project represents an Schematic Design. Do not infer information for any other purposes than information.
/ Este es un Proyecto Esquemático. No usar la información mostrada para otros propósitos.

NOTAS CLAVE / KEYNOTES

LEYENDA / LEGEND

- TRAZADO / ROUTE
- ALTERNATIVAS / ALTERNATIVES
- ALTERNATIVA 1 / OPTION 1
- ALTERNATIVA 2 / OPTION 2
- ALTERNATIVA 3 / OPTION 3
- CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN
- SONDEOS / BOREHOLES (BH)
- PENETRÓMETROS / PENETROMETERS (DP)
- CALICATAS / TRIAL PIT (TP)

REV	FECHA / DATE	DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION	DRN | ENG | CHK | APP

CONFIDENCIAL
 QUEDA PROHIBIDA LA UTILIZACIÓN O REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA DE ESTE DOCUMENTO. BORRE ESTE DOCUMENTO SI LO HA RECIBIDO POR ERROR.
 CONFIDENTIAL
 ANY UNAUTHORIZED USE OR REPRODUCTION OF THIS DOCUMENT IN WHOLE OR IN PART IS PROHIBITED. DELETE THIS DOCUMENT IF YOU HAVE RECEIVED IT IN ERROR.

INGENIERO MECÁNICO / MECHANICAL ENGINEER:	INGENIERO ELÉCTRICO / ELECTRICAL ENGINEER:
INGENIERO CIVIL / CIVIL ENGINEER:	INGENIERO DE ESTRUCTURAS / STRUCTURAL ENGINEER:
ARQUITECTO / ARCHITECT:	OTRO CONSULTOR / OTHER CONSULTANT:



PROYECTO / PROJECT: ZAZ 080 HV

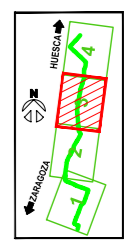
TÍTULO / TITLE: PLAN DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN PLAN

HOJAS NO. / SHEET NO.: B-002

FICHERO / FILE NO.: 3_ATH_ZAZ080_PL-CAM

TAMAÑO DE HOJA / PAPER SIZE: ISO A1 ESCALA / SCALE: 1:2000 REV: 0.0

PRINT IN COLOUR



NOTAS / NOTES

This project represents an Schematic Design. Do not infer information for any other purposes than information.
/ Este es un Proyecto Esquemático. No usar la información mostrada para otros propósitos.

NOTAS CLAVE / KEYNOTES

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado: nº 2024/91315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Mº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ AREVALO. Para comprobar su validez: https://www.com.coiim.es/verificacion. Cod.Ver: 87870340.

LEYENDA / LEGEND

- TRAZADO / ROUTE
- ALTERNATIVAS / ALTERNATIVES
 ALTERNATIVA 1 / OPTION 1
 ALTERNATIVA 2 / OPTION 2
 ALTERNATIVA 3 / OPTION 3
- CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN
 SONDEOS / BOREHOLES (BH)
 PENETRÓMETROS / PENETROMETERS (DP)
 CALICATAS / TRIAL PIT (TP)

REV	FECHA / DATE	DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION	DRN | ENG | CHK | APP

CONFIDENCIAL
 QUEDA PROHIBIDA LA UTILIZACIÓN O REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA DE ESTE DOCUMENTO. BORRE ESTE DOCUMENTO SI LO HA RECIBIDO POR ERROR
 CONFIDENTIAL
 ANY UNAUTHORIZED USE OR REPRODUCTION OF THIS DOCUMENT IN WHOLE OR IN PART IS PROHIBITED. DELETE THIS DOCUMENT IF YOU HAVE RECEIVED IT IN ERROR

INGENIERO MECÁNICO / MECHANICAL ENGINEER:	INGENIERO ELÉCTRICO / ELECTRICAL ENGINEER:
INGENIERO CIVIL / CIVIL ENGINEER:	INGENIERO DE ESTRUCTURAS / STRUCTURAL ENGINEER:
ARQUITECTO / ARCHITECT:	OTRO CONSULTOR / OTHER CONSULTANT:



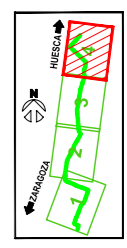
PROYECTO / PROJECT: ZAZ 080 HV

TÍTULO / TITLE: PLAN DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN PLAN

Hojas No. / SHEET NO: B-003

Fichero / FILE NO: 3_ATH_ZAZ080_PL-CAM
 Tamaño de Hoja / PAPER SIZE: ISO A1
 Escala / SCALE: 1:2000
 Rev: 0.0

PRINT IN COLOUR



NOTAS / NOTES

This project represents an Schematic Design. Do not infer information for any other purposes than information.
/ Este es un Proyecto Esquemático. No usar la información mostrada para otros propósitos.

NOTAS CLAVE / KEYNOTES

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/91315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Mº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para imprimir su validez: https://www.comi.es/verificacion. Cod.Ver: 87870340.

LEYENDA / LEGEND

- TRAZADO / ROUTE
- ALTERNATIVAS / ALTERNATIVES
 ALTERNATIVA 1 / OPTION 1
 ALTERNATIVA 2 / OPTION 2
 ALTERNATIVA 3 / OPTION 3
- CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN
 SONDEOS / BOREHOLES (BH)
 PENETRÓMETROS / PENETROMETERS (DP)
 CALICATAS / TRIAL PIT (TP)

REV	FECHA / DATE	DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION	DRN | ENG | CHK | APP

CONFIDENCIAL
 QUEDA PROHIBIDA LA UTILIZACIÓN O REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA DE ESTE DOCUMENTO. BORRE ESTE DOCUMENTO SI LO HA RECIBIDO POR ERROR.
 CONFIDENTIAL
 ANY UNAUTHORIZED USE OR REPRODUCTION OF THIS DOCUMENT IN WHOLE OR IN PART IS PROHIBITED. DELETE THIS DOCUMENT IF YOU HAVE RECEIVED IT IN ERROR.

INGENIERO MECÁNICO / MECHANICAL ENGINEER:	INGENIERO ELÉCTRICO / ELECTRICAL ENGINEER:
INGENIERO CIVIL / CIVIL ENGINEER:	INGENIERO DE ESTRUCTURAS / STRUCTURAL ENGINEER:
ARQUITECTO / ARCHITECT:	OTRO CONSULTOR / OTHER CONSULTANT:



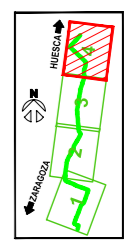
PROYECTO / PROJECT: ZAZ 080 HV

TÍTULO / TITLE: PLAN DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN PLAN

Hojas No. / SHEET NO: B-004

FICHERO / FILE NO: 3_ATH_ZAZ080_PL-CAM
 Tamaño de Hoja / Paper Size: ISO A1 Escala / Scale: 1:2000 REV: 0.0

PRINT IN COLOUR



NOTAS / NOTES

This project represents an Schematic Design. Do not infer information for any other purposes than information.
/ Este es un Proyecto Esquemático. No usar la información mostrada para otros propósitos.

NOTAS CLAVE / KEYNOTES

LEYENDA / LEGEND

- TRAZADO / ROUTE
- ALTERNATIVAS / ALTERNATIVES
 - ALTERNATIVA 1 / OPTION 1
 - ALTERNATIVA 2 / OPTION 2
 - ALTERNATIVA 3 / OPTION 3
- CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN
 - SONDEOS / BOREHOLES (BH)
 - PENETRÓMETROS / PENETROMETERS (DP)
 - CALICATAS / TRIAL PIT (TP)

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado: nº 2024/91315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Mº Colegiado: 11207 / Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para imprimir su validez: https://www.comi.es/verificacion. Cod.Ver: 87870340.

REV	FECHA / DATE	DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION	DRN | ENG | CHK | APP

CONFIDENCIAL
 QUEDA PROHIBIDA LA UTILIZACIÓN O REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA DE ESTE DOCUMENTO. BORRE ESTE DOCUMENTO SI LO HA RECIBIDO POR ERROR.
 CONFIDENTIAL
 ANY UNAUTHORIZED USE OR REPRODUCTION OF THIS DOCUMENT IN WHOLE OR IN PART IS PROHIBITED. DELETE THIS DOCUMENT IF YOU HAVE RECEIVED IT IN ERROR.

INGENIERO MECÁNICO / MECHANICAL ENGINEER:	INGENIERO ELÉCTRICO / ELECTRICAL ENGINEER:
INGENIERO CIVIL / CIVIL ENGINEER:	INGENIERO DE ESTRUCTURAS / STRUCTURAL ENGINEER:
ARQUITECTO / ARCHITECT:	OTRO CONSULTOR / OTHER CONSULTANT:



PROYECTO / PROJECT: ZAZ 080 HV

TÍTULO / TITLE: PLAN DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA / GEOTECHNICAL CAMPAIGN PLAN

Hojas No. / SHEET NO: B-005

Fichero / FILE NO: 3 ATH_ZAZ080_PL-CAM
 Tamaño de Hoja / Paper Size: ISO A1
 Escala / Scale: 1:2000
 Rev: 0.0

PRINT IN COLOUR

ANEJO II.- REGISTROS DE CALICATAS Y FOTOGRAFIAS

CALCATA		LOCALIZACIÓN: ZAZ080. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.				COORDENADAS			
TP -1		Ref.: 0976				Fecha: 11/11/2024			
Profundidad (m etros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil topográfico	DESCRIPCIÓN	Nivel realtivo (m etros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,10				SUELO VEGETAL. ARCILLAS marrones con gravas		Fácil	Regular		0
0,30	0,10			ARCILLAS arenosas ocre con grava redondeada Capa de ARENAS grisáceas-marrones		Fácil	Regular		I
		1,00							
		2,80		GRAVAS muy heterométricas con cantos en matriz arenosa marrón con algunas capas arcillosas. GRAVAS redondeadas y cantos rodados poligénicos. Desarrollo radicular escaso hasta los 0,90 cm. Cantos de 25-30 cm, que se vuelven bastante abundantes. El perfil muestra algunas capas de gravas más finas, ligeramente compactadas, con una matriz más clara.		Fácil	Regular		II
3,10				FIN					

Documentación fotográfica :



PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.

Supervisor: S. Miguel
Máquina: CAT M320F

PETICIONARIO: AECOM

CALCATA TP -2	LOCALIZACIÓN: ZAZ080. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.		COORDENADAS	
	Ref.: 0976	Fecha: 11/11/2024	UTM (ETRS89) 30T X = 679.143 Y = 4.624.195 Z = 248,40	

Profundidad (m etros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil fotográfico	DESCRIPCIÓN	Nivel relleno (m etros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,50	0,50			RELLENO de variable espesor		Fácil	Regular		0
0,50	0,50			GRAVAS y cantos ocasionales en una matriz arcillo-arenosa con guijarros subangulares y subredondeados. RELLENO.		Fácil	Regular		
1,40	0,40			MALLACÁN		Difícil	Regular		II
1,40	1,75			GRAVAS poligénicas y heterométricas con abundantes bolos en matriz areno limosa ocre. Los bolos llegan a los 30 cm de diámetro.		Regular-Fácil	Buena		
3,15				FIN					

Documentación fotográfica:



PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.

PETICIONARIO: AECOM

Supervisor: S. Miguel
Máquina: CAT M320F

CALCATA TP-3	LOCALIZACIÓN: ZAZ080. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.		COORDENADAS	
	Ref.: 0976	Fecha: 11/11/2024	UTM (ETRS89) 30T	X = 679.116
			Y = 4.624.628	Z = 251,10

Profundidad (m etros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel freático (m etros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,30	0,30			SUELO VEGETAL		Fácil	Regular		0
0,60	0,30			GRAVAS con cantos subangulares en matriz arcillo arenosa.		Fácil	Regular		II
1,15	0,55			GRAVAS gruesas a finas con cantos subangulares en matriz arcillo arenosa, muy heterométrica		Difícil	Regular		II
1,80	0,65	1,30		ARENAS arcillosas marrones a arcillas arenosas con porosidad radicular blanquecina		Regular-Fácil	Buena		I
2,10	0,30			GRAVAS con cantos subangulosos cementados en matriz arena limosa blanquecina		Fácil	Regular		II
2,90	0,80			LIMOS arenosos marrón claro y blanquecinos con abundante porosidad y cantos angulares		Fácil	Regular		I
3,20	0,30			GRAVAS en matriz limosa arcillo arenosa marrón clara		Fácil	Regular		II
3,30	0,10			ARCILLA arenosa rojiza-marrón		Fácil	Regular		I
FIN									

Documentación fotográfica:



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. nº 2024/04315. Fecha Visado: 29/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>. Cod.Ver.: 97870340.

PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.	Supervisor: S. Miguel
PETICIONARIO: AECOM	Máquina: CAT M320F

CALCATA		LOCALIZACIÓN: ZAZ080. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.					COORDENADAS		
TP 4		Ref.: 0976		Fecha: 11/11/2024		UTM (ETRS89) 30T			
						X = 678.706			
						Y = 4.624.925			
						Z = 254,70			
Profundidad (m etros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel freático (m etros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,30	0,30			SUELO VEGETAL. GRAVAS con arenas arcillosas marrón oscuras		Fácil	Regular		0
				GRAVAS con arenas en matriz grisácea		Fácil	Regular		II
				GRAVAS redondeadas cementadas por carbonatos		Fácil	Regular		
	2,70			GRAVAS muy heterométricas con bolos y pátinas carbonatadas. Matriz arenosa arcillosa hasta 0,90 m, color marrón ocre. A partir de ahí, la matriz es limo arenosa marrón. Los cantos son redondeados		Fácil	Regular		
	3,30			FIN					

Documentación fotográfica:



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. nº 2024/04315. Fecha Visado: 29/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/verificacion>. Cod.Ver.: 97870340.

PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.	Supervisor: S. Miguel
PETICIONARIO: AECOM	Máquina: CAT M320F

CALICATA TP-5		LOCALIZACIÓN: ZAZ080. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.				COORDENADAS			
		Ref.: 0976		Fecha: 14/11/2024		UTM (ETRS89) 30T			
						X = 678.819			
						Y = 4.625.522			
						Z = 258,80			
Profundidad (m etros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil Litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (m etros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,50	0,50			Tierra de labor. ARCILLAS limosas marrón oscuras con gravas y piedras pequeñas		Fácil	Regular		0
1,10	1,15			GRAVAS finas a medias con cantos subangulares a subredondeados. Contiene algunas gravas gruesas y cantos dispersos. Matriz arenosa blanquecina, con recubrimientos de carbonato en los bordes y áreas incrustadas. Aluvial		Fácil- Regular	Buena		II
1,60	1,55			GRAVAS finas a medias con cantos dispersos y bolos. Matriz de finas arenas limosas marrón ocre, con sands, con recubrimientos ocasionales en los bordes. Desde 2,20 m a 2,40 m, nivel de gravas con abundantes arenas pasando a arenas con gravas. Desde 2,50 m, aparecen áreas con ligeras costras de carbonato y algo de contenido de arcilla en la matriz. En la base, la formación de costras es más prevalente.		Fácil- Regular	Buena		
3,15				FIN					

Documentación fotográfica:



PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.



PETICIONARIO: AECOM


Supervisor: S. Miguel
Máquina: CAT M320F

CALICATA		LOCALIZACIÓN: ZAZ080. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.				COORDENADAS			
TP 6		Ref.: 0976				UTM (ETRS89) 30T			
		Fecha: 14/11/2024				X = 679.000			
						Y = 4.626.463			
						Z = 266,80			
Profundidad (m etos)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel freático (m etos)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,50	0,50			Tierra de labor. ARCILLA limosa de color marrón oscuro con abundante grava fina media y cantos rodados.		Fácil	Regular		0
0,70	0,70			GRAVA de tamaño medio a fino con cantos rodados dispersos de 15 cm. Matriz de limo con algo de arcilla hasta una profundidad de 0,80 m. Por debajo de esto, limos arenosos de color marrón blanquecino. Recubrimientos en los bordes y costras dispersas, con una capa ligeramente cementada. Cantos subredondeados a subangulares		Fácil-Regular	Buena		II
1,20	1,15			GRAVA de tamaño medio a grueso con cantos rodados y guijarros dispersos (hasta 20 cm). Matriz de arenas finas de color ocre-marrón. Recubrimientos ocasionales en los bordes y costras aisladas y discontinuas. Por debajo de los 2,50 m aparecen cantos más rodados.		Fácil	Fácil-Regular		
3,10				FIN					

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. nº 2024/04315. Fecha Visado: 29/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.codim.es/Verificacion>. Cod.Ver.: 97870340.

Documentación fotográfica:



PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.	Supervisor: S. Miguel
PETICIONARIO: AECOM	Máquina: CAT M320F

CALCATA TP -7	LOCALIZACIÓN: ZAZ080. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.		COORDENADAS	
	Ref.: 0976	Fecha: 14/11/2024	UTM (ETRS89) 30T	X = 679.143
			Y = 4.627.613	Z = 270,80

Profundidad (m ebs)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel freático (m ebs)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Tierra de labor. ARCILLA limosa de color marrón oscuro con abundante grava fina media y cantos rodados		Fácil	Regular		0
0,60	0,20			ARCILLA ocre-marrón ligeramente limosa con guijarros		Fácil	Buena		I
1,00	0,40			GRAVA fina a media con abundantes guijarros y una matriz de limo arenoso marrón blanquecina. Costras discontinuas y mínimas. Cantos subredondeados a subangulares con cantos rodados dispersos ocasionales de 20-25 cm.		Fácil	Buena		II
1,70	1,10			GRAVA fina a media con abundantes guijarros y una matriz de limos con algo de arcilla marrón. A partir de 1,70 m, la matriz se vuelve más limo arenoso, de color marrón ocre. Cantos rodados dispersos ocasionales (hasta 30 cm). A partir de 0,70 m, los cantos rodados se vuelven más frecuentes y el tamaño de la grava aumenta a medio. Por debajo de 2,00 m, se presentan costras discontinuas y clastos recubiertos.		Fácil	Buena-Regular		
2,70	0,50			GRAVA fina a media con abundantes guijarros. Matriz de limos arenosos con algo de arcilla de color marrón-anaranjado. En la base, consiste en guijarros con abundante arena limosa de color marrón-anaranjado.		Fácil	Buena		
3,20	0,15			GRAVAS medias a finas con guijarros y una matriz de arenas limosas marrón-ocre		Fácil	Buena		
3,35				FIN					

Documentación fotográfica:



PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.

PETICIONARIO: AECOM

Supervisor: S. Miguel
Máquina: CAT M320F

CALCATA TP-8 bis	LOCALIZACIÓN: ZAZ080. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.		COORDENADAS	
	Ref.: 0976		Fecha: 14/11/2024	
				UTM (ETRS89) 30T
				X = 679.357
				Y = 4.628.452
				Z = 282,20

Profundidad (m etas)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel freático (m etas)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de cam po	NIVEL
0,35	0,35			Tierra de labor. ARCILLA limosa de color marrón oscuro con abundante grava fina media y cantos rodados.		Fácil	Regular		0
0,60	0,25			GRAVAS medias a gruesas con una matriz de limos ligeramente arcillosos de color marrón grisáceo. Clastos redondeados provenientes de depósitos aluviales.		Fácil	Buena		II
1,10	0,50	1,00		GRAVA gruesa a media con guijarros y una matriz de arenas limosas de color marrón blanquecino con algo de arcilla. Incluye cantos rodados de hasta 20 cm. Los cantos son subredondeados a redondeados, compuestos de caliza, cuarcita y granito (depósitos aluviales). Los clastos están recubiertos con capas blancuecinas y también muestran costras discontinuas.		Fácil-Regular	Buena		
1,30				GRAVA gruesa con cantos rodados. La matriz consiste en arenas de color ocre marrón a blancuecinas. Los clastos están recubiertos, con algunas costras discontinuas.		Fácil	Buena		
2,40	0,80			GRAVA media con una matriz de arenas marrones		Fácil	Buena		
3,20				FIN					

Documentación fotográfica:



PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. VILLANUEVA DE GÁLLEGO. ZARAGOZA.	Supervisor: S. Miguel
PETICIONARIO: AECOM	Máquina: CAT M320F

ANEJO III.- REGISTROS DE PENETRACIONES DINAMICAS

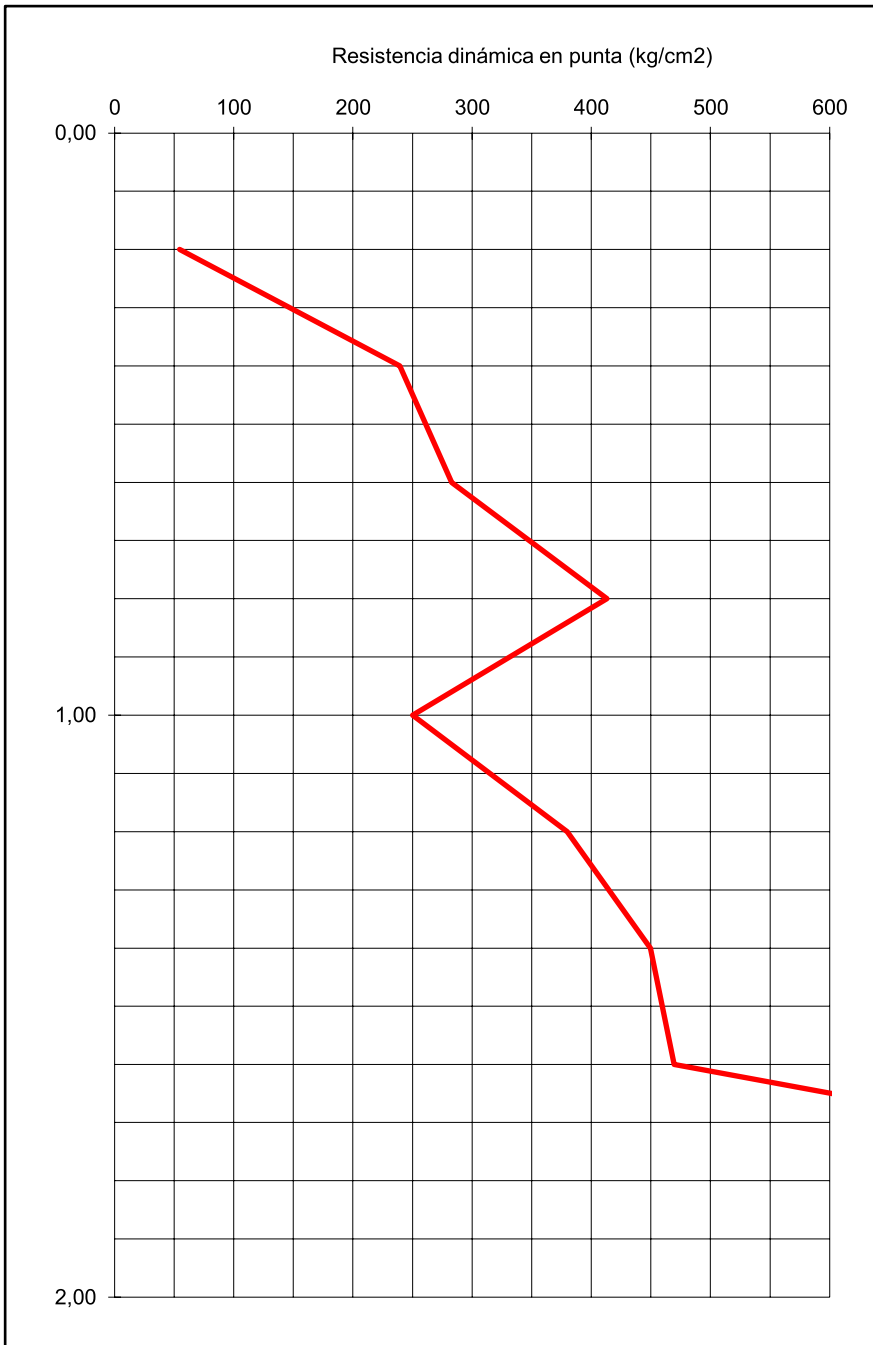
PETICIONARIO AECOM
INFORME ESTUDIO GEOTÉCNICO. ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. ZARAGOZA.

FECHA 5.11.24
ENSAYO DP-1
COTA 244,8
EQUIPO DPSH

COORDENADAS UTM (ETRS89) 30T 678926 4623680

ENSAYO DPSH

GOLPEO



Prof (m)	N _{DPSH}	Prof (m)	N _{DPSH}
0,20	5	8,20	.....
0,40	22	8,40	.....
0,60	26	8,60	.....
0,80	38	8,80	.....
1,00	23	9,00	.....
1,20	38	9,20	.....
1,40	45	9,40	.....
1,60	47	9,60	.....
1,80	100	9,80	.....
2,00	.....	10,00	.....
2,20	.....	10,20	.....
2,40	.....	10,40	.....
2,60	.....	10,60	.....
2,80	.....	10,80	.....
3,00	.....	11,00	.....
3,20	.....	11,20	.....
3,40	.....	11,40	.....
3,60	.....	11,60	.....
3,80	.....	11,80	.....
4,00	.....	12,00	.....
4,20	.....	12,20	.....
4,40	.....	12,40	.....
4,60	.....	12,60	.....
4,80	.....	12,80	.....
5,00	.....	13,00	.....
5,20	.....	13,20	.....
5,40	.....	13,40	.....
5,60	.....	13,60	.....
5,80	.....	13,80	.....
6,00	.....	14,00	.....
6,20	.....	14,20	.....
6,40	.....	14,40	.....
6,60	.....	14,60	.....
6,80	.....	14,80	.....
7,00	.....	15,00	.....
7,20	.....	15,20	.....
7,40	.....	15,40	.....
7,60	.....	15,60	.....
7,80	.....	15,80	.....
8,00	.....	16,00	.....

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/4315, Fecha Visado: 29/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, No Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/verificacion>, Cod.Ver.: 97970940.

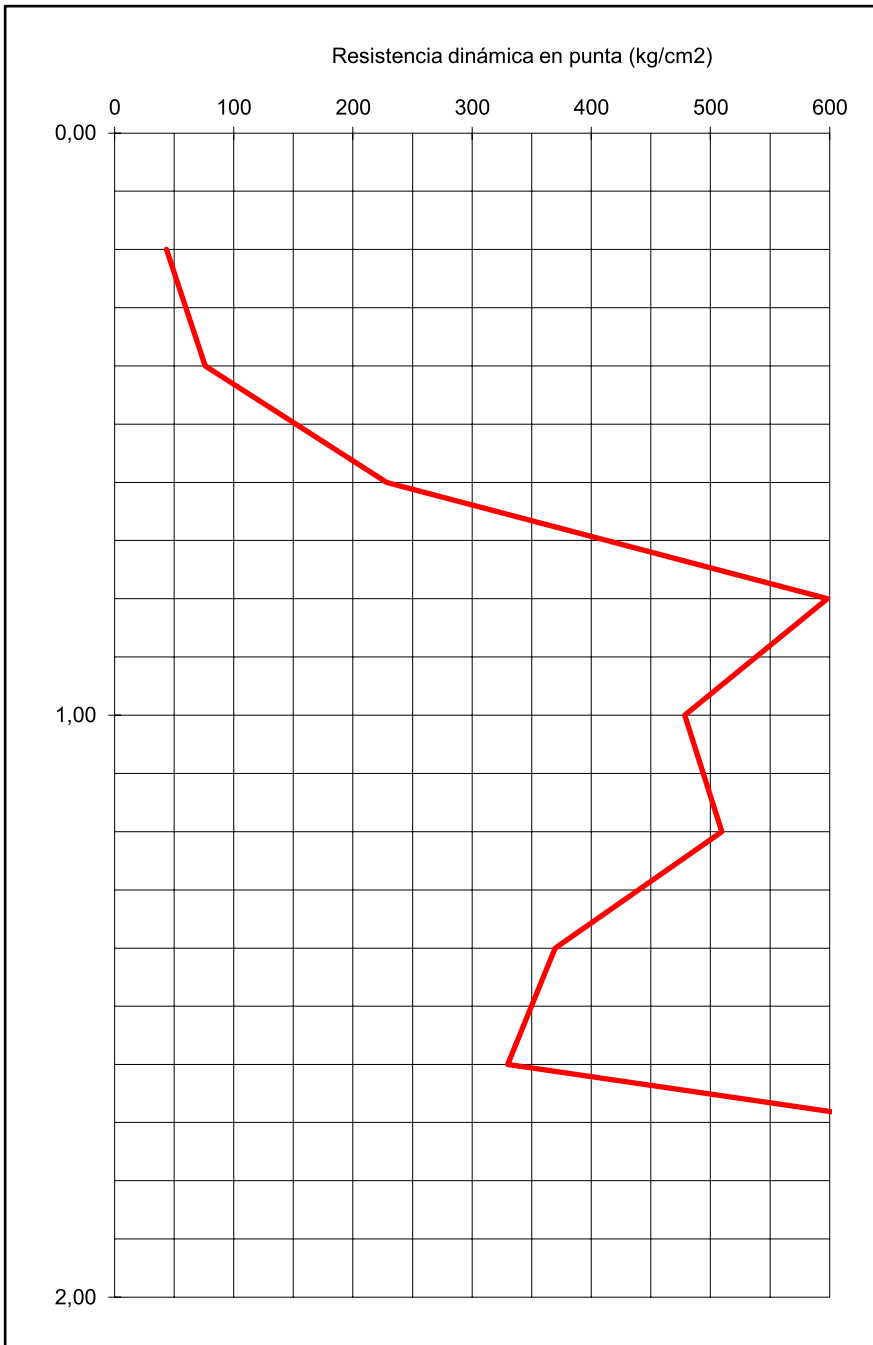
PETICIONARIO AECOM
INFORME ESTUDIO GEOTÉCNICO. ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. ZARAGOZA.

FECHA 5.11.24
ENSAYO DP-2
COTA 251,2
EQUIPO DPSH

COORDENADAS UTM (ETRS89) 30T 679127 4624627

ENSAYO DPSH

GOLPEO



Prof (m)	N _{DPSH}	Prof (m)	N _{DPSH}
0,20	4	8,20	.....
0,40	7	8,40	.....
0,60	21	8,60	.....
0,80	55	8,80	.....
1,00	44	9,00	.....
1,20	51	9,20	.....
1,40	37	9,40	.....
1,60	33	9,60	.....
1,80	100	9,80	.....
2,00	.....	10,00	.....
2,20	.....	10,20	.....
2,40	.....	10,40	.....
2,60	.....	10,60	.....
2,80	.....	10,80	.....
3,00	.....	11,00	.....
3,20	.....	11,20	.....
3,40	.....	11,40	.....
3,60	.....	11,60	.....
3,80	.....	11,80	.....
4,00	.....	12,00	.....
4,20	.....	12,20	.....
4,40	.....	12,40	.....
4,60	.....	12,60	.....
4,80	.....	12,80	.....
5,00	.....	13,00	.....
5,20	.....	13,20	.....
5,40	.....	13,40	.....
5,60	.....	13,60	.....
5,80	.....	13,80	.....
6,00	.....	14,00	.....
6,20	.....	14,20	.....
6,40	.....	14,40	.....
6,60	.....	14,60	.....
6,80	.....	14,80	.....
7,00	.....	15,00	.....
7,20	.....	15,20	.....
7,40	.....	15,40	.....
7,60	.....	15,60	.....
7,80	.....	15,80	.....
8,00	.....	16,00	.....

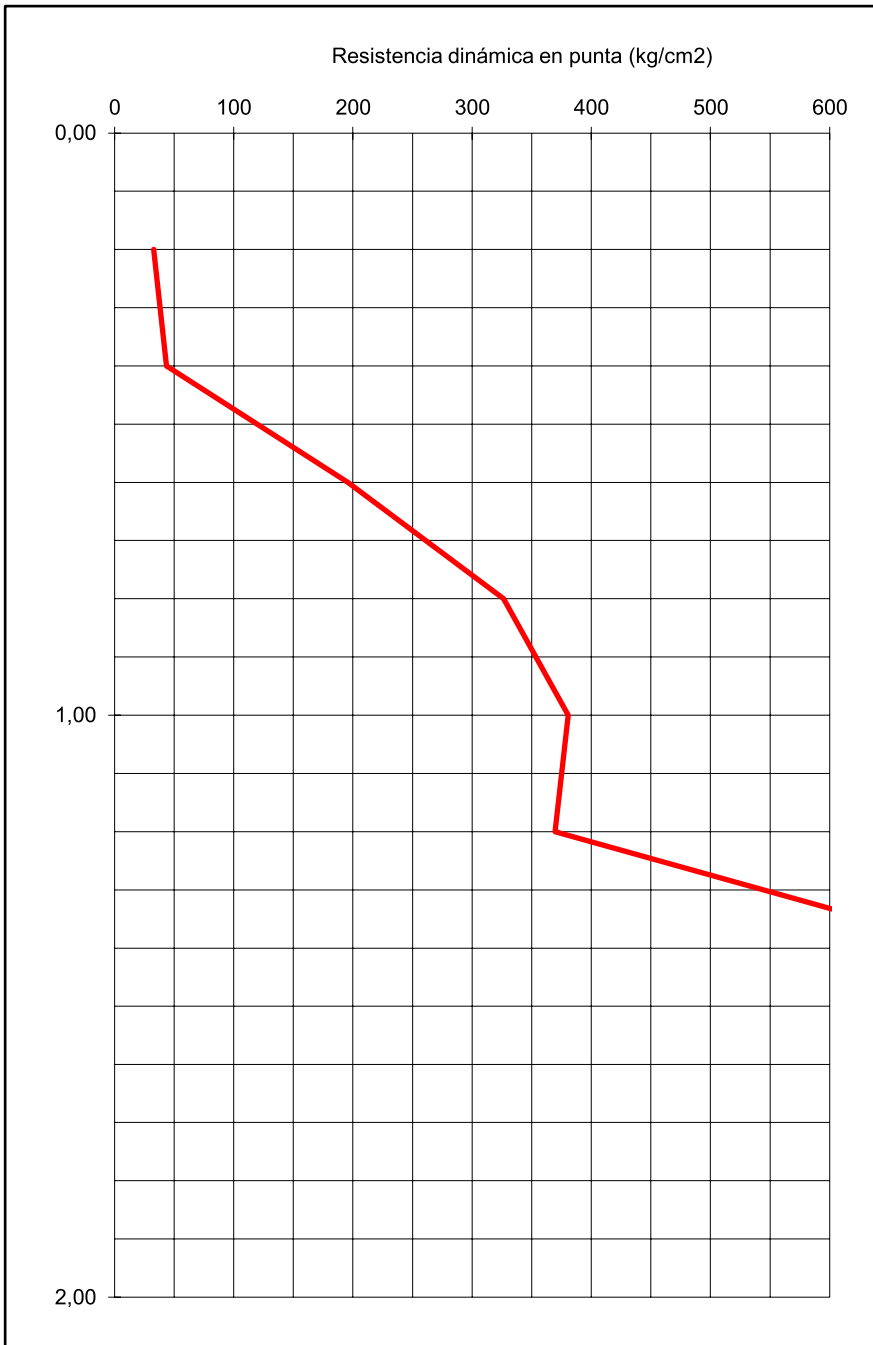
PETICIONARIO AECOM
INFORME ESTUDIO GEOTÉCNICO. ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. ZARAGOZA.

FECHA 5.11.24
ENSAYO DP-3
COTA 258,8
EQUIPO DPSH

COORDENADAS UTM (ETRS89) 30T 678823 4625529

ENSAYO DPSH

GOLPEO



Prof (m)	N _{DPSH}	Prof (m)	N _{DPSH}
0,20	3	8,20	.....
0,40	4	8,40	.....
0,60	18	8,60	.....
0,80	30	8,80	.....
1,00	35	9,00	.....
1,20	37	9,20	.....
1,40	72	9,40	.....
1,60	100	9,60	.....
1,80	9,80	.....
2,00	10,00	.....
2,20	10,20	.....
2,40	10,40	.....
2,60	10,60	.....
2,80	10,80	.....
3,00	11,00	.....
3,20	11,20	.....
3,40	11,40	.....
3,60	11,60	.....
3,80	11,80	.....
4,00	12,00	.....
4,20	12,20	.....
4,40	12,40	.....
4,60	12,60	.....
4,80	12,80	.....
5,00	13,00	.....
5,20	13,20	.....
5,40	13,40	.....
5,60	13,60	.....
5,80	13,80	.....
6,00	14,00	.....
6,20	14,20	.....
6,40	14,40	.....
6,60	14,60	.....
6,80	14,80	.....
7,00	15,00	.....
7,20	15,20	.....
7,40	15,40	.....
7,60	15,60	.....
7,80	15,80	.....
8,00	16,00	.....

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. nº 2024/4315. Fecha Visado: 29/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>. Cod.Ver.: 97970940.

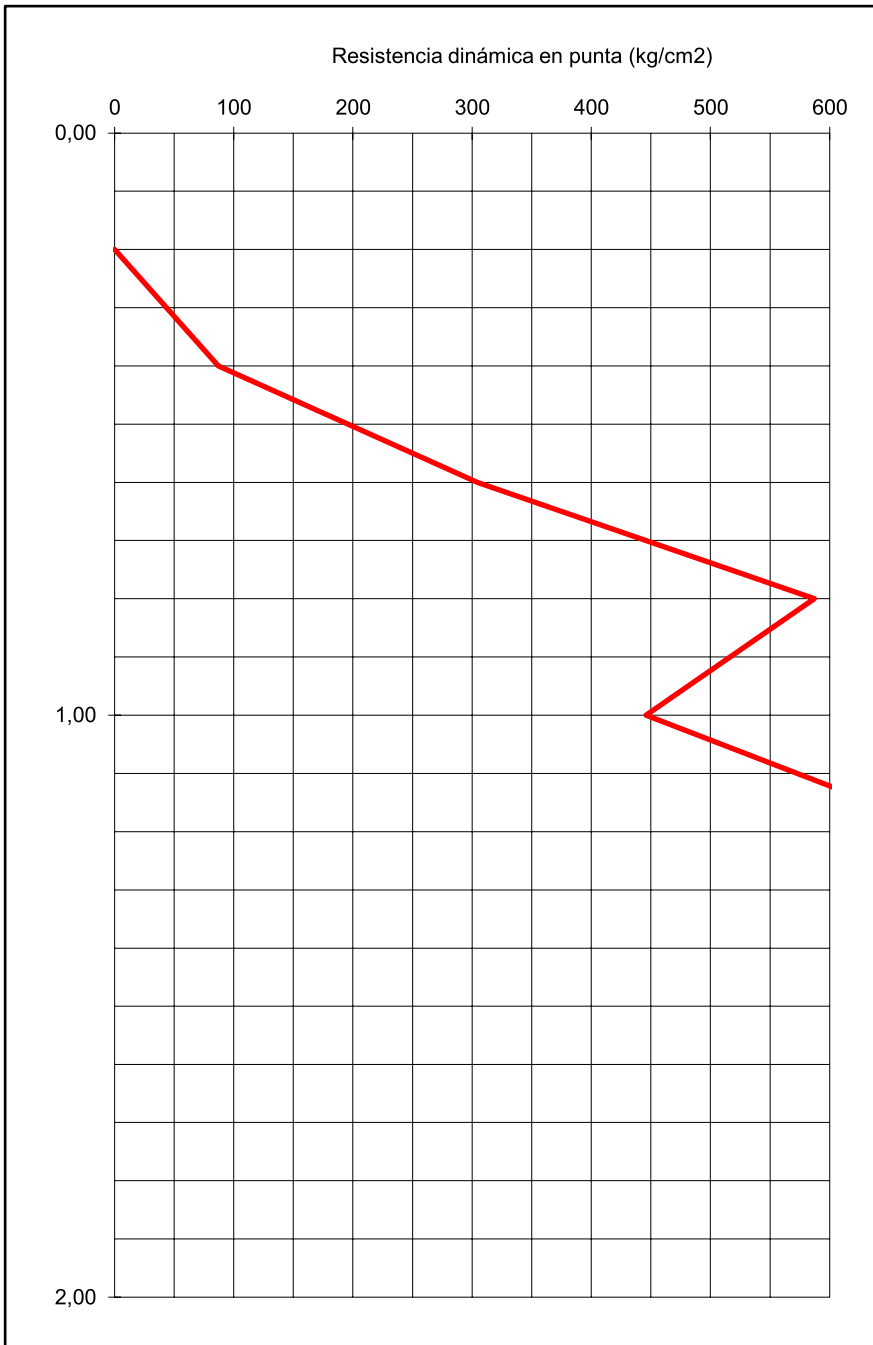
PETICIONARIO AECOM
INFORME ESTUDIO GEOTÉCNICO. ZAZ080. LÍNEA ELÉCTRICA. ZARAGOZA.

FECHA 5.11.24
ENSAYO DP-4
COTA 270,8
EQUIPO DPSH

COORDENADAS UTM (ETRS89) 30T 679144 4627606

ENSAYO DPSH

GOLPEO



Prof (m)	N _{DPSH}	Prof (m)	N _{DPSH}
0,20	0	8,20	.....
0,40	8	8,40	.....
0,60	28	8,60	.....
0,80	54	8,80	.....
1,00	41	9,00	.....
1,20	70	9,20	.....
1,40	100	9,40	.....
1,60	9,60	.....
1,80	9,80	.....
2,00	10,00	.....
2,20	10,20	.....
2,40	10,40	.....
2,60	10,60	.....
2,80	10,80	.....
3,00	11,00	.....
3,20	11,20	.....
3,40	11,40	.....
3,60	11,60	.....
3,80	11,80	.....
4,00	12,00	.....
4,20	12,20	.....
4,40	12,40	.....
4,60	12,60	.....
4,80	12,80	.....
5,00	13,00	.....
5,20	13,20	.....
5,40	13,40	.....
5,60	13,60	.....
5,80	13,80	.....
6,00	14,00	.....
6,20	14,20	.....
6,40	14,40	.....
6,60	14,60	.....
6,80	14,80	.....
7,00	15,00	.....
7,20	15,20	.....
7,40	15,40	.....
7,60	15,60	.....
7,80	15,80	.....
8,00	16,00	.....

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/4315, Fecha Visado: 29/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, No Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>, Cod.Ver.: 97970940.

ANEJO IV.- ACTAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

RESUMEN DE ENSAYOS

CARACTERIZACION DE MUESTRAS DE SUELOS

Acta nº **2434306** N° Copia **Copia 1. AECOM**

Referencia Muestra....	249114
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	8 de noviembre de 2024

Referencia Informe.....	EXP 24675
REF. CLIENTE	TP1 GRANEL (1,00 m)
PETICIONARIO	AECOM
DEN. OBRA	ZAZ 080

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRIA (UNE-EN ISO 17892-4:2019)

Cernido por el tamiz 20 UNE	77	[%]
Cernido por el tamiz 2 UNE	22	[%]
Cernido por el tamiz 0,40 UNE	18	[%]
Cernido por el tamiz 0,080 UNE	12	[%]

LIMITES DE ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12:2019)

Límite líquido	N. P.*
Límite plástico	N. P.*
Índice de plasticidad	N. P.*

COMPACTACION PROCTOR (UNE EN 103501:94)

Tipo compactacion	PROCTOR MODIFICADO
Densidad seca max	2,21 [g/cm³]
Humedad óptima	5,43 [%]

ENSAYOS QUIMICOS

MATERIA ORGANICA	UNE 103204	0,10	[%*]
CONTENIDO EN YESO	UNE 103206	< 0,1	[%*]
SALES SOLUBLES	UNE 103205	< 0,1	[%*]

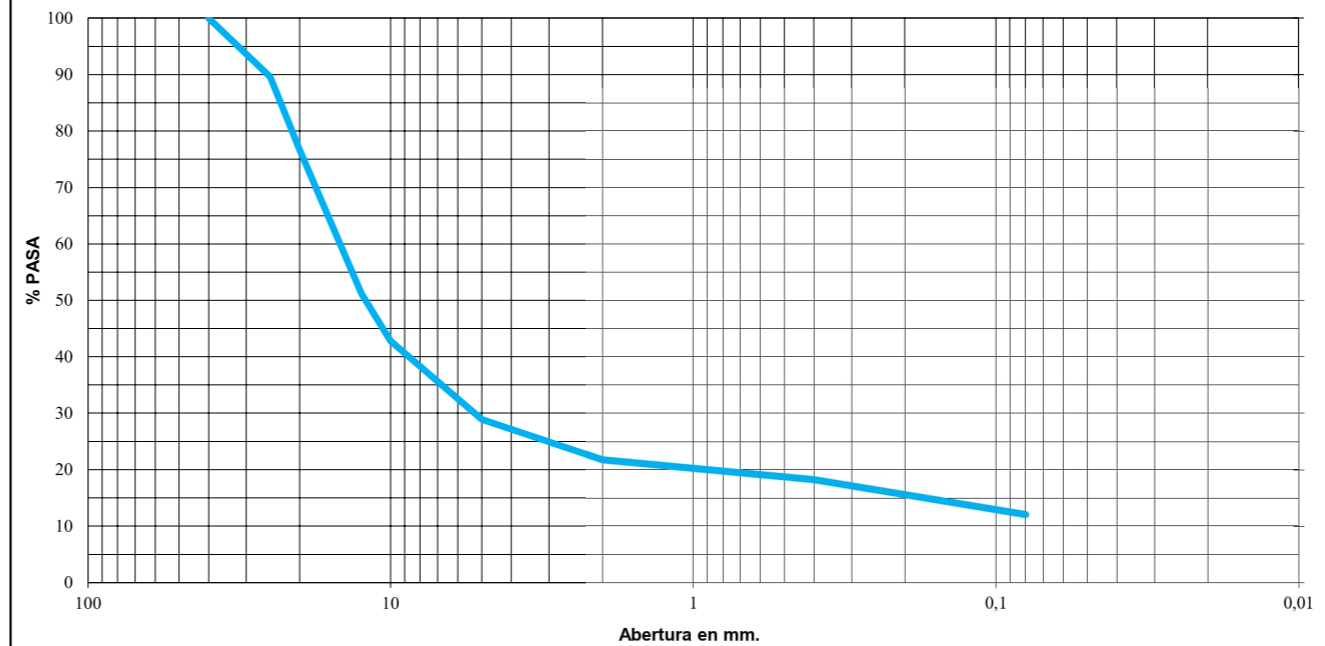
*Referido al total de la muestra

ENSAYO CBR (UNE 103502)

Tipo referencia	PROCTOR MODIFICADO		
1er molde	15 golpes	% Compactacion	85,69
		Índice CBR	20,00
		% Hinchamiento	0,07
2º molde	30 golpes	% Compactacion	96,06
		Índice CBR	27,58
		% Hinchamiento	0,06
3er molde	60 golpes	% Compactacion	99,91
		Índice CBR	30,04
		% Hinchamiento	0,02

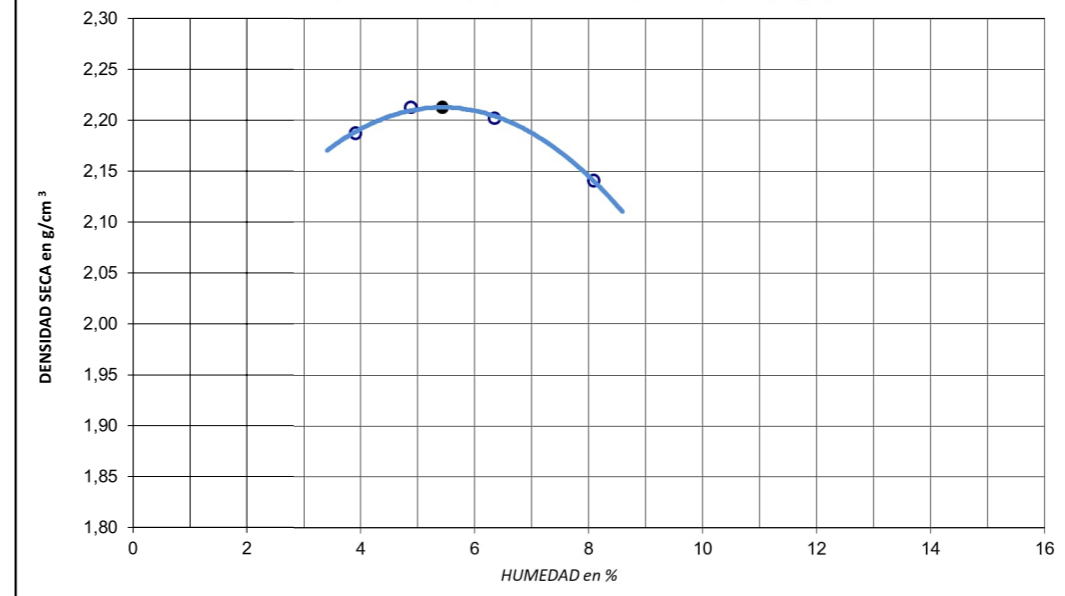
RESULTADOS GRAFICOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

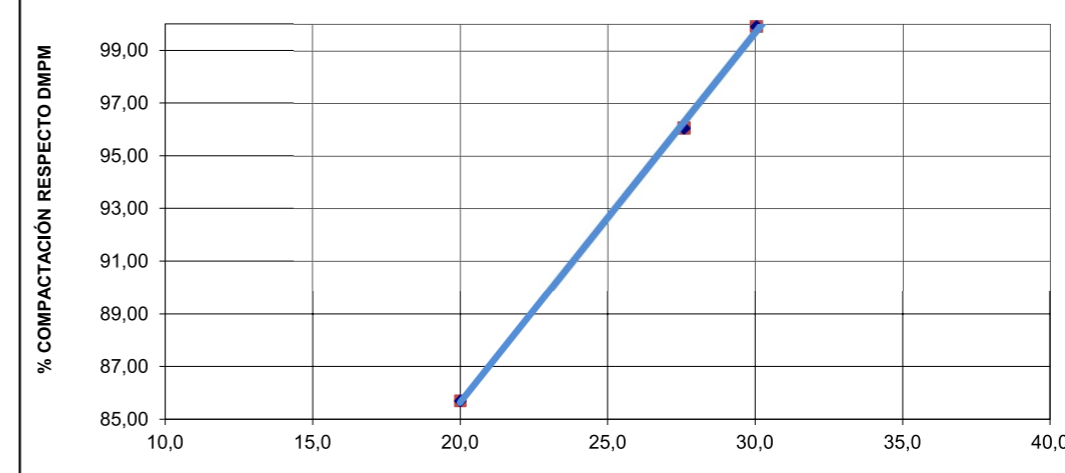


Tipo de Granulometria	
POR TAMIZADO	
Abertura tamiz	% q pasa
125	
100	
80	
63	
50	
40	100,0
25	89,6
20	76,7
12,5	51,2
10	42,8
5	28,9
2	21,8
0,4	18,3
0,08	12,1

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO



ENSAYO CBR



Eduardo Baquer
Director Técnico

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

Jose A Ballesteros
Responsable ensayo

Referencia Muestra.... **249114**

Referencia Informe..... **EXP 24675**

PROCEDENCIA **CALICATA**

REF. CLIENTE **TP1 GRANEL (1,00 m)**

TIPO DE MUESTRA **M. ALTERADA**

PETICIONARIO **AECOM**

FECHA ENTRADA **8 de noviembre de 2024**

DEN. OBRA **ZAZ 080**

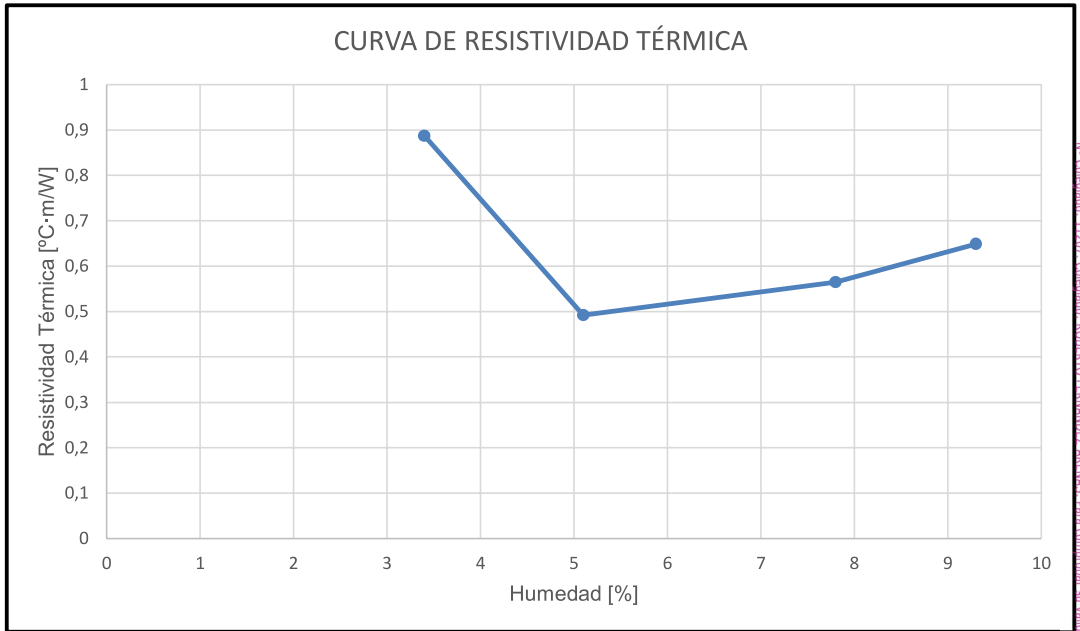
EQUIPO DE MEDIDA **DATA LOGGER TEMPOS CON SENSOR RK-3**

RESULTADOS ENSAYO

Humedad muestra [%]	Resistividad térmica [°C·m / W]
3,4	0,887
5,1	0,492
7,8	0,565
9,3	0,649

DATOS PROCTOR

TIPO	MODIFICADO
Hum Optima	5,43
DMPM	2,21



FOTOGRAFIAS DE LA MUESTRA Y DEL ENSAYO



VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

RESUMEN DE ENSAYOS

CARACTERIZACION DE MUESTRAS DE SUELOS

Acta nº **2434314** Nº Copia **Copia 1. AECOM**

Referencia Muestra....	249115
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	8 de noviembre de 2024

Referencia Informe.....	EXP 24675
REF. CLIENTE	TP2 GRANEL (0,90 m)
PETICIONARIO	AECOM
DEN. OBRA	ZAZ 080

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRIA (UNE-EN ISO 17892-4:2019)

Cernido por el tamiz 20 UNE	91	[%]
Cernido por el tamiz 2 UNE	40	[%]
Cernido por el tamiz 0,40 UNE	24	[%]
Cernido por el tamiz 0,080 UNE	16	[%]

LIMITES DE ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12:2019)

Límite líquido	33,2
Límite plástico	22,4
Índice de plasticidad	10,8

COMPACTACION PROCTOR (UNE EN 103501:94)

Tipo compactacion	PROCTOR MODIFICADO
Densidad seca max	2,06 [g/cm ³]
Humedad óptima	7,88 [%]

ENSAYOS QUIMICOS

MATERIA ORGANICA	UNE 103204	0,33	[%*]
CONTENIDO EN YESO	UNE 103206	< 0,1	[%*]
SALES SOLUBLES	UNE 103205	0,13	[%*]

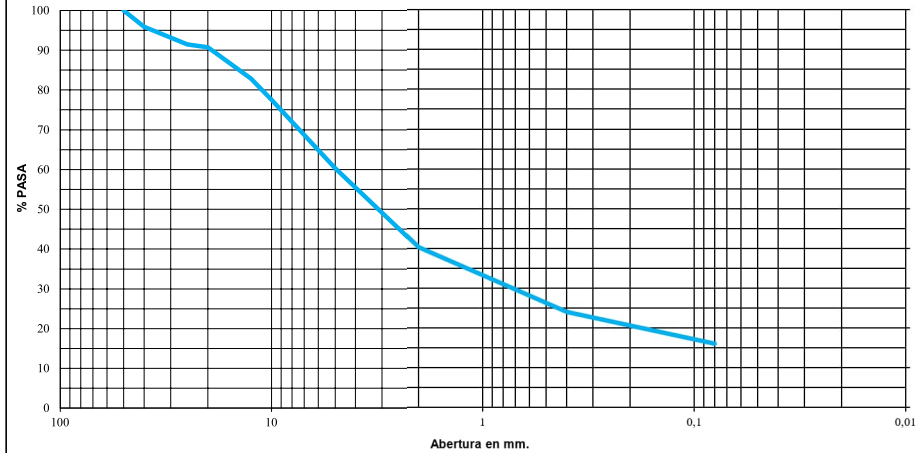
*Referido al total de la muestra

ENSAYO CBR (UNE 103502)

Tipo referencia	PROCTOR MODIFICADO		
1er molde 15 golpes	% Compactacion	89,48	
	Índice CBR	3,57	
	% Hinchamiento	0,89	
2º molde 30 golpes	% Compactacion	93,09	
	Índice CBR	35,91	
	% Hinchamiento	0,33	
3er molde 60 golpes	% Compactacion	100,01	
	Índice CBR	112,04	
	% Hinchamiento	0,03	

RESULTADOS GRAFICOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

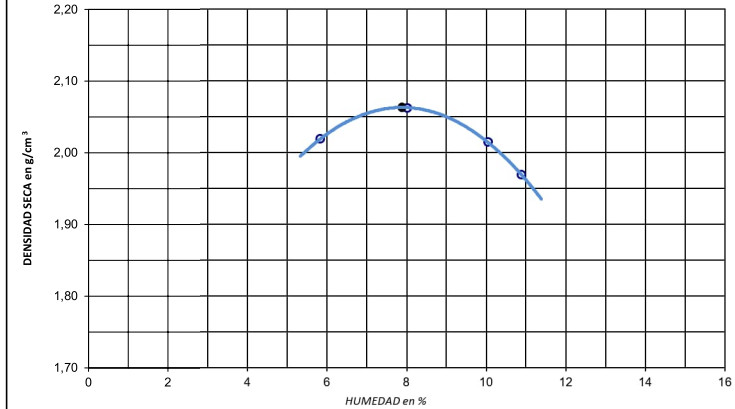


Tipo de Granulometría

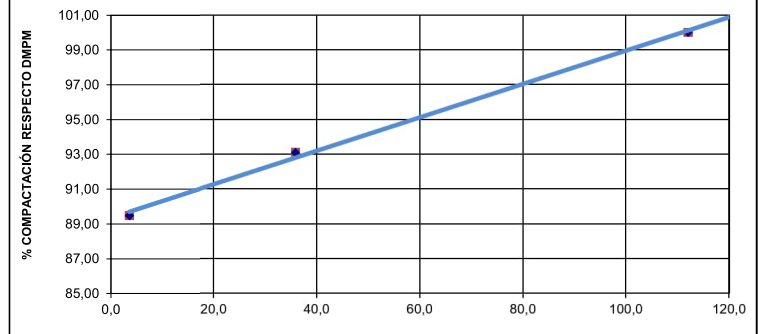
POR TAMIZADO

Abertura tamiz	% q pasa
125	100,0
100	95,9
80	91,5
63	90,7
50	82,9
40	77,6
25	60,3
20	40,3
12,5	23,9
10	16,0
5	60,3
2	40,3
0,4	23,9
0,08	16,0

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO



ENSAYO CBR



Eduardo Baquer
Director Técnico

Jose A Ballesteros
Responsable ensayo

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

RESUMEN DE ENSAYOS

CARACTERIZACION DE MUESTRAS DE SUELOS

Acta nº **2434332** N° Copia **Copia 1. AECOM**

Referencia Muestra....	249116
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	8 de noviembre de 2024

Referencia Informe.....	EXP 24675
REF. CLIENTE	TP3 GRANEL (1,30 m)
PETICIONARIO	AECOM
DEN. OBRA	ZAZ 080

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRIA (UNE-EN ISO 17892-4:2019)

Cernido por el tamiz 20 UNE	100	[%]
Cernido por el tamiz 2 UNE	99	[%]
Cernido por el tamiz 0,40 UNE	96	[%]
Cernido por el tamiz 0,080 UNE	89	[%]

LIMITES DE ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12:2019)

Límite líquido	27,0
Límite plástico	13,8
Índice de plasticidad	13,2

COMPACTACION PROCTOR (UNE EN 103501:94)

Tipo compactacion	PROCTOR MODIFICADO
Densidad seca max	1,98 [g/cm³]
Humedad óptima	10,49 [%]

COLAPSO EN EDOMETRO (NLT 254)

Presión axial	2,0 [Kg/cm²]
Tipo de compactación	98 % DMPM
Índice de colapso	0,0 [%]

ENSAYOS QUIMICOS

MATERIA ORGANICA	UNE 103204	0,18	[%*]
CONTENIDO EN YESO	UNE 103206	0,14	[%*]
SALES SOLUBLES	UNE 103205	0,19	[%*]
ACIDEZ BAUMANN-GULLY	UNE EN 16502	3	[ml/kg*]

*Referido al total de la muestra

ENSAYO CBR (UNE 103502)

Tipo referencia	PROCTOR MODIFICADO		
1er molde	15 golpes	% Compactacion	93,29
		Índice CBR	1,03
		% Hinchamiento	0,98
2º molde	30 golpes	% Compactacion	95,73
		Índice CBR	2,10
		% Hinchamiento	0,69
3er molde	60 golpes	% Compactacion	99,75
		Índice CBR	3,07
		% Hinchamiento	0,40

HINCHAMIENTO LIBRE EN EDOMETRO (UNE 103601)

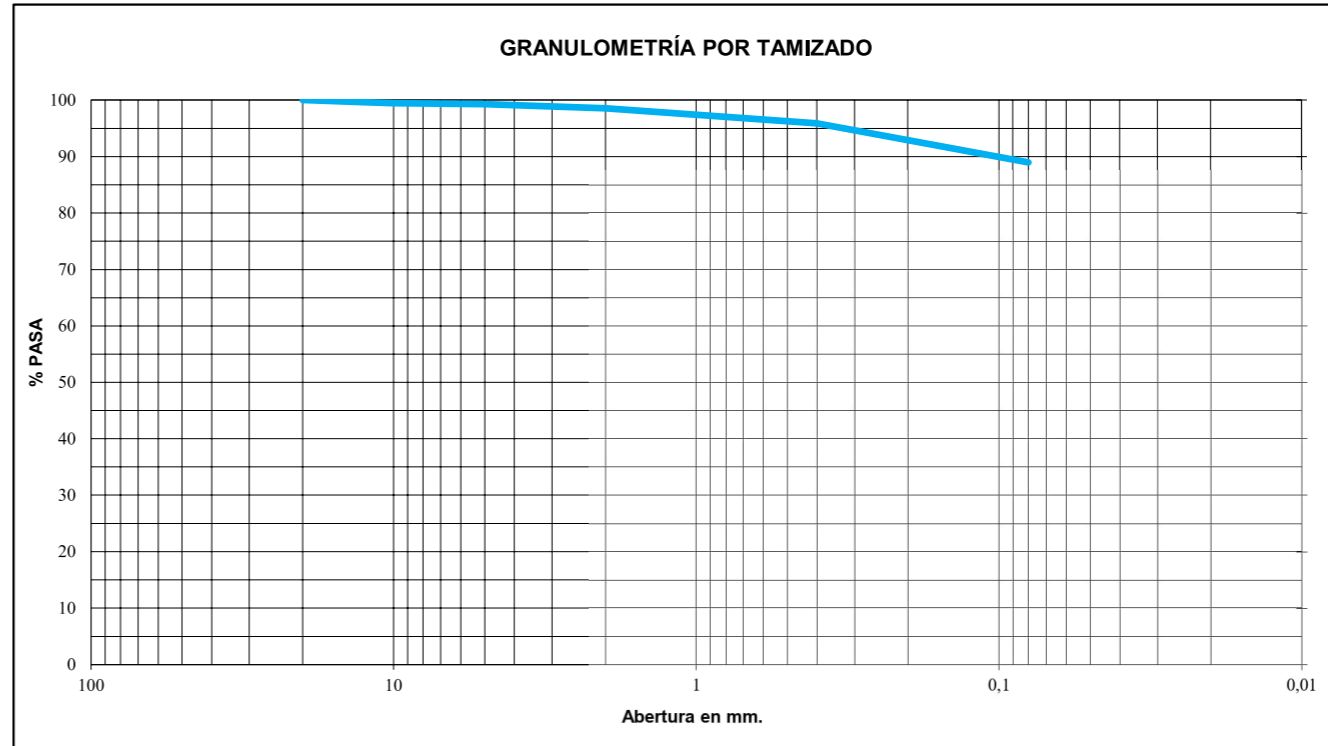
Tipo de compactación	98 % DMPM
Valor hinchamiento	0,7 [%]

Eduardo Baquer
Director Técnico

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

Jose A Ballesteros
Responsable ensayo

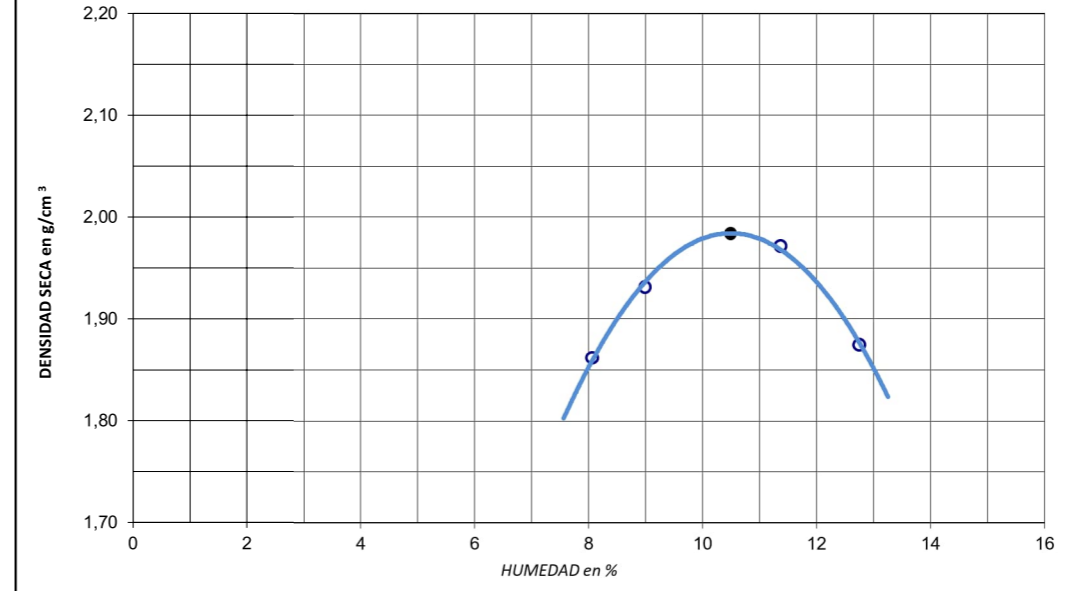
RESULTADOS GRAFICOS DE LOS ENSAYOS



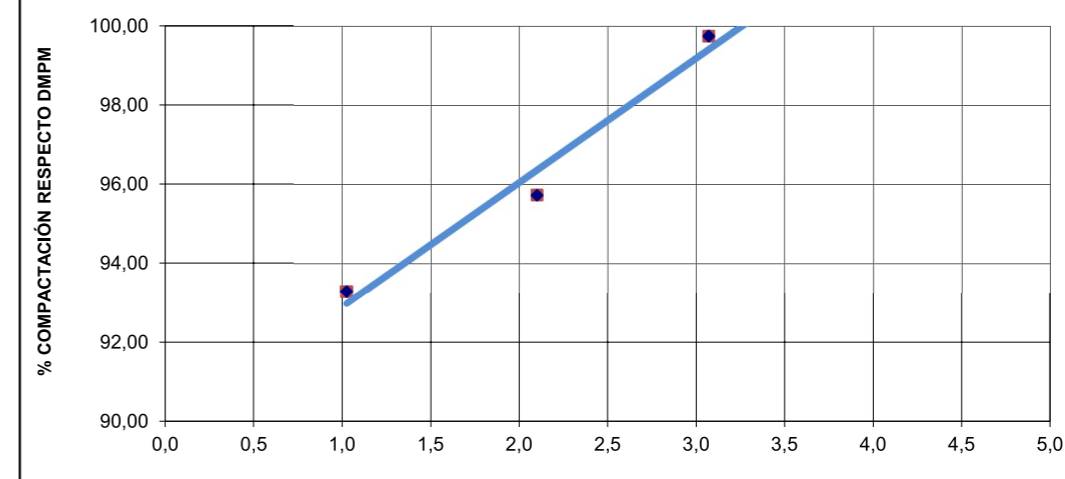
Tipo de Granulometria	
POR TAMIZADO	
Abertura tamiz	% q pasa
125	100,0
100	99,6
80	99,5
63	99,3
50	98,6
40	95,9
25	95,9
20	95,9
12,5	99,6
10	99,5
5	99,3
2	98,6
0,4	95,9
0,08	88,9

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024-04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COII, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERRANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: https://www.ccoim.es/verificacion, Cod.Ver: 87870340.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO



ENSAYO CBR



Ensayo **DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD TÉRMICA DE UN SUELO**

Norma **ASTM D5534**

Acta nº
2434331

Nº Copia
Copia 1. AECOM

Referencia Muestra.... **249116**

Referencia Informe..... **EXP 24675**

PROCEDENCIA **CALICATA**

REF. CLIENTE **TP3 GRANEL (1,30 m)**

TIPO DE MUESTRA **M. ALTERADA**

PETICIONARIO **AECOM**

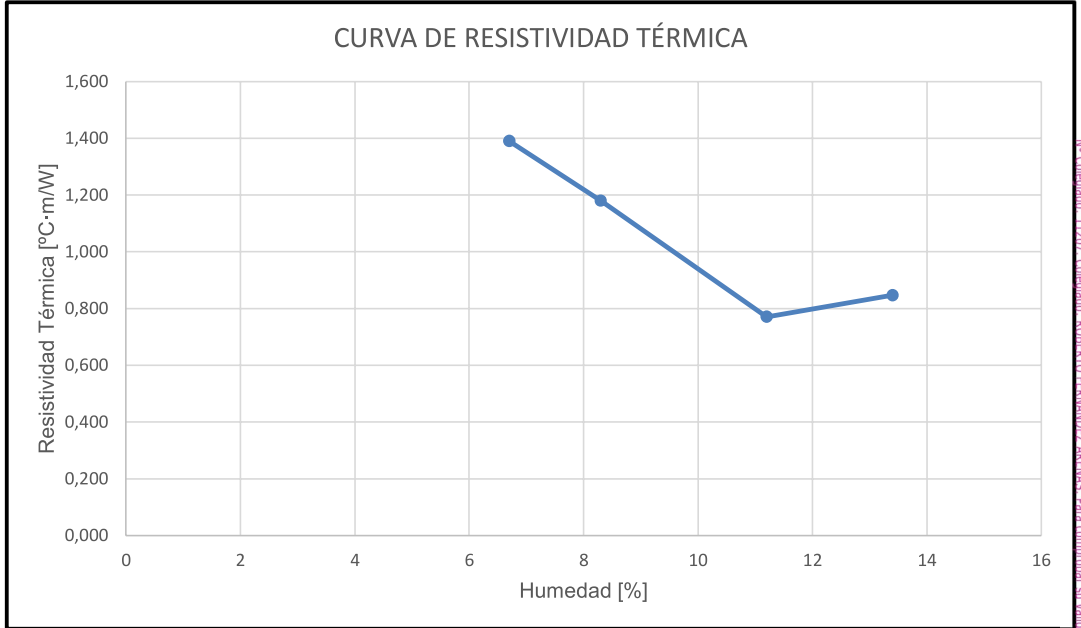
FECHA ENTRADA **8 de noviembre de 2024**

DEN. OBRA **ZAZ 080**

EQUIPO DE MEDIDA **DATA LOGGER TEMPOS CON SENSOR RK-3**

RESULTADOS ENSAYO

Humedad muestra [%]	Resistividad térmica [°C·m / W]
6,7	1,390
8,3	1,180
11,2	0,771
13,4	0,847



DATOS PROCTOR

TIPO	MODIFICADO
Hum Optima	10,49
DMPM	1,98

FOTOGRAFIAS DE LA MUESTRA Y DEL ENSAYO



VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

RESUMEN DE ENSAYOS

CARACTERIZACION DE MUESTRAS DE SUELOS

Acta nº **2434332** N° Copia **Copia 1. AECOM**

Referencia Muestra....	249117
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	8 de noviembre de 2024

Referencia Informe.....	EXP 24675
REF. CLIENTE	TP4 GRANEL (1,15 m)
PETICIONARIO	AECOM
DEN. OBRA	ZAZ 080

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRIA (UNE-EN ISO 17892-4:2019)

Cernido por el tamiz 20 UNE	65	[%]
Cernido por el tamiz 2 UNE	33	[%]
Cernido por el tamiz 0,40 UNE	26	[%]
Cernido por el tamiz 0,080 UNE	9	[%]

LIMITES DE ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12:2019)

Límite líquido	N. P.*
Límite plástico	N. P.*
Índice de plasticidad	N. P.*

COMPACTACION PROCTOR (UNE EN 103501:94)

Tipo compactacion	PROCTOR MODIFICADO
Densidad seca max	2,02 [g/cm³]
Humedad óptima	8,33 [%]

ENSAYOS QUIMICOS

MATERIA ORGANICA	UNE 103204	0,13	[%*]
CONTENIDO EN YESO	UNE 103206	< 0,1	[%*]
SALES SOLUBLES	UNE 103205	< 0,1	[%*]

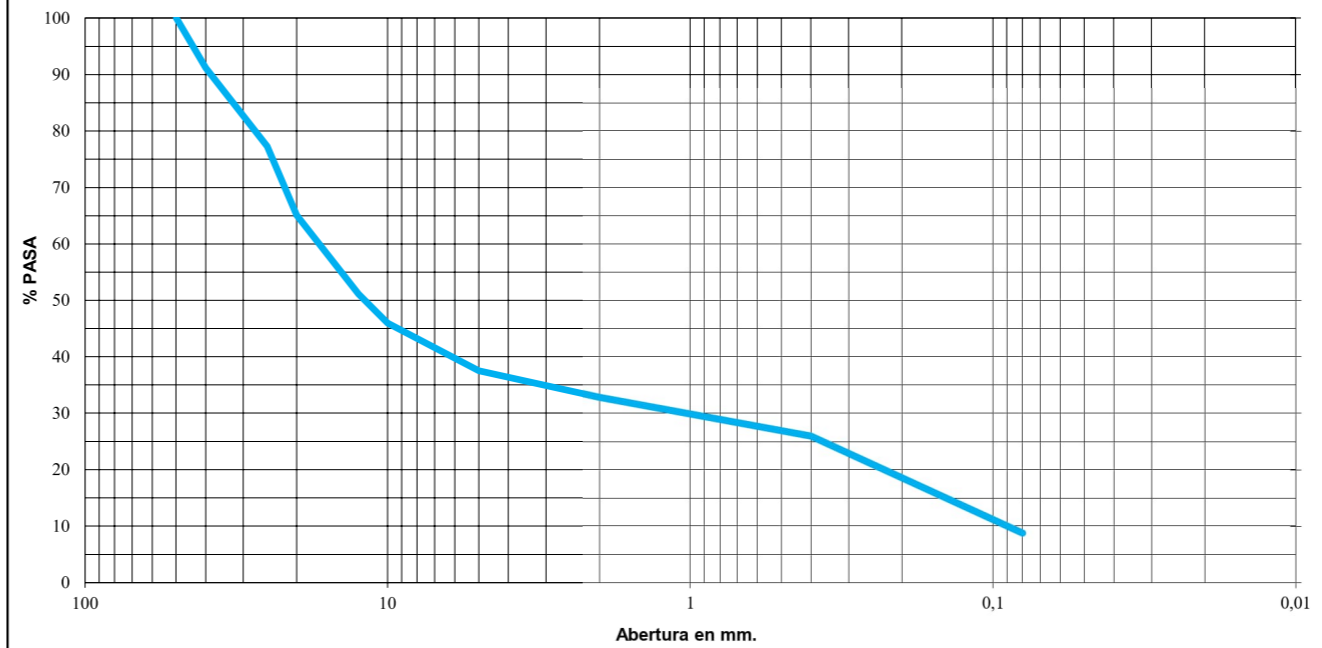
*Referido al total de la muestra

ENSAYO CBR (UNE 103502)

Tipo referencia	PROCTOR MODIFICADO		
1er molde 15 golpes	% Compactacion	93,68	
	Índice CBR	6,69	
	% Hinchamiento	0,01	
2º molde 30 golpes	% Compactacion	97,44	
	Índice CBR	18,59	
	% Hinchamiento	0,02	
3er molde 60 golpes	% Compactacion	100,04	
	Índice CBR	31,51	
	% Hinchamiento	0,01	

RESULTADOS GRAFICOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO



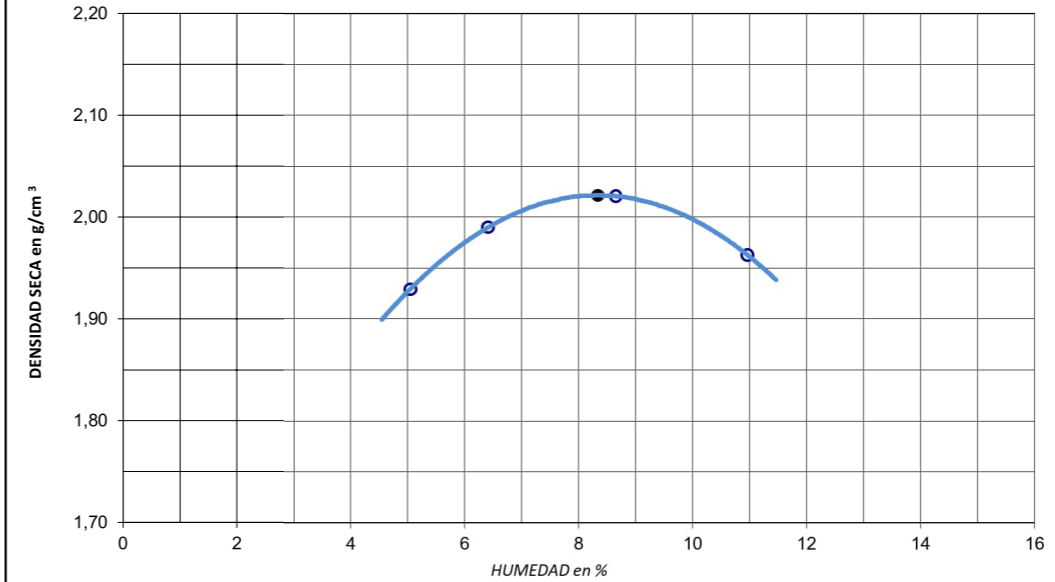
Tipo de Granulometria

POR TAMIZADO

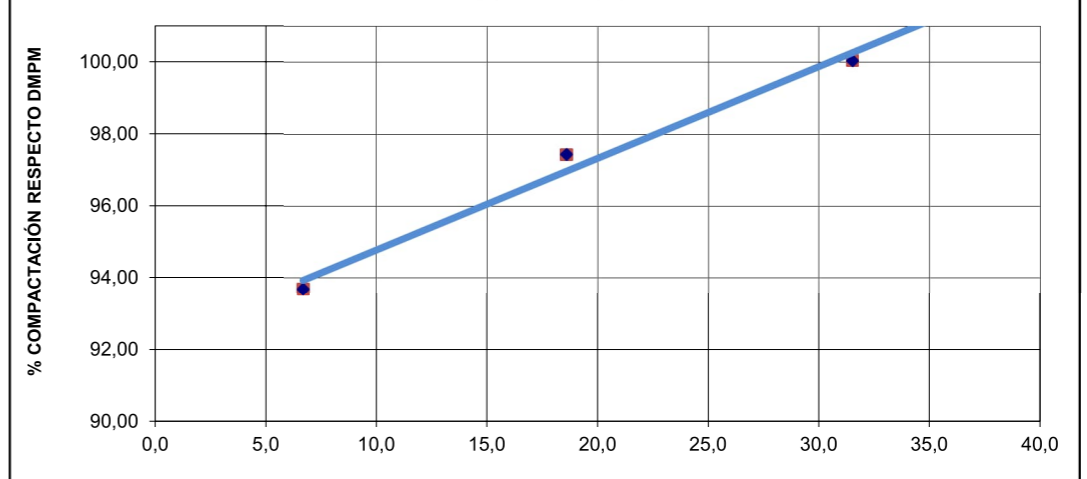
Abertura tamiz	% q pasa
125	
100	
80	
63	
50	100,0
40	91,2
25	77,3
20	65,1
12,5	51,2
10	46,0
5	37,5
2	32,8
0,4	26,0
0,08	8,8

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024-04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/verificador, Cod.Ver: 87870340.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO



ENSAYO CBR



Eduardo Baquer
Director Técnico

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

Jose A Ballesteros
Responsable ensayo

RESUMEN DE ENSAYOS

CARACTERIZACION DE MUESTRAS DE SUELOS

Acta nº **2434351** Nº Copia **Copia 1. AECOM**

Referencia Muestra....	249121
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	8 de noviembre de 2024

Referencia Informe.....	EXP 24675
REF. CLIENTE	TP5 GRANEL (1,15 m)
PETICIONARIO	AECOM
DEN. OBRA	ZAZ 080

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRIA (UNE-EN ISO 17892-4:2019)

Cernido por el tamiz 20 UNE	93	[%]
Cernido por el tamiz 2 UNE	31	[%]
Cernido por el tamiz 0,40 UNE	16	[%]
Cernido por el tamiz 0,080 UNE	9	[%]

LIMITES DE ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12:2019)

Límite líquido	N. P.*
Límite plástico	N. P.*
Índice de plasticidad	N. P.*

COMPACTACION PROCTOR (UNE EN 103501:94)

Tipo compactacion	PROCTOR MODIFICADO
Densidad seca max	2,08 [g/cm ³]
Humedad óptima	7,84 [%]

ENSAYOS QUIMICOS

MATERIA ORGANICA	UNE 103204	0,13	[%*]
CONTENIDO EN YESO	UNE 103206	< 0,1	[%*]
SALES SOLUBLES	UNE 103205	< 0,1	[%*]

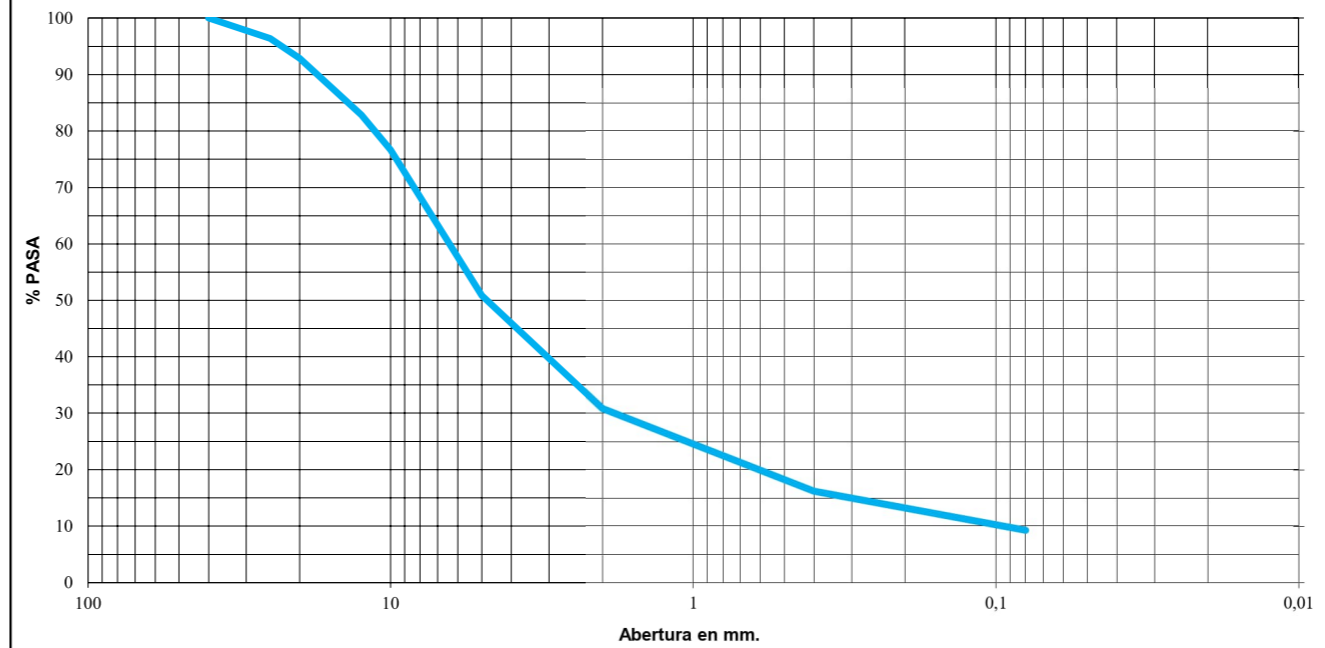
*Referido al total de la muestra

ENSAYO CBR (UNE 103502)

Tipo referencia	PROCTOR MODIFICADO		
1er molde 15 golpes	% Compactacion	87,42	
	Índice CBR	50,11	
	% Hinchamiento	0,54	
2º molde 30 golpes	% Compactacion	97,52	
	Índice CBR	76,78	
	% Hinchamiento	0,15	
3er molde 60 golpes	% Compactacion	99,84	
	Índice CBR	83,46	
	% Hinchamiento	0,07	

RESULTADOS GRAFICOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO



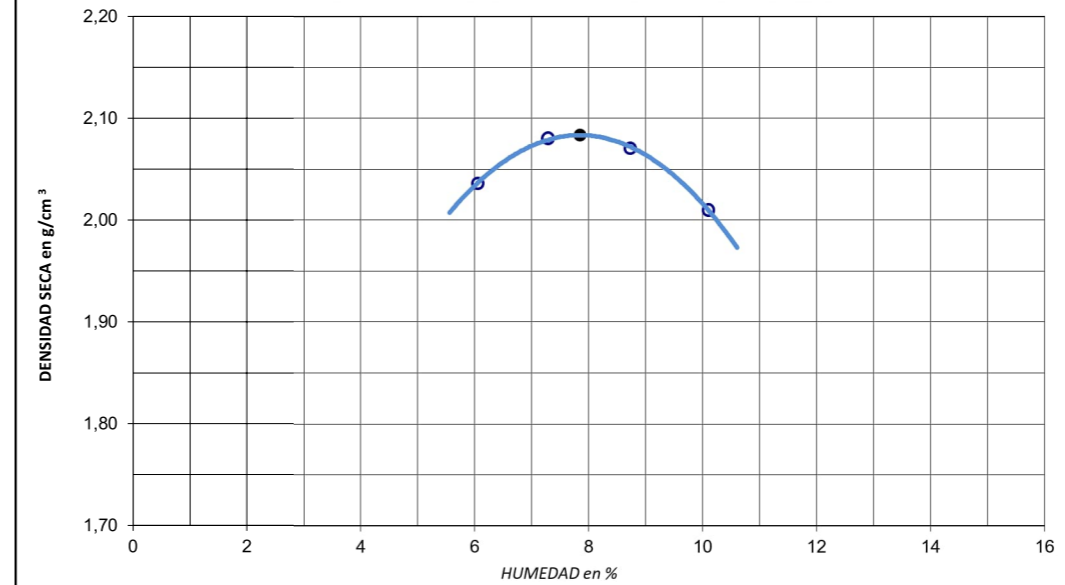
Tipo de Granulometria

POR TAMIZADO

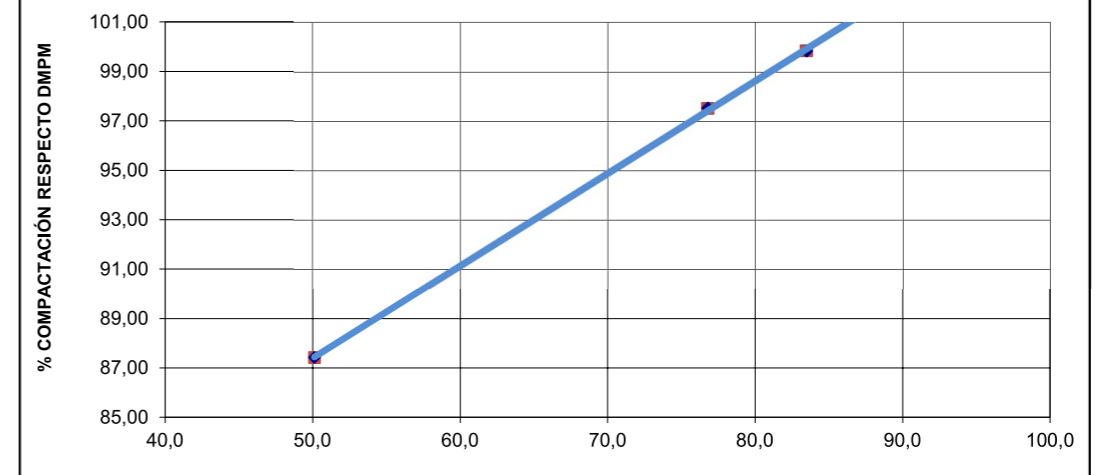
Abertura tamiz	% q pasa
125	
100	
80	
63	
50	
40	100,0
25	96,4
20	92,8
12,5	82,8
10	76,7
5	50,8
2	30,8
0,4	16,2
0,08	9,3

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024-04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COII, Nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERRANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: https://www.coinm.es/verificacion, Cod.Ver: 87870340.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO



ENSAYO CBR



Eduardo Baquer
Director Técnico

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

Jose A Ballesteros
Responsable ensayo

Referencia Muestra.... **249121**

Referencia Informe..... **EXP 24675**

PROCEDENCIA **CALICATA**

REF. CLIENTE **TP5 GRANEL (1,15 m)**

TIPO DE MUESTRA **M. ALTERADA**

PETICIONARIO **AECOM**

FECHA ENTRADA **8 de noviembre de 2024**

DEN. OBRA **ZAZ 080**

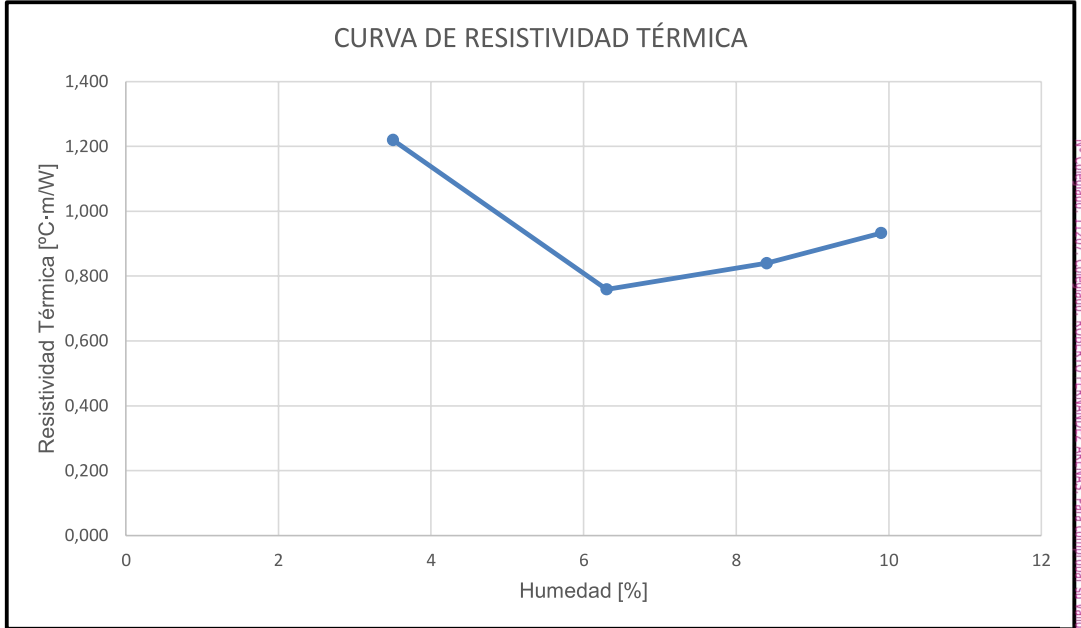
EQUIPO DE MEDIDA **DATA LOGGER TEMPOS CON SENSOR RK-3**

RESULTADOS ENSAYO

Humedad muestra [%]	Resistividad térmica [°C·m / W]
3,5	1,220
6,3	0,759
8,4	0,840
9,9	0,933

DATOS PROCTOR

TIPO	MODIFICADO
Hum Optima	7,84
DMPM	2,08



FOTOGRAFIAS DE LA MUESTRA Y DEL ENSAYO



VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

RESUMEN DE ENSAYOS

CARACTERIZACION DE MUESTRAS DE SUELOS

Acta nº 2434359 N° Copia Copia 1. AECOM

Referencia Muestra.... 249122
 PROCEDENCIA CALICATA
 TIPO DE MUESTRA M. ALTERADA
 FECHA ENTRADA 8 de noviembre de 2024

Referencia Informe..... EXP 24675
 REF. CLIENTE TP6 GRANEL (1,15 m)
 PETICIONARIO AECOM
 DEN. OBRA ZAZ 080

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRIA (UNE-EN ISO 17892-4:2019)

Cernido por el tamiz 20 UNE **91** [%]
 Cernido por el tamiz 2 UNE **32** [%]
 Cernido por el tamiz 0,40 UNE **13** [%]
 Cernido por el tamiz 0,080 UNE **8** [%]

ENSAYOS QUIMICOS

MATERIA ORGANICA UNE 103204 **0,15** [%*]
 CONTENIDO EN YESO UNE 103206 **< 0,1** [%*]
 SALES SOLUBLES UNE 103205 **< 0,1** [%*]

*Referido al total de la muestra

LIMITES DE ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12:2019)

Limite líquido **N. P.***
 Limite plástico **N. P.***
 Indice de plasticidad **N. P.***

ENSAYO CBR (UNE 103502)

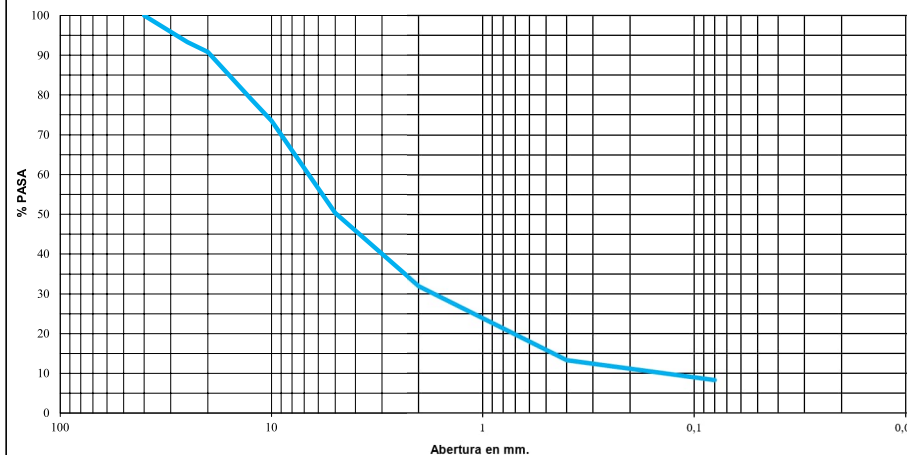
Tipo referencia		PROCTOR MODIFICADO		
1er molde	15 golpes	% Compactacion		92,96
		Indice CBR		10,06
		% Hinchamiento		1,20
2º molde	30 golpes	% Compactacion		97,49
		Indice CBR		51,47
		% Hinchamiento		0,46
3er molde	60 golpes	% Compactacion		99,95
		Indice CBR		99,16
		% Hinchamiento		0,02

COMPACTACION PROCTOR (UNE EN 103501:94)

Tipo compactacion PROCTOR MODIFICADO
 Densidad seca max **2,14** [g/cm³]
 Humedad óptima **8,16** [%]

RESULTADOS GRAFICOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO



RESUMEN DE ENSAYOS

CARACTERIZACION DE MUESTRAS DE SUELOS

Acta nº 2434360 N° Copia Copia 1. AECOM

Referencia Muestra....	249123
PROCEDECIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	8 de noviembre de 2024

Referencia Informe.....	EXP 24675
REF. CLIENTE	TP7 GRANEL (1,10 m)
PETICIONARIO	AECOM
DEN. OBRA	ZAZ 080

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRIA (UNE-EN ISO 17892-4:2019)

Cernido por el tamiz 20 UNE	91	[%]
Cernido por el tamiz 2 UNE	33	[%]
Cernido por el tamiz 0,40 UNE	14	[%]
Cernido por el tamiz 0,080 UNE	10	[%]

LIMITES DE ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12:2019)

Límite líquido	25,8
Límite plástico	14,6
Índice de plasticidad	11,2

COMPACTACION PROCTOR (UNE EN 103501:94)

Tipo compactacion	PROCTOR MODIFICADO
Densidad seca max	2,07 [g/cm³]
Humedad óptima	5,35 [%]

ENSAYOS QUIMICOS

MATERIA ORGANICA	UNE 103204	< 0,1	[%*]
CONTENIDO EN YESO	UNE 103206	< 0,1	[%*]
SALES SOLUBLES	UNE 103205	< 0,1	[%*]

*Referido al total de la muestra

ENSAYO CBR (UNE 103502)

Tipo referencia	PROCTOR MODIFICADO		
1er molde 15 golpes	% Compactacion		86,83
	Índice CBR		17,40
	% Hinchamiento		0,43
2º molde 30 golpes	% Compactacion		90,48
	Índice CBR		21,80
	% Hinchamiento		0,17
3er molde 60 golpes	% Compactacion		100,01
	Índice CBR		36,80
	% Hinchamiento		0,09

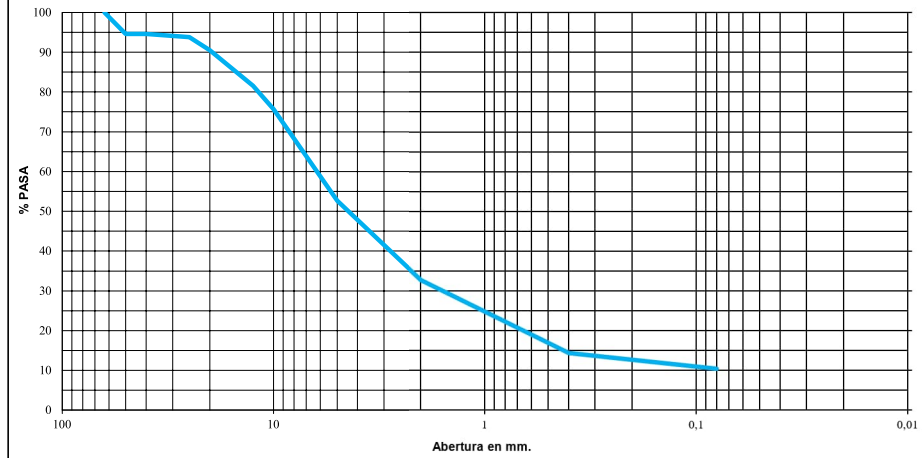
Eduardo Baquer
Director Técnico

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

Jose A Ballesteros
Responsable ensayo

RESULTADOS GRAFICOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

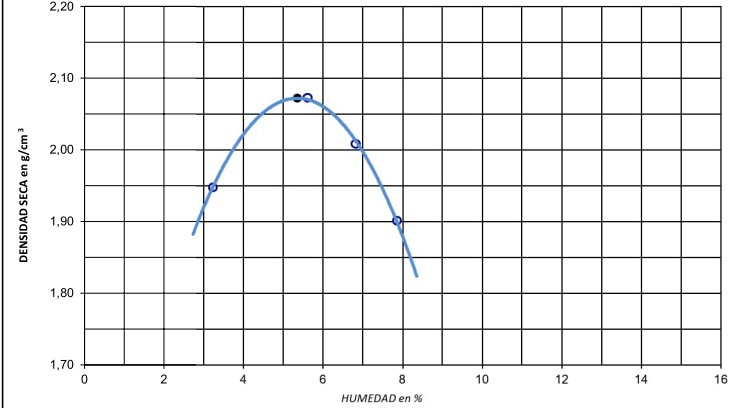


Tipo de Granulometría

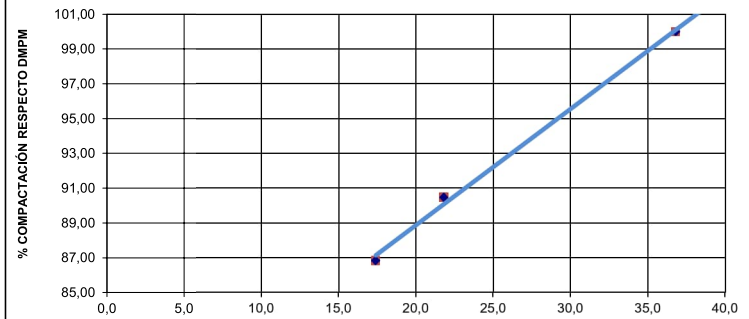
POR TAMIZADO	
Abertura tamiz	% q pasa
125	
100	
80	
63	100
50	94,6
40	91,5
25	52,7
20	32,7
12,5	14,6
10	10,0
5	5,27
2	3,27
0,4	1,40
0,08	1,00

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/04315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Documento 12124071-0000301-20250828-12:21:53 para: MANDUZ ARENAS. Para comprobar su validez: https://www.com.es/Verificacion_Cod_Ver: 87370340.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO



ENSAYO CBR



Referencia Muestra.... **249123**

Referencia Informe..... **EXP 24675**

PROCEDENCIA **CALICATA**

REF. CLIENTE **TP7 GRANEL (1,10 m)**

TIPO DE MUESTRA **M. ALTERADA**

PETICIONARIO **AECOM**

FECHA ENTRADA **8 de noviembre de 2024**

DEN. OBRA **ZAZ 080**

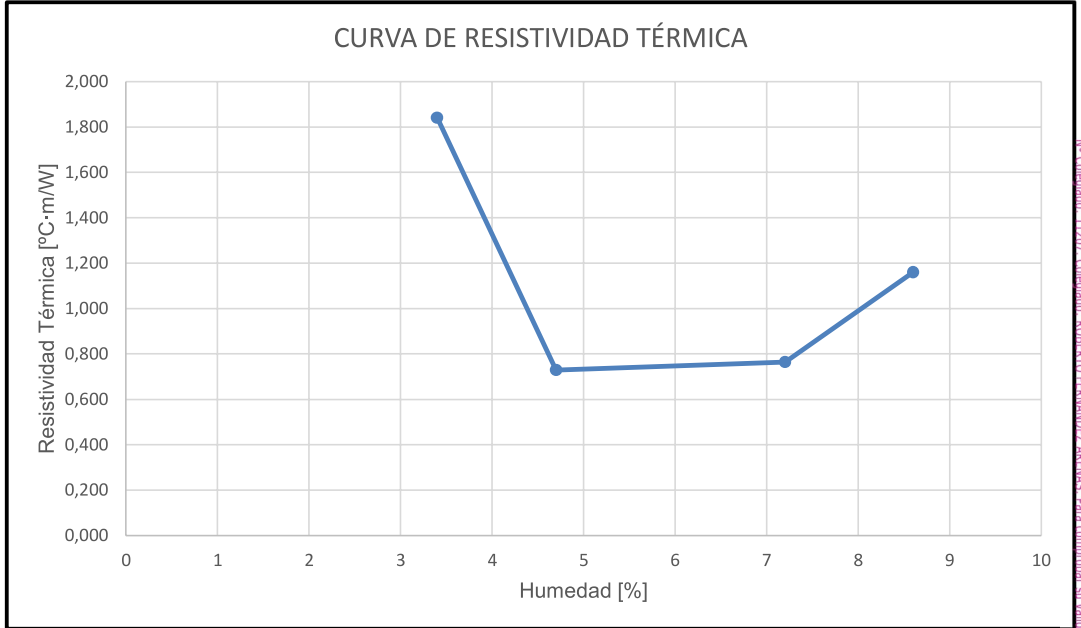
EQUIPO DE MEDIDA **DATA LOGGER TEMPOS CON SENSOR RK-3**

RESULTADOS ENSAYO

Humedad muestra [%]	Resistividad térmica [°C·m / W]
3,4	1,840
4,7	0,729
7,2	0,764
8,6	1,160

DATOS PROCTOR

TIPO	MODIFICADO
Hum Optima	5,35
DMPM	2,07



FOTOGRAFIAS DE LA MUESTRA Y DEL ENSAYO



VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

Referencia Muestra....	249124
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	8 de noviembre de 2024

Referencia Informe.....	EXP 24675
REF. CLIENTE	TP8 bis GRANEL (1,00 m)
PETICIONARIO	AECOM
DEN. OBRA	ZAZ 080

--	--

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

GRANULOMETRIA (UNE-EN ISO 17892-4:2019)		
Cernido por el tamiz 20 UNE	86	[%]
Cernido por el tamiz 2 UNE	35	[%]
Cernido por el tamiz 0,40 UNE	24	[%]
Cernido por el tamiz 0,080 UNE	12	[%]

ENSAYOS QUIMICOS			
MATERIA ORGANICA	UNE 103204	0,18	[%*]
CONTENIDO EN YESO	UNE 103206	< 0,1	[%*]
SALES SOLUBLES	UNE 103205	< 0,1	[%*]

*Referido al total de la muestra

LIMITES DE ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12:2019)	
Limite líquido	N. P.*
Limite plástico	N. P.*
Indice de plasticidad	N. P.*

ENSAYO CBR (UNE 103502)				
Tipo referencia		PROCTOR MODIFICADO		
1er molde	15 golpes	% Compactacion	93,51	
		Indice CBR	5,32	
		% Hinchamiento	0,11	
2º molde	30 golpes	% Compactacion	98,46	
		Indice CBR	24,37	
		% Hinchamiento	0,01	
3er molde	60 golpes	% Compactacion	99,75	
		Indice CBR	30,06	
		% Hinchamiento	0,05	

COMPACTACION PROCTOR (UNE EN 103501:94)		
Tipo compactacion	PROCTOR MODIFICADO	
Densidad seca max	2,06	[g/cm ³]
Humedad óptima	6,98	[%]

--	--

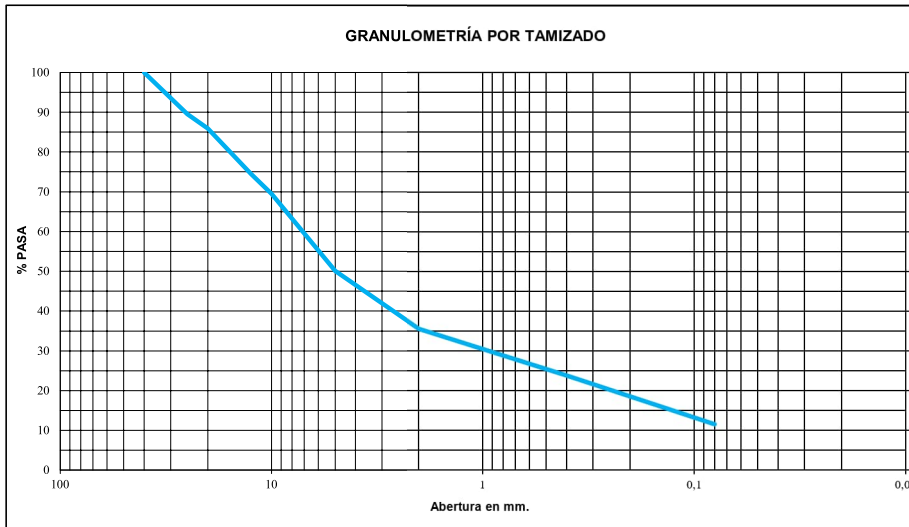
--	--

Eduardo Baquer
Director Técnico

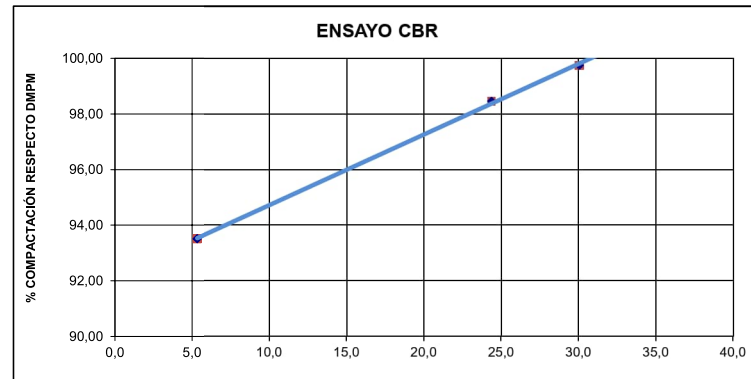
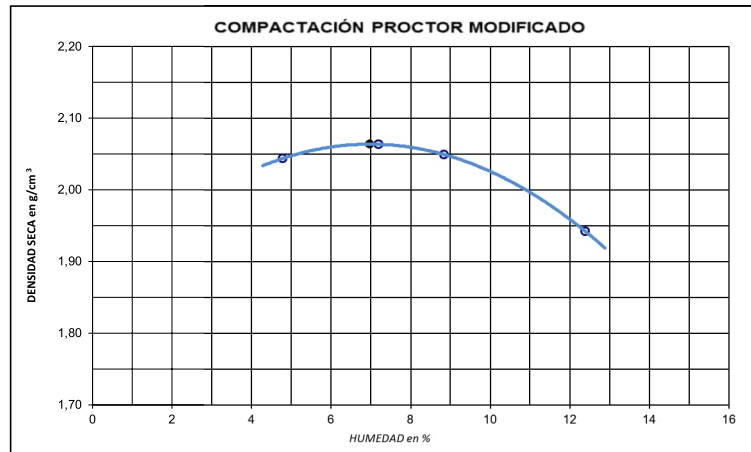
Jose A Ballesteros
Responsable ensayo

Caspe, a 28 de noviembre de 2024

RESULTADOS GRAFICOS DE LOS ENSAYOS

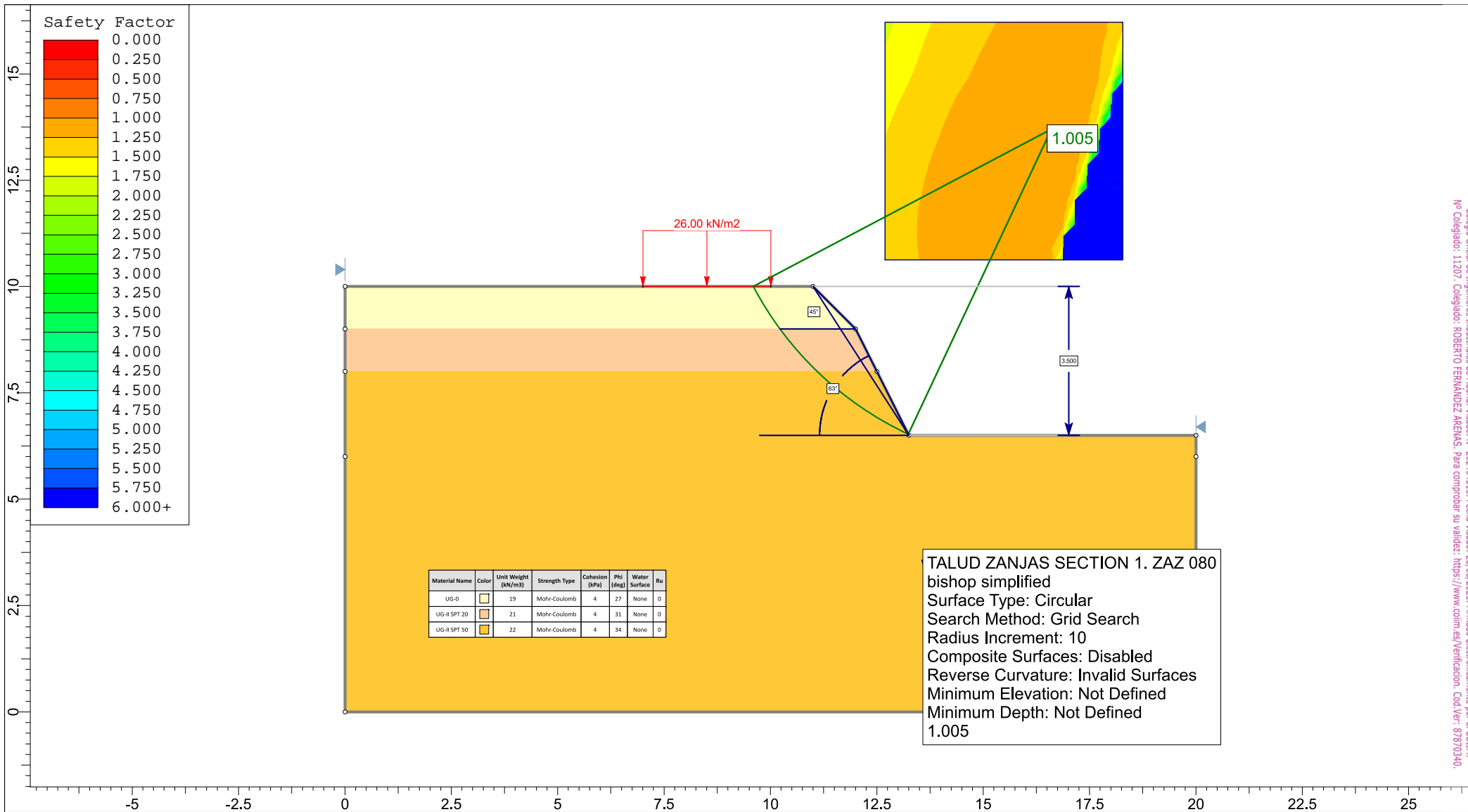


Tipo de Granulometría	
POR TAMIZADO	
Abertura tamiz	% q pasa
125	
100	
80	
63	
50	
40	100,0
25	89,5
20	85,9
12,5	74,4
10	69,5
5	50,1
2	35,5
0,4	23,7
0,08	11,5



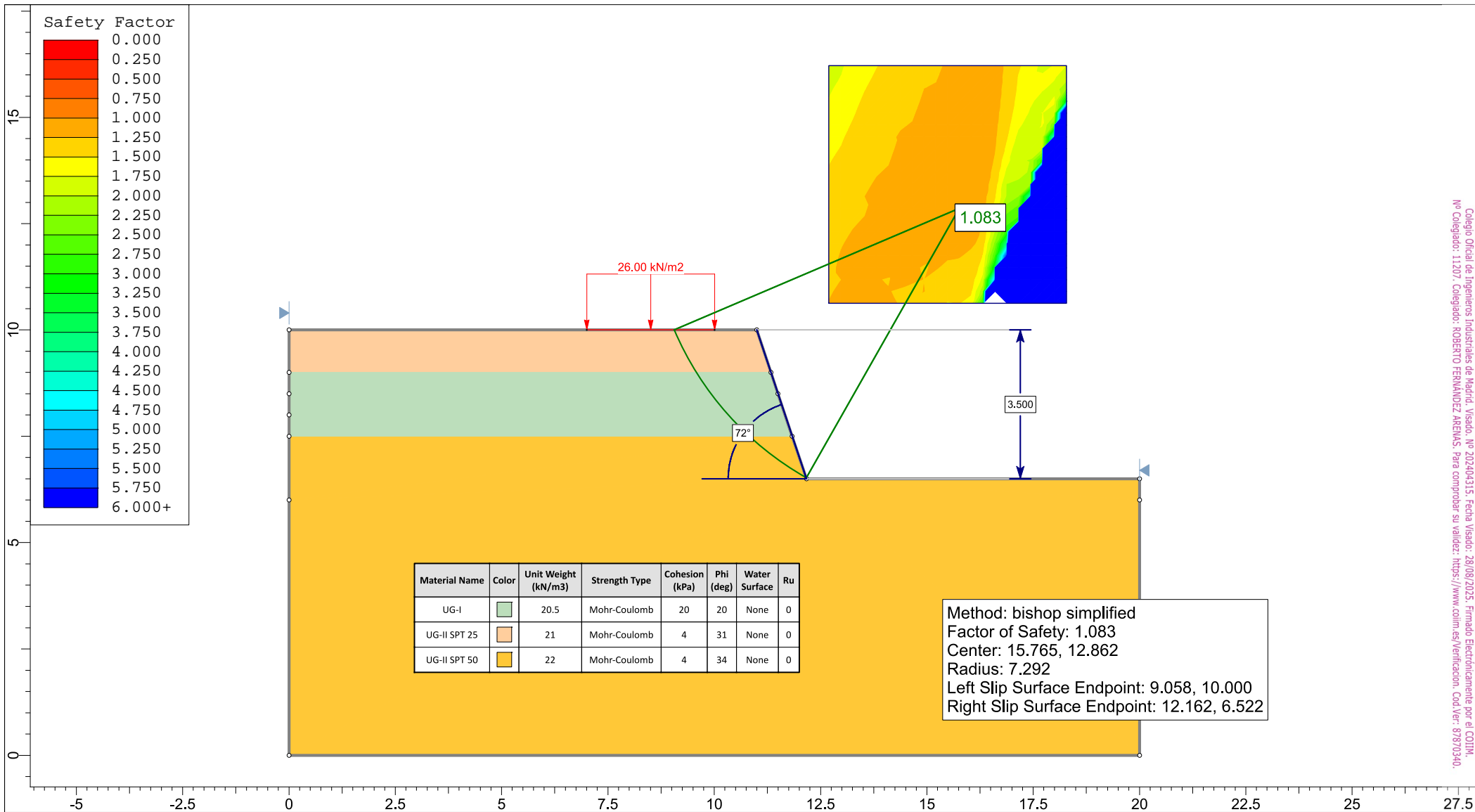
IGEOSUMA, S.L.

ANEJO V.- SALIDAS GRAFICAS DEL PROGRAMA SLIDE V6.0



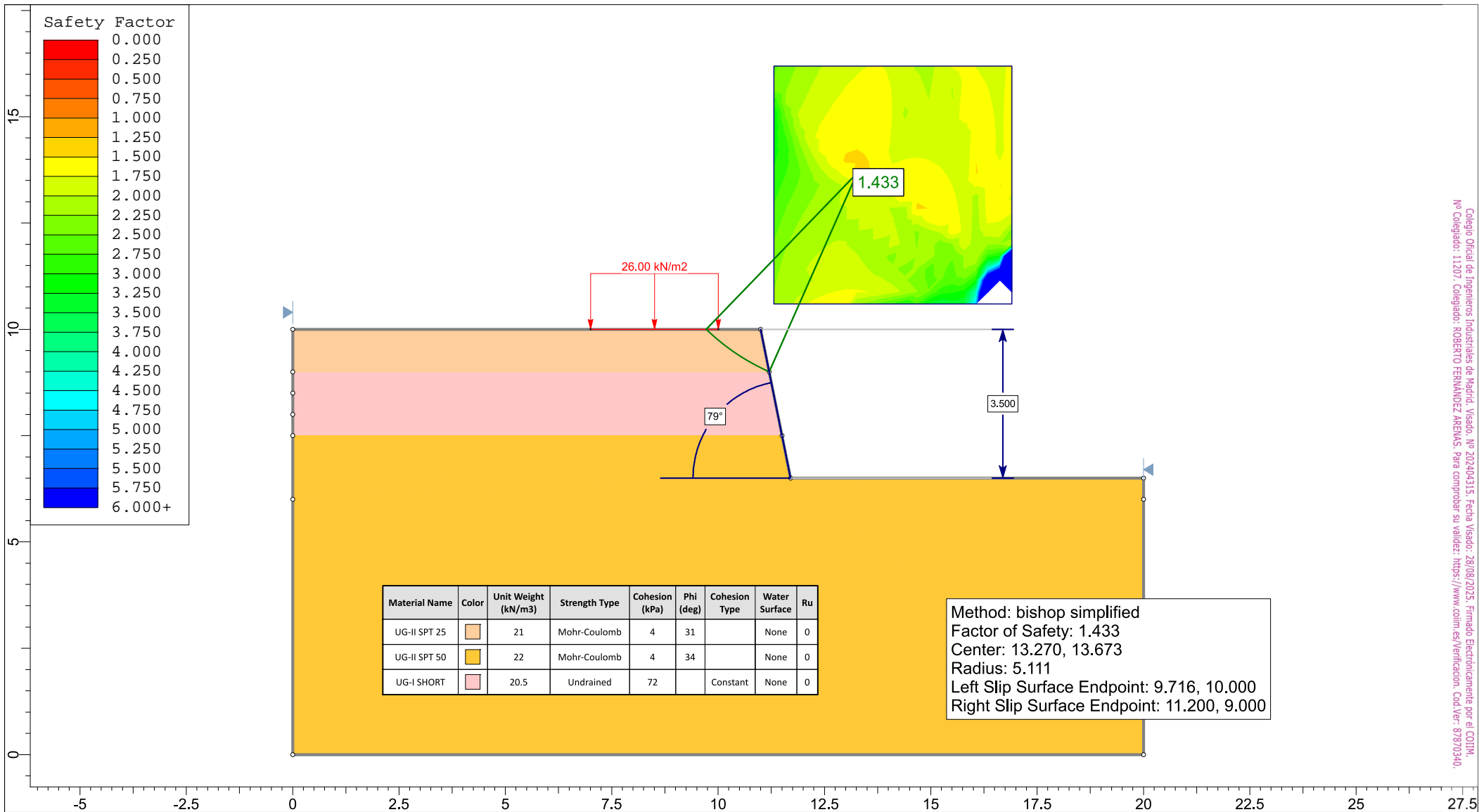
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 2024/04315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.ccoim.es/Verificacion>. Cod. Ver: 87970340.

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	TALUD ZANJAS SECTION 1. ZAZ 080		
Drawn By	JMB	Scale	1:125
Date	04/12/2024	Company	IGEOSUMA
		File Name	Taludes seccion 1.slim



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 2024/4315. Fecha Visado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11207. Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod. Ver: 87970340.

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description			TALUD ZANJAS SECTION 2. ZAZ 080. LARGO PLAZO		
	Drawn By	JMB	Scale	1:125	Company	IGEOSUMA
	Date	04/12/2024	File Name	Taludes seccion 2.slim		



	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description			TALUD ZANJAS SECTION 2. ZAZ 080. CORTO PLAZO		
	Drawn By	JMB	Scale	1:125	Company	IGEOSUMA
	Date	04/12/2024	File Name	Taludes seccion 2.slim		

ANEJO VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IGEOSUMA, S.L.

ARLEGUI, L.E. y SIMÓN, J.L., 1993: El sistema de diaclasas N-S en el sector central de la Cuenca del Ebro. Relación con el campo de esfuerzos neógeno. *Rev. Soc Geol. España*, 6(1 - 2)

ARLEGUI, L.E.; SIMÓN, J.L. y SORIANO, M.A., 1994: Un sistema regional de fracturas NWSE en el centro de la Cuenca del Ebro. 11 Cong.G.E.T., Jaca, 19-21 sep. 1994

Bredden, H. (1961) Die Grundriss Karten des hydrogeologischen Karten Werkes der Wasserwirtschaftsverwaltung von Nordrhein-Westfalen. *Geologische Mitteilungen* 2(4), 393-416.

Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) Website.

Dapena JE, Lacasa J, García A (2000) Relación entre los resultados de los ensayos de penetración dinámica Borros DPSH y el SPT en un suelo arcilloso Simposio sobre Geotecnia de las Infraestructuras del Transporte. Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica, Barcelona, pp 71–75

González de Vallejo, L.I. (2002). Ingeniería Geológica

Henkel, D. J. (1971). The relevance of laboratory measured parameters in field studies. In *Proc. Roscoe Mem. Symp., Cambridge, publ. Foulis*, 669-750.

IGME (1998). Mapa geológico 1:50000 Hojas nº354 Alagón y nº355 Leciñena. Serie Magna.”.

IGME. “Mapa del Karst a escala 1:1.000.000).

IGME. “Mapa predictor de riesgo por Expansividad de Arcillas de España a escala 1:1.000.000).

IGN website (“Instituto Geográfico Nacional”).

Mandado, J. (1987): Litofacies yesíferas del sector aragonés de la cuenca terciaria del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica. Tesis Doctorado Universidad de Zaragoza.

Ministerio de Fomento (2002) a. Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y de Edificación (NCSE-02). Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre. Publicado en BOE de 11 de octubre de 2002.

Ministerio de Fomento (2011). Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, PG-3. Publicado en BOE de 28 de enero de 2000.

Ministerio de Transportes y Movilidad sostenible (2021). Código Estructural.

IGEOSUMA, S.L.

Morilla Abad, I. (2014). PROYECTOS. Guía metodológica y práctica para la realización de proyectos

NAVFAC DM7. (1971). Design manual: soil mechanics, foundation and earth structures.

Quirantes, J. (1978): Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros. Inst. Fernando el Católico. Tesis Doctoral. CSIC

Stroud, M. A. (1974). The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks. In *Proceedings of the 1st European Symposium on Penetration Testing 2(2)*, 367-375.

Ventayol Lázaro, A. & Fernández Tadeo, C. (2011). Medida de la energía del ensayo SPT. Correcciones a aplicar. *Ingeopres: Actualidad técnica de ingeniería civil, minería, geología y medio ambiente*, (208), 52-54.

Wroth, C. P. (1971). Some aspects of the elastic behaviour of overconsolidated clay. *Cambridge Univ., Department of Engineering*, 347-361.

Wroth, C. P. (1988). Penetration testing-A more rigorous approach to interpretation, Penetration Testing. *ISOPT-1,(1)*, 303-311.

APÉNDICE B. Informe Geofísico

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 2024/04315. Fecha Visado: 28/09/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11207 Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/verificacion>. Cod.Ver: 87870340.

INFORME GEOFÍSICO



Collegio Oficial de Ingenieros Industriales de España - IIEE - Nº 2024/4371 - Fecha Expedición: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, IIEE - Colegiado: 11207, Colegiado: INEBERTEC/2014/01612/ARLENAS. Para proporcionar su soporte: <https://www.coiim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 978707940.

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (VES) Y GEORRADAR EN LAS PARCELAS ZAZ 80, ZAZ 81 Y LAT 132, PROVINCIAS DE ZARAGOZA Y HUESCA (ESPAÑA)

ZAZ 80

NOVIEMBRE 2024
VERSION 1

AECOM

EVEREST
Geophysics

INFORME GEOFÍSICO

CÓDIGO DE PROYECTO

PR24-48-SEV-GPR-ZAZ80, ZAZ81,
LAT132-AECOM-V1

FECHA

04/11/2024

OFERTA

OF24-086

FECHA

21/06/2024

CLIENTE

AECOM ESPAÑA DCS SL

CONSULTOR

EVEREST GEOPHYSICS S.L.U.

AUTOR

MIKEL LÓPEZ (M.L.)

REVISIÓN

THAIS MONTOYA (T.M.)

REGISTRO DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Autor	Observaciones
V1	4/11/2024	M.L.	Versión Original

NOTA LEGAL

El presente informe se ha realizado por profesionales geofísicos titulados de acuerdo con las normas geofísicas internacionales vigentes.

EVEREST GEOPHYSICS S.L.U. no realiza, en ninguna circunstancia, garantías expresas o implícitas relacionadas con la precisión o idoneidad para el propósito del estudio de la información y los datos contenidos en este informe.

El CLIENTE es el único responsable del uso, interpretación y aplicación de los datos e información descritos en este informe y de los costos incurridos y los gastos realizados en relación con los mismos.

El CLIENTE acepta que cualquier uso, reutilización, modificación o extensión de este informe es por cuenta y riesgo del CLIENTE, sin responsabilidad para EVEREST GEOPHYSICS S.L.U. En caso de que los datos y el informe estén disponibles total o parcialmente a un tercero, esa parte lo hace totalmente bajo su propio y exclusivo riesgo y EVEREST GEOPHYSICS S.L.U. se exime de cualquier responsabilidad ante dicha parte.

Los resultados y la interpretación que EVEREST GEOPHYSICS S.L.U. publica en este informe, representan solo la distribución de las condiciones del suelo y la geología que se pueden medir con la instrumentación geofísica que se utilizó. EVEREST GEOPHYSICS S.L.U. se esfuerza por garantizar que los resultados y su interpretación son tan precisas como se puede lograr mediante los equipos disponibles y técnicos cualificados.

El CLIENTE acepta y entiende que existen limitaciones en la exactitud de los resultados derivadas de la propia naturaleza indirecta de las técnicas geofísicas, de la capacidad de los equipos geofísicos empleados, del número y densidad de sensores, de la cantidad y distribución de los datos recopilados y que todos estos factores pueden derivar en respuestas geofísicas similares bajo condiciones geológicas o estructurales diversas no contempladas en las conclusiones del informe.

EVEREST GEOPHYSICS S.L.U. no se hace responsable de la existencia de cualquier condición limitante en la zona de estudio que no haya sido expresamente definida por el CLIENTE y que se encuentre descrita en la OFERTA TÉCNICA Y ECONÓMICA aceptada por el CLIENTE.

El paso del tiempo puede derivar cambios en las condiciones de la zona de estudio, ya sean naturales o artificiales. Los resultados presentados se refieren únicamente a las condiciones reveladas por las mediciones en los puntos de muestreo para la fecha en la que se realizaron las investigaciones.

Cuando en el procesado y en la interpretación se haya incluido información adicional proporcionados por el CLIENTE o por terceros en nombre del CLIENTE (cartografía, mapas geológicos, testificaciones, etc.), EVEREST GEOPHYSICS S.L.U. depositará absoluta confianza en la fiabilidad de estos. A menos que se indique lo contrario, EVEREST GEOPHYSICS S.L.U. no intentará verificar de forma independiente la exactitud o integridad de dicha información aportada por el CLIENTE o de terceros en nombre del CLIENTE. Durante la realización del informe EVEREST GEOPHYSICS S.L.U. no se hace responsable de inexactitudes

RESUMEN

Este informe describe los trabajos de campo, el procesado y los resultados obtenidos a partir de un estudio geofísico realizado el 12 de septiembre, para los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y el 16 de octubre y 4 de noviembre, para la investigación con georradar (GPR), en una zona situada al Norte de Zaragoza, cerca del municipio de Villanueva de Gállego.

La campaña geofísica ha consistido en ocho puntos analizados con una antena de georradar de 450 MHz de frecuencia nominal y seis perfiles eléctricos verticales (SEV), cuyas posiciones fueron previamente indicadas por el CLIENTE. El objetivo es detectar la presencia de servicios enterrados a lo largo de los puntos indicados, que puedan verse afectados por la campaña geotécnica y la resistividad de los diferentes materiales que componen el subsuelo para el diseño de las puestas a tierra.

Las zonas analizadas con el georradar no muestran indicios de servicios enterrados. En caso de haber detectado alguna anomalía, el punto geotécnico se trasladó a otro lugar cercano en el que se pudiera garantizar la ausencia de servicios para la realización de los ensayos geotécnicos posteriores.

Las pruebas VES muestran modelos de resistividad eléctrica compuestos por dos y cinco capas con diferentes propiedades eléctricas. Para adquirir los datos de resistividad aparente se utilizó una configuración de tipo Wenner, con una distancia máxima de apertura (AB) de 60 metros.

Las VES muestran una capa profunda de conductividad alta a moderada (semiespacio infinito), con excepción del VES-5, que muestra una resistividad alta debido a las evaporitas presentes en la zona de estudio, como indica el mapa geológico.

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	5
1.1.	Antecedentes	5
1.2.	Geología	7
2.	OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO	8
2.1.	Objetivos	8
2.2.	Alcance del trabajo	9
3.	EQUIPO.....	9
3.1.	GPR.....	9
3.2.	VES	11
4.	TRABAJO DE CAMPO.....	13
4.1.	GPR.....	14
4.2.	VES	15
5.	PROCESADO.....	20
5.1.	GPR.....	20
5.2.	VES	21
6.	RESULTADOS	22
6.1.	GPR.....	22
6.2.	VES	22
6.2.1.	VES-1	24
6.2.2.	VES-2	25
6.2.3.	VES-3	26
6.2.4.	VES-4	27
	VES-5.....	28
6.2.5.	VES-6	30
7.	CONCLUSIONES	31

ANEJO 1. METODOLOGÍA

ANEJO 2. LOCALIZACIÓN DE ENSAYOS

ANEJO 3. RADARGRAMAS

ANEJO 4. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

ANEJO 5. REFERENCIAS

Índice de figuras

Figura 1. Localización de la zona de estudio próxima a la localidad de Villanueva de Gállego (provincia de Zaragoza). 5

Figura 2. Localización de la zona de estudio al norte de la ciudad de Zaragoza. 6

Figura 3. Detalle del mapa geológico alrededor del área de estudio. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Mapa geológico de España 1:50.000. Modificado a partir de la Hoja 354 (Alagón) y la Hoja 355 (Leciñena). Los puntos de SEV y GPR estudiados están marcados con recuadros y puntos rojos. 8

Figura 4. Antena GPR de 450 MHz y rueda instrumentada con un odómetro utilizada para la adquisición de datos en este estudio. 10

Figura 5. Unidad de control GX12 utilizada en este estudio. 10

Figura 6. Receptor DGPS utilizado en este estudio. 11

Figura 7. Resistímetro SYSCAL PRO utilizado en este estudio, conectado a las cuatro bobinas de cable y a la batería de 12 V. 12

Figura 8. Detalle de un electrodo de acero en superficie conectado a la línea de corriente... 12

Figura 9. Operador geofísico realizando la adquisición de datos de georradar en uno de los puntos geotécnicos analizados. 14

Figura 10. Georreferenciación de puntos geotécnicos con un DGPS. 15

Figura 11. Adquisición de datos de uno de los SEV realizados en la zona de estudio. 16

Figura 12. Especialista en métodos eléctricos tomando las coordenadas GPS de un SEV... 16

Figura 13. Resistividades eléctricas de minerales, suelos y rocas comunes. 23

Figura 14. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-1. 24

Figura 15. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-2. 25

Figura 16. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-3. 26

Figura 17. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-4. 28

Figura 18. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-5. 29

Figura 19. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-6. 30

Figura A1-1. Esquema simplificado de un Sondeo Eléctrico Vertical. A y B son los electrodos que introducen la corriente continua, mientras que M y N son los electrodos de potencial. El circuito de medida está formado por el miliamperímetro (conectado a los electrodos A y B), la fuente de alimentación y el milivoltímetro (conectado a los electrodos M y N).....A1-1

Figura A1-2. Curva de resistividad aparente del suelo para un SEV. La curva negra corresponde a los datos de resistividad aparente medidos sobre el terreno; la curva roja corresponde al ajuste del modelo teórico. La línea azul corresponde al modelo de resistividad obtenido. Verticalmente, el eje Y representa la resistividad aparente del terreno en escala logarítmica, y horizontalmente, el eje X representa la distancia de $AB / 2$ que está relacionada con la profundidad.A1-3

Figura A1-3. Configuraciones de electrodos más comunes.....A1-4

Figura A1-4. Diferentes tipos de modelos de GPR. Todos ellos tienen componentes similares (receptor y transmisor), cuentakilómetros, unidad de control y una pantalla de control....A1-6

Figura A1-5. Representación gráfica de los datos del GPR. La antena de radar emite y recibe señales de radio (izquierda) hacia el suelo. Moviendo la antena y repitiendo la medición, se puede obtener una pseudo-sección denominada radargrama (derecha).....A1-8

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los puntos GPR (Datum ETRS89, Zona 30).....	6
Tabla 2. Coordenadas geográficas de los SEV (Datum ETRS89, Zona 30).....	7
Tabla 3. Especificaciones técnicas del resistímetro.	13
Tabla 4. Parámetros de adquisición del GPR.	15
Tabla 5. Datos de campo adquiridos para el VES-1.....	17
Tabla 6. Datos de campo adquiridos para el VES-2.....	17
Tabla 7. Datos de campo adquiridos para el VES-3.....	18
Tabla 8. Datos de campo adquiridos para el VES-4.....	18
Tabla 9. Datos de campo adquiridos para el VES-5.....	19
Tabla 10. Datos de campo adquiridos para el VES-6.....	19
Tabla 11. Correlación entre las litologías identificadas y la resistividad eléctrica.	23
Tabla 12. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para VES-1.....	25
Tabla 13. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-2.	26
Tabla 14. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-3.	27
Tabla 15. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-4.	28
Tabla 16. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-5.	30
Tabla 17. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-6.	31

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Este estudio se ha realizado a petición de AECOM, en adelante, el CLIENTE, en una zona situada al Norte de Zaragoza, próxima a la población de Villanueva de Gállego (España) (Figura 1).

Se requiere una campaña geotécnica para analizar las propiedades del suelo. Como parte de esta campaña geotécnica, se ha solicitado un estudio geofísico. Este estudio geofísico se compone de una inspección con georradar (GPR), para localizar servicios enterrados que puedan verse afectados por la campaña geotécnica prevista y de sondeos eléctricos verticales (SEV), para obtener modelos de resistividad eléctrica de la secuencia vertical de los materiales del suelo.



Figura 1. Localización de la zona de estudio próxima a la localidad de Villanueva de Gállego (provincia de Zaragoza).

Los puntos de inspección GPR y ensayos SEV, cuya posición ha sido previamente indicada por el CLIENTE, se distribuyen en un área que tiene una longitud de 5 kilómetros aproximadamente, situada en las proximidades de la localidad de Villanueva de Gállego, al Norte de la ciudad de Zaragoza (Figura 2).

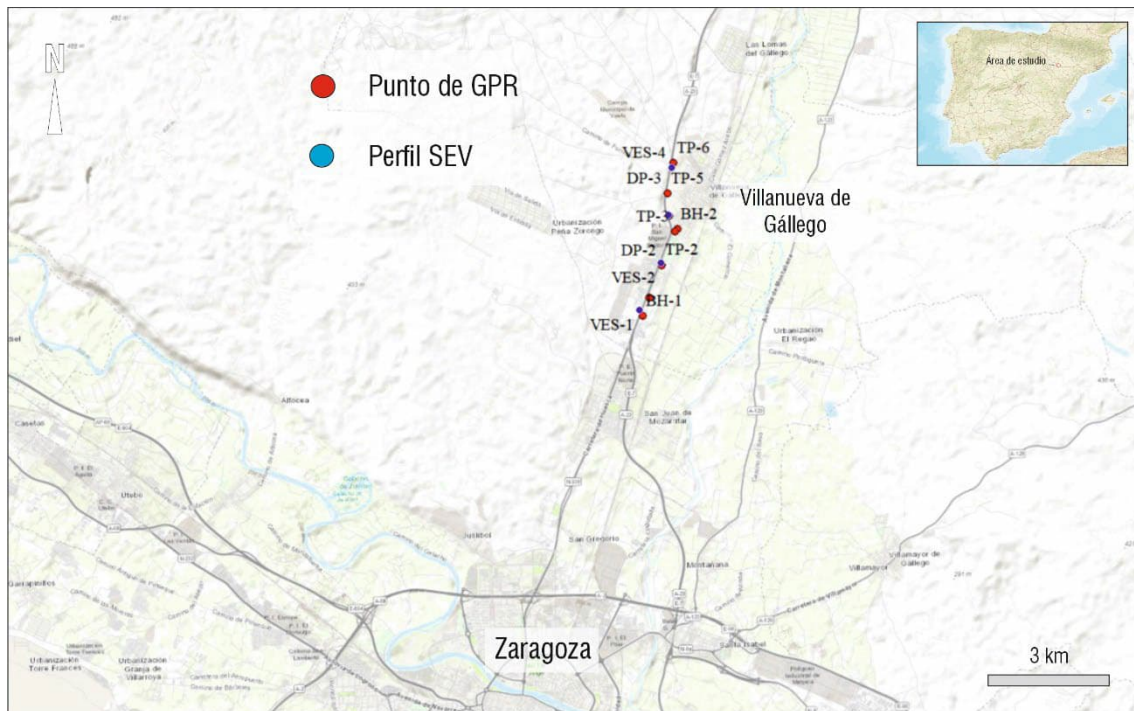


Figura 2. Localización de la zona de estudio al norte de la ciudad de Zaragoza.

Las coordenadas de los puntos a estudiar con GPR y de los perfiles SEV se muestran en la Tabla 1 y en Tabla 2, que se adjuntan a continuación.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los puntos GPR (Datum ETRS89, Zona 30).

Puntos	X (m)	Y (m)	Z (m)
TP-1	678923,11	4623679,21	244,74
TP-2	679143,51	4624195,65	248,20
TP-3	679122,00	4624628,04	251,08
TP-4	678706,87	4624925,37	254,49
TP-5	678819,60	4625522,03	258,68
TP-6	679000,00	4626463,53	266,64
TP-7	679143,45	4627613,16	270,67
TP-8 BIS	679350,09	4628448,94	281,89

Tabla 2. Coordenadas geográficas de los SEV (Datum ETRS89, Zona 30).

Prueba	X (m)	Y (m)	Z (m)
VES-1	678936,98	4623676,13	244,77
VES-2	679111,89	4624622,74	251,08
VES-3	678818,51	4625515,85	258,65
VES-4	678999,30	4626478,18	266,82
VES-5	679166,45	4627612,54	270,33
VES-6	679384,03	4628437,53	282,32

Para la elaboración del presente informe se dispone de los siguientes documentos digitales facilitados por AECOM:

- Localización de los puntos GPR y SEV sujetos a inspección en la zona de estudio en formato KMZ.
- Imagen de satélite con la localización del emplazamiento y el alcance de las obras (en formato PDF).

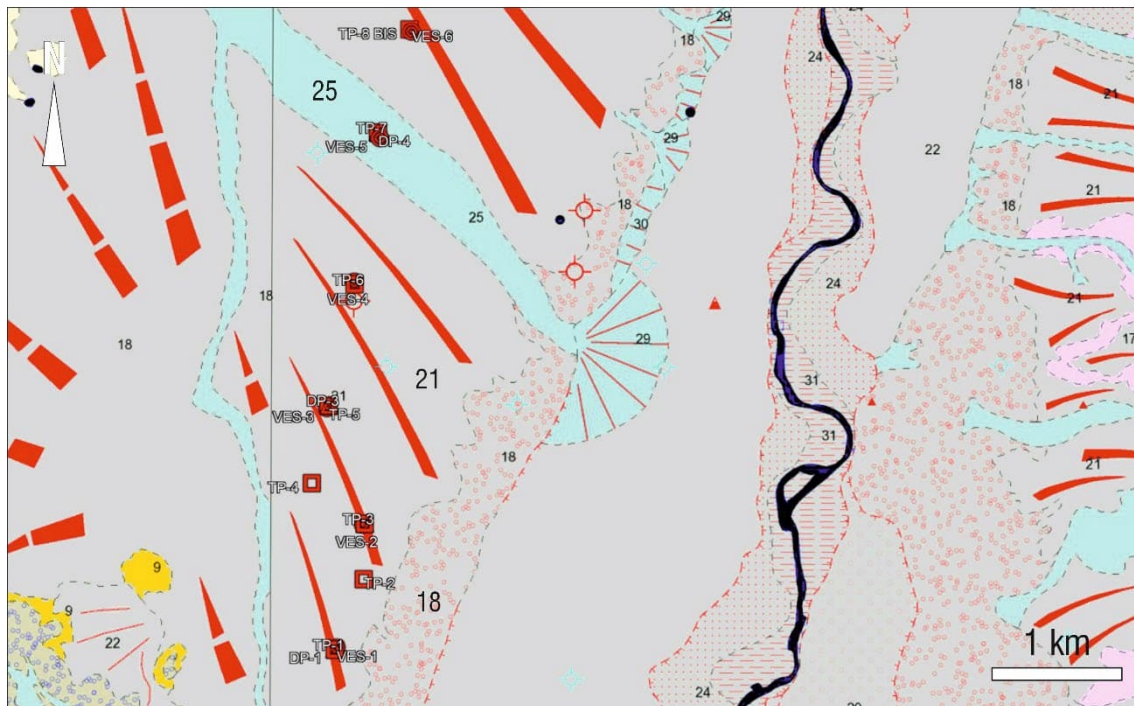
1.2. Geología

La geología del Área de Estudio se describe en las Hojas 354 (Alagón) y 355 (Leciñena) de la serie MAGNA a escala 1:50.000 publicadas por el *Instituto Geológico Minero de España* (Figura 3).

La zona de estudio se sitúa al norte de la ciudad de Zaragoza, cerca de la localidad de Villanueva de Gállego. La geología del lugar se muestra en la Figura 3 y está dominada por la Cuenca del Ebro y el Cuaternario relacionado con el río Gállego. Se trata de la cuenca de antepaís meridional de los Pirineos; tratándose de una cuenca intraplaca limitada por orógenos alpinos, Pirineos al norte y la Cordillera Ibérica al sur.

En la zona de estudio hay tres unidades geológicas principales:

- Gravas y arenas poligénicas; terrazas (nº 18 en la leyenda de la Figura 3).
- Gravas, arenas, limos y arcillas poligénicas; glacis (nº 21 en la leyenda de la Figura 3).
- Limos yesíferos, arcillas y cantos; depósitos de fondo de valle (nº 25 en la leyenda de la Figura 3).



Unidad	Descripción	Edad
25	Limos yesíferos, arcillas con guijarros. Depósitos de fondo de valle.	Holoceno
21	Gravas poligénicas, arenas, limos y arcillas. Glacis	Pleistoceno superior
18	Gravas poligénicas y arenas. Terraza	Pleistoceno superior

Figura 3. Detalle del mapa geológico alrededor del área de estudio. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Mapa geológico de España 1:50.000. Modificado a partir de la Hoja 354 (Alagón) y la Hoja 355 (Leciñena). Los puntos de SEV y GPR estudiados están marcados con recuadros y puntos rojos.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO

2.1. Objetivos

Los principales objetivos de este estudio geofísico son los siguientes:

- **OBJETIVO 1.** Detectar la presencia de servicios enterrados que puedan verse afectados por la campaña geotécnica que se realizará en la zona de estudio mediante un estudio con georradar (GPR).

- OBJETIVO 2. Caracterizar las propiedades eléctricas de los materiales del subsuelo mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en los puntos establecidos por el CLIENTE.

2.2. Alcance del trabajo

El primer objetivo de este estudio es garantizar que los puntos seleccionados para la perforación y otras pruebas geotécnicas estén libres de servicios públicos enterrados. El estudio GPR debe proporcionar información fiable a los equipos de perforación.

En segundo lugar, el método VES permite obtener modelos de resistividad vertical del terreno a partir de la medición de las corrientes inyectadas y las tensiones medidas. La resistividad eléctrica es una propiedad fundamental de cualquier material y permite identificar la naturaleza y el espesor de las capas de diferentes litologías bajo la superficie. Este estudio proporciona modelos 1D de resistividad eléctrica vertical que describen las propiedades eléctricas de los materiales subterráneos presentes en la parcela.

Este informe describe los resultados de las campañas geofísicas de campo realizadas el 12 de septiembre para los SEV y el 16 de octubre y el 4 de noviembre para la inspección de los puntos geotécnicos con georradar.

3. EQUIPO

3.1. GPR

Los componentes utilizados para adquirir datos de georradar sobre el terreno fueron:

- **Antena apantallada de 450 MHz.** Se ha empleado una antena apantallada del fabricante sueco, MALA Geoscience (Figura 4 para la detección de servicios enterrados. Lleva incorporada la electrónica de control, emiten los datos de campo a través de un enlace wifi o mediante un cable conectado a la pantalla y cuenta con un GPS interno para el posicionamiento de los perfiles.
- **Unidad de visualización GX12.** La unidad de visualización GX12 es una de las más nuevas y avanzadas. Permite al usuario controlar la adquisición de datos, incluso en las condiciones climáticas más exigentes (Figura 5).

- **Odómetro.** Se ha utilizado un odómetro conectado a una rueda del carro utilizado para el desplazamiento de la antena, para medir la distancia recorrida.
- **Receptor DGPS.** Se utilizó un receptor Emlid, modelo RS3, para georreferenciar cada punto o perfil analizado. Se han utilizado correcciones RTK con la red de estaciones de referencia VRS del IGN para conseguir un posicionamiento a nivel centimétrico en tiempo real (Figura 6).



Figura 4. Antena GPR de 450 MHz y rueda instrumentada con un odómetro utilizada para la adquisición de datos en este estudio.



Figura 5. Unidad de control GX12 utilizada en este estudio.



Figura 6. Receptor DGPS utilizado en este estudio.

3.2. VES

Los equipos utilizados para adquirir datos de resistividad aparente en el campo fueron:

- **Resistímetro.** Se ha utilizado un resistímetro de diez canales, modelo SYSCAL-PRO del fabricante francés IRIS Instruments (Figura 7). Este resistímetro puede adquirir datos de 72 electrodos. Las especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 3.
- **Fuente de energía.** Se utilizó una batería de coche de 12 V para la inyección de corriente en los SEV (Figura 7).
- **Electrodos de acero inoxidable.** La corriente eléctrica se inyecta en el suelo a través de un conjunto de electrodos de acero inoxidable clavados a una profundidad de 15 cm aproximadamente (Figura 8).
- **Bobinas de cable.** Se utilizaron un total de cuatro bobinas de cable para los circuitos de corriente y potencial (Figura 8).

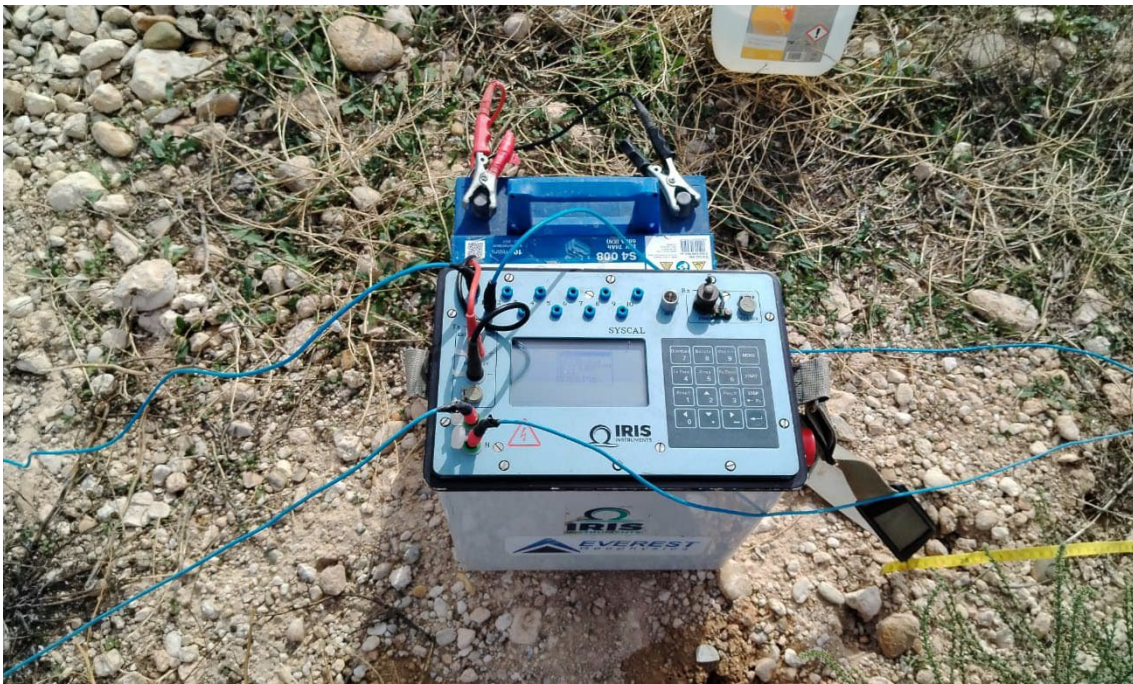


Figura 7. Resistivímetro SYSCAL PRO utilizado en este estudio, conectado a las cuatro bobinas de cable y a la batería de 12 V.



Figura 8. Detalle de un electrodo de acero en superficie conectado a la línea de corriente.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del resistivímetro.

Transmisor	
Tensión máxima	2000 Vpp
Corriente máxima	2500 mA
Potencia máxima	1200 W
Batería	Externo (12 V)
Receptor	
Duración del pulso	500 ms
Canales	10
Impedancia	100 MOhms
Precisión	0.2 %
Lecturas	Resistividad, autopotencial, polarización inducida (hasta 20 ventanas) y QA/QC
Supresión del ruido	Corrección lineal de la deriva SP, eliminación del ruido de potencia de línea
Almacenamiento	44.800 puntos de datos
Dimensiones	
Dimensiones	31 x 23 x 31 cm
Peso	11 kg
Temperatura	-20 a +70 °C

4. TRABAJO DE CAMPO

La campaña de campo de los perfiles eléctrico-verticales se realizó el 12 de septiembre y el 16 de octubre y 4 de noviembre se llevaron a cabo las inspecciones con georradar, dentro de un área situada al Oeste de la localidad de Villanueva de Gállego, en la provincia de Zaragoza (España).

El equipo de campo estaba compuesto por un geólogo y dos técnicos de campo de EVEREST GEOPHYSICS S.L.U., cualificados y experimentados en adquisición de datos de GPR y de SEV.

4.1. GPR

Se analizaron un total de ocho puntos geotécnicos con la antena de 450 MHz. En cada uno de estos puntos se prevé la realización de una prueba geotécnica (cata, sondeo, penetro, etc.) que requiere de información sobre la presencia de servicios enterrados que puedan verse afectados.

Para cada punto, se adquirieron dos perfiles en direcciones perpendiculares (Figura 9). Si la unidad de visualización mostraba la presencia de una anomalía compatible con la presencia de un servicio enterrado, la localización del punto geotécnico se desplazaba a un punto cercano en el cual se pudiera garantizar la ausencia de servicios.

Cada punto geotécnico libre de anomalías se marcó in situ con una estaca y se georreferenció mediante un DGPS, tal y como se muestra en la Figura 10.



Figura 9. Operador geofísico realizando la adquisición de datos de georradar en uno de los puntos geotécnicos analizados.



Figura 10. Georreferenciación de puntos geotécnicos con un DGPS.

Los registros de campo se adquirieron con los siguientes parámetros (Tabla 4):

Tabla 4. Parámetros de adquisición del GPR.	
Antena (MHz)	450
Longitud de la ventana (ns)	117,19
Muestreo (MHz)	5.120
Pilas	1
Separación de trazas (cm)	3,7

La ubicación de cada uno de los perfiles de GPR adquiridos en este estudio se muestra en **ANEJO 2**.

4.2. VES

Se realizaron seis perfiles SEV a lo largo de la zona de estudio. La ubicación de los sondeos eléctricos verticales puede consultarse en el **ANEJO 2**.

Todos los SEV constan de 9 lecturas independientes, obtenidas con una configuración Wenner y con una separación máxima entre electrodos de 60 m (Figura 11 y Figura 12).



Figura 11. Adquisición de datos de uno de los SEV realizados en la zona de estudio.



Figura 12. Especialista en métodos eléctricos tomando las coordenadas GPS de un SEV.

Las tablas adjuntas, bajo este párrafo (Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10), contienen los datos de campo de todos los ensayos SEV adquiridos durante la campaña de campo.

Tabla 5. Datos de campo adquiridos para el VES-1.

#	a (m)	K	ρ (ohm.m)
1	0,25	1,57	187,56
2	0,50	3,14	348,79
3	1,00	6,28	471,85
4	2,00	12,56	522,45
5	3,00	18,85	493,94
6	5,00	31,41	317,75
7	10,00	62,83	201,25
8	15,00	94,24	136,45
9	20,00	125,66	92,81

Tabla 6. Datos de campo adquiridos para el VES-2.

#	a (m)	K	ρ (ohm.m)
1	0,25	1,57	143,70
2	0,50	3,14	184,87
3	1,00	6,28	179,44
4	2,00	12,56	148,62
5	3,00	18,85	131,69
6	5,00	31,41	140,53
7	10,00	62,83	181,36
8	15,00	94,24	128,25
9	20,00	125,66	39,66 (Desv. Rho = 37,13%) (*)

(*) Valor de resistividad con una desviación típica anómala, que se ha eliminado durante el procesado de los datos.

Tabla 7. Datos de campo adquiridos para el VES-3.

#	a (m)	K	ρ (ohm.m)
1	0,25	1,57	179,24
2	0,50	3,14	243,47
3	1,00	6,28	306,75
4	2,00	12,56	309,11
5	3,00	18,85	320,46
6	5,00	31,41	307,71
7	10,00	62,83	311,21
8	15,00	94,24	286,84
9	20,00	125,66	257,09

Tabla 8. Datos de campo adquiridos para el VES-4.

#	a (m)	K	ρ (ohm.m)
1	0,25	1,57	116,42
2	0,50	3,14	180,16
3	1,00	6,28	200,68
4	2,00	12,56	257,32
5	3,00	18,85	269,24
6	5,00	31,41	271,85
7	10,00	62,83	258,58
8	15,00	94,24	243,24
9	20,00	125,66	234,03

Tabla 9. Datos de campo adquiridos para el VES-5.

#	a (m)	K	ρ (ohm.m)
1	0,25	1,57	42,20
2	0,50	3,14	153,47
3	1,00	6,28	212,81
4	2,00	12,56	287,90
5	3,00	18,85	335,88
6	5,00	31,41	377,40
7	10,00	62,83	388,17
8	15,00	94,24	467,17
9	20,00	125,66	520,51

Tabla 10. Datos de campo adquiridos para el VES-6.

#	a (m)	K	ρ (ohm.m)
1	0,25	1,57	233,01
2	0,50	3,14	238,25
3	1,00	6,28	272,32
4	2,00	12,56	301,98
5	3,00	18,85	273,56
6	5,00	31,41	218,23
7	10,00	62,83	131,26
8	15,00	94,24	86,50
9	20,00	125,66	85,49

5. PROCESADO

El procesado aquí descrito documenta las imágenes finales de los datos filtrados que se muestran en el **ANEJO 3** y en el **ANEJO 4**.

5.1. GPR

La inspección con GPR se interpretó in situ para marcar zonas libres de servicios enterrados. Los pasos de procesado descritos a continuación, documentan las imágenes adquiridas (radargramas) para los datos filtrados que se muestran en el **ANEJO 3**.

Las fases de procesado fueron las siguientes:

- Ordenar archivos de datos.
- Comprobar las cabeceras de las trazas.
- Editar los datos para eliminar las trazas malas o con datos erróneos.
- Filtrado para enfocar las imágenes.
- Corrección de la amplitud aplicando una función de ganancia.

La geometría de las trazas se comprobó y corrigió gracias al GPS integrado en la unidad GPR y gracias al DGPS utilizado para localizar correctamente cada punto geotécnico.

Los radargramas se corrigieron en tiempo cero, ya que permite corregir los saltos en el tiempo de la reflexión asociados al nivel del suelo causados por irregularidades en la superficie, variaciones entre el contacto antena-tierra, deriva térmica, etc., a un dato de tiempo común, la denominada posición de tiempo cero común (t_0). La corrección de t_0 mejora la continuidad de la reflexión lateral y ayuda a correlacionar las reflexiones entre secciones.

Es importante la capacidad de restaurar las relaciones geométricas correctas de la subsuperficie mediante el proceso de migración. Las hipérbolas de difracción pueden migrar hasta el ápice en el que se originó la difracción. Las superficies planas inclinadas pueden corregirse a su posición correcta en relación con los puntos del terreno. De lo contrario, se pueden cometer errores significativos al creer que la ubicación de un rasgo concreto del subsuelo en un radargrama sin procesar es exacta, cuando sólo se trata de una imagen virtual y puede estar desplazada de su posición real por distancias horizontales y verticales significativas.

Una vez se ha realizado el procesado de los datos de campo tal y como se describe anteriormente, se ha procedido a identificar, en base a los reflectores presentes en los radargramas, señales características de la presencia de servicios enterrados bajo la superficie.

El procesado se ha realizado con programas comerciales y de elaboración propia por técnicos de EVEREST GEOPHYSICS S.L.U.

Por último, los radargramas se ecualizaron en amplitud y se escalaron para su representación final. Todos los radargramas se muestran en el **ANEJO 3**.

5.2. VES

El procesado aquí descrito documenta los datos filtrados que se muestran en el **ANEJO 4**. Los valores de resistividad aparente recogidos sobre el terreno se procesaron del siguiente modo:

- Filtrado de los valores de resistividad observados. La curva de valores de resistividad aparente (ρ) observada en el campo ha sido suavizada, eliminando los datos con un alto potencial espontáneo (SP) o desviación de resistividad.
- Curva de resistividades aparentes observadas. Los valores de resistividad aparente (ρ) correspondientes a toda la secuencia de mediciones se calculan numéricamente, utilizando los valores de intensidad (mA) y potencial (mV), y la constante geométrica k. Los valores de resistividad (ρ) se representan gráficamente, en una escala bi-logarítmica de resistividad aparente (Ω -m) frente a la distancia AB/3 (a) (m).
- Curva sintética de resistividad aparente. La curva teórica producida por un modelo de resistividad se calcula utilizando un conjunto de curvas teóricas con el método del punto auxiliar. Este método crea sistemas lineales discretos en los que la curva de resistividad aparente de la zona del estudio puede representarse como la salida o respuesta de un proceso de convolución entre una señal de entrada (definida como la transformada de resistividad del modelo geoelectrico) y la función de transferencia del sistema (definida como una función de Bessel de primera clase).
- Optimización de los resultados. Los resultados se optimizan comparando las curvas de campo con un conjunto de curvas patrón, incorporando variables estadísticas de control. El objetivo es determinar, mediante un proceso de interpolación, las características geoelectricas de las curvas de campo. Se define así un modelo de datos inicial que permite indicar la cantidad de ruido en los datos y predecir la precisión de los parámetros estimados de los sistemas lineales-dependientes.
- Modelo de resistividad. A partir del ajuste entre los valores teóricos y los observados de resistividad aparente se obtiene un modelo con un número finito de capas. Así, se pueden determinar los valores correspondientes (ρ) de resistividad real, profundidad y espesor de cada capa.

6. RESULTADOS

6.1. GPR

El análisis de los datos de GPR se realizó in situ para confirmar la ausencia de servicios enterrados en ocho posiciones dónde se prevé la realización de ensayos geotécnicos.

Se optó por un enfoque muy conservador, y para todos los puntos estudiados se adoptó un criterio de anomalía libre.

La ubicación de los puntos investigados (ocho en total) figura en el **ANEJO 2**.

Ninguno de los puntos investigados mostró anomalías bajo la superficie que pudieran asociarse a la presencia de un servicio enterrado (**ANEJO 3**). En caso de que algún perfil presentara anomalías, el punto geotécnico se trasladó a una zona libre.

6.2. VES

En el presente estudio se adquirieron datos de seis sondeos eléctricos verticales, con 9 mediciones independientes cada uno. Los datos se han procesado como se describe en el capítulo 5, lo que ha permitido elaborar el modelo de resistividad que se presenta a continuación. La localización de los seis puntos figura en el **ANEJO 2**.

Para garantizar una correlación precisa de la resistividad aparente con la litología, se utilizó como referencia la [Figura 13](#) y la [Tabla 11](#).

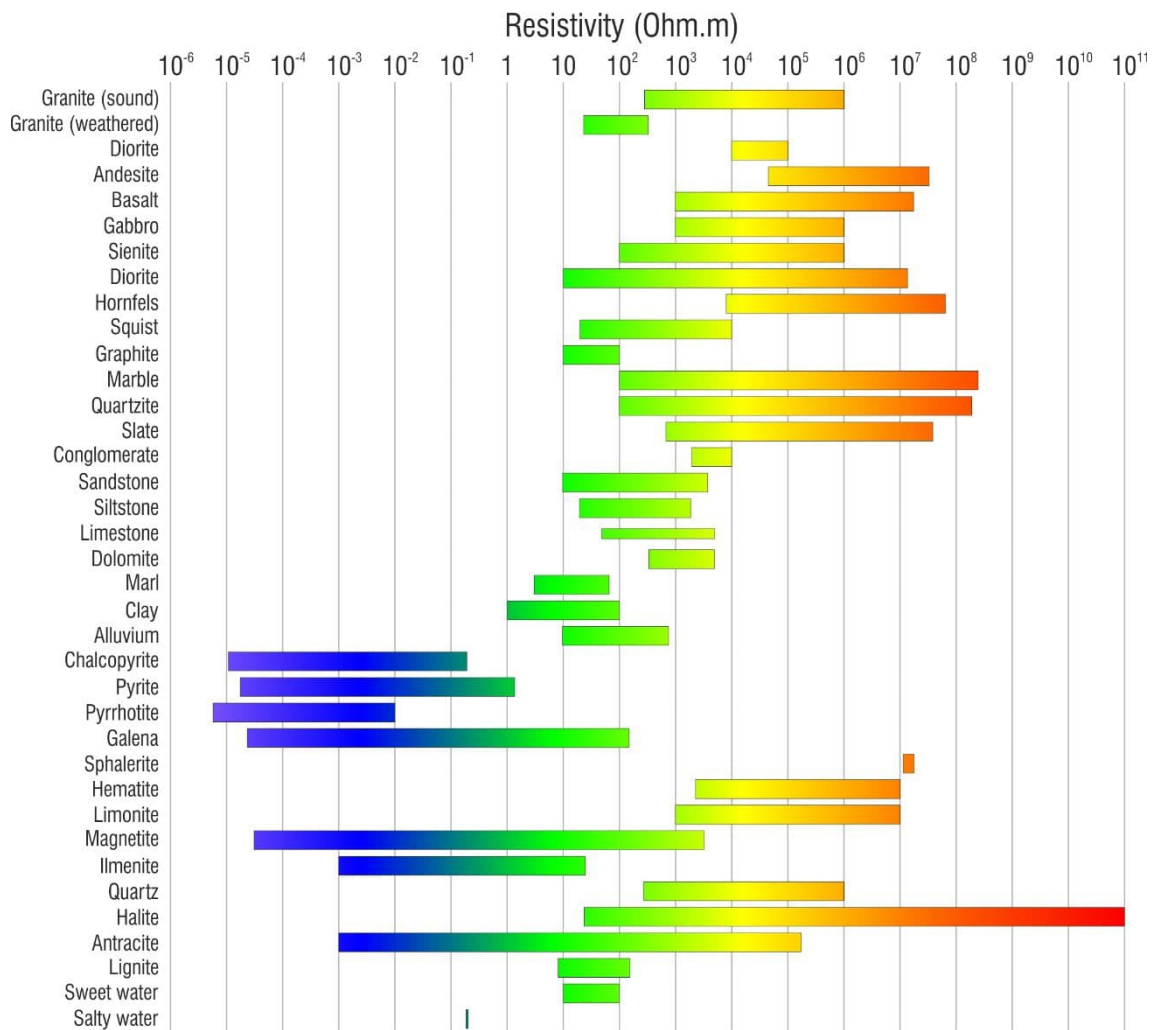


Figura 13. Resistividades eléctricas de minerales, suelos y rocas comunes.

Tabla 11. Correlación entre las litologías identificadas y la resistividad eléctrica.

Material	Resistividad media (Ohm-m)
Limo/arcilla	5-75
Arena de grano fino	50-150
Arena de grano grueso/Microconglomerado	100-500
Conglomerado	> 500

6.2.1. VES-1

La aplicación del ajuste matemático descrito en el **ANEJO 1** genera el modelo que se muestra en la **Figura 14**.

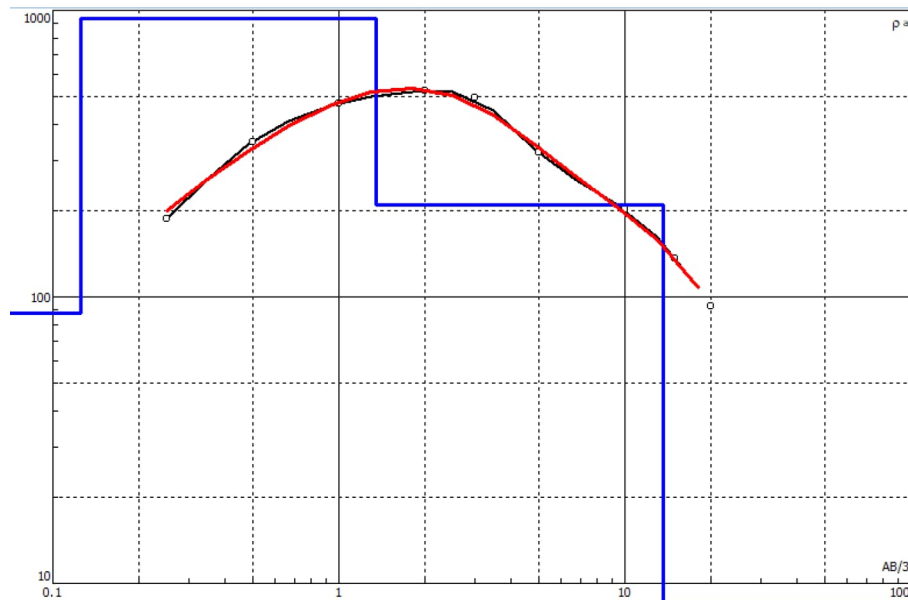


Figura 14. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-1.

El error RMS final es del 3,36 % entre las resistividades aparentes medidas en campo y las teóricas generadas por el modelo obtenido.

El modelo obtenido está definido por tres capas de diferentes resistividades eléctricas sobre un semiespacio infinito (**Tabla 12**).

La capa superior tiene una resistividad eléctrica de 88 Ohm·m y un espesor de 0,13 m y podría corresponder a un nivel de limo o arena de grano fino presente en la unidad geológica más superficial. La segunda capa tiene una resistividad eléctrica de 941 Ohm·m y un espesor de 1,23 m y podría representar una capa de conglomerado. La tercera capa tiene una resistividad eléctrica de 210 Ohm·m y un espesor de 12,30 m y podría representar una capa de arena de grano grueso/microconglomerado.

Finalmente, el último nivel, que es un semiespacio infinito, tiene una resistividad de 2,79 Ohm·m, y se extiende hasta el final del sondeo, este nivel podría representar arcillas.

Tabla 12. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para VES-1.

Capa	ρ (Ohm·m)	Espesor de la capa (m)	Profundidad (m)
1	88,00	0,13	0,13
2	941,00	1,23	1,36
3	210,00	12,30	13,70
4	2,79	--	--

6.2.2. VES-2

La aplicación del ajuste matemático descrito en el **ANEJO 1** genera el modelo que se muestra en la **Figura 15**.

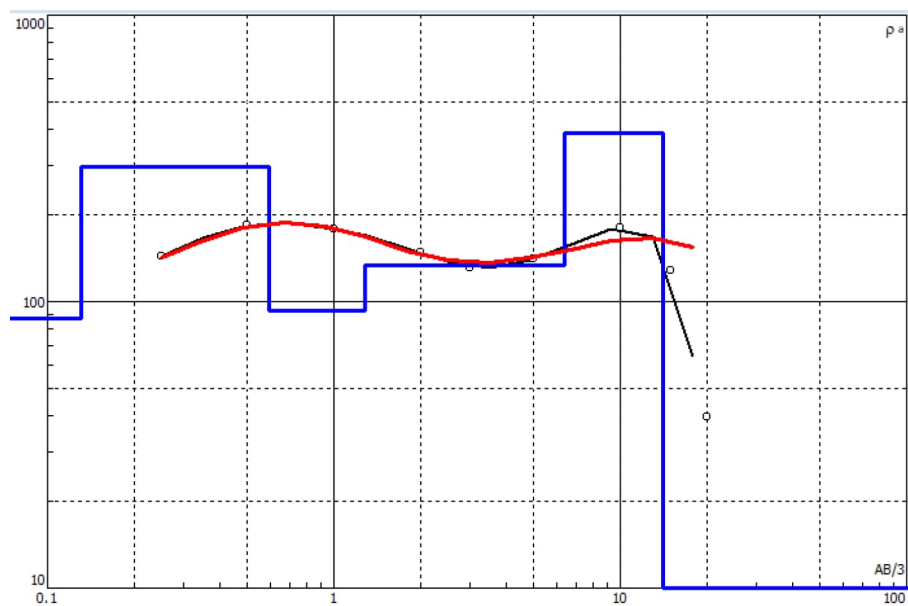


Figura 15. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-2.

El error RMS final es del 23,7 % entre las resistividades aparentes medidas en campo y las teóricas generadas por el modelo obtenido.

El modelo obtenido está definido por cinco capas de diferentes resistividades eléctricas sobre un semiespacio infinito (**Tabla 13**).

La capa superior tiene una resistividad eléctrica de 87,3 Ohm·m y un espesor de 0,13 m y podría corresponder a un nivel de arcilla/limo presente en la unidad geológica más superficial. La segunda capa tiene una resistividad eléctrica de 296 Ohm·m y un espesor de 0,46 m y podría representar una capa de microconglomerado. La tercera capa tiene una resistividad eléctrica de 93 Ohm·m y un espesor de 0,69 m y podría representar una capa de limo. La cuarta capa tiene una resistividad eléctrica de 134 Ohm·m y un espesor de 5,13 m y podría representar una arena de grano grueso. La quinta capa tiene una resistividad eléctrica de 387 Ohm·m y un espesor de 7,69 m y podría representar una capa de conglomerado.

Finalmente, el último nivel, que es un semiespacio infinito, tiene una resistividad de 10 Ohm·m, y se extiende hasta el final del sondeo, este nivel podría representar arcillas.

Tabla 13. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-2.

Capa	ρ (Ohm·m)	Espesor de la capa (m)	Profundidad (m)
1	87,3	0,13	0,13
2	296,0	0,46	0,60
3	93,0	0,70	1,28
4	134,0	5,13	6,41
5	387,0	7,70	14,1
6	10,0	--	--

6.2.3. VES-3

La aplicación del ajuste matemático descrito en el ANEJO 1 genera el modelo que se muestra en la Figura 16.

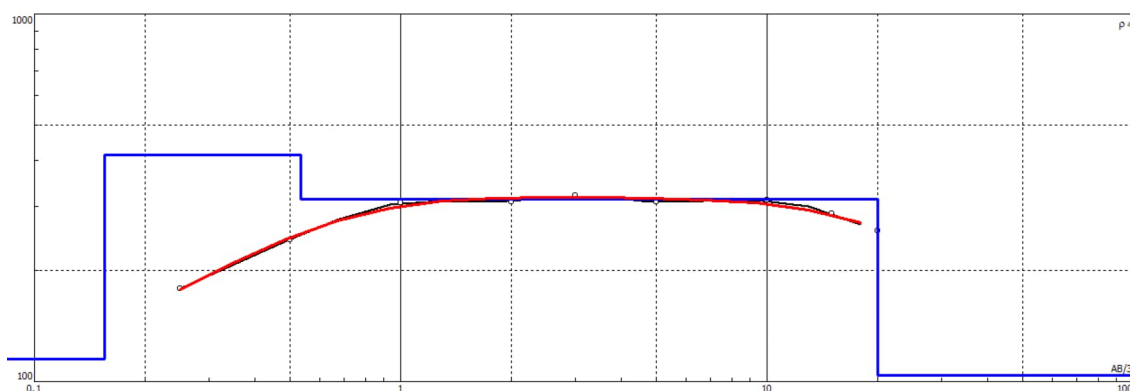


Figura 16. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-3.

El error RMS final es del 1,46 % entre las resistividades aparentes medidas en campo y las teóricas generadas por el modelo obtenido.

El modelo obtenido está definido por tres capas de diferentes resistividades eléctricas sobre un semiespacio infinito (Tabla 14).

La capa superior tiene una resistividad eléctrica de 115 Ohm·m y un espesor de 0,16 m y podría corresponder a un nivel de arenisca presente en la unidad geológica más superficial. La segunda capa tiene una resistividad eléctrica de 415 Ohm·m y un espesor de 0,30 m y podría representar una capa de conglomerado. La tercera capa tiene una resistividad eléctrica de 314 Ohm·m y un espesor de 19,50 m y podría representar una capa de conglomerado.

Finalmente, el último nivel, que es un semiespacio infinito, tiene una resistividad de 104 Ohm·m, y se extiende hasta el final del sondeo, este nivel podría representar areniscas.

Tabla 14. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-3.

Capa	ρ (Ohm·m)	Espesor de la capa (m)	Profundidad (m)
1	115	0,16	0,16
2	415	0,38	0,53
3	314	19,50	20,00
4	104	--	

6.2.4. VES-4

La aplicación del ajuste matemático descrito en el **ANEJO 1** produce el modelo que se muestra en la Figura 17.

El error RMS final es del 3,7 % entre las resistividades aparentes medidas en campo y las teóricas generadas por el modelo obtenido.

El modelo obtenido está definido por dos capas de diferentes resistividades eléctricas sobre un semiespacio infinito (Tabla 15).

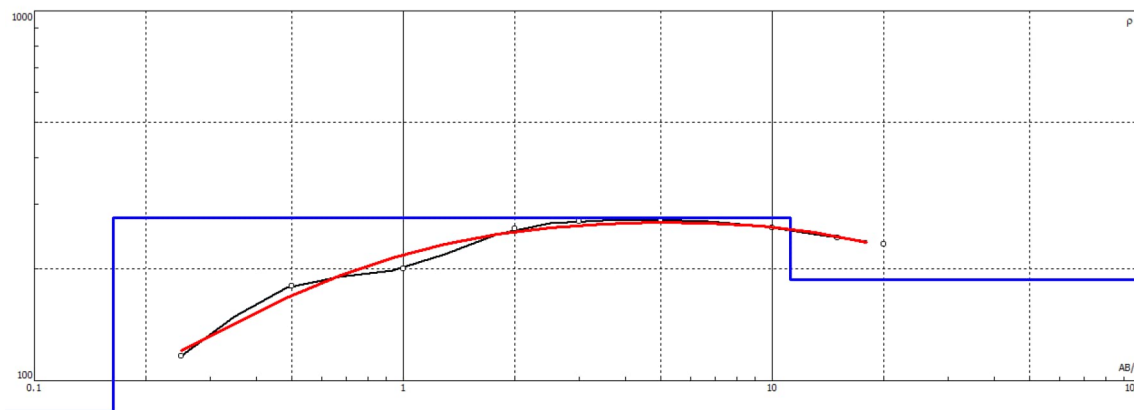


Figura 17. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-4.

La capa superior tiene una resistividad eléctrica de 80,4 Ohm·m y un espesor de 0,16 m y podría corresponder a un nivel de limo/arenisca de grano fino presente en la unidad geológica más superficial. La segunda capa tiene una resistividad eléctrica de 275 Ohm·m y un espesor de 11,00 m y podría representar una capa de arenisca/microconglomerado.

Finalmente, el último nivel, que es un semiespacio infinito, tiene una resistividad de 187 Ohm·m, y se extiende hasta el final del sondeo, este nivel podría representar areniscas.

Tabla 15. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-4.

Capa	ρ (Ohm·m)	Espesor de la capa (m)	Profundidad (m)
1	80,4	0,16	0,16
2	275,0	11,00	11,20
3	187,0	--	--

VES-5

La aplicación del ajuste matemático descrito en el **ANEJO 1** produce el modelo que se muestra en la **Figura 18**.

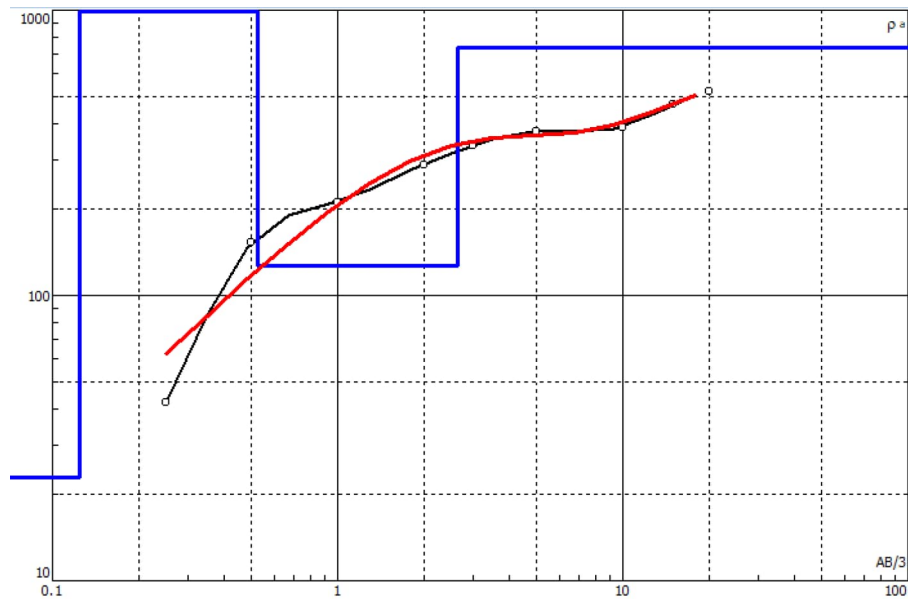


Figura 18. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-5.

El error RMS final es del 14,2 % entre las resistividades aparentes medidas en campo y las teóricas generadas por el modelo obtenido.

El modelo obtenido está definido por tres capas de diferentes resistividades eléctricas sobre un semiespacio infinito (Tabla 16).

La capa superior tiene una resistividad eléctrica de 23,1 Ohm·m y un espesor de 0,13 m y podría corresponder a un nivel de arcilla presente en la unidad geológica más superficial. La segunda capa tiene una resistividad eléctrica de 2.894 Ohm·m y un espesor de 0,40 m y podría representar una capa de evaporita (yeso), tal y como indica el mapa geológico de la Figura 3. La tercera capa tiene una resistividad eléctrica de 127 Ohm·m y un espesor de 2,11 m y podría representar una capa de arenisca.

Finalmente, el último nivel, que es un semiespacio infinito, tiene una resistividad de 741 Ohm·m, y se extiende hasta el final del sondeo, este nivel podría representar capas detríticas yesíferas, según el mapa geológico de la Figura 3.

Tabla 16. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-5.

Capa	ρ (Ohm·m)	Espesor de la capa (m)	Profundidad (m)
1	23,1	0,13	0,13
2	2894,0	0,40	0,53
3	127	2,11	2,64
4	741	--	--

6.2.5. VES-6

La aplicación del ajuste matemático descrito en el **ANEJO 1** produce el modelo que se muestra en la **Figura 19**.

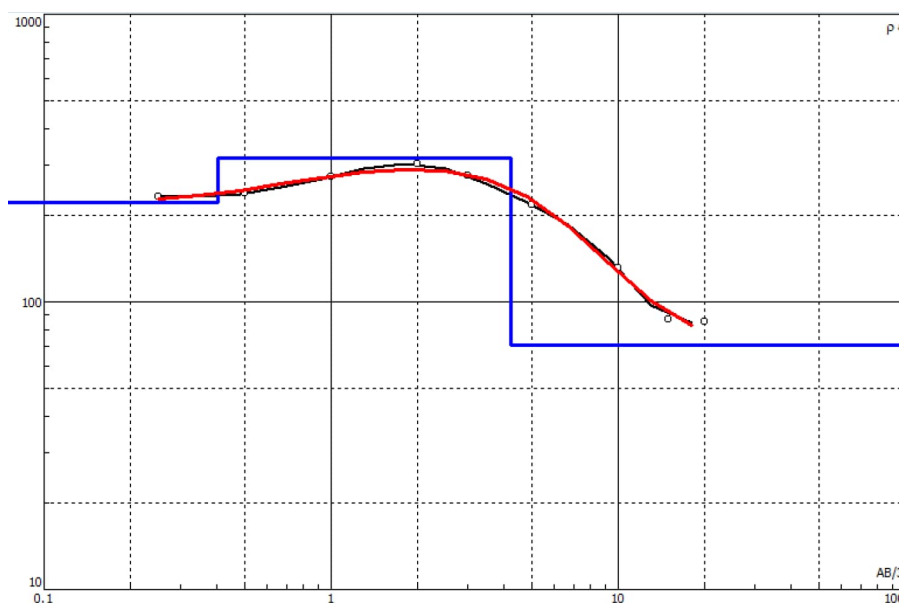


Figura 19. Ajuste proporcionado por el modelo de resistividad (línea azul) entre los datos de campo (negro) y los datos sintéticos (rojo) para el VES-6.

El error RMS final es del 2,88 % entre las resistividades aparentes medidas en campo y las teóricas generadas por el modelo obtenido.

El modelo obtenido está definido por dos capas de diferentes resistividades eléctricas sobre un semiespacio infinito (**Tabla 17**).

La capa superior tiene una resistividad eléctrica de 223 Ohm·m y un espesor de 0,41 m y podría corresponder a un nivel de arenisca presente en la unidad geológica más superficial. La segunda capa tiene una resistividad eléctrica de 316 Ohm·m y un espesor de 3,82 m y podría representar una capa de arenisca/microconglomerado de grano más grueso.

Finalmente, el último nivel, que es un semiespacio infinito, tiene una resistividad de 70,7 Ohm·m, y se extiende hasta el final del sondeo, este nivel podría representar limos/areniscas de grano fino.

Tabla 17. Modelo de resistividad eléctrica obtenido para el VES-6.

Capa	ρ (Ohm·m)	Espesor de la capa (m)	Profundidad (m)
1	223,0	0,41	0,41
2	316,0	3,82	4,22
3	70,7	--	--

7. CONCLUSIONES

El presente informe describe los trabajos de campo y gabinete, así como los resultados obtenidos durante la campaña geofísica que tuvo lugar los días 12 de septiembre para los SEV y 16 de octubre y 4 de noviembre para el estudio con georradar, dentro de un área situada al oeste de la localidad de Villanueva de Gállego, en la provincia de Zaragoza (España).

La campaña geofísica ha estado compuesta por ocho puntos investigados con GPR y seis puntos de Sondeo Eléctrico Vertical, cuyas ubicaciones fueron previamente indicadas por el CLIENTE. Las posiciones reales de los puntos se muestran en el **ANEJO 2**.

Los ocho puntos analizados con GPR no muestran evidencias de servicios públicos enterrados.

La mayoría de los modelos 1D obtenidos del VES muestran una capa profunda de conductividad alta a moderada, que puede relacionarse con arcillas o areniscas, a excepción del VES-5. Este VES presenta una resistividad alta debido a su ubicación sobre una capa rica en evaporitas.

Este informe consta de treinta y dos páginas y cinco anejos de Metodología, Localización de ensayos, Radargramas, Sondeos eléctricos verticales y Referencias.

Colmenarejo, 4 de noviembre de 2024



Mikel López Sáiz
Máster en Geofísica



Thais Montoya Franco
Directora Técnica

ANEJO 1. METODOLOGÍA

A1.1. VES

A1.1.1. Principio físico

Los métodos geoelectrónicos se basan en el análisis de la resistividad eléctrica, que depende únicamente de las propiedades electromagnéticas de los materiales subterráneos.

El método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) determina la distribución vertical de la resistividad subterránea bajo un punto exacto.

Para obtener los valores de resistividad aparente, se entierran firmemente en la superficie cuatro electrodos de contacto (A, M, N y B). La separación entre electrodos varía en función del método empleado.

A través de los electrodos A y B, conectados a una fuente de energía de intensidad conocida, se introduce una corriente continua en el suelo y se mide la diferencia de potencial entre los electrodos M y N (Figura A1-1).

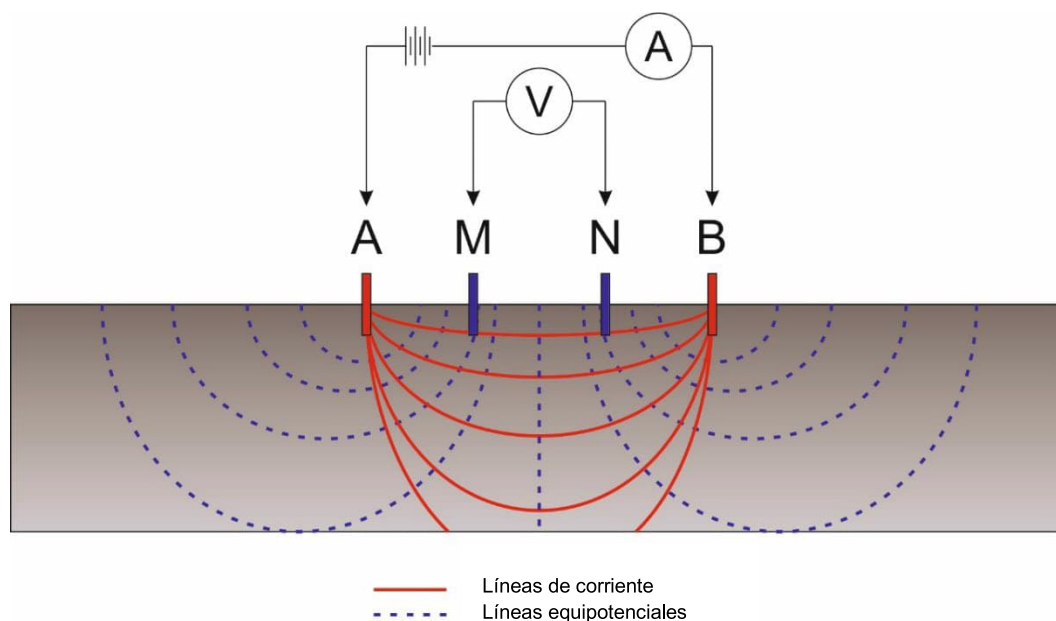


Figura A1-1. Esquema simplificado de un Sondeo Eléctrico Vertical. A y B son los electrodos que introducen la corriente continua, mientras que M y N son los electrodos de potencial. El circuito de medida está formado por el miliamperímetro (conectado a los electrodos A y B), la fuente de alimentación y el milivoltímetro (conectado a los electrodos M y N).

Con estas dos medidas (intensidad y diferencia de potencial eléctrico) se puede obtener el valor de la resistividad aparente de los materiales que han sido afectados por la corriente eléctrica:

$$V_M - V_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) \quad (2)$$

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)} \quad (3)$$

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} K \quad (4)$$

Donde ΔV es la diferencia de potencial en mV, I es el valor de la corriente eléctrica en mA y ρ es la resistividad aparente del terreno con unidades de Ω veces m. La constante K se conoce como coeficiente geométrico del dispositivo y depende exclusivamente de la separación entre electrodos.

Para conocer los valores de resistividad a mayores profundidades, la separación de los electrodos de corriente y potencial se aumenta de forma escalonada, de modo que la corriente eléctrica atraviesa los estratos del subsuelo cada vez más profundamente.

De esta forma, se obtiene una curva de variación de la resistividad aparente del terreno con la profundidad. La resistividad y potencia de cada una de las capas geoelectricas que componen el terreno se puede estimar analizando la variación de la resistividad aparente del terreno a medida que se separan los electrodos (a medida que aumenta la profundidad de investigación) (Figura A1-2). La profundidad máxima de investigación viene determinada por la separación máxima entre electrodos y las propiedades del terreno.

Es importante tener en cuenta que la interpretación de un VES se ajusta a las leyes físicas que rigen el comportamiento de una corriente eléctrica en medios multicapa. Supone que cada una de las capas que componen el terreno es homogénea, isotrópica y de extensión lateral infinita en el espacio.

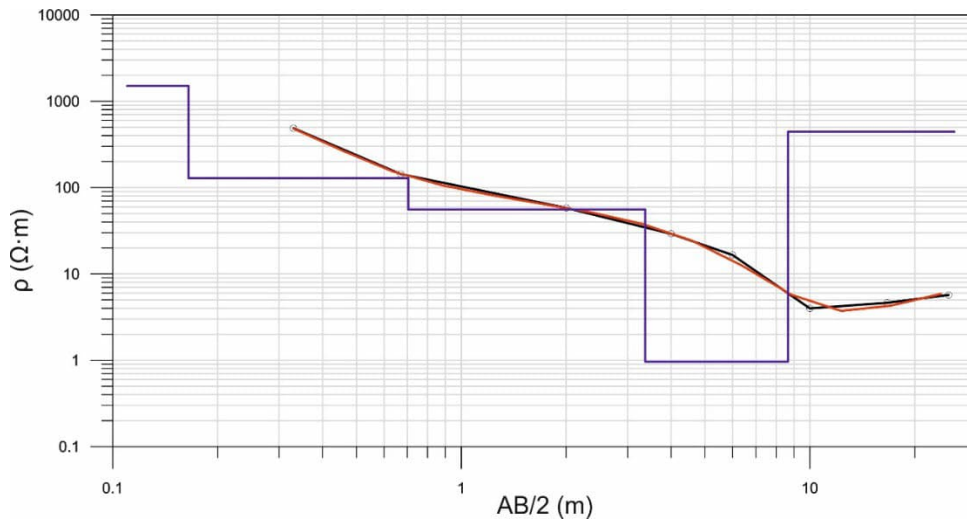


Figura A1-2. Curva de resistividad aparente del suelo para un SEV. La curva negra corresponde a los datos de resistividad aparente medidos sobre el terreno; la curva roja corresponde al ajuste del modelo teórico. La línea azul corresponde al modelo de resistividad obtenido. Verticalmente, el eje Y representa la resistividad aparente del terreno en escala logarítmica, y horizontalmente, el eje X representa la distancia de $AB / 2$ que está relacionada con la profundidad.

A1.1.2. Conjuntos de electrodos

El valor de la resistividad aparente depende de la geometría de la guía de electrodos utilizada, definida por el factor geométrico K . Existen tres tipos principales de configuración de electrodos de uso común (figura A1-3), dos de los cuales llevan el nombre de sus autores -Frank Wenner y Conrad Schlumberger- y una serie de subtipos.

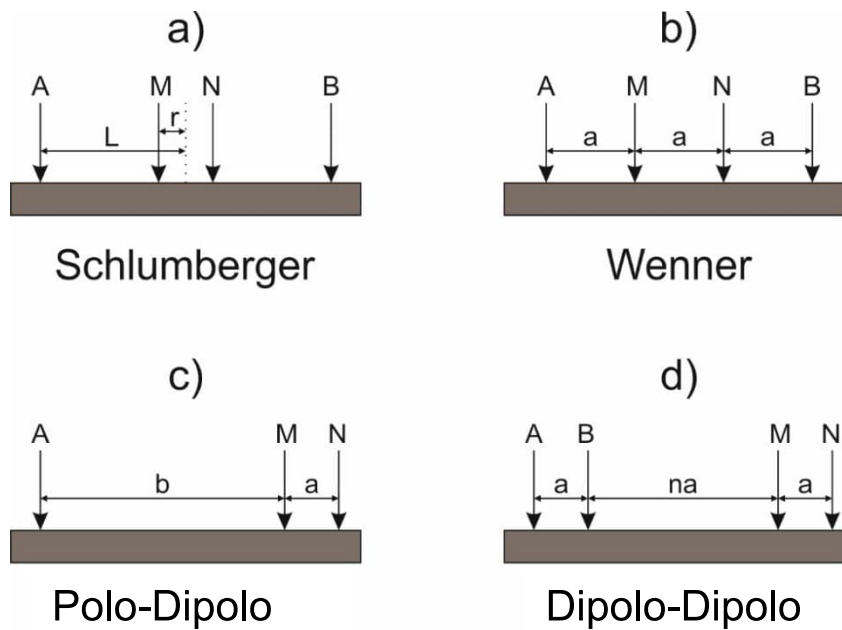


Figura A1-3. Configuraciones de electrodos más comunes.

A continuación se indican los factores geométricos de estas matrices:

Schlumberger

En esta configuración los electrodos de potencial M y N se colocan simétricamente a una distancia r del centro. Los electrodos de corriente A y B están colocados a una distancia L del centro que se aumenta progresivamente para penetrar más profundamente. La distancia entre M y N es mucho menor que la distancia entre A y B. En general, se aplica que $AB > 5MN$ (Figura A1-3a).

El factor geométrico de esta matriz es:

$$K = \frac{\pi}{2} \left(\frac{L^2 - r^2}{r} \right) \quad (5)$$

Wenner

La configuración Wenner es una configuración simétrica en la que todos los electrodos están igualmente espaciados. Las distancias entre electrodos siempre cumplen $AM = MN = NB = a$ (Figura A1-3b).

El factor geométrico de esta matriz es:

$$K = 2\pi a \quad (6)$$

Polo-Dipolo

En esta configuración, el electrodo de corriente B está situado a una gran distancia (tomada como infinito) de los otros tres electrodos como se indica en la [Figura A1-3c](#).

El factor geométrico de esta matriz es:

$$K = 2\pi \frac{b(b+a)}{a} \quad (7)$$

Dipolo-Dipolo

En esta configuración los electrodos se ordenan en ABMN formando un doble dipolo de tamaño a. La distancia entre los dipolos es mucho mayor que la dimensión del dipolo ([Figura A1-3d](#)).

El factor geométrico de esta matriz es:

$$K = \pi n(n + 1)(n + 2)a \quad (8)$$

Es importante reconocer las ventajas y desventajas de cada array; la elección del array suele depender de la familiaridad previa del usuario con el tipo de array, de la disponibilidad del cableado y del software de adquisición de datos, y del software de procesamiento e inversión de datos, así como de factores específicos del emplazamiento.

Desde 1950, los geofísicos rusos utilizan ampliamente los conjuntos dipolo-dipolo, sobre todo en Canadá, en particular para los estudios de "polarización inducida" en la exploración minera, y en Estados Unidos en los estudios de aguas subterráneas.

Estos diferentes tipos y estilos de configuración de electrodos tienen ventajas, desventajas y sensibilidades. Entre los factores que influyen en la elección del tipo de matriz se incluyen la cantidad de espacio disponible para colocar una matriz y la intensidad de trabajo de cada método. Otras consideraciones importantes son la sensibilidad a las inhomogeneidades laterales y a las interfaces de inmersión.

A1.2. GPR

Desde mediados de la década de 1980, el radar de penetración en el suelo (GPR) se ha popularizado enormemente, sobre todo en los sectores de la ingeniería y la arqueología. A medida que la tecnología ha ido mejorando junto con la potencia de los ordenadores, el método

GPR ha ido ganando en popularidad y en variedad de aplicaciones. Esto ha ido acompañado de un aumento de la bibliografía disponible al respecto.



Figura A1-4. Diferentes tipos de modelos de GPR. Todos ellos tienen componentes similares (receptor y transmisor), cuentakilómetros, unidad de control y una pantalla de control.

Las aplicaciones GPR pueden dividirse en dos clasificaciones prácticamente discretas basadas en las principales frecuencias de antena. Para aplicaciones geológicas, en las que la penetración en profundidad tiende a ser más importante que una resolución excepcionalmente fina, se utilizan antenas con frecuencias inferiores o iguales a 500 MHz. Para aplicaciones de ingeniería o ensayos no destructivos (END), se utilizan antenas con frecuencias de 500 MHz y superiores, que suelen llegar hasta 900 MHz o 1 GHz, y en algunos casos hasta 2,5 GHz.

A1.2.1. Principios de funcionamiento

Un sistema de radar consta de un generador de señales, una o varias antenas emisoras y receptoras (según el sistema y el método de despliegue) y una consola de control para gestionar la generación y el registro de las señales. Algunos sistemas graban la señal en bruto, pero al visualizar los resultados en la pantalla se pueden aplicar filtros y ganancias que no afectan a los datos grabados. Otros sistemas pueden aplicar algunos filtros antes de la grabación, lo que impide la eliminación posterior de estos filtros si se intentan visualizar los datos sin procesar.

Los componentes básicos de un sistema de radar son la antena transmisora (Tx) para generar un tren de ondas de radio que se propaga en un haz amplio. Como las ondas de radio viajan a gran velocidad (en el aire, 300.000 km/s o 0,3 m/ns), el tiempo de viaje de una onda de radio desde el instante de transmisión hasta su posterior retorno a la antena receptora (Rx) es del orden de unas decenas a varios miles de nanosegundos (ns; 10⁻⁹ segundos). Esto requiere una instrumentación muy precisa para medir el instante de transmisión con la suficiente exactitud para que la precisión final del sistema sea razonable con respecto a los tiempos de viaje en cuestión. Las antenas se utilizan en modo monostático o bistático. El modo monostático es cuando un dispositivo de antena se utiliza como transmisor y receptor, mientras que el modo bistático es cuando se utilizan dos antenas separadas, una como transmisor y otra como receptor.

El transmisor genera un impulso de ondas de radio a una frecuencia determinada por las características de la antena utilizada, con una frecuencia de repetición de 50.000 veces por segundo. El receptor está configurado para escanear a una velocidad fija, en función del sistema utilizado. Cada barrido dura lo mismo que el tiempo total de viaje bidireccional, que puede fijarse entre unas decenas y varios miles de nanosegundos. Cada exploración se visualiza en una pantalla de vídeo, en un registrador gráfico o en ambos. A medida que la antena se desplaza sobre el terreno, las señales recibidas se muestran en función de su tiempo de viaje bidireccional, es decir, el tiempo transcurrido desde el instante de la transmisión hasta el momento de la detección por el receptor, en forma de radargrama (Figura A1-5). Esta visualización es análoga a una sección sísmica (sismograma).

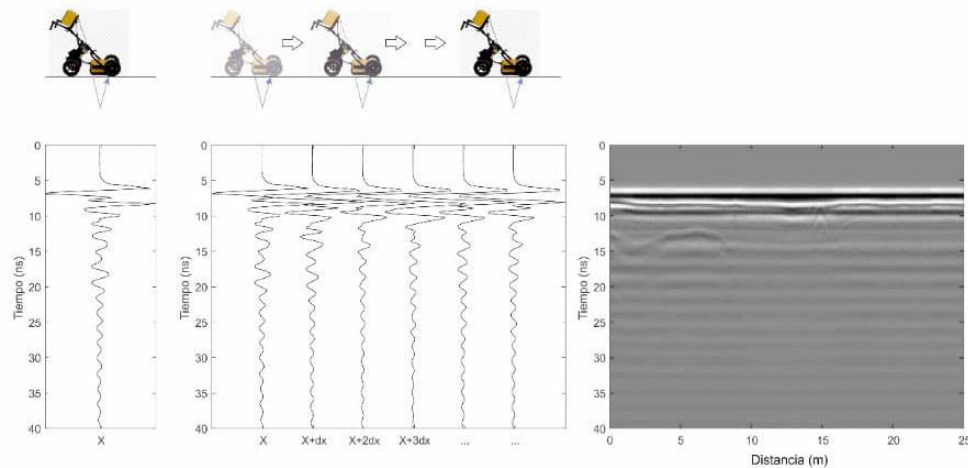


Figura A1-5. Representación gráfica de los datos del GPR. La antena de radar emite y recibe señales de radio (izquierda) hacia el suelo. Moviendo la antena y repitiendo la medición, se puede obtener una pseudo-sección denominada radargrama (derecha).

Existen varios factores que provocan una disminución de la intensidad de la señal a medida que se propaga a través de los medios subterráneos. La pérdida de energía se produce debido a las pérdidas por reflexión/transmisión sobre cada interfaz y se producen cada vez que las ondas de radio atraviesan un límite.

Además, si hay objetos con dimensiones del mismo orden que la longitud de onda de la señal de radar, estos objetos provocarán la dispersión de la energía de forma aleatoria.

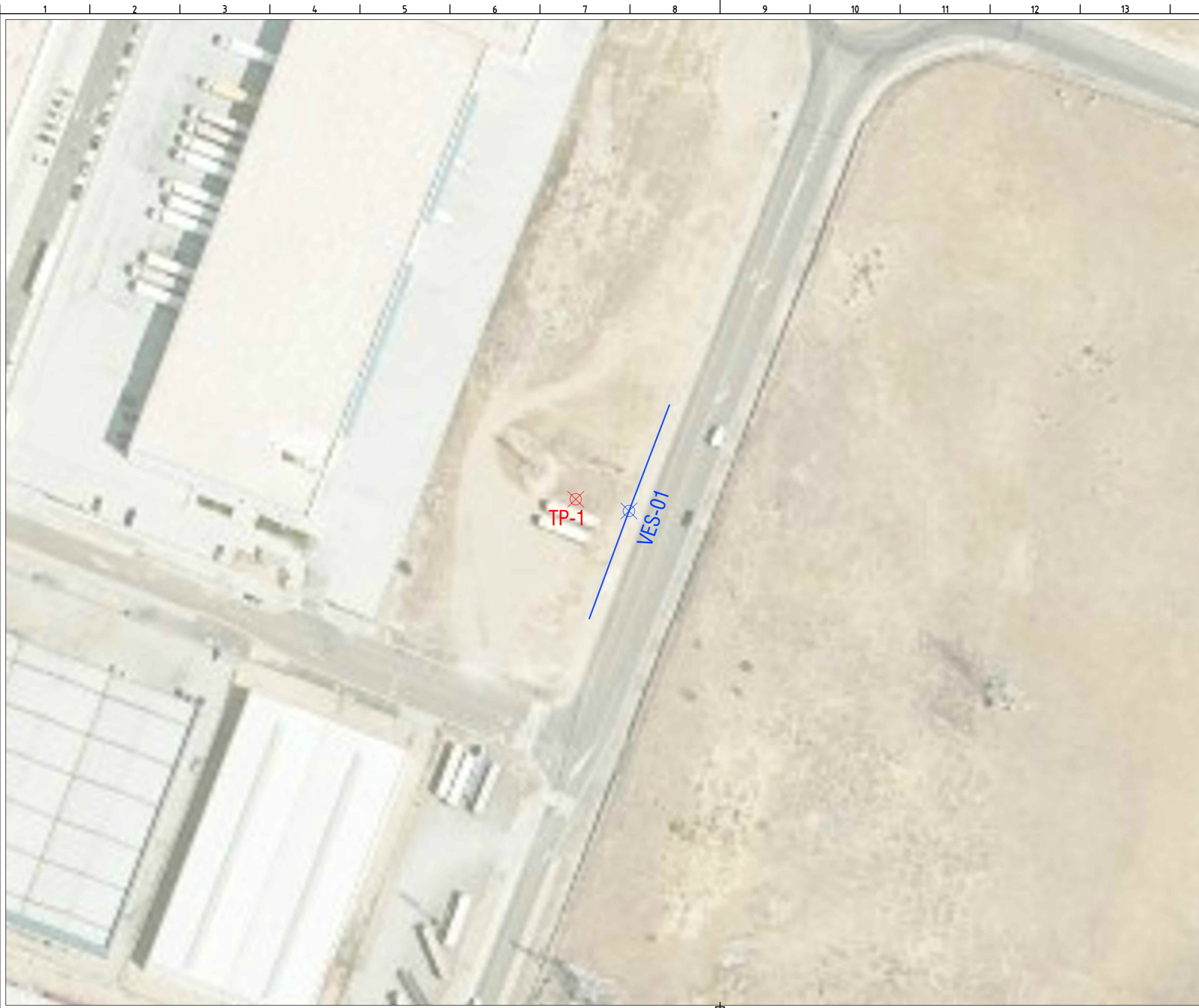
Cuando los objetos son lo suficientemente grandes en relación con la longitud de onda del radar, pueden dar lugar a difracciones puntuales. Éstas sirven para dispersar la energía de la señal, pero también para demostrar al intérprete la presencia de tales objetos.

Además de las pérdidas por reflexión/transmisión en las interfaces, la energía se pierde por absorción (transformación de la energía electromagnética en calor).

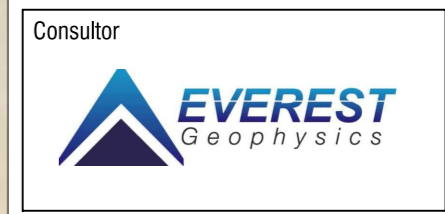
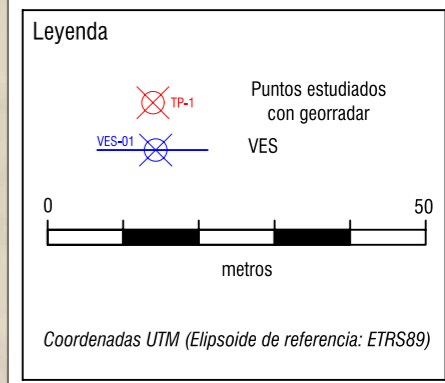
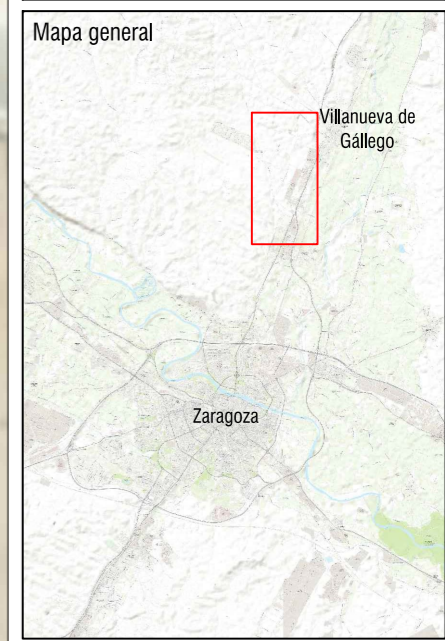
Otra pérdida de energía se debe a la dispersión geométrica de la energía. La señal de radar se transmite en un haz con un ángulo cónico de 90° . A medida que las señales de radio se alejan del transmisor, se dispersan provocando una reducción de la energía por unidad de superficie a razón de $1/r^2$, donde r es la distancia recorrida.

Una causa fundamental de la pérdida de energía es la atenuación, que es una función compleja de las propiedades dieléctricas y eléctricas de los medios a través de los cuales viaja la señal de radar. El factor de atenuación (α) depende de las propiedades eléctricas (σ), magnéticas (μ) y dieléctricas (ϵ) del medio por el que se propaga la señal, así como de la frecuencia de la propia señal ($2\pi f$). El comportamiento a granel de un material viene determinado por las propiedades físicas correspondientes de los distintos constituyentes presentes y sus respectivas abundancias proporcionales.

ANEJO 2. LOCALIZACIÓN DE ENSAYOS



Ubicación ZAZ 80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



Proyecto

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

Título de hoja

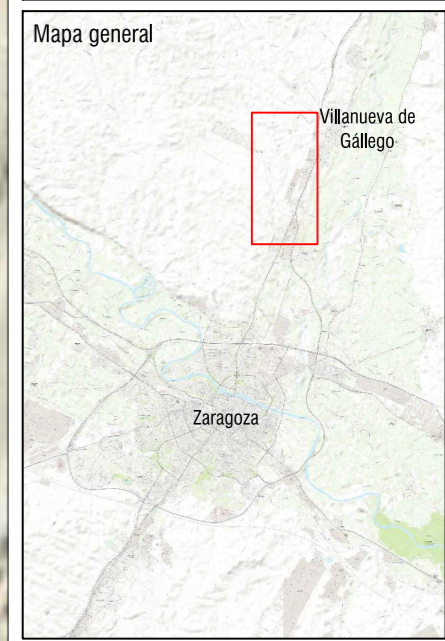
Ubicación del estudio geofísico

Autor	M.L.
Versión	Ver.2
Escala	1:1.000 DIN A3
Fecha	OCTUBRE 2024
Número	A2-1

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado: nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>, Cod.Ver: 87870340



Ubicación ZAZ 80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



Leyenda

- TP-1 Puntos estudiados con georradar
- VES-01 VES

0 50
metros

Coordenadas UTM (Elipsoide de referencia: ETRS89)

Consultor

Ciente

Proyecto
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

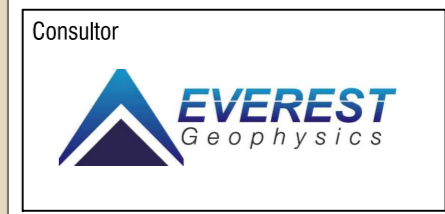
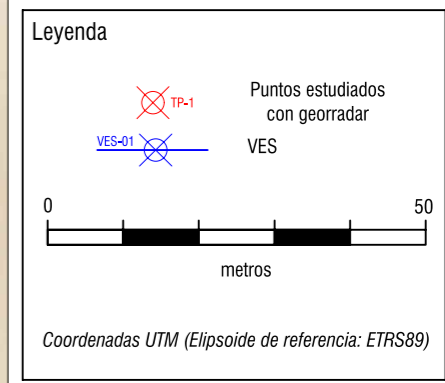
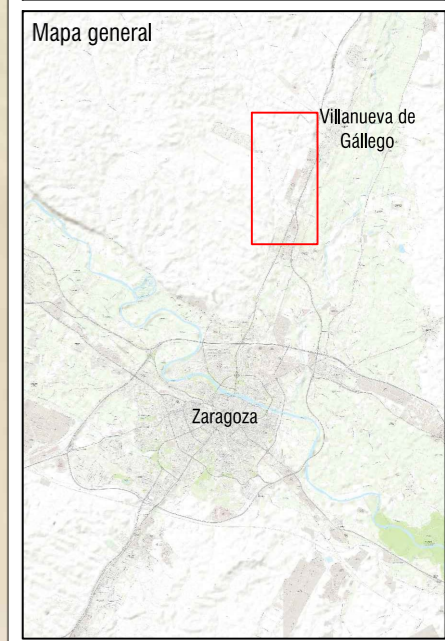
Título de hoja
Ubicación del estudio geofísico

Autor	M.L.
Versión	Ver.2
Escala	1:1.000 DIN A3
Fecha	OCTUBRE 2024
Número	A2-2

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COII, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>, Cod.Ver: 87870340



Ubicación ZAZ 80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



Proyecto

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

Título de hoja

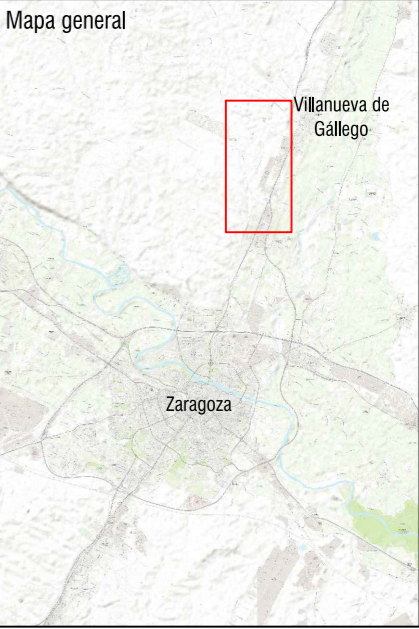
Ubicación del estudio geofísico

Autor	M.L.
Versión	Ver.2
Escala	1:1.000 DIN A3
Fecha	OCTUBRE 2024
Número	A2-3

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>, Cod.Ver: 87870340



Ubicación ZAZ 80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



Leyenda

- TP-1 Puntos estudiados con georradar
- VES-01 VES

0 50
metros

Coordenadas UTM (Elipsoide de referencia: ETRS89)



Proyecto
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

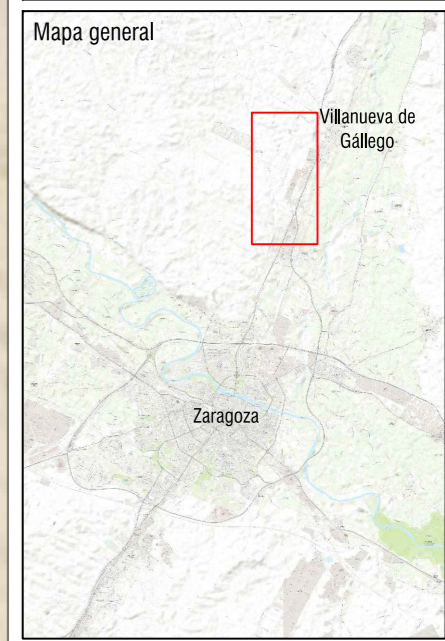
Título de hoja
Ubicación del estudio geofísico

Autor	M.L.
Versión	Ver.2
Escala	1:1.000 DIN A3
Fecha	OCTUBRE 2024
Número	A2-4

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado: nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>, Cod.Ver: 87870340



Ubicación ZAZ 80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



Leyenda

- TP-1 Puntos estudiados con georradar
- VES-01 VES

0 50
metros

Coordenadas UTM (Elipsoide de referencia: ETRS89)

Consultor

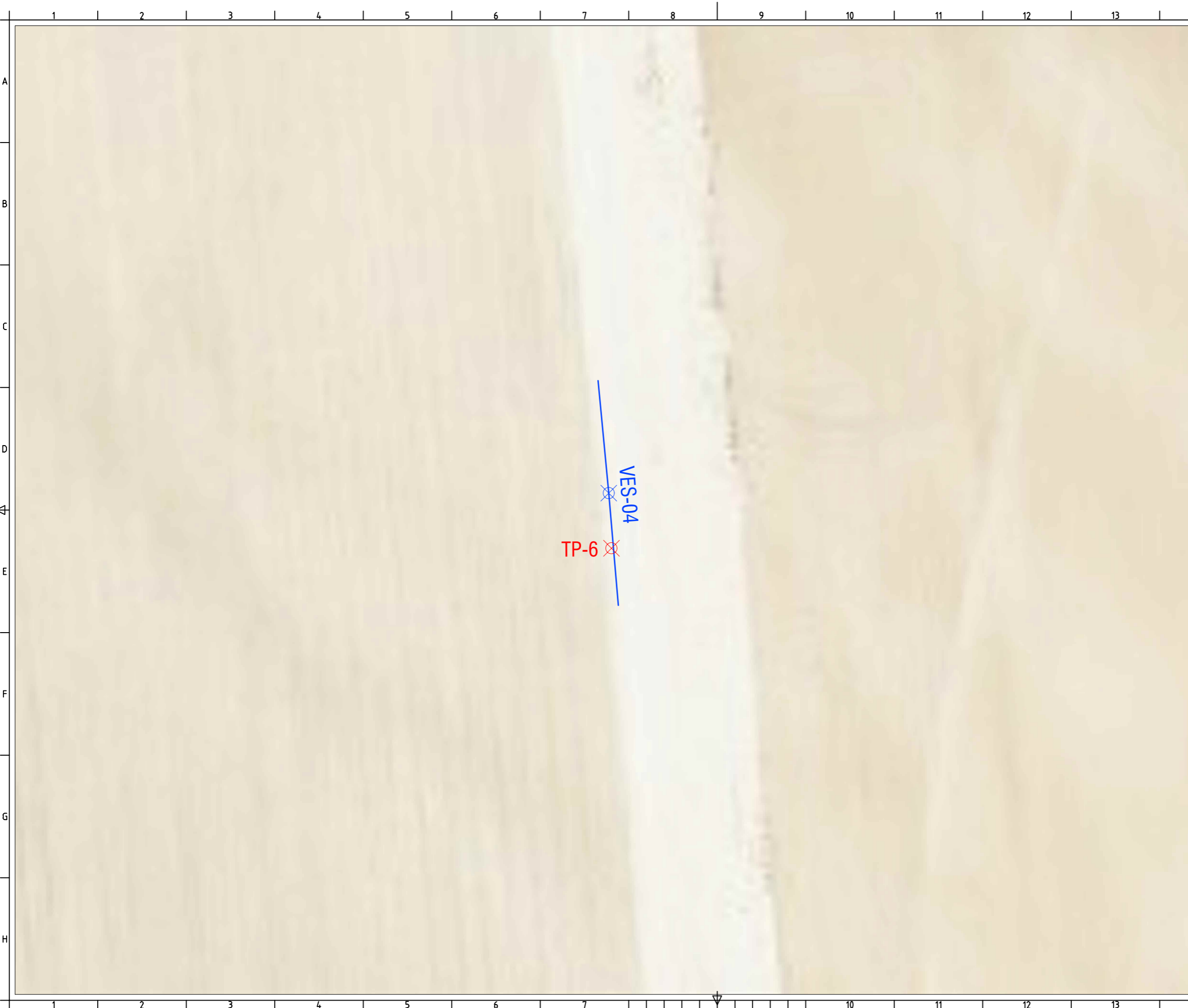
Ciente

Proyecto
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

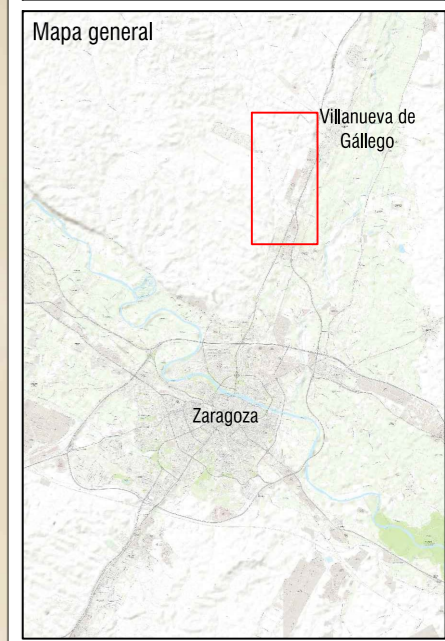
Título de hoja
Ubicación del estudio geofísico

Autor	M.L.
Versión	Ver.2
Escala	1:1.000 DIN A3
Fecha	OCTUBRE 2024
Número	A2-5

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado: nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COII, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: https://www.com.es/verificacion, Cod.Ver: 87870340



Ubicación ZAZ 80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



Leyenda

- TP-1 Puntos estudiados con georradar
- VES-01 VES

0 50
metros

Coordenadas UTM (Elipsoide de referencia: ETRS89)

Consultor

Ciente

Proyecto

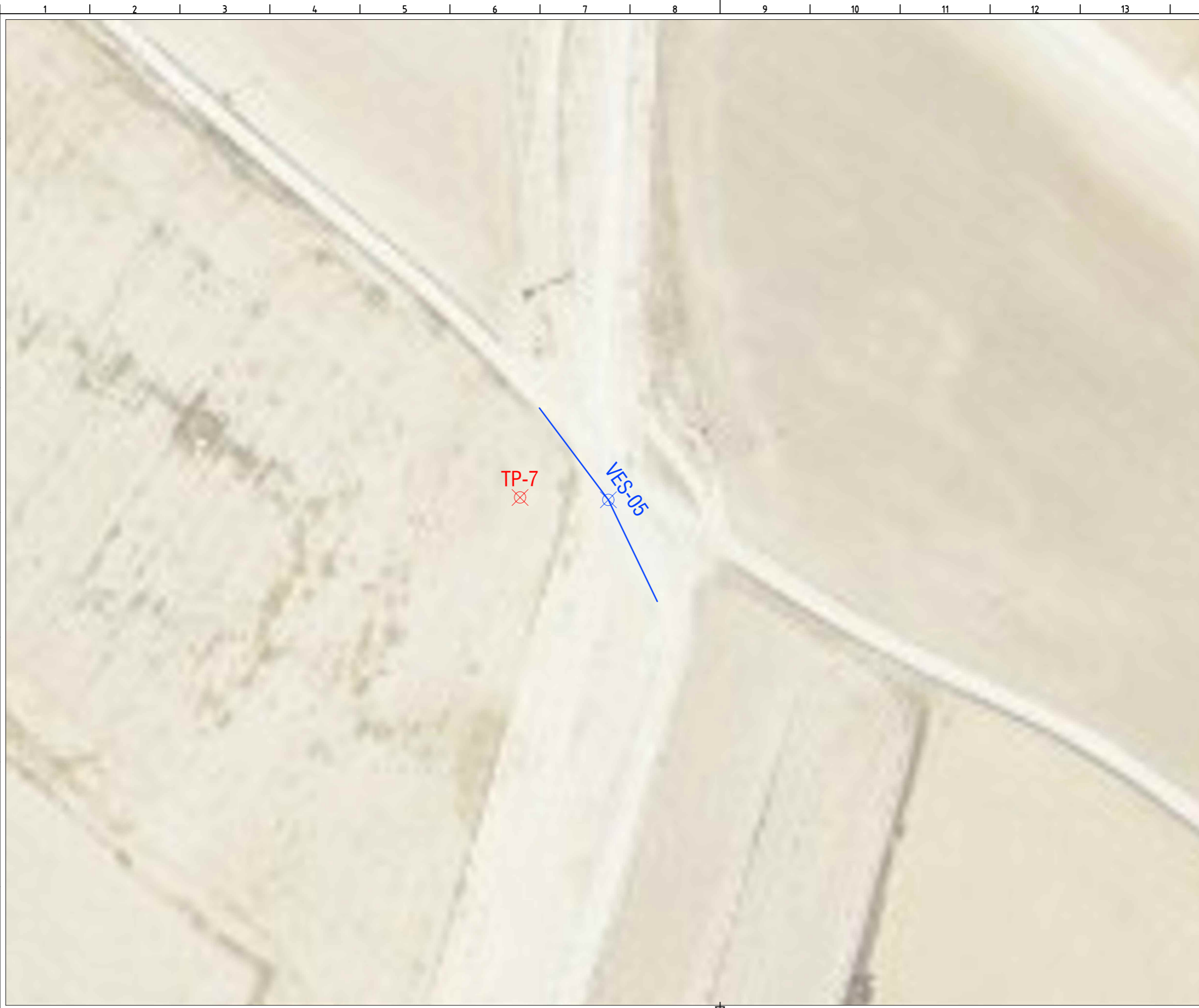
ESTUDIO GEOFISICO MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

Título de hoja

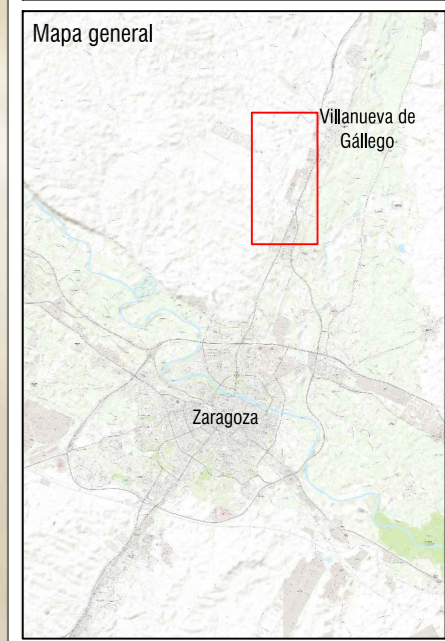
Ubicación del estudio geofísico

Autor	M.L.
Versión	Ver.2
Escala	1:1.000 DIN A3
Fecha	OCTUBRE 2024
Número	A2-6

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>, Cod.Ver: 87870340.



Ubicación ZAZ 80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



Leyenda

- TP-1 Puntos estudiados con georradar
- VES-01 VES

0 50 metros

Coordenadas UTM (Elipsoide de referencia: ETRS89)

Consultor

Ciente

Proyecto

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

Título de hoja

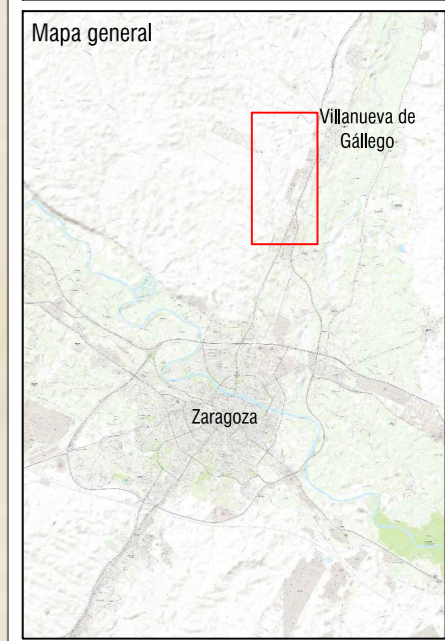
Ubicación del estudio geofísico

Autor	M.L.
Versión	Ver.2
Escala	1:1.000 DIN A3
Fecha	OCTUBRE 2024
Número	A2-7

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado: nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>, Cod.Ver: 87870340



Ubicación ZAZ 80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



Leyenda

- TP-1 (Red circle with cross) Puntos estudiados con georradar
- VES-01 (Blue circle with cross) VES

0 50 metros

Coordenadas UTM (Elipsoide de referencia: ETRS89)

Consultor

Ciente

Proyecto
 ESTUDIO GEOFISICO MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

Título de hoja
 Ubicación del estudio geofísico

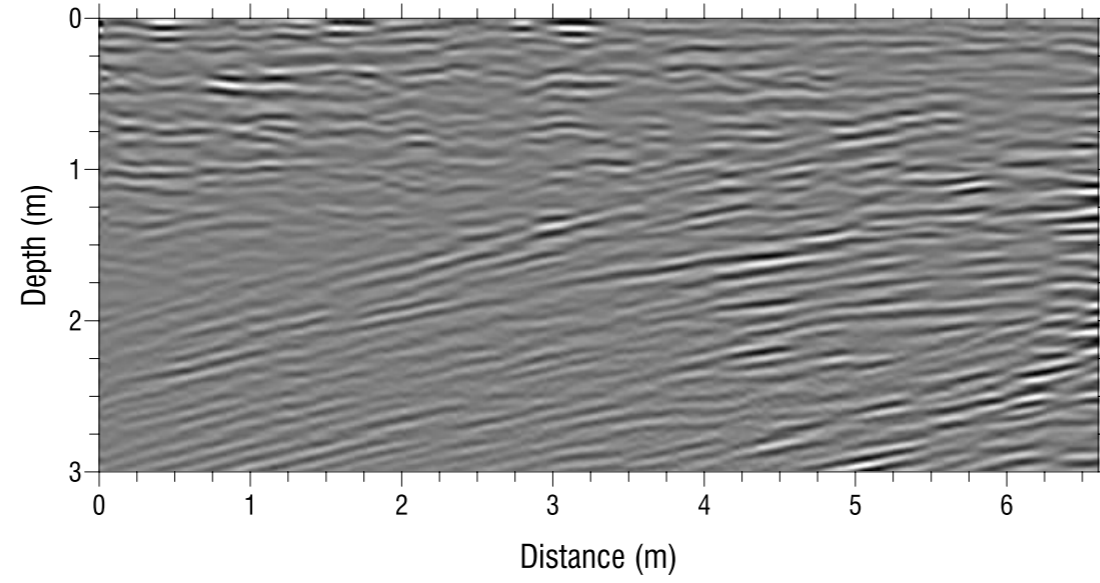
Autor	M.L.
Versión	Ver.2
Escala	1:1.000 DIN A3
Fecha	OCTUBRE 2024
Número	A2-8

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado: nº 2024/04315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: https://www.com.es/verificacion, Cod.Ver: 87870340.

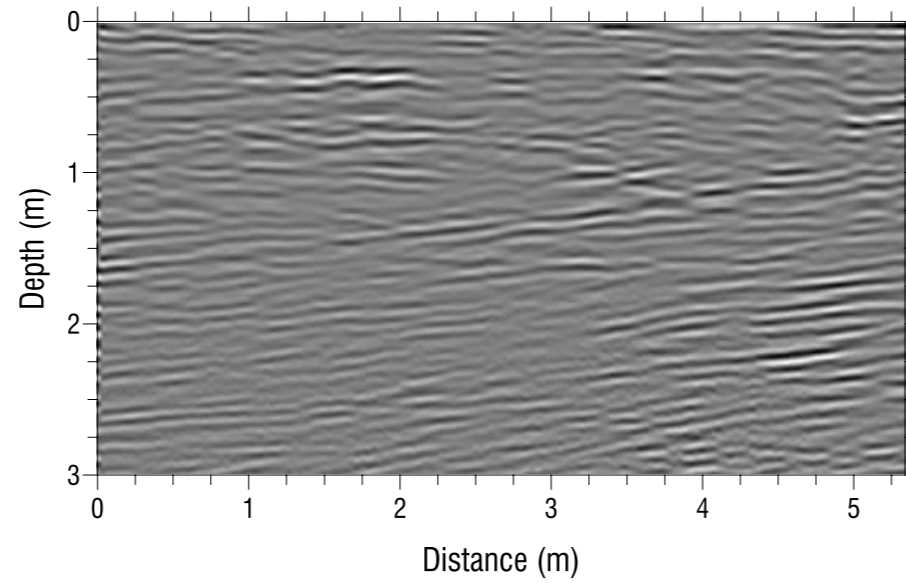
ANEJO 3. RADARGRAMAS

TP-1

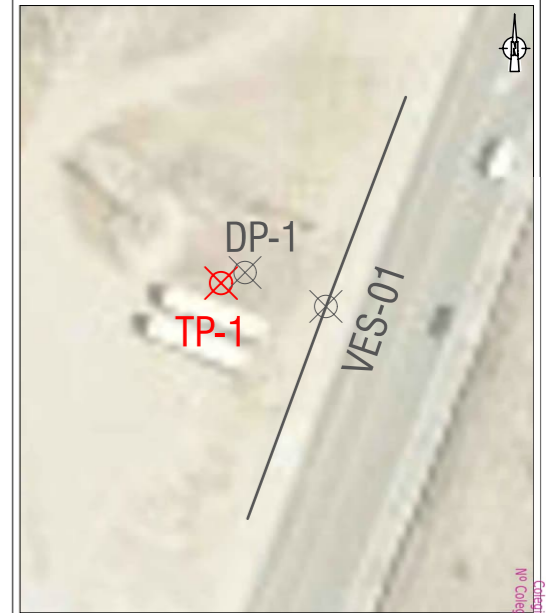
GPR 124



GPR 125



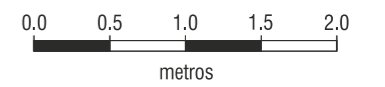
Localización Villanueva de Gállego, Zaragoza, España



LEYENDA

 **TP-1** Estudio GPR

ESCALA DE GRÁFICO



CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE LA HOJA

Radargramas TP-1

PROYECTO

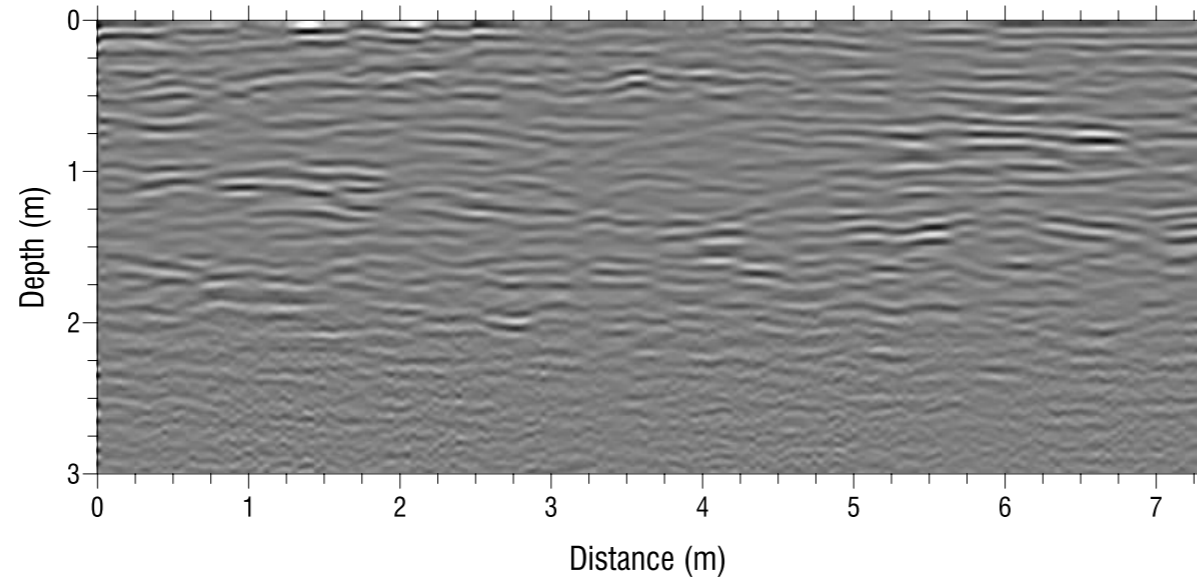
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	A.R.	VERSIÓN	2
FECHA	Noviembre 2024	HOJA	A3-1

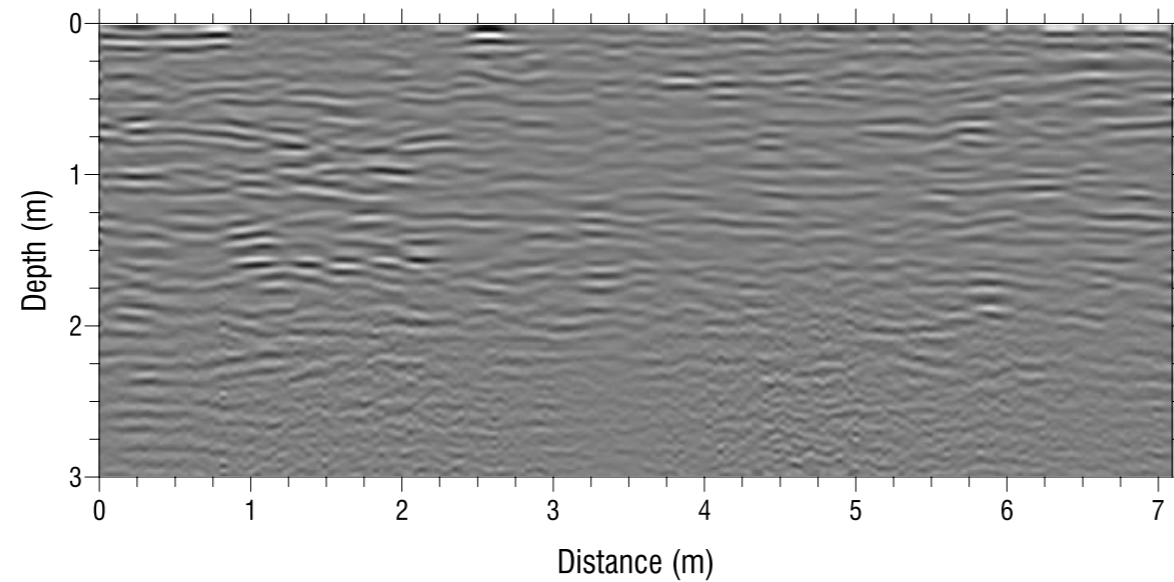
Código: Plan de Ingeniería Industrial de Madrid - 2024/2025 - Fecha: 15/11/2024 - Firmado: Electrónicamente por el autor.
No Colegiado: 11207 / Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS - Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>. Cod.Ver.: 87870340

TP-2

GPR 128



GPR 129



Localización Villanueva de Gállego, Zaragoza, España



TP-2

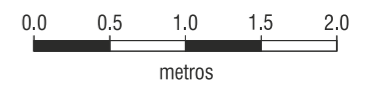
LEYENDA



TP-1

Estudio GPR

ESCALA DE GRÁFICO



CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE LA HOJA

Radargramas GPR TP-2

PROYECTO

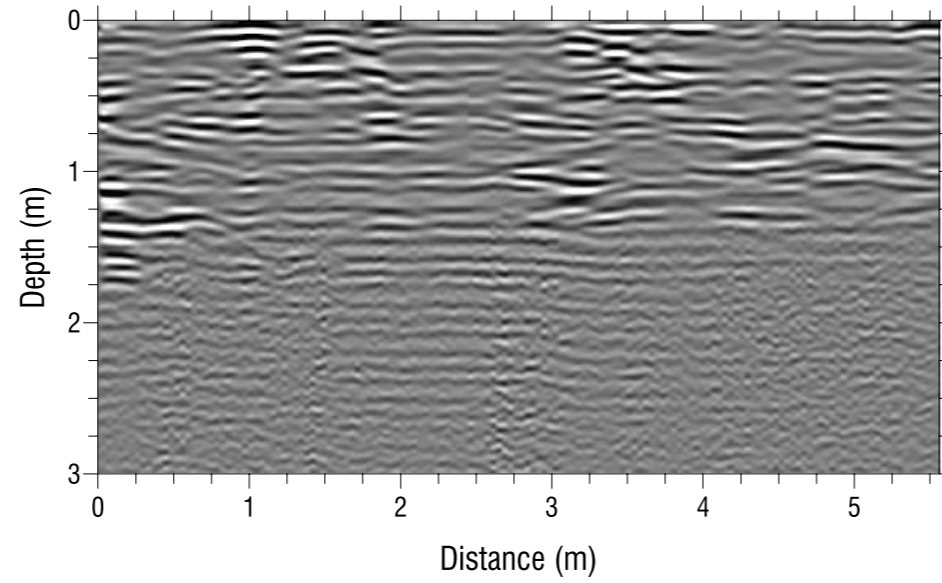
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	A.R.	VERSIÓN	2
FECHA	Noviembre 2024	HOJA	A3-2

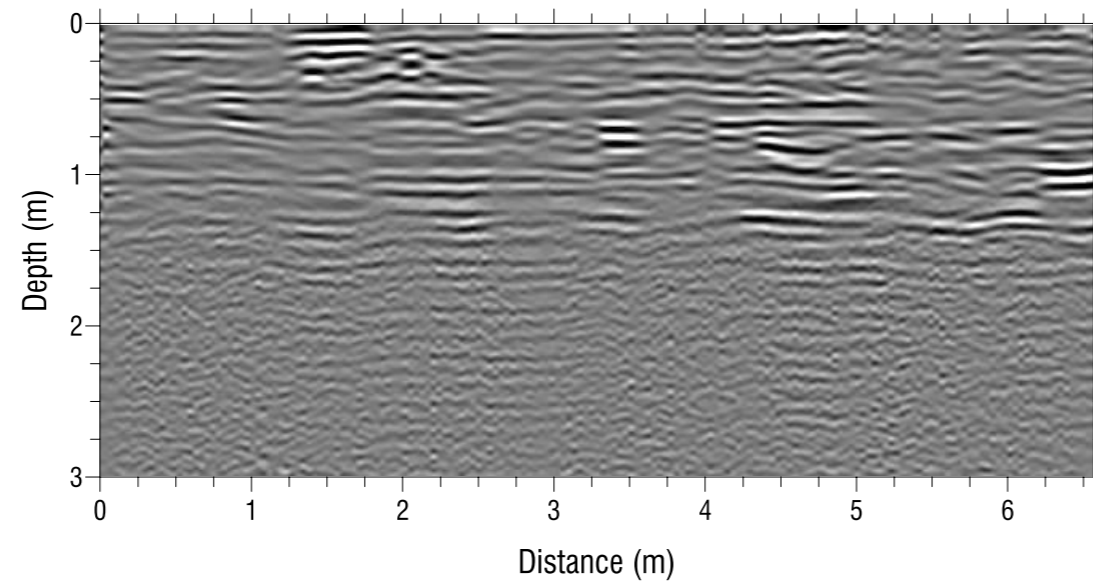
Código: Plan de Ingeniería Industrial de Madrid - 2024/2025 - Fecha: 15/11/2024 - Firmado: Electrónicamente por el autor.
No Colegiado: 11207 / Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>. Cod.Ver.: 87870340.

TP-3

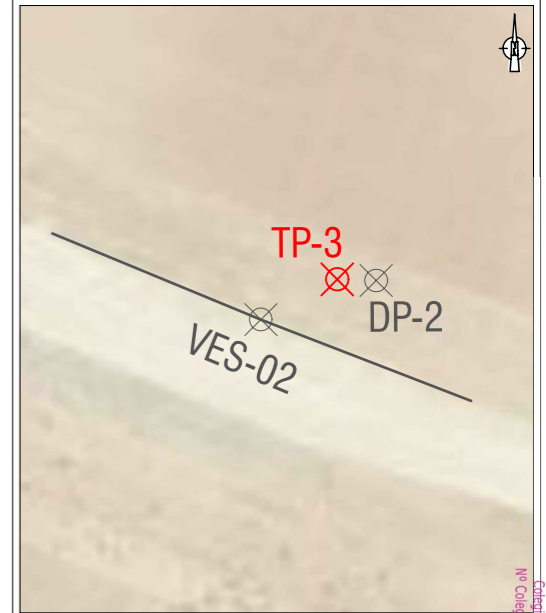
GPR 132



GPR 133



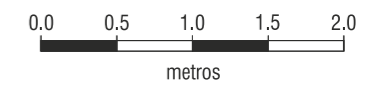
Localización Villanueva de Gállego, Zaragoza, España



LEYENDA

 TP-1 Estudio GPR

ESCALA DE GRÁFICO



CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE LA HOJA

Radargramas TP-3

PROYECTO

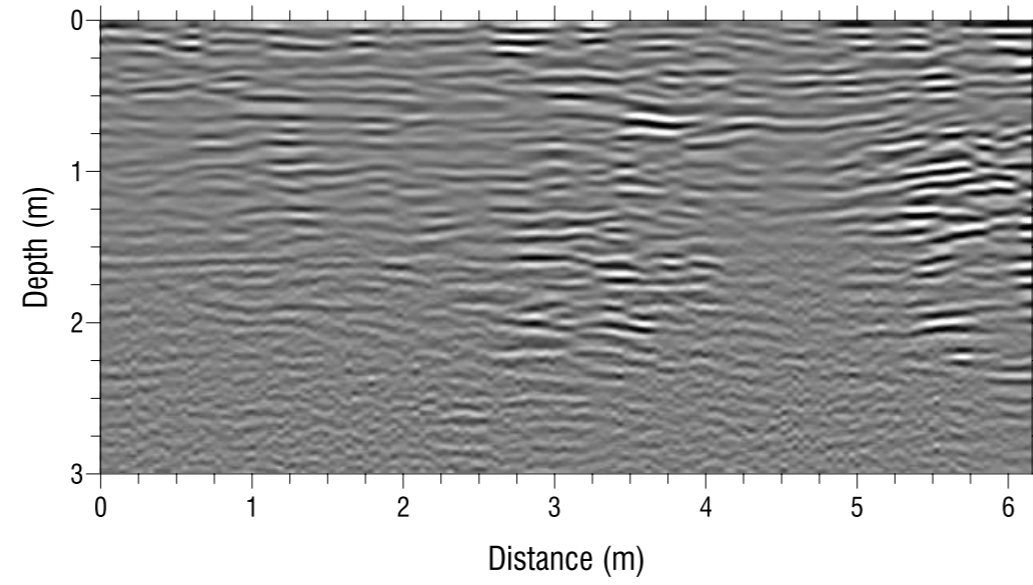
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	A.R.	VERSIÓN	2
FECHA	Noviembre 2024	HOJA	A3-3

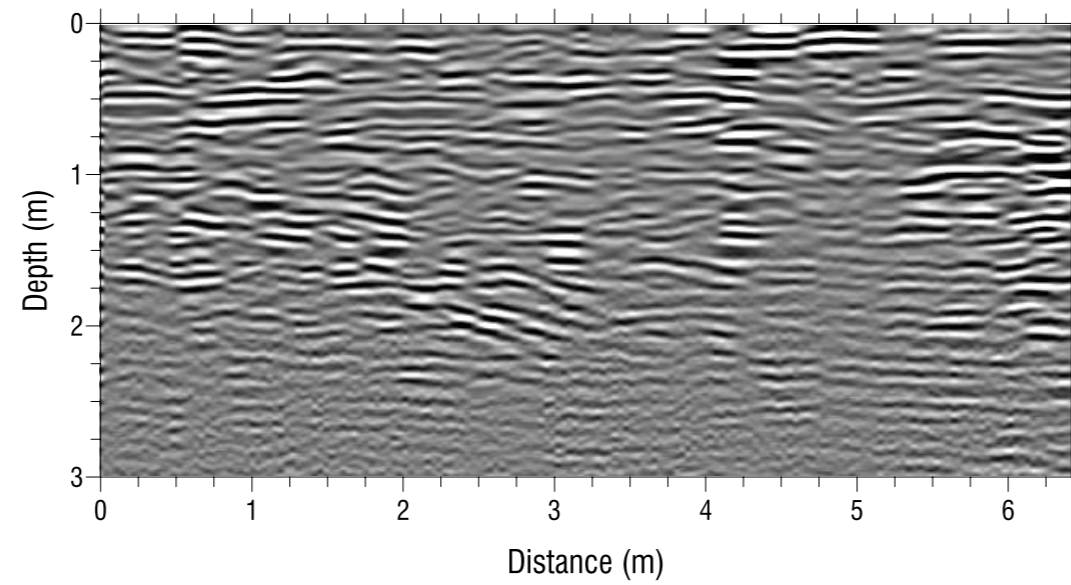
Código: 11207 / Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>. Cod.Ver.: 87870346

TP-4

GPR 134



GPR 135



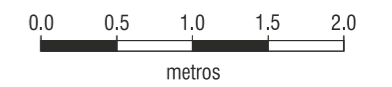
Localización Villanueva de Gállego, Zaragoza, España



LEYENDA

 **TP-1** Estudio GPR

ESCALA DE GRÁFICO



CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE LA HOJA

Radargramas GPR TP-4

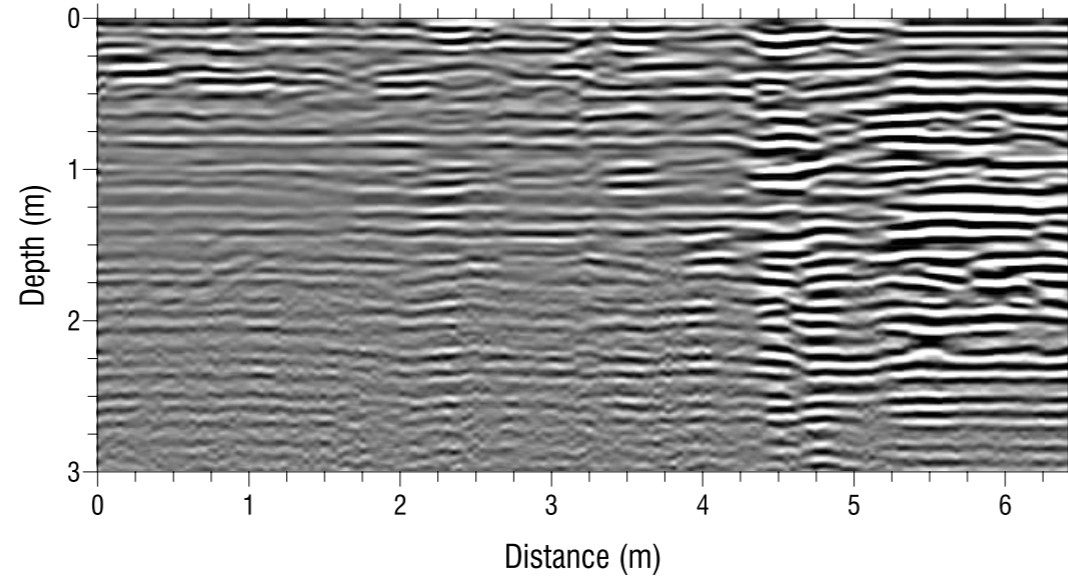
PROYECTO

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

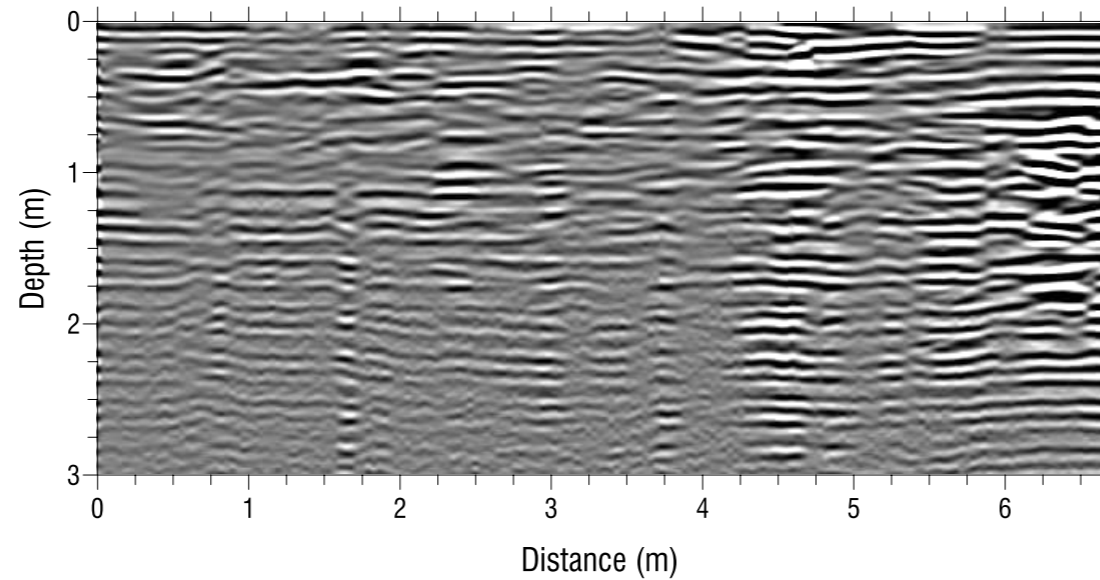
AUTOR	A.R.	VERSIÓN	2
FECHA	Noviembre 2024	HOJA	A3-4

TP-5

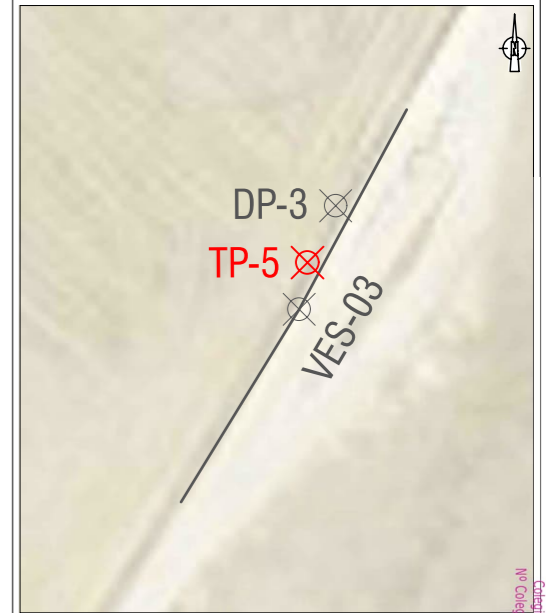
GPR 138



GPR 139



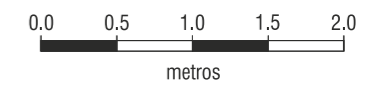
Localización Villanueva de Gállego, Zaragoza, España



LEYENDA

⊗ TP-1 Estudio GPR

ESCALA DE GRÁFICO



CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE LA HOJA

Radargramas TP-5

PROYECTO

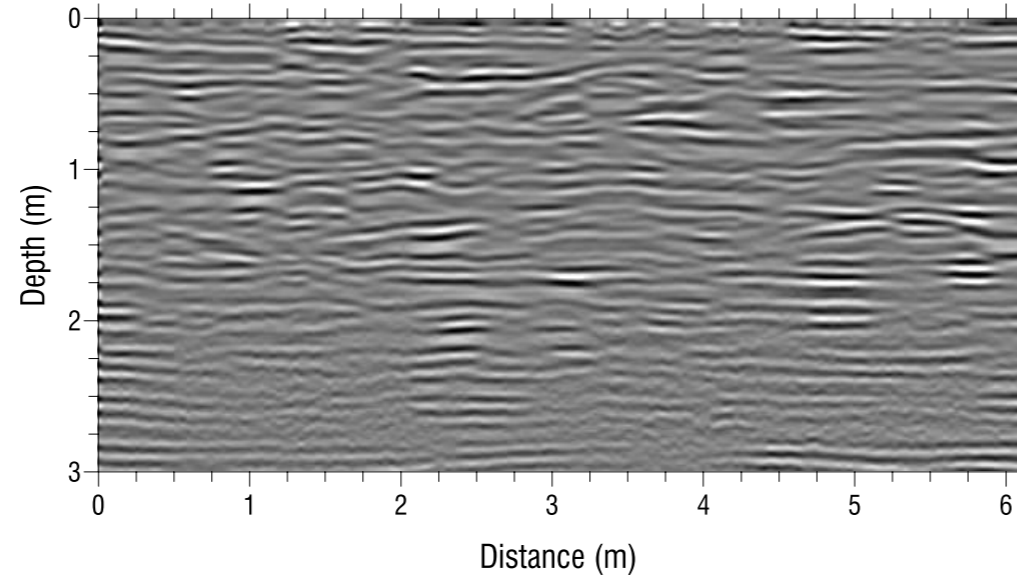
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	A.R.	VERSIÓN	2
FECHA	Noviembre 2024	HOJA	A3-5

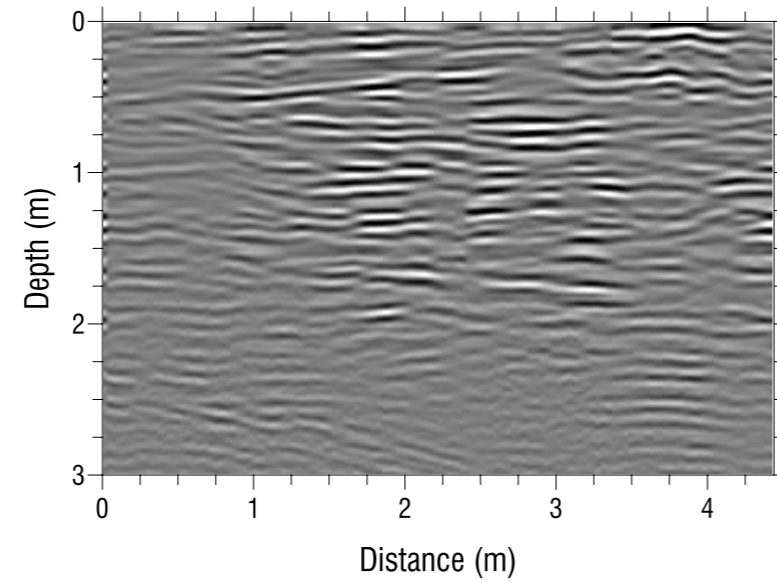
No. Colegiado: 11207 / Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>. Cod.Ver: 87870346.

TP-6

GPR 140



GPR 141



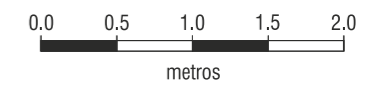
Localización Villanueva de Gállego, Zaragoza, España



LEYENDA

 **TP-1** Estudio GPR

ESCALA DE GRÁFICO



CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE LA HOJA

Radargramas TP-6

PROYECTO

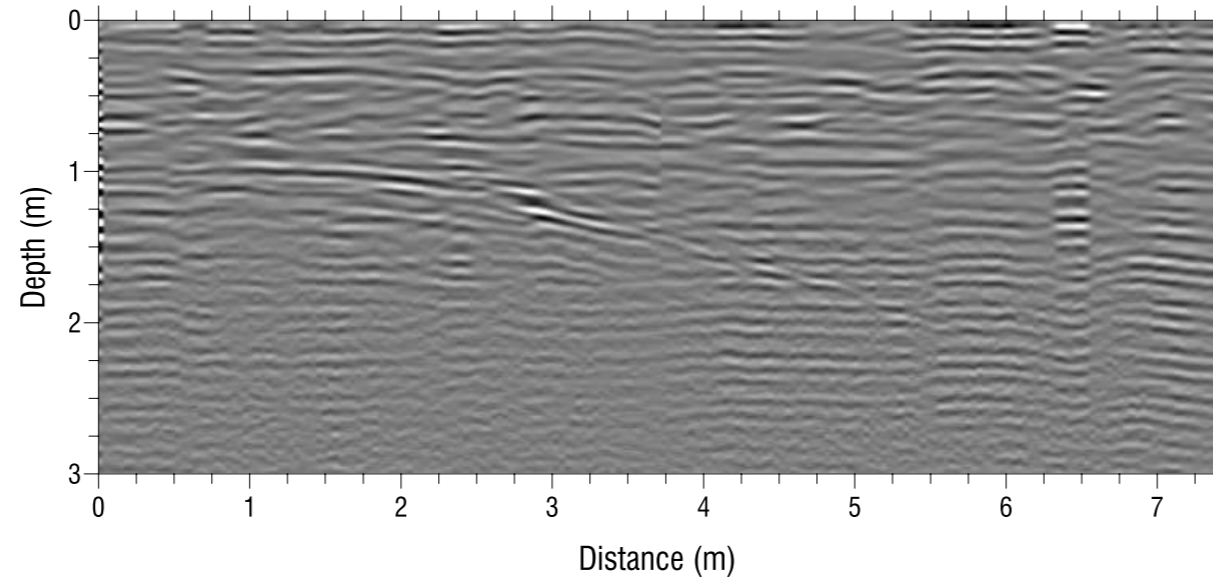
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	A.R.	VERSIÓN	2
FECHA	Noviembre 2024	HOJA	A3-6

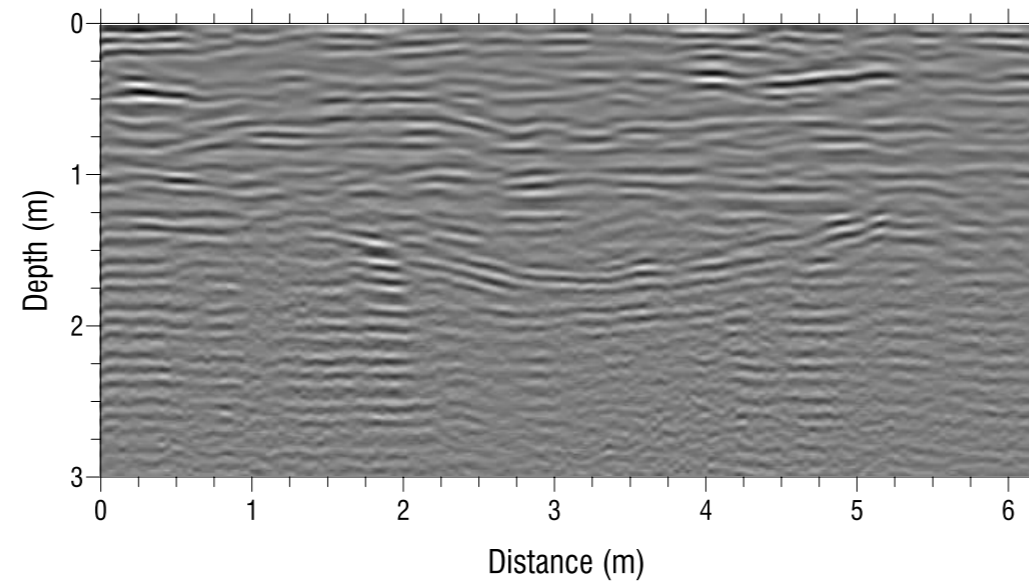
Código: Plan de Ingeniería Industrial de Madrid - Inscripción: 2024/01/15 - Fecha: 15/11/2024 - Firmado: Electrónicamente por el autor.
No Colegiado: 11207 Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>. Cod.Ver.: 87870340

TP-7

GPR 142



GPR 143



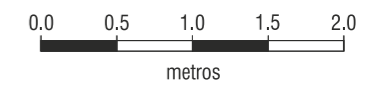
Localización Villanueva de Gállego, Zaragoza, España



LEYENDA

 **TP-1** Estudio GPR

ESCALA DE GRÁFICO



CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE LA HOJA

Radargramas TP-7

PROYECTO

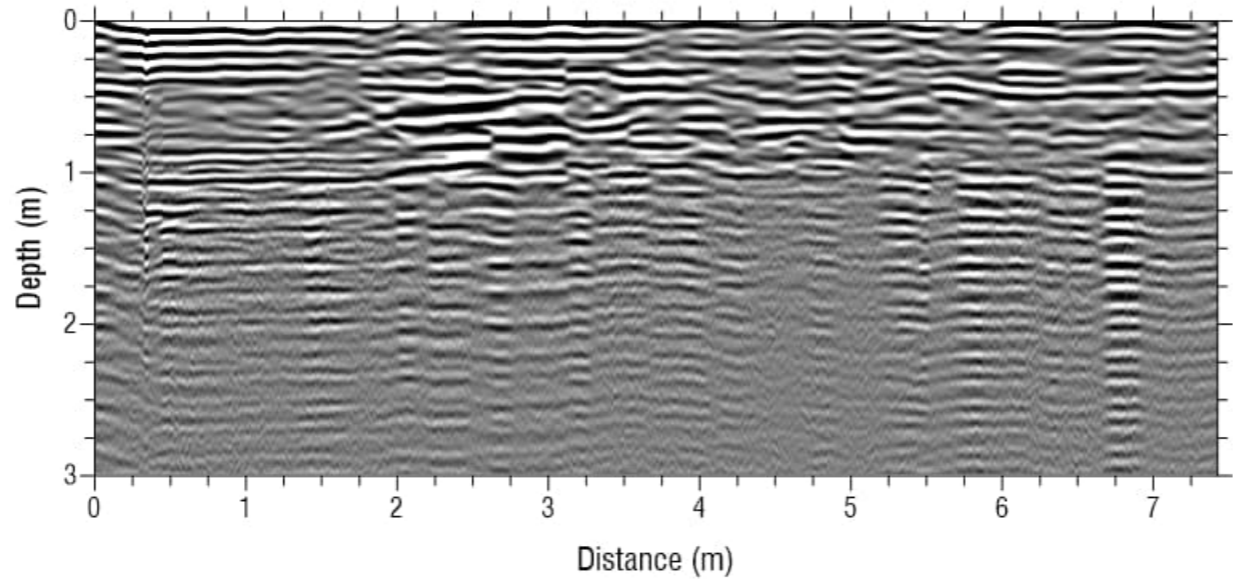
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	A.R.	VERSIÓN	2
FECHA	Noviembre 2024	HOJA	A3-7

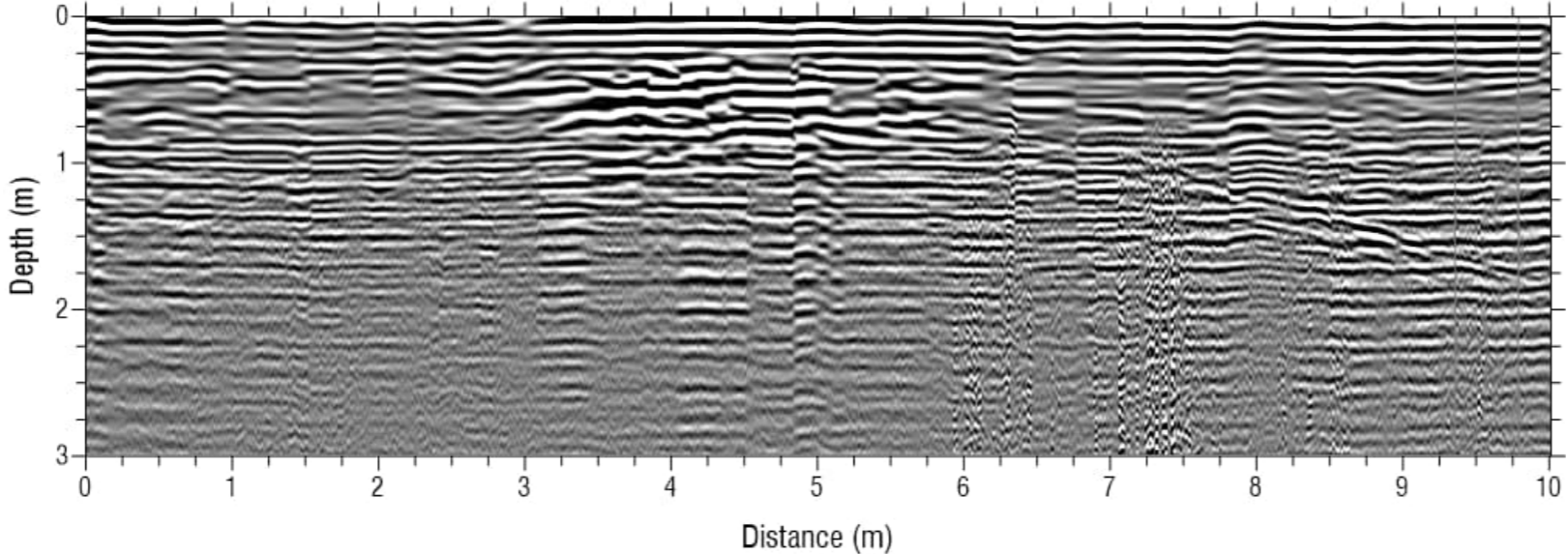
Código: Plan de Ingeniería Industrial de Madrid - Inscripción: 2024/01/15 Fecha: 15/11/2024 Firmado: Electrónicamente por el autor. No Colegiado: 11207 Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion> Cod. Ver.: 87870340

TP-8 bis

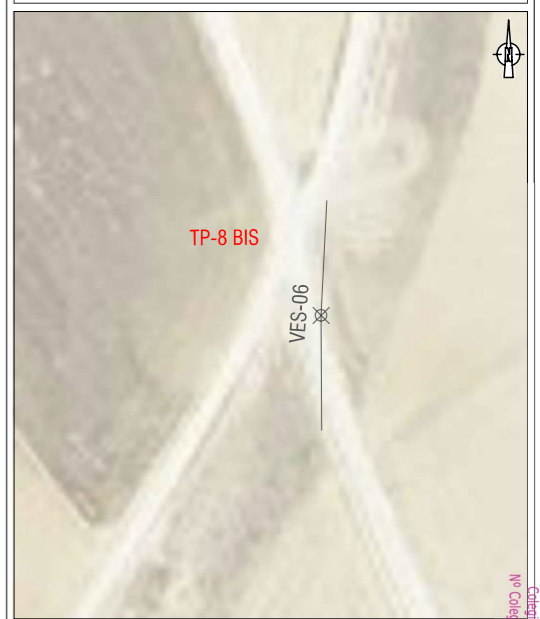
GPR 17



GPR 18



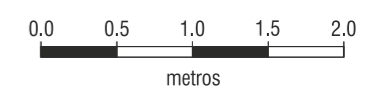
Localización Villanueva de Gállego, Zaragoza, España



LEYENDA

⊗ TP-1 Estudio GPR

ESCALA DE GRÁFICO



CONSULTOR



CLIENTE



TITULO DE LA HOJA

Radargramas TP-8 BIS

PROYECTO

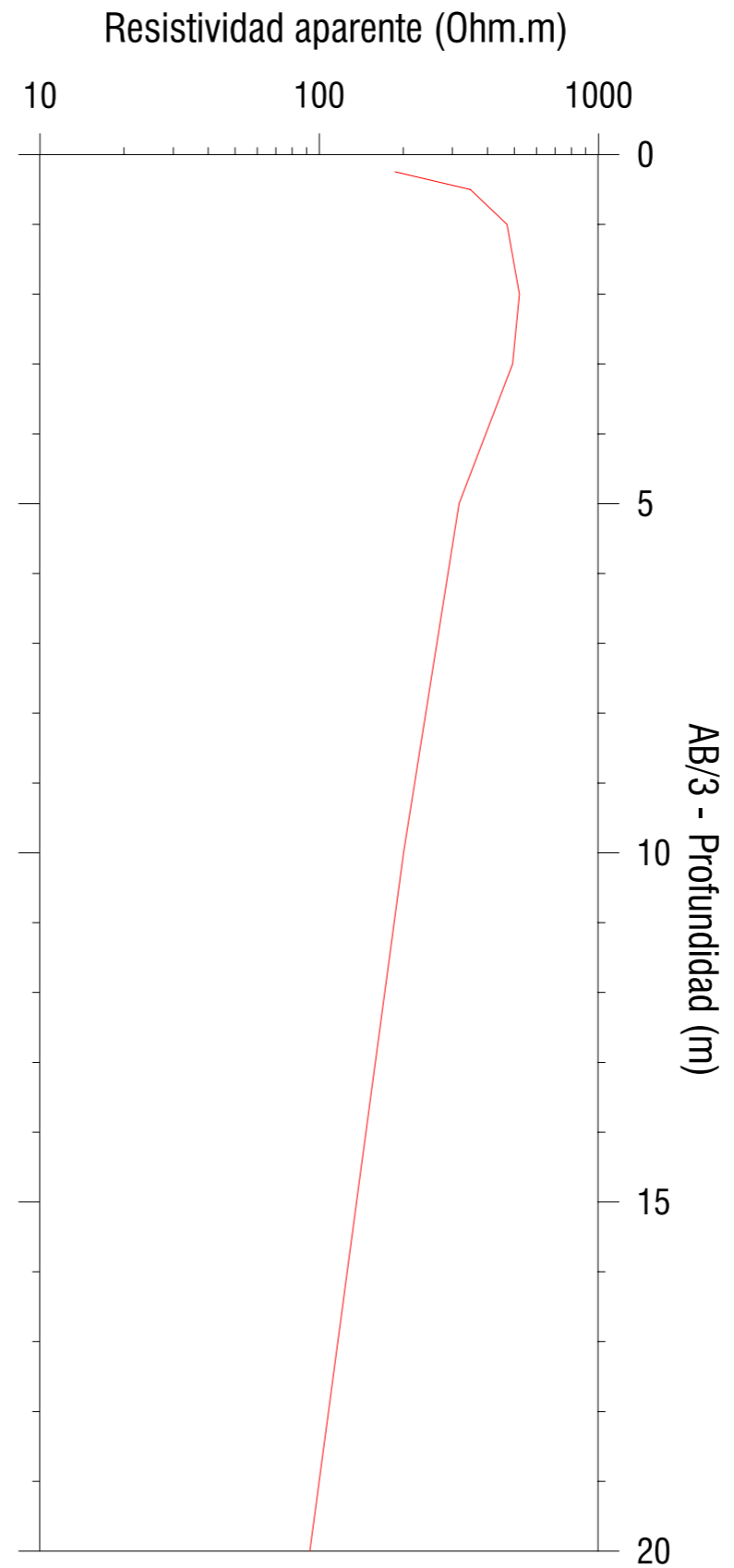
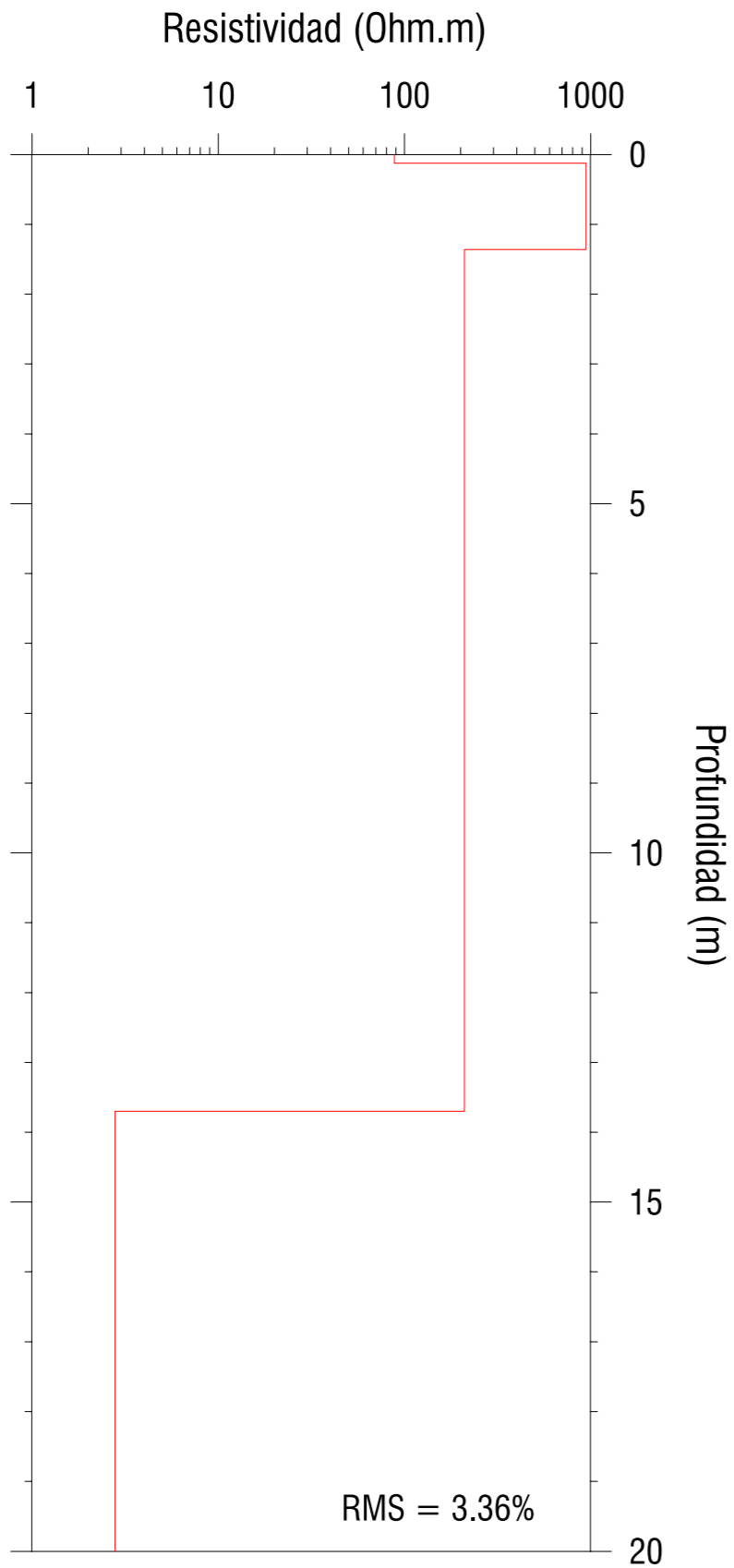
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	A.R.	VERSIÓN	2
FECHA	Noviembre 2024	HOJA	A3-8

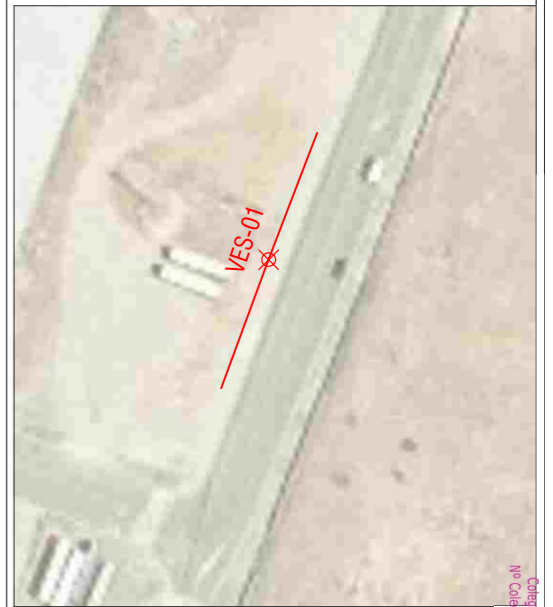
No. Colección: 11207 / Colegiado: ROBERTO FERNÁNDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.com.es/verificacion>. Cod. Ver.: 87870346.

ANEJO 4. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

VES-01



Ubicación: ZAZ80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



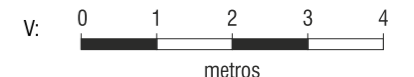
LEYENDA



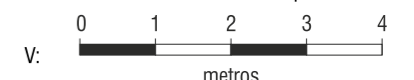
Punto de SEV

ESCALA GRÁFICA

Modelo



Curva de resistividad aparente



H: logarítmico

CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE HOJA

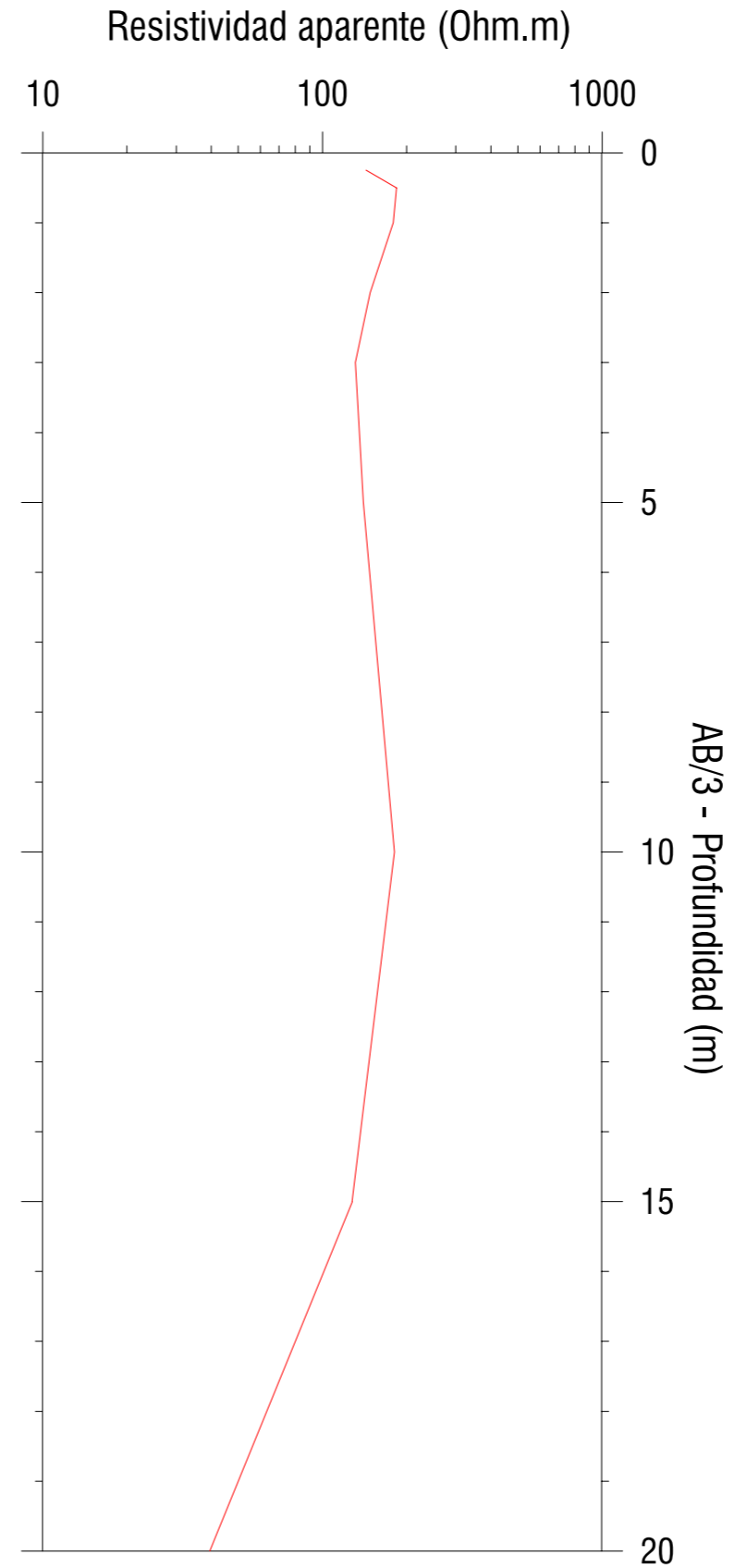
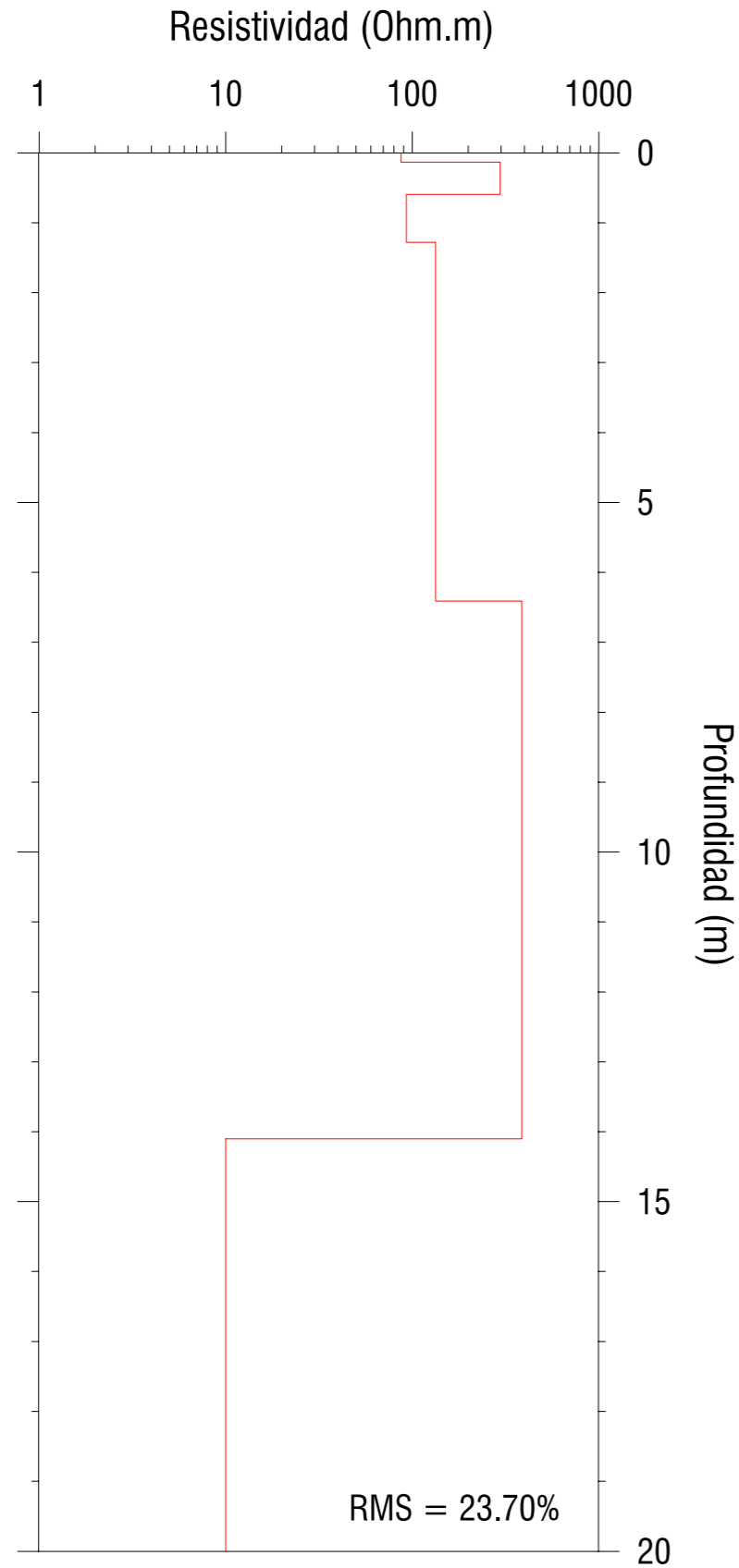
SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV): VES-01

PROYECTO

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	M.L.	VERSIÓN	1
ESCALA	DIN A3 1:100	FECHA	SEPTIEMBRE 2024
		HOJA	A4-1

VES-02



Ubicación: ZAZ80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



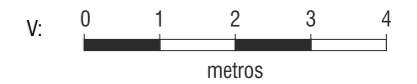
LEYENDA



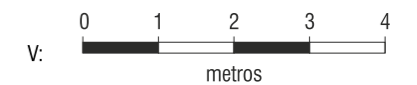
Punto de SEV

ESCALA GRÁFICA

Modelo



Curva de resistividad aparente



H: logarítmico

CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE HOJA

SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV): VES-02

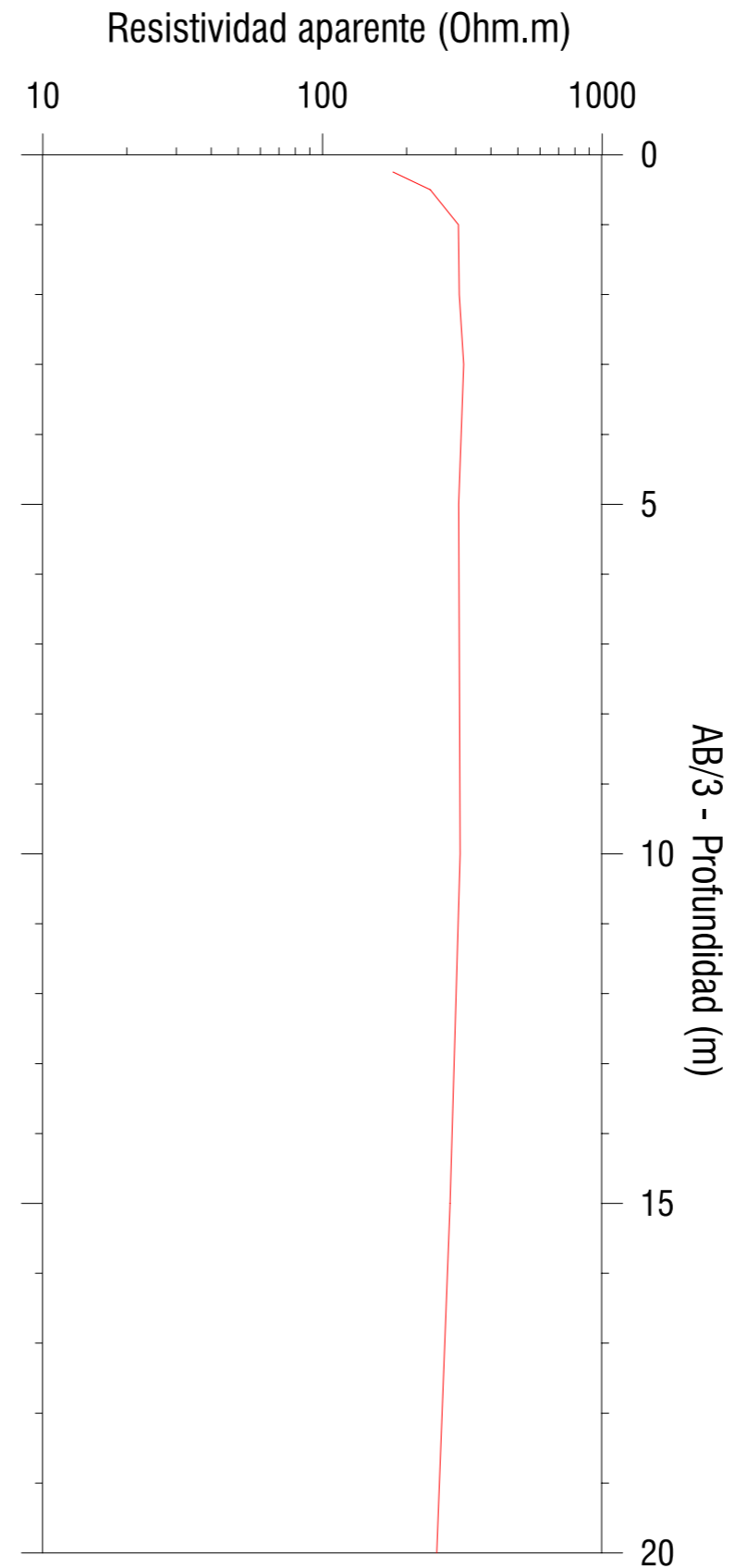
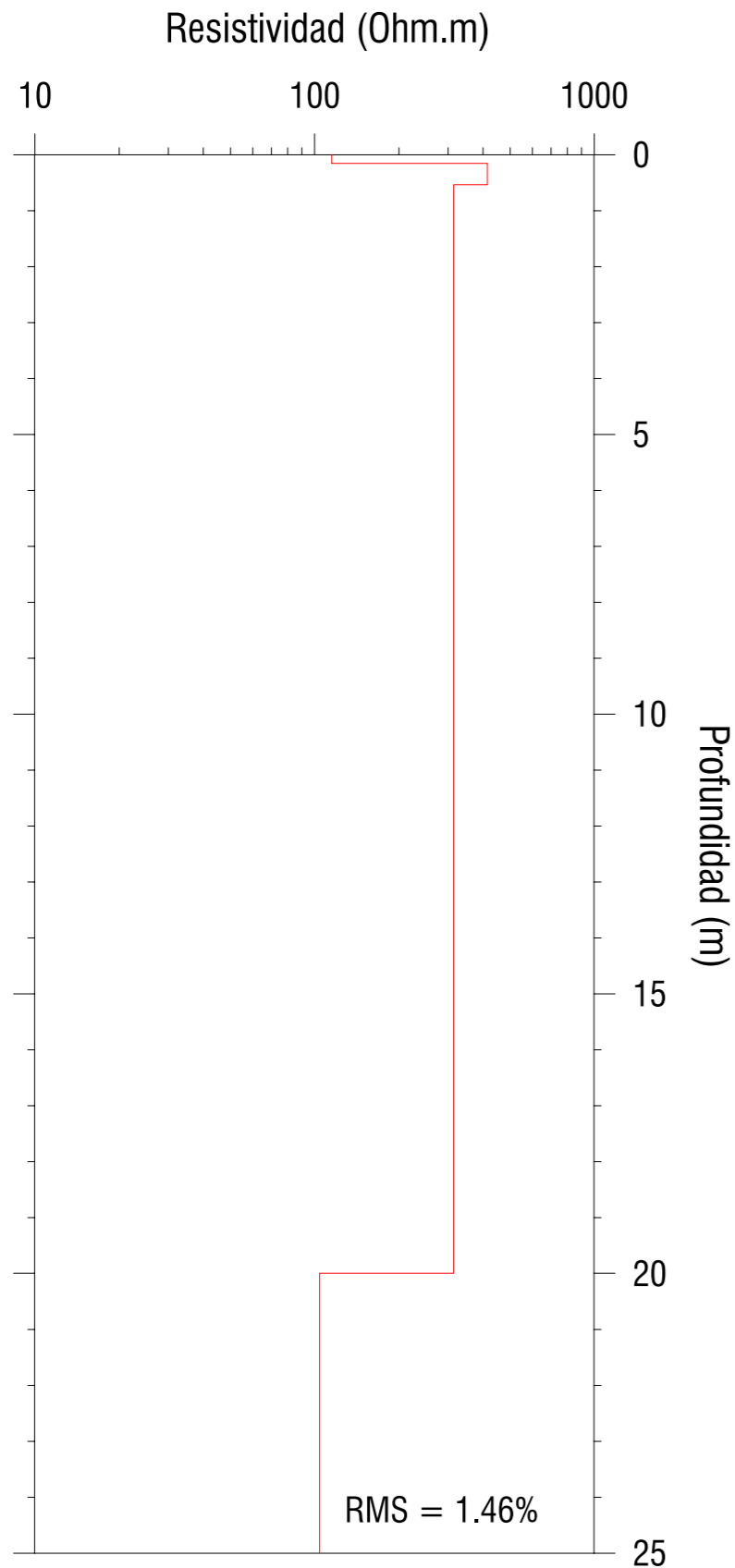
PROYECTO

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

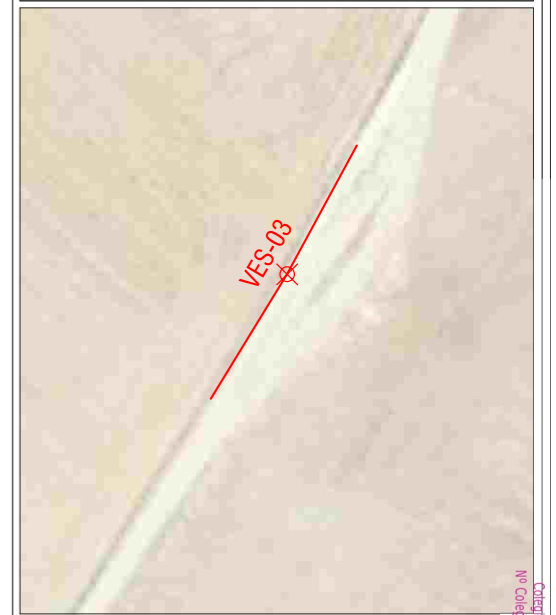
AUTOR	M.L.	VERSIÓN	1
ESCALA	DIN A3 1:100	FECHA	SEPTIEMBRE 2024
		HOJA	A4-2

Original: Oficina de Ingenieros Industriales de Madrid. Trazado: nº 2024/0313. Fecha Trazado: 28/08/2025. Firmado Electrónicamente por el COPIH. Nº Colegiado: 1120 / Colegiado: ROBERTO FERRANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: <https://www.copi.h.es/verificador>. Cod.Ver: 87870340.

VES-03



Ubicación: ZAZ80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



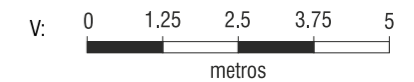
LEYENDA



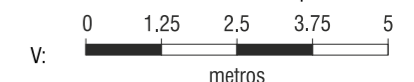
Punto de SEV

ESCALA GRÁFICA

Modelo



Curva de resistividad aparente



H: logarítmico

CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE HOJA

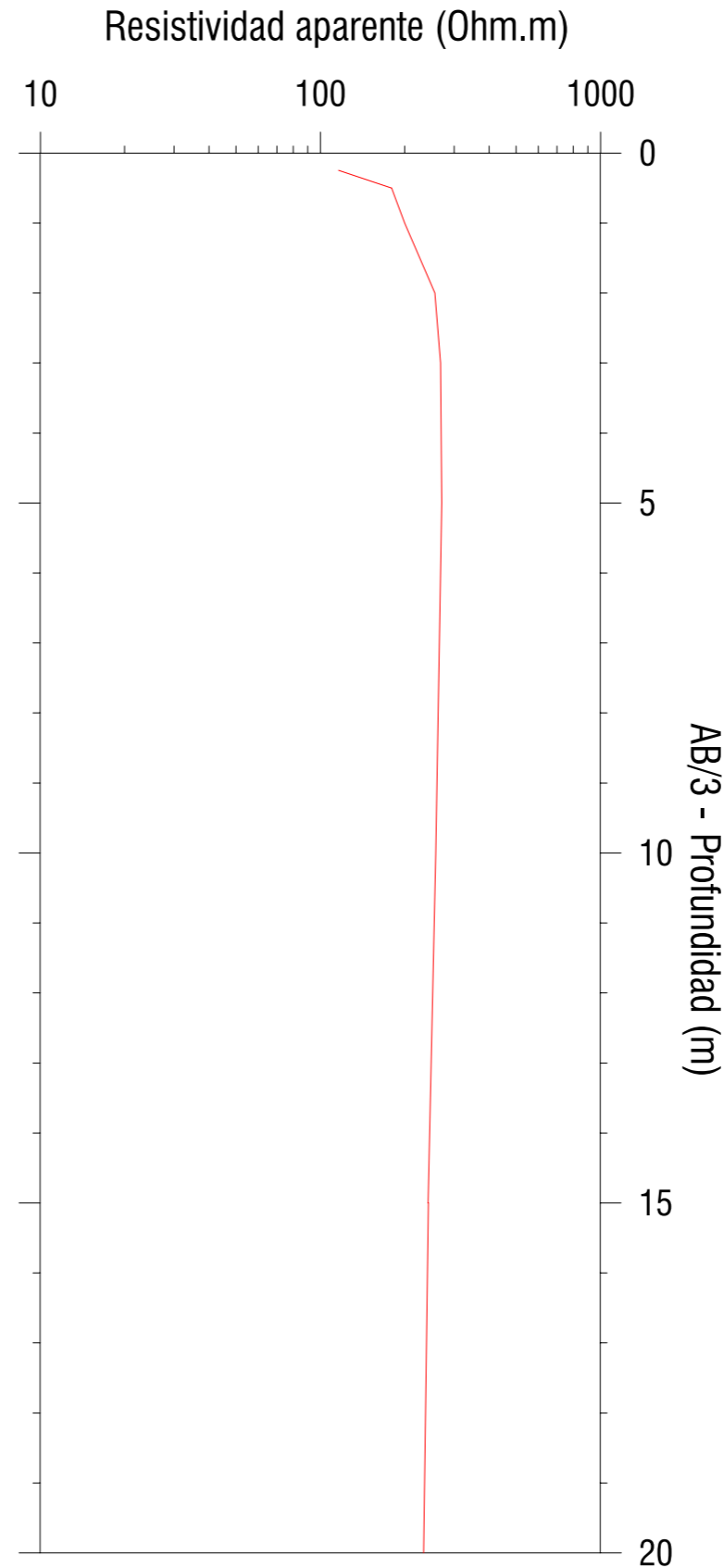
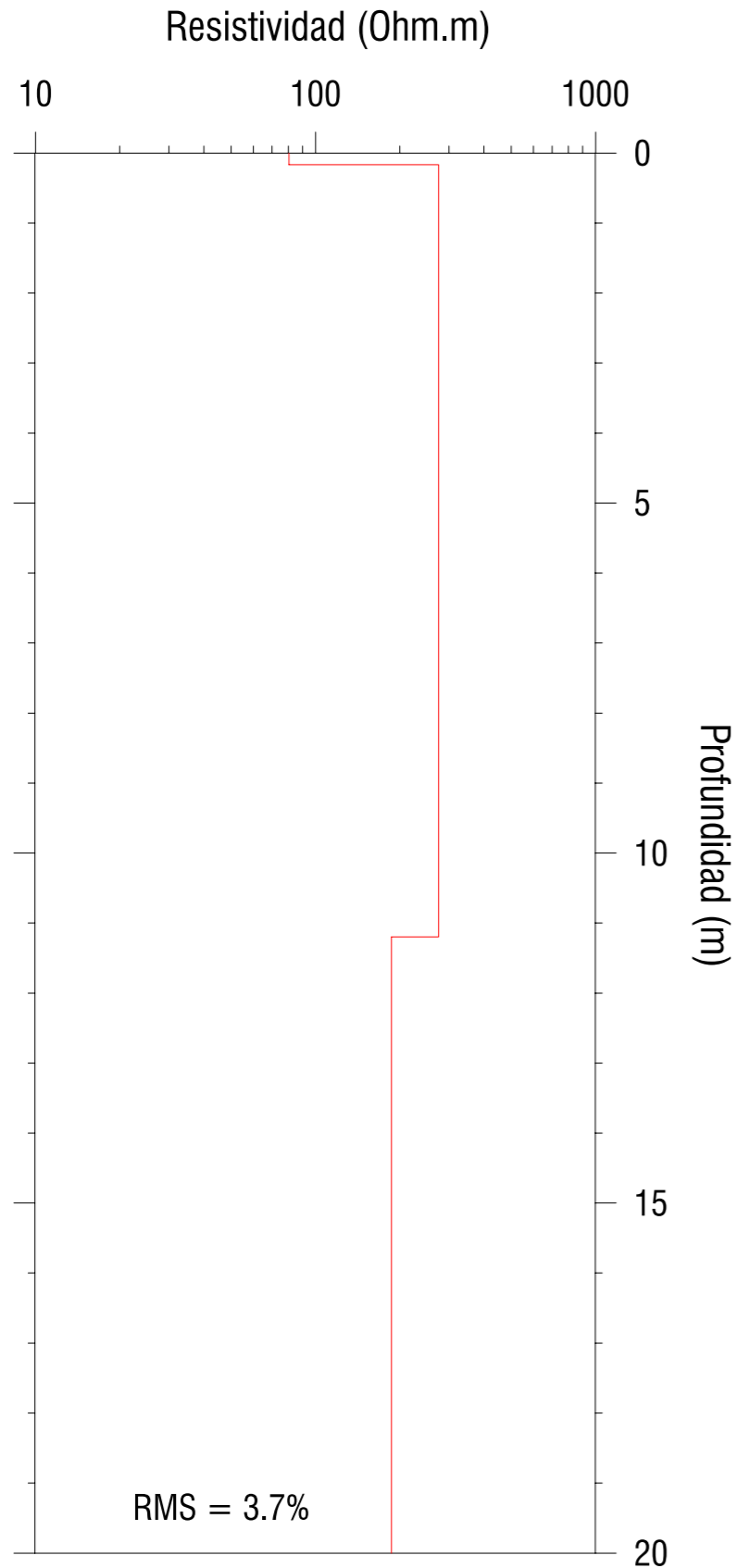
SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV): VES-03

PROYECTO

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	M.L.	VERSIÓN	1
ESCALA	DIN A3	FECHA	SEPTIEMBRE 2024
	1:125 1:100	HOJA	A4-3

VES-04



Ubicación: ZAZ80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



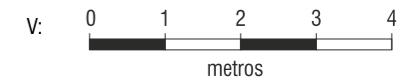
LEYENDA



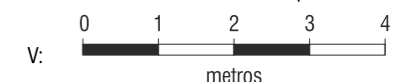
Punto de SEV

ESCALA GRÁFICA

Modelo



Curva de resistividad aparente



H: logarítmico

CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE HOJA

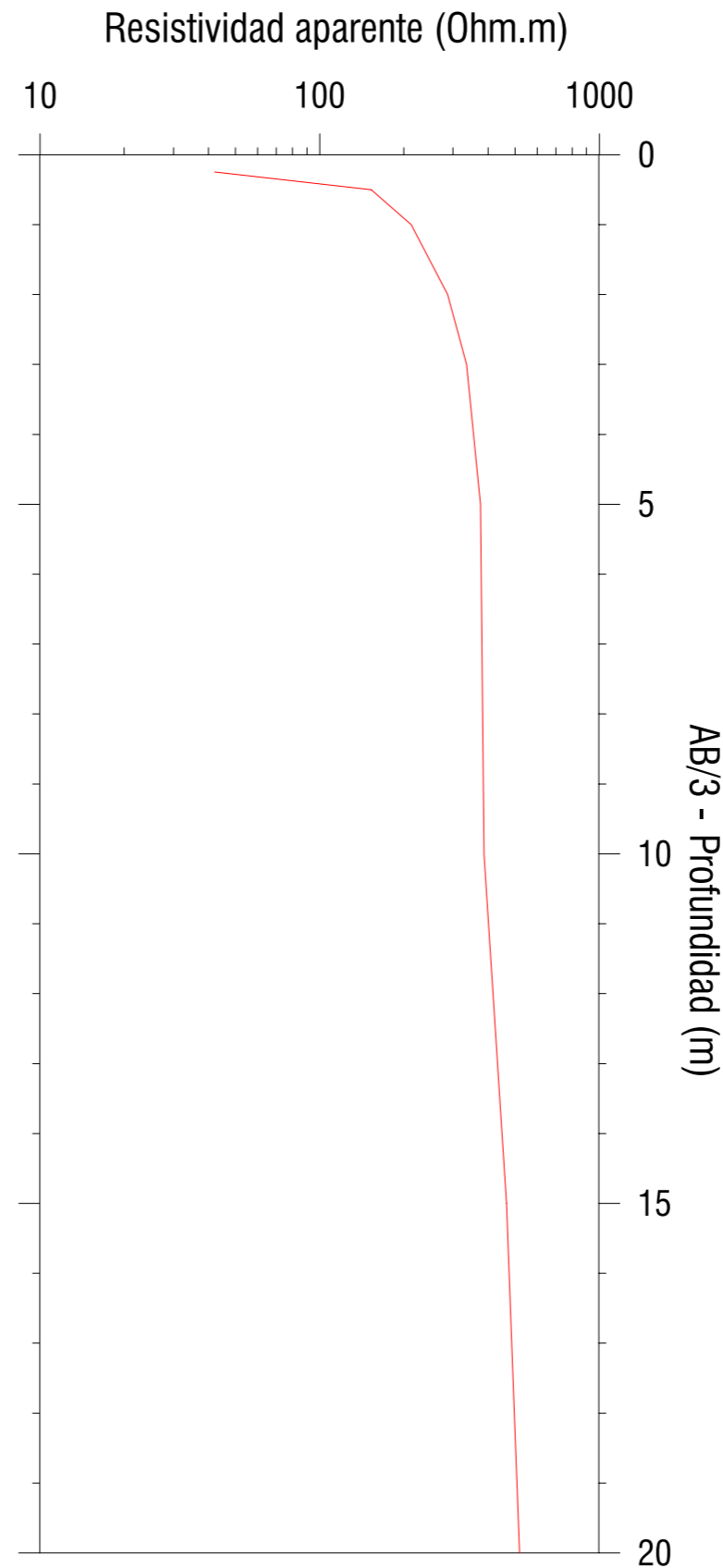
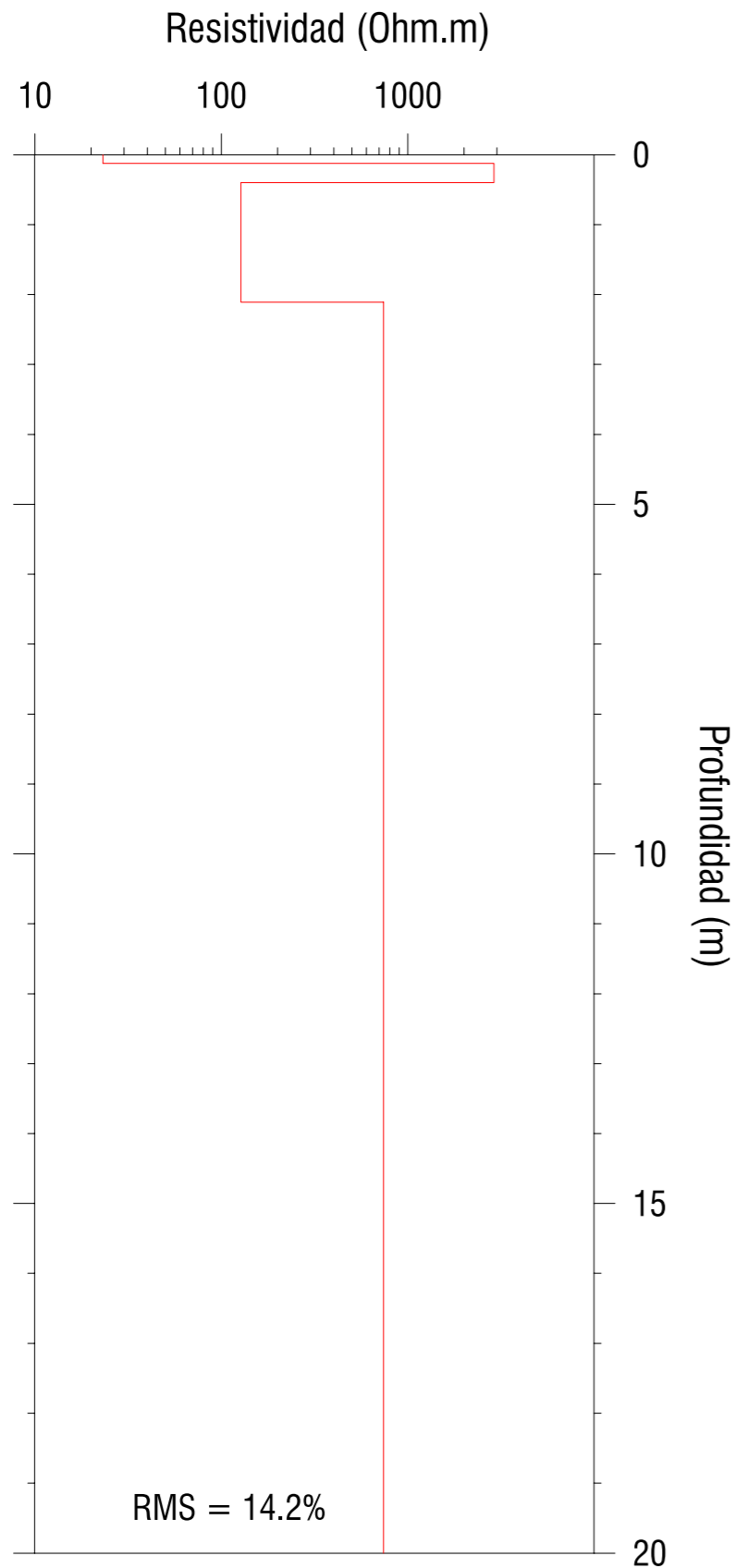
SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV): VES-04

PROYECTO

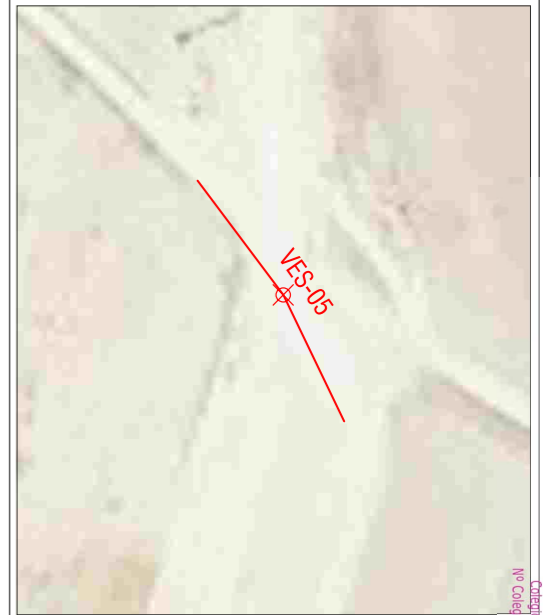
ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	M.L.	VERSIÓN	1
ESCALA	DIN A3 1:100	FECHA	SEPTIEMBRE 2024
		HOJA	A4-4

VES-05



Ubicación: ZAZ80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



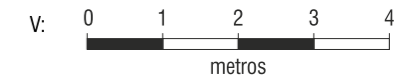
LEYENDA



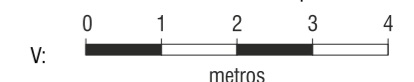
Punto de SEV

ESCALA GRÁFICA

Modelo



Curva de resistividad aparente



H: logarítmico

CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE HOJA

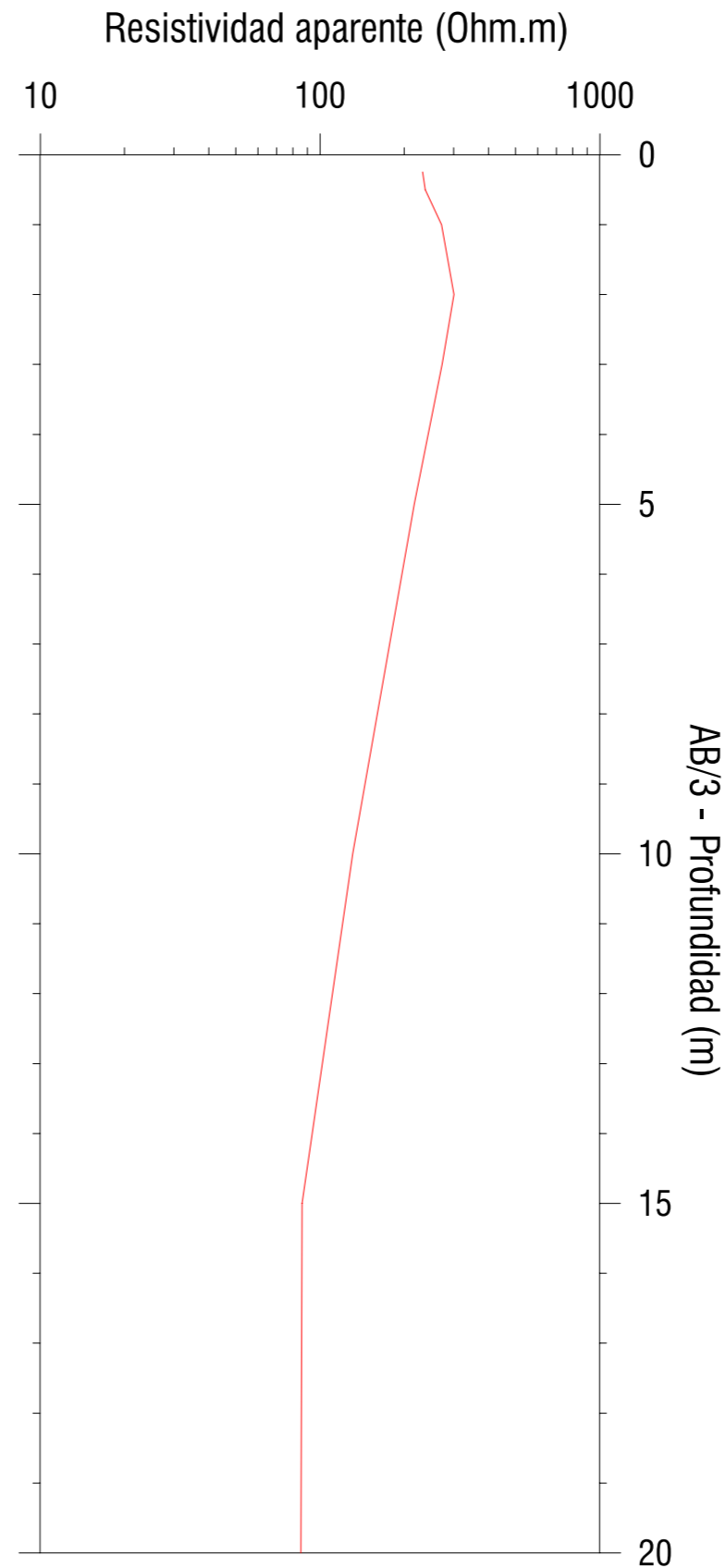
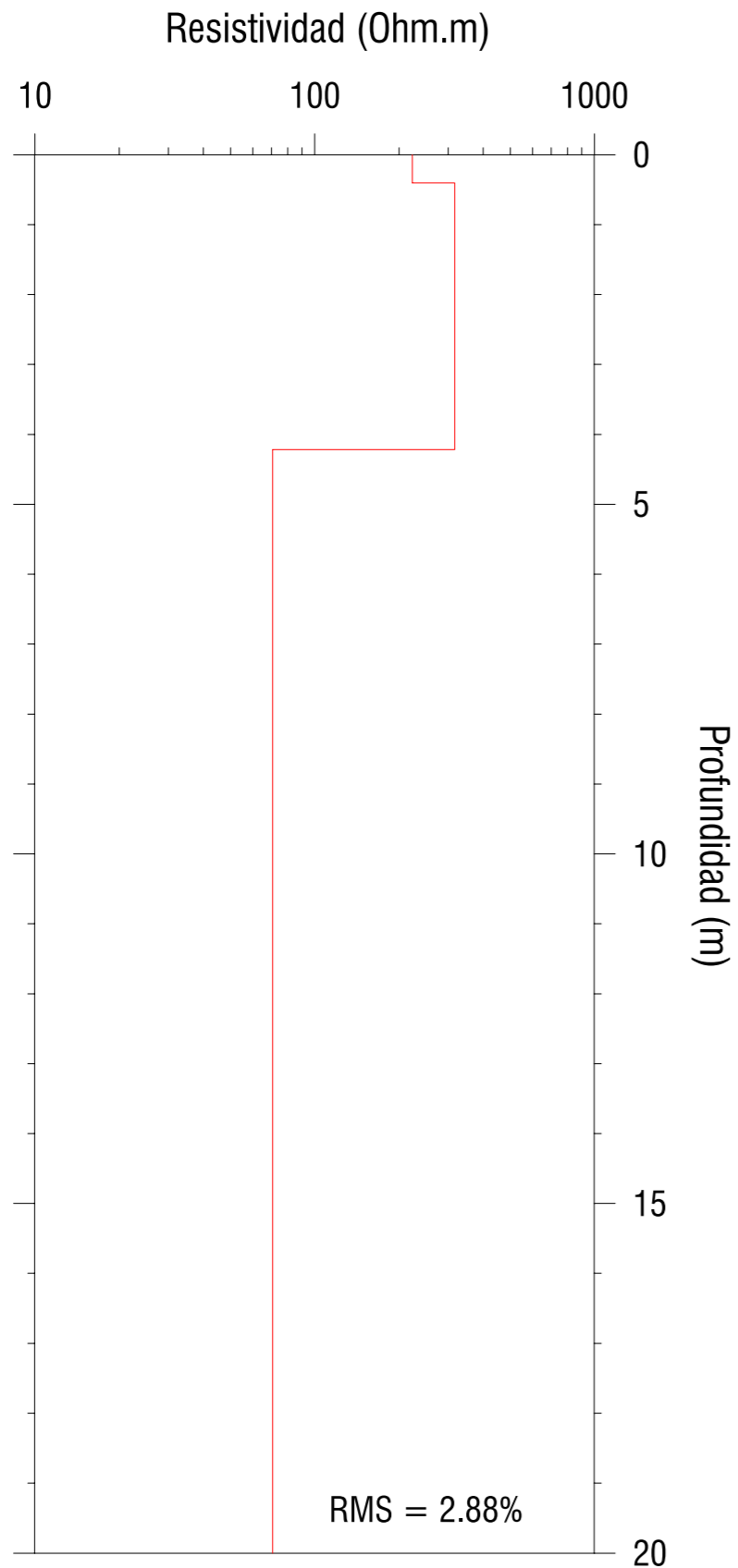
SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV): VES-05

PROYECTO

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	M.L.	VERSIÓN	1
ESCALA	DIN A3 1:100	FECHA	SEPTIEMBRE 2024
		HOJA	A4-5

VES-06



Ubicación: ZAZ80, Villanueva de Gállego, Zaragoza



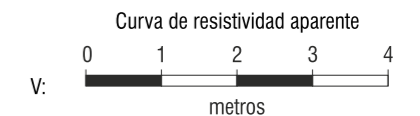
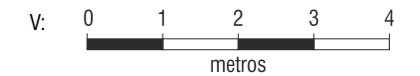
LEYENDA



Punto de SEV

ESCALA GRÁFICA

Modelo



H: logarítmico

CONSULTOR



CLIENTE

AECOM

TÍTULO DE HOJA

SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV): VES-06

PROYECTO

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES Y GEORRADAR EN LA PARCELA ZAZ80, PROVINCIA DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

AUTOR	M.L.	VERSIÓN	1
ESCALA	DIN A3 1:100	FECHA	SEPTIEMBRE 2024
		HOJA	A4-6

Cálculo: Oficina de Ingenieros Industriales de Madrid. Usuario: ne.2024091315. Fecha: 2024/09/13. Fecha: 2024/09/13. Firmado: Electrónicamente por el COPIH. No Colegiado: 1120 / Colegiado: ROBERTO FERRANDEZ ARENAS. Para comprobar su validez: https://www.copi.h.es/verificador. Cod.Ver: 87870340.

ANEJO 5. REFERENCIAS

- Boniger U, Tronicke J. 2010. Improving the interpretability of 3D GPR data using target-specific attributes: application to tomb detection. *Journal of Archaeological Science* 37(2): 360-367.
- Conyers LB. 2010. Ground-penetrating radar for anthropological research. *Antiquity* 84, 323: 175-184. Conyers LB, Osburn T. 2006. GPR mapping to test anthropological hypotheses: A study from Comb Wash, Utah, American Southwest. *GPR 2006. Eleventh International Conference on Ground Penetrating Radar, Columbus, Ohio*; 200-205.
- Conyers, L.B., 2016. *Ground-penetrating Radar for Geoarchaeology, Radar de penetración terrestre para geoarqueología*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, Reino Unido <http://dx.doi.org/10.1002/9781118949993>.
- Conyers LB, Ernenwein EG, Bedal LA. 2002. Ground penetrating radar (GPR) mapping as a method for planning excavation strategies, Petra, Jordan. *Antiquity* 76: 339-340.
- Esnaola Gómez, J.M. y Gil Marín, C., 1990. Mapa Geológico de España. Mapa Geológico de la Hoja 355 (Leciñena), escala 1:50.000. 2ª Serie MAGNA, Primera edición. 2ª Serie MAGNA, Primera edición. IGME.
- Esnaola Gómez, J.M., Santos García, J.A., Gil Marín, C. y Marqués, L.A., 1991. Mapa Geológico de España. Mapa Geológico de la Hoja 354 (Alagón), escala 1:50.000. 2ª Serie MAGNA, Primera edición. 2ª Serie MAGNA, Primera edición. IGME.
- Goodman D, Hongo H, Higashi N, Inaoka H, Nishimura Y. 2007. Prospección con georradar sobre túmulos: corrección de la topografía y la inclinación de la antena de georradar. *Near Surface Geophysics* 5(6): 383-388.
- Goodman, D., Piro, S. (2013). *GPR Remote Sensing in Archaeology (Teledetección por GPR en arqueología)*. Springer.
- Goodman, D., Piro, S., Nishimura, Y., Scheneider, K., Hongo, H., Higashi, N., Steinberg, J., Damiata, B., 2009. Arqueometría GPR. En: Jol, H.M. (Ed.), *Ground Penetrating Radar: Theory and applications*. Elsevier, Amsterdam:pp. 479–508 <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-53348-7.00015-6>.
- Grasmueck M, Weger R, Horstmeyer H. 2005. Imágenes GPR 3D de resolución completa. *Geofísica* 70(1): K12-K19. Grealy M. 2006. Resolution of ground-penetrating radar reflections at differing frequencies. *Archaeological Prospection* 13(2): 142-146.
- Kvamme KL. 2003. Geophysical surveys as landscape archaeology. *American Antiquity* 63(3): 435-457. Leckebusch J. 2000. Prospecciones georradar bidimensionales y tridimensionales en un coro medieval: A case study in archaeology. *Prospección arqueológica* 7(3): 189-200.

- Leckebusch, J. (2000). Prospecciones con radar de penetración terrestre bidimensional y tridimensional en un coro medieval: un estudio de caso en arqueología. *Archeological Propection* 7, 189-200.
- Leckebusch, J. 2003. El radar de penetración en el suelo: un método moderno de prospección tridimensional. *Prospección arqueológica* 10(4): 213-240.
- Leckebusch, J. 2005. Posicionamiento de precisión en tiempo real para una prospección geofísica rápida. *Archaeological Propection* 12(3): 199-202.
- Leckebusch, J. 2009. Pruebas y procesamiento de datos de un conjunto GPR de frecuencia escalonada. 8th International onference on Archaeological Propection, París; 305-307.
- Leckebusch J., Peikert R., Hauser M. 2001. Avances en la visualización 3D de datos GPR. *Archaeological Propection*. 4th International Conference on Archaeological Propection, Viena; 143-144.
- Lehmann F, Green AG. 1999. Adquisición semiautomatizada de datos de georradar en tres dimensiones. *Geofísica* 64(3): 719-731.
- Leucci, G. (2002), Ground-penetrating radar survey to map the location of buried structures under two churches. *Archaeol. Prospect*, 9: 217-228.
- Linford N. 2004. From hypocaust to hyperbola: ground penetrating radar surveys over mainly Roman remains in the UK. *Prospección arqueológica* 11(4): 237-246.
- Linford N, Linford P, Martin L, Payne A. 2009. Stepped frequency GPR survey with a multi-element array antenna: results from field application on archaeological sites. 8ª Conferencia Internacional sobre Prospección Arqueológica, París; 317-319.
- Lowrie, W. (2007), *Fundamentals of Geophysics*, 2 ed., Cambridge University Press, Cambridge, doi:DOI: 10.1017/CBO9780511807107.
- Menke, W. (2012), *Análisis de datos geofísicos: Discrete Inverse Theory*, 330 pp, Academic Press.
- Peattie, K R, Pell, P S (1978). *Developments in Highway pavement engineering - 1*. Chapter 1 - Flexible pavement design. Laboratorio de Investigación del Transporte.
- Reynolds, J. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, 2ª edición. 710 páginas. Abril 2011.
- Sanz López, J., Senz, J. G., Samsó Escola, J. M. y Arenas, C., 1992. Mapa Geológico de España. Mapa Geológico de la Hoja 247 (Ayerbe), escala 1:50.000. 2ª Serie MAGNA, Primera edición. IGME.

Teixell Cácharo, A. y Barnolas Cortinas, A., 1990. Mapa Geológico de España. Mapa Geológico de la Hoja 286 (Huesca), escala 1:50.000. 2ª Serie MAGNA, Primera edición. 2ª Serie MAGNA, Primera edición. IGME.

Scollar I, Tabbagh A, Hesse A, Herzog I. 1990. Archaeological Prospecting and Remote Sensing topics in Remote Sensing, Vol. 2. Cambridge University Press: Cambridge.

Seren S, Eder-Hinterleitner A, Neubauer W, Locker K, Melichar P. 2007. Extended comparison of different GPR systems and antenna configurations at the Roman site of Carnuntum. Near Surface Geophysics 5(6): 389-394.

Sheriff RE (2002): Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics (4ª ed.). - Soc. Of Expl. Geophys.; Tulsa, USA.

Telford, W. M., Geldart, L. P. & Sheriff, R. E. 1991. Applied Geophysics, 2ª ed. 770pp. Cambridge. Nueva York, Port Chester, Melbourne, Sydney.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404315, Fecha Visado: 28/08/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11207, Colegiado: ROBERTO FERNANDEZ ARENAS, Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>, Cod.Ver: 87870340.