

# MEMORIA



TÍTULO
ESTUDIO INFORMATIVO DE AMPLIACIÓN SUR DE LA LÍNEA 11 DEL METRO DE MADRID

DOCUMENTO
MEMORIA

CONTROL DE EDICIONES		
VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIONES
1.0	10/09/2025	
2.0	24/11/2025	2ª Edición (Tras Supervisión)



MEMORIA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN .....1

1.1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS .....1

1.1.1 Antecedentes correspondientes a la gestión del contrato para la redacción del Estudio Informativo .....1

1.2 ANTECEDENTES TÉCNICOS.....1

1.2.1 Proyectos correspondientes a la Estación de la Fortuna del Metro de Madrid.....1

1.2.2 Proyectos correspondientes a la Línea 10 del Metro de Madrid.....1

1.3 CUMPLIMIENTO DISPOSICIONES Y NORMATIVA TÉCNICA.....2

2 ALCANCE DEL ESTUDIO .....4

2.1 OBJETO .....4

2.2 ÁMBITO .....4

3 OBJETIVOS, CARACTERÍSTICAS GENERALES Y CONDICIONANTES DE LA ACTUACIÓN.....9

3.1 OBJETIVOS DE LA ACTUACIÓN .....9

3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....9

3.3 CONDICIONANTES DE DISEÑO.....11

3.3.1 Marco Geológico Tipología del Terreno .....11

3.3.2 Ubicación de Estaciones .....12

3.3.3 Opciones de Trazado .....12

3.3.4 Ubicación de Pozos Interestación .....13

3.3.5 Construcciones y Urbanización Superficial .....13

3.3.6 Cruces Bajo Infraestructuras Superficiales .....14

3.3.7 Cruces Con Infraestructuras Subterráneas.....15

3.3.8	Tramos Constructivos y Fases de Puesta En Servicio.....	15	5.2.3	Compatibilidad de las Obras diseñadas con el Planeamiento Vigente .....	33
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>16</b>	5.3	CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA .....	38
4.1	ALTERNATIVA 1 .....	16	5.3.1	Cartografía .....	38
4.1.1	Trazado .....	16	5.3.2	Topografía .....	38
4.1.2	Estaciones.....	17	5.4	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA .....	38
4.1.3	Pozos Interestación.....	17	5.4.1	Encuadre Geológico.....	38
4.1.4	Procedimientos Constructivos .....	18	5.4.2	Unidades Litoestratigráficas.....	39
4.2	ALTERNATIVA 2 .....	19	5.4.3	Geomorfología y Tectónica.....	39
4.2.1	Trazado .....	19	5.4.4	Sísmica.....	39
4.2.2	Estaciones.....	20	5.4.5	Hidrogeología .....	39
4.2.3	Pozos Interestación.....	20	5.4.6	Riesgos Geológicos .....	40
4.2.4	Procedimientos Constructivos .....	21	5.4.7	Campaña Geotécnica .....	41
4.3	ALTERNATIVA 3 .....	21	5.4.8	Descripción Geológico-Geotécnica De Las Alternativas .....	41
4.3.1	Trazado .....	21	5.5	HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA .....	42
4.3.2	Estaciones.....	22	5.5.1	Hidrología .....	42
4.3.3	Pozos Interestación.....	23	5.5.2	Climatología .....	43
4.3.4	Procedimientos Constructivos .....	23	5.6	TRAZADO .....	43
<b>5</b>	<b>ÁREAS DE ESTUDIO .....</b>	<b>27</b>	5.6.1	Condicionantes del Trazado .....	43
5.1	ANÁLISIS DE DEMANDA.....	27	5.6.2	Parámetros de Diseño .....	44
5.1.3	Cobertura del sistema de transporte público en el barrio de Las Águilas .....	29	5.6.3	Descripción del Trazado .....	44
5.2	PLANEAMIENTO URBANÍSTICO .....	29	5.7	MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	49
5.2.1	Características Urbanísticas Del Suelo Atravesado .....	29	5.8	DRENAJE Y BOMBEO.....	49
5.2.2	Usos Afectados .....	33	5.8.1	Túnel de Metro .....	49

5.8.2	Estaciones .....	50	5.13.4	Túnel de línea entre pantallas .....	69
5.8.3	Criterios de Diseño .....	50	5.14	ESTUDIO ENERGÉTICO .....	70
5.8.4	Cálculo de caudales .....	51	5.15	SUMINISTRO ELÉCTRICO .....	71
5.9	TÚNELES .....	52	5.16	INSTALACIONES NO FERROVIARIAS .....	71
5.9.1	Procedimiento Constructivo.....	52	5.16.1	Distribución de Energía .....	72
5.9.2	Sección Geométrica .....	52	5.16.2	Alumbrado y Fuerza En Túneles, Estaciones, Salidas de Emergencia y Pozos de Ventilación.....	72
5.9.3	Revestimiento de túnel mediante tuneladora. Dovelas.....	53	5.16.3	Transporte Vertical .....	72
5.9.4	Obras Auxiliares .....	53	5.16.4	Sistemas de Ventilación .....	72
5.9.5	Estudio de subsidencias.....	54	5.16.5	Climatización de Cuartos y Salas Técnicas .....	73
5.9.6	Tratamientos del terreno .....	55	5.16.6	Saneamiento, Pozos de Bombas Pluviales y Fecales .....	73
5.10	INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS Y EDIFICACIONES .....	56	5.16.7	Agua Caliente Sanitaria.....	73
5.11	INSTRUMENTACIÓN Y AUSCULTACIÓN.....	57	5.16.8	Protección Contra Incendios .....	73
5.11.1	Niveles de Control .....	57	5.16.9	Otros Sistemas No Ferroviarios .....	73
5.11.2	Secciones de control .....	58	5.16.10	Relación de Salas Técnicas y Superficies .....	73
5.11.3	Control de Umbrales Protocolo De Actuación.....	59	5.17	SUPERESTRUCTURA DE VÍA.....	74
5.12	DISEÑO DE ESTACIONES .....	59	5.17.1	Túnel de Línea y Ramal de Cocheras.....	74
5.12.1	Criterios de Diseño .....	59	5.17.2	Fondo de Saco de Final de Línea 11 .....	75
5.12.2	Descripción del Diseño de las Estaciones .....	61	5.18	EVACUACIÓN .....	76
5.12.3	Materiales .....	66	5.18.1	Evacuación de Estaciones .....	76
5.13	ESTRUCTURAS Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS .....	66	5.18.2	Evacuación de Túnel.....	76
5.13.1	Estaciones .....	66	5.19	SERVICIOS AFECTADOS.....	76
5.13.2	Pozos Interestación .....	67	5.20	EXPROPIACIONES Y OCUPACIONES TEMPORALES .....	77
5.13.3	Pozos Tuneladora .....	68	5.20.1	Terrenos afectados.....	77

5.20.2	Relación de Bienes y Derechos Afectados.....	78
5.21	COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS.....	78
5.22	ESTUDIO DE ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LAS OBRAS.....	79
<b>6</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD .....</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>DOCUMENTO AMBIENTAL .....</b>	<b>80</b>
<b>8</b>	<b>PRESUPUESTOS .....</b>	<b>81</b>
8.1	ALTERNATIVA 1 .....	81
8.2	ALTERNATIVA 2 .....	81
8.3	ALTERNATIVA 3 .....	82
<b>9</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>83</b>
<b>10</b>	<b>DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ESTUDIO .....</b>	<b>85</b>
<b>11</b>	<b>CONCLUSIÓN FINAL .....</b>	<b>87</b>

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

ILUSTRACIÓN 1 - LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO INFORMATIVO .....	6
ILUSTRACIÓN 2 - ÁMBITO DEL ESTUDIO INFORMATIVO SOBRE CARTOGRAFÍA .....	7
ILUSTRACIÓN 3 - ÁMBITO DEL ESTUDIO INFORMATIVO SOBRE ORTOFOTO .....	8
ILUSTRACIÓN 4 - LOSA EXISTENTE Y MUÑÓN .....	10
ILUSTRACIÓN 5 - ALTERNATIVA 1. POZO DE INTRODUCCIÓN TUNELADORA Y ZIA.....	19
ILUSTRACIÓN 6 - ALTERNATIVA 2. ZIA.....	21
ILUSTRACIÓN 7 - ALTERNATIVA 3. POZO DE INTRODUCCIÓN TUNELADORA Y ZIA.....	24
ILUSTRACIÓN 8 - CONJUNTO DE ALTERNATIVAS SOBRE CARTOGRAFÍA .....	25
ILUSTRACIÓN 9 - CONJUNTO DE ALTERNATIVAS SOBRE ORTOFOTO.....	26







ILUSTRACIÓN 10 -  .....	45
ILUSTRACIÓN 11 -  .....	45
ILUSTRACIÓN 12 -  .....	46
ILUSTRACIÓN 13 -  .....	47
ILUSTRACIÓN 14 -  .....	48
ILUSTRACIÓN 15 -  .....	48
ILUSTRACIÓN 16 - DETALLE DEL DRENAJE EN TÚNEL .....	50
ILUSTRACIÓN 17 - POZOS DE INTRODUCCIÓN DE TUNELADORA. ALTERNATIVAS 1 Y 3.....	54
ILUSTRACIÓN 18 - FRANJA DE EDIFICACIONES AFECTADAS POR EL ESTUDIO.....	56
ILUSTRACIÓN 19 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 1. NIVEL DE CALLE .....	61
ILUSTRACIÓN 20 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 1. SECCIÓN TRANSVERSAL Y CONEXIÓN CON ESTACIÓN EXISTENTE .....	62
ILUSTRACIÓN 21 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 1. NIVEL VESTÍBULO.....	62
ILUSTRACIÓN 22 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 1. NIVEL ANDENES .....	62
ILUSTRACIÓN 23 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 2. NIVEL DE CALLE .....	63
ILUSTRACIÓN 24 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 2. SECCIÓN TRANSVERSAL Y CONEXIÓN CON ESTACIÓN EXISTENTE. ....	63
ILUSTRACIÓN 25 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 2. NIVEL VESTÍBULO.....	64
ILUSTRACIÓN 26 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 2. NIVEL ANDENES .....	64
ILUSTRACIÓN 27 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 3. NIVEL DE CALLE .....	64
ILUSTRACIÓN 28 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 3. SECCIÓN TRANSVERSAL. ....	65
ILUSTRACIÓN 29 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 3. NIVEL VESTÍBULO.....	65
ILUSTRACIÓN 30 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 3. NIVEL ANDENES .....	65
ILUSTRACIÓN 31 - ALTERNATIVA 1. POZO DE INTRODUCCIÓN TUNELADORA.....	68



ILUSTRACIÓN 32 - ALTERNATIVA 3. POZO DE INTRODUCCIÓN TUNELADORA .....	69	TABLA 14 - Usos del suelo Alternativa 3.....	37
ILUSTRACIÓN 33 - ALTERNATIVA 3. POZO DE EXTRACCIÓN TUNELADORA.....	69	TABLA 15 - Litotipos De La Facies Madrid (Escario, 1985).....	39
ILUSTRACIÓN 34 - REPRESENTACIÓN CONSUMO ENERGÉTICO TRAMO OBJETO ESTUDIO.....	70	TABLA 16 - Profundidades de niveles de agua en campaña actual .....	39
ILUSTRACIÓN 35 - CALCE DESCARRILADOR EN VÍAS EXISTENTES. JUNTO A NUEVO RAMAL DE COCHERAS .	75	TABLA 17 - Tabla resumen de ensayos de laboratorio.....	41
ILUSTRACIÓN 36 - ESQUEMA DE ESCAPES EN LA ESTACIÓN LA FORTUNA .....	75	TABLA 18 - Parámetros geotécnicos propuestos.....	41
ILUSTRACIÓN 37 - ALTERNATIVA 2 SOBRE CARTOGRAFÍA.....	88	TABLA 19 - Ejes de trazado .....	44
ILUSTRACIÓN 38 - ALTERNATIVA 2 SOBRE ORTOFOTO .....	89	TABLA 20 - Balance de tierras a vertedero .....	49
ILUSTRACIÓN 39 - PERFIL LONGITUDINAL DE TRAZADO DE LA ALTERNATIVA 2.....	90	TABLA 21 - Caudal Total de Drenaje. Alternativa 1 .....	51
		TABLA 22 - Caudal Total de Drenaje. Alternativa 2 .....	51
		TABLA 23 - Caudal Total de Drenaje. Alternativa 3 .....	52
		TABLA 24 - Definición de los niveles de control.....	57
		TABLA 25 - Aplicación de los niveles de control a cada alternativa de trazado .....	58
		TABLA 26 - Protocolo de actuación en caso de superación de umbrales .....	59
		TABLA 27 - Relación de Salas Técnicas y dimensiones.....	60
		TABLA 28 - Alternativas de Estaciones según trazado.....	61
		TABLA 29 - Cotas Estación Alternativa 1 .....	61
		TABLA 30 - Cotas Estación Alternativa 2 .....	63
		TABLA 31 - Cotas Estación Alternativa 3 .....	65
		TABLA 32 - Relación salas técnicas y superficies.....	73
		TABLA 33 - Aparatos de Vía Según Alternativa .....	74
		TABLA 34 - Tramo de Manta Antivibratoria.....	75
		TABLA 35 - Servicios afectados Alternativa 1 .....	77
		TABLA 36 - Servicios afectados Alternativa 3.....	77
<b><u>INDICE DE TABLAS</u></b>			
TABLA 1 - Pozos interestación. Alternativa 1 .....	18		
TABLA 2 - Pozos interestación. Alternativa 2 .....	20		
TABLA 3 - Pozos interestación. Alternativa 3 .....	23		
TABLA 4 - Escenarios Considerados .....	27		
TABLA 5 - Escenario 40A/4 – Escenario Base (Sí DG + Sí AI) .....	27		
TABLA 6 - Escenario 40B/4 – Escenario Prolongación A Cuatro Vientos (Sí DG + Sí AI).....	28		
TABLA 7 - Escenario 40C/4 – Escenario Prolongación A Aviación Española (Sí DG + Sí AI).....	28		
TABLA 8 - Balance Respecto A Escenario Base .....	28		
TABLA 9 - Balance respecto a escenario base .....	28		
TABLA 10 - Resumen de pasajeros subidos y bajados en las nuevas estaciones.....	28		
TABLA 11 - Población servida por el Metro en el ámbito de Las Águilas .....	29		
TABLA 12 - Usos del suelo Alternativa 1.....	35		
TABLA 13 - Usos del suelo Alternativa 2.....	36		

TABLA 37 - Afecciones en función de la clase de Suelo. Alternativa 1 .....

TABLA 38 - Afecciones en función de la clase de Suelo. Alternativa 2 .....

TABLA 39 - Afecciones en función de la clase de Suelo. Alternativa 3 .....

TABLA 40 - Plazo para las obras .....

TABLA 41 - Peso considerado para cada objetivo .....

TABLA 42 - Indicadores Económicos – Estudio De Rentabilidad.....

TABLA 43 - Puntuación global de cada alternativa.....

TABLA 44 - Resultado análisis de robustez y de sensibilidad .....

78

78

78

79

83

83

84

84

## 1 INTRODUCCIÓN

Con fecha 11 de marzo de 2024 se produjo la adjudicación del contrato REDACCIÓN DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN SUR DE LA LÍNEA 11 DEL METRO DE MADRID con expediente A/SER-005914/2022, a la UTE Proes Consultores, S.A. – BAC Engineering Consultancy Group, S.L.U. (UTE Ampliación Sur Línea 11 Metro), en adelante la UTE. Se aclara que BAC Engineering Consultancy Group es ahora Socotec y que el promotor es la Dirección General de Infraestructuras de Transporte Colectivo de la Comunidad de Madrid.

El objetivo de este contrato es la redacción del Proyecto de Constructivo correspondiente a la ampliación Sur de la Línea 11 del Metro de Madrid, desde la estación existente de La Fortuna (Línea 11 del Metro de Madrid) hasta conectar con la Línea 10 del Metro de Madrid. Como fase previa a la redacción del Proyecto Constructivo, en cumplimiento de las Directrices marcadas por la Dirección del contrato y del Pliego de Prescripciones Técnicas del contrato se redacta el presente Estudio Informativo.

### 1.1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

Son antecedentes administrativos al presente Estudio Informativo los siguientes:

#### 1.1.1 Antecedentes correspondientes a la gestión del contrato para la redacción del Estudio Informativo

RESOLUCIÓN de 11 de enero de 2023, de la Secretaría General Técnica de la Consejería de Transportes e Infraestructuras, por la que se dispone la publicación en los boletines oficiales y en el “perfil del contratante” en Internet de la convocatoria del contrato de “*Servicio para la redacción del proyecto de ampliación sur de la línea 11 del Metro de Madrid*”. (B.O.C.M. de 27 de enero del año 2023).

ORDEN de Adjudicación del Contrato “*Redacción del Proyecto de Ampliación Sur de la Línea 11 del Metro de Madrid*” con expediente A/SER-005914/2022 por la Consejería de Vivienda, Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid a la UTE, con fecha 11 de marzo del año 2024.

## 1.2 ANTECEDENTES TÉCNICOS

No existen antecedentes técnicos directos al presente Estudio Informativo. No obstante, existen Proyectos que condicionan su redacción y que por ello han sido consultados. Estos proyectos se enumeran a continuación en orden cronológico de más antiguo a más actual:

#### 1.2.1 Proyectos correspondientes a la Estación de la Fortuna del Metro de Madrid

Proyecto Básico de la “*Prolongación de la línea 11 del Metro de Madrid al Barrio de la Fortuna*”. Este proyecto fue sometido a Información Pública y se incluyó el Estudio de Impacto Ambiental. Octubre del año 2006.

Adenda al “*Proyecto de Construcción de la Infraestructura de Prolongación de la Línea 11 del Metro de Madrid al Barrio de la Fortuna*”, con Clave M-O-116 y cuyo promotor fue Mintra, Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid. Octubre del año 2006.

“*Proyecto Modificado nº 1 del del Proyecto de Construcción de la Infraestructura de Prolongación de la Línea 11 del Metro de Madrid Al Barrio de la Fortuna*”, con Clave M-O-116-M-1 y cuyo promotor fue Mintra, Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid. Junio del año 2009.

“*Proyecto de Liquidación del Proyecto Modificado Nº1 del Proyecto de Construcción de la Infraestructura de Prolongación de la Línea 11 del Metro de Madrid al Barrio de La Fortuna*”, con Clave M-O-116-M-11 y cuyo promotor fue Mintra, Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid. Enero del año 2011.

#### 1.2.2 Proyectos correspondientes a la Línea 10 del Metro de Madrid

“*Proyecto de Construcción de la Infraestructura de la Prolongación de la Línea 10 del Metro de Madrid A Metrosur. Tramo 1 A: Colonia Jardín - Cuatro Vientos*”, con clave M-J-060 y cuyo promotor fue la Dirección General de Infraestructuras del Transporte, perteneciente a la Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid. Febrero del año 2000.

“*Proyecto de Liquidación del Proyecto Complementario nº1 del Proyecto Variante de Construcción de la Infraestructura de la Prolongación de la Línea 10. Tramo 1A: Colonia Jardín - Cuatro Vientos Estación de Cuatro Vientos e Intercambiador con R.E.N.F.E.*”, con Clave M-I-060-V-C1 y cuyo promotor fue Mintra, Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes

de la Comunidad de Madrid. Enero del año 2003.

*“Proyecto de Liquidación del Proyecto Modificado Nº 1 del Proyecto Variante Nº 3 del Proyecto de Construcción de la Infraestructura de la Prolongación de la Línea 10 del Metro de Madrid A Metrosur. Tramo 1 C : Colonia Jardín - Cuatro Vientos”, con clave M-I-060-M1 y cuyo promotor fue Mintra, Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid. Enero del año 2003.*

*“Proyecto de Liquidación del Proyecto Complementario Nº1 del Proyecto Modificado Nº1 del Proyecto de Construcción de la Infraestructura de la Prolongación de la Línea 10 del Metro de Madrid A Metrosur. Tramo 1C: Estación de Aviación Española”, con clave M-O-110-M1-C1 y cuyo promotor fue Mintra, Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid. Abril del año 2007.*

El siguiente antecedente corresponde a un Proyecto de Construcción en estaciones de Cercanías de Madrid de ADIF. Se señala ya que la Estación de Cercanías de Cuatro Vientos comparte dependencias prácticamente con la Estación de Cuatro Vientos de la Línea 10 del Metro de Madrid. El antecedente es *“Servicios de Consultoría y Asistencia Técnica para la Redacción de los proyectos de construcción necesarios para la prolongación y mejora de las condiciones de accesibilidad y evacuación de andenes en las estaciones de Cercanías de Cuatro Vientos, San José de Valderas, Alcorcón y Las Retamas (Madrid)”*, con expediente 3.22/05110.0226 y cuyo promotor es la Administración de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). Publicada licitación en el BOE el año 2023 (Actualmente en redacción).

El siguiente antecedente corresponde a un Proyecto de Construcción de modificación de escapes en la red de Cercanías de Madrid de ADIF. Se señala ya que se modifican escapes de la Estación de Cercanías de Cuatro Vientos. El antecedente es *“Proyecto Constructivo para la Modificación de Escapes en la Línea C5 de Cercanías de Madrid”*, cuyo promotor es la Administración de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). Sometido a información pública en el BOE del año 2023.

### 1.3 CUMPLIMIENTO DISPOSICIONES Y NORMATIVA TÉCNICA

A continuación se relaciona la normativa técnica relacionada con el Estudio Informativo, y para mayor detalle se remite al anejo correspondiente de cada materia.

Normativa de Básica de Carácter General:

- Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, y su normativa de desarrollo, en especial el Reglamento General de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, y el Reglamento de Contratación Pública de la Comunidad de Madrid, aprobado por Decreto 249/2003, de 3 de abril.

Normativa técnica:

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural (CE).
- Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y sus posteriores modificaciones.
- Instrucción de acciones a considerar en puentes de ferrocarril (IAPF-07) aprobada mediante la Orden FOM/3671/2007 de 24 de septiembre
- Instrucción de acciones a considerar en el diseño de puentes de Carretera (IAP-11), aprobada mediante la Orden FOM/2842/2011, de 29 de septiembre.
- Guía de cimentaciones en obras de carretera.
- Proyecto Funcional de Estaciones y Túneles de Metro de la Comunidad de Madrid.
- Normativa específica de accesibilidad, en especial de la Comunidad de Madrid y la referida a los medios de transporte colectivo.
- Normativa propia del Ayuntamiento de Madrid, así como las Ordenanzas Reguladoras.
- Ley de Ordenación y Coordinación de los Transporte Urbanos de la Comunidad de Madrid.

## Normativa medioambiental

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- Real Decreto 445/2023, de 13 de junio, por el que se modifican los anexos I, II y III de la Ley 21/2013 de evaluación ambiental.
- Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid.
- Ley 7/2018, de 20 de julio, de modificación de la ley 42/2007, de 13 de diciembre, del patrimonio natural y de la biodiversidad.
- Ley 3/2015, de 18 de diciembre, de modificación de la ley 16/1995, de 4 de mayo, forestal y de protección de la naturaleza de la Comunidad de Madrid.
- Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el reglamento del dominio público hidráulico aprobado por el real decreto 849/1986, de 11 de abril, el reglamento de planificación hidrológica, aprobado por el real decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales.
- Ley autonómica 10/1993 de 26 de octubre, sobre vertidos líquidos industriales al sistema integral de saneamiento.
- Decreto 57/2005, de 30 de junio, por el que se revisan los anexos de la ley 10/1993, de 26 de octubre, sobre vertidos líquidos industriales al sistema integral de saneamiento.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Orden 665/2014, de 3 de abril, del consejero de medio ambiente y ordenación del territorio, por la que se aprueba la estrategia de calidad del aire y cambio climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020. Plan azul +.
- Ordenanza de Protección contra la Contaminación Acústica y Térmica (BO. Ayuntamiento

de Madrid 07/03/2011 núm. 6385 pág. 6-46)

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
- 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.
- Real Decreto 27/2021, de 19 de enero, por el que se modifican el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos, y el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.
- Ley 1/2024, de 17 de abril, de economía circular de la Comunidad de Madrid.
- Decreto 326/1999, de 18 de noviembre, por el que se regula el régimen jurídico de los suelos contaminados de la Comunidad de Madrid.
- Orden 2726/2009, de 16 de julio, por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid.
- Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.
- Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.
- Ley 3/2013, de 18 de junio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid.
- Ley 8/1998, de 15 de junio, de Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid.



## Normas de Seguridad

- Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Ley 31/1995 de Prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

## Normativa Urbanística

- Ley 3/2013, de 18 de junio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid
- Ley 9/1995, de 9 de marzo, de Medidas de Política Territorial, Suelo y Urbanismo de la Comunidad de Madrid.
- Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley del Suelo.
- Ley 1/2020, de 8 de octubre, por la que se modifica la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, para el impulso y reactivación de la actividad urbanística.

## 2 ALCANCE DEL ESTUDIO

### 2.1 OBJETO

El objeto del presente Estudio Informativo es la definición de las tres Alternativas planteadas para la ampliación Sur de la Línea 11 del Metro de Madrid, en el tramo comprendido desde la estación existente de La Fortuna (Línea 11 del Metro de Madrid) hasta conectar con la Línea 10 del Metro de Madrid. En este Estudio Informativo se selecciona la Alternativa óptima, mediante la aplicación del análisis multicriterio que considera parámetros ambientales, económicos, funcionales y territoriales.

### 2.2 ÁMBITO

El ámbito del Estudio Informativo corresponde principalmente al barrio de Latina, del municipio de Madrid y al barrio de La Fortuna, del municipio de Leganés. Ambos municipios se encuentran en la Comunidad Autónoma de Madrid.

Para las tres Alternativas se pueden distinguir dos ámbitos:

- En primer lugar, un tramo de túnel ya construido que discurre por los municipios de Leganés y de Madrid. El túnel corresponde a las obras que se realizaron antaño para el tramo de Línea 11 del Metro de Madrid “La Fortuna-La Peseta”. Para las obras se implantó el pozo de introducción de la tuneladora bajo los terrenos de Cocheras del Metro de Madrid.

Este tramo se inicia en La Estación de Metro de La Fortuna, que está localizada bajo el Parque Serafín Díaz Antón, y discurre bajo el núcleo urbano (edificaciones) que linda al Noroeste del municipio. A continuación, el túnel cruza bajo la carretera M-40, y finaliza su trazado accediendo a Cocheras (también denominadas Depósito Cuatro Vientos), mediante un ramal también construido.

Se aclara que al tramo de túnel ya construido, se le ha denominado Fondo de Saco de Final de Línea 11. Este elemento está constituido por un tramo de línea de longitud 809 m de sección circular, y un tramo de línea de longitud 143 m de sección rectangular (Total 952 m aproximadamente.). La sección circular corresponde al túnel construido mediante dovelas y la sección rectangular corresponde al pozo de introducción de tuneladora.

- Un segundo tramo, que discurre íntegro por el municipio de Madrid y corresponde al nuevo trazado de túnel de línea de las Alternativas. Todas las alternativas tienen un punto de inicio común, y es desde el pozo de introducción existente. En adelante, cada alternativa conecta con Línea 10 del Metro de Madrid, mediante la Estación existente de Cuatro Vientos o la Estación existente de Aviación Española. Cada Alternativa plantea una nueva Estación de Metro, anexa a las existentes.

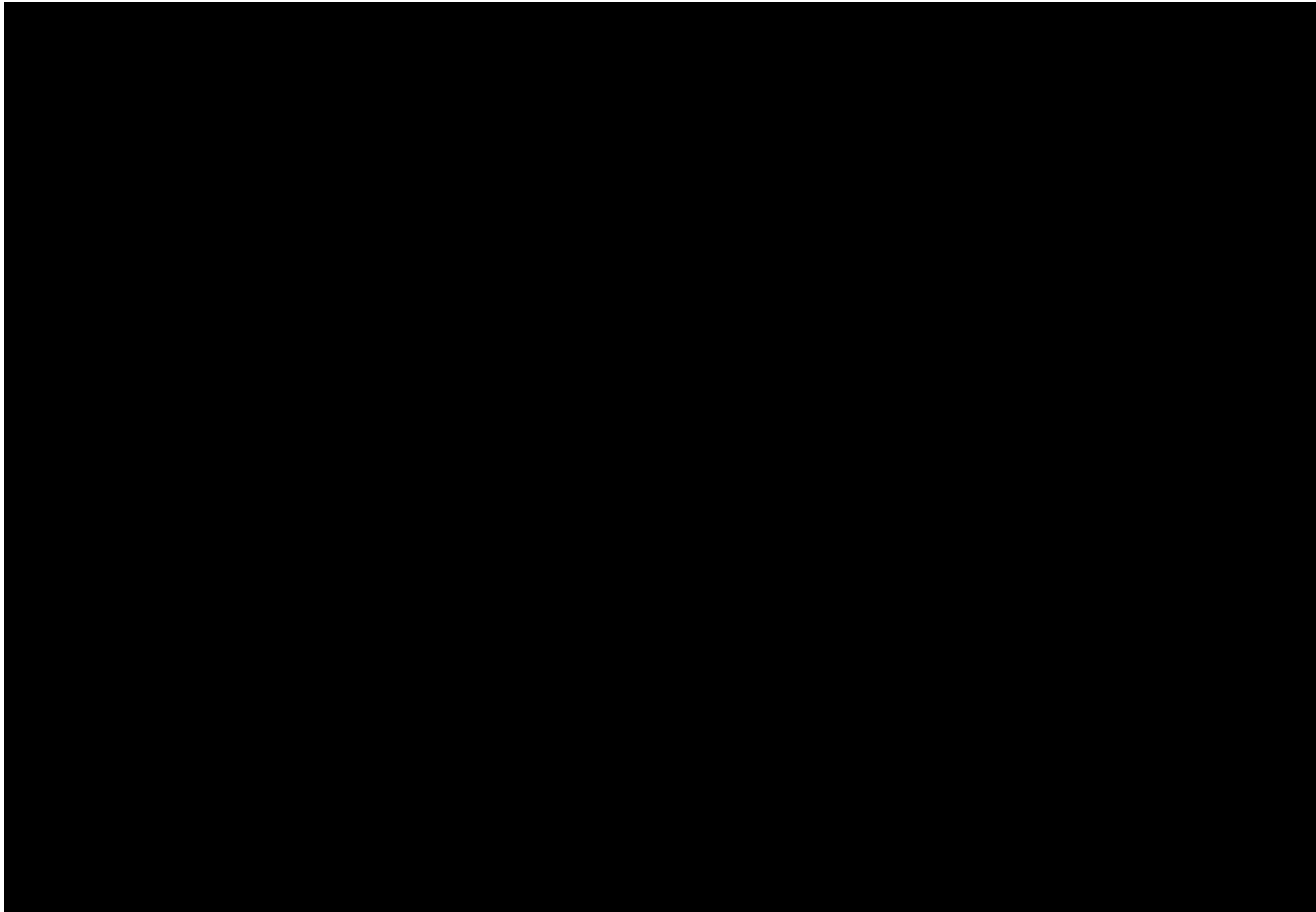


ILUSTRACIÓN 1 - LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO INFORMATIVO



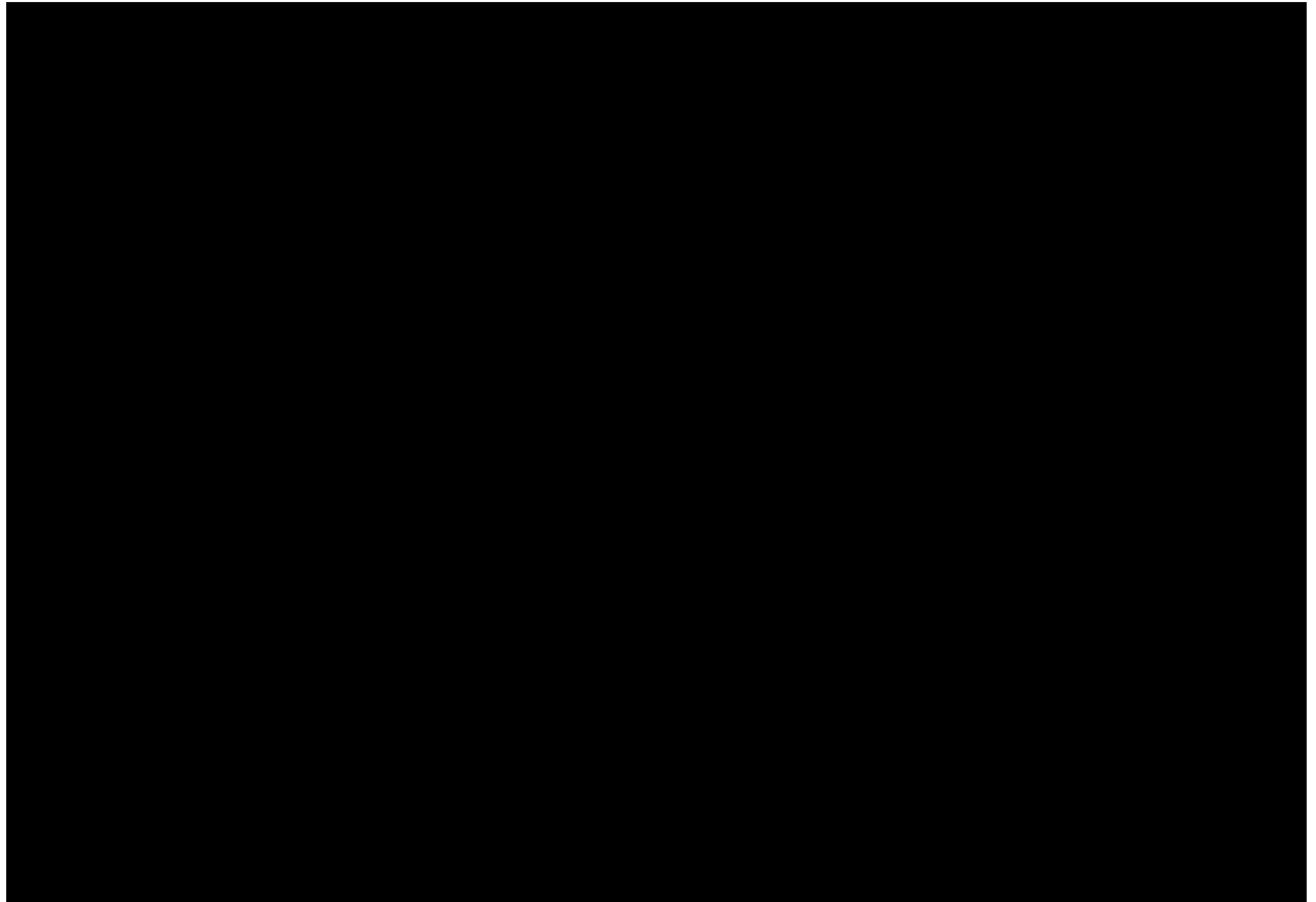


ILUSTRACIÓN 2 - ÁMBITO DEL ESTUDIO INFORMATIVO SOBRE CARTOGRAFÍA

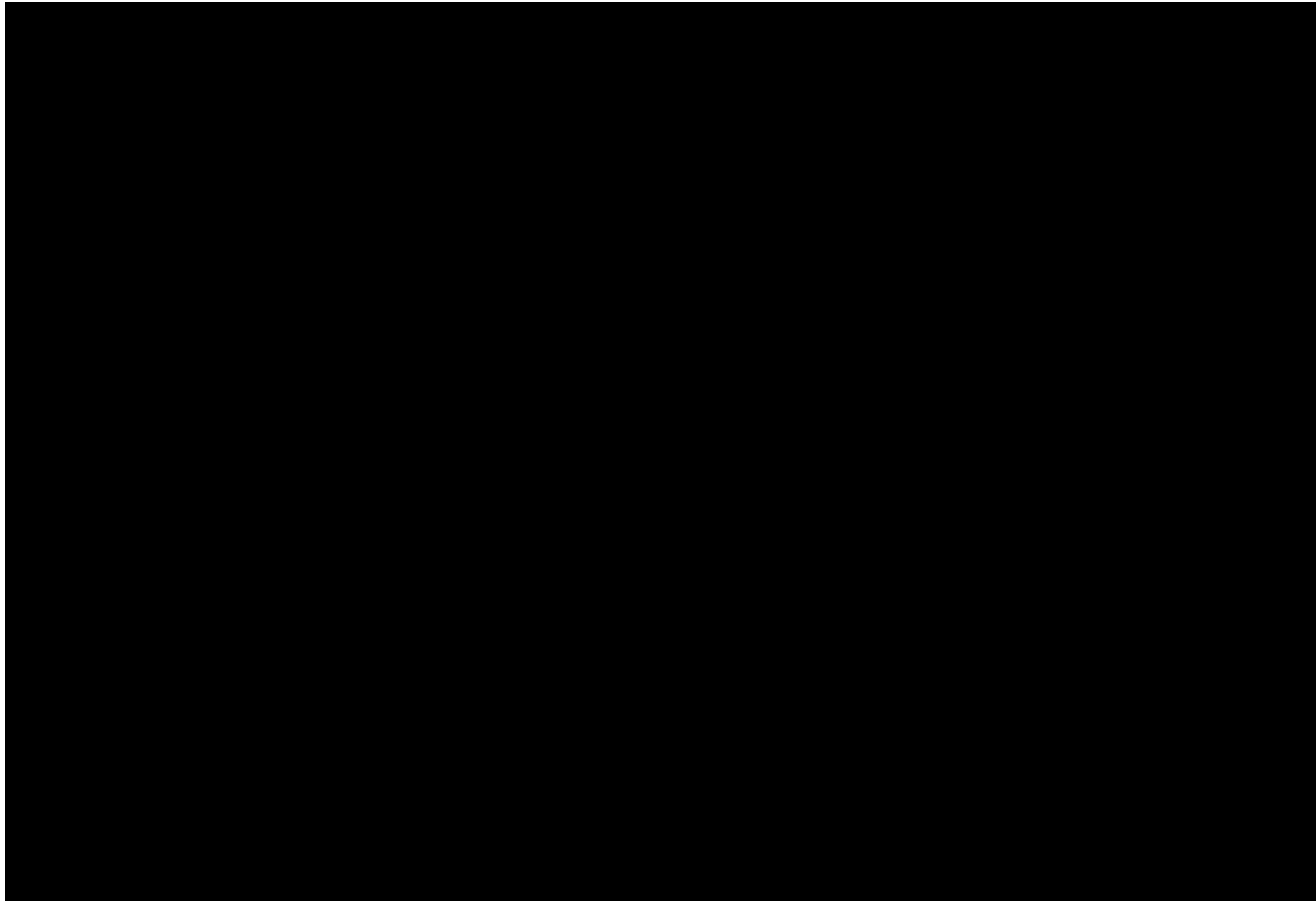





ILUSTRACIÓN 3 - ÁMBITO DEL ESTUDIO INFORMATIVO SOBRE ORTOFOTO

### 3 OBJETIVOS, CARACTERÍSTICAS GENERALES Y CONDICIONANTES DE LA ACTUACIÓN

#### 3.1 OBJETIVOS DE LA ACTUACIÓN

Como se ha indicado, el objeto del presente Estudio Informativo es la definición de las Alternativas planteadas para la ampliación Sur de la Línea 11 del Metro de Madrid, en el tramo comprendido desde la estación existente de La Fortuna (Línea 11 del Metro de Madrid) hasta conectar con la Línea 10 del Metro de Madrid.

Para cumplir el objetivo, se diseñan 3 alternativas de trazado cuyo punto de inicio es común.

- Alternativa 1: parte del Fondo de Saco de Final de Línea 11 y conecta con la Estación de Aviación Española (Línea 10 del del Metro de Madrid), implantando una nueva estación bajo el aparcamiento disuasorio en superficie junto a la Calle Fuente de Lima.
- Alternativa 2: parte del Fondo de Saco de Final de Línea 11 y conecta con la Estación de Cuatro Vientos (Línea 10 del del Metro de Madrid),   
  

- Alternativa 3: parte del Fondo de Saco de Final de Línea 11 y conecta con la Estación de Cuatro Vientos (Línea 10 del del Metro de Madrid), implantando una nueva estación bajo el aparcamiento disuasorio en superficie junto a Paseo de Los Lanceros.

#### 3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Las tres Alternativas discurren soterradas en toda su longitud, y cuentan con una única estación cada una. Las Alternativas discurren parcialmente bajo el Aeropuerto de Cuatro Vientos (propiedad del Ministerio de Defensa). Las alternativas cuentan con actuaciones comunes a todas ellas, como son la conexión con el Fondo de Saco de Final de Línea 11 y el nuevo Ramal de Cocheras.

El Aeropuerto de Cuatro Vientos del Ministerio de Defensa, también es denominado Base de Cuatro Vientos, y conforma la parcela completa que linda al Norte con Avenida de la Aviación, al Oeste con la línea C-5 de Cercanías y al Sur con parcelas agrarias y Campo de Golf Barberán.

A continuación, se describen las características principales comunes a las alternativas.

Fondo de Saco de Final de Línea 11: El punto final del Fondo de Saco de Línea 11 es el punto de conexión común de las tres Alternativas, y corresponde con el pozo de introducción de la tuneladora que fue construido antaño para ejecutar la Línea 11 de Metro de Madrid (entre las estaciones de La Fortuna y La Peseta). Dado lo anterior, hay que realizar obras de refuerzo en la estructura existente para poder conectar las Alternativas y también suprimir las toperas. El refuerzo en estructuras existentes se indica en el Apartado 3.3.-ENTRE PANTALLAS. CUT&COVER del Anejo 11.-*Túneles*.

Adicionalmente, al final del tramo se realizarán trabajos de modificación de rasante de sendas vías (En 115 m de línea aproximadamente), adecuando consecuentemente la catenaria, y se renovarán las fijaciones de taco de hormigón por placa adherizada.

Finalmente, los bretelles existentes (doble diagonal) de entrada y salida que hay en la Estación de La Fortuna se cambiarán por escapes (diagonales) en talón.

- Ramal de Cocheras: Actualmente, del Fondo de Saco de Final de Línea 11 parte un ramal en vía doble en sentido Cocheras del Metro de Madrid.

Se diseña un ramal en vía única que comunica el ramal existente en vía doble con cada Alternativa. El Ramal discurre inicialmente sobre una losa de hormigón ya construida (paralelo a la vía Norte existente), hasta entroncar con el denominado Muñón (estructura existente bajo rasante). A partir del Muñón, y hasta conectar con el nuevo túnel de línea, el Ramal de Cocheras discurre entre pantallas en un tramo no construido.

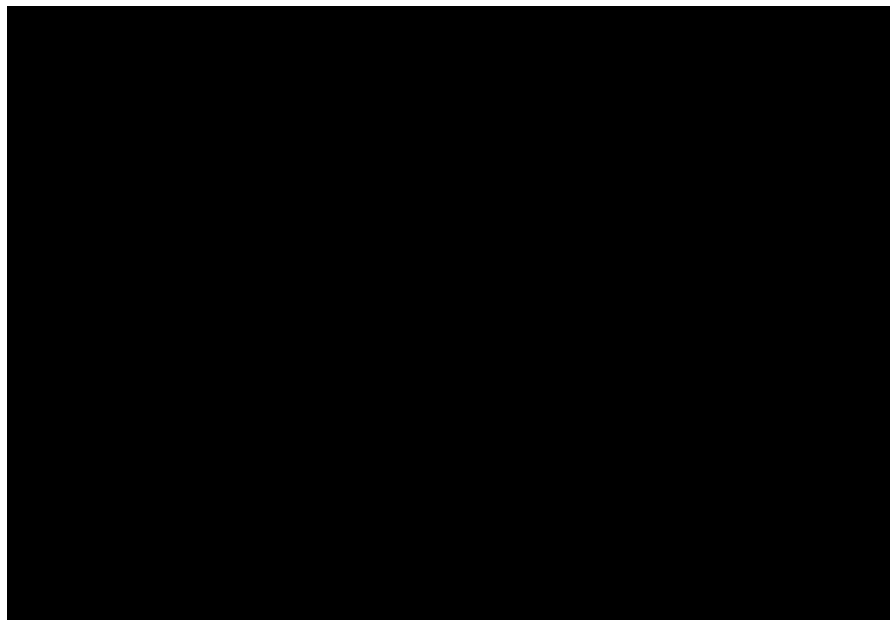


ILUSTRACIÓN 4 - LOSA EXISTENTE Y MUÑÓN

A continuación, se describen las características principales particulares de cada alternativa.

- La Alternativa 1 tiene una longitud total de unos 3.261 m, y cruza bajo la línea C-5 de Cercanías de Madrid.

La longitud total, sumando el tramo de túnel construido de unos 952 m (desde Estación la Fortuna), es de unos 4.213 m (incluyendo la nueva cola de maniobras de final de trazado).

Se implanta un pozo de ventilación en el tramo de túnel existente en el tramo desde la Estación La Fortuna hasta el Fondo de Saco de Final de Línea 11. En el nuevo tramo hasta la nueva Estación de Aviación Española se implantan tres pozos de ventilación, tres salidas de emergencias, y un pozo de bombeo. Una de las salidas de emergencia cuenta con una galería subterránea que cruza bajo la línea C-5 de Cercanías de Madrid y la Línea 10 del Metro de Madrid, en inmediaciones de la Estación de Cuatro Vientos.

El túnel de línea de esta alternativa combina varios métodos constructivos, primeramente entre pantallas hasta el nuevo pozo de introducción de la tuneladora, seguidamente tuneladora (EPB, Earth Pressure Balance) hasta la nueva Estación de Metro de Aviación Española, y finalmente Método Tradicional de Madrid desde la nueva Estación de Metro hasta final de trazado.



El pozo de introducción de la tuneladora se implanta bajo terrenos de Cocheras de Metro de Madrid. Para extraer la tuneladora se emplea la nueva Estación de Metro.

Para la construcción de la Estación se emplea el sistema entre pantallas cut&cover. Se implanta bajo un aparcamiento disuasorio existente.

Para la construcción de esta Alternativa no es necesaria la demolición de edificaciones.

La Alternativa 1 plantea una nueva estación en Aviación Española, realizando la conexión entre ambas líneas de Metro en este punto. Esta nueva estación daría servicio, entre otros, a la nueva zona residencial que se construirá en la zona de la Operación Campamento, al mismo tiempo que permitiría la conexión con una posible nueva área intermodal que está previsto su ubicación al Sur de la estación de Metro, en la parcela actual propiedad de la Entidad Pública Empresarial de Suelo (SEPES).

- La Alternativa 2 tiene una longitud total de unos 2.272 m, y para conectar la estación existente de Cuatro Vientos con la futura se cruza con una estructura bajo la línea C-5 de Cercanías de Madrid (el túnel de línea en sí, no cruza infraestructuras del transporte).

La longitud total, sumando el tramo de túnel construido de unos 952 m (desde Estación la Fortuna), es de unos 3.224 m (incluyendo la nueva cola de maniobras de final de trazado).

Se implanta un pozo de ventilación en el tramo de túnel existente en el tramo desde la Estación La Fortuna hasta el Fondo de Saco de Final de Línea 11. En el nuevo tramo hasta la nueva Estación de Cuatro Vientos se implantan dos pozos de ventilación, dos salidas de emergencias, y un pozo de bombeo.

El túnel de línea de esta alternativa prevé emplear el método constructivo denominado Método Tradicional de Madrid.



Para el túnel de línea se han establecido 3 accesos, para generar un máximo de 6 frentes de ataque. Los accesos y extracción de tierras se realizan mediante pozo vertical (extracción vertical). Por tanto, hay un acceso que se realiza por la propia Estación de Cuatro Vientos a construir, mientras que los otros dos corresponden a las salidas de emergencia del PK 0+200 y PK 1+032.

Para la construcción de la Estación se emplea el sistema entre pantallas cut&cover. ■■■■■

■■■■■

■■■■■.

Para la construcción de esta Alternativa es necesaria la demolición de varias edificaciones (propiedad del Ministerio de Defensa).

- La Alternativa 3 tiene una longitud total de unos .2175 m, y cruza bajo la línea C-5 de Cercanías de Madrid y la Línea 10 del Metro de Madrid, en inmediaciones de la Estación de Cuatro Vientos.

La longitud total, sumando el tramo de túnel construido de unos 952 m (desde Estación la Fortuna), es de unos 3.127 m (incluyendo la nueva cola de maniobras de final de trazado).

Se implanta un pozo de ventilación en el tramo de túnel existente en el tramo desde la Estación La Fortuna hasta el Fondo de Saco de Final de Línea 11. En el nuevo tramo hasta la nueva Estación de Cuatro Vientos se implantan dos pozos de ventilación, tres salidas de emergencias, y un pozo de bombeo. Realmente, el pozo de bombeo comparte estructura con una de las tres salidas de emergencia, por lo que configura un pozo mixto.

El túnel de línea de esta alternativa combina dos métodos constructivos, primeramente entre pantallas hasta el nuevo pozo de introducción de la tuneladora, y finalmente tuneladora (EPB, Earth Pressure Balance) hasta el pozo de extracción en final de trazado.

■■■■■

■■■■■

El pozo de introducción de la tuneladora se implanta bajo terrenos de Cocheras de Metro de Madrid. Para extraer la tuneladora se emplea el pozo de ventilación que se implanta en final de trazado (Centro Deportivo Militar La Dehesa, terrenos del Ministerio de Defensa).

Para la construcción de la Estación se emplea el sistema entre pantallas cut&cover. Se implanta bajo un aparcamiento disuasorio existente.

Para la construcción de esta Alternativa no es necesaria la demolición de edificaciones.

### 3.3 CONDICIONANTES DE DISEÑO

A continuación, se exponen los aspectos principales que condicionan el diseño del Estudio Informativo.

#### 3.3.1 Marco Geológico Tipología del Terreno

Madrid y su entorno se sitúan en la Cuenca Terciaria del Tajo, también denominada Cuenca de Madrid. Ésta es una cuenca intramontañosa de contorno triangular, limitada por zonas elevadas mediante fallas inversas, geológicamente estructuras compresivas pop-up, de naturaleza fundamentalmente granítica y metamórfica, como son el Sistema Central al NO y los Montes de Toledo al S; hacia el este cierran la cuenca los relieves de la Cordillera Ibérica y Sierra de Altomira, con rocas mesozoicas (calizas, margas, areniscas, etc).

Como es habitual en las cuencas intramontañas, el relleno en las mismas tiene lugar mediante abanicos aluviales coalescentes, que rodean una zona endorreica. En estos sistemas de sedimentación los depósitos se organizan mediante un esquema proximal-distal, situándose depósitos detríticos gruesos (gravas, areniscas) junto a las zonas de borde de la cuenca, detríticos finos (arcillas) en las zonas intermedias y depósitos lacustres con formación de sales y carbonatos en las zonas centrales, sucediéndose espacialmente mediante cambios de facies.

La naturaleza fundamentalmente granítica de las áreas fuente hace que en la zona de Madrid y el extremo occidental de la cuenca predominen las arcosas, areniscas feldespáticas, en los depósitos proximales.

En los materiales del Terciario localizados en el área de Madrid y su alfoz, que constituyen las facies Madrid, se diferencian varias unidades litoestratigráficas con sentido geotécnico. El criterio para diferenciarlas es su contenido en finos, concretamente el porcentaje de material pasante por el tamiz # 0,08 mm, que incluye arenas y limos. Porcentajes menores del 25% corresponden a arenas de miga, entre 25% y 40% a arenas tosquizas, toscos arenosos hasta 60% y por encima de este porcentaje de finos se denominan toscos.

El trazado previsto para el túnel de cada alternativa se desarrolla previsiblemente en materiales del grupo de las arenas de miga principalmente, con zonas de mayor o menor espesor de arenas tosquizas intercaladas, y esporádicamente, en el grupo algo más arcilloso e impermeable de los toscos arenosos. Esto supone que se atravesarán materiales predominantemente arenosos en el túnel, e igualmente las estaciones se ejecutarán en sustrato con predominio de arenas.

La distribución de niveles de agua a lo largo del trazado es algo errática. No obstante, buena

parte de los sondeos presentan un nivel situado en torno al contacto entre los dos conjuntos litológicos del sustrato mioceno más abundantes en la zona de estudio, el de arenas de miga y arenas tosquizas. También se observan en otros o en los mismos sondeos, niveles de agua más próximos a la superficie, que corresponderán a aguas colgadas.

Aparte de éste, no han sido detectados otros riesgos geológicos, no habiéndose detectado riesgo de expansividad.

### 3.3.2 Ubicación de Estaciones

El Pliego de Condiciones del Contrato establece la ampliación Sur de la Línea 11 del Metro de Madrid desde la estación de La Fortuna hasta la Línea 10, sin especificar el punto en que se establezca la conexión. Por ello, se plantean dos posibles puntos de conexión entre ambas líneas, muy diferentes entre sí.

Por un lado, la Alternativa 1 plantea una nueva estación en Aviación Española, realizando la conexión entre ambas líneas de Metro en este punto. Esta nueva estación daría servicio, entre otras, a la nueva zona residencial que se construirá en la zona de la Operación Campamento, al mismo tiempo que permitiría la conexión con una posible nueva área intermodal que está previsto construir

### 3.3.3 Opciones de Trazado

La Alternativa 1 posiciona la nueva Estación de Metro junto a la existente de Aviación Española, y el inicio de trazado es desde el Fondo de Saco desde Final de Línea 11. Dado lo anterior, el trazado del túnel discurre al Oeste de las pistas del Aeropuerto de Cuatro Vientos hasta finalizar casi paralelo a la actual Línea 10 del Metro. El tramo que va desde la nueva estación hasta final de trazado (Cola de maniobras) es urbano, a diferencia del resto de túnel.

La profundidad inicial viene condicionada por la rasante del Fondo de Saco, mientras que el tramo intermedio está condicionado por discurrir con cierto resguardo en terrenos del Ministerio de Defensa. Finalmente, el tramo urbano final es condicionado por las edificaciones. La zona de actuación presenta nivel freático, y se trata de evitar la afección en la medida de lo posible.

La Alternativa 2 posiciona la nueva Estación de Metro junto a la existente de Cuatro Vientos. Esta estación está junto a la Línea C-5 de Cercanías y el inicio de trazado es desde el Fondo de Saco desde Final de Línea 11.

La profundidad inicial viene condicionada por la rasante del Fondo de Saco, mientras que el tramo intermedio está condicionado por discurrir con cierto resguardo en terrenos del Ministerio de Defensa. La zona de actuación presenta nivel freático, y se trata de evitar la afección en la medida de lo posible.

La Alternativa 3 posiciona la nueva Estación de Metro a unos 130 m de la estación existente de Cuatro Vientos [REDACTED]. La nueva estación se localiza exactamente en un aparcamiento disuasorio en superficie al Norte de la A-5, en zona urbana. El inicio de trazado es desde el Fondo de Saco desde Final de Línea 11 [REDACTED]. El túnel cruza casi perpendicularmente a la Autovía A-5, a la Línea C-5 de Cercanías y a la Línea 10 de Metro.

Entre la Autovía A-5 y casi el final de trazado el entorno es urbano. El final de trazado está en Colonia Militar Deportiva La Dehesa.

La profundidad inicial viene condicionada por la rasante del Fondo de Saco, [REDACTED]. Finalmente, el tramo urbano final es condicionado por las edificaciones existentes. La zona de actuación presenta nivel freático, y se trata de evitar la afección en la medida de lo posible.

### 3.3.4 Ubicación de Pozos Interestación

La ampliación de la línea de Metro requiere de la construcción de varios pozos intermedios desde superficie. Estos pozos corresponden a:

- Pozos de ventilación, para la correcta ventilación del túnel.
- Salidas de emergencia, para la evacuación del túnel en caso de emergencia.
- Pozos de bombeo, para la evacuación de aguas de drenaje del túnel.

Los criterios para la implantación de estos pozos son los siguientes:

- **Pozos de ventilación:** En general, suele ser suficiente con un pozo en cada tramo interestación. Sin embargo, en este caso, al haber una distancia superior a 3 km entre estaciones, se ubican estos con los siguientes criterios:
  - Distancia entre pozos de ventilación de 1.000 m, máximo 1.500 m.
  - Ubicación lo más centrada posible en el tramo interestación.
  - Separación mínima de 100 m a cualquier salida de emergencia.
  - Tratar de no ubicar pozos en Base de Cuatro Vientos.
  - Ubicación de pozo de ventilación en el nuevo Fondo de Saco de Final de Línea 11 que se genera. En caso de que no sea posible ubicarlo al final

del túnel, se dispone una rejilla de compensación de menores dimensiones en el final del nuevo Fondo de Saco.

- Ubicación de pozo de ventilación en el actual Fondo de Saco de La Fortuna.

- **Salidas de emergencia:** Se ubican siguiendo estos criterios:

- Distancia entre salidas de emergencia máximo de 1.000 m.
- Separación mínima de 100 m a cualquier pozo de ventilación.
- Posibilidad de ubicar juntamente con pozo de bombeo.
- No ubicación de salidas de emergencia en Base de Cuatro Vientos.

- **Pozos de bombeo:** Se disponen teniendo en cuenta estos criterios:

- Ubicación en los puntos bajos del trazado.
- No ubicar pozos en Base de Cuatro Vientos.

En todas las alternativas se han definido los pozos y salidas necesarios cumpliendo con estos requerimientos. Teniendo en cuenta que gran parte de los trazados propuestos discurren por la Base Militar de Cuatro Vientos, este ha sido el criterio más restrictivo, adecuando la ubicación de pozos y salidas a las zonas exteriores a la Base.

En el caso de Alternativa 3, se define un pozo mixto que cumple las funciones de pozo de bombeo y salida de emergencia, reduciendo de este modo las afecciones en superficie.

En el caso de trazados contemplados con ejecución con tuneladora (Alternativa 1 y Alternativa 3), se hace necesario disponer un pozo de ataque al inicio del trazado, así como un pozo para la extracción de la tuneladora (deseablemente al final del trazado). En la Alternativa 1 la tuneladora se extrae por la nueva Estación de Aviación Española, no siendo necesario un pozo de extracción. En la Alternativa 3, se dispone un pozo de extracción al final del túnel, aprovechando este pozo como pozo de ventilación en esta alternativa.

### 3.3.5 Construcciones y Urbanización Superficial

El nuevo túnel de línea se perforará bajo un terreno con una urbanización heterogénea a lo largo de su longitud, al discurrir debajo de Cocheras del Metro de Madrid, zona agraria, zona del Aeropuerto de Cuatro Vientos y núcleo urbano.



[REDACTED]

Desde el punto de vista de la urbanización de superficie, el ámbito de proyecto puede dividirse en varias zonas muy diferentes.

- La primera zona corresponde a las Cocheras de Metro de Madrid de Línea 11, donde inicia el trazado de las tres Alternativas. Se caracteriza por la existencia de las cocheras subterráneas, con salida al exterior, así como varias edificaciones tipo industrial fuera de la traza del túnel.
- A continuación, se extiende una amplia zona de parcelas de titularidad privada, en las que actualmente solamente existe la vegetación típica de una zona sin uso específico distinto a agrario/pastos. En esta zona existe la posibilidad a futuro de un doble uso. Por un lado, esta zona podría formar en un futuro parte del proyecto de Bosque Metropolitano que rodeará la ciudad de Madrid, con previsión de zonas verdes o de cultivo. Por otro lado, esta zona también forma parte del Plan Director del Aeropuerto de Cuatro Vientos del año 2001, con previsión de ocupar esta zona con instalaciones aeroportuarias.
- En tercer lugar, todas las alternativas atraviesan las instalaciones de la Base Militar de Cuatro Vientos. [REDACTED]

- [REDACTED]
- [REDACTED]

- [REDACTED] la Alternativa 1 se prolonga hacia el Noreste, hacia el barrio de Las Águilas, mientras que la Alternativa 3, una vez cruza bajo la Línea 10 de Metro, la red de Cercanías y la Autovía A-5, se prolonga hacia el barrio de Campamento en el Noroeste. Ambas son zonas fundamentalmente residenciales, con edificaciones plurifamiliares de diferentes alturas.
  - El tramo final de la Alternativa 1 discurre en parte bajo terrenos propiedad de SEPES en los que hay previsión de construir un posible intercambiador de autobuses en superficie, para continuar bajo una zona de aparcamiento en superficie en donde se prevé la construcción de la nueva estación en esta Alternativa, para concluir con un fondo de saco (también llamado cola de maniobras) bajo la zona residencial que forman las calles Fuente de Lima y Faustino Cordón Bonet, con edificaciones de hasta 9 alturas y sótanos (garajes y trasteros).
  - El tramo final de la Alternativa 3 discurre por el Paseo de los Lanceros, ocupando una zona de aparcamiento existente donde se construiría la nueva estación, para continuar por zona principalmente residencial, con edificios de 5 alturas, así como parques públicos y un centro escolar. El nuevo fondo de saco (cola de maniobras) se localiza bajo la zona verde en la que se ubica el Centro Deportivo Militar La Dehesa.

3.3.6 Cruces Bajo Infraestructuras Superficiales

Los cruces que efectúan las Alternativas bajo las infraestructuras en superficie que discurren por la Zona de Actuación son:

- Alternativa 1
  - [REDACTED]
  - [REDACTED]
- Alternativa 2
  - [REDACTED]



- Alternativa 3



### 3.3.7 Cruces Con Infraestructuras Subterráneas

Los cruces que efectúan las Alternativas por las infraestructuras subterráneas que discurren por la Zona de Actuación son:

- Alternativa 1



- Alternativa 2



- Alternativa 3



### 3.3.8 Tramos Constructivos y Fases de Puesta En Servicio

En primer lugar, se describen los trabajos relativos a los túneles de línea de las tres Alternativas, que tienen como punto de inicio el Fondo de Saco de Final de Línea 11.

Como se ha indicado anteriormente, hay un tramo de túnel construido desde la Estación La Fortuna hasta Cocheras de Metro de Madrid de Línea 11. En este túnel hay una travesía (aparato de vía) para que el material rodante acceda a Cocheras o continúe hasta el final de Fondo de Saco de Final de Línea 11 (antiguo pozo de introducción de tuneladora).

Se tendrá que actuar sobre el tramo de túnel construido, adecuando aquellos aspectos que lo transformen de vía secundaria a vía principal. También se deberá conectar la rasante del nuevo tramo al tramo de vía existente con objeto de dar continuidad a la línea ferroviaria.

Si existe riesgo por arrollamiento, y/o por contacto con catenaria, los trabajos se tendrán que realizar sin circulación de material rodante y/o con corte de tensión.

Por otro lado, en las tres Alternativas se diseña un ramal en vía única que comunica al ramal en vía doble existente por el que el material rodante accede a Cocheras de Metro de Madrid de Línea 11.

Para el nuevo ramal se distinguen dos áreas de trabajo. La primera que va desde la conexión con la vía Norte del ramal existente y termina en la estructura denominada Muñón (aprovechando la losa existente que conforma un sobreancho). La segunda que parte del Muñón y conecta con las alternativas de túnel de línea.

Para el primer tramo, si existe riesgo por arrollamiento, y/o por contacto con catenaria, los trabajos se tendrán que realizar sin circulación de material rodante y/o con corte de tensión.

Para el segundo tramo se puede actuar sin limitaciones de circulación de material rodante o por corte de tensión de la catenaria.

A continuación, se describen las conexiones de las nuevas estaciones, con las estaciones existentes de cada Alternativa.

La puesta en servicio de Estación de Alternativa 1 se produce cuando la nueva Estación está ejecutada y se ha realizado la conexión entre vestíbulos.

La puesta en servicio de Estación de Alternativa 2 se produce cuando la nueva Estación está ejecutada y se ha realizado la conexión entre vestíbulos bajo la línea C-5 del Cercanías.

La puesta en servicio de Estación de Alternativa 3 se produce cuando la nueva Estación está ejecutada y se ha realizado la conexión entre el nuevo vestíbulo con el acceso existente al Norte de la Autovía A-5.

4 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

En los epígrafes siguientes se describen las 3 Alternativas de trazado incluidas en el presente Estudio Informativo, atendiendo a estos aspectos:

- Trazado
- Estaciones
- Pozos Interestación
- Procedimientos Constructivos

Al final del presente apartado se incluyen dos planos con las Alternativas descritas, sobre cartografía y sobre ortofoto.

4.1 ALTERNATIVA 1

4.1.1 Trazado

[Redacted text block]

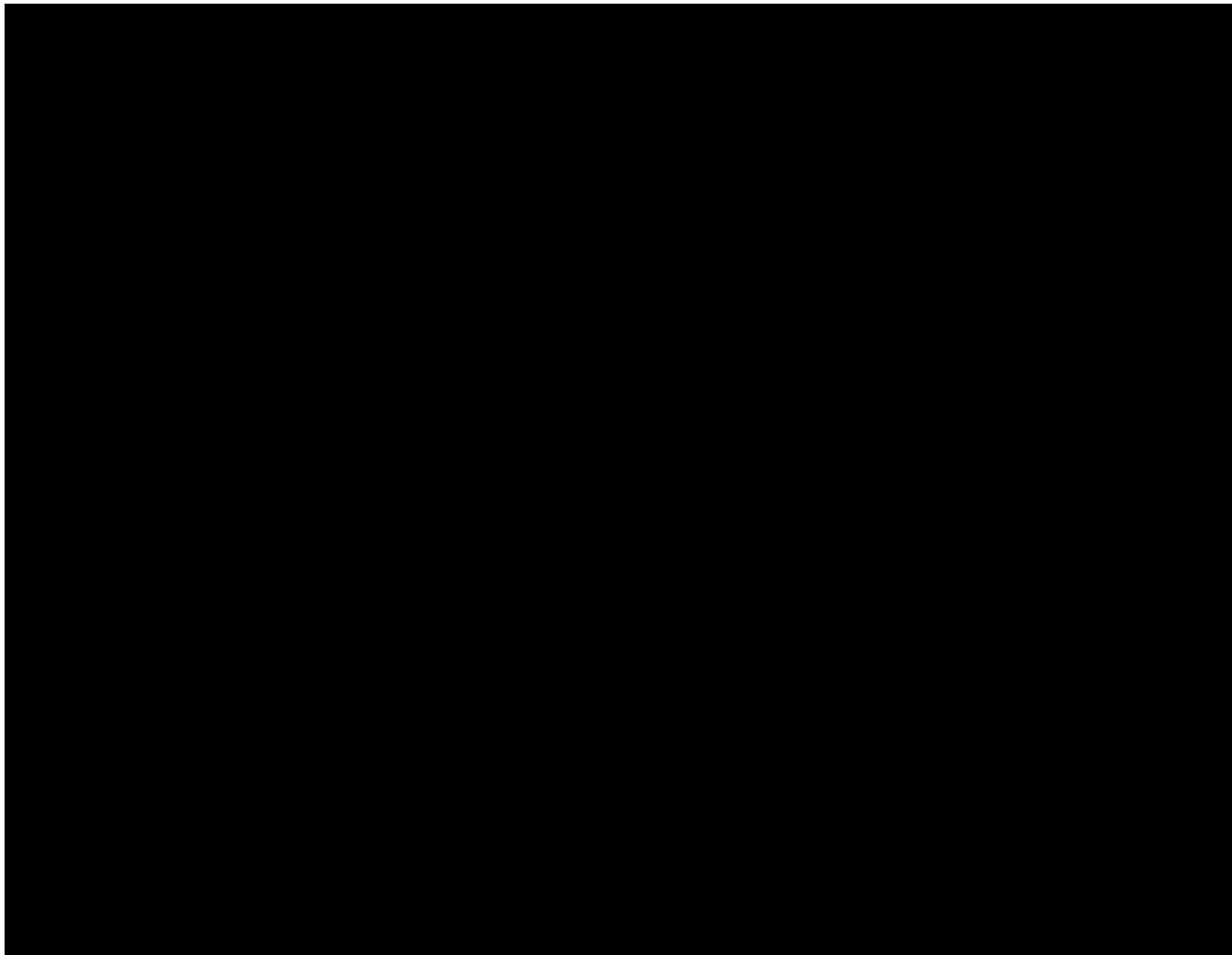
[Redacted text block]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### 4.1.2 Estaciones

Se dispone una nueva estación en paralelo a la existente de la Línea 10 de Metro en Aviación Española. Está ubicada al Sur de la calle Fuente de Lima, bajo el aparcamiento disuasorio en superficie.



##### 4.1.2.2 Accesos

El acceso a la estación se produciría por un nuevo templete de acceso ubicado en la calle Fuente de Lima, dotado de escaleras fijas y mecánicas. También en la calle Fuente de Lima se dispondrían dos ascensores que permitirían comunicar directamente con el nivel vestíbulo.

También se podría acceder a la estación desde el vestíbulo de la estación existente de Aviación Española, a través de una nueva galería ubicada después de los tornos en ambas estaciones.

Se ha tenido en cuenta también la posibilidad de conexión con un posible futuro intercambiador de autobuses, ubicado al Suroeste de la nueva estación de Metro.

El diseño contempla la creación de un nuevo vestíbulo ubicado sobre el túnel de Línea 11, desde el cual, una vez franqueados los tornos, se descienden dos plantas intermedias y desde ésta se producen las bajadas a los andenes de Línea 11.

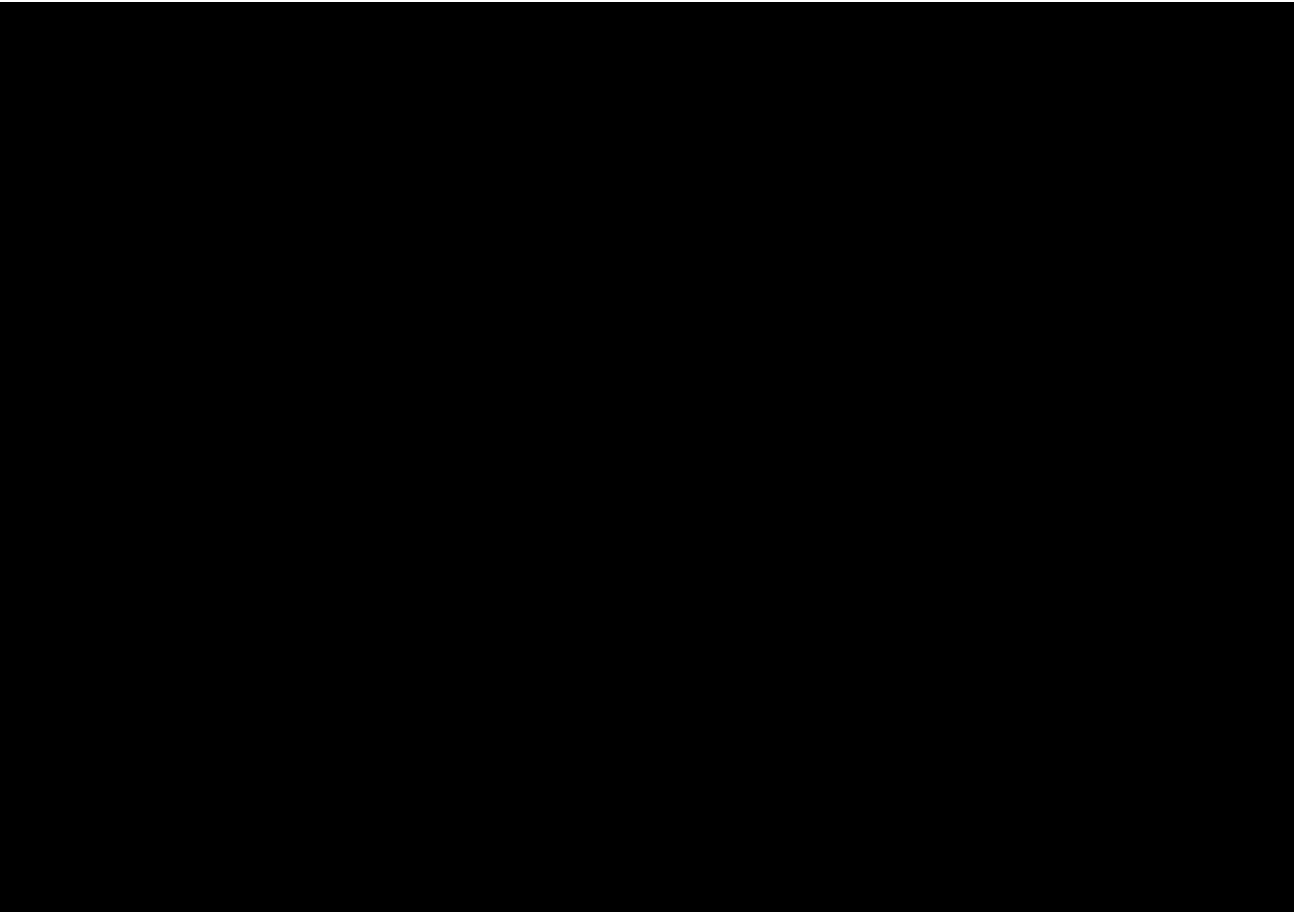
##### 4.1.2.3 Otros aspectos

La nueva estación de Línea 11 en Aviación Española, dispone de una subestación eléctrica en su interior, para dar suministro a la línea.

En principio, se prevé la extracción de la tuneladora por la estación, por lo que la zona sur estrecha de la nueva estación se ejecutará en primer lugar libre de losas para permitir la extracción de la tuneladora, concluyendo los niveles de forjado en esa zona una vez extraída la tuneladora.

#### 4.1.3 Pozos Interestación

Aplicando los criterios de diseño explicados anteriormente, resultan los siguientes pozos interestación:



En general, se plantea la ejecución de las diferentes salidas de emergencia y pozos de ventilación del túnel mediante anillos sucesivos, si bien no se descarta su construcción mediante pilotes secantes en determinados casos. El sistema de anillos sucesivos presenta un peor comportamiento que pilotes secantes en el caso de presencia de freático, con riesgo de sifonamiento en el caso de arenas saturadas, por lo que, dependiendo de la caracterización geotécnica y los niveles de agua detectados, estas salidas de emergencia y pozos podrían ejecutarse mediante sistema de pilotes secantes.

En la galería de conexión de las salidas de emergencia con el túnel, se dispone de vestíbulo presurizado para impedir el paso de humos y gases a la salida y garantizar de este modo una atmósfera respirable y segura en la salida de emergencia.

[Redacted text block]

En las salidas de emergencia se define un vial para acceso de tráfico rodado desde la red viaria de la zona, de manera que permita el acceso tanto de equipos sanitarios, bomberos o similar (FFCCS) en tiempo mínimo en caso de emergencia.

#### 4.1.4 Procedimientos Constructivos

La Alternativa 1 cuenta con los siguientes tramos:

- [Redacted] Tramo de túnel de línea entre pantallas que conecta el pozo de introducción existente con el nuevo pozo de introducción. Se localiza en las Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11.
- [Redacted] Tramo del nuevo pozo de introducción de la tuneladora. Se localiza en las Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11.
- [Redacted] Tramo de túnel de línea con tuneladora EPB. Conecta desde las Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11 hasta la nueva Estación (bajo el aparcamiento disuasorio en calle Fuente de Lima).
- [Redacted] Tramo de nueva estación de viajeros de Metro de Madrid de Aviación Española. Estación ejecutada con sistema Cut&Cover. Se localiza bajo el aparcamiento disuasorio en calle Fuente de Lima.
- [Redacted] Tramo de túnel de línea con Método Tradicional de Madrid. Corresponde a cola de maniobras en final de trazado, desde la nueva estación de viajeros de Metro de Madrid de Aviación Española.

Se diseña entre pantallas el nuevo ramal de cocheras en vía única que discurre desde el ramal existente en vía doble, hasta conectar con el túnel de línea. El ramal se implanta en terrenos de Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11.

El procedimiento constructivo de Estación es el siguiente:

- Mediante recinto de pantallas y excavación interior, con sistema "cut and cover".
- La galería de conexión con la estación existente se realiza con recinto de pantallas o pilotes.

El procedimiento constructivo de Pozos interestación es el siguiente:

- Pozos de ventilación: Anillos sucesivos o pilotes secantes.
- Salidas de emergencia: Anillos sucesivos o pilotes secantes.
- Pozos de bombeo: Pilotes secantes (para garantizar la estanqueidad del mismo).

La zona de instalaciones y acopios se ubica en una parcela agraria junto a las Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11. El acceso es mediante el camino de la Canaleja.

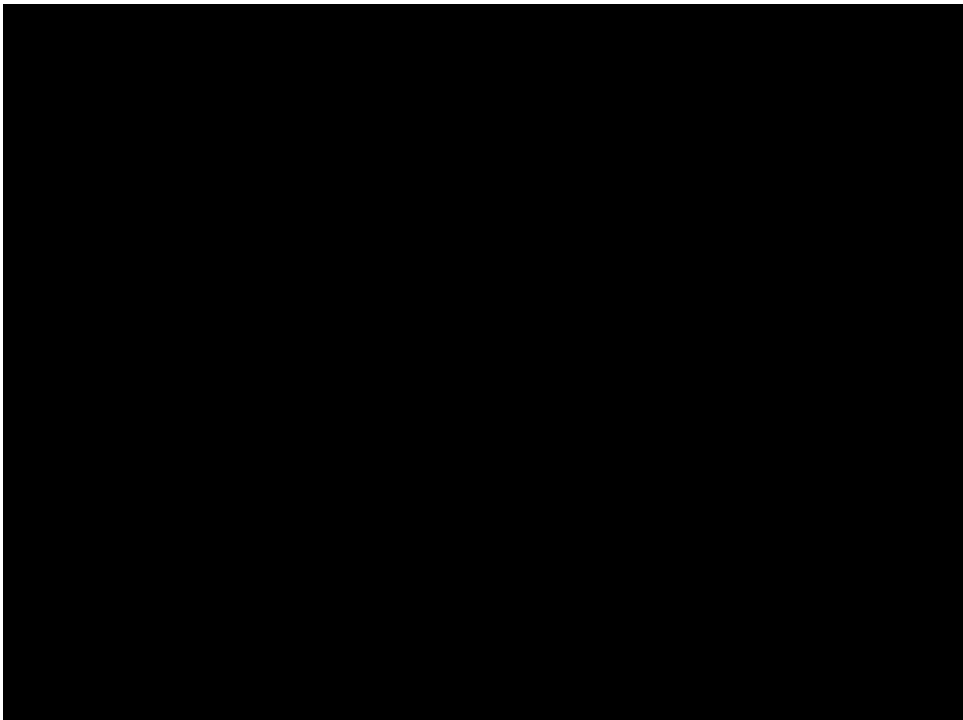


ILUSTRACIÓN 5 - ALTERNATIVA 1. POZO DE INTRODUCCIÓN TUNELADORA Y ZIA

4.2 ALTERNATIVA 2

4.2.1 Trazado

[Redacted text block]

[Redacted text block]

#### 4.2.2 Estaciones

Se dispone una nueva estación en paralelo a la existente de Línea 10 de Metro en Cuatro Vientos, ubicada en el interior de la Base Militar de Cuatro Vientos (Aeropuerto de Cuatro Vientos del Ministerio de Defensa).

El diseño contempla la creación de un nuevo vestíbulo ubicado sobre el túnel de Línea 11, al que se llega exclusivamente desde el pasillo que conecta con la estación actual, una vez pasados los tornos. Desde este nuevo vestíbulo, se realiza directamente la bajada a cada uno de los andenes de la Línea 11 de Metro del Madrid.

#### 4.2.3 Pozos Interestación

Aplicando los criterios de diseño explicados anteriormente, resultan los siguientes pozos interestación:

Al igual que en alternativa 1, los pozos y salidas de emergencia podrán ser contruidos mediante anillos sucesivos o recintos de pilotes secantes.

En las salidas de emergencia se define un vial para acceso de tráfico rodado desde la red viaria de la zona, de manera que permita el acceso tanto de equipos sanitarios, bomberos o similar (FFCCS) en tiempo mínimo en caso de emergencia.

##### 4.2.2.2 Accesos

El acceso a la estación se produciría exclusivamente a través de la estación actual de Cuatro Vientos, la cual cuenta también con accesos peatonales desde la Autovía A-5 y desde la estación de Cercanías de Cuatro Vientos.

#### 4.2.4 Procedimientos Constructivos

La Alternativa 2 cuenta con los siguientes tramos:

- [REDACTED] Tramo de túnel de línea con Método Tradicional de Madrid. Conecta desde las Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11 hasta la nueva Estación [REDACTED].
- [REDACTED] Tramo de nueva estación de viajeros de Metro de Madrid de Cuatro Vientos. Estación ejecutada con sistema Cut&Cover. [REDACTED].
- [REDACTED] Tramo de túnel de línea con Método Tradicional de Madrid. Corresponde a cola de maniobras en final de trazado, desde la nueva estación de viajeros de Metro de Madrid de Cuatro Vientos.

Se diseña entre pantallas el nuevo ramal de cocheras en vía única que discurre desde el ramal existente en vía doble, hasta conectar con el túnel de línea. El ramal se implanta en terrenos de Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11.

- El procedimiento constructivo de la Estación es el siguiente:
- Mediante recinto de pantallas y excavación interior, con sistema “cut and cover”.
- La galería de conexión con la estación existente se realiza mediante un cajón hincado bajo las vías ferroviarias de la red de Cercanías.

El procedimiento constructivo de Pozos interestación es el siguiente:

- Pozos de ventilación: Anillos sucesivos o pilotes secantes, con la excepción del pozo PV-3, que se define exclusivamente con pilotes secantes para disponer de mayor espacio, al ubicar los equipos en la parte superior.
- Salidas de emergencia: Anillos sucesivos o pilotes secantes.
- Pozos de bombeo: Pilotes secantes (para garantizar la estanqueidad del mismo).

La zona de instalaciones y acopios se ubica en una parcela agraria junto a las Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11. El acceso es mediante el camino de la Canaleja.

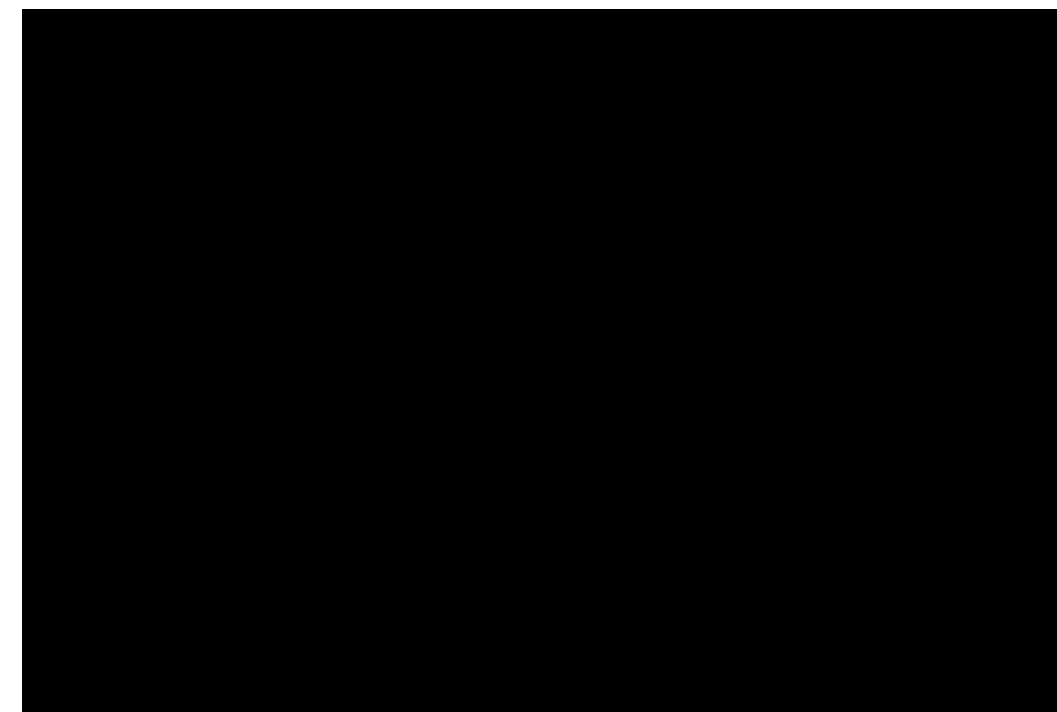
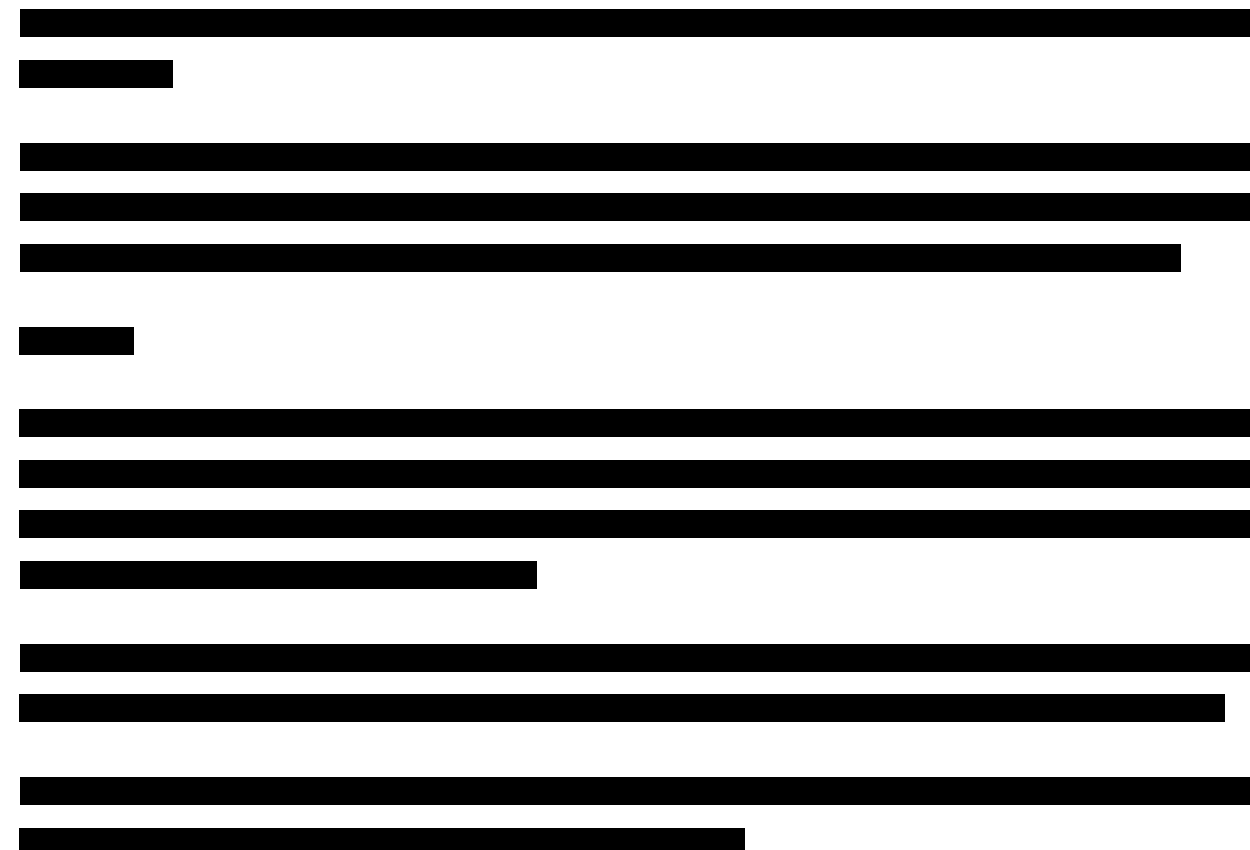


ILUSTRACIÓN 6 - ALTERNATIVA 2. ZIA

### 4.3 ALTERNATIVA 3

#### 4.3.1 Trazado



1. *Journal of the American Medical Association*, 2000; 283: 2689-2693.

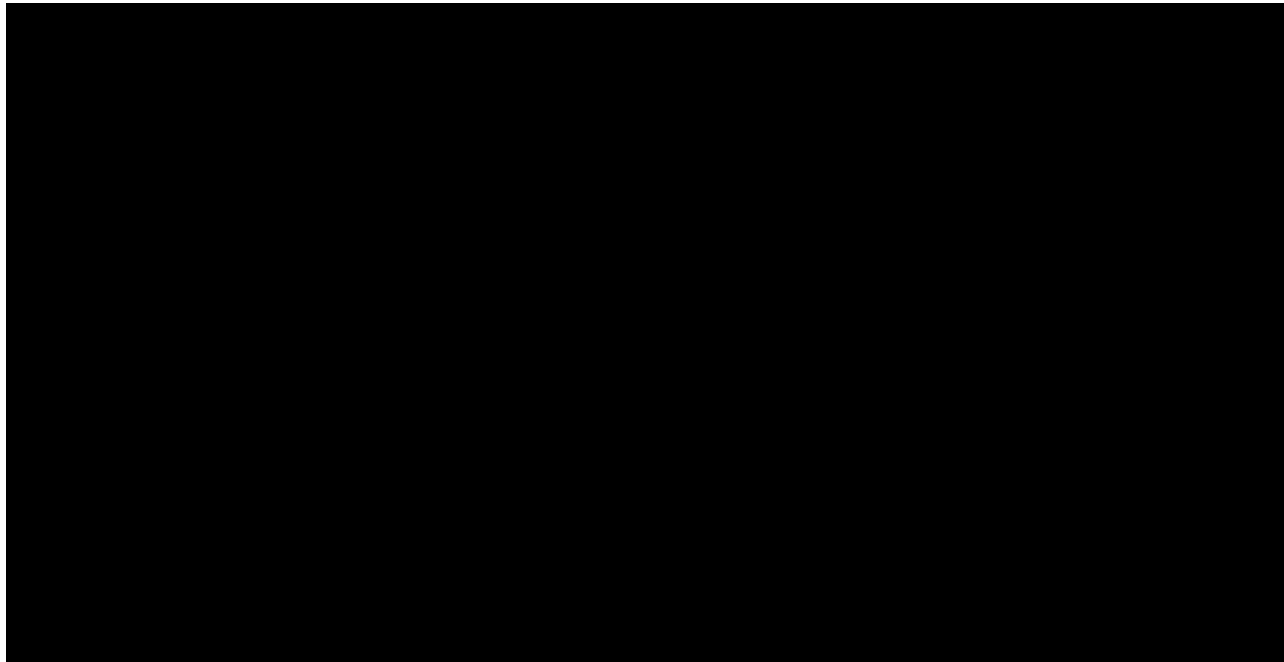
---

PÁGINA 22



#### 4.3.3 Pozos Interestación

Aplicando los criterios de diseño explicados anteriormente, resultan los siguientes pozos interestación:



Al igual que en alternativa 1 y 2, los pozos y salidas de emergencia podrán ser construidos mediante anillos sucesivos o recintos de pilotes secantes.

En esta alternativa, el pozo de bombeo comparte ubicación y sistema constructivo con la salida de emergencia prevista en la misma posición [REDACTED]

La extracción de la tuneladora en la alternativa 3 se realiza a través de un pozo de ventilación ubicado en la cola de maniobras de final de trazado.

#### 4.3.4 Procedimientos Constructivos

La Alternativa 3 cuenta con los siguientes tramos:

- [REDACTED] Tramo de túnel de línea entre pantallas que conecta el pozo de introducción existente con el nuevo pozo de introducción. Se localiza en las Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11.
- [REDACTED] Tramo del nuevo pozo de introducción de la tuneladora. Se localiza en las Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11.
- [REDACTED] Tramo de túnel de línea con tuneladora EPB. Conecta desde las

Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11 hasta la nueva Estación (bajo el aparcamiento disuasorio en Paseo de Los Lanceros).

- [REDACTED] Tramo de nueva estación de viajeros de Metro de Madrid de Cuatro Vientos. Estación ejecutada con sistema Cut&Cover. Se localiza bajo el aparcamiento disuasorio en Paseo de Los Lanceros.
- [REDACTED] Tramo de túnel de línea con tuneladora EPB. Corresponde a cola de maniobras en final de trazado, incluso pozo de extracción de tuneladora en Centro Deportivo Militar La Dehesa.

Se diseña entre pantallas el nuevo ramal de cocheras en vía única que discurre desde el ramal existente en vía doble, hasta conectar con el túnel de línea. El ramal se implanta en terrenos de Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11.

El procedimiento constructivo de Estaciones es el siguiente:

- Mediante recinto de pantallas y excavación interior, con sistema “cut and cover”.
- La galería de conexión con la estación existente se realiza mediante recinto de pantallas o pilotes.

El procedimiento constructivo de Pozos interestación es el siguiente:

- Pozos de ventilación: Anillos sucesivos o pilotes secantes, a excepción del pozo de ventilación del final del trazado, que comparte espacio con el pozo para extracción de la tuneladora, que se ejecutará exclusivamente mediante pilotes secantes dadas sus dimensiones en planta.
- Salidas de emergencia: Anillos sucesivos o pilotes secantes.
- Pozos de bombeo: Pilotes secantes para garantizar la estanqueidad del mismo.

La zona de instalaciones y acopios se ubica en una parcela agraria junto a las Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11. El acceso es mediante el camino de la Canaleja.



ILUSTRACIÓN 7 - ALTERNATIVA 3. POZO DE INTRODUCCIÓN TUNELADORA Y ZIA

A continuación, se incluyen dos planos con las Alternativas descritas, sobre cartografía y sobre ortofoto.

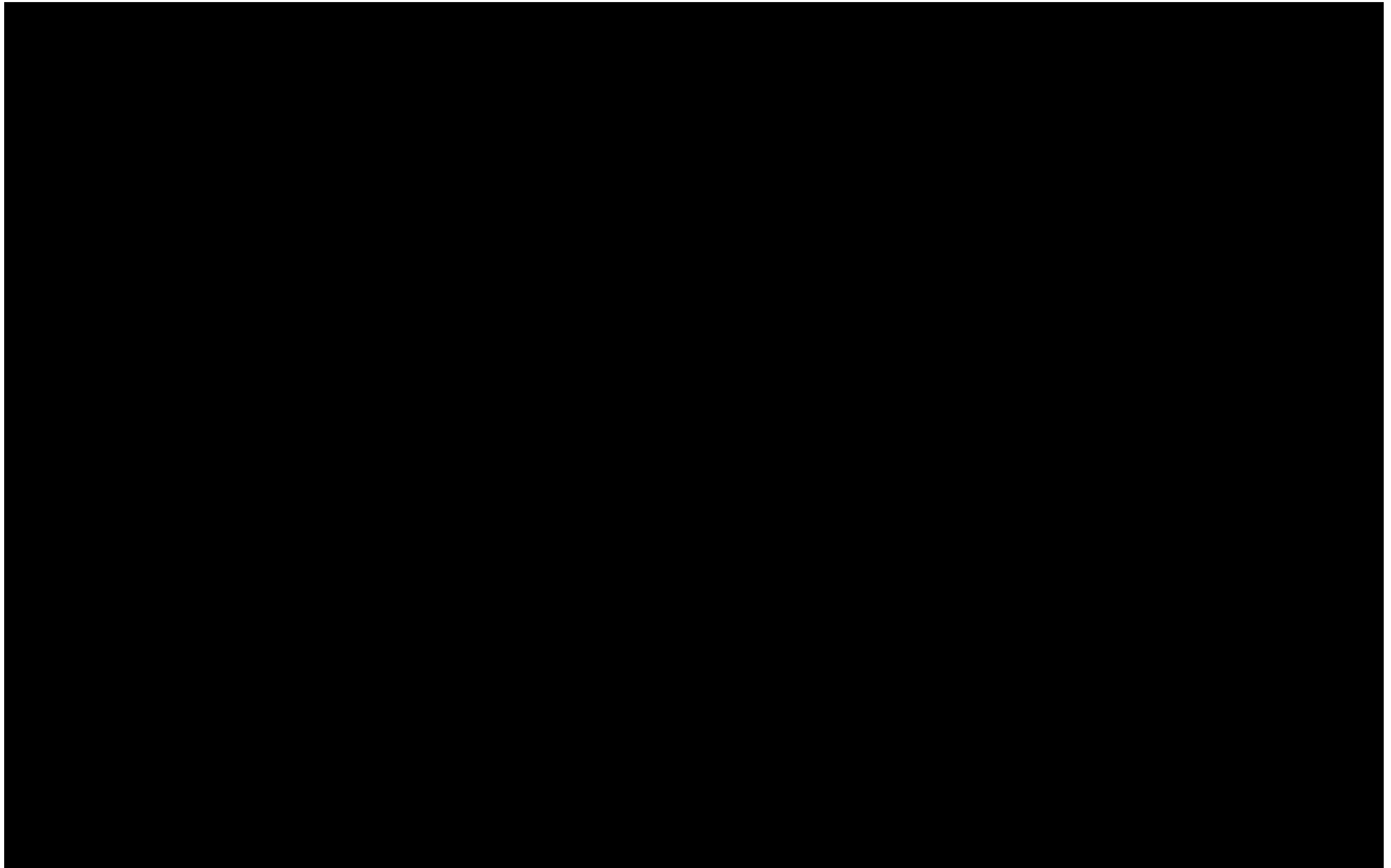


ILUSTRACIÓN 8 - CONJUNTO DE ALTERNATIVAS SOBRE CARTOGRAFÍA

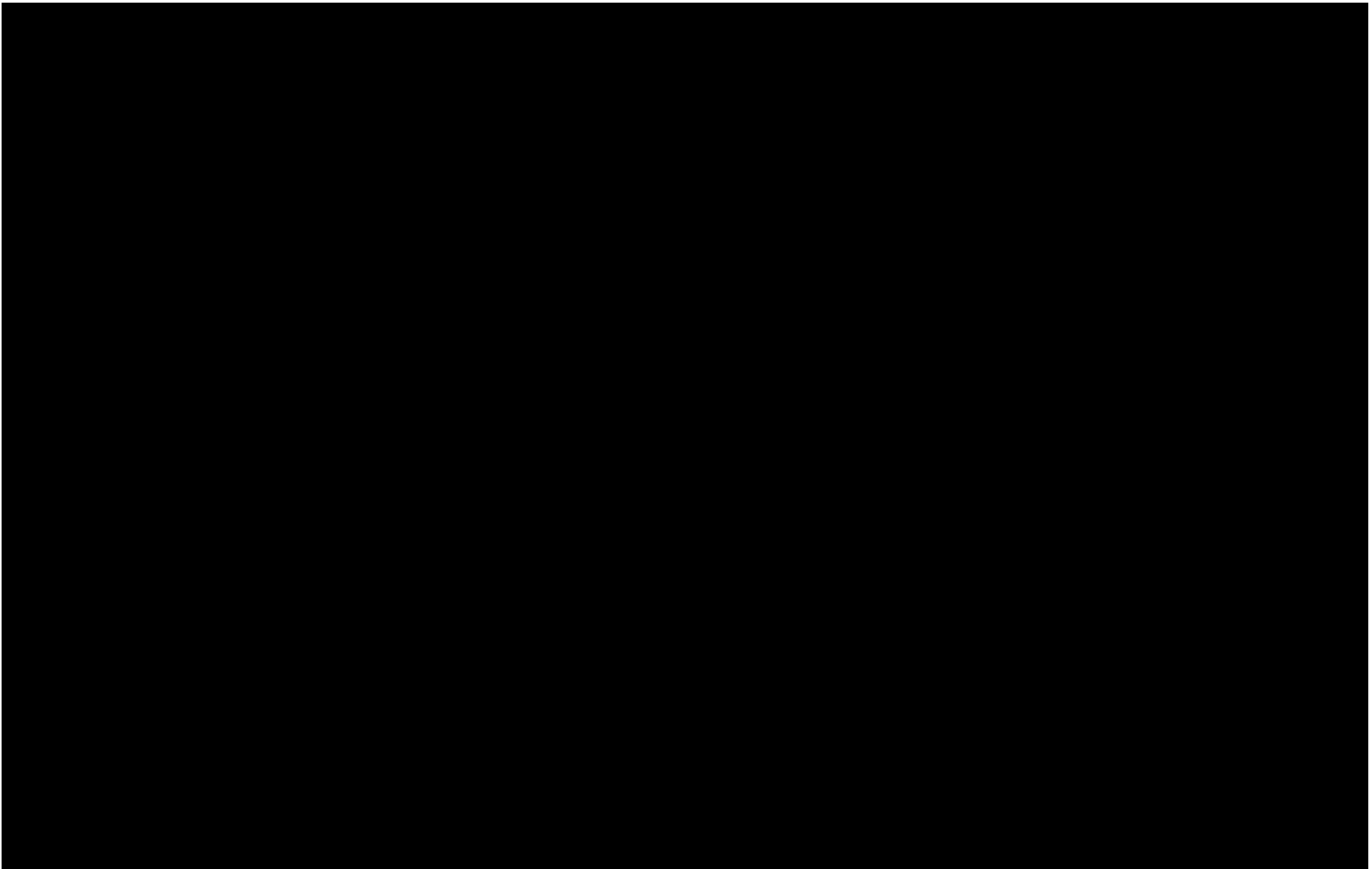


ILUSTRACIÓN 9 - CONJUNTO DE ALTERNATIVAS SOBRE ORTOFOTO

## 5 ÁREAS DE ESTUDIO

### 5.1 ANÁLISIS DE DEMANDA

#### 5.1.1 Modelo de transporte. Escenarios temporales

Con la participación del Consorcio Regional de Transportes de Madrid a la hora de calcular los datos de viajeros subidos y bajados, se realiza el estudio de demanda que complementa los estudios previos existentes.

Este Estudio Informativo plantea 3 alternativas diferentes de trazado, iniciándose todas ellas en el fondo de saco de la Línea 11 próximo a la estación de La Fortuna, pero con diferentes trazados y diferentes puntos de conexión con Línea 10. La alternativa 1 plantea la conexión en la estación de Aviación Española, mientras que las alternativas 2 y 3 plantean la conexión en la estación de Cuatro Vientos, a la que se conectan de diferente manera y llegando por trazados diferentes. En este estudio de demanda se consideran iguales las alternativas 2 y 3, diferenciando solamente entre conectar en Aviación Española (alternativa 1) o conectar en Cuatro Vientos (alternativas 2 y 3).

En el ámbito de actuación de la prolongación de la Línea 11 desde la estación de La Fortuna hasta su conexión con Línea 10, se ha tenido en cuenta la hipotética futura implantación de la Operación Campamento. Se han realizado diversas hipótesis, incluyendo en todos ellos la zona de Aviación Española y Cuatro Vientos, y con consideraciones diferentes sobre la posible futura la estación de Darío Gazapo y el posible futuro intercambiador de transportes o Área Intermodal que está previsto construir en la zona de Aviación Española.

Se consideran los siguientes escenarios con el grado de desarrollo de la Operación Campamento que se indica:

- Año horizonte 2030. Operación Campamento al 10%.
- Año horizonte 2035. Operación Campamento al 50%.
- Año horizonte 2040. Operación Campamento al 100%.

TABLA 4 - ESCENARIOS CONSIDERADOS

Escenario	Darío Gazapo	AI_AE	Denominación
40A/1	SI	NO	Base, sin prolongación sur de L11
40B/1	SI	NO	Prolongación de la Línea11 sur a Cuatro Vientos
40C/1	SI	NO	Prolongación de la Línea11 sur a Aviación Española
40A/2	NO	NO	Base, sin prolongación sur de L11
40B/2	NO	NO	Prolongación de la Línea11 sur a Cuatro Vientos
40C2	NO	NO	Prolongación de la Línea11 sur a Aviación Española
40A/3	NO	SI	Base, sin prolongación sur de L11
40B/3	NO	SI	Prolongación de la Línea11 sur a Cuatro Vientos
40C/3	NO	SI	Prolongación de la Línea11 sur a Aviación Española
40A/4	SI	SI	Base, sin prolongación sur de L11
40B/4	SI	SI	Prolongación de la Línea11 sur a Cuatro Vientos
40C/4	SI	SI	Prolongación de la Línea11 sur a Aviación Española

#### 5.1.2 Estimación de la Demanda Futura de la Línea

Con estos escenarios, se obtienen los resultados de pasajeros subidos/bajados en las estaciones ámbito de este estudio. Por simplicidad de resultados, se adjuntan aquí solamente los obtenidos para los escenarios en 2040 incluyendo tanto la estación de Darío Gazapo como el Área Intermodal de Aviación Española. Los resultados completos se incluyen en el Anejo 3 de este Estudio Informativo.

TABLA 5 - ESCENARIO 40A/4 – ESCENARIO BASE (SÍ DG + SÍ AI)

Estación	Pasajeros Subidos	Pasajeros Bajados
Colonia Jardín	36.134	38.758
Darío Gazapo	4.175	4.571
Aviación Española - L10	13.369	12.680
Cuatro Vientos - L10	10.897	6.232

TABLA 6 - ESCENARIO 40B/4 – ESCENARIO PROLONGACIÓN A CUATRO VIENTOS (SÍ DG + SÍ AI)

Estación	Pasajeros Subidos	Pasajeros Bajados
Colonia Jardín	36.764	39.423
Darío Gazapo	4.290	4.661
Aviación Española - L10	13.148	12.305
Cuatro Vientos - L10	16.048	10.690
Cuatro Vientos - L11	8.770	7.764

TABLA 7 - ESCENARIO 40C/4 – ESCENARIO PROLONGACIÓN A AVIACIÓN ESPAÑOLA (SÍ DG + SÍ AI)

Estación	Pasajeros Subidos	Pasajeros Bajados
Colonia Jardín	36.782	39.422
Darío Gazapo	4.290	4.661
Aviación Española - L10	17.578	16.814
Aviación Española - L11	6.308	6.721
Cuatro Vientos - L10	11.402	6.241

De modo que el balance de resultados en las estaciones del ámbito para cada alternativa de conexión resulta del siguiente modo:

Prolongación de la Línea 11 hasta Cuatro Vientos respecto a Base (DG Sí, AI Sí)

TABLA 8 - BALANCE RESPECTO A ESCENARIO BASE

Estación	Balance pasajeros subidos
Darío Gazapo - L10	115
Aviación Española - L10	-221
Aviación Española - L11	
Cuatro Vientos - L10	5.151
Cuatro Vientos - L11	8.770
<b>Total Metro</b>	<b>13.815</b>

Prolongación de la Línea 11 hasta Aviación Española respecto a Base (DG Sí, AI Sí)

TABLA 9 - BALANCE RESPECTO A ESCENARIO BASE

Estación	Balance pasajeros subidos
Darío Gazapo - L10	115
Aviación Española - L10	4.209
Aviación Española - L11	6.308
Cuatro Vientos - L10	505
Cuatro Vientos - L11	
<b>Total Metro</b>	<b>11.137</b>

Para el sistema de transporte en su conjunto, los viajeros en Metro son aproximadamente los mismos, y para el conjunto de estaciones en competencia, hay una ganancia relativamente superior de viajeros cuando la prolongación es a Cuatro Vientos.

A continuación, se recogen los datos resumen de subidos y bajados en las nuevas estaciones de Aviación Española en la Alternativa 1 y de Cuatro Vientos en las alternativas 2 y 3, en los horizontes 2030, 2035 y 2040, considerando que se ejecutan en este horizonte tanto la estación de Metro de Darío Gazapo como el Área Intermodal.

TABLA 10 - RESUMEN DE PASAJEROS SUBIDOS Y BAJADOS EN LAS NUEVAS ESTACIONES

2030 (10% Op. Camp)			
Alternativa 1 - Aviación Española		Alternativas 2 y 3 - Cuatro Vientos	
Subidos	Bajados	Subidos	Bajados
5.449	5.932	8.196	7.289
<b>11.381</b>		<b>15.485</b>	

2035 (50% Op. Camp)			
Alternativa 1 - Aviación Española		Alternativas 2 y 3 - Cuatro Vientos	
Subidos	Bajados	Subidos	Bajados
6.105	6.646	8.754	7.785
<b>12.751</b>		<b>16.539</b>	

2040 (100% Op. Camp) (+ Con DG + Con AI)			
Alternativa 1 - Aviación Española		Alternativas 2 y 3 - Cuatro Vientos	
Subidos	Bajados	Subidos	Bajados
6.308	6.721	8.770	7.764
<b>13.029</b>		<b>16.534</b>	

### 5.1.3 Cobertura del sistema de transporte público en el barrio de Las Águilas

Se analiza el sistema de transporte público existente en el barrio de Las Águilas, desagregando la oferta y demanda de servicios de autobús, Metro y ferrocarril, tanto urbanos como interurbanos

Del análisis realizado, se obtienen los siguientes porcentajes de cobertura de los distintos modos de transporte. Es importante tener en cuenta que estos porcentajes de cobertura se complementan entre ellos dando servicio a un % muy elevado de los residentes.

TABLA 11 - POBLACIÓN SERVIDA POR EL METRO EN EL ÁMBITO DE LAS ÁGUILAS

MODO	COBERTURA
Metro	26,85%
Cercanías	47,36%
Autobús Urbano	96,75%
Autobús Interurbano	66,31%

El análisis muestra que la oferta de transporte público actual en el ámbito del Barrio de Las Águilas es suficiente para dar cobertura a las personas residentes.

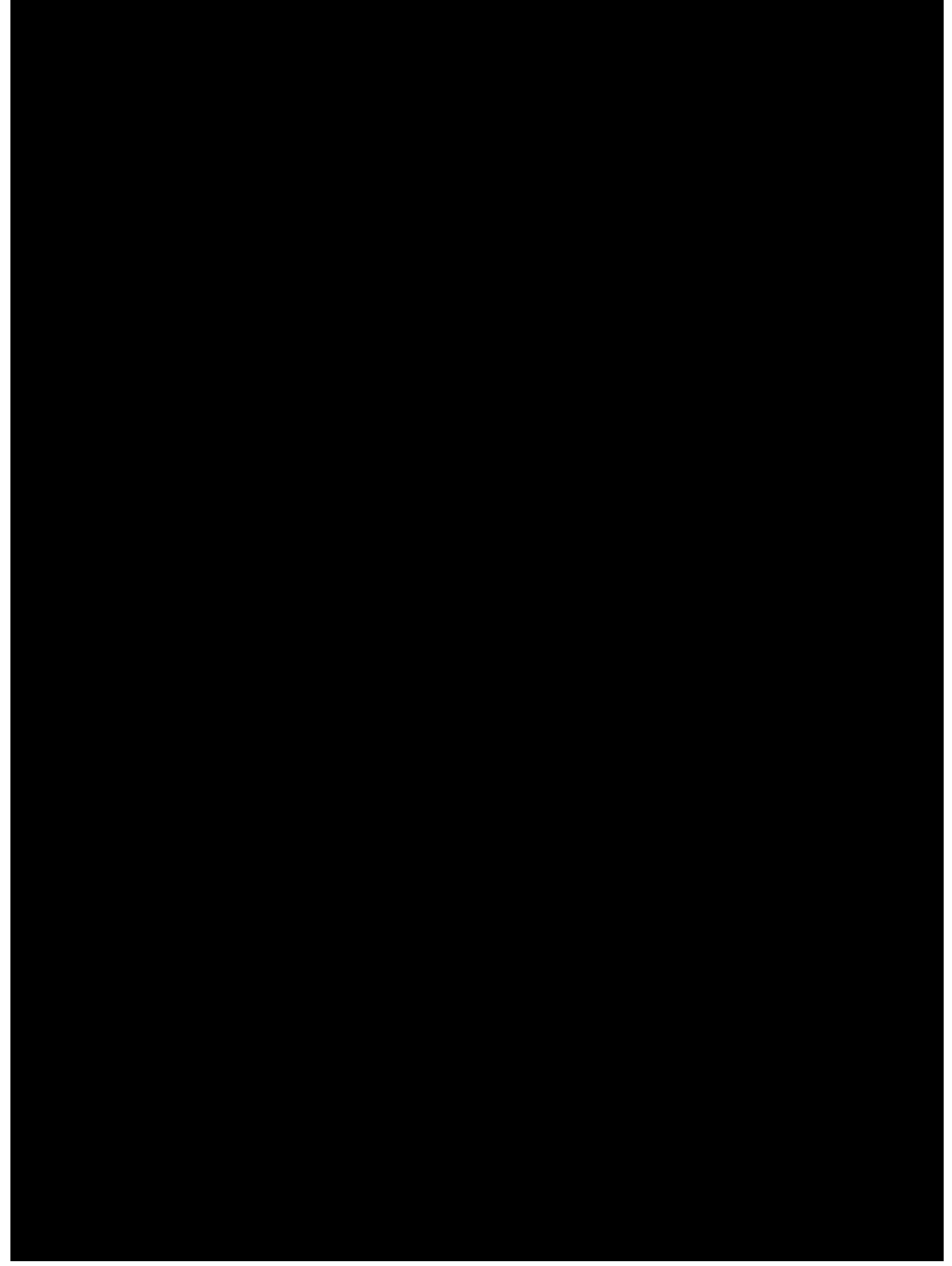
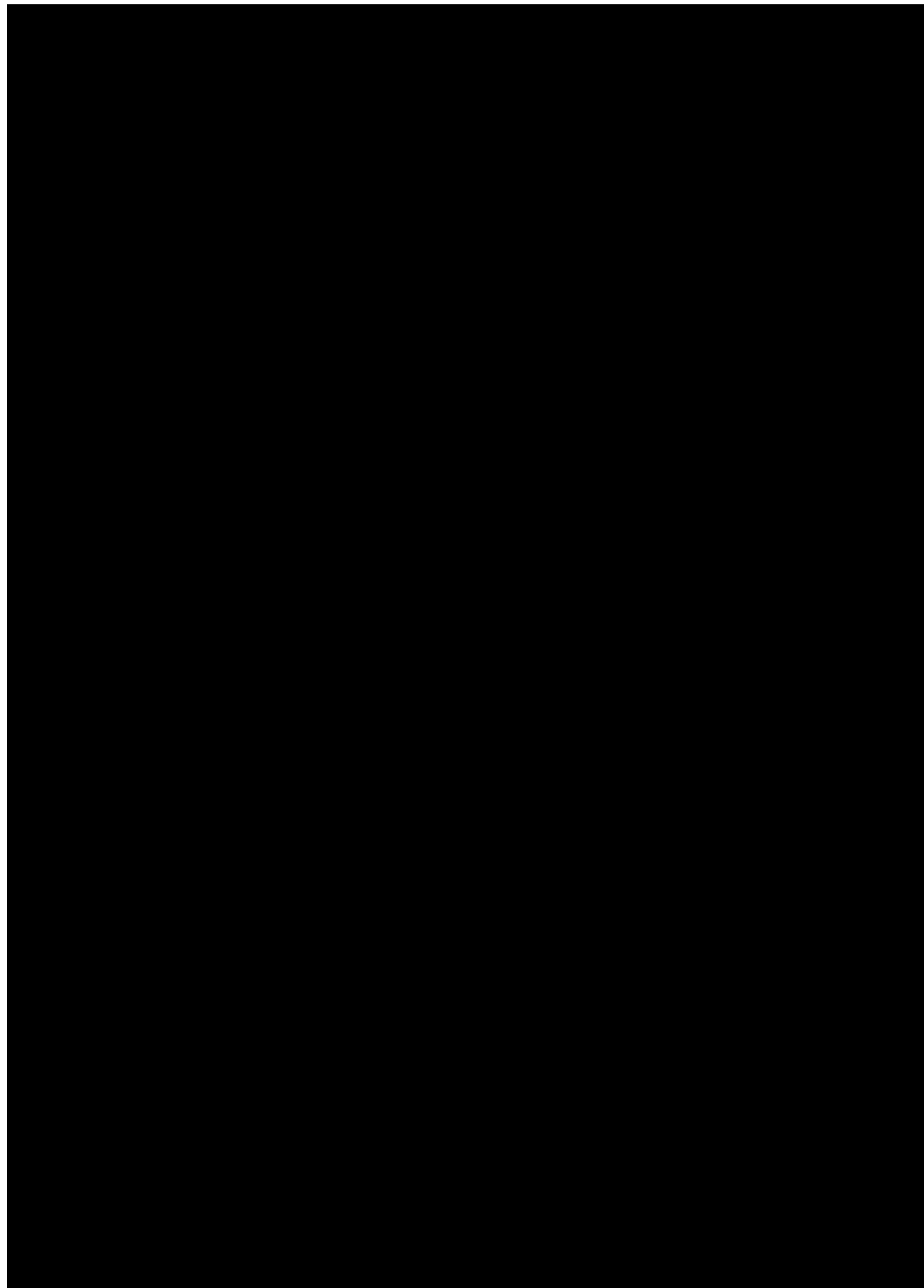
## 5.2 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

El trazado de las tres alternativas diseñadas discurre íntegramente por el término municipal de Madrid, en la Comunidad Autónoma de Madrid.

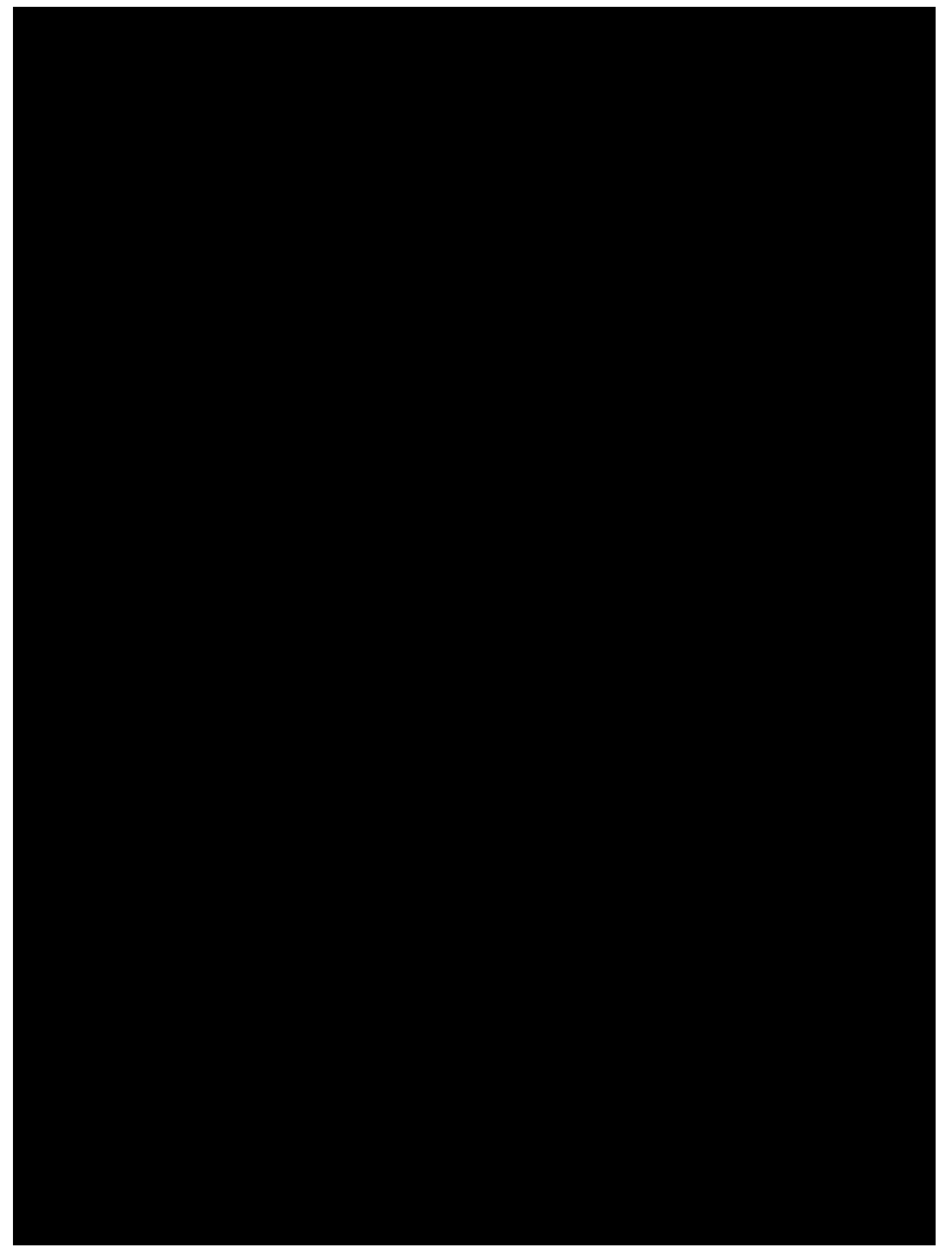
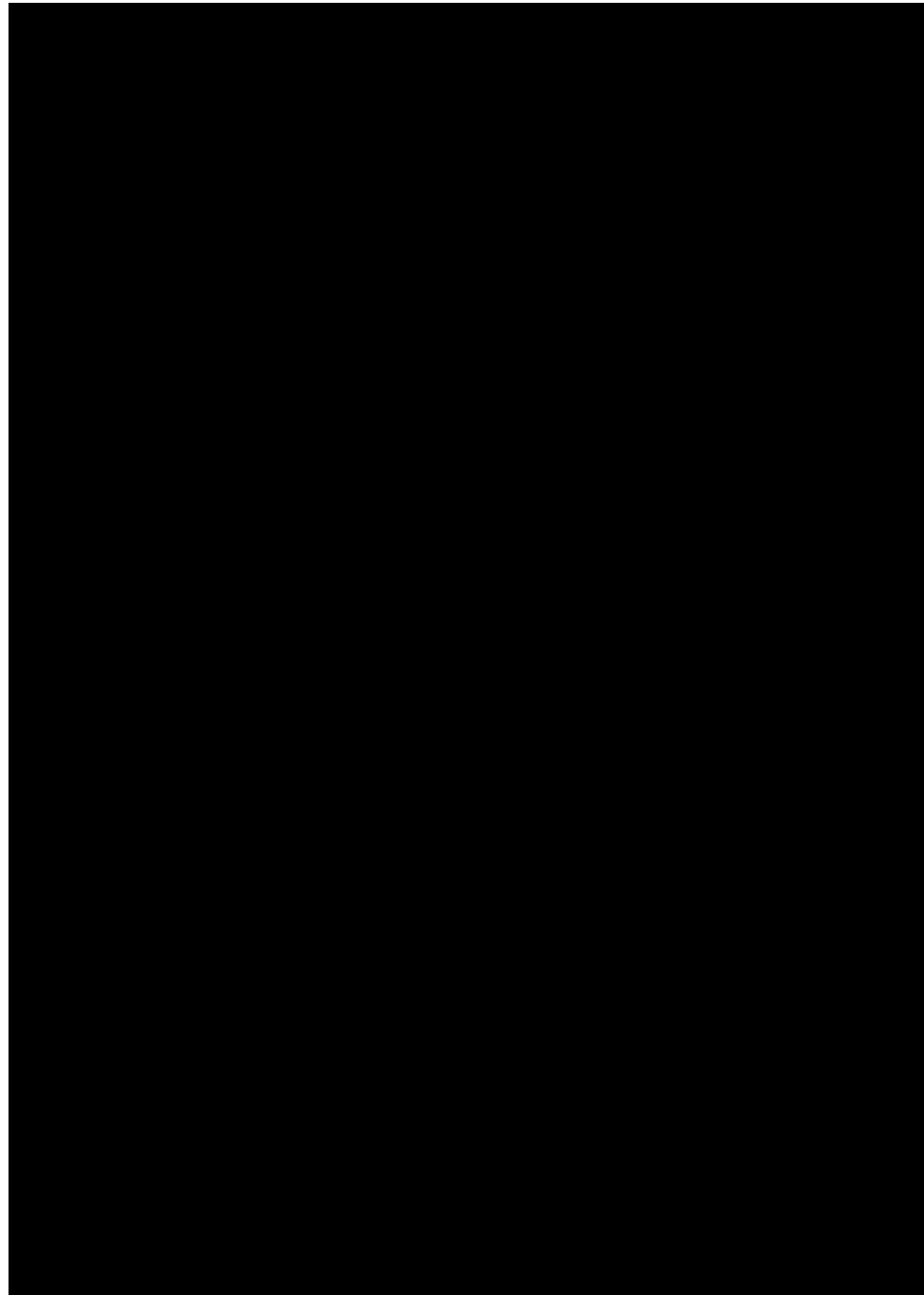
El planeamiento urbanístico vigente en el Término Municipal de Madrid está recogido en el Plan General de Ordenación Urbana (PGOUM) de 1997, publicado en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid nº92 de 19 de abril de 1997, así como en las Normas Urbanísticas (NN. UU) asociadas a dicho PGOUM.

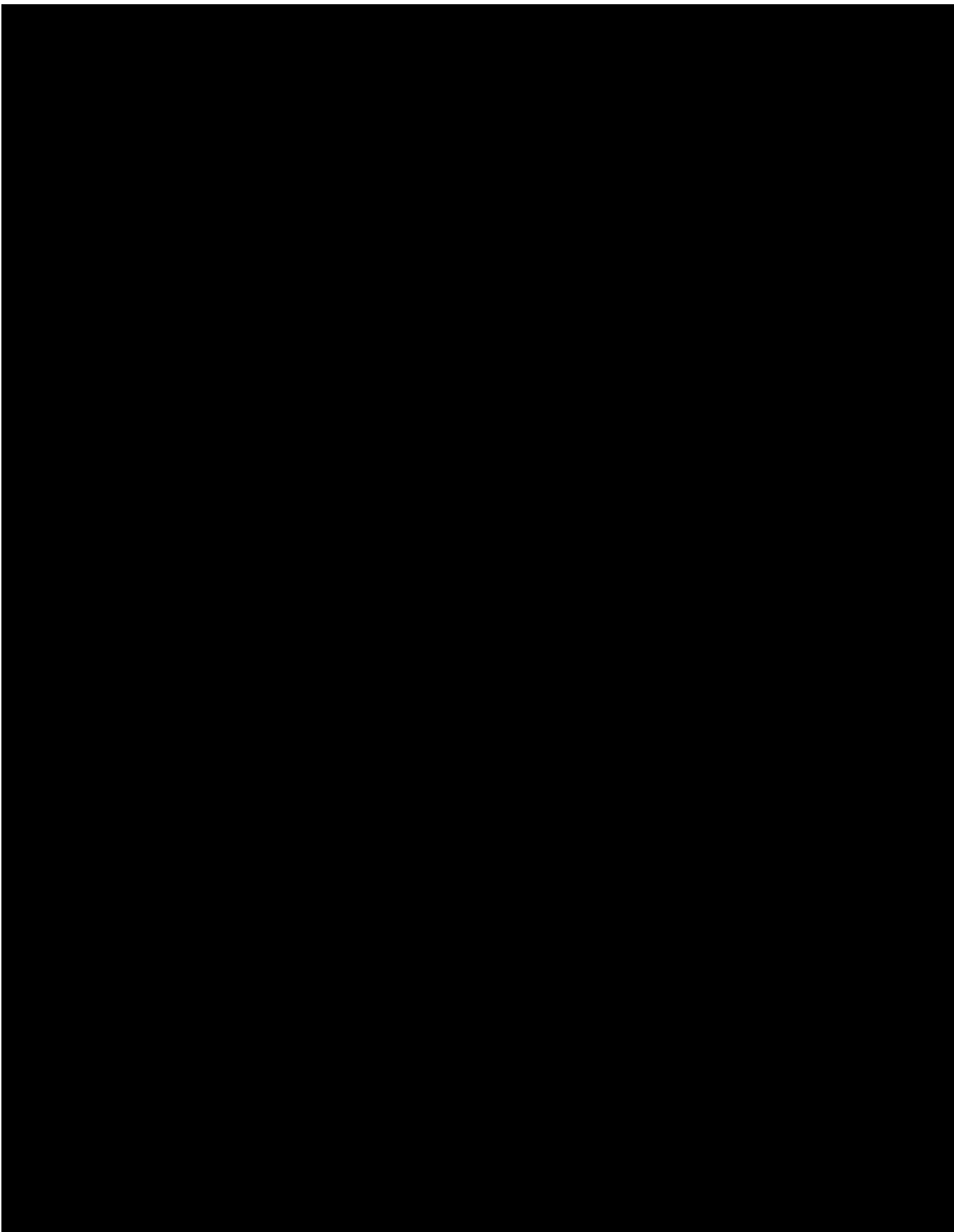
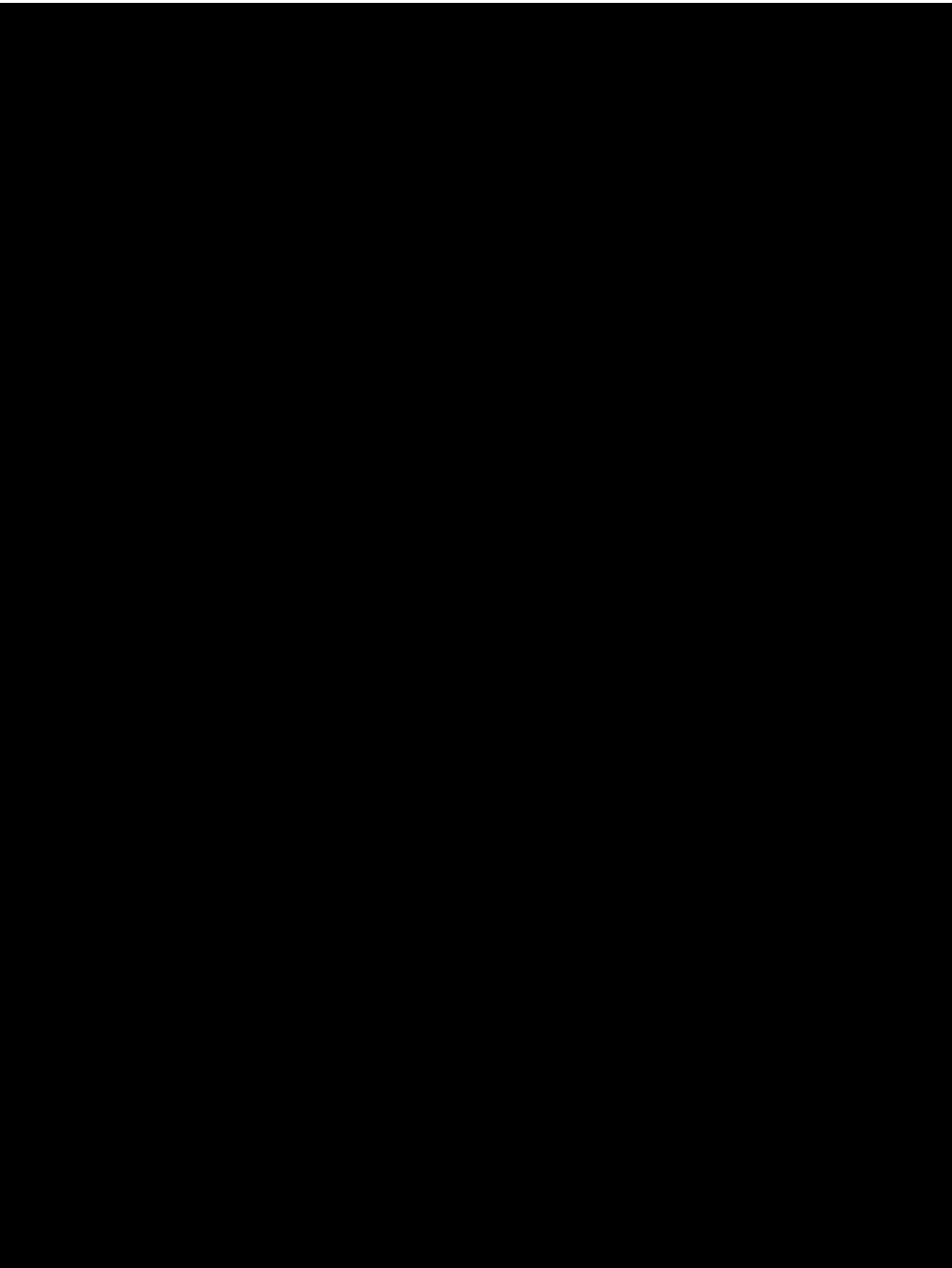
La última actualización de las Normas Urbanísticas del PGOUM de 1997 es con fecha de 24 de noviembre de 2024, fecha en la que se publicó el Compendio de las citadas Normas.

### 5.2.1 Características Urbanísticas Del Suelo Atravesado









### 5.2.2 Usos Afectados

La Alternativa 1 discurre por los siguientes usos (de forma definitiva): Dotacional Transporte Logística del Transporte, Dotacional Zonas Verdes Básico, Dotacional Equipamiento y Dotacional Equipamiento Público Educativo Básico, Dotacional Equipamiento Público Bienestar Social Básico, Dotacional Vía Pública Secundaria Local y Servicio Público.

La Alternativa 2 discurre por los siguientes usos (de forma definitiva): son Dotacional Transporte Logística del Transporte y Servicios Públicos.

La Alternativa 3 discurre por los siguientes usos (de forma definitiva): Dotacional Transporte Logística del Transporte, Dotacional Zonas Verdes Básico, y Dotacional Vía Pública Secundaria Local .

### 5.2.3 Compatibilidad de las Obras diseñadas con el Planeamiento Vigente

Únicamente provocará afectación en superficie la ejecución de las estaciones, los pozos de ventilación y bombeo y las salidas de emergencia.

En concreto se ha previsto de forma general la ubicación de estas instalaciones sobre suelo clasificado como:

- Dotacional Equipamiento
- Dotacional Equipamiento Público Educativo Básico
- Dotacional Transporte Logística del Transporte
- Dotacional Vía Pública Secundaria Local

- Dotacional Zonas Verdes Básico
- Servicio Público
- Sin uso pormenorizado

A continuación, se incluye una tabla por cada alternativa de trazado donde se describen los elementos del túnel y se señalan los distintos usos del suelo del planeamiento urbanístico afectados en superficie.

TABLA 12 - USOS DEL SUELO ALTERNATIVA 1

ALTERNATIVA 1					
ESTRUCTURA	PK	UBICACIÓN	ÁMBITO	USO DEL SUELO	
				DURANTE CONSTRUCCIÓN	DEFINITIVA
			NUC No Urbanizable Común	Dotacional Transporte Logística del Transporte	Dotacional Transporte Logística del Transporte
			NUC No Urbanizable Común	Dotacional Transporte Logística del Transporte	Dotacional Transporte Logística del Transporte
			NUC No Urbanizable Común	Sin uso pormenorizado	Sin uso pormenorizado
			NUC No Urbanizable Común	Sin uso pormenorizado	Sin uso pormenorizado
			NZ 3.1.A	Servicio Público	Servicio Público
			APR.10.01 La Medina	Dotacional Zonas Verdes Básico	Dotacional Zonas Verdes Básico
			NZ 3.1.A	Servicio Público	Servicio Público
			APR.10.01 La Medina	Dotacional Vía Pública Secundaria Local	Dotacional Vía Pública Secundaria Local
			APE.10.23-RP Instalaciones Militares De Campamento	Dotacional Vía Pública Secundaria Local Dotacional Equipamiento	Dotacional Vía Pública Secundaria Local Dotacional Equipamiento
			API.10.07 Colonia Parque Europa	Dotacional Vía Pública Secundaria Local Dotacional Equipamiento Público Bienestar Social Básico Dotacional Equipamiento Público Básico Dotacional Equipamiento Público Educativo Básico	Dotacional Vía Pública Secundaria Local Dotacional Equipamiento Público Educativo Básico
			API.10.07 Colonia Parque Europa	Dotacional Vía Pública Secundaria Local	Dotacional Vía Pública Secundaria Local

TABLA 13 - USOS DEL SUELO ALTERNATIVA 2

ALTERNATIVA 2					
ESTRUCTURA	PK	UBICACIÓN	ÁMBITO	USO DEL SUELO	
				DURANTE CONSTRUCCIÓN	DEFINITIVA
			NUC No Urbanizable Común	Dotacional Transporte Logística del Transporte	Dotacional Transporte Logística del Transporte
			NUC No Urbanizable Común	Dotacional Transporte Logística del Transporte	Dotacional Transporte Logística del Transporte
			NUC No Urbanizable Común	Sin uso pormenorizado	Sin uso pormenorizado
			NUC No Urbanizable Común	Sin uso pormenorizado	Sin uso pormenorizado
			NZ 3.1.A	Servicio Público	Servicio Público
			NZ 3.1.A	Servicio Público	Servicio Público
			NZ 3.1.A	Servicio Público	Servicio Público

TABLA 14 - USOS DEL SUELO ALTERNATIVA 3

ALTERNATIVA 3						
ESTRUCTURA	PK	UBICACIÓN	ÁMBITO	USO DEL SUELO		
				DURANTE CONSTRUCCIÓN		DEFINITIVA
			NUC No Urbanizable Común	Dotacional Transporte	Logística del	Dotacional Transporte Logística del Transporte
			NUC No Urbanizable Común	Dotacional Transporte	Logística del	Dotacional Transporte Logística del Transporte
			NUC No Urbanizable Común	Sin uso pormenorizado		Sin uso pormenorizado
			NUC No Urbanizable Común	Sin uso pormenorizado		Sin uso pormenorizado
			APR.10.01 La Medina	Dotacional Zonas Verdes Básico		Dotacional Zonas Verdes Básico
			3.1.a Zona 3 Grado 1º - Nivel a	Dotacional Vía Pública Secundaria Local Dotacional Zonas Verdes Básico		Dotacional Vía Pública Secundaria Local
			APE.10.08-RP Colonia Militar Cuatro Vientos	Dotacional Vía Pública Secundaria Local Dotacional Vía Pública Principal Dotacional Zonas Verdes Básico		Dotacional Zonas Verdes Básico
			UNS.04.07-RP Remate Suroeste-Campamento	Sin uso pormenorizado		Sin uso pormenorizado

En situación definitiva, el elemento que aflora en superficie, correspondiente a los distintos pozos y salidas de emergencia, son las tapas y rejillas.

En situación definitiva, el elemento que aflora en superficie correspondiente a las estaciones son las rejillas, ascensores y escaleras.

En situación definitiva, no aflorarán en superficie ningún elemento correspondiente a pozos de introducción y de extracción de la tuneladora.

Una vez ejecutadas las obras se restituirá la superficie de estas zonas para dejarlas en su estado original. Cabe mencionar que, en los casos en los que proceda de los elementos resultantes de la construcción de pozos y estaciones que afloren a superficie, deberá compatibilizarse el uso mediante Plan Especial, para la modificación del planeamiento urbanístico para adecuar el mismo al Proyecto de “Ampliación Sur de la Línea 11 del Metro de Madrid”.

## 5.3 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

### 5.3.1 Cartografía

Para la definición del trazado del Túnel de Línea y Ramal de Cocheras se ha tomado la cartografía del Ayuntamiento de Madrid, que ha sido descargada del portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid ([www.datos.madrid.es](http://www.datos.madrid.es)). Esta cartografía se ha descargado originalmente en formato DWG, sistema geodésico de referencia ETRS-89 y en 3D.

La ortofoto empleada en el Estudio Informativo corresponde al Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), procedente del IGN y de julio del año 2023.

### 5.3.2 Topografía

Con el propósito de obtener información precisa sobre la topografía de las áreas influenciadas por el Estudio Informativo, se han realizado una serie de trabajos en junio de 2025, desarrollándose en las siguientes fases:

- Enlace a la Red Geodésica
- Implantación, observación y cálculo de las bases de replanteo
- Levantamiento taquimétrico a escala 1/500 mediante técnicas clásicas y escaneado láser de los ámbitos solicitados.

El levantamiento taquimétrico se ha realizado en las plantas de vestíbulo de las estaciones del Metro de Madrid existentes de Cuatro Vientos y Aviación Española, y también a nivel de calle en las estaciones futuras.

Para la ejecución y cálculo de los trabajos se ha utilizado la proyección Universal Transversal de Mercator (U.T.M.), huso 30.

Como sistema de referencia geodésico se ha empleado el sistema ETRS89, definido por el elipsoide GRS80 con origen de longitudes el meridiano de Greenwich, y origen de latitudes referidas al Ecuador, y el origen de altitudes referido al nivel medio del mar en Alicante.

Para realizar el enlace al marco de referencia se han utilizado dos (2) estaciones de referencia y dos (2) vértices geodésicos de la Red REGENTE.

Las coordenadas de las estaciones de referencia GNSS y los vértices geodésicos de la Red REGENTE se han obtenido del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

## 5.4 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

### 5.4.1 Encuadre Geológico

Madrid y su entorno se sitúan en la Cuenca Terciaria del Tajo, también denominada Cuenca de Madrid. Ésta es una cuenca intramontañosa de contorno triangular, limitada por zonas elevadas mediante fallas inversas.

El relleno en este tipo de cuencas tiene lugar mediante abanicos aluviales coalescentes, que rodean una zona endorreica. En estos sistemas de sedimentación los depósitos se organizan mediante un esquema proximal-distal, situándose depósitos detríticos gruesos (gravas, areniscas) junto a las zonas de borde de la cuenca, detríticos finos (arcillas) en las zonas intermedias y depósitos lacustres con formación de sales y carbonatos en las zonas centrales, sucediéndose espacialmente mediante cambios de facies.

La naturaleza fundamentalmente granítica de las áreas fuente hace que en la zona de Madrid y el extremo occidental de la cuenca predominen las arcosas, en lo que se ha denominado facies Madrid. Suprayacentes se encuentran formaciones superficiales pliocenas y cuaternarias representadas principalmente por depósitos aluviales vinculados a la red fluvial.



#### 5.4.2 Unidades Litoestratigráficas

En los materiales del Terciario localizados en el área de Madrid y su alfoz, que constituyen las facies Madrid, se diferencian varias unidades litoestratigráficas con sentido geotécnico. El criterio para diferenciarlas es su contenido en finos, concretamente el porcentaje de material pasante por el tamiz # 0,08 mm, que incluye arenas y limos (según la nomenclatura más utilizada de V. Escario, P. de la Fuente, etc.). Estos son:

TABLA 15 - LITOTIPOS DE LA FACIES MADRID (ESCARIO, 1985)

% PASA TAMIZ Nº 200	DENOMINACIÓN
T200 < 25	Arenas de miga
25 < T200 < 40	Arenas tosquizas
40 < T200 < 60	Tosco arenoso
T200 > 60	Tosco

El trazado previsto para el túnel de cada alternativa se desarrolla previsiblemente en materiales del grupo de las arenas de miga principalmente, con zonas de mayor o menor espesor de arenas tosquizas intercaladas, y esporádicamente, en el grupo algo más arcilloso e impermeable de los toscos arenosos. Esto supone que se atravesarán materiales predominantemente arenosos en el túnel, e igualmente las estaciones se ejecutarán en sustrato con predominio de arenas.

#### 5.4.3 Geomorfología y Tectónica

Los principales rasgos morfológicos de la Cuenca de Madrid están condicionados por la naturaleza litológica y la estructura de su relleno mioceno, así como los procesos de erosión y acumulación acaecidos durante el plioceno y cuaternario. En detalle, la zona de estudio se sitúa en la cuenca hidrográfica del Jarama dentro del final de su curso medio. El curso fluvial del Río Jarama se genera como resultado de su incisión sobre las altiplanicies o divisorias conocidas también como “superficie de madrid” (riba 1957), desarrolladas sobre las arenas arcóscas.

La Cuenca de Madrid es una de las grandes áreas subsidentes intracontinentales, de edad Terciaria, que ocupan en el interior de la Península Ibérica. Debido a la naturaleza de los sedimentos detríticos del área de Madrid, esta tectónica frágil no se manifiesta en superficie, aunque sí se refleja en la jerarquización de la red fluvial.

#### 5.4.4 Sísmica

En cuanto a la clasificación sísmica de la zona, conforme al Eurocódigo 8, la aceleración horizontal  $a_g$  es inferior a 0.04, en toda la zona, por lo que no es obligatoria la aplicación de la normativa sismorresistente.

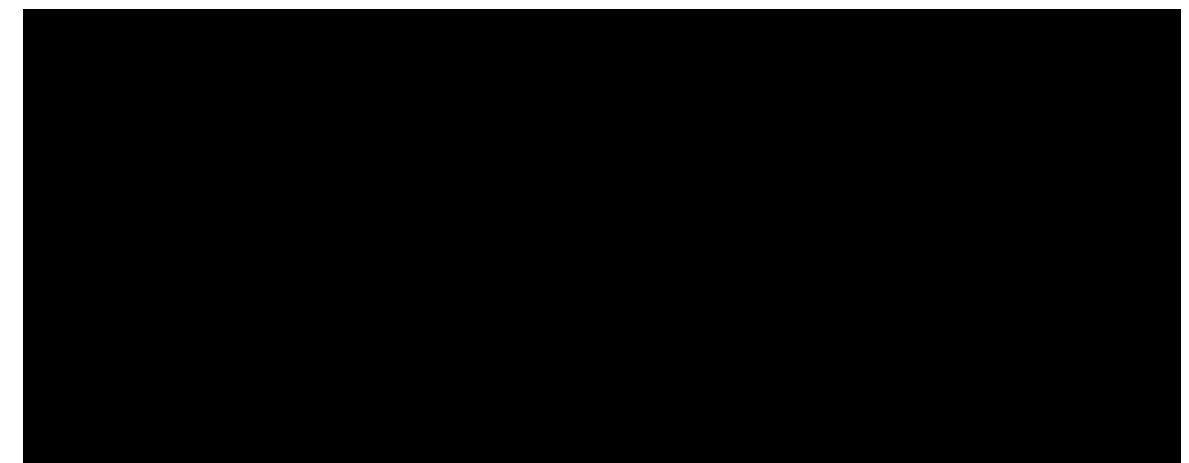
#### 5.4.5 Hidrogeología

Desde el punto de vista hidrogeológico, Madrid se localiza dentro de la Cuenca del río Tago y, dentro de ésta, sobre el denominado acuífero 14, Terciario Detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres, limitado, a grandes rasgos, por la Sierra de Guadarrama, el río Tiétar, las estribaciones de los Montes de Toledo y las calizas del Páramo. Dentro de la cuenca se pueden diferenciar varias Masas de Agua Subterránea, encontrándose la zona de estudio sobre la 3.05d, Madrid Manzanares-Jarama.

De forma regional podemos definir la geometría del acuífero como un conjunto de lentejones areno-arcillosos de diverso tamaño, distribuidos aleatoriamente en una matriz arcillosa, funcionando a nivel regional como un acuífero heterogéneo y anisótropo, que se recarga por infiltración del agua de lluvia en las zonas topográficamente más elevadas (interfluvios) y se descarga fundamentalmente en las más bajas (valles fluviales). Esto condiciona que, como consecuencia del modelo de flujo regional, los niveles piezométricos varían con la profundidad. Así en los interfluvios el potencial hidráulico disminuye al aumentar la profundidad, es decir, los pozos más profundos tienen sus niveles estáticos más profundos, mientras en las zonas de descarga, el potencial hidráulico aumenta con la profundidad.

El trazado previsto para el túnel en las diferentes alternativas se desarrollará previsiblemente en materiales del grupo de las arenas de miga principalmente, con zonas de mayor o menor espesor de arenas tosquizas intercaladas, y esporádicamente, en el grupo algo más arcilloso e impermeable de los toscos arenosos. Esto supone que se atravesarán materiales predominantemente arenosos en el túnel, e igualmente las estaciones se ejecutarán en sustrato con predominio de arenas.

Se dispone de medidas de la profundidad del agua en los sondeos perforados en la campaña geotécnica ejecutada para el estudio, datos que se recogen a continuación.





Como se observa, la distribución de niveles de agua a lo largo del trazado es algo errática. No obstante, buena parte de los sondeos presentan un nivel situado en torno al contacto entre los dos conjuntos litológicos del sustrato mioceno más abundantes en la zona de estudio, el de arenas de miga y arenas tosquizas. También se observan en otros o en los mismos sondeos, niveles de agua más próximos a la superficie, que corresponderán a aguas colgadas.

Los valores de permeabilidad obtenidos en los ensayos realizados son bastantes bajos, incluso en las unidades arenosas. En cuanto a las características hidroquímicas del agua de los sondeos ejecutados, el residuo seco se sitúa habitualmente entre 200 y 500 mg/l, aproximadamente. El tipo de exposición del hormigón frente a las aguas, de acuerdo con el código estructural es en general Débil (XA1).

#### 5.4.6 Riesgos Geológicos

La naturaleza multicapa del acuífero y los cambios laterales de entre facies arenosas y arcillosas da lugar con cierta frecuencia a niveles de agua aislados y confinados entre materiales impermeables. Estas bolsas de agua han supuesto siempre uno de los principales riesgos en la excavación subterránea de los terrenos de Madrid.

En las series estratigráficas que se han detectado, alternan niveles predominantemente arenosos (arenas de miga y arenas tosquizas), de permeabilidad elevada, con otros algo menos permeables con mayor contenido arcilloso (toscos arenosos y toscos). Esto favorece la existencia de acuíferos confinados a distintas cotas y de acuíferos libres colgados.

La campaña de sondeos geotécnicos se realizó perforando los suelos a rotación y en seco o con el mínimo aporte posible de agua, al inicio de cada maniobra. Este método permite la localización de niveles que aportan agua al sondeo en los tramos más granulares. Se encuentran, generalmente, en los metros superiores de la columna o bien en los tramos más profundos de los sondeos (menos frecuente), lo que indicaba la presencia de niveles colgados, separados por capas impermeables de los acuíferos más profundos.

Durante la campaña de ejecución de sondeos se detectaron niveles colgados, por lo que este riesgo ha de tenerse en cuenta, sobre todo porque la mayor parte de la excavación del túnel se diseña en materiales arenosos en cualquiera de las alternativas.

Además de la posible presencia de aguas colgadas, hay otros posibles riesgos asociados a la excavación de túneles en arena de miga, como son:

##### 5.4.6.1 Intercepción de arenas con bajo contenido en finos

La problemática a la hora de excavar arenas sin cohesión es la posibilidad de inestabilidades en el frente o dorsales. En el caso del frente, el riesgo se minimiza mediante la presurización del frente y es la causa principal que hace necesario el uso de tuneladoras EPB en Madrid. Las inestabilidades dorsales se producen cuando los niveles no cohesivos aparecen en la clave del túnel, lo que puede provocar una sobreexcavación difícil de detectar mediante el control del material extraído. En prácticamente la totalidad de los tramos de las diferentes alternativas se prevé la presencia de arena de miga en clave.

##### 5.4.6.2 Abrasividad en arenas

El desgaste de los elementos de corte depende de la abrasividad de los terrenos excavados, aunque con un adecuado empleo de aditivos y agua en el frente puede disminuirse el rozamiento entre terreno y frente y disminuir también la abrasión del terreno. En el caso de la arena de miga el contenido en cuarzo está comprendido entre un 40 y un 60 % de la composición, por lo que puede considerarse altamente abrasiva. No se descarta el riesgo de encontrar lentejones con gravillas o gravas también de alta abrasividad.

Las arenas de miga, arenas tosquizas y toscos arenosos no presentan riesgo por expansividad. Prueba de ello es el valor tan bajo del contenido de finos que presentan y, sobre todo a que los valores de los límites de Atterberg indican un bajo grado de plasticidad. En los ensayos CBR realizados, el hichamiento ha sido inferior al 1%. En conclusión, se valora el riesgo de expansividad en la zona de estudio como nulo, asociado a las facies de arenas de miga y arenas tosquizas, en las que se excavarán los túneles previstos.

#### 5.4.7 Campaña Geotécnica

En el área de estudio existe numerosa información procedente de los proyectos previos realizados en la zona. Las investigaciones corresponden a 3 proyectos diferentes:

- Prolongación de la Línea 11 del Metro de Madrid al barrio de La Fortuna en Leganés.
- Proyecto de construcción de la infraestructura de la prolongación de la Línea 10 del Metro de Madrid a Metrosur. Tramo 1A: Colonia Jardín – Cuatro Vientos.
- Proyecto de Construcción de Nuevas Cocheras de la Línea 10 del Metro de Madrid.

Para la caracterización geotécnica de las alternativas se ha realizado una recopilación de información de proyectos y estudios anteriores y se ha ejecutado una campaña geotécnica, con los siguientes trabajos:

- 10 sondeos mecánicos (458,90 m de perforación) [REDACTED]
- 13 penetrómetros dinámicos DPSH (104,94 m)
- 2 perfiles tomografía eléctrica.

Con las muestras obtenidas se realizaron los ensayos de laboratorio correspondientes. Estos ensayos han tenido como finalidad la determinación de las principales características geotécnicas de los suelos reconocidos durante la campaña de campo. El tipo y número de ensayos efectuados han sido los siguientes:

TABLA 17 - TABLA RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

TIPO DE ENSAYO		TIPO DE MUESTRAS	NORMA	Nº
APERTURA Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS	Preparación de muestras	TP/ MI	UNE 103100:95	94
ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN	Granulometría por tamizado	SPT / TP / MI	UNE-EN ISO 17892-4:2019	79
	Límites de Atterberg	SPT / TP / MI	UNE-EN ISO 17892-12:2019	79
ENSAYOS DE ESTADO	Humedad natural	TP/ MI	UNE-EN ISO 17892-1:2019	43
	Peso específico aparente	TP/ MI	UNE-EN ISO 17892-2:2019	43
ENSAYOS DE RESISTENCIA	Compresión simple en suelos	TP / MI	UNE-EN ISO 17892-7:2019	38
	Corte directo U.U.	TP / MI	UNE-EN ISO 17892-10:2018	13

TIPO DE ENSAYO		TIPO DE MUESTRAS	NORMA	Nº
	Triaxial C.U.	TP/ MI	UNE-EN ISO 17892-9:2018	14
	Ensayo de colapso	CAJAS / SPT	UNE 103406:06	7
ENSAYOS DE APISONADO Y RIGIDEZ	Proctor Modificado	CAJAS	UNE 103501:94	6
	C.B.R.	CAJAS	UNE 103502:95	6
ENSAYOS QUÍMICOS	Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles en agua que hay en un suelo	SPT / TP / MI / CAJAS	UNE 83963:08	25
	Análisis completo de agua	FRASCO	Código Estructural	5
	Acidez de Baumann-Gully	SPT / TP / MI	UNE 83962:08	19
	Contenido en carbonatos	CAJAS	UNE 103200:2021	6
	Sales solubles	CAJAS	UNE 103205:2019	6
	Contenido en yeso	CAJAS	UNE 103206:2019	6
	Materia orgánica	CAJAS	UNE 103204:2019	6

MA = Muestra alterada      MI = Muestra inalterada      TP = Testigo parafinado

SPT = Muestra de SPT

Analizando todos los resultados obtenidos, se propone los parámetros geotécnicos a considerar en el presente proyecto:

TABLA 18 - PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PROPUESTOS

NIVEL DE TERRENO	Peso específico aparente HÚMEDO, $\gamma_s$ (kN/m³)	Ángulo de rozamiento, $\phi'$ (°)	Cohesión, $c'$ (kPa)	Módulo de deformación E (kp/cm²)	Coefficiente de Poisson	Módulo de balasto (t/m³)
RELLENOS ANTRÓPICOS	18,00	28	0	100	0,35	1800
ARENAS DE MIGA	21,00	35	0,5	800	0,30	15000
ARENAS TOSQUIZAS	21,00	33	1,5	900	0,30	20000
TOSCOS ARENOSOS	21,50	32,5	2,0	1000	0,30	25000

#### 5.4.8 Descripción Geológico-Geotécnica De Las Alternativas

##### 5.4.8.1 Alternativa 1

[REDACTED] El túnel previsto atravesaría materiales principalmente de las facies arenas de miga, donde pueden aparecer intercalaciones de arenas tosquizas con mayor o menor frecuencia.

[REDACTED]

[REDACTED] El túnel previsto continuaría excavándose principalmente por materiales arenosos del grupo de las arenas de miga, si bien, además de intercalaciones de arenas tosquizas, aparecerán intercalaciones de mayor o menor espesor, y de continuidad lateral limitada, de toscos arenosos.

[REDACTED] En el final del tramo de la alternativa 1, el túnel previsto vuelve a atravesar principalmente el grupo de arenas de miga, donde aparecerán intercalaciones de arenas tosquizas.

[REDACTED]

En este tramo se situaría la nueva estación Aviación Española, la cual estaría dentro del nivel de arenas de miga en su práctica totalidad, con alguna intercalación de arenas tosquizas. La cimentación de las pantallas sí podría verse más afectada por arenas tosquizas que por arenas de miga, pero ya en su tramo más inferior.

El recubrimiento de rellenos superficiales en este punto es de muy bajo espesor, inferior a 1 m,

[REDACTED]

[REDACTED].

#### 5.4.8.2 Alternativa 2

[REDACTED] El túnel previsto sigue la misma dirección que la alternativa 1, [REDACTED]  
[REDACTED]. No obstante, atravesaría igualmente materiales principalmente de las facies arenas de miga, donde pueden aparecer intercalaciones de arenas tosquizas con mayor o menor frecuencia.

[REDACTED]

[REDACTED] El túnel previsto continuaría principalmente por materiales arenosos del grupo de las arenas de miga, e igualmente como el anterior tramo, con intercalaciones de arenas tosquizas.

El nivel de agua se situaría muy por debajo de la contrabóveda, y muy por debajo de la solera

de la nueva estación de Cuatro Vientos. Esta estación estaría embebida dentro de las arenas de miga y arenas tosquizas. El recubrimiento de rellenos superficial presenta un espesor entre 1,10 y 2,28 m.

#### 5.4.8.3 Alternativa 3

[REDACTED] El túnel previsto atravesaría materiales principalmente de las facies arenas de miga, donde pueden aparecer intercalaciones de arenas tosquizas con mayor o menor frecuencia y mayor o menor espesor.

En el inicio de este tramo, donde la cota de la contrabóveda está más alta, el nivel de agua queda algunos metros por debajo de la misma. Sin embargo, desde el inicio la cota del túnel comienza a descender, [REDACTED]

[REDACTED] En este tramo aparecen toscos arenosos, pero que no afectarían a la traza del túnel, pero sí podrían afectar a la cimentación de las pantallas de la nueva estación de Cuatro Vientos.

El nivel de agua afectaría a la zona de la clave del túnel, y quedaría en el último tercio inferior de la superficie de la nueva estación.

El recubrimiento de rellenos atravesado es mínimo, si bien puede aparecer hasta 2,28 m de espesor en algún punto.

## 5.5 HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

### 5.5.1 Hidrología

La climatología de la zona no presenta características particulares que deriven en singularidades específicas para las obras objeto de la actuación.

El territorio de la Comunidad de Madrid se caracteriza en dos grandes unidades, área de sierra y áreas de llanos (Fosa del Tajo), dentro de las cuales se localizan diversas subzonas cuyas altitudes van desde 2.428 metros (Pico de Peñalara) hasta 430 m en el cauce del río Alberche. La interacción entre las dos grandes unidades fisiográficas ocasiona una dinámica atmosférica específica en el centro de la Península destacando el papel que ejerce la Sierra como barrera física que con frecuencia bloquea el avance de los frentes de lluvia oceánicos hacia el interior.

Algunas fuentes clasifican al clima de Madrid en el contexto de los climas de España como un

clima mediterráneo de interior o clima mediterráneo continentalizado, el cual difiere del clima mediterráneo típico principalmente por una mayor amplitud térmica, tanto anual como diaria, lo cual es consecuencia principalmente de la lejanía a la costa y también de la altitud.

Se ha recurrido a AEMET para obtener los datos climatológicos y de precipitaciones más representativos de la zona. Se ha tomado como referencia la estación meteorológica de *Madrid – Cuatro Vientos*, situada en la zona de estudio.

Los datos medios de temperaturas y precipitaciones más representativos de la zona son los siguientes:

- Temp. Anual media: 15,50 °C
- Temp. Máxima: 21,22 °C

Temp. Mínima: 9,77 °C

- Precipitación anual media: 350 mm
- Precipitación media mensual: Máxima en octubre con 640,87 mm y mínima en julio con 78,03 mm.

### 5.5.2 Climatología

La zona de proyecto se encuentra dentro de la Confederación Hidrográfica del Tajo. El área de estudio es bastante llana lo que favorece que la escorrentía superficial sea difusa, ya que además la orografía natural del terreno está alterada por la fuerte urbanización de la zona y la presencia del aeropuerto de Cuatro Vientos. La escorrentía tiene dirección predominante Sur en el entorno de la Fortuna y Este en el resto del área de estudio. Los únicos cauces presentes en la zona, aunque alejados de la actuación, son el arroyo de la Canaleja y el río Manzanares. No se identifican zonas con riesgo de inundación que puedan afectar directa o indirectamente a la zona de estudio.

De acuerdo con la información asociada al vigente Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tajo (Ciclo de Planificación Hidrológica 2021/2027), la cuenca de las masas de agua superficial localizada en ese ámbito es la ES030MSBT030.011 – Madrid: Guadarrama-Manzanares.

En el estudio se han estimado los caudales de diseño a partir de los que dimensionar los

elementos de drenaje y bombeo. Dada la pequeña superficie de las cuencas se emplea el método racional, en base a la normativa del Canal de Isabel II (2006) y la publicación del Ministerio de Fomento “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” (diciembre de 2001).

## 5.6 TRAZADO

### 5.6.1 Condicionantes del Trazado

Existen condicionantes del trazado inherentes a toda obra subterránea, y condicionantes específicos para cada una de las tres alternativas planteadas.

A continuación, se señalan todos los condicionantes que son de aplicación:

- Geología y geotecnia
- Hidrología y drenaje
- Explotación ferroviaria
- Topología estructural de los túneles
- Planeamiento urbanístico del municipio de Madrid
- Edificaciones
- Estaciones existentes
- Servicios e instalaciones existentes
- Infraestructuras en superficie:
  - Aeropuerto de Cuatro Vientos
  - Línea C-5 de Cercanías
  - Autovía A-5
- Infraestructuras subterráneas
  - Fondo de Saco del final de Línea 11 de Metro de Madrid
  - Línea 10 de Metro de Madrid



### 5.6.2 Parámetros de Diseño

El criterio de diseño del túnel de línea de la ampliación de la Línea 11 Sur, es tratar de alcanzar el máximo de los valores límite normales, evitando valores límite excepcionales. No obstante, a lo largo de la curva circular se podrá alcanzar la aceleración transversal no compensada en valor límite excepcional.

Los datos de partida de diseño son los siguientes:

- Velocidad máxima de circulación (velocidad de diseño): 110 km/h
- Radio mínimo de alineación circular: 300 m en vía principal y 50 m en vía secundaria.
- Tipo de curva de transición: clotoide
- Peralte máximo: 150 mm
- Aceleración transversal no compensada máxima: corresponde con valor límite normal de  $0,65 \text{ m/s}^2$ , pudiendo alcanzar a lo largo de la curva horizontal el valor límite normal de  $0,85 \text{ m/s}^2$ .
- Aceleración transversal no compensada máxima al paso por aparatos de vía: corresponde con valor límite normal de  $0,65 \text{ m/s}^2$  y no se diseña para aceleraciones mayores en valores límite excepcional ( $0,71 \text{ m/s}^2$ ).
- Aceleración transversal no compensada máxima del viajero:  $1 \text{ m/s}^2$ .
- Coeficiente de flexibilidad: 0,424 (coche tipo 8000)
- Ancho de vía: 1.445 mm
- Distancia entre ejes de carriles: 1.515 mm (para carril UIC-54)
- Velocidad vertical máxima: 50 mm/s
- Rampa de peralte máxima: corresponde con valor límite normal de  $1,5 \text{ mm/m}$  y no se diseña para aceleraciones mayores en valores límite excepcional ( $2,0 \text{ mm/m}$ ).
- Sobreaceleración máxima (jerk): corresponde con valor límite normal de  $0,20 \text{ m/s}^3$  y no se diseña para aceleraciones mayores en valores límite excepcional ( $0,40 \text{ m/s}^3$ ),

- Pendiente máxima (rasante): 35 milésimas y teniendo en cuenta la resistencia específica debido a las curvas (pendiente ficticia)
- Pendiente mínima (rasante): 5 milésimas
- Pendiente en estaciones: nula (0 milésimas)
- Pendiente en cola de maniobras: nula(0 milésimas)
- Tipo de acuerdo vertical: parabólico
- Parámetro mínimo de acuerdo vertical (Kv): 2.000
- Aceleración centrífuga vertical (Máxima aceleración en acuerdos verticales): corresponde con valor límite normal de  $0,15 \text{ m/s}^2$  y no se diseña para aceleraciones mayores en valores límite excepcional ( $0,3 \text{ m/s}^2$ ).

La definición completa de todos los parámetros geométricos en el diseño de nuevos trazados de Metro se encuentra en el "Documento Técnico: Geometría de vía" (Versión 1). Este Documento Técnico ha sido la Normativa de Trazado que se ha considerado para definir geométricamente las tres alternativas. Adicionalmente, el trazado de las tres alternativas se ha diseñado para cumplir el aspecto de acuerdo vertical experimentado con curva en planta y el aspecto de rampa de peralte resultante por torsión angular de vía, que figuran en la Norma UNE-EN 174636-2024 "Aplicaciones ferroviarias. Infraestructura. Parámetros de diseño de alineación de vías. Ferrocarril urbano".

### 5.6.3 Descripción del Trazado

A continuación se describe el trazado de los túneles de línea de las tres alternativas y se incluye una tabla con los ejes y longitudes:

TABLA 19 - EJES DE TRAZADO

EJE	ALTERNATIVA	NOMBRE	LONGITUD m
EJE 1	ALTERNATIVA 1	TUNEL DE LÍNEA	3.261,27
EJE 2	ALTERNATIVA 1	RAMAL DE COCHERAS	391,60
EJE 3	ALTERNATIVA 2	TUNEL DE LÍNEA	2.272,20
EJE 4	ALTERNATIVA 2	RAMAL DE COCHERAS	384,20
EJE 5	ALTERNATIVA 3	TUNEL DE LÍNEA	2.175,61
EJE 6	ALTERNATIVA 3	RAMAL DE COCHERAS	384,20

La descripción del trazado del Ramal de Cocheras se puede consultar en el Anejo 08.-Trazado.

5.6.3.1 Alternativa 1

5.6.3.1.1 Trazado en planta

[Redacted text block]

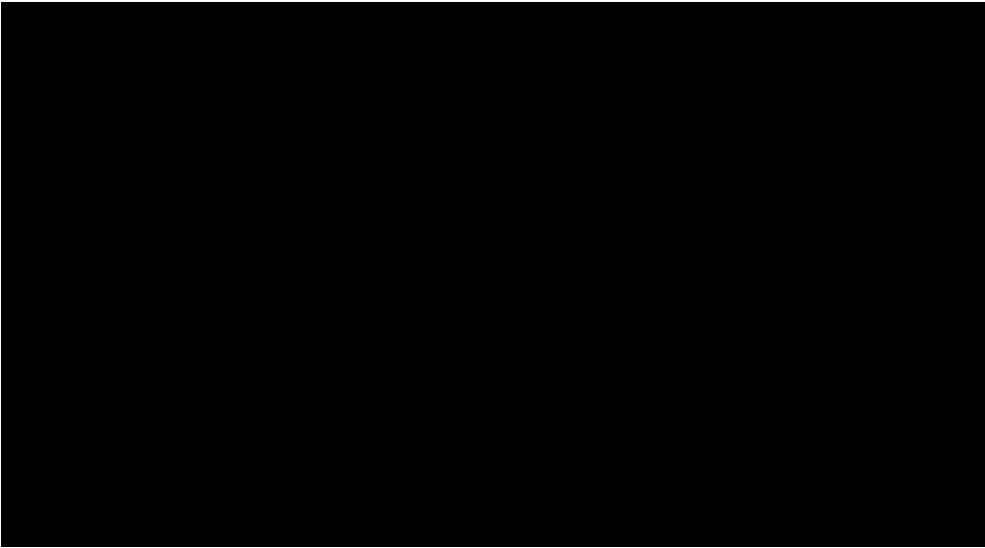


ILUSTRACIÓN 10 - [Redacted]

[Redacted text block]

ILUSTRACION 11 - [Redacted]

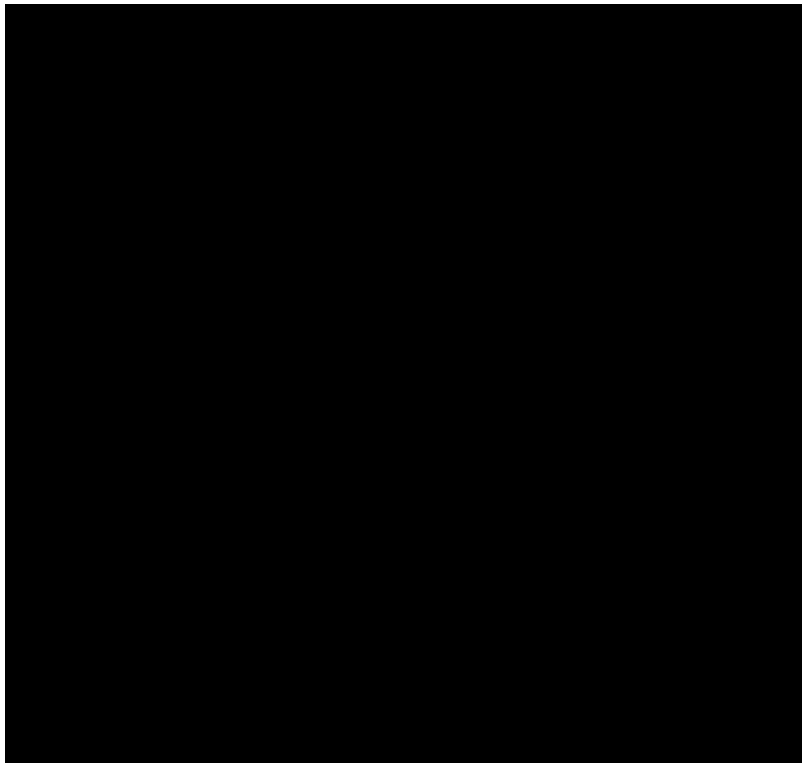


ILUSTRACIÓN 12 - [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

5.6.3.1.2 Trazado en alzado

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



5.6.3.2 Alternativa 2

5.6.3.2.1 Trazado en planta

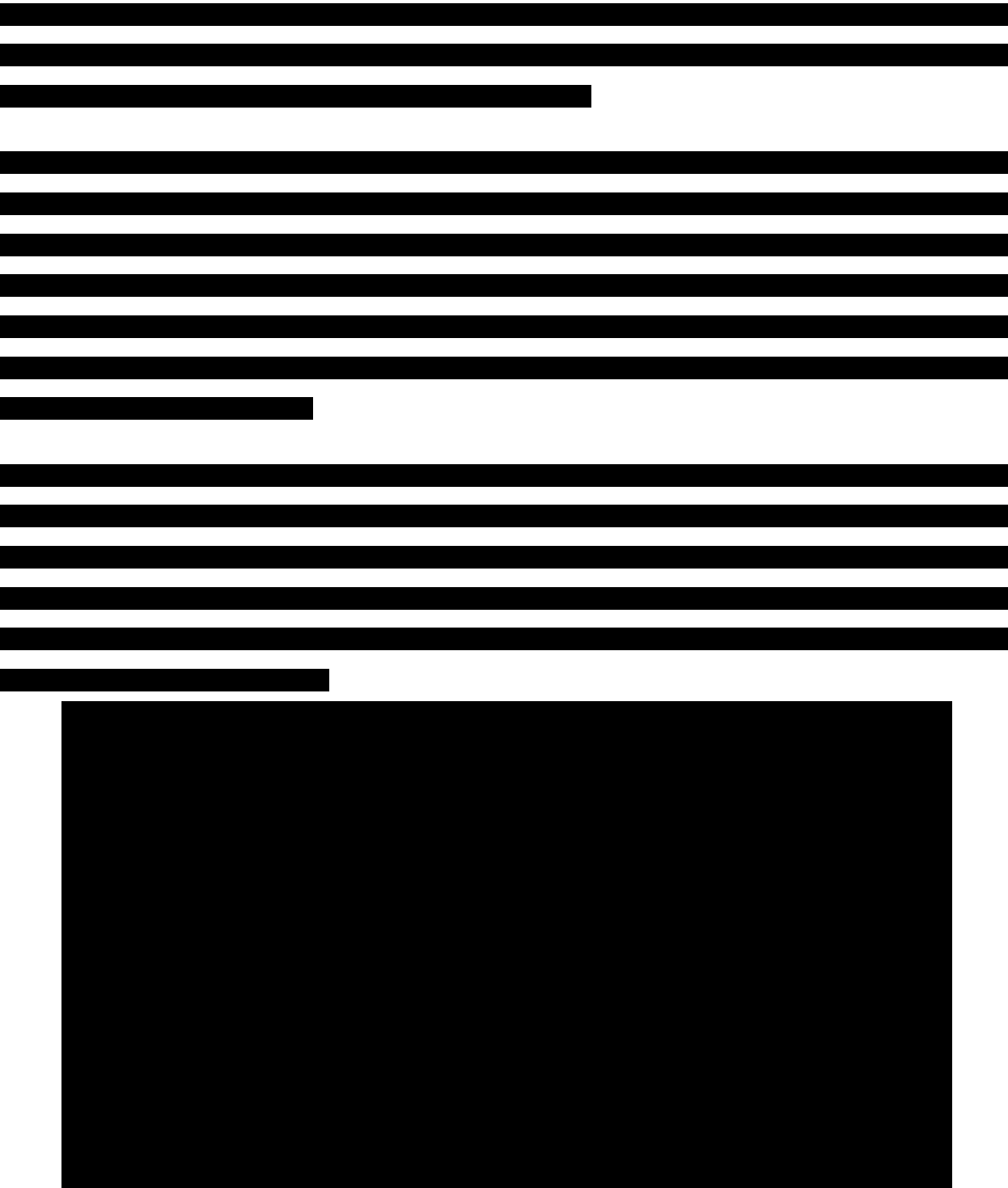
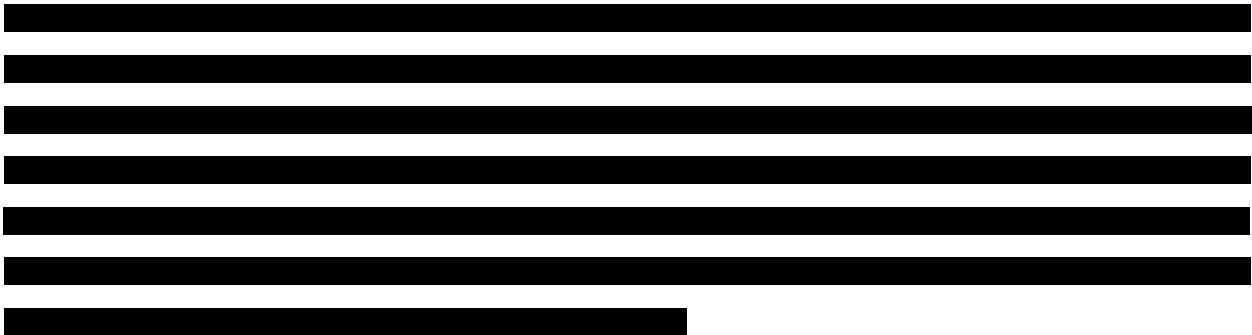


ILUSTRACIÓN 13 -  



5.6.3.2.2 Trazado en alzado



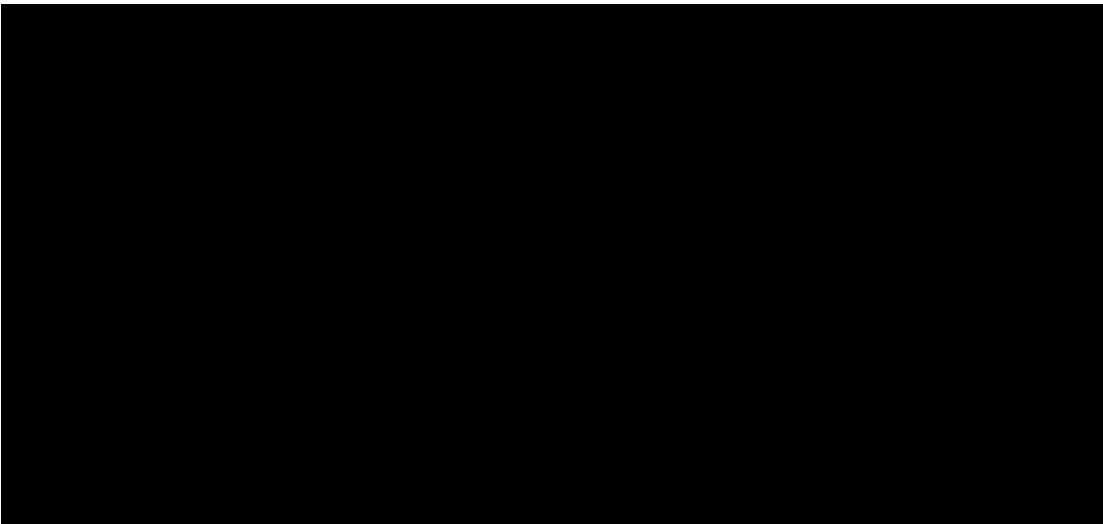


ILUSTRACIÓN 14 - [REDACTED]

5.6.3.3 Alternativa 3

5.6.3.3.1 Trazado en planta

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

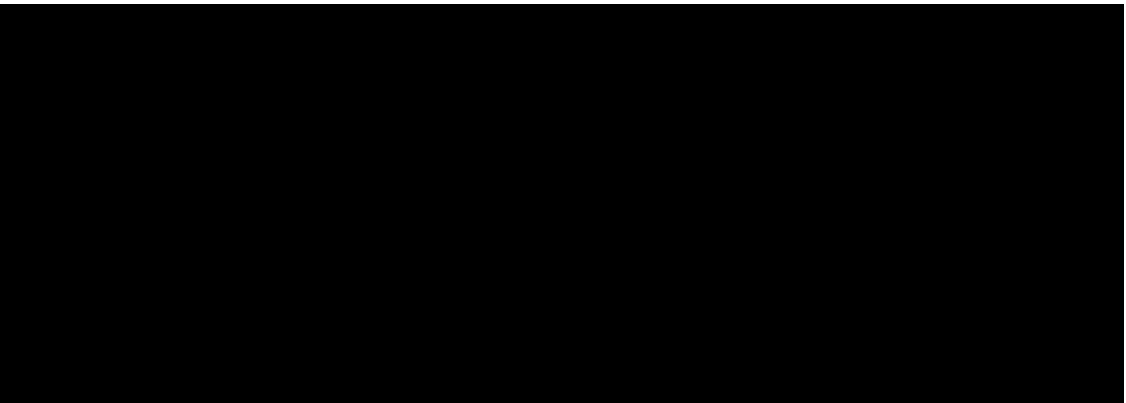


ILUSTRACIÓN 15 - [REDACTED]

[REDACTED]

5.6.3.3.2 Trazado en alzado

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

5.7 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Las Alternativas del presente Estudio Informativo tienen un balance de tierras global resultante excedentario, generándose un volumen de materiales inertes que no pueden ser reutilizados en la propia obra cuando no alcancen los estándares de calidad necesarios. Dado lo anterior, es necesaria la gestión de zonas de depósito de dichos excedentes.

Será precisa la utilización de áreas degradadas como zonas de depósito de los inertes. Este depósito ha de enmarcarse en un plan de restauración del área degradada, por lo que un potencial impacto negativo se transforma en una afección positiva para el área receptora de las tierras.

En la construcción de ciertas estructuras e instalaciones de la actuación es necesario un volumen de tierra (material seleccionado), el cual puede proceder de los materiales de excavación generados en la excavación del túnel. No obstante, es frecuente que esta compensación de tierras no pueda llevarse a cabo porque los materiales excavados no sean aptos para su destino en base a la calidad de los mismos. Es estos casos, se generará una necesidad de materiales de préstamo. Estos materiales de préstamo provendrán de canteras en explotación, con sus planes de restauración aprobados.

Se ha estimado el volumen de excedente de excavación a vertederos por cada una de las alternativas:

TABLA 20 - BALANCE DE TIERRAS A VERTEDERO

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Volumen total de tierras a vertedero (m3)	476.120,78	270.177,80	414.195,05

5.8 DRENAJE Y BOMBEO

El sistema de drenaje cumple con la finalidad de recoger los aportes de agua al túnel y conducir el caudal resultante a un pozo de bombeo para su evacuación hasta el punto de vertido final (desagüe).

En cuanto al caudal recogido, se consideran dos posibles orígenes distintos:

- En primer lugar, el originado por las precipitaciones, el caudal que puede penetrar en el túnel a través de las rejillas expuestas a cielo abierto. Tal circunstancia se presenta en los pozos de ventilación / compensación / salidas de emergencia y estación.
- En segundo lugar, el caudal de infiltración derivado de aguas de origen freático en el tramo objeto de proyecto.

5.8.1 Túnel de Metro

Los flujos de agua procedentes del terreno que se infiltran a lo largo del túnel, llegan hasta la parte baja de ambos hastiales o laterales del túnel, y en dicha zona se realiza la captación del agua mediante una canaleta longitudinal. Esta canaleta está formada por un rebaje en el hormigón, con sección de “media caña” o sección semicircular de diámetro 150 mm.

Estos caudales son conducidos a lo largo del túnel en tramos de reducida longitud, ya que cada 10 metros se dispone una canaleta transversal de las mismas dimensiones que las laterales (media caña de 150 mm) que comunica estas conducciones laterales con una canaleta principal de recogida que se situada en la parte central de la sección del túnel.

La canaleta central, de sección rectangular, tiene unas dimensiones de 230 mm de anchura y una profundidad variable, pudiendo alcanzar una media de 1,0 metro de profundidad. Dicha canaleta, es registrable a lo largo de toda su longitud ya que va cubierta por una rejilla metálica fabricada en “tramex”, que se apoya sobre perfilería metálica lateral de 250 mm de anchura y longitudes de 1 metro, pudiendo levantarse de manera independiente cada una de ellas para registro y limpieza de la canaleta central.

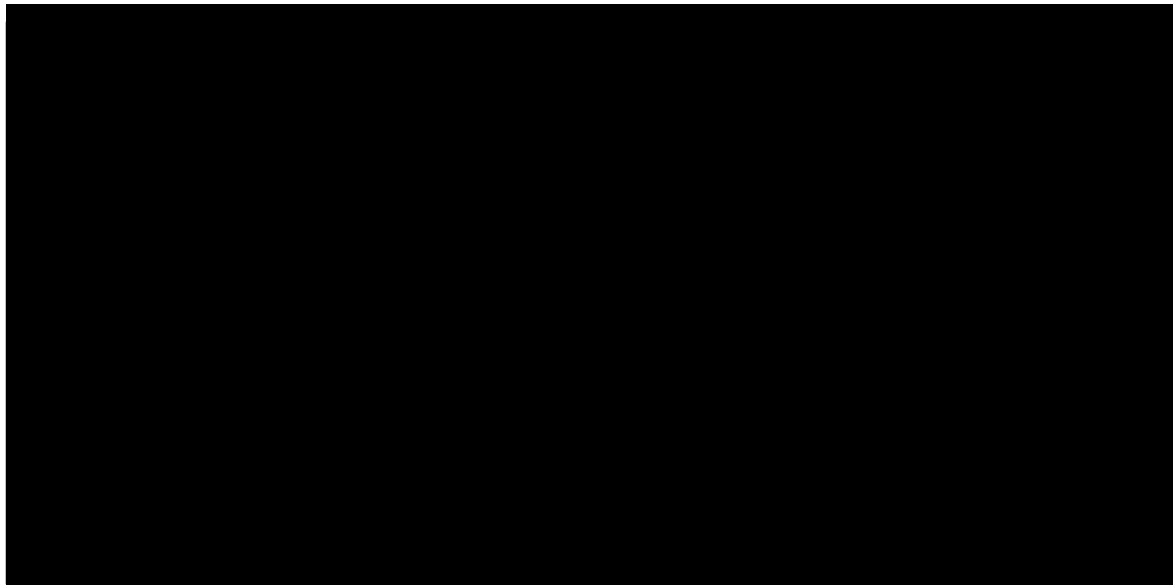


ILUSTRACIÓN 16 - DETALLE DEL DRENAJE EN TÚNEL

La canaleta central discurre longitudinalmente por el túnel hasta alcanzar los puntos bajos del trazado, en los que se ubica una arqueta central, desde la que se efectúa la comunicación con la balsa o depósito de decantación que se sitúa en las galerías de cada pozo de bombeo.

En dichos puntos se realiza el vertido de los caudales de infiltración del túnel. Finalmente las aguas recogidas por precipitación e infiltración se bombea y conducen hasta el punto de vertido final que se considere en cada caso.

El drenaje de los pozos de ventilación, compensación y salidas de emergencia, se realiza mediante un canal de desagüe que con la inclinación requerida se une a la canaleta central que va en longitudinal y por tanto se introduce este drenaje junto con el del túnel hasta el pozo de bombeo. Se ha previsto la instalación de columna seca para lo cual se dispone en el exterior una arqueta para uso de bomberos y dotar a los pozos de acceso para ellos.

### 5.8.2 Estaciones

En las estaciones, las aguas que se filtran se recogen a través de una canaleta perimetral que se ejecuta en los diferentes forjados, en la zona de conexión de cada nivel con las pantallas verticales. Se dejarán bajantes de 160 mm de diámetro en los puntos bajos, por lo que habrá que prever los pasatubos correspondientes. Los puntos bajos estarán a más profundidad que los fosos de ascensores.

Estas canaletas se ubican en la denominada “cámara bufa” que es el hueco o sección existente entre el propio paramento de las pantallas estructurales y los paneles decorativos o de fábrica que constituyen el límite perimetral de la estación delimitando los pasillos o estancias en los que

se realiza la circulación de los viajeros habitualmente. Estas cámaras serán accesibles para mantenimiento y limpieza.

Las canaletas de recogida perimetral van conectándose con los niveles inferiores a través de las mencionadas bajantes que atraviesan las losas mediante pasatubos habilitados en los bordes para tal fin.

Finalmente se produce la recogida de aguas en el nivel inferior de la estación y todos los caudales son recogidos en una arqueta. Desde dicha arqueta se realiza una conducción hasta el pozo de bombeo desde el cual se realizará el bombeo de los caudales para ser conducidos hasta el punto de vertido final (que se considere en cada caso).

Las aguas de limpieza de andenes o baldeos de estación se suelen verter a la plataforma de vías. En la plataforma se produce el traslado de dichas aguas hacia la canaleta central que es una prolongación del sistema de drenaje del túnel y en consecuencia se conectan ambos sistemas pudiendo transferirse dichas aguas hasta el túnel o si la estación es un punto bajo se transferirán hacia la arqueta de recogida de la estación.

### 5.8.3 Criterios de Diseño

Para el diseño de la red de drenaje se han seguido en todo momento los siguientes criterios generales empleados para el drenaje de túneles:

- Los pozos de bombeo y las salidas de emergencia, pese a tener acceso al exterior, están aisladas mediante trampillas confinadas, con mecanismo hidráulico de apertura, que solo se abren en caso de emergencia o para dar acceso a personal cualificado. Además, presentan a su alrededor canaletas de drenaje que recogen las aguas de lluvia que pudieran llegar a dicho punto. Por ello, en el presente Estudio Informativo, a efectos de drenaje, se consideran como elementos estancos.
- Los pozos de ventilación tienen una rejilla que permite la entrada de aire desde el exterior al túnel. En consecuencia, esta estructura tiene que estar diseñada para recoger el agua de lluvia que se filtra por ella. Considerando un área tributaria entorno al pozo de ventilación de 225 m<sup>2</sup>.
- No se tiene en consideración el caudal que pueda entrar por las bocas de acceso a las estaciones diseñadas, ya que su diseño no lo permite, al estar, en principio, cubiertas.
- Las pendientes mínimas en la red de drenaje serán del 0,5%

- Se adopta T=50 años como periodo de retorno para el cálculo del caudal originado por las precipitaciones que puedan acceder por las rejillas en superficie.
- En tramos cuyo punto bajo se encuentra en el ámbito de la estación, el desagüe de caudales se realizará a través de una estación de bombeo localizado dentro de la propia estación, siendo definida con detalle en la fase de Proyecto.

#### 5.8.4 Cálculo de caudales

##### 5.8.4.1 Caudal de Infiltración

Los caudales de infiltración se han estimado atendiendo a criterios relativos a las características geotécnicas y del nivel freático de los terrenos atravesados por la traza, así como del método constructivo utilizado. A continuación, se enumeran los caudales de infiltración considerados.

- Pozos de bombeo, salidas de emergencia y ventilación será de 2 l/(km·s).
- Tramo ejecutado con tuneladora: 4 l/(km·s).
- Tramo ejecutado en Método Tradicional de Madrid: 3 l/(km·s).
- Tramo ejecutado entre pantallas y estaciones: 2 l/(km·s).

##### 5.8.4.2 Caudal asociado a escorrentía superficial

El cálculo del caudal de aguas pluviales que entran en la instalación a través de las rejillas en superficie se realiza mediante el método racional utilizando la siguiente fórmula:

$$QP = K \cdot \frac{Ce \cdot It \cdot A}{3,6}$$

Los cálculos relativos a la fórmula anterior se incluyen en el Anejo 7.-*Climatología e Hidrología*. Por otro lado, según se indica en dicho anejo se obtiene la siguiente expresión para la obtención de los caudales (en l/s) en función del área considerada en m<sup>2</sup>, para un periodo de retorno de 50 años y un tiempo de concentración de 3 minutos.

$$QP \left( \frac{l}{s} \right) = 0,0383 \cdot A(m^2)$$

Para los valores indicados, se obtienen unos caudales puntuales por rejilla de 8,62 l/s.

##### 5.8.4.3 Caudal Total por Alternativa

Los caudales resultantes estimados para cada alternativa son los siguientes:

TABLA 21 - CAUDAL TOTAL DE DRENAJE. ALTERNATIVA 1

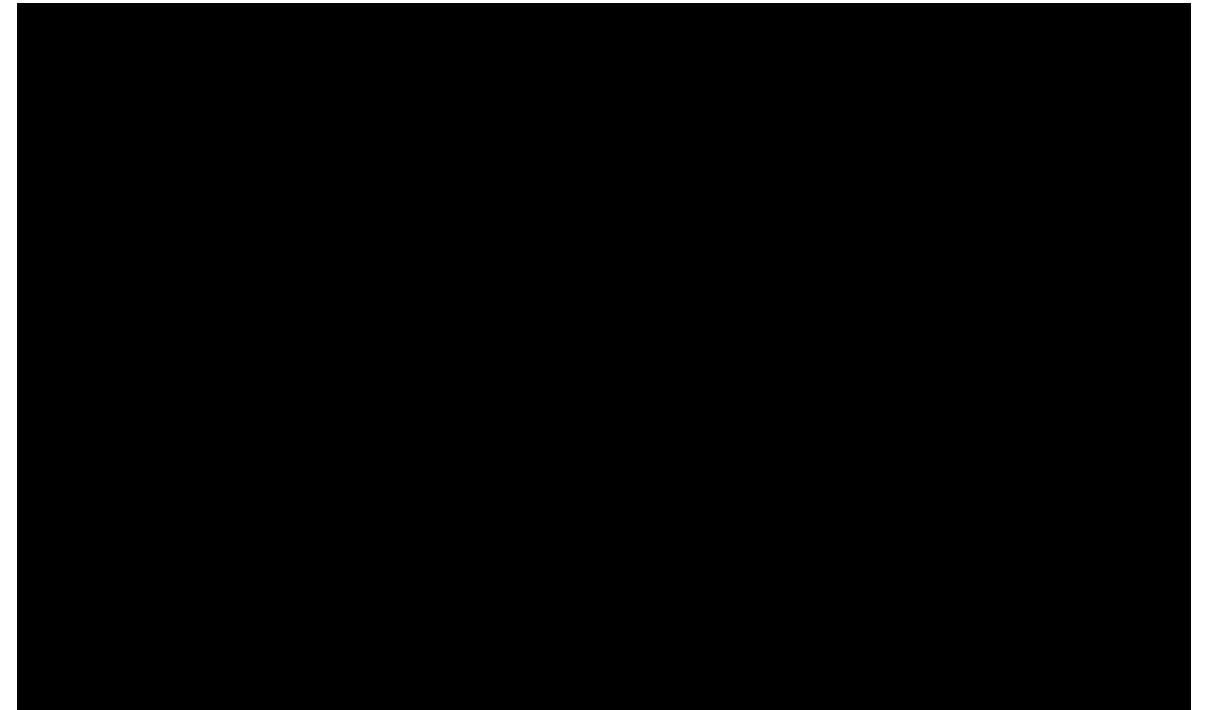


TABLA 22 - CAUDAL TOTAL DE DRENAJE. ALTERNATIVA 2

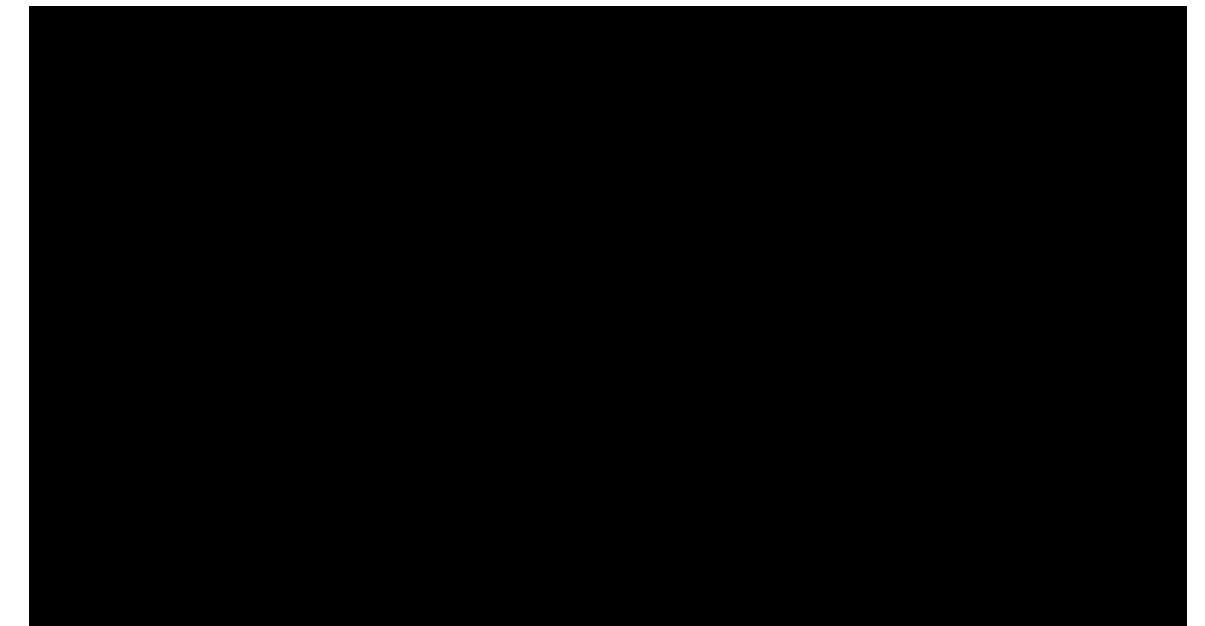
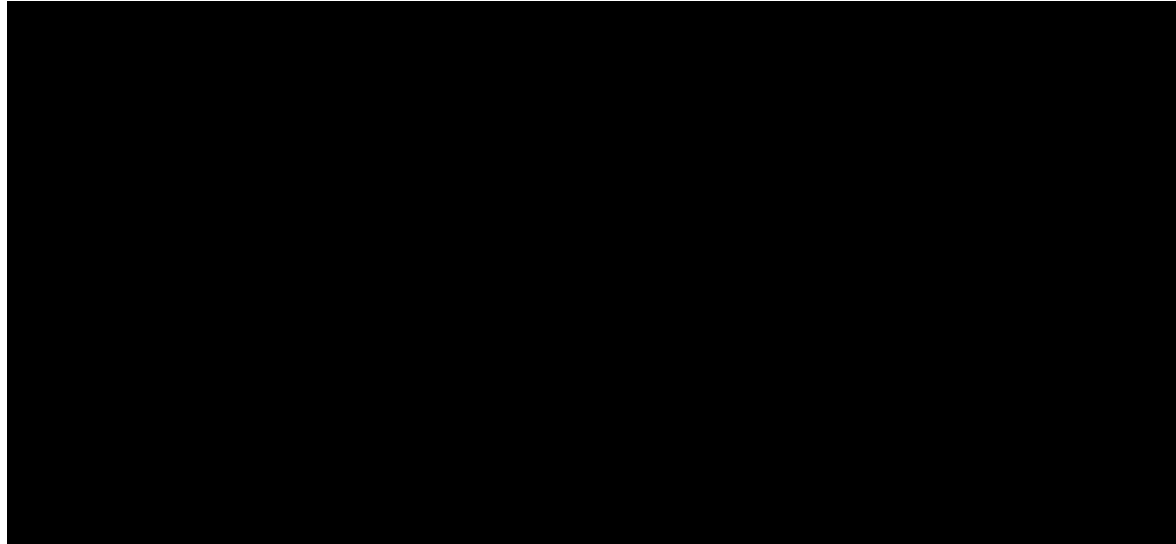


TABLA 23 - CAUDAL TOTAL DE DRENAJE. ALTERNATIVA 3



## 5.9 TÚNELES

Se analizan las 3 alternativas, las cuales emplean diferentes soluciones constructivas para el túnel de línea.

### 5.9.1 Procedimiento Constructivo

Se describen los túneles de línea para cada una de las tres alternativas, señalando el método constructivo de cada una de ellas:

- El túnel de línea de la Alternativa 1 presenta varios métodos constructivos. El tramo desde el punto de conexión inicial (Fondo de Saco de Final de Línea 11) hasta el pozo de introducción de la tuneladora (inclusive), se prevé ejecutarlo mediante pantallas. A partir del pozo de introducción de la tuneladora, hasta la nueva Estación de Aviación Española (sin incluir la misma), se prevé ejecutar el túnel de línea mediante tuneladora EPB en modo cerrado (TBM). Finalmente, a partir de la nueva Estación de Aviación Española hasta final de trazado se prevé ejecutar el túnel mediante Método Tradicional de Madrid.

El pozo de introducción de la tuneladora se prevé ejecutarlo entre pantallas. Este pozo es el elemento común donde se conectan el propio túnel de dovelas diseñado, el nuevo Ramal de Cocheras y el tramo intermedio desde el punto de conexión inicial. Este tramo intermedio entre pantallas, conecta el antiguo pozo de introducción de la tuneladora (tramo La Fortuna-La Peseta) con el nuevo pozo de introducción.

La extracción de la tuneladora de la Alternativa 1, se prevé por la nueva Estación de

Aviación Española.

- El túnel de línea de la Alternativa 2 se ejecutará, en toda su longitud, mediante Método Tradicional de Madrid.
- El túnel de línea de la Alternativa 3 presenta varios métodos constructivos. El tramo desde el punto de conexión inicial (Fondo de Saco de Final de Línea 11) hasta el pozo de introducción de la tuneladora (inclusive), se prevé ejecutarlo mediante pantallas. Desde el pozo de introducción de la tuneladora hasta final de trazado, se prevé ejecutar el túnel de línea mediante tuneladora EPB en modo cerrado (TBM). Se aclara que en el tramo intermedio, correspondiente a la nueva estación de Cuatro Vientos, la tuneladora se trasladará a lo largo de la misma (sin disponer dovelas) mediante dragging o arrastre.

El pozo de introducción de la tuneladora se prevé ejecutarlo entre pantallas. Este pozo es el elemento común donde se conectan el propio túnel de dovelas diseñado, el nuevo Ramal de Cocheras y el tramo intermedio desde el punto de conexión inicial. Este tramo intermedio entre pantallas, conecta el antiguo pozo de introducción de la tuneladora (tramo La Fortuna-La Peseta) con el nuevo pozo de introducción.

El pozo de extracción de tuneladora se prevé ejecutarlo mediante pilotes secantes.

Por otro lado, y para todas las Alternativas se diseña un ramal en vía única que comunica el ramal existente en vía doble con cada Alternativa. El Ramal discurre inicialmente sobre una losa de hormigón ya construida (paralelo a la vía Norte existente), hasta entroncar con el denominado Muñón (estructura existente bajo rasante). A partir del Muñón, y hasta conectar con el nuevo túnel de línea, el Ramal de Cocheras discurre entre pantallas en un tramo no construido.

### 5.9.2 Sección Geométrica

De acuerdo a las necesidades de gálibo que impone Metro de Madrid y, en particular, el material rodante previsto para este tramo (Serie 8000), se ha definido la sección geométrica tipo para los diferentes sistemas constructivos previstos en el tramo:

- Túnel mediante tuneladora
  - Diámetro interior: 8,43 m.
  - Distancia eje de túnel – cota de carril: 2,01 m.

- Túnel mediante Método Tradicional de Madrid
  - Radio Bóveda: 2,50 y 4,50 m.
  - Ancho: 7,80 m.
  - Distancia eje de túnel – cota de carril: 1,87 m.
  - Altura de sección en eje: 5;49 m.
- Túnel entre pantallas vía única (Ramal de Cocheras)
  - Ancho: 5,40 m.
  - Altura cota de carril – dintel: variable (10 m mínimo).
- Túnel entre pantallas vía doble (Tramo inicial entre Pozos de Introducción)
  - Ancho: 8,79 m.
  - Altura cota de carril – dintel: variable (14 m mínimo).

### 5.9.3 Revestimiento de túnel mediante tuneladora. Dovelas

Se considera un diámetro interior ( $\varnothing_{int}$ ) de 8.430 mm con un espesor de dovela de 320 mm, lo que proporciona un diámetro exterior del túnel ( $\varnothing_{ext}$ ) de 9.070 mm. Adicionalmente y, a efectos de las condiciones reales de perforación, se ha de contar con una sobreexcavación por la cabeza de corte que, de acuerdo a las últimas experiencias de Metro en Madrid, será del orden de 165 mm. Dado lo anterior, se define un diámetro total de excavación ( $\varnothing_{exc}$ ) total de 9.400 mm.

Estos anillos están constituidos por un total de 7 dovelas, de las cuales 6 de ellas tienen el mismo desarrollo perimetral y hay una adicional que conforma el cierre. La dovela de cierre es la que hace el papel de llave, y tiene un desarrollo de la mitad que las otras. Por esta razón la dovela de clave puede ocupar  $(2n-1)=13$  posiciones diferentes lo que da lugar a otras tantas geometrías distintas del anillo, que pueden ser utilizadas para inscribir los anillos en curvas de radios muy diferentes.

A efectos de que la longitud de dovela pueda adaptarse a los diferentes parámetros del trazado, en Planta y Perfil Longitudinal, se define un valor de avance de 1.700 mm, que garantiza la consecución de esta propiedad, es decir la conicidad.

Para para ayudar a la alineación de la dovela, se incluirán biconos centradores.

#### 5.9.3.1 Juntas de estanqueidad

El número de dovelas y la longitud de avance generan respectivamente juntas transversales y longitudinales. Estas juntas se han de tratar a efectos de estanqueidad. Para ello se implementan los siguientes elementos:

- Una banda elastomérica tipo EPDM (Ethylene Propylene Diene Methylene), de caucho de etileno propileno dieno. Es, por lo tanto, una banda fabricada con este elastómero sintético, caracterizado por su gran resistencia al ozono, la intemperie, los productos químicos y las temperaturas extremas, lo que la hace muy duradera y flexible.
- Se dispone adicionalmente de un cordón sellante hidroexpansivo, alojado en acanaladura específica, o dentro de la propia banda EPDM.

### 5.9.4 Obras Auxiliares

Se detallan en este epígrafe las medidas adoptadas para atender a las necesidades logísticas requeridas para los túneles de línea.

#### 5.9.4.1 Zona de instalaciones auxiliares (ZIA)

La ocupación temporal de la parcela agraria designada como ZIA es completa, siendo esta área de 20.221,52 m<sup>2</sup>. El acceso a la ZIA es mediante el Camino de la Canaleja, que es un vial existente y asfaltado, que discurre entre los terrenos de Cocheras de Metro de Madrid y la parcela de ZIA. Adicionalmente, en la ZIA se diseñan nuevos viales que comunican los distintos emplazamientos interiores, siendo estos últimos:

- Zona Casetas
- Laboratorio
- Parking
- Acopio de Suministros
- Centro Seccionamiento
- Grúa Torre
- Planta Bicomponente (prescindible en Alternativa 2)
- Planta Depuradora (prescindible en Alternativa 2)
- Cuadro General de Baja Tensión
- Centro de Transformación
- Nave Taller/Almacén
- Sistema Refrigeración TBM (prescindible en Alternativa 2)
- Acopio de Tierras

A estos emplazamientos se podrían sumar otros, como acopios para lodos bentoníticos, y los



correspondientes elementos para su tratamiento y separación.

#### 5.9.4.2 Pozos de introducción y extracción de tuneladora

El pozo de introducción de la tuneladora para las Alternativas 1 y 3 es al Norte de los terrenos de Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11, en una campa paralela al Camino de la Canaleja y próxima al acceso de la instalación.

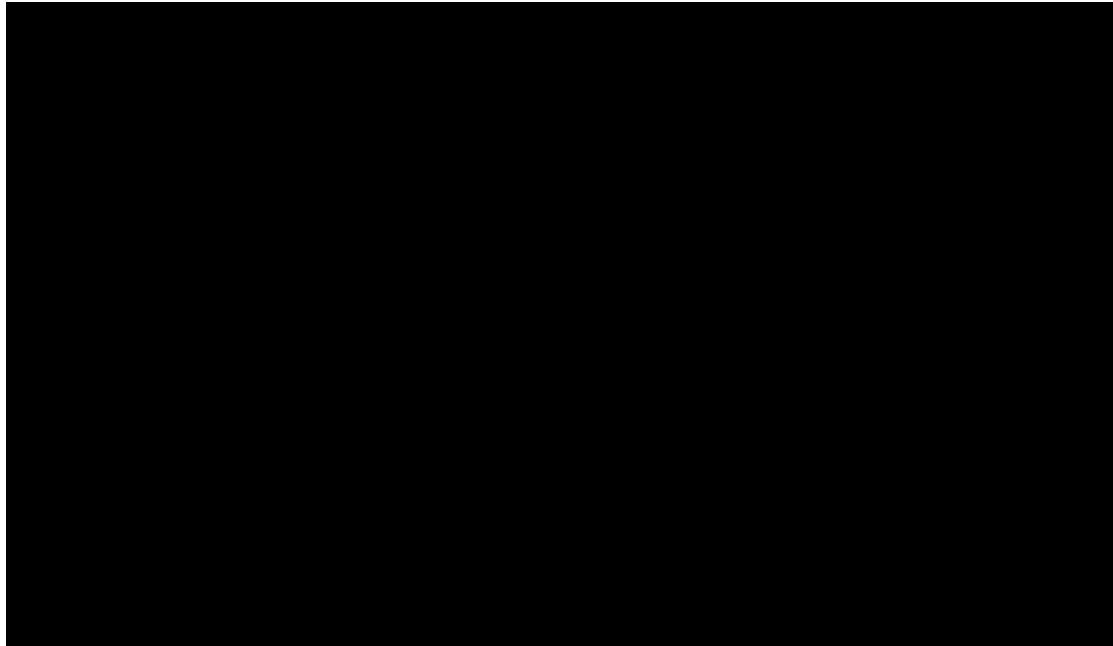


ILUSTRACIÓN 17 - POZOS DE INTRODUCCIÓN DE TUNELADORA. ALTERNATIVAS 1 Y 3

El pozo de extracción de la tuneladora para la Alternativa 1 es desde la nueva estación de Aviación Española, que se implanta en bajo un aparcamiento disuasorio en superficie contiguo a la calle Fuente de Lima.

El pozo de extracción de la tuneladora para la Alternativa 3 es mediante el nuevo pozo de ventilación de final de trazado que está en el Centro Deportivo Militar La Dehesa.

#### 5.9.4.3 Acceso a frente de ataque del Método Tradicional de Madrid

Para el túnel de línea se han establecido 3 accesos, para generar un máximo de 6 frentes de ataque. Los accesos y extracción de tierras se realizan mediante pozo vertical (extracción vertical). Por tanto, hay un acceso que se realiza por la propia Estación de Cuatro Vientos a construir, mientras que los otros dos corresponden a las salidas de emergencia del PK 0+200 y PK 1+032.

#### 5.9.5 Estudio de subsidencias

En el Anejo 11.-*Túneles* se incluye el análisis de subsidencias y previsión de movimientos de cada una de las alternativas planteadas.





### 5.9.6 Tratamientos del terreno

La construcción de túneles urbanos presenta un nivel de dificultad adicional debido a la existencia de edificios, servicios u otras infraestructuras próximas al trazado que podrían verse afectadas por los movimientos inducidos durante las excavaciones. Para mitigar estos efectos se disponen medidas especiales destinadas a controlar los movimientos generados.

#### 5.9.6.1 Tratamiento del terreno para edificaciones

Las **inyecciones de compensación** constituyen el único tratamiento del terreno que afronta los efectos de la subsidencia de manera activa, lo cual permite reaccionar de forma eficaz ante cualquier diferencia respecto a los resultados esperados.

El principio de las inyecciones de compensación consiste en evitar la descompresión del suelo debida a la excavación, inyectando dosis muy precisas de lechada entre el túnel y los edificios que han de protegerse.

En principio, se prevé realizar inyecciones de compensación en las siguientes zonas de cada alternativa:

- Alternativa 1: Se contemplan inyecciones de compensación bajo los edificios ubicados [REDACTED]. Estos edificios disponen de sótano. Para su realización, se prevé la ejecución de un pozo de tratamiento en la confluencia de ambas calles para las inyecciones [REDACTED], así como aprovechar el pozo de ventilación [REDACTED] para la ejecución de las inyecciones [REDACTED].

Igualmente, se contempla la posibilidad de realizar inyecciones de compensación bajo los edificios de la Base Aérea de Cuatro Vientos si fuera necesario, tanto de edificios existentes como de las nuevas edificaciones que se tiene previsto construir, de las cuales se desconocen sus características.

- Alternativa 2 [REDACTED] Se contemplan posibles inyecciones de compensación bajo los edificios ubicados en la Base Aérea, [REDACTED]. Igualmente, se contemplan inyecciones de compensación en aquellos puntos en los que se supera el umbral de asientos admisibles y distorsión angular, [REDACTED].

- Alternativa 3: Se contempla la posibilidad de realizar inyecciones de compensación bajo los edificios [REDACTED]

#### 5.9.6.2 Tratamiento del terreno para tuneladora o método tradicional

Para la ejecución de pozos de ataque de la tuneladora, ya sea para inicio de entrada y salida de algún tramo, como entrada y salida de zonas de estación, se realizará un tratamiento especial en los emboquilles de la tuneladora para evitar inestabilidades.

En el pozo de ataque de la tuneladora de las alternativas 1 y 3, se construirá un recinto de pilotes de mortero, formado por una malla de pilotes de 0.80 m de diámetro al tresbolillo separados 2.40 m entre sí, en un área de 13x16 m, aproximadamente hasta una profundidad de unos 4 m por debajo de la cota de contrabóveda del túnel.

Solución similar se plantea en el caso de entrada de la tuneladora en la estación en la alternativa 1, así como para la entrada y salida en la alternativa 3, junto con la entrada en el pozo de extracción de la tuneladora.

En estos casos y de manera adicional, se realizará un anillo de sellado en el interior de los pozos o de la estación con objeto de disponer de un elemento adicional para garantizar la estanqueidad de las estructuras.

En el caso de túnel construido por el Método Tradicional de Madrid se llevarán a cabo **inyecciones de consolidación** en el trasdós de pantallas para evitar cualquier inestabilidad. Las inyecciones de consolidación previstas se ejecutarían en las siguientes zonas:

- Alternativa 1. Inyecciones de consolidación en la salida de la nueva estación de Aviación Española [REDACTED]
- Alternativa 2. Inyecciones de consolidación en trasdós de las pantallas del actual fondo de saco [REDACTED] así como para la entrada y salida de la nueva estación de Cuatro Vientos [REDACTED]

Se contemplan **paraguas de micropilotes** en los emboquilles para inicio de excavación en las zonas ejecutadas mediante Método Tradicional de Madrid desde las pantallas (tímpanos) de estaciones, y los emboquilles de túneles (ramales) ejecutados con este método desde los telescopios ejecutados entre pantallas.

### 5.9.6.3 Tratamiento en cruces bajo Metro o Cercanías

En el cruce del túnel bajo la Línea 5 de Cercanías, y bajo la Línea 10 de Metro, se contempla la ejecución de barreras semi-rígidas mediante tratamiento de jet-grouting.

## 5.10 INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS Y EDIFICACIONES

Dentro del Anejo 12 del presente Estudio Informativo, se realiza una exhaustiva identificación de los edificios e infraestructuras que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto acorde al PPTP, *“Se estudiará la cimentación de las edificaciones a una distancia de 100 metros de los diferentes trazados”*.

Esto incluye una descripción detallada de los edificios existentes, análisis de sus condicionantes, posibles afecciones y condicionantes que puedan tener relevancia para el proyecto en cuestión.

Se ha tomado como principal referencia la base de datos del catastro actualizada (<https://www.sedecatastro.gob.es>), y se han seleccionado todos los edificios comprendidos en la franja de las tres alternativas diseñadas.

En algunos casos, se ha contado también con información facilitada por los propios vecinos de los inmuebles, especialmente en lo referente a la existencia o no de sótanos en los edificios.

Se ha realizado consulta de los datos y planos disponibles de las edificaciones que se ubican sobre la traza en el Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible. Secretaría General Técnica. Subdirección General de Contratación y Asuntos Generales. Negociado de Testimonios (calle Ribera del Sena, 21, 28042). Señalar que en algún edificio se han detectado notables diferencias entre los datos que figuran en el Área de Gobierno de Desarrollo Urbano y lo realmente construido, diferencias de las que se ha dejado constancia en el anejo nº12 de Inventario de edificaciones de este Estudio Informativo.

Igualmente, se ha consultado en el Colegio de Arquitectos de Madrid COAM los posibles expedientes de algunos edificios, no encontrando información relativa a ninguno de los consultados.

Indicar que parte del trazado de las diferentes alternativas discurre bajo la instalación militar de la Base Aérea de Cuatro Vientos, y al tratarse de una instalación militar operativa, dicha información afecta a la Defensa Nacional y los datos de las diferentes edificaciones son información restringida, por lo que solamente se incluye en el inventario aquella información

pública relativa a la Base.

Para las condiciones relativas a las plantas de altura y los sótanos de profundidad, se ha tomado como valor para cada una de las edificaciones las que se declaran en el catastro, habiendo comprobado en el sitio las alturas de cada una de las edificaciones.

Como resumen, se ha procedido a la elaboración de las fichas de cada una de las edificaciones incluidas en la franja de +/-100m a cada lado de cada alternativa de trazado, así como un cuadro resumen con la relación de todas ellas. Se adjunta esta información como apéndice al Anejo nº 12 de este Estudio Informativo.

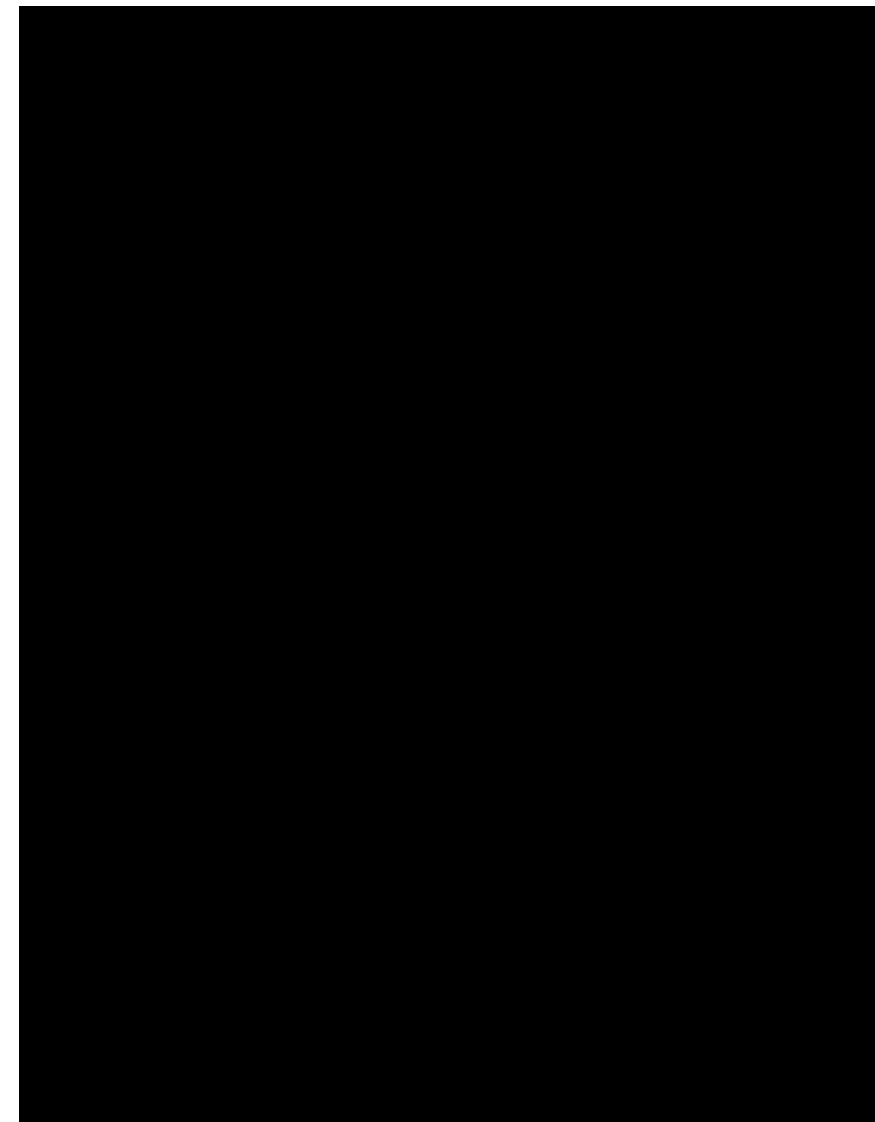


ILUSTRACIÓN 18 - FRANJA DE EDIFICACIONES AFECTADAS POR EL ESTUDIO

## 5.11 INSTRUMENTACIÓN Y AUSCULTACIÓN

Para el diseño de la auscultación de las distintas Alternativas, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las tres alternativas del trazado inician desde las instalaciones de Metro de Madrid correspondientes a las Cocheras de las líneas en explotación L10 y L11 (también denominadas Depósito de Cuatro Vientos).

- [REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

- Las diferentes alternativas, durante su ejecución, cruzarán bajo las siguientes infraestructuras existentes:

- Línea de Cercanías C-5 (██████████)
- Línea de Metro de Madrid L-10 (██████████)
- ██████████ Aeropuerto Cuatro Vientos ██████████
- Autovía A-5 ██████████
- Avenida de la Aviación ██████████

- 

### 5.11.1 Niveles de Control

La evaluación del nivel de control durante la ejecución de la obra, se basa en la zonificación de los trazados de las diferentes alternativas, basada a su vez en la evaluación cualitativa y cuantitativa de los siguientes factores:

- Profundidad de la excavación
- Presencia de agua en el frente o niveles de agua colgados
- Materiales en el frente de excavación
- Materiales sobre clave
- Presencia y estado de edificaciones próximas

Estos criterios se basan en las “Recomendaciones generales para el diseño del plan de auscultación y control de noviembre de 2004 prescritas por MINTRA para el Plan de Ampliación del Metro de Madrid 2003 – 2007”.

TABLA 24 - DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE CONTROL

NIVEL DE CONTROL	Edificaciones o servicios en el entorno de la excavación (1)	Previsión de movimientos inducidos (2)	Recubrimiento relativo de terciario Hp/D (3)	Presencia de agua (4)
VERDE	Alejados de la zona de influencia de las excavaciones. Exterior de 2i	No supera el nivel ámbar de movimientos adicionales admisibles	$Hp/D > 1,0$	No es previsible la presencia de niveles arenosos con agua en el frente de excavación
AMBAR	Se encuentran en la zona de influencia de las excavaciones, entre (-2i, -i) y (i, 2i)	Se sitúan entre el umbral ámbar y rojo de movimientos adicionales admisibles	$0,5 < Hp/D < 1,0$	Se interceptan algunos niveles arenosos con probable presencia de agua.
ROJO	Se encuentran en la zona de influencia de las excavaciones (sobre las mismas, entre -i, i)	Superan el nivel rojo de movimientos adicionales admisibles	$Hp/D < 0,5$	Se interceptan numerosos niveles arenosos con agua.

En cada tramo homogéneo en que podrían dividirse los trazados, el nivel de control será el más restrictivo de los 4 parámetros analizados.

TABLA 25 - APLICACIÓN DE LOS NIVELES DE CONTROL A CADA ALTERNATIVA DE TRAZADO

### 5.11.2 Secciones de control

Para llevar a cabo el nivel de control exigible mediante auscultación, se han definido un total de nueve (9) secciones distintas. Estas secciones se describen en el Anejo 13.-*Auscultación e instrumentación* y se han elaborado planos. Las secciones son las siguientes:

- Sección de instrumentación de túnel ejecutado con TBM (ST TBM)
- Sección de instrumentación de Túnel ejecutado con MTM (ST MTM)
- Sección de instrumentación en superficie tipo I (ST Sup I)
- Sección de instrumentación en superficie tipo II (ST Sup II)
- Sección de instrumentación en pantallas de cocheras y pozo de ataque (ST Pozo Ataque)
- Sección de instrumentación en pantallas de estación (ST Estación)
- Secciones de instrumentación en salidas de emergencia y pozos de ventilación (ST SE) (ST PV)
- Sección de instrumentación en cruce con infraestructura ferroviaria existente (ST Infraest Ferrea)
- Instrumentación en fachadas de edificios existentes (Fachadas)

Es necesario mencionar con el objeto de minimizar la interacción de los trabajos de auscultación en los terrenos propiedad del Ministerio de Defensa alrededor del ámbito del Sistema General Aeroportuario de Cuatro Vientos, se ha diseñado la instrumentación automatizada de las secciones de superficie dispuestas alrededor de las pistas de aterrizaje y despegue.

De la misma manera, se ha diseñado la instrumentación automatizada en las interacciones con infraestructuras ferroviarias existentes.

### 5.11.3 Control de Umbrales Protocolo De Actuación

Los procedimientos a poner en marcha en correspondencia con los niveles de alerta o niveles de control establecidos serán los siguientes:

TABLA 26 - PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE SUPERACIÓN DE UMBRALES

PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE SUPERACIÓN DE UMBRALES		
VERDE	ÁMBAR	ROJO
- Continuar con la frecuencia establecida en el Plan de Auscultación.	- Incremento de la frecuencia de lecturas y evaluación de la situación a partir de la magnitud o velocidad de evolución del parámetro registrado - Inspección visual somera - Revisión del proceso constructivo - Introducción de medidas correctoras o de refuerzo	- Análisis de la situación - Colocación de Instrumentación complementaria si es preciso - Revisión del proceso constructivo - Introducción de medidas correctoras o de refuerzo

## 5.12 DISEÑO DE ESTACIONES

### 5.12.1 Criterios de Diseño

Para el diseño de las estaciones se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Criterios de funcionalidad, movilidad y accesibilidad
- Criterios de seguridad
- Criterios de mantenimiento
- Criterios estéticos y arquitectónicos
- Criterios económicos

En base a los mismos, y atendiendo a los condicionantes particulares existentes en el entorno de la estación, se diseña una definición funcional y volumétrica de la misma, procurando favorecer al máximo la movilidad y accesibilidad del pasaje a los espacios públicos y minimizar los recorridos necesarios entre el exterior y los andenes; a la vez que se da cumplimiento a la normativa de accesibilidad y de seguridad.

Las nuevas estaciones tienen acceso para personas con movilidad reducida mediante

ascensores, disponiendo como mínimo de un itinerario adaptado entre el exterior y el acceso a los trenes de acuerdo con la legislación vigente de accesibilidad para personas de movilidad reducida (PMR).

A partir de este primer diseño funcional de la estación se procede a verificar la viabilidad ejecutiva de la misma, incorporando al diseño tanto criterios estructurales como necesidades asociadas a los procedimientos constructivos. Se ha propuesto un procedimiento constructivo de las estaciones del tipo Cut & Cover, consistente en ejecutar en primer lugar las pantallas laterales, que servirán tanto como contención de tierras como de apoyo de los forjados y la losa superior; a continuación, se ejecutaría la losa superior. Una vez ejecutada, se puede restablecer el uso que hubiese en superficie, como el tráfico rodado, a la vez que se sigue trabajando por debajo, excavando tierras y avanzando en la construcción de forjados (o niveles de apuntalamiento) en sentido descendente.

El diseño se completa con la identificación y dimensionado de los diversos espacios: accesos, vestíbulos, barrera tarifaria, andenes, salas técnicas, etc. atendiendo a los requerimientos necesarios para su operación en cuanto a ventilación, drenaje, energía y seguridad, definiendo las condiciones en relación a pozos de ventilación, bombeo, subestaciones eléctricas y vías de evacuación de túnel y estaciones.

A continuación, se relacionan los requerimientos funcionales que se han considerado en el diseño de las estaciones:

#### 5.12.1.1 Andenes

- Las estaciones se sitúan en alineación recta y la rasante de pendiente nula.
- Se define la cota del andén respecto a la vía a 1,05 m por encima de la cota de carril.
- La longitud de los andenes se establece en 115 m.
- Se ha considerado el diseño de las estaciones con andenes laterales de 4,5 m de anchura.

#### 5.12.1.2 Comunicación vestíbulo-andén

La comunicación vertical entre el vestíbulo y los andenes se resuelve mediante escalera fija y escaleras mecánicas de bajada y subida, mediante recorridos continuos, lo más directos y simples posible. Se requieren niveles intermedios en función de la profundidad del túnel.

También se han dispuesto ascensores para PMRs que comunican directamente los niveles vestíbulo con andén.

A nivel dimensional, en los ascensores se ha considerado un hueco de 3x3 metros.

En las escaleras (fijas, mecánicas y de emergencia de la estación) se ha dimensionado su ancho en función del estudio de evacuación, para garantizar que se cumple el objetivo de evacuar los andenes en menos de 4 minutos. Como valores mínimos se adopta un ancho de paso de 1 m en las escaleras mecánicas, de 2,60 m en las escaleras fijas, y de 2 m en las escaleras de emergencia.

#### 5.12.1.3 Vestíbulos

Los vestíbulos de las estaciones se diseñan atendiendo a factores estéticos y funcionales, contando con la superficie necesaria para ubicar los elementos requeridos para circulación y control de viajeros (torniquetes, máquinas expendedoras de billetes, pasos enclavados de accionamiento electromagnético) así como las salas técnicas o de personal necesarias.

La cota de vestíbulo se dispone para permitir en general un espesor de tierras por encima del forjado de cubierta máximo de 1,00 m, de modo que se permita la urbanización superior, el paso de instalaciones y plantaciones vegetales.

#### 5.12.1.4 Accesos

Los accesos a las estaciones desde la vía pública se ubican de forma que la entrada al vestíbulo sea lo más directa posible, evitándose todo camino redundante. En general están dotados de escalera fija y escaleras mecánicas de bajada y subida, además de ascensor.

La ubicación de los accesos en la vía pública tiene en cuenta la urbanización de la superficie, habilitándose templete siempre que el espacio en superficie lo permita.

Se prevé la ubicación de puertas cortavientos entre el acceso desde la calle y la barrera tarifaria.

En la nueva estación de la Alternativa 1 sí se define un nuevo acceso desde el exterior, no así

en las estaciones de Alternativas 2 y 3, a las cuales se accede desde los accesos existentes en la estación de Línea 10 de Metro.

#### 5.12.1.5 Salas técnicas

Se muestra a continuación una tabla resumen con la relación de salas técnicas y las necesidades a nivel de superficie y dimensiones.

TABLA 27 - RELACIÓN DE SALAS TÉCNICAS Y DIMENSIONES

Cuarto Técnico	Abrev.	Dimensiones
Subestación de Tracción	SE	25x15 m / 60x15 m
Centro de Transformación – Alta Tensión	CAT	40 m <sup>2</sup> (6.5 x 6.5 m)
Centro de Transformación – Baja Tensión	CBT	42 m <sup>2</sup> (6 x 7 m)
Cuarto de protección contra incendios	PCI	30 m <sup>2</sup>
Cuarto para Seccionador de Línea Aérea	CS	3 x 2,5 m <sup>2</sup>
Cuarto Auxiliar de Comunicaciones	CC	6 m <sup>2</sup> (2 x 3 m)
Cabina de Andén – De Cabecera	CA	15 m <sup>2</sup>
Cabina de Andén – Intermedia	CA	15 m <sup>2</sup>
Cuartos para conductores		10–15 m <sup>2</sup>
Cuartos de Comunicaciones	CC	40 m <sup>2</sup>
Cuarto de telefonía	TM	18 m <sup>2</sup>
Cuarto de enclavamiento	CE	50 m <sup>2</sup>
Sala de Ventilación inmisión	VENT	Sala simple: 16x4,5 m y chimenea de 2x4,5 /3x3 m Sala doble: 16x7 m y chimenea de 2x7 / 3,5x4 m
Pozos de Compensación	COMP	Rejilla 14 m <sup>2</sup> (3x4,5 m)
Fuentes de Andén		-
Bombeo de fecales	BP	12 m <sup>2</sup>
Bombeo de pluviales		-
Cuarto para equipo de escaleras mecánicas	EM	Una escalera 3x3 m Dos escaleras 5x3 m
Cuarto auxiliar de ascensor		-
Cuarto de operador	CO	15 m <sup>2</sup>
Cuarto para el control de instalaciones	CCI	20-25 m <sup>2</sup>
Aseos Masculino y Femenino para personal de metro	AS	-



Cuarto Técnico	Abrev.	Dimensiones
Vestuario Masculino y Femenino para personal de metro	VEST	-
Cuarto de Basura	CB	3x4 m
Cuarto de Limpieza	CL	3x4 m
Cuarto de condensadoras	COO	35 m²
Cuarto de Equipos	EQ	20 m²

En las estaciones se han reservado espacios para ubicar las dependencias técnicas necesarias para la explotación. En cuanto a su ubicación, se ha priorizado el aprovechamiento de espacios a nivel de andén que no generen incrementos de sección transversal, ubicando las dependencias que no puedan albergarse en este nivel en niveles superiores.

En caso de que sea necesaria una subestación de tracción para poder alimentar el material rodante (únicamente en Alternativa 1), esta se ubica en la planta de vestíbulo, con ventilación directa desde calle.

5.12.2 Descripción del Diseño de las Estaciones

El presente Estudio Informativo plantea 3 alternativas de trazado. En cada alternativa se plantea una única estación. La siguiente tabla resume la configuración de estaciones por alternativa.

TABLA 28 - ALTERNATIVAS DE ESTACIONES SEGÚN TRAZADO

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Estación	Nueva en Aviación Española	Nueva en Cuatro Vientos	Nueva en Cuatro Vientos
Disposición respecto a la estación existente			
Profundidad			
Niveles			

A continuación, se realiza una descripción de cada estación:

5.12.2.1 Estación Alternativa 1 – Nueva estación en Aviación Española

La nueva estación de la Alternativa 1 de la Línea 11 del Metro de Madrid que amplía la estación existente de Aviación Española (Línea 10 de Metro)

El diseño contempla la creación de un nuevo vestíbulo ubicado sobre el túnel de la línea 11 de Metro, desde el cual, una vez franqueados los tornos, [REDACTED] y desde ésta se producen las bajadas a los andenes de la línea 11.

También se ubica en planta vestíbulo la conexión con la estación existente de la línea 10 de Metro.

La estación alberga también, en sus distintos forjados, espacios para los diferentes cuartos técnicos necesarios para la explotación de la estación y de la línea.

En los niveles intermedios también se aprovechan para albergar dependencias y salas técnicas de mayor envergadura, tales como la subestación eléctrica de tracción. En un nivel inferior se ubica el nivel preandén, donde los usuarios que hayan ido descendiendo se dividen según el andén que vayan a tomar.

En el nivel andén, los andenes laterales tienen una longitud de 115 m y un ancho libre mínimo de 4,50 m. En la zona de desembarco de escaleras presenta un ancho mayor para poder acceder con comodidad. Este punto de acceso se encuentra aproximadamente a 1/3 respecto a la longitud total del andén.

Para cumplir con los requerimientos de evacuación, se disponen dos salidas de emergencia en cada andén, una en el extremo SO del andén y otra a 16m del extremo NE. Los tramos son de 2 m de ancho. Cada pareja de escaleras independientes para cada andén se une, una vez superado el gálibo ferroviario, para seguir ascendiendo por una única escalera hasta el nivel de calle mediante una trampilla de emergencia.

La construcción de la estación se realiza mediante un recinto de pantallas y excavación interior al abrigo de la losa de cubierta, mediante un sistema Cut & Cover.

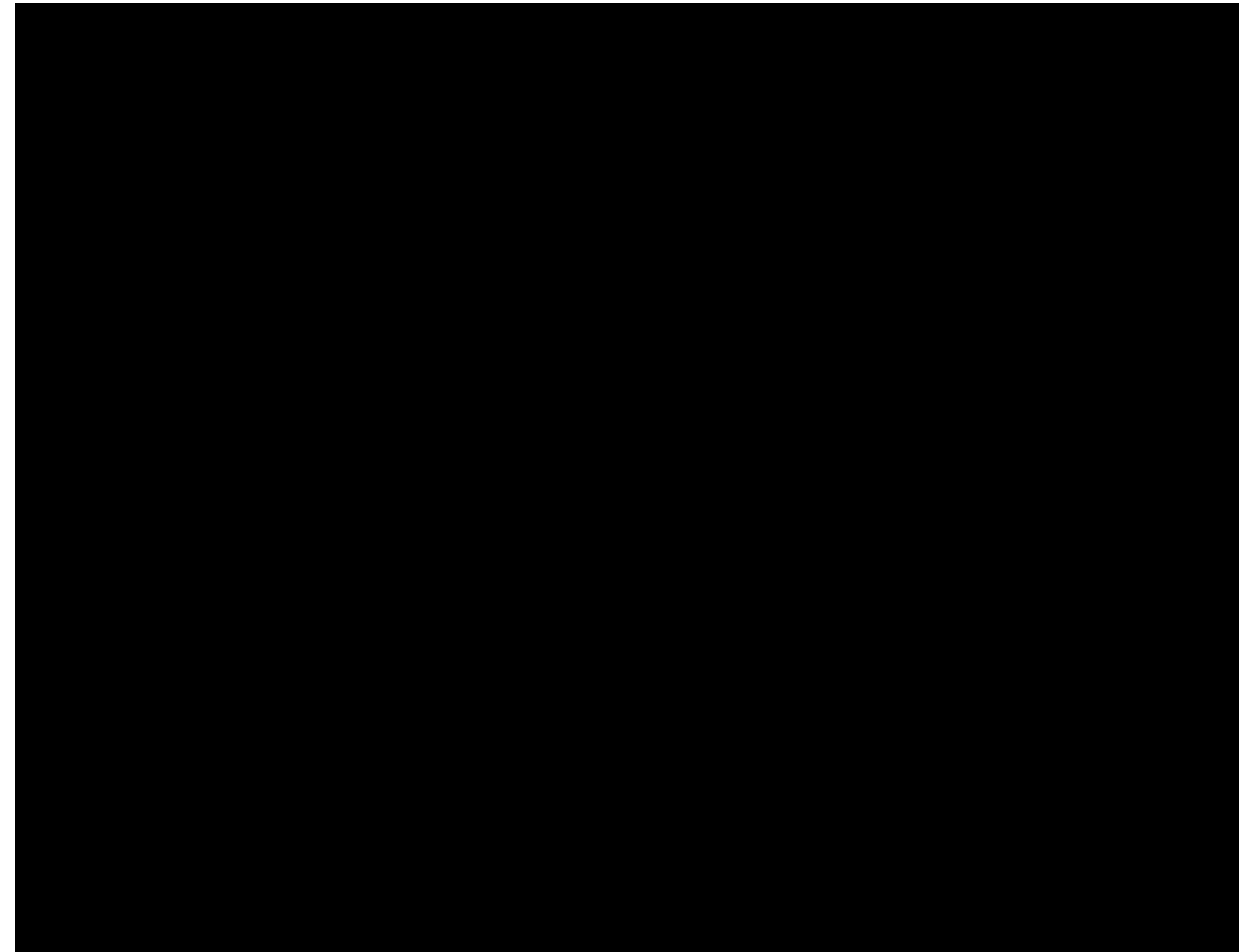
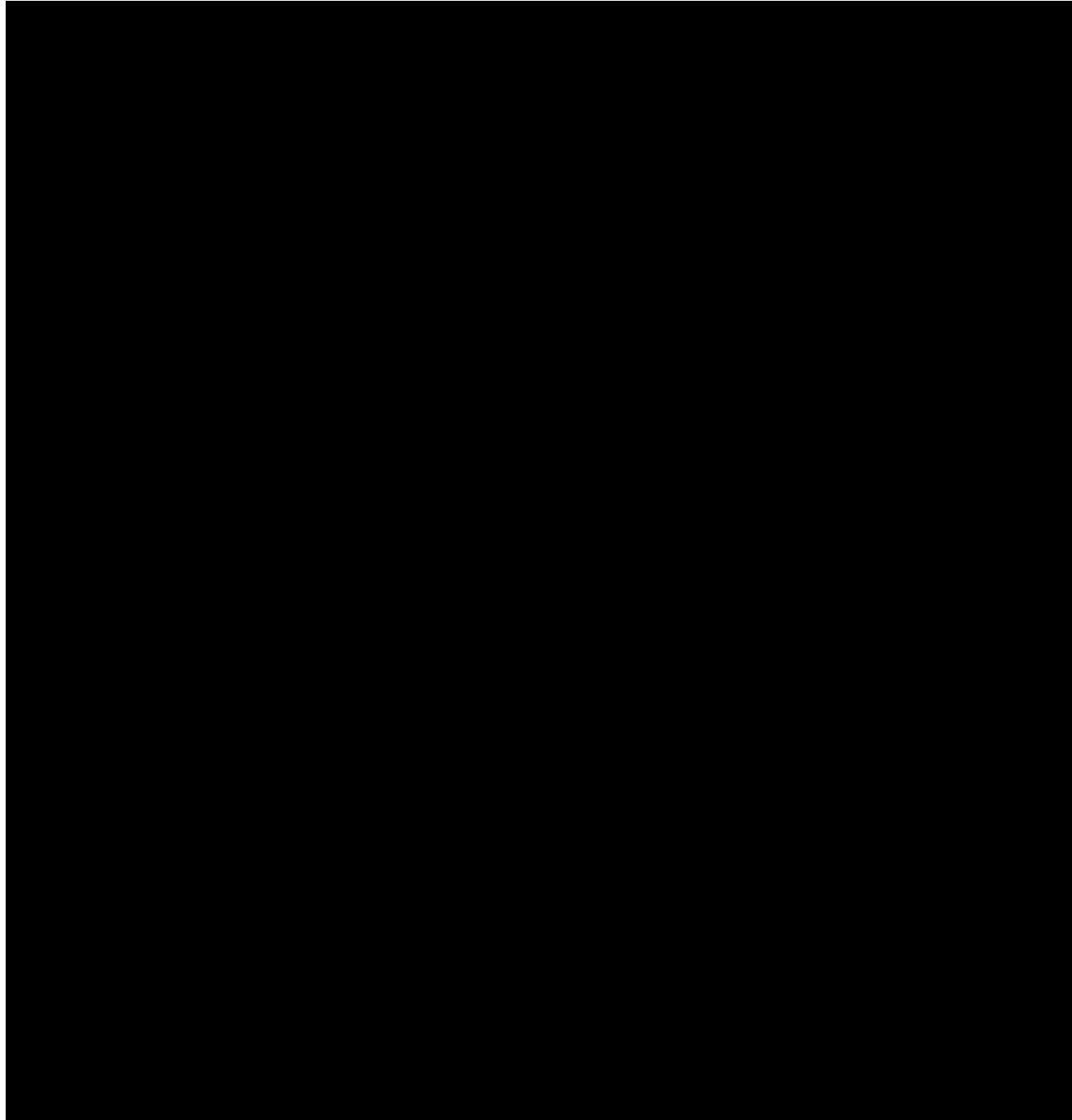
El acceso a la estación se produciría por un nuevo templete de acceso [REDACTED] [REDACTED] dotado de escaleras fijas y mecánicas. También [REDACTED] se dispondrían dos ascensores que permitirían comunicar directamente con el nivel vestíbulo.

También se podría acceder a la estación desde el vestíbulo de la estación existente de Aviación Española, a través de una nueva galería ubicada después de los tornos en ambas estaciones.

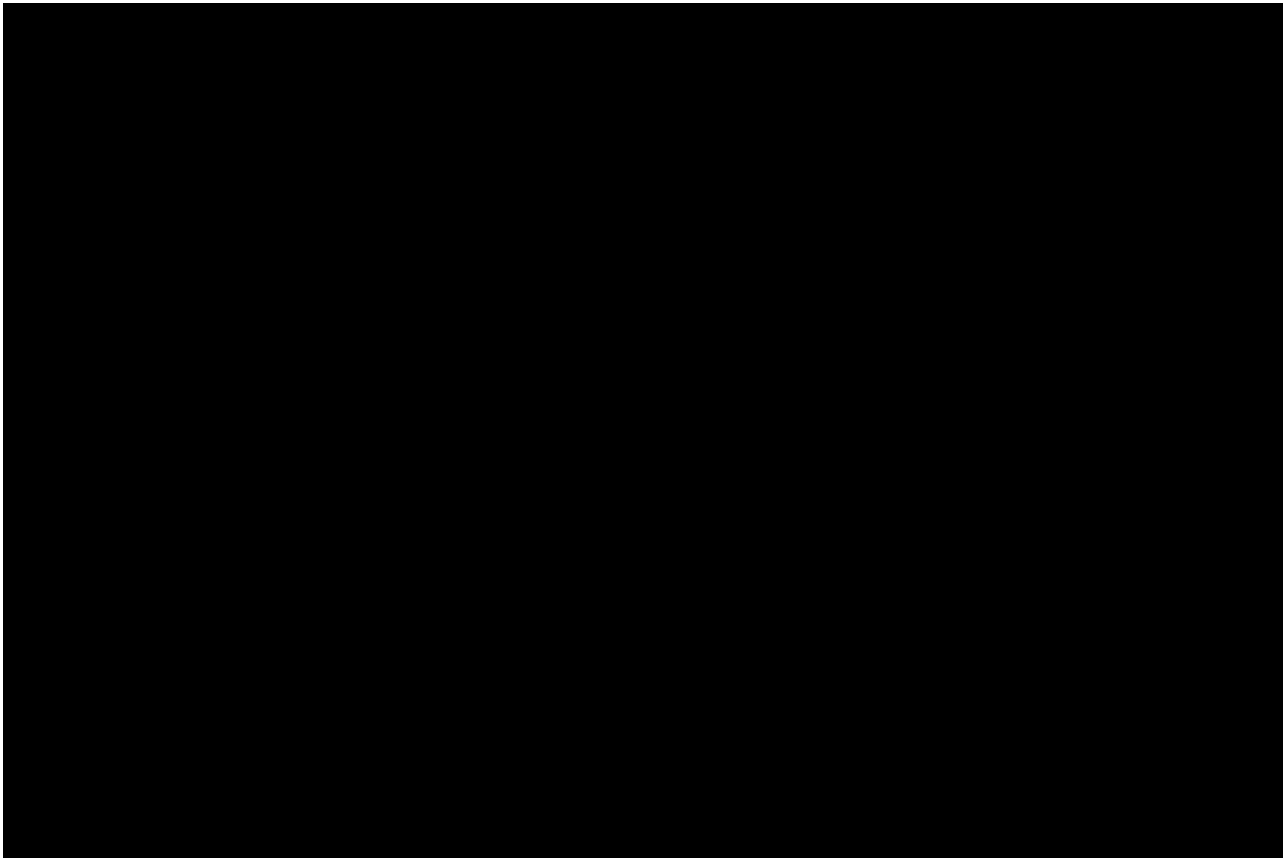


Se ha tenido en cuenta también la posibilidad de conexión con un futuro intercambiador de transporte, con autobuses, ubicado al suroeste de la nueva estación.

#### 5.12.2.2 Estación Alternativa 2 – Nueva estación en Cuatro Vientos



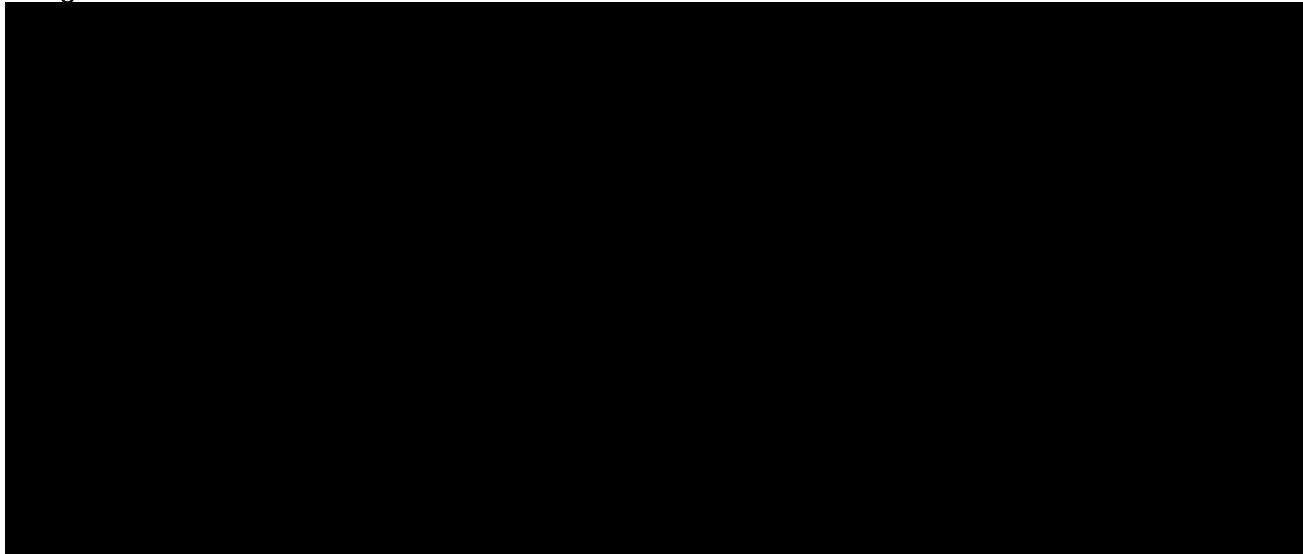
El diseño contempla la creación de un nuevo vestíbulo ubicado sobre el túnel de L11, al que se llega exclusivamente desde el pasillo que conecta con la estación actual, una vez pasados los tornos. Desde este nuevo vestíbulo, se realiza directamente la bajada a cada uno de los andenes de L11.



ILUSTRACION 25 - ESTACIÓN ALTERNATIVA 2. NIVEL VESTÍBULO

La estación alberga también, en sus distintos forjados, espacios para los diferentes cuartos técnicos necesarios para la explotación de la estación y de la línea.

En el nivel andén, los andenes laterales tienen una longitud de 115m y un ancho libre mínimo de de 4,50m. En la zona de desembarco de escaleras presenta un ancho mayor para poder acceder con comodidad. Este punto de acceso se encuentra aproximadamente a 1/4 respecto a la longitud total del andén.



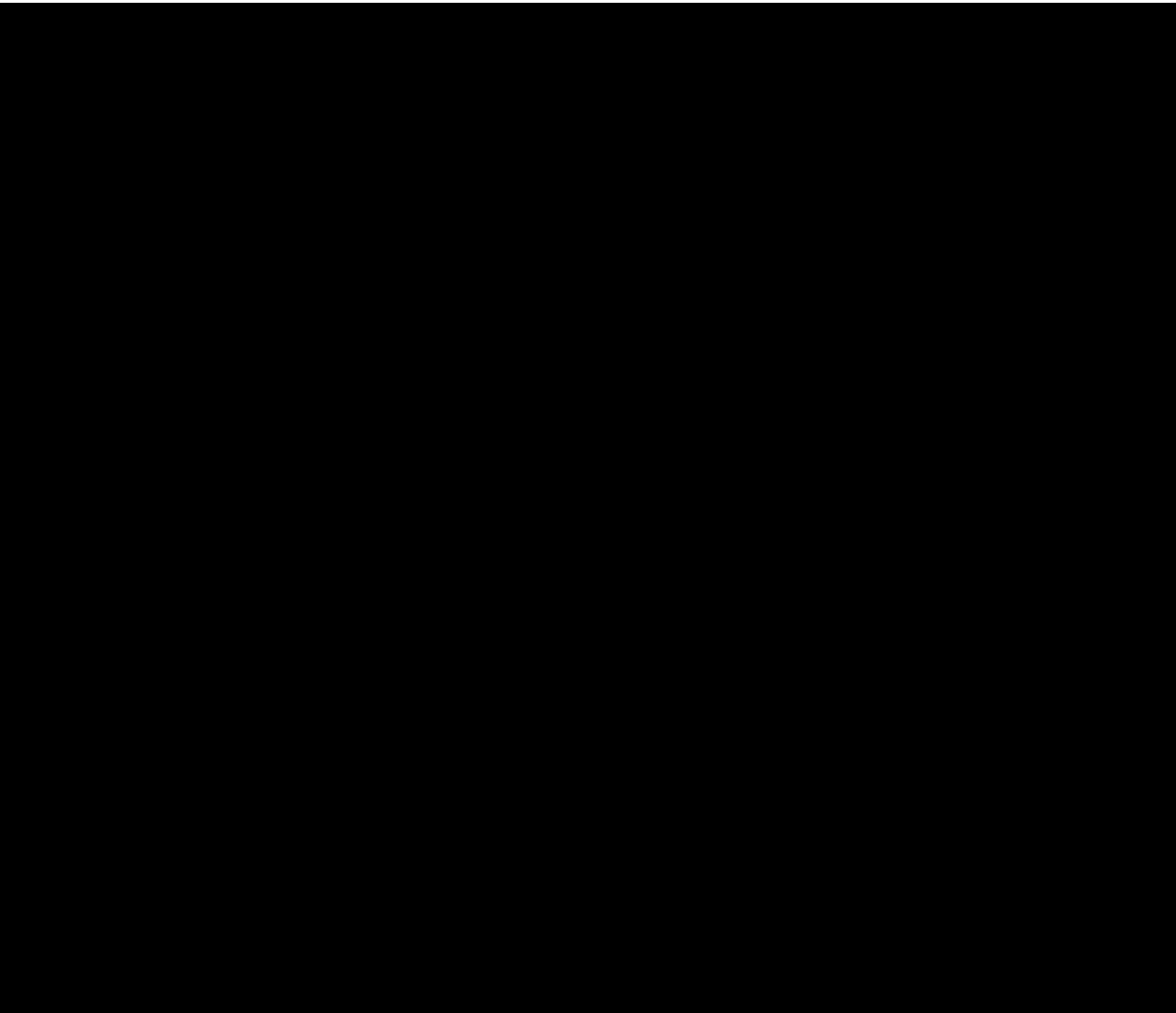
Para cumplir con los requerimientos de evacuación, se dispone una salida de emergencia en cada andén, en el extremo opuesto al acceso. Los tramos son de 2,25 m de ancho. Esta pareja de escaleras se une, una vez superado el gálibo ferroviario, para seguir ascendiendo por una única escalera hasta el nivel de calle mediante una trampilla de emergencia.

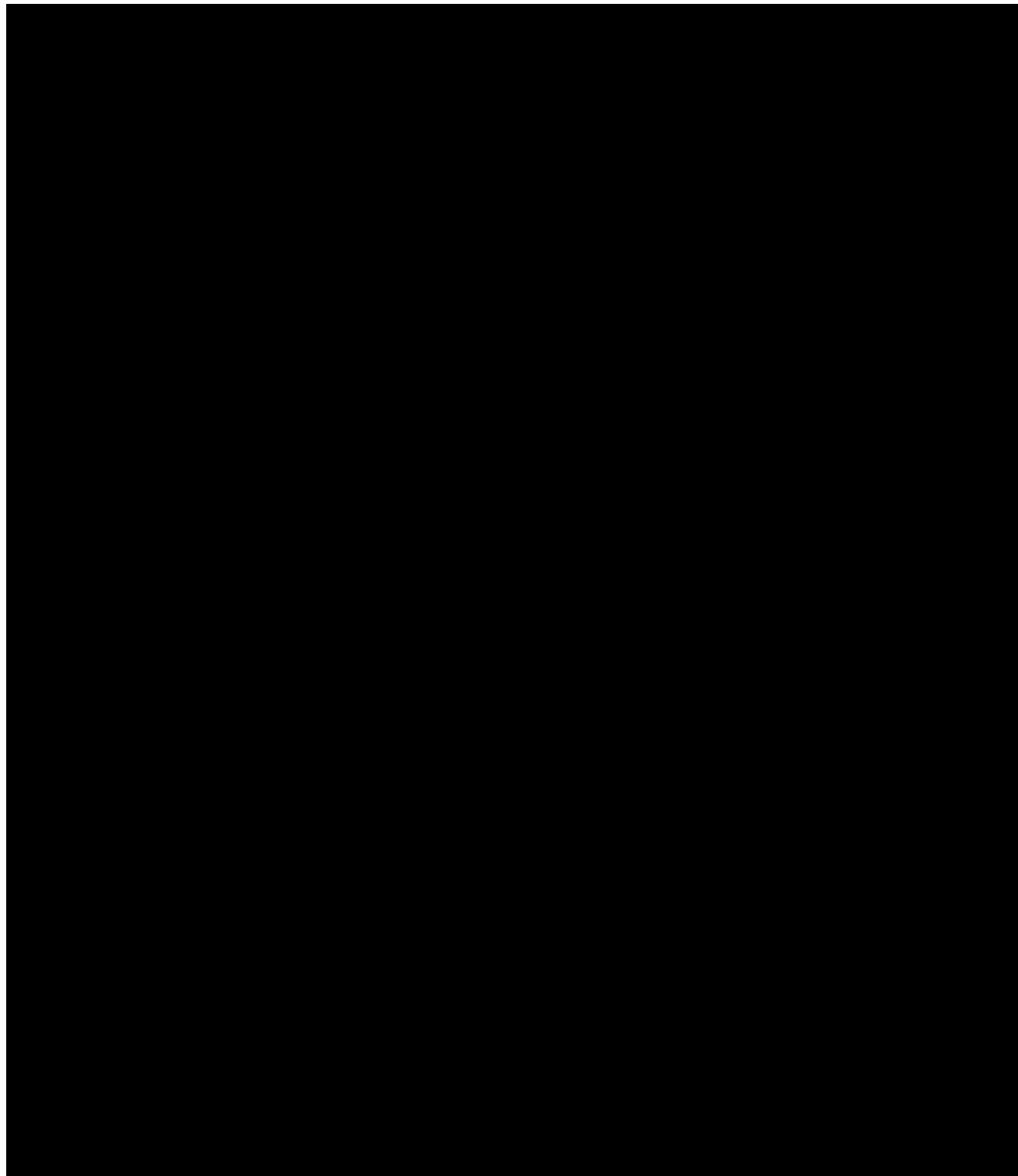
La construcción de la estación se realiza mediante un recinto de pantallas y excavación interior al abrigo de la losa de cubierta, mediante un sistema Cut & Cover.



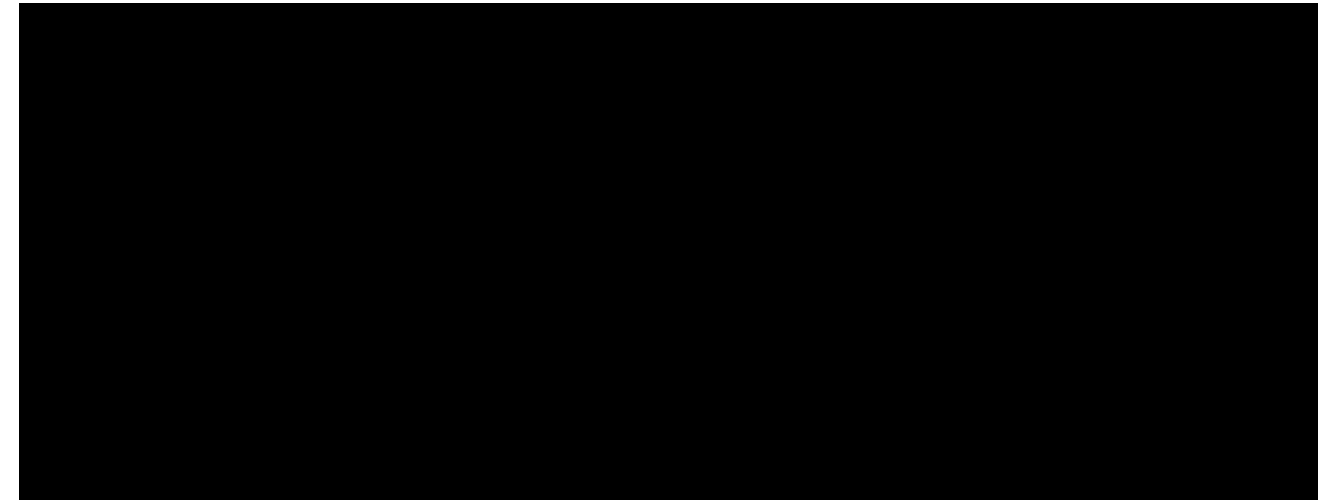
5.12.2.3 Estación Alternativa 3 – Nueva estación de Cuatro Vientos

La nueva estación de la Alternativa 3 de la Línea 11 de Metro que amplía la estación existente



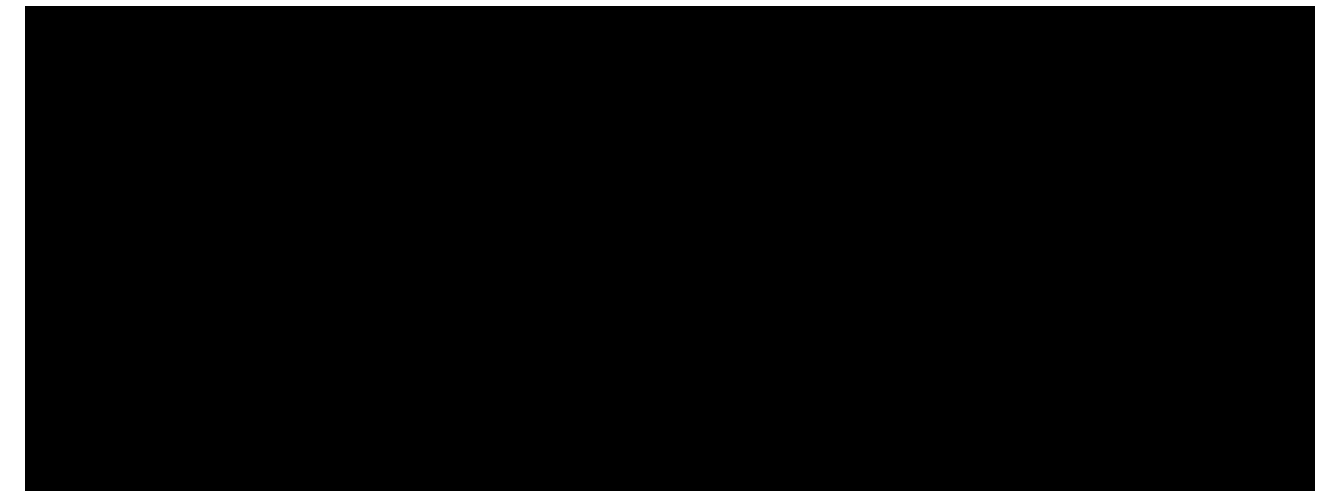


El diseño contempla la creación de un nuevo vestíbulo ubicado sobre el túnel de L11, desde el cual, una vez franqueados los tornos [REDACTED] y desde ésta última se producen las bajadas a los andenes de L11.



La estación alberga también, en sus distintos forjados, espacios para los diferentes cuartos técnicos necesarios para la explotación de la estación y de la línea.

En el nivel andén, los andenes laterales tienen una longitud de 115m y un ancho libre mínimo de de 4,50m. En la zona de desembarco de escaleras presenta un ancho mayor para poder acceder con comodidad. Este punto de acceso se encuentra aproximadamente a 1/4 respecto a la longitud total del andén.



Para cumplir con los requerimientos de evacuación, se dispone una salida de emergencia en cada andén, en el extremo opuesto al acceso. Los tramos son de 2,25 m de ancho. Esta pareja de escaleras se une, una vez superado el gálibo ferroviario, para seguir ascendiendo por una única escalera hasta el nivel de calle mediante una trampilla de emergencia.

La construcción de la estación se realiza mediante un recinto de pantallas y excavación interior al abrigo de la losa de cubierta, mediante un sistema Cut & Cover.



[REDACTED]

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED].

### 5.12.3 Materiales

En el Anejo 14.-*Diseño de estaciones*, se relaciona la propuesta de acabados considerados en el presente Estudio Informativo. Durante la redacción del Proyecto Constructivo se consensuará con Metro de Madrid la definición de los materiales de acabado para las nuevas estaciones.

## 5.13 ESTRUCTURAS Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

Las estructuras incluidas en el presente Estudio Informativo para realizar un primer encaje geométrico y diseño previo son las siguientes:

- Nueva estación de Aviación Española (Alternativa 1)
- Nueva estación de Cuatro Vientos [REDACTED] (Alternativa 2)
- Nueva estación de Cuatro Vientos [REDACTED] (Alternativa 3)
- Pozos de ventilación (Todas las Alternativas)
- Pozos de bombeo (Todas las Alternativas)
- Salidas de emergencia (Todas las Alternativas)
- Pozos de ataque de la tuneladora (Alternativas 1 y 3)
- Pozos de extracción de la tuneladora (Alternativa 1 emplea nueva estación y Alternativa 3 emplea pozo de ventilación)
- Túnel de Línea entre Pantallas (Todas las Alternativas)

### 5.13.1 Estaciones

En general, será necesario que el recinto de la estación esté construido antes de la llegada de la tuneladora (TBM) en Alternativas 1 y 3, para permitir la extracción de la TBM por ella como para permitir el arrastre de ella en nivel de andenes, respectivamente. En el caso de Alternativa 2 con túnel ejecutado mediante el método tradicional de Madrid, también será necesario la construcción del recinto de la estación inicialmente para permitir el acceso por esta como frente de ataque de la excavación.

Las estaciones previstas en las diferentes alternativas se prevé que sean construidas de manera similar, mediante recintos perimetrales de pantallas y excavación interior, siguiendo un sistema habitual de *cut and cover*. [REDACTED]

[REDACTED]  
[REDACTED]

La excavación entre pantallas continuas de hormigón armado, sistema también conocido como cut and cover, consiste en la ejecución de sendos muros paralelos de hormigón armado con sección rectangular que permiten el vaciado del terreno situado entre ambos. Estos muros no presentan interrupciones en toda su longitud, por lo que actúan también como barrera frente al agua.

La ejecución del recinto exterior de pantallas se realiza según el esquema siguiente.

La excavación en materiales tipo suelo como los que se encuentran en el ámbito de las obras se lleva a cabo con cuchara bivalva y se estabiliza con lodos bentoníticos. Para guiar la cuchara a lo largo del eje de la pantalla se ejecutan previamente sendos muretes guía de hormigón (o una zanja guía) que delimitan el espacio de operación de la cuchara.

La construcción se lleva a cabo por paneles o bataches de longitud horizontal determinada. Una vez vaciado cada panel, y tras limpiar el fondo de la excavación, se colocan en sus extremos tubos de acero cuyo diámetro coincide con el espesor de la pantalla y que actúan como encofrado. A continuación, se iza la jaula de armadura previamente montada y se coloca en el interior de la excavación.

Finalmente se procede al hormigonado del panel en sentido ascendente mediante tubería tremie. Cuando el hormigón ha endurecido lo suficiente se extraen las juntas tubulares y se va repitiendo el proceso en paneles sucesivos.

Finalizada la ejecución de todos los paneles de la pantalla, se construye una viga de coronación en la parte superior que solidarice todos los paneles evitando el tecleo de estos y proporcionando continuidad a la estructura en su parte superior.

Ejecutado el recinto perimetral de pantallas, se procede a realizar la losa superior de cubierta que cerrará la estación, hormigonando esta contra el suelo y unida a la viga de atado de las pantallas. Dado el ancho de la estación, es necesario la realización previa de unas pilas-pilote profundas que sirvan de apoyo intermedio de la losa de cubierta y los diferentes niveles de forjado de la estación.

En la losa de cubierta se dejan zonas libres para permitir el acceso al interior y posibilitar el vaciado.

Esta losa de cubierta sirve para arriostrar el sistema de pantallas en su parte superior y garantizar su estabilidad durante fases de la excavación interior. Es usual disponer arriostramientos intermedios según se va ganando profundidad en la excavación, cuya necesidad y número vendrá determinada por las características geotécnicas de los materiales y la geometría del recinto vaciado. Estos arriostramientos intermedios se materializan mediante las losas que forman los diferentes forjados de la estación, o bien sistemas de apuntalamientos provisionales interiores. En situaciones determinadas también se pueden disponer anclajes al terreno que garanticen la estabilidad de la pantalla durante la excavación al abrigo de esta.

Para la excavación de los recintos suele ser necesario un agotamiento del agua interior del recinto que permita trabajar en seco y que aumente la seguridad de las pantallas frente a empujes horizontales en fase de excavación. El bombeo necesario se diseña en cada caso particular y depende, fundamentalmente, de la altura del nivel freático y de la permeabilidad de los materiales.

Este sistema de construcción ejecutando en primer lugar las pantallas y la losa de cubierta, reduce al mínimo las afecciones en la zona de obra al posibilitar restaurar la urbanización exterior mucho antes de concluir las obras, reduciendo las incomodidades derivadas de la obra a los vecinos de la zona. Además, al ejecutar la losa de cubierta en un primer momento, se independizan los trabajos en el interior de la estación de las condiciones climatológicas, evitando retrasos producidos por este motivo.

En la ejecución de losas y cubiertas puede usarse el terreno, previamente preparado, como encofrado. En estos casos se excava en mina bajo cada nuevo nivel ejecutado.

En casos especiales puede recurrirse al uso de prefabricados (zonas muy amplias y/o huecos utilizados en fase de obra para introducción y extracción de materiales, para ventilación, etc)

La losa de fondo y la contrabóveda se hormigonan directamente contra el terreno prestando especial atención al sellado de las juntas con las pantallas, de forma que se consiga la estanqueidad requerida. En caso de cargas importantes de agua puede recurrirse a formas abovedadas (se evita el uso de contrabóvedas drenadas).

#### 5.13.2 Pozos Interestación

La ubicación y características básicas de los pozos interestación de cada alternativa se han mostrado en esta memoria dentro de la descripción general de cada Alternativa.

En la construcción de los pozos de ventilación y las salidas de emergencia se prevé, en general, su construcción mediante anillos sucesivos descendentes. Este procedimiento consta de las siguientes fases principales:

- Desvío de servicios y preparación de la zona de trabajo.
- Ejecución del anillo de armado superior.
- Excavación del primer anillo.
- Encofrado y hormigonado del primer anillo.
- Excavación y hormigonado del segundo anillo y sucesivos con el mismo proceso.
- Ejecución de los marcos de refuerzo a las alturas especificadas en plano cuando se llega a su nivel con los anillos.
- Ejecución de la losa de fondo.
- Apertura y ejecución del entronque con galería de conexión.
- Excavación de la galería de conexión con sus entronques hasta conectar con túnel.

La parte superior de los pozos de ventilación y salidas de emergencia en los que se ubican las rejillas que afloran en superficie se ubican en una zona anexa al pozo ejecutada mediante pilotes, de modo que las rejillas no queden en la vertical del pozo para evitar la entrada de agua al interior del pozo.

El último tramo de escaleras se define fuera de la vertical del pozo y dispone de un portón de salida de emergencia que permite la salida al exterior en caso de emergencia.

Los pozos de bombeo recogen el agua del túnel por gravedad, motivo por el cual han de ser

ubicados en el punto bajo del trazado. En estas zonas más profundas es previsible que exista freático, por lo que los pozos de bombeo se plantean, en principio, ejecutados mediante recintos de pilotes secantes.

Los sistemas de pilotes secantes presentan las siguientes ventajas e inconvenientes frente a sistemas de anillos sucesivos:

- Mayor estanqueidad al paso del agua en caso de freático al tratarse de elementos continuos de hormigón, frente al sistema de anillos sucesivos con juntas entre anillos por las que puede filtrarse el agua.
- Buena estabilidad y seguridad en caso de arenas saturadas, frente al posible riesgo de sifonamiento o colapso en caso de arenas saturadas.
- Mayor seguridad en la excavación que los anillos sucesivos, más riesgosos en terrenos no cohesivos.
- En contrapartida, requieren mayor superficie de trabajo tanto en superficie como en altura para mover la jaula de armadura, lo cual puede presentar algún problema en zonas urbanas muy cerradas por la proximidad de edificios.

Las principales fases a seguir en la ejecución de los pozos de bombeo mediante recintos de pilotes secantes son:

- Desvío de servicios y preparación de la zona de trabajo.
- Ejecución del recinto de pilotes secantes y viga de atado. Un recinto de pilotes secantes se ejecuta perforando pilotes contiguos de gran diámetro, de modo que se solapan parcialmente entre sí, formando una pantalla continua. Primero se hormigonan los pilotes primarios (normalmente de mortero y sin armadura), y después, en los huecos intermedios, se ejecutan los pilotes secundarios (armados), cortando parcialmente a los primarios, hasta conformar un muro estanco y resistente.
- Excavación interior hasta el primer nivel de arriostramiento.
- Ejecución del primer nivel de arriostramiento y excavación hasta el segundo nivel de arriostramiento interior.
- Repetición de fase hasta la excavación completa y ejecución de la losa de fondo.
- Ejecución de la galería de conexión con el túnel.
- Ejecución de zona de decantación y tapa de pozo.

Este mismo sistema de pilotes secantes se empleará en la construcción del pozo de extracción

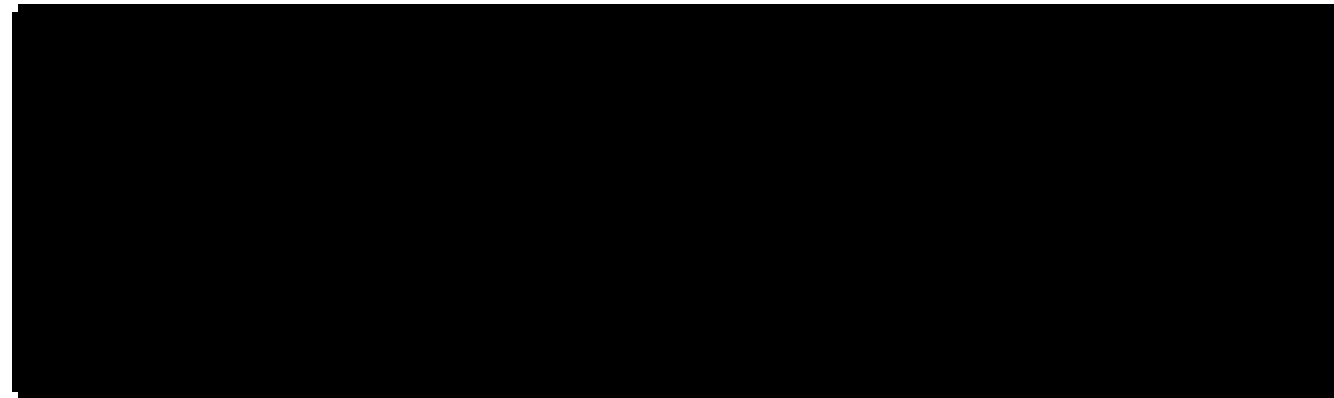
de la tuneladora de la alternativa 3, debido a sus dimensiones. Este pozo será utilizado como pozo de ventilación del final de saco del nuevo trazado de esta alternativa.

### 5.13.3 Pozos Tuneladora

#### 5.13.3.1 Alternativa 1

##### 5.13.3.1.1 Pozo de Introducción

Se implanta el pozo de introducción en terrenos de Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11, junto al pozo de introducción existente y empleado antaño para la construcción del tramo de línea La Fortuna – La Peseta. Junto al nuevo de pozo de introducción se acopiarán las dovelas y se instalará la grúa pórtico. El resto de instalaciones auxiliares se ubicarán en otra parcela, que está próxima a los terrenos de Cocheras.



ILUSTRACION 31 - ALTERNATIVA 1. POZO DE INTRODUCCION TUNELADORA

El Pozo de Introducción o de ataque se construye como recinto entre pantallas de dimensiones interiores en Planta 100,00x23,40 m. El espesor de las pantallas se estima a priori de 1,00 m de espesor. El pozo de ataque incluye, asimismo, una estructura de reacción para el empuje de los primeros anillos de dovelas. La disposición en planta permite huecos necesarios para la introducción de todas las piezas de montaje de tuneladora.

##### 5.13.3.1.2 Pozo de extracción

Para extraer la tuneladora en esta Alternativa se empleará la estructura de la nueva Estación de Aviación Española, por lo que se prescinde de pozo de extracción.

### 5.13.3.2 Alternativa 3

#### 5.13.3.2.1 Pozo de Introducción

Se implanta el pozo de introducción en terrenos de Cocheras del Metro de Madrid de Línea 11, junto al pozo de introducción existente y empleado antaño para la construcción del tramo de línea La Fortuna – La Peseta. Junto al nuevo de pozo de introducción se acopiarán las dovelas y se instalará la grúa pórtico. El resto de instalaciones auxiliares se ubicarán en otra parcela, que está próxima a los terrenos de Cocheras.

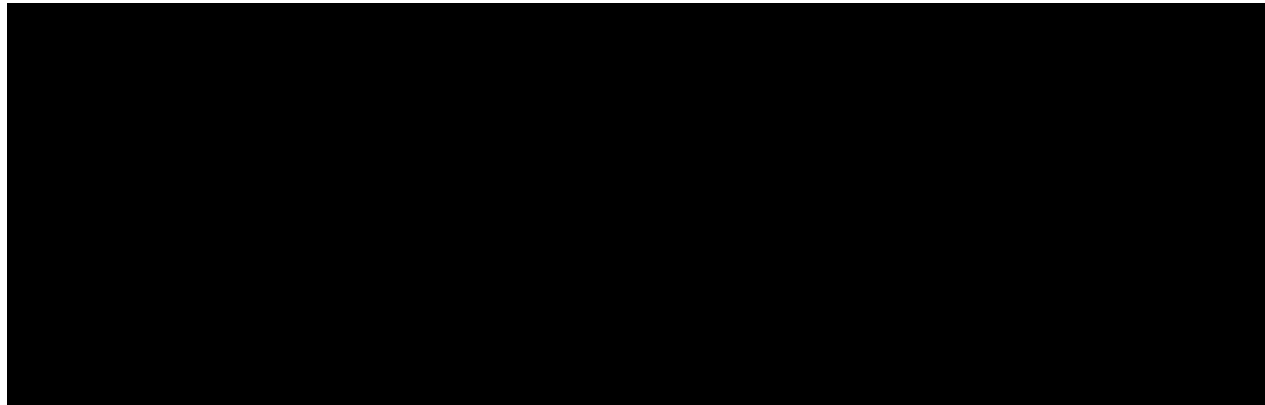


ILUSTRACIÓN 32 - ALTERNATIVA 3. POZO DE INTRODUCCIÓN TUNELADORA

El Pozo de Introducción o de ataque se construye como recinto entre pantallas de dimensiones interiores en Planta 100,00x23,40 m. El espesor de las pantallas se estima a priori de 1,00 m de espesor. El pozo de ataque incluye, asimismo, una estructura de reacción para el empuje de los primeros anillos de dovelas. La disposición en planta permite huecos necesarios para la introducción de todas las piezas de montaje de tuneladora.

#### 5.13.3.2.2 Pozo de extracción

La tuneladora se trasladará (dragging) a lo largo de la Nueva Estación de Cuatro Vientos.

La extracción de la tuneladora en la Alternativa 3 se realiza a través de un pozo ubicado al final del trazado, que a su vez será un pozo de ventilación. Este pozo se localiza en el Centro Deportivo Militar La Dehesa, propiedad del Ministerio de Defensa; concretamente junto a un aparcamiento y pista de tenis.

Se ejecutará, en principio, a través de pilotes secantes (Pilotes estructurales de Hormigón armado que incluyen pilotes intermedios de mortero con funciones de impermeabilización).

Las dimensiones en planta del pozo son de unos 17x17 m, aproximadamente.

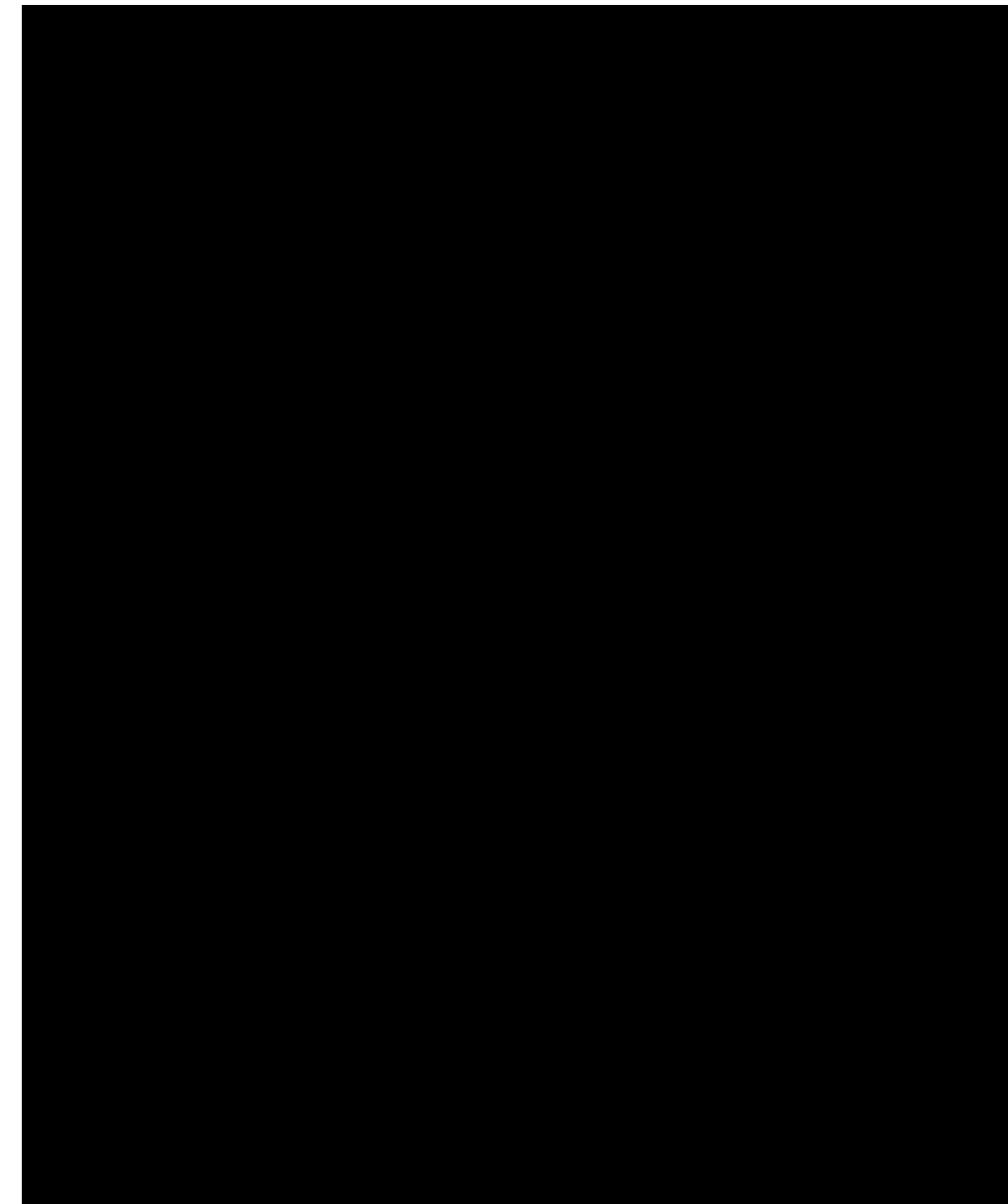


ILUSTRACIÓN 33 - ALTERNATIVA 3. POZO DE EXTRACCIÓN TUNELADORA

#### 5.13.4 **Túnel de línea entre pantallas**

Los elementos de falso túnel contruidos mediante el sistema entre pantallas cut&cover son, por un lado el Ramal de Cocheras, y por otro lado el tramo inicial de túnel de línea entre el pozo de introducción existente y el nuevo Pozo de Introducción.

- El Ramal de Cocheras es un elemento similar a las tres alternativas. Se diseña un ramal en vía única que comunica el ramal existente en vía doble con cada Alternativa. El Ramal discurre inicialmente sobre una losa de hormigón ya construida (paralelo a la vía Norte existente), hasta entroncar con el denominado Muñón (estructura existente bajo rasante). A partir del Muñón, y hasta conectar con el nuevo túnel de línea, el Ramal de Cocheras



discurre entre pantallas en un tramo no construido.

- El tramo inicial de túnel de línea entre el pozo de introducción existente y el nuevo Pozo de Introducción es un elemento similar para Alternativa 1 y Alternativa 3. Este elemento y el Ramal de Cocheras confluyen en el nuevo Pozo de Introducción. El Pozo de Introducción se ejecutará también entre pantallas, si bien no se realiza mediante cut&cover (donde la losa de cubierta se realiza previa a la excavación).

El túnel de línea de la Alternativa 2, al ejecutarse por el Método Tradicional de Madrid, prescinde del tramo inicial de túnel de línea entre el pozo de introducción existente y el nuevo Pozo de Introducción. También prescinde del Pozo de Introducción de tuneladora-

El procedimiento constructivo de túnel de línea entre pantallas es el mismo que el indicado en el apartado 5.13.1.-*Estaciones* del presente Documento, no obstante es un sistema Cut&cover sin acodamientos ni estampidores intermedios, ya que debe haber un hueco libre de obstáculos para el gálibo del material rodante.

## 5.14 ESTUDIO ENERGÉTICO

Actualmente, Metro de Madrid tiene el compromiso, dentro de sus líneas estratégicas, de lograr la máxima referencia de sostenibilidad en sus tres vertientes: económica, social y medioambiental. El Plan Energético de Metro de Madrid (PAE) y posteriormente el Plan de Eficiencia Energética (PEE), desarrolla un conjunto de 12 acciones, que buscan fomentar el ahorro y la eficiencia energética en la explotación de la red, manteniendo siempre la calidad del servicio.

En el Anejo 16.-*Estudio energético* de este estudio informativo, se han ponderado desde el punto de vista energético, todas aquellas instalaciones consumidoras de energía para las nuevas estaciones de Metro y sus túneles. Con ello, se han identificado aquellos sistemas que más afectan al consumo energético y su potencial de reducción de energía. El orden de consumo es el siguiente:

1. Sistema de ventilación de túneles
2. Transporte vertical
3. Ventilación estaciones
4. Alumbrado estaciones
5. Climatización

### 6. Alumbrado túneles.

#### Representación consumo energético en tramos objetos de estudio.

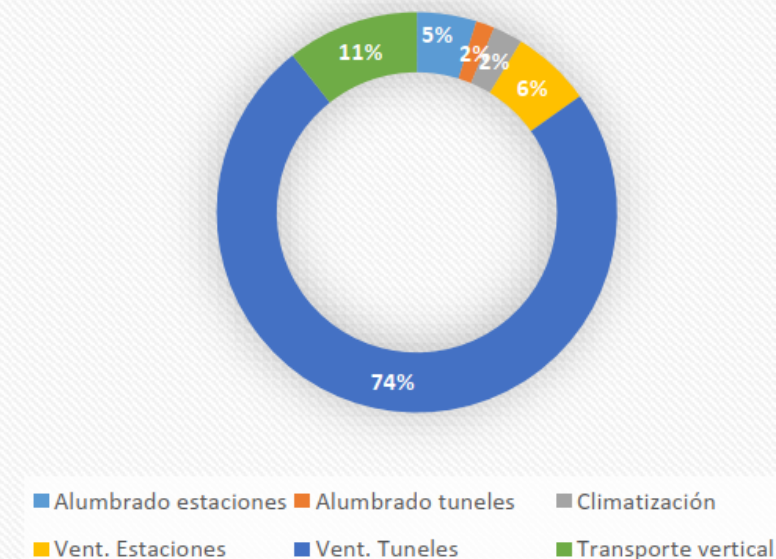


ILUSTRACIÓN 34 - REPRESENTACIÓN CONSUMO ENERGÉTICO TRAMO OBJETO ESTUDIO

Como bien se puede observar, la ventilación de túneles supone el 74% de la energía consumida por elementos no ferroviarios.

A continuación, se muestran algunas medidas de ahorro energético que se podrían adoptar en algunas de las instalaciones de las estaciones, con el ánimo de hacer más eficientes estas:

- Gestión de los sistemas de ventilación controlando los caudales de ventilación en función de las verdaderas necesidades.
- Utilización de luminarias con tecnología LED.
- Uso freecooling y de recuperadores de calor en los sistemas de ventilación y climatización.
- Aprovechamiento geotérmico para climatización mediante sondas geotérmicas.
- Implantación de equipos de transporte vertical de máxima eficiencia energética con sistemas Start/Stop – stand-by-speed y recuperación de frenada en escaleras de bajada de las estaciones más concurridas



## 5.15 SUMINISTRO ELÉCTRICO

La acometida en alta tensión se realizará desde la red próxima a 45 kV de la compañía suministradora. No obstante, la tensión de servicio precisa ser de 15 kV, por lo que se hace necesario realizar una transformación previa a dicho voltaje mediante la incorporación de una subestación eléctrica.

En la Alternativa 1 se define una nueva subestación eléctrica en la nueva estación de Aviación Española. En las nuevas estaciones Cuatro Vientos de Alternativas 2 y 3 no se construirá nueva subestación eléctrica, dado que ya existe una en la propia estación de Línea 10, a la que se conectará desde la nueva de Línea 11.

El suministro eléctrico a las estaciones y sistemas de tracción se consigue gracias a dos líneas de Media Tensión a 15 kV que discurre por el interior de los túneles (Suministro Normal y Suministro Duplicado). Uno u otro suministro podrán dar indistintamente energía a todas las necesidades de la explotación.

Estas dos líneas formarán parte de la red interna de Metro de Madrid y mantendrán su continuidad con el resto de las líneas propias de Media tensión a 15 kV. Por ser una instalación propia de Metro de Madrid, su implantación queda fuera del alcance de este estudio informativo.

Cada estación dispondrá de un centro de transformación para pasar de los 15kV de suministro a los 0,4 kV de utilización, dichos espacios serán ubicados en la planta de andén (Andén de energía). Se realizará la obra civil necesaria para ubicar todos los equipos.

Adicionalmente, todas las estaciones de Metro de Madrid dispondrán de una alimentación externa adicional en baja tensión para su uso en caso de emergencia, dando un suministro de socorro a todos aquellos sistemas indispensables para la seguridad y funcionamiento de las estaciones.

El suministro eléctrico a los sistemas de tracción se consigue mediante subestaciones que convierten la tensión de suministro de 15 kV AC a la tensión de catenaria de 1500V DC. En el presente caso, este sistema solo aplicará en la Alternativa 1, en la estación de Aviación Española.

Los túneles se dotarán de servicio de alimentación en baja tensión para el uso de los sistemas de alumbrado, tomas de fuerza y otros puntos de alimentación (salidas de emergencia, pozos de ventilación, pozos de bombeo, etc...), todas estas redes eléctricas deberán ir protegidas dentro de canalizaciones que se han tenido en cuenta en este estudio informativo.

En el Anejo 17.-*Electricidad* de este estudio informativo se realiza una descripción más detallada de las características del suministro eléctrico

## 5.16 INSTALACIONES NO FERROVIARIAS

Estas instalaciones se descomponen en los puntos siguientes:

- Distribución de energía
- Alumbrado y fuerza en túneles salidas de emergencia y pozos de ventilación.
- Transporte vertical
- Sistemas de ventilación
- Climatización de cuartos técnicos
- Saneamiento, pozos de bombeo pluviales y fecales
- Agua caliente sanitaria
- Protección contra incendios
- Redes de transporte de datos
- Telefonía
- Red Wifi en estaciones
- Información al viajero
- Venta y peaje
- Videovigilancia
- Megafonía
- Interfonía
- Control de accesos y antiintrusión
- Sistemas de control de estaciones

- Salas técnicas

#### 5.16.1 Distribución de Energía

Será necesaria la instalación de sistemas para la distribución de energía eléctrica de las estaciones y túneles, tanto a nivel de Alta Tensión como a nivel de Baja Tensión, ofreciendo un suministro de energía eléctrica con garantías y fiabilidad

Las instalaciones más representativas del sistema de distribución eléctrica son las siguientes:

- Centros de transformación
- Cuadros Generales de Baja Tensión (CGBT).
- Telemando de los centros de transformación
- Circuitos de fuerza para la alimentación de máquinas
- Acometida en BT estación

#### 5.16.2 Alumbrado y Fuerza En Túneles, Estaciones, Salidas de Emergencia y Pozos de Ventilación

Desde el Cuadro General de Baja Tensión, se alimentarán los cuadros secundarios de las distintas instalaciones y cuartos técnicos, realizándose estas instalaciones de acuerdo con las especificaciones que redacte Metro de Madrid, ofreciendo un servicio con las necesarias condiciones de fiabilidad y garantía requeridas.

Se ha contemplado que los alumbrados asegurados de estación poseen alimentación asegurada, que es, a su vez, alimentada desde el cuadro de conmutación normal - socorro. El alumbrado de socorro de túnel se dejará preparado para su alimentación desde uno de los circuitos alimentados desde el cuadro de conmutación normal – socorro, para su implantación posteriormente.

Las instalaciones de alumbrado corresponden a la iluminación de andenes, vestíbulos, accesos, cañones de paso, cuartos técnicos y pórticos, así como elementos señaléticos; y una red de puntos de fuerza (tomas de corriente) repartidos por toda la estación.

El alumbrado de las estaciones está constituido por tres instalaciones complementarias independientes: el servicio de alumbrado normal de la red interna de Metro de Madrid, el alumbrado de socorro proveniente de la acometida de baja y el alumbrado autónomo de

emergencia; incluso hay que considerar que el alumbrado normal es doble al poder ser conmutados los dos cables de alta que alimentan el centro de transformación de la estación.

Como complemento a los diversos sistemas de iluminación, se ha de considerar la “señalización fotoluminiscente” y la inclusión de la “Señalización de dirección de evacuación fotoluminiscentes”.

Por último, la iluminación del túnel tiene como finalidad permitir una evacuación segura en caso de accidente o desalojo de algún tren, así como, facilitar las operaciones de mantenimiento.

Estas líneas discurrirán por las canalizaciones preparadas a tal efecto.

#### 5.16.3 Transporte Vertical

Las estaciones estarán preparadas para la instalación de ascensores, así como para la instalación de escaleras mecánicas. Estos equipos representan un gran consumo energético dentro del total de la estación, por lo que es de importancia aplicar medidas de ahorro energético en ellos.

#### 5.16.4 Sistemas de Ventilación

Para poder desarrollar las instalaciones de ventilación en el túnel es necesaria la construcción de pozos que permitan que el aire entre y salga del sistema de acuerdo con los criterios de diseño y la creación de salas o galerías anexas para el alojamiento de los equipos mecánicos, eléctricos y de control.

En las estaciones se requiere de pozos de inmisión. En estos se capta el aire primario del exterior, desde donde se conduce el aire a la estación. Por otro lado, están los pozos de compensación, en los que el aire procedente del exterior entra directamente compensando la mayor demanda de caudal provocada por los ventiladores interestación.

Los caudales de ventilación serán tales que permitan aportar aire fresco al sistema y disipar la carga térmica del mismo. En ellos se instalarán sistemas de control acústico para limitar el ruido emitido al exterior y al interior de las estaciones.

Las salidas de emergencia disponen de una galería de entronque con el túnel o estación. En esta galería se construye un vestíbulo de independencia formado por puertas cortafuegos RF- 120 al objeto de compartimentar la zona de potencial riesgo de incendio (túnel o estación) con la escalera ascendente de evacuación. Al objeto de asegurar que el humo derivado de un incendio no pueda entrar en la salida de emergencia se dotará al vestíbulo de independencia de un

sistema de presurización.

El sistema de presurización estará formado por equipos de ventilación que captarán el aire limpio (de manera directa desde el exterior) a través de conductos convencionales o específicos creados al efecto en huecos de la construcción y lo impulsarán al interior del vestíbulo de aislamiento.

#### 5.16.5 Climatización de Cuartos y Salas Técnicas

La finalidad de esta instalación es conseguir mediante sistemas frigoríficos de refrigeración de precisión y equipos de ventilación crear unas adecuadas condiciones térmicas en los cuartos técnicos, al objeto de que los distintos sistemas, generalmente electrónicos, puedan trabajar dentro de un rango térmico admisible.

#### 5.16.6 Saneamiento, Pozos de Bombas Pluviales y Fecales

Los aportes de agua a evacuar procedentes de las infiltraciones (infiltraciones a través de túneles y pantallas) y los caudales debidos a la entrada directa de lluvia por las rejillas y otros elementos superficiales abiertos serán recogidos mediante un sistema de drenaje en toda la longitud del túnel continuando por los tramos en las estaciones. El agua recogida será conducida hasta los pozos de bombeo situados a lo largo del trazado, desde los que se impulsan para su incorporación a la red de alcantarillado

#### 5.16.7 Agua Caliente Sanitaria

Aseos y vestuarios de uso personal dispondrán de agua caliente sanitaria. Cabe la posibilidad de que su producción y acumulación será mediante equipos de geotermia.

#### 5.16.8 Protección Contra Incendios

El sistema de PCI estará constituido por los siguientes sistemas

- Sistema de detección de incendios y alarma
- Columna seca
- Extintores
- Extinción automática en cuartos técnicos

Se instalarán columnas secas en cada salida de emergencia, así como en los andenes, estaciones y pozos de ventilación. Por otro lado, se dotará de extintores en túneles y andenes.

El resto de las instalaciones de protección de incendios, como detección, alarma extinción automática, serán dotados por Metro de Madrid.

#### 5.16.9 Otros Sistemas No Ferroviarios

A continuación, se muestran todos aquellos sistemas que han de implantarse, adicionalmente a los ya mencionados:

- Redes de transporte de datos
- Sistema de telefonía
- Red de Wi-Fi de estaciones
- Información al viajero
- Venta y peaje
- Videovigilancia
- Megafonía
- Interfonía
- Control de acceso y anti intrusión
- Sistema de control de estaciones.

#### 5.16.10 Relación de Salas Técnicas y Superficies

Se muestra a continuación tabla resumen con una relación de las salas técnicas y las necesidades a nivel de superficie y dimensiones. Los valores y dimensiones han sido extraídos de documentos facilitados por Metro de Madrid. Sería necesario confirmación de Metro de Madrid de la validez de estas superficies.

TABLA 32 - RELACIÓN SALAS TÉCNICAS Y SUPERFICIES

CUARTO TÉCNICO	DIMENSIONES
Subestación de tracción	25x15 / 60x15
Centro de transformación: Alta tensión	40 m <sup>2</sup>
Centro de transformación: Baja tensión	42 m <sup>2</sup>
Cuarto de protección contra incendios	30 m <sup>2</sup>
Cuarto para seccionador de línea aérea	3 x 2,5 m
Cuarto auxiliar de comunicaciones	6 m <sup>2</sup>
Cabina de andén de cabecera	-
Cabina de andén intermedia	-
Cuartos para conductores	10-15 m <sup>2</sup>
Cuartos de comunicaciones	40 m <sup>2</sup>
Cuarto de telefonía	18 m <sup>2</sup>
Cuarto de enclavamiento	50 m <sup>2</sup>

CUARTO TÉCNICO	DIMENSIONES
Sala de Ventilación inmisión	Sala Simple: 16x4,5 m y chimenea de 2 x 4,5 m Sala doble: 16x7 m y chimenea de 2x 7 m
Pozos de compensación	14 m² (7x2)
Fuentes de andén	-
Bombeo de fecales	12 m²
Bombeo de pluviales	-
Cuarto para equipo de escaleras mecánicas	Una escalera: 3 x3 m Dos escaleras 5 x 3 m
Cuarto auxiliar de ascensor	-
Cuarto de operador	15 m²
Cuarto para control de instalaciones	20-25 m²
Aseos Masculino, y Femenino para personal Metro	-
Vestuario Masculino y Femenino para personal Metro	-
Cuarto basura	3 x 4 m
Cuarto limpieza	3 x 4 m
Cuarto de condensadoras	35 m²
Cuarto equipos	20 m²

5.17 SUPERESTRUCTURA DE VÍA

5.17.1 Túnel de Línea y Ramal de Cocheras

5.17.1.1 Sección Tipo

En todo el tramo de Túnel de Línea se ha diseñado doble vía en placa con ancho 1.445 mm y un entreeje de, al menos, 3.385 mm. Al tramo de Túnel de Línea le corresponde gálibo ancho.

El Ramal de Cocheras se ha diseñado con vía única en placa con ancho 1.445 mm. Al tramo de Ramal de Cocheras le corresponde gálibo ancho.

La distancia entre apoyos será de 0,60 m.

Este sistema de vía en placa está formado por tres elementos diferenciados:

- Prelosa de hormigón en masa
- Losa de vía de hormigón en el que irán ancladas las placas
- Placas DELKOR-ALT 1 o similar

El sistema de fijación cumplirá con la normativa europea de fijaciones para vía en placa EN 13481 Parte 5 Conjuntos de sujeción para vía en placa sin balasto, para la categoría “B”, según especifica la norma EN 13481-1 “Aplicaciones ferroviarias – Vía – Requisitos de funcionamiento para los conjuntos de sujeción”.

5.17.1.2 Material de Vía

Carril 54 E1

El carril será del tipo 54 E1 referidas a la Norma Europea UNE EN 13674. Parte 1. Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m.

Aparatos de vía

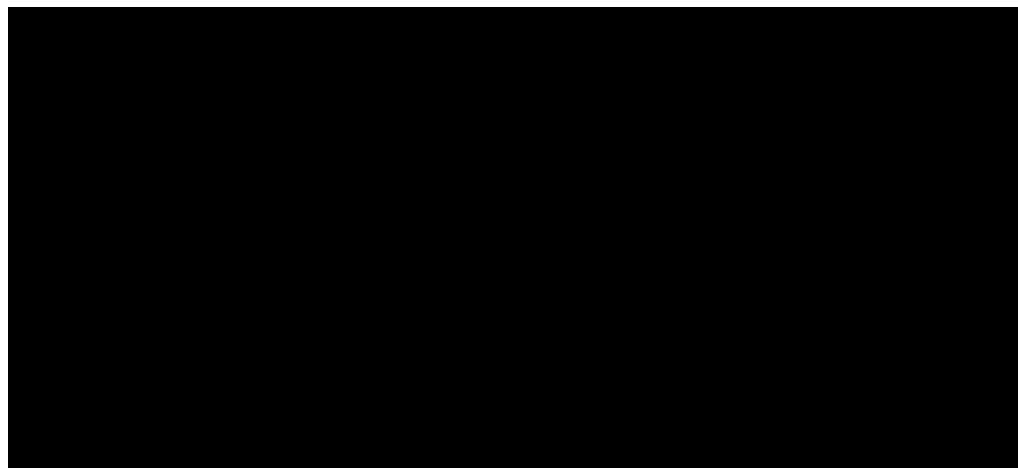
Los aparatos de vía previstos en las alternativas de este Estudio Informativo se recogen en la siguiente tabla:

TABLA 33 - APARATOS DE VÍA SEGÚN ALTERNATIVA



Manta Antivibratoria

A continuación, se señalan los tramos de túnel de línea donde técnicamente se estima necesaria la manta antivibratoria,



**Placas de Kilometraje**

Se dispondrán las placas de kilometraje por decámetros necesarias, así como las de cambio de rasante en las vías principales.

### **Toperas**

Al final del Túnel de Línea (en zona de cola de maniobras) se colocarán toperas deslizantes en cada una de las dos vías.

### **Calces descarriladores y contracarriles**

Al inicio de la vía única que conforma el Ramal de Cocheras se implantará un calce descarrilador.

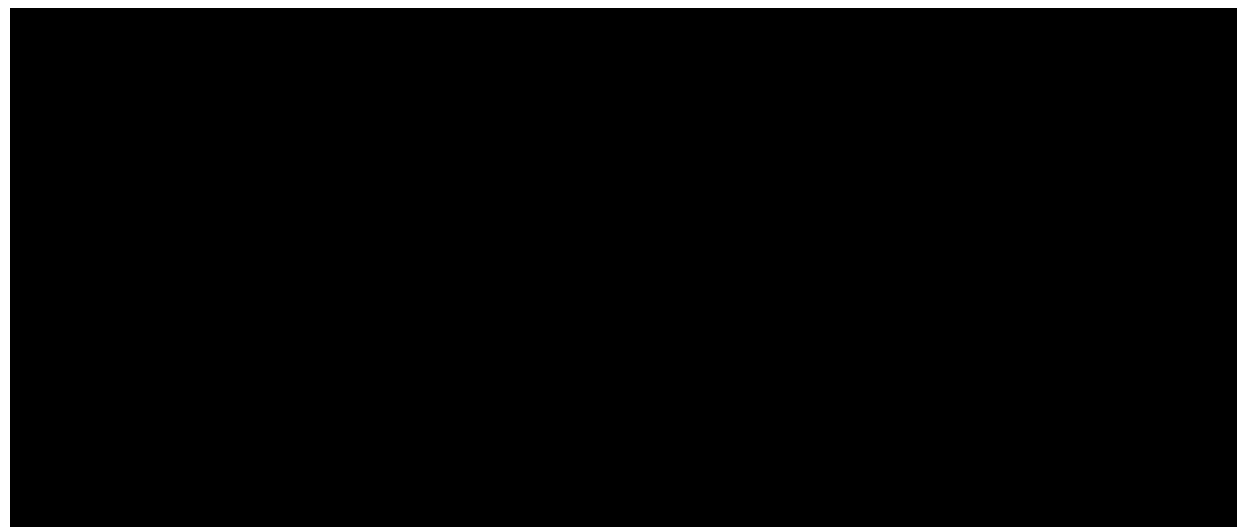


ILUSTRACIÓN 35 - CALCE DESCARRILADOR EN VÍAS EXISTENTES. JUNTO A NUEVO RAMAL DE COCHERAS

Por otro lado, dado que el Ramal de Cocheras cuenta con curvas circulares de radios reducidos, al interior de los carriles de la vía (y en el interior de la curva) se añadirán carriles paralelos que encaucen el material rodante e impida el descarrilamiento (contracarriles).

### **5.17.2 Fondo de Saco de Final de Línea 11**

Las fijaciones en la Estación de La Fortuna de Línea 11 y en el tramo de túnel de sección circular (dovelas) es placa DFF-ADH y carril 54E1 con clip SKL-3. No obstante, las fijaciones en el último tramo de sección rectangular (desde travesía hasta toperas existentes del antiguo pozo de introducción de tuneladora) son vía en taco de hormigón.

En cuanto a aparatos de vía, tanto la entrada como la salida de la Estación de La Fortuna de Línea 11 tienen doble diagonal (bretelle). Por otro lado, en el tramo de sección rectangular del Fondo de Saco de Final de Línea 11 (pozo de introducción de la tuneladora) hay una travesía (desvío en vía doble hacia Depósito Cuatro Vientos en superficie).

#### **5.17.2.1 Sustitución de Bretelles por Escapes en Estación La Fortuna**

Los dos bretelles (doble diagonal) de entrada y salida de la Estación de La Fortuna de Línea 11 serán sustituidos por escapes (diagonal) en talón.

Las juntas de contraaguja de los bretelles, más alejadas de los piñones de los andenes, serán el punto de referencia de las juntas de contraaguja (JCA) de las nuevas diagonales (escapes); de modo que los nuevos aparatos de vía queden lo más alejados posible a los piñones de andenes.

Se muestra un esquema de vía de La Estación de La Fortuna, con sendos escapes dispuestos en talón.

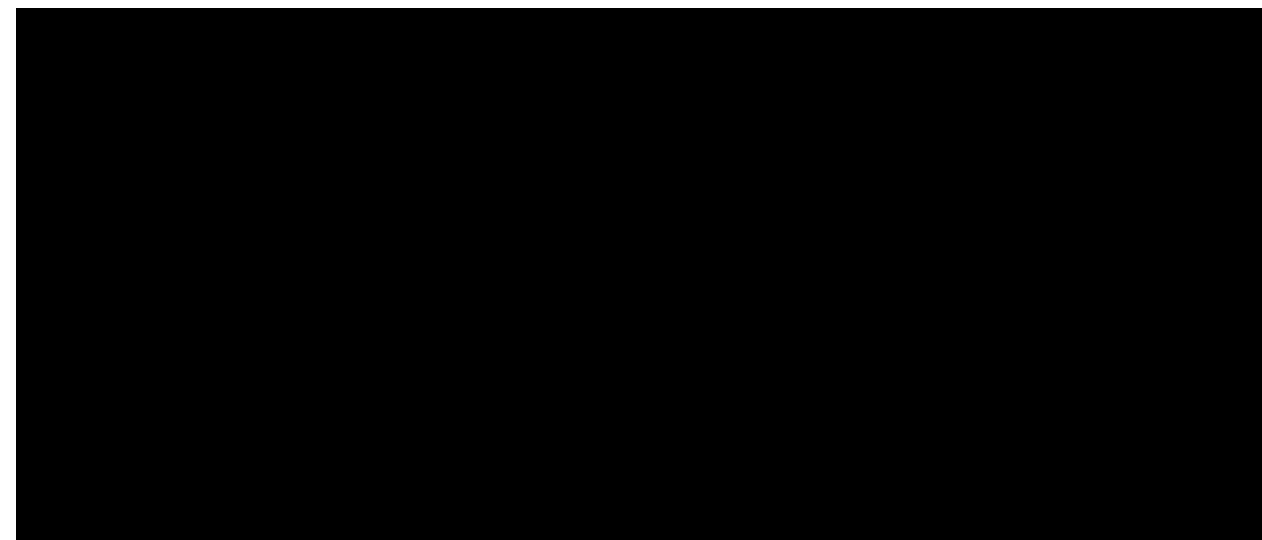


ILUSTRACIÓN 36 - ESQUEMA DE ESCAPES EN LA ESTACIÓN LA FORTUNA



#### 5.17.2.2 Modificación de rasante y renovación de superestructura en final Fondo de Saco

Parte del tramo del Fondo de Saco de Final de Línea 11, desde el final del aparato de vía en travesía (Sección rectangular) hasta toperas, requiere modificación de la rasante de trazado de cada vía. Además de modificar la rasante, se renovará la superestructura. La renovación de la superestructura consistirá en demoler las fijaciones existentes (Taco de hormigón), y disponer las nuevas cada 60 cm junto los nuevos carriles, para finalmente encofrar y hormigonar (sistema Top Down). El aparato de vía en travesía no es afectado por estas actuaciones.

- La propuesta de modificación de la rasante de la vía 1 es en una longitud de 115,59 m (Ver Anejo 7.-*Trazado*).
- La propuesta de modificación de la rasante de la vía 2 es en una longitud de 114,21 m (Ver Anejo 7.-*Trazado*).

Las especificaciones de la nueva superestructura serán como los túneles de línea de alternativas.

#### 5.17.2.3 Corrección puntual del alabeo desde Estación La Fortuna

Se ha estudiado el alabeo de la línea existente desde la Estación de la Fortuna hasta el final del Fondo de Saco de Final de Línea 11.

En los de PPKK 0+080-0+085 de vía 1 y PK 0+645, PK 0+649 y 0+848 de vía 2 se ajustará el alabeo de los carriles a valores del Documento Técnico, regulando verticalmente las fijaciones existentes (placa DFF-ADH).

## 5.18 EVACUACIÓN

El presente Estudio contempla el diseño, ubicación y justificación de la solución de evacuación de emergencia de las estaciones y túneles de las diferentes alternativas.

El objetivo de este documento es determinar los condicionantes que, a efectos de evacuación, han de ser trasladados al diseño de las estaciones y de los túneles, y que básicamente consisten en la definición y dimensionado de los recorridos de evacuación de estaciones y la ubicación de salidas de emergencia entre estaciones.

#### 5.18.1 **Evacuación de Estaciones**

El condicionante principal es la evacuación del nivel andén en menos de 4 minutos. Para realizar dicha evaluación, se determina un escenario de emergencia, calculándose la ocupación (nº de personas a evacuar) y se calcula el tiempo que tardan en evacuar en función de las salidas (escaleras) disponibles.

Las tres alternativas presentan similitudes. Se plantean estaciones con andenes laterales de 115 m de longitud y 4,50 m de ancho. Como mínimo existen dos rutas de evacuación por andén, una de ellas mediante las escaleras de acceso (fija y mecánicas) y otra mediante una salida de emergencia. La alternativa 1 dispone de otra salida de emergencia adicional, que permite unos anchos menores en las escaleras al tener mayor capacidad de evacuación.

Se estudian las distancias que tiene que haber hasta las salidas tanto cuando hay dos posibles recorridos de evacuación como cuando solo hay un recorrido.

El cálculo del tiempo de evacuación de los andenes de las estaciones se ha efectuado de manera analítica y se describen en el Anejo 20.-*Evacuación*.

#### 5.18.2 **Evacuación de Túnel**

En los túneles, el requerimiento principal es que exista una salida a una distancia no superior a 500 metros desde cualquier punto. La salida del túnel se puede realizar o bien a través de una estación o bien mediante una salida de emergencia creada específicamente para este fin. Como condicionante principal para la ubicación de estas salidas está la imposibilidad de situarlas en terrenos militares lo que obliga a utilizar la distancia máxima posible entre salidas (1000 metros) en alguna alternativa.

La posición y distancias entre salidas está descrita en el Anejo 20.-*Evacuación*.

## 5.19 SERVICIOS AFECTADOS

Las actuaciones se engloban en el término municipal de Madrid en su mayoría, aunque otra parte tiene lugar en el término municipal de Leganés, aunque destacan los servicios a terceros principalmente en la zona de Madrid.

La secuencia de actividad seguida para la obtención y análisis de la información ha sido la siguiente.

- Investigación in situ de instalaciones existentes en el área y titularidad.

- Solicitud escrita a compañías suministradoras relativa a información cartográfica acerca de instalaciones de su competencia, así como requisitos técnicos a considerar en el caso de una eventual necesidad de reposición.
- Solicitud escrita a organismos públicos relativa a información cartográfica acerca de instalaciones de su competencia, así como requisitos técnicos a considerar en el caso de una eventual necesidad de reposición o retranqueo.
- Descargar información a través de la plataforma INKOLAN, a la que remiten oficialmente aquellas compañías que están asociadas.
- Incorporación de la documentación recibida a planos de planta, para analizar cruces, paralelismos e identificar las reposiciones necesarias.

A continuación, se muestran la tabla con los servicios afectados de cada una de las alternativas:

TABLA 35 - SERVICIOS AFECTADOS ALTERNATIVA 1

ALTERNATIVA 1	
Tipo de servicios	Entidades
Abastecimiento	Canal de Isabel II
Energía eléctrica	Iberdrola (I.DE)
Red de gas	Madrileña red de gas
Telecomunicaciones	Telefónica, Orange, Vodafone
Saneamiento	Canal de Isabel II
Alumbrado	Ayuntamiento Madrid
Otros	DGT, Aliara energía

TABLA 36 - SERVICIOS AFECTADOS ALTERNATIVA 3

ALTERNATIVA 3	
Tipo de servicios	Entidades
Abastecimiento	Canal de Isabel II
Energía eléctrica	Iberdrola (I.DE)
Red de gas	Madrileña red de gas
Telecomunicaciones	Telefónica, Orange, Vodafone
Saneamiento	Canal de Isabel II
Alumbrado	Ayuntamiento Madrid
Otros	DGT

Las tablas anteriores muestran las afecciones detectadas, pero no excluyen la posibilidad de encontrar futuros servicios que se vean afectados las obras de Metro de Madrid.

En el Anejo 21.-*Servicios Afectados* se desarrollan las afecciones, con sus correspondientes mediciones, y cuantificación económica, realizada mediante el uso de un coeficiente de 1,5 en la reposición de estos servicios afectados.

## 5.20 EXPROPIACIONES Y OCUPACIONES TEMPORALES

La identificación de las fincas se ha realizado utilizando la cartografía catastral obtenida de la Sede Electrónica del Catastro, del Ministerio de Hacienda.

Se han distinguido tres tipos de afecciones para el conjunto de las obras contempladas en el Estudio Informativo:

- Expropiación: Se expropiará la superficie estricta ocupada por las rejillas de ventilación y trampillas de acceso de los pozos y salidas de emergencia a lo largo de la traza. También serán expropiados los terrenos sobre los que se ubican los accesos a las estaciones.
- Ocupación temporal: Se ocuparán temporalmente aquellas franjas de terreno que resultan estrictamente necesario ocupar para llevar a cabo la correcta ejecución de las obras contenidas en el proyecto.
- Servidumbre de paso: son las superficies de terreno no edificadas y de titularidad pública necesarias para llevar a cabo la conservación de la infraestructura y servicios afectados por las obras.

### 5.20.1 Terrenos afectados

Con relación a los terrenos de carácter privado se tratará de evitar en la medida de lo posible su afección. La realización de expropiaciones hará exclusiva referencia a zonas de pozos y/o salidas de emergencia. De esta forma el gran porcentaje de las afecciones será de carácter temporal.

En las tablas que se adjuntan a continuación se indica la superficie total afectada en función de la alternativa considerada. En el Documento nº2 Planos se incluye una relación de los planos que definen en planta las superficies afectadas para cada una de las alternativas propuestas.

TABLA 37 - AFECCIONES EN FUNCIÓN DE LA CLASE DE SUELO. ALTERNATIVA 1

ALTERNATIVA 1			
CALIFICACIÓN DEL SUELO	EXPROPIACIÓN (m²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m²)	SERVIDUMBRE DE PASO (m²)
Vía pública	1.032,37	6.816,95	0,00
Agrario	2.783,91	24.749,41	0,00
Zona verde	550,38	554,53	0,00
Equipamiento	321,25	9.289,32	0,00
Residencial	0,08	727,79	0,00
Deportivo	0,00	2.619,82	0,00
Transporte público	1.440,75	17.935,16	0,00
Deportivo (Ministerio de Defensa)	2.058,94	506,50	0,00
Aeropuerto de Cuatro Vientos (Ministerio de Defensa)	4,68	459,13	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>8.192,36</b>	<b>63.658,61</b>	<b>0,00</b>

TABLA 38 - AFECCIONES EN FUNCIÓN DE LA CLASE DE SUELO. ALTERNATIVA 2

ALTERNATIVA 2			
CALIFICACIÓN DEL SUELO	EXPROPIACIÓN (m²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m²)	SERVIDUMBRE DE PASO (m²)
Vía pública	491,61	0,00	0,00
Agrario	2.530,72	24.536,91	0,00
Zona verde	0,00	0,00	0,00
Equipamiento	0,00	0,00	0,00
Residencial	0,00	0,00	0,00
Deportivo	0,00	0,00	0,00
Transporte público	1.443,65	13.777,03	0,00
Deportivo (Ministerio de Defensa)	2.058,94	506,50	0,00
Aeropuerto de Cuatro Vientos (Ministerio de Defensa)	106,53	15.920,22	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>6.631,44</b>	<b>54.740,67</b>	<b>0,00</b>

TABLA 39 - AFECCIONES EN FUNCIÓN DE LA CLASE DE SUELO. ALTERNATIVA 3

ALTERNATIVA 3			
CALIFICACIÓN DEL SUELO	EXPROPIACIÓN (m²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m²)	SERVIDUMBRE DE PASO (m²)
Vía pública	48,17	4.867,17	0,00
Agrario	4.384,42	23.658,31	0,00
Zona verde	554,74	7.438,69	0,00
Equipamiento	0,00	0,00	0,00
Residencial	0,00	409,33	0,00
Deportivo	0,00	0,00	0,00
Transporte público	1.557,88	12.515,89	0,00
Deportivo (Ministerio de Defensa)	30,75	2.721,26	0,00

ALTERNATIVA 3			
CALIFICACIÓN DEL SUELO	EXPROPIACIÓN (m²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m²)	SERVIDUMBRE DE PASO (m²)
Aeropuerto de Cuatro Vientos (Ministerio de Defensa)	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>6.575,95</b>	<b>51.610,66</b>	<b>0,00</b>

### 5.20.2 Relación de Bienes y Derechos Afectados

El Anejo 22.- *Expropiaciones y Ocupaciones Temporales*, incluye la relación de los bienes y derechos afectados, diferenciados en función de su referencia catastral, localización, superficie catastral, clasificación y calificación urbanística y superficies expropiadas y/o ocupadas temporalmente.

Además, en el Apéndice 1. Relación de Fichas Catastrales, se incluyen las fichas extraídas de catastro de cada una de las parcelas registradas afectadas.

## 5.21 COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS

Durante el Estudio Informativo se ha solicitado información a diversas Administraciones, a través de la Dirección General de Infraestructuras del Transporte Colectivo de la Comunidad de Madrid.

Por otro lado, hay consultas que han sido realizadas a través del Consultor, como las empresas de instalaciones y servicios existentes.

Finalmente, para la redacción del Estudio Informativo se han consultado una serie de organismos oficiales, entidades y empresas titulares de servicios e instalaciones.

Se incluye toda la información en el Anejo 23.-*Coordinación con Otros Organismos*.



## 5.22 ESTUDIO DE ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LAS OBRAS

Se han establecido unos rendimientos para la organización y el desarrollo de las obras, y se incluyen en el Anejo 24.-*Estudio de la Organización y Desarrollo de las Obras*.

El objeto es determinar el plazo de ejecución estimado de las mismas para cada una de las 3 Alternativas. Los plazos de duración de las obras han resultado los siguientes:

TABLA 40 - PLAZO PARA LAS OBRAS

<b>ALTERNATIVA 1</b>	3 años y 1 mes
<b>ALTERNATIVA 2</b>	2 años y 9 meses
<b>ALTERNATIVA 3</b>	2 años y 10 meses

## 6 CONTROL DE CALIDAD

En la posterior fase de Proyecto Constructivo, a partir de las mediciones correspondientes a las unidades de obra fundamentales que resulten, se elaborará un Plan de Aseguramiento de la Calidad que determinará el número de ensayos a prever de acuerdo con las especificaciones técnicas vigentes en las distintas materias y se elaborará el correspondiente presupuesto. En esa fase se determinará si incluir un capítulo adicional en el Presupuesto para Conocimiento de la Administración para ensayos de contraste a cargo de la Dirección de Obra.

En los presupuestos de este Estudio Informativo, los costes del Plan de Aseguramiento de la Calidad se han considerado íntegramente repercutidos en las unidades de los Presupuestos de Ejecución Material.

## 7 DOCUMENTO AMBIENTAL

La legislación ambiental en vigor, Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental con última actualización de 14/06/2023, establece en su artículo 7 que los proyectos habrán de someterse a evaluación de impacto ambiental ordinaria o simplificada en base a la clasificación de proyectos incluidas en los Anexos I y II de dicha ley.

Salvo declaración contraria por la Autoridad Ambiental, se considera que el alcance y características del presente Proyecto se corresponden con la clasificación del Anexo II, Grupo 7, apartado f) “Tranvías, metros aéreos y subterráneos, líneas suspendidas o líneas similares de un determinado tipo, que sirvan exclusiva o principalmente para el transporte de pasajeros” y que, por tanto, en cumplimiento del artículo 7, habrá de ser sometido a evaluación de impacto ambiental simplificada.

Tras consulta previa a la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior, se pronuncia a fecha de 28 de febrero de 2025 mediante escrito en el sentido de confirmar el procedimiento simplificado como aquel de aplicación legal dadas las características del presente proyecto.

Al respecto de la evaluación ambiental simplificada, la Ley en su artículo 45 dice que *“dentro del procedimiento de autorización del proyecto, el promotor presentará ante el órgano sustantivo, junto con la documentación exigida por la legislación sectorial, una solicitud de inicio de la evaluación de impacto ambiental simplificada, del documento ambiental con el siguiente contenido”* y expone a continuación su contenido en diferentes apartados.

El Documento N°4 constituye el denominado “Documento Ambiental” que cita este artículo y pretende recoger todo el contenido requerido para dar inicio al procedimiento de evaluación de impacto ambiental simplificado. Una vez solicitado el inicio del trámite, se atenderá toda subsanación o documentación complementaria que sea requerida por la Autoridad Ambiental de forma que el trámite tome inicio efectivo y pueda emitirse el correspondiente Informe Ambiental en el plazo establecido.

Este documento analiza los principales condicionantes ambientales que enmarcan esta actuación, identifica los impactos que podrá causar cada propuesta de alternativa, tanto en fase de ejecución como de explotación y los cuantifica de forma que pueda establecerse una valoración comparativa objetiva entre ellas.

Sin perjuicio de incorporar más adelante las correcciones o modificaciones que en su Informe puede exigir la Autoridad Ambiental, este documento establece ya una puntuación comparativa

que, con su correspondiente peso relativo junto a otros criterios, ha sido tomada en cuenta dentro del Análisis Multicriterio para la selección de la Alternativa a desarrollar en proyecto constructivo.

## 8 PRESUPUESTOS

En apartados siguientes se incluye, para cada Alternativa, el Presupuesto de Ejecución Material, el Presupuesto Base de Licitación sin IVA y el Presupuesto de Base de Licitación con IVA.

Para las Alternativas 1 y 3, que son realizadas principalmente con tuneladora, el monto económico de la partida del capítulo de Seguridad y Salud corresponde al valor del 1,50% aproximadamente del Presupuesto de Ejecución Material Total. Para la Alternativa 2, que es realizada con Método Tradicional de Madrid (con 6 frentes de ataque), el monto económico de la partida del capítulo de Seguridad y Salud corresponde al valor del 2,00% aproximadamente del Presupuesto de Ejecución Material Total. Estos porcentajes se han tomado de experiencias previas y otros Proyectos de Construcción similares, y en fase de Proyecto de Construcción se estudiará en detalle en el Documento de Seguridad y Salud correspondiente.

Estos valores se encuentran en rangos de Proyectos de Construcción similares.

### 8.1 ALTERNATIVA 1

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL			
Nº	CAPÍTULO	PRESUPUESTO €	PORCENTAJE %
A1-01	TÚNELES	45.003.879,98	29,57
A1-02	POZOS TUNELADORA	4.561.793,57	3,00
A1-03	POZOS INTERESTACIÓN	9.137.050,00	6,00
A1-04	ESTACIONES	39.754.448,60	26,12
A1-05	TRATAMIENTOS DEL TERRENO	4.669.400,00	3,07
A1-06	INSTRUMENTACIÓN Y AUSCULTACIÓN	2.852.802,10	1,87
A1-07	SUPERESTRUCTURA	5.927.656,07	3,89
A1-08	INSTALACIONES NO FERROVIARIAS EN TÚNEL	381.500,00	0,25
A1-09	INSTALACIONES METRO MADRID	29.258.604,21	19,22
A1-10	INTEGRACIÓN AMBIENTAL Y GESTIÓN DE RESIDUOS	1.862.580,62	1,22
A1-11	REPOSICIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS	6.521.949,50	4,28
A1-12	SEGURIDAD Y SALUD	2.283.224,00	1,50
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		152.214.888,65	100
GASTOS GENERALES (13%)		19.787.935,52	
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)		9.132.893,32	
SUMA DE GASTOS GENERALES Y BENEFICIO INDUSTRIAL		28.920.828,84	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		181.135.717,49	
IVA (21%)		38.038.500,67	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA		219.174.218,16	

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y DOS MILLONES DOSCIENTOS CATORCE MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

Asciende el Presupuesto Base de Licitación sin IVA a la expresada cantidad de CIENTO OCHENTA Y UN MILLONES CIENTO TREINTA Y CINCO MIL SETECIENTOS DIECISIETE EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

Asciende el Presupuesto Base de Licitación con IVA a la expresada cantidad de DOSCIENTOS DIECINUEVE MILLONES CIENTO SETENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS DIECIOCHO EUROS CON DIECISÉIS CÉNTIMOS.

### 8.2 ALTERNATIVA 2

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL			
Nº	CAPÍTULO	PRESUPUESTO €	PORCENTAJE %
A1-01	TÚNELES	34.317.470,21	32,81
A1-02	POZOS TUNELADORA	0,00	0,00
A1-03	POZOS INTERESTACIÓN	5.443.110,00	5,20
A1-04	ESTACIONES	26.998.726,05	25,81
A1-05	TRATAMIENTOS DEL TERRENO	2.677.200,00	2,56
A1-06	INSTRUMENTACIÓN Y AUSCULTACIÓN	2.465.854,81	2,36
A1-07	SUPERESTRUCTURA	4.863.616,12	4,65
A1-08	INSTALACIONES NO FERROVIARIAS EN TÚNEL	250.240,00	0,24
A1-09	INSTALACIONES METRO MADRID	20.741.725,86	19,83
A1-10	INTEGRACIÓN AMBIENTAL Y GESTIÓN DE RESIDUOS	1.687.943,22	1,61
A1-11	REPOSICIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS	3.049.182,00	2,92
A1-12	SEGURIDAD Y SALUD	2.091.693,50	2,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		104.586.761,77	100,00
GASTOS GENERALES (13%)		13.596.279,03	
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)		6.275.205,71	
SUMA DE GASTOS GENERALES Y BENEFICIO INDUSTRIAL		19.871.484,74	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		124.458.246,51	
IVA (21%)		26.136.231,77	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA		150.594.478,28	

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de CIENTO CUATRO MILLONES QUINIENTOS OCHENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS SESENTA Y UN EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

Asciende el Presupuesto Base de Licitación sin IVA a la expresada cantidad de CIENTO VEINTICUATRO MILLONES CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS.

Asciende el Presupuesto Base de Licitación con IVA a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA MILLONES QUINIENTOS NOVENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS.

Asciende el Presupuesto Base de Licitación con IVA a la expresada cantidad de CIENTO SETENTA Y DOS MILLONES SETENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS UN EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS.

### 8.3 ALTERNATIVA 3

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL			
Nº	CAPÍTULO	PRESUPUESTO €	PORCENTAJE %
A1-01	TÚNELES	29.829.943,00	24,96
A1-02	POZOS TUNELADORA	4.487.439,45	3,75
A1-03	POZOS INTERESTACIÓN	7.468.200,00	6,25
A1-04	ESTACIONES	36.446.682,75	30,50
A1-05	TRATAMIENTOS DEL TERRENO	4.791.500,00	4,01
A1-06	INSTRUMENTACIÓN Y AUSCULTACIÓN	2.068.434,38	1,73
A1-07	SUPERESTRUCTURA	4.781.362,80	4,00
A1-08	INSTALACIONES NO FERROVIARIAS EN TÚNEL	239.360,00	0,20
A1-09	INSTALACIONES METRO MADRID	21.647.345,52	18,11
A1-10	INTEGRACIÓN AMBIENTAL Y GESTIÓN DE RESIDUOS	1.634.146,66	1,37
A1-11	REPOSICIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS	4.318.787,00	3,61
A1-12	SEGURIDAD Y SALUD	1.792.529,26	1,50
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>119.505.730,82</b>	<b>100</b>
GASTOS GENERALES (13%)		15.535.745,01	
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)		7.170.343,85	
SUMA DE GASTOS GENERALES Y BENEFICIO INDUSTRIAL		22.706.088,86	
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA</b>		<b>142.211.819,68</b>	
IVA (21%)		29.864.482,13	
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA</b>		<b>172.076.301,81</b>	

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de CIENTO DIECINUEVE MILLONES QUINIENTOS CINCO MIL SETECIENTOS TREINTA EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS.

Asciende el Presupuesto Base de Licitación sin IVA a la expresada cantidad de CIENTO CUARENTA Y DOS MILLONES DOSCIENTOS ONCE MIL OCHOCIENTOS DIECINUEVE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

## 9 ANÁLISIS COMPARATIVO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se ha llevado a cabo un análisis multicriterio de las 3 alternativas planteadas, con objeto de evaluar su grado de idoneidad en función de cuatro grandes objetivos, obteniendo como resultado la mejor de las alternativas evaluadas.

Los cuatro objetivos a satisfacer por la actuación son:

- **OBJETIVO FUNCIONAL**: obtener la alternativa que ofrezca un mejor servicio al usuario.
- **OBJETIVO AMBIENTAL**: obtener la alternativa que produzca un menor impacto residual sobre el medio.
- **OBJETIVO ECONÓMICO**: obtener la alternativa que presente la mayor rentabilidad económica.
- **OBJETIVO TERRITORIAL / SOCIAL**: obtener la alternativa que aporte una mejora más significativa de la implantación de la infraestructura.

Cada objetivo se traduce en un criterio de valoración, para el que se deduce una puntuación única denominada indicador, cuyos valores oscilan en todos los casos entre 0 y 1. Esta puntuación única es el resultado de la evaluación mediante diversos factores, y, en algunos casos a su vez, mediante parámetros elementales escogidos por su representatividad, su importancia y la factibilidad de su valoración mediante métodos cuantitativos. La gradación en criterios, factores y parámetros permite una aproximación progresiva a cada alternativa propuesta, y a la vez una simplificación de su valoración mediante la obtención de una sola puntuación por alternativa para cada objetivo.

El detalle acerca del análisis realizado y el tratamiento dado a cada criterio para cada alternativa se recoge en el Anejo 25.-*Análisis Multicriterio* de este Estudio Informativo. Este anejo concluye con la obtención de la Puntuación Global o Índice de Pertenencia con respecto a los objetivos planteados, obteniéndose mediante la siguiente fórmula:

Puntuación Global Alternativa (Índice de Pertinencia) = a x Puntuación Criterio Funcional + b. x Puntuación Criterio Ambiental + c x Puntuación Criterio Económico + d x Puntuación Criterio Territorial

Siendo a, b, c y d los pesos asignados a cada criterio con el fin de reflejar su importancia relativa

a la hora de escoger la mejor alternativa.

En este estudio se adoptan los siguientes pesos para el análisis multicriterio:

TABLA 41 - PESO CONSIDERADO PARA CADA OBJETIVO

CRITERIO	PESO
Funcional (a)	0,25
Ambiental (b)	0,25
Económico (c)	0,25
Territorial / Social (d)	0,25

En el Anejo 25 de Análisis Multicriterio se incluye un estudio de rentabilidad de las diferentes alternativas estudiadas. Este estudio se realiza de manera detallada para la opción en la que en el año 2040 se encuentren en servicio tanto la estación de Darío Gazapo como el Área Intermodal.

A partir de los datos de demanda y considerando tanto los costes de inversión como de explotación de los trenes y de la estación, junto con los beneficios y ahorros que se producirán tanto por ingreso por tarifa, como ahorro de tiempo frente al vehículo privado, ahorro del coste de operación de vehículos privados, reducción de la accidentalidad, externalidades como la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como el efecto de demanda inducida, la descongestión de la red viaria y la optimización del sistema de transporte que se produce, se analiza la rentabilidad de cada alternativa.

Considerando una tasa de descuento del 3%, y en un plazo de evaluación total de 30 años desde el inicio de la construcción de la infraestructura, se obtienen los siguientes indicadores económicos, concluyendo que las 3 alternativas resultan rentables.

TABLA 42 - INDICADORES ECONÓMICOS – ESTUDIO DE RENTABILIDAD

Escenario 1 (Base) Con DG + AI			
Indicador	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>VAN&gt;0</b>	62.048.664,88 €	244.910.110,93 €	228.132.808,63 €
<b>B/C&gt;1</b>	1,217	2,221	2,053
<b>PRI &lt; n (30 años)</b>	23	12	13
<b>TIR &gt; r (%)</b>	5,14%	12,64%	11,22%

Estos datos de rentabilidad económica se incorporan al análisis multicriterio realizado dentro del criterio económico.



Teniendo en cuenta los diferentes aspectos valorados en cada criterio, se obtiene la valoración final siguiente:

TABLA 43 - PUNTUACIÓN GLOBAL DE CADA ALTERNATIVA

CRITERIO	FUNCIONAL		AMBIENTAL		ECONÓMICO		TERRITORIAL - SOCIAL		PUNTUACIÓN TOTAL - ÍNDICE DE PERTINENCIA
PESO	0,25		0,25		0,25		0,25		
Alternativa	Puntuación	Puntuación homogeneizada	Puntuación	Puntuación homogeneizada	Puntuación	Puntuación homogeneizada	Puntuación	Puntuación homogeneizada	
1	0,51	0,13	0,65	0,16	0,20	0,05	0,72	0,18	0,519
2	0,55	0,14	0,49	0,12	0,70	0,17	0,49	0,12	0,556
3	0,44	0,11	0,43	0,11	0,56	0,14	0,49	0,12	0,483

El resultado del análisis multicriterio indica que la alternativa que presenta una mejor valoración global es la **Alternativa 2**.

Para comprobar la idoneidad de la alternativa escogida, y los coeficientes de ponderación empleados, se utilizan los siguientes procedimientos:

- **Análisis de robustez:** Consiste en aplicar todas las combinaciones posibles de pesos (de 0 a 1, con incrementos de 0.05) a todos los criterios comprendidos en el modelo numérico anterior, obteniéndose el número de veces que cada alternativa resulta ser óptima. Este procedimiento está desprovisto de componentes subjetivos, y pone de relieve qué alternativas presentan mejor comportamiento general con los criterios marcados. En este caso, con 3 alternativas diferentes, aplicando los diferentes pesos a los objetivos funcional, ambiental, económico y territorial-social, se obtendrán 1.771 casos diferentes, obteniendo el número de veces que cada alternativa obtiene una mayor puntuación global.
- **Análisis de sensibilidad:** Consiste en aplicar el mismo procedimiento que en el análisis de robustez, pero limitando los valores posibles de cada peso a un cierto rango, de manera que se intenta ir acercando las ponderaciones de los criterios a las que el analista considera más apropiadas por las características de la zona de estudio. En este caso, se variarán los pesos utilizados en el método PATTERN en un intervalo de  $\pm 0.20$ , con incrementos de 0.05, considerando todas las combinaciones posibles en este rango.
- Se evita así tomar en consideración en el análisis ponderaciones extremas que podrían distorsionarlo, y se puede analizar la sensibilidad de los pesos seleccionados previamente en la obtención de la alternativa seleccionada. De este modo, para 3

alternativas se obtienen 35 casos diferentes, obteniendo el número de veces que cada alternativa obtiene una mayor puntuación global.

Realizados estos análisis, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 44 - RESULTADO ANÁLISIS DE ROBUSTEZ Y DE SENSIBILIDAD

		ALTERNATIVA		
	CRITERIO	1	2	3
	Funcional	0,51	0,55	0,44
	Ambiental	0,65	0,49	0,43
	Económico	0,20	0,70	0,56
	Territorial - Social	0,72	0,49	0,49
ROBUSTEZ	Puntuación Ponderada	0,519	0,556	0,483
	Nº de veces ganadora	796	975	0
	Ganador	44,9%	55,1%	0,0%

SENSIBILIDAD	Puntuación Ponderada	0,519	0,556	0,483
	Nº de veces ganadora	6	29	0
	Ganador	17,1%	82,9%	0,0%

La alternativa 2 es la mejor valorada tanto en el análisis de robustez, en un 55,1% de los casos, siendo la alternativa mejora valorada en el análisis de sensibilidad con un porcentaje del 82,9% de los casos.

Por todo ello, se propone la **ALTERNATIVA 2** como la alternativa seleccionada.

## 10 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ESTUDIO

El presente Estudio Informativo consta de los siguientes documentos:

### DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA Y ANEJOS

- MEMORIA
- ANEJO Nº1. ANTECEDENTES
- ANEJO Nº2. REPORTAJE FOTOGRÁFICO
- ANEJO Nº3. ESTUDIO DE DEMANDA
- ANEJO Nº4. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO
- ANEJO Nº5. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA
- ANEJO Nº6. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
- ANEJO Nº7. HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA
- ANEJO Nº8. TRAZADO
- ANEJO Nº9. MOVIMIENTO DE TIERRAS
- ANEJO Nº10. DRENAJE Y BOMBEO
- ANEJO Nº11. TÚNELES
- ANEJO Nº12. INVENTARIO
- ANEJO Nº13. AUSCULTACIÓN
- ANEJO Nº14. DISEÑO DE ESTACIONES
- ANEJO Nº15. ESTRUCTURAS Y MÉTODO CONSTRUCTIVO
- ANEJO Nº16. ESTUDIO ENERGÉTICO
- ANEJO Nº17. ELECTRICIDAD

- ANEJO Nº18. INSTALACIONES NO FERROVIARIAS
- ANEJO Nº19. SUPERESTRUCTURA
- ANEJO Nº20. EVACUACIÓN
- ANEJO Nº21. SERVICIOS AFECTADOS
- ANEJO Nº22. EXPROPIACIONES Y OCUPACIÓN TEMPORAL
- ANEJO Nº23. COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS
- ANEJO Nº24. ESTUDIO DE LA ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LAS OBRAS
- ANEJO Nº25. ANÁLISIS MULTICRITERIO

#### DOCUMENTO Nº 2. PLANOS

- PLANO Nº 1. ÍNDICE
- PLANO Nº. 2. SITUACIÓN
- PLANO Nº. 3. PLANTA DE CONJUNTO
- PLANO Nº. 4. TRAZADO
- PLANO Nº. 5. SECCIONES TIPO
- PLANO Nº. 6. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
- PLANO Nº. 7. DRENAJE
- PLANO Nº. 8. ESTACIONES
- PLANO Nº. 9. SALIDAS DE EMERGENCIA Y POZOS DE EMERGENCIA
- PLANO Nº. 10. POZOS DE TÚNEL Y FRENTE DE ATAQUE
- PLANO Nº. 11. TÚNELES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS
- PLANO Nº. 12. INSTRUMENTACIÓN Y AUSCULTACIÓN

- PLANO Nº. 13. SUPERESTRUCTURA
- PLANO Nº. 14. INTEGRACIÓN AMBIENTAL
- PLANO Nº. 15. SERVICIOS AFECTADOS
- PLANO Nº. 16. EXPROPIACIONES Y OCUPACIONES TEMPORALES

#### DOCUMENTO Nº 3. PRESUPUESTO

#### DOCUMENTO Nº 4. DOCUMENTO AMBIENTAL



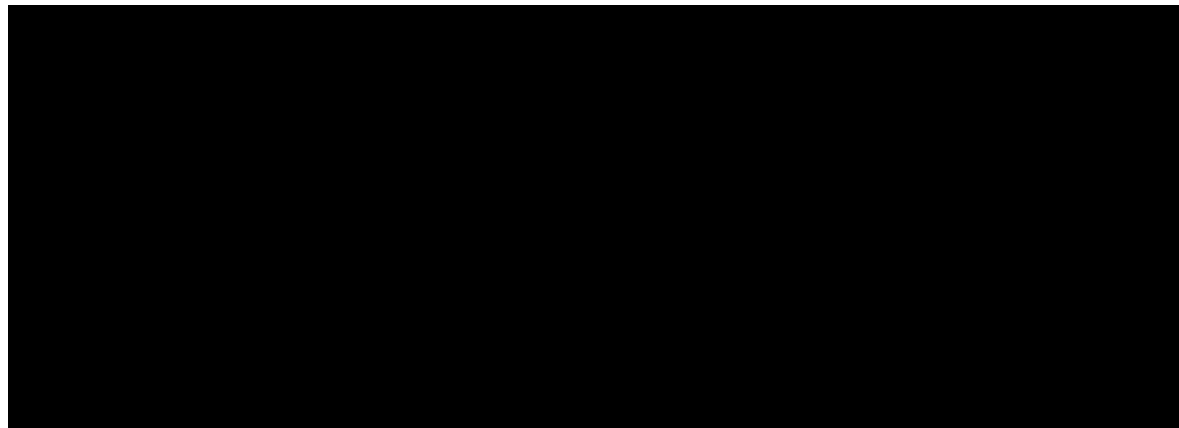
## 11 CONCLUSIÓN FINAL

Cumpliendo con el objeto del presente contrato se ha llevado a cabo un estudio comparativo de diferentes alternativas de trazado, así como de emplazamiento de las nuevas estaciones con el objeto final de seleccionar la alternativa óptima mediante un análisis multicriterio considerando criterios ambientales, económicos, funcionales y territoriales.

Como resultado de este análisis, se concluye que la alternativa de trazado más favorable es la Alternativa 2. En las páginas siguientes se incluyen planos de la Alternativa 2.

Considerando debidamente definidas y justificadas las obras que se proponen en este Estudio Informativo, se concluye esta Memoria que, con sus anejos y demás documentos se presenta a la consideración de la Superioridad para su aprobación si procede.

En Madrid a fecha de firma.



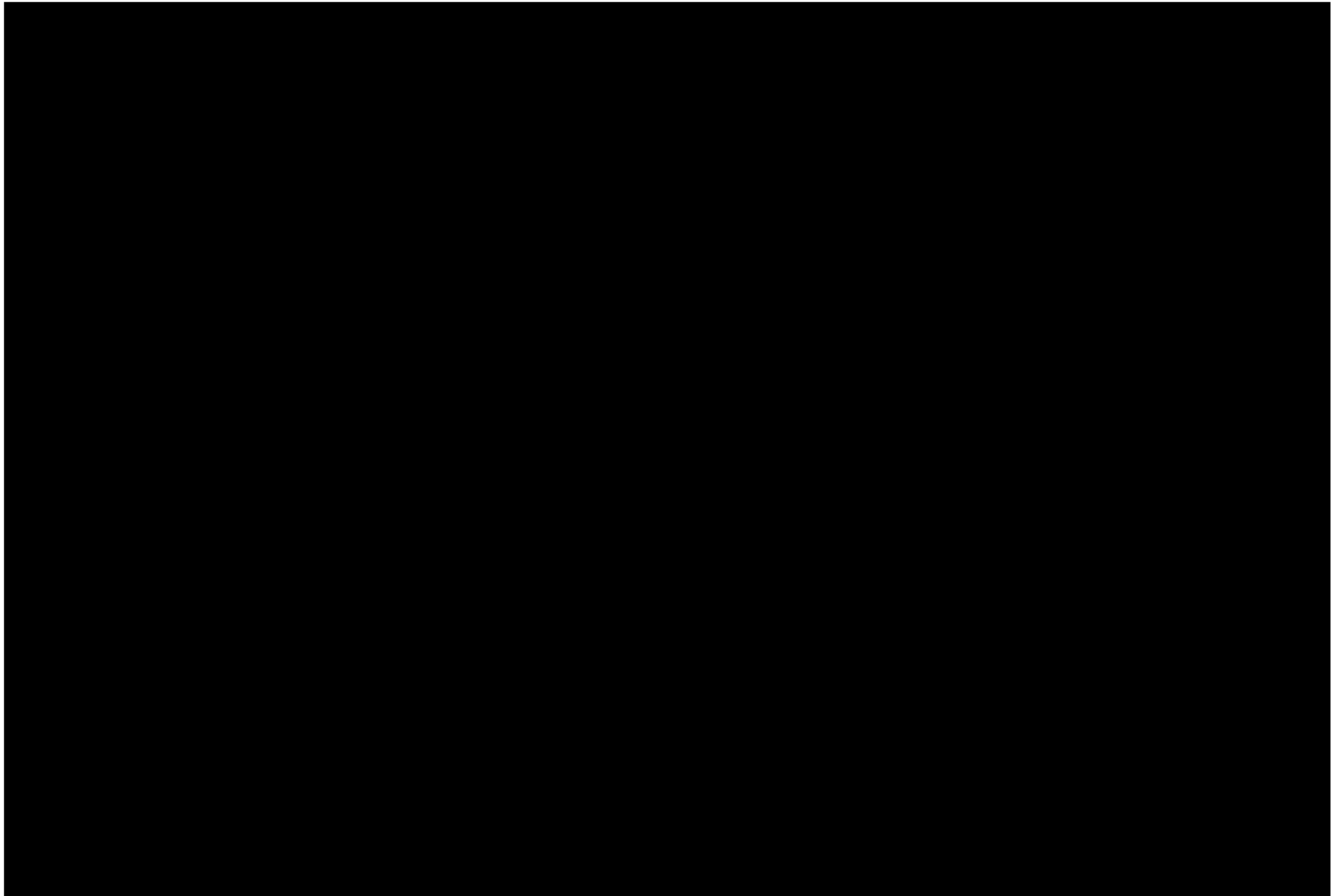


ILUSTRACIÓN 37 - ALTERNATIVA 2 SOBRE CARTOGRAFÍA

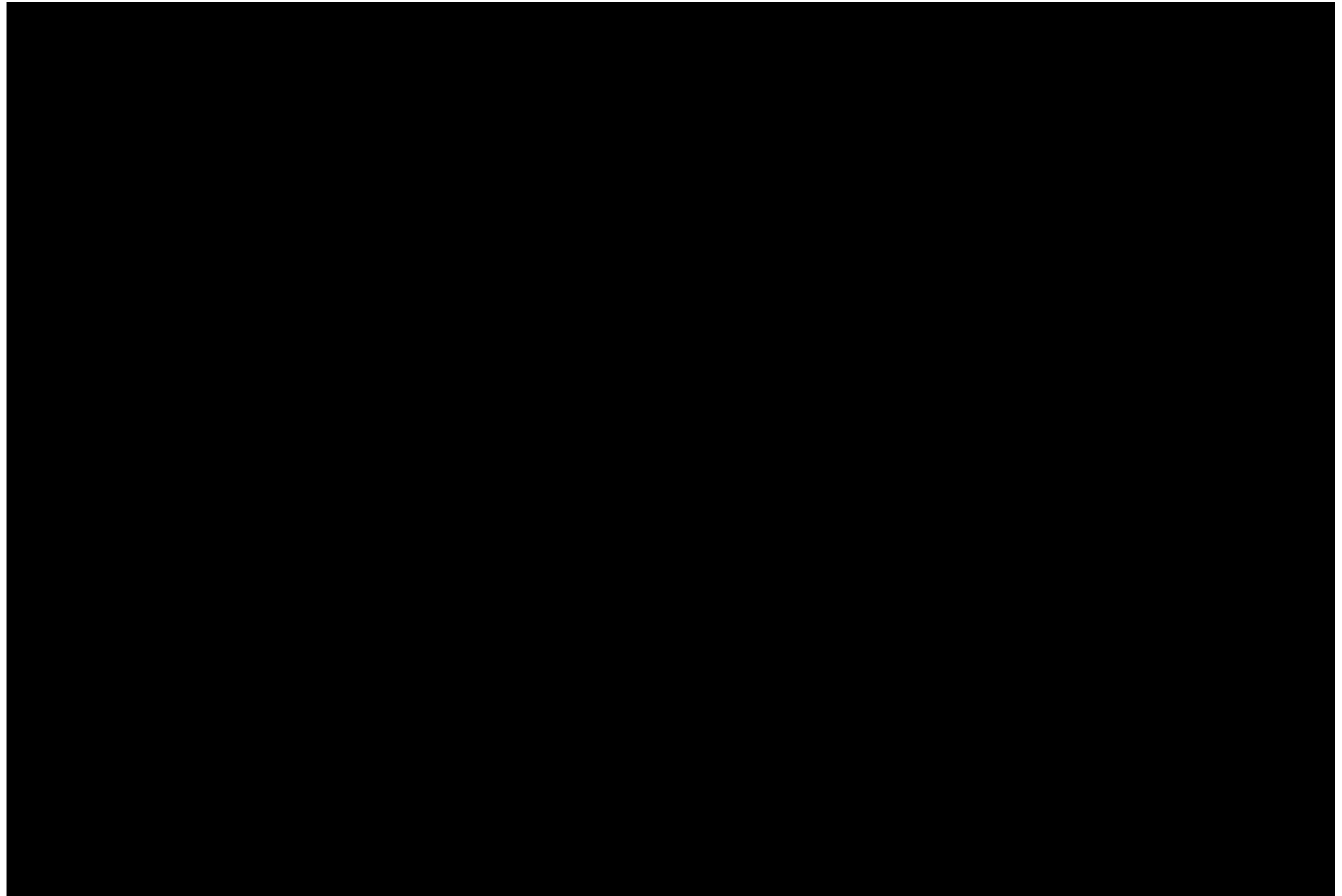


ILUSTRACIÓN 38 - ALTERNATIVA 2 SOBRE ORTOFOTO

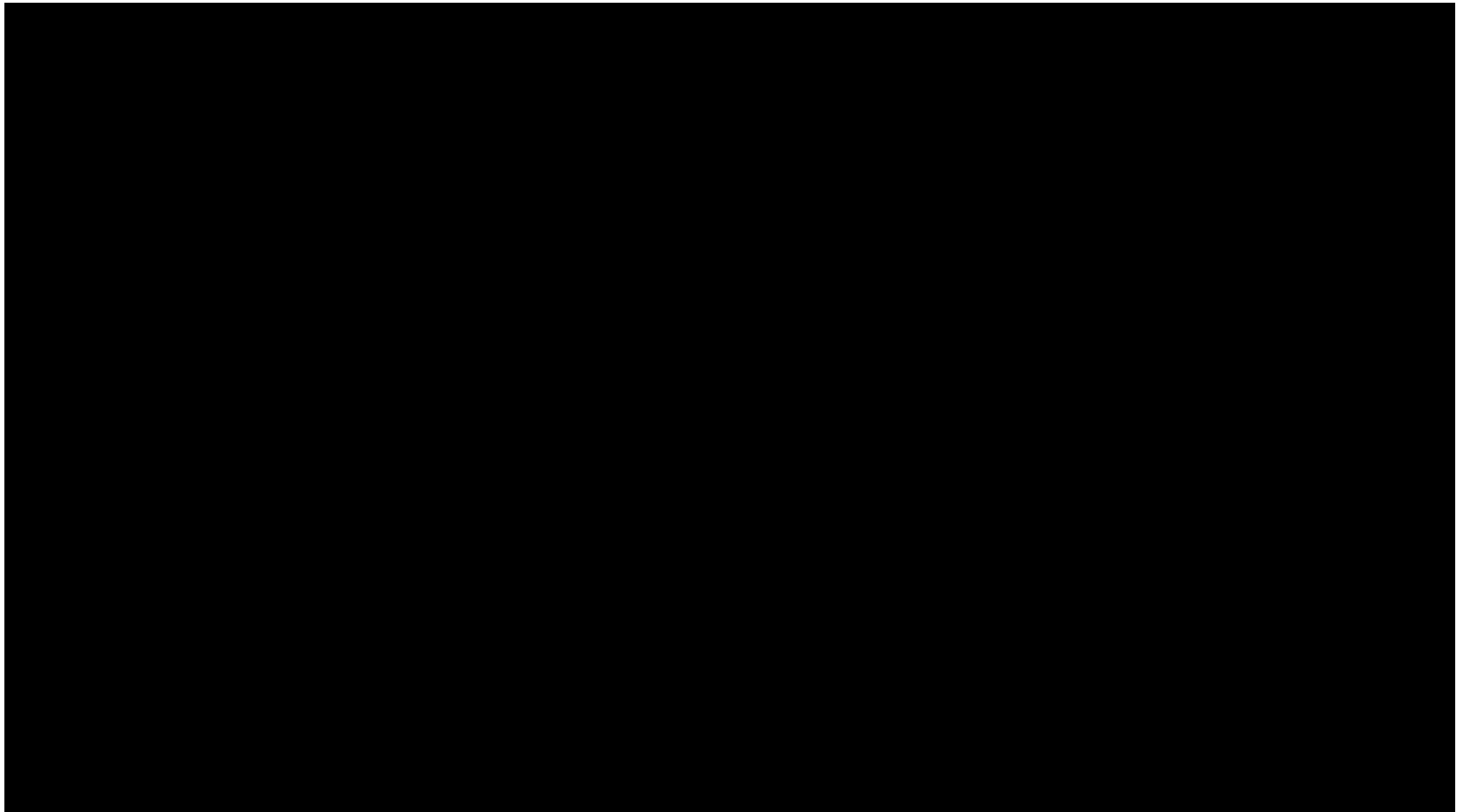


ILUSTRACIÓN 39 - PERFIL LONGITUDINAL DE TRAZADO DE LA ALTERNATIVA 2