GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

ESTUDIO INFORMATIVO DEL CORREDOR CANTÁBRICO-MEDITERRÁNEO

TRAMO BILBAO-SANTANDER

FASE II

ANEJO 13 TÚNELES

ÍNDICE

1. Introducción y objeto 1
2. Alternativas de trazado 3
2.1. Alternativa A1. Rasante baja 3
2.2. Alternativa C1. Rasante baja 5
2.3. Alternativa Variante Estación Castro-Urdiales. Rasante alta 7
2.3.1. Alternativa A1. Rasante alta 8
2.3.2. Alternativa C1. Rasante alta 9
2.4. Conexión Variante Sur Ferroviaria de Bilbao 9
3. Caracterización geotécnica 16
3.1. Tramificación Geotécnica del trazado 19
4. Determinación de la sección libre 24
4.1. Criterio de salud 24
4.2. Criterio de confort 26
4.3. Requisitos adicionales 27
4.4. Secciones adoptadas 27
5. Secciones tipo 29
5.1. Factores considerados en el diseño de las secciones tipo 29
5.1.1. Condicionantes geotécnicos 29
5.1.2. Condicionantes funcionales y geométricos 29
5.2. Secciones adoptadas 30
5.2.1. Túnel bitubo 30
5.2.2. Túnel monotubo 32
5.2.3. Falso Túnel bitubo 33
5.2.4. Falso Túnel monotubo 34
6. Procedimiento constructivo 35
6.1. Alternativa 1.- Nuevo método austriaco (NATM) 35
6.1.1. Fases de excavación 35
6.1.2. Ciclos de trabajo 36
6.2. Alternativa 2.- Excavación con tuneladora 36
6.3. Alternativa 3.- Falso Túnel 37
7. Definición de los sostenimientos 40
7.1. Clasificación geomecánica de Bieniawski 40
7.2. Sistema Q de clasificación de los macizos rocosos 41
7.3. Secciones tipo de sostenimiento del proyecto 42
8. Tratamientos especiales 43
8.1. Problemas de inestabilidad de la sección 43
9. Impermeabilización y drenaje 44
9.1. Impermeabilización 44
9.2. Drenaje 46
10. Medidas a adoptar frente a posibles afecciones hidrogeológicas 46
10.1. Medidas de mitigación 49
10.1.1. Medidas de mitigación en el interior de los túneles 49
10.1.2. Medidas de mitigación en el medio acuífero 50

10.2. Medidas de seguimiento.....51

10.2.1. Medidas de seguimiento en el interior de los túneles 51

10.2.2. Medidas de seguimiento en el medio acuífero.....51

11. Seguridad en túneles.....53

11.1. Normativa de aplicación.....53

11.2. Cumplimiento de criterios técnicos exigidos en las ETI's, las normas de Adif y la orden TMA/135/2023.....53

11.2.1. Artículo 4.2.1.1.- Prevención del acceso no autorizado a las salidas de emergencia y a las salas técnicas.....54

11.2.2. Artículo 4.2.1.2.- Resistencia al fuego de las estructuras de túnel.....54

11.2.3. Artículo 4.2.1.3.- Reacción al fuego de los materiales de construcción.....54

11.2.4. Artículo 4.2.1.4.- Detección de incendios en las salas técnicas.....55

11.2.5. Artículo 4.2.1.5.1.- Zona segura.....55

11.2.6. Artículo 4.2.1.5.2.- Acceso a la zona segura 55

11.2.7. Artículo 4.2.1.5.3.- Medios de comunicación en zonas seguras.....55

11.2.8. Artículo 4.2.1.5.4.- Alumbrado de emergencia.....55

11.2.9. Artículo 4.2.1.5.5.- Señalización de evacuación 56

11.2.10. Artículo 4.2.1.6.- Pasillos de evacuación 56

11.2.11. Artículo 4.2.1.7.- Puntos de evacuación y rescate.....57

11.2.12. Artículo 4.2.1.8.- Comunicaciones de emergencia.....59

11.2.13. Artículo 4.1.4.9.12.- Acceso para los servicios de intervención en emergencias 60

11.3. Principales medidas a considerar..... 60

12. Auscultación..... 63

12.1. Parámetros de control 63

12.2. Tipo de instrumentación 64

12.2.1. Medidas de desplazamiento en el contorno del túnel. Cintas de convergencias..... 64

12.2.2. Movimientos en el interior del macizo rocoso. Extensómetros incrementales..... 65

12.2.3. Tensiones en sostenimientos y en el terreno. Célula de presión 65

12.3. Instrumentación instalada en el interior del túnel..... 66

12.3.1. Secciones en túnel de control normal 66

12.3.2. Secciones en túnel de control intensivo 68

13. Conclusiones..... 71

APÉNDICES:

APÉNDICE ÚNICO: INVENTARIO DE CAMINOS DE ACCESO A LOS PUNTOS DE EVACUACIÓN Y RESCATE

1. Introducción y objeto

El presente Anejo 13.- Túneles forma parte del "ESTUDIO INFORMATIVO DEL CORREDOR CANTÁBRICO – MEDITERRÁNEO. TRAMO BILBAO – SANTANDER". Tiene por objeto analizar los túneles previstos en las distintas alternativas de trazado.

Para el análisis de los túneles se han tenido en consideración los siguientes condicionantes:

- ✓ Características geotécnicas de los terrenos afectados por las excavaciones de los túneles.
- ✓ Sección libre de los túneles, estimada a partir de su longitud en función de criterios aerodinámicos.
- ✓ Método de excavación empleado, sea por métodos convencionales (N.A.T.M.), por excavación mecanizada (Tuneladora) o falsos túneles.
- ✓ Los diferentes sostenimientos y tipos de excavación necesarios para la estabilización de sección de excavación en cada tipo de terreno y bajo los diferentes condicionantes de cada túnel.
- ✓ Revestimiento de los túneles.
- ✓ Instalaciones de seguridad necesarias.
- ✓ Drenaje de la sección.
- ✓ Necesidades de instrumentación de la sección para el control de la evolución de la excavación.

La normativa específica de aplicación para la redacción del presente anejo es la siguiente:

- ✓ Norma Adif Plataforma. NAP 2-3-1.0_ED2M1 Túneles (2ªED: Enero 2023 + M1: Junio 2023).
- ✓ Reglamento (UE) nº 1303/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la «seguridad en los túneles ferroviarios» del sistema ferroviario de la Unión Europea.
- ✓ Corrección de errores del Reglamento (UE) nº 1303/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la «seguridad en los túneles ferroviarios» del sistema ferroviario de la Unión Europea.
- ✓ Reglamento (UE) 2016/912 de la Comisión, de 9 de junio de 2016, por el que se corrige el Reglamento (UE) nº 1303/2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la «seguridad en los túneles ferroviarios» del sistema ferroviario de la Unión Europea.
- ✓ Reglamento (UE) N.º 2019/776 de la Comisión, de 16 de mayo de 2019, que modifica los Reglamentos (UE) N.º 321/2013, (UE) Nº1299/2014, (UE) N.º 1301/2014, (UE) N.º 1302/2014 y (UE) N.º 1303/2014 y (UE) 2016/919 de la Comisión y la Decisión de Ejecución 2011/665/UE de la Comisión en lo que se refiere a la armonización con la Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo y la implementación de los objetivos específicos establecidos en la Decisión Delegada (UE) 2017/1474 de la Comisión.
- ✓ Norma Adif Protección y Seguridad NAPS 001 Montaje de Elementos de Protección en Túneles (1ª Edición: Julio 2020).
- ✓ Especificación técnica ADIF ET 03.399.003.7 "Especificación técnica de sistemas de control de accesos (1ª Edición: Enero 2017)".
- ✓ Especificación técnica ADIF ET 03.399.006.0_1M1 "Señalización de elementos de autoprotección en túneles. (1ª Edición: Junio 2019 + M1: Julio 2020)".
- ✓ Fichas UIC 779-11 11 ("Determination of railway tunnel cross-sectional areas on the basis of aerodynamic considerations").
- ✓ Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros. Ministerio de Fomento (2001).

- ✓ Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero, por la que se aprueban la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE) y se modifican la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción ferroviaria de gálibos y la Orden FOM/2015/2016, de 30 de diciembre, por la que se aprueba el Catálogo Oficial de Señales de Circulación Ferroviaria en la Red Ferroviaria de Interés General.

- ✓ Orden TRM/608/2024, de 15 de abril, por la que se corrigen errores en la Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero, por la que se aprueban la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE) y se modifican la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción Ferroviaria de gálibos y la Orden FOM/2015/2016, de 30 de diciembre, por la que se aprueba el Catálogo Oficial de Señales de Circulación Ferroviaria en la Red Ferroviaria de Interés General.

2. Alternativas de trazado

Teniendo presente los principales condicionantes físicos, ambientales y territoriales, así como los esquemas funcionales a implementar, se han desarrollado las siguientes alternativas de trazado para evaluar la viabilidad de la actuación.

2.1. Alternativa A1. Rasante baja

La Alternativa A1 Rasante baja discurre por el Norte de Peña Cabarga e incluye parada en Laredo y Castro-Urdiales, pasando por las Marismas de Santoña.

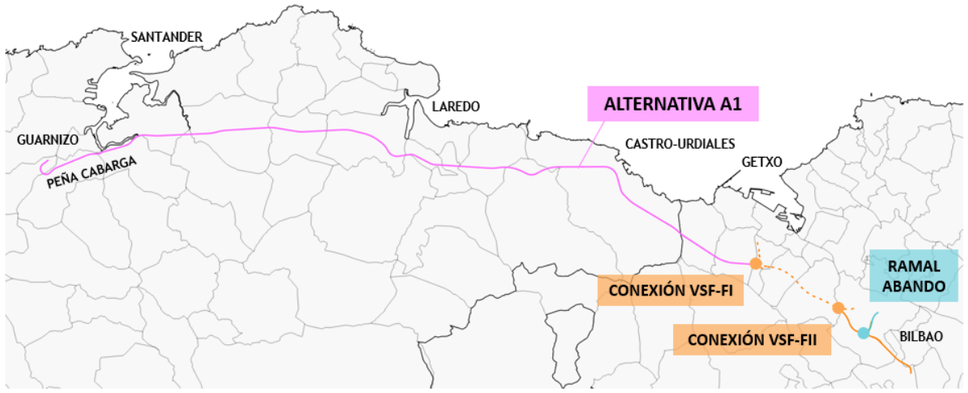


Figura 1. Trazado de Alternativa A1 Rasante baja

Fuente: Elaboración propia

En este primer tramo, comprendido entre Liaño y Orejo, la traza discurre mayoritariamente a cielo abierto por la zona Norte del Parque de la Naturaleza de Peña Cabarga, pasando por las proximidades de la Ría de Solía y Ría de San Salvador, hasta llegar a El Rongal (Orejo), donde la traza continúa dirección Este.

Desde Puente Agüero hasta Praves, pasando por Villaverde de Pontones y Hoz de Anero, la traza continúa dirección Este, salvando el Arroyo del Hoyo, para posteriormente conectar con las proximidades de Palacio. Este tramo atraviesa por el Norte el Barrio de La Tejera.

Desde Palacio hasta Laredo, donde se realiza la primera parada, el trazado aprovecha las condiciones orográficas del terreno y discurre por la parte Norte de la zona montañosa, hasta atravesar la Ría de Treto.

La traza continúa dirección Este hasta Castro-Urdiales, donde realiza la siguiente parada, siendo interrumpida por el Río Agüera en la parte Sur de Oriñón.

En este último tramo el trazado toma dirección Sureste para conectar con la Fase I de la Variante Sur Ferroviaria (VSF-FI), donde es necesario ubicar varios viaductos y túneles. Los túneles considerados en el trazado de la Alternativa A1 Rasante baja suman una longitud total de 44,90 km. Son los siguientes túneles:

Tabla 1. Túneles Alternativa A1 Rasante baja (1 de 2)

ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA										
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Pendiente (‰)**	**Sección**	**Superficie (m²)**	**Subtramo**			**Método de excavación**
							P.K. inicial	**P.K. final**	**Long (m)**	
TU/01.8-02.4	1+840	2+420	580,0	5,0	Monotubo	85	1+840	1+880	40,0	Falso Túnel
							1+880	2+215	335,0	Métodos convencionales (NATM)
							2+215	2+420	205,0	Falso Túnel
TU/04.6-05.4	4+580	5+360	780,0	5,0	Monotubo	100	4+580	4+890	310,0	Falso Túnel
							4+890	5+205	315,0	Métodos convencionales (NATM)
							5+205	5+360	155,0	Falso Túnel
TU/12.8-15.0	12+820	14+960	2.140,0	6,0	Monotubo	85	12+820	14+210	1.390,0	Falso Túnel
							14+210	14+565	355,0	Métodos convencionales (NATM)
							14+565	14+755	190,0	Falso Túnel
							14+755	14+905	150,0	Métodos convencionales (NATM)
							14+905	14+960	55,0	Falso Túnel

Tabla 2. Túneles Alternativa A1 Rasante baja (2 de 2)

ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA										
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Pendiente (‰)**	**Sección**	**Superficie (m²)**	**Subtramo**			**Método de excavación**
							P.K. inicial	**P.K. final**	**Long (m)**	
TU/17.0-17.6	16+960	17+600	640,0	6,0	Monotubo	95	16+960	17+140	180,0	Falso Túnel
							17+140	17+305	165,0	Métodos convencionales (NATM)
							17+305	17+600	295,0	Falso Túnel
TU/18.9-22.3	18+940	22+280	3.340,0	6,0 / 12,5	Monotubo	85	18+940	19+010	70,0	Falso Túnel
							19+010	22+120	3.110,0	Métodos convencionales (NATM)
							22+120	22+280	160,0	Falso Túnel
TU/22.8-24.1	22+760	24+140	1.380,0	7,0	Monotubo	85	22+760	22+810	50,0	Falso Túnel
							22+810	24+100	1.290,0	Métodos convencionales (NATM)
							24+100	24+140	40,0	Falso Túnel
TU/25.4-26.2	25+420	26+200	780,0	-9,5	Monotubo	100	25+420	25+525	105,0	Falso Túnel
							25+525	25+880	355,0	Métodos convencionales (NATM)
							25+880	26+200	320,0	Falso Túnel
TU/26.8-27.3	26+820	27+320	500,0	-9,5	Monotubo	85	26+820	26+840	20,0	Falso Túnel
							26+840	27+295	455,0	Métodos convencionales (NATM)
							27+295	27+320	25,0	Falso Túnel
TU/27.5-29.0	27+540	29+000	1.460,0	-9,5	Monotubo	85	27+540	28+210	670,0	Falso Túnel
							28+210	28+960	750,0	Métodos convencionales (NATM)
							28+960	29+000	40,0	Falso Túnel
TU/30.9-31.7	30+900	31+700	800,0	-9,5	Monotubo	100	30+900	31+015	115,0	Falso Túnel
							31+015	31+650	635,0	Métodos convencionales (NATM)
							31+650	31+700	50,0	Falso Túnel
TU/32.3-33.2	32+340	33+180	840,0	-9,5	Monotubo	100	32+340	32+395	55,0	Falso Túnel
							32+395	33+060	665,0	Métodos convencionales (NATM)
							33+060	33+180	120,0	Falso Túnel
TU/34.5-34.7	34+540	34+680	140,0	-6,2	Monotubo	85	-	-	-	Falso Túnel
TU/34.9-35.8	34+900	35+800	900,0	-6,2	Monotubo	100	34+900	34+950	50,0	Falso Túnel
							34+950	35+745	795,0	Métodos convencionales (NATM)
							35+745	35+800	55,0	Falso Túnel
TU/39.0-43.9	39+000	43+900	4.900,0	11,5	Monotubo	85	39+000	39+065	65,0	Falso Túnel
							39+065	43+780	4.715,0	Métodos convencionales (NATM)
							43+780	43+900	120,0	Falso Túnel
TU/44.0-44.3	44+040	44+260	220,0	-12,5	Monotubo	85	44+040	44+060	20,0	Falso Túnel
							44+060	44+230	170,0	Métodos convencionales (NATM)
							44+230	44+260	30,0	Falso Túnel
TU/44.4-48.5	44+440	48+540	4.100,0	-12,5	Monotubo	85	44+440	44+460	20,0	Falso Túnel
							44+460	48+485	4.025,0	Métodos convencionales (NATM)
							48+485	48+540	55,0	Falso Túnel
TU/49.1-57.3	49+066	57+340	8.274,0	2,0	Bitubo	52	49+066	57+315	8.249,0	Tuneladora
							57+315	57+340	25,0	Falso Túnel
TU/58.0-59.6	58+040	59+620	1.580,0	2,0 / 12,5	Bitubo	52	58+040	58+090	50,0	Falso Túnel
							58+090	59+535	1.445,0	Métodos convencionales (NATM)
							59+535	59+620	85,0	Falso Túnel
TU/60.4-62.9	60+380	62+880	2.500,0	12,5	Monotubo	85	60+380	60+400	20,0	Falso Túnel
							60+400	62+745	2.345,0	Métodos convencionales (NATM)
							62+745	62+880	135,0	Falso Túnel
TU/63.3-63.4	63+280	63+380	100,0	-12,5	Monotubo	85	-	-	-	Falso Túnel
TU/63.8-68.1	63+760	68+073	4.313,0	-12,5	Monotubo	85	63+760	63+790	30,0	Falso Túnel
							63+790	68+073	4.283,0	Métodos convencionales (NATM)
TU/68.4-73.1	68+420	73+054	4.634,2	5,0 / 2,0	Monotubo	85	68+420	68+455	35,0	Falso Túnel
							68+455	73+054	4.599,2	Métodos convencionales (NATM)
	OBRA CIVIL CONEXIÓN FASE 1 VSF BILBAO				Monotubo	85	73+054	73+684	630	Métodos convencionales (NATM)

Por motivos de seguridad y evacuación se ha considerado que los túneles de más de 5.000 m de longitud se constituyan con un esquema funcional bitubo: dividir el túnel de vía doble en dos túneles en vía única paralelos, conectados mediante galerías intermedias de evacuación. Esto tiene una excepción, que es el túnel final, de conexión con la VSF de Bilbao (TU/68.4-73.1), en el que se mantiene el esquema funcional monotubo, continuación del túnel previsto en la VSF de Bilbao.

En el resto del trazado de esta alternativa hay un solo túnel de más de 5 km (TU/49.1-57.3). También se constituye como túnel bitubo el túnel adyacente a éste (TU/58.0-59.6). Entre estos dos túneles se emplaza la estación de Castro, por lo que las bocas de los túneles se ven afectadas por los abocinamientos (incrementos de sección) para inscribir las aperturas necesarias para constituir el esquema funcional de la playa de vías de la estación.

2.2. Alternativa C1. Rasante baja

La Alternativa C1 Rasante baja discurre por el Norte de Peña Cabarga pero, a diferencia de la Alternativa A1 Rasante baja, no pasa por las Marismas de Santoña, y por lo tanto no incluye parada en Laredo, pero sí en Castro-Urdiales.

La Alternativa C1 Rasante baja comparte la primera parte del trazado con la Alternativa A1 Rasante baja, anteriormente descrita, hasta las proximidades de Coterillo.

En este segundo tramo del trazado discurre dirección Noreste para atravesar el monte donde se ubica Santisteban hasta el Sur de Oriñón, donde atraviesa el Río Agüera.

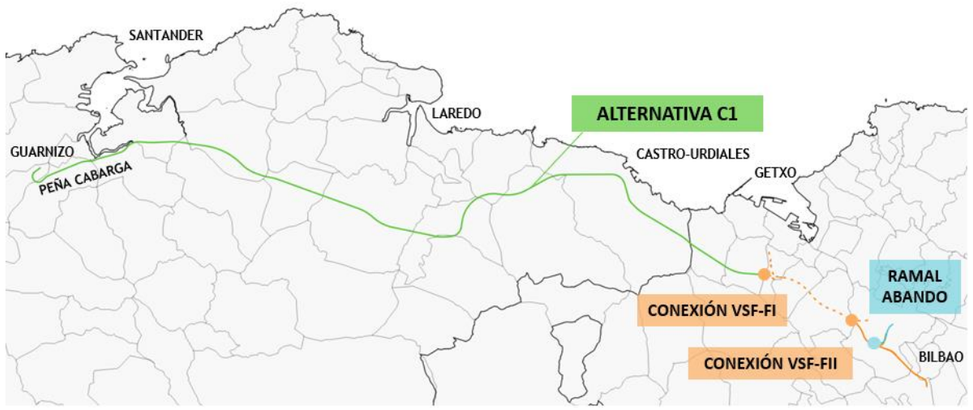


Figura 2. Trazado de Alternativa C1 Rasante baja

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con una curva a derechas y dirección Noreste el corredor conecta en las proximidades del río Agüera con la traza de la Alternativa A1 Rasante baja, para atravesar la zona montañosa del Pico Cerredo. A partir de este punto, el trazado de las alternativas vuelve a ser coincidente hasta conectar con la VSF-FI.

Los túneles considerados en el trazado de la Alternativa C1 Rasante baja suman una longitud total de 48,45 km. Son los siguientes túneles

Tabla 3. Túneles Alternativa C1 Rasante baja (1 de 2)

ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA										
Nombre	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Pendiente (‰)	Sección	Superficie (m²)	Subtramo			Método de excavación
							P.K. inicial	P.K. final	Long (m)	
TU/01.8-02.4	1+840	2+420	580,0	5,0	Monotubo	85	1+840	1+880	40,0	Falso Túnel
							1+880	2+215	335,0	Métodos convencionales (NATM)
							2+215	2+420	205,0	Falso Túnel
TU/04.6-05.4	4+580	5+360	780,0	5,0	Monotubo	100	4+580	4+890	310,0	Falso Túnel
							4+890	5+205	315,0	Métodos convencionales (NATM)
							5+205	5+360	155,0	Falso Túnel

Tabla 4. Túneles Alternativa C1 Rasante baja (2 de 2)

ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA										
Nombre	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Pendiente (‰)	Sección	Superficie (m²)	Subtramo			Método de excavación
							P.K. inicial	P.K. final	Long (m)	
TU/12.8-15.0	12+820	14+960	2.140,0	6,0	Monotubo	85	12+820	14+205	1.385,0	Falso Túnel
							14+205	14+565	360,0	Métodos convencionales (NATM)
							14+565	14+755	190,0	Falso Túnel
							14+755	14+910	155,0	Métodos convencionales (NATM)
							14+910	14+960	50,0	Falso Túnel
TU/16.0-16.1	16+000	16+080	80,0	5,0	Monotubo	85	-	-	-	Falso Túnel
TU/16.5-17.9	16+460	17+900	1.440,0	5,0 / 9,0	Monotubo	85	16+460	17+115	655,0	Falso Túnel
							17+115	17+660	545,0	Métodos convencionales (NATM)
							17+660	17+900	240,0	Falso Túnel
TU/20.0-20.7	19+960	20+740	780,0	12,5	Monotubo	100	19+960	20+240	280,0	Falso Túnel
							20+240	20+485	245,0	Métodos convencionales (NATM)
							20+485	20+740	255,0	Falso Túnel
TU/21.9-22.6	21+860	22+580	720,0	12,5	Monotubo	100	21+860	22+170	310,0	Falso Túnel
							22+170	22+345	175,0	Métodos convencionales (NATM)
							22+345	22+580	235,0	Falso Túnel
TU/22.8-25.5	22+840	25+460	2.620,0	5,0	Monotubo	85	22+840	22+920	80,0	Falso Túnel
							22+920	25+390	2.470,0	Métodos convencionales (NATM)
							25+390	25+460	70,0	Falso Túnel
TU/27.5-31.4	27+480	31+440	3.960,0	-12,5 / 0,0	Monotubo	85	27+480	27+690	210,0	Falso Túnel
							27+690	31+095	3.405,0	Métodos convencionales (NATM)
							31+095	31+440	345,0	Falso Túnel
TU/32.6-32.7	32+560	32+720	160,0	0,0	Monotubo	85	-	-	-	Falso Túnel
TU/33.9-34.2	33+900	34+220	320,0	0,0	Monotubo	85	-	-	-	Falso Túnel
TU/35.1-39.8	35+080	39+820	4.740,0	5,0	Monotubo	85	35+080	35+155	75,0	Falso Túnel
							35+155	39+790	4.635,0	Métodos convencionales (NATM)
							39+790	39+820	30,0	Falso Túnel
TU/40.4-40.9	40+420	40+860	440,0	-5,5	Monotubo	85	40+420	40+445	25,0	Falso Túnel
							40+445	40+820	375,0	Métodos convencionales (NATM)
							40+820	40+860	40,0	Falso Túnel
TU/41.3-41.4	41+320	41+380	60,0	-5,5	Monotubo	85	-	-	-	Falso Túnel
TU/42.6-43.2	42+640	43+180	540,0	-5,5	Monotubo	85	42+640	42+685	45,0	Falso Túnel
							42+685	43+135	450,0	Métodos convencionales (NATM)
							43+135	43+180	45,0	Falso Túnel
TU/43.7-51.4	43+660	51+380	7.720,0	-5,5	Bitubo	52	43+660	43+710	50,0	Falso Túnel
							43+710	51+320	7.610,0	Tuneladora
							51+320	51+380	60,0	Falso Túnel
TU/52.0-60.3	52+020	60+300	8.280,0	2,0	Bitubo	52	52+020	52+030	10,0	Falso Túnel
							52+030	60+280	8.250,0	Tuneladora
							60+280	60+300	20,0	Falso Túnel
TU/61.0-62.6	61+020	62+580	1.560,0	2,0 / 12,5	Bitubo	52	61+020	61+050	30,0	Falso Túnel
							61+050	62+500	1.450,0	Métodos convencionales (NATM)
							62+500	62+580	80,0	Falso Túnel
TU/63.3-65.8	63+340	65+840	2.500,0	12,5	Monotubo	85	63+340	63+360	20,0	Falso Túnel
							63+360	65+710	2.350,0	Métodos convencionales (NATM)
							65+710	65+840	130,0	Falso Túnel
TU/66.2-66.3	66+240	66+340	100,0	-12,5	Monotubo	85	-	-	-	Falso Túnel
TU/66.7-71.0	66+720	71+036	4.316,0	-12,5	Monotubo	85	66+720	66+755	35,0	Falso Túnel
							66+755	71+036	4.281,0	Métodos convencionales (NATM)
TU/71.4-76.0	71+400	76+018	4.618,0	5,0 / 2,0	Monotubo	85	71+400	71+420	20,0	Falso Túnel
							71+420	76+018	4.598,0	Métodos convencionales (NATM)
	OBRA CIVIL CONEXIÓN FASE 1 VSF BILBAO				Monotubo	85	76+018	76+648	630,0	Métodos convencionales (NATM)

El túnel final, de conexión con la VSF de Bilbao (TU/71.4-76.0), se mantiene el esquema funcional monotubo, continuación del túnel previsto en la VSF de Bilbao. En el resto del trazado de esta alternativa existen dos túneles de más de 5 km (TU/43.7-51.4 y TU/52.0-60.3), que se constituyen con un esquema de túnel bitubo.

Este esquema también afecta al túnel TU/61.0-62.6. Entre éste y el anterior, se emplaza la estación de Castro, por lo que las bocas de los túneles se ven afectadas por los abocinamientos (incrementos de sección) para inscribir las aperturas necesarias para constituir el esquema funcional de la estación.

2.3. Alternativa Variante Estación Castro-Urdiales. Rasante alta

El tramo común de las Alternativas A1 y C1 Rasante baja dispone de dos propuestas de trazado en alzado, motivadas por la compleja orografía de la zona y la necesidad de disponer de un cambiador de ancho y una estación en el entorno de Castro-Urdiales.

La denominación de rasante baja y rasante alta permite referenciar la altura y forma en la que la traza cruza sobre la autovía A-8, realizándose en túnel para la rasante baja (-25 metros de cota roja) y en viaducto para la rasante alta (+13 metros de cota roja).

Los trazados propuestos en el presente Estudio Informativo están definidos teniendo en cuenta la variante de rasante baja. Es por ello que el análisis pormenorizado de los trazados se realiza con respecto a la rasante baja, haciendo referencia a la variante de rasante alta siempre y cuando sea necesario.

La principal diferencia entre la rasante baja y alta radica en la altura a la que discurre la traza en el entorno de Castro y la ubicación de las infraestructuras asociadas. La modificación de la altura en este tramo condiciona a su vez a los tramos y estructuras colindantes, debiendo ajustarse para cumplir con los parámetros de diseño definidos en alzado por la NAP 1-2-1.0.

La variante de rasante alta evita la disposición de la estación sobre un viaducto, tal y como ocurre con la variante de rasante baja.

Tabla 5. Principales diferencias entre rasante alta y baja

VARIANTE	AFECCIÓN PARQUE DE BOMBEROS	CAMBIADOR DE ANCHO	ESTACIÓN DE LAREDO	CRUCE A-8
Rasante alta	Sí	Desmonte	Desmonte	Viaducto
Rasante baja	Sí	Desmonte	Viaducto	Túnel

El trazado en planta para ambas variantes difiere ligeramente, fruto de adaptar las estructuras de la rasante alta a la orografía del terreno. No obstante, no presenta un cambio significativo en el desarrollo que justifique un análisis pormenorizado. Esta pequeña variación supone un incremento del desarrollo de la traza de apenas 15 metros.

Tabla 6. Puntos de conexión entre las Alternativas A1 y C1 Rasante alta y baja

PUNTOS CONEXIÓN ENTRE RASANTE BAJA Y ALTA		
	PK INICIO	PK FINAL
ALTERNATIVA A1		
RASANTE BAJA	48+520	63+521
RASANTE ALTA		63+535,884
ALTERNATIVA C1		
RASANTE BAJA	51+037,722	66+484.488
RASANTE ALTA		66+499.371

La valoración de las alternativas motiva que los puntos de conexión, tanto en el inicio como en el final, sean prolongados hasta comprender la totalidad de las estructuras.

Este criterio permite comparar la valoración de la rasante baja y alta de forma biunívoca. La siguiente tabla establece la denominación de las estructuras a partir de las cuales se establece la comparativa de valoración:

Tabla 7. Denominación de las estructuras para la comparativa de valoración

	ESTRUCTURA INICIO	ESTRUCTURA FINAL
Alternativa A1 rasa alta	TU/44.4-48.5 PK 44+440 – 48+540	Cielo abierto PK 63+535,884
Alternativa C1 rasa alta	TU/43.7-51.4 PK 43+660-51+380	Cielo abierto PK 66+499.371

Tanto en la rasante baja como en la alta, la estación y cambiar de ancho se ubican sobre una alineación recta con una pendiente longitudinal de 2,5 ‰.

Los siguientes apartados presentan las particularidades de cada alternativa.

2.3.1. Alternativa A1. Rasante alta

Esta variante ha sido motivada como propuesta de desplazar el cambiador de ancho y la estación de Castro-Urdiales de un viaducto hacia un tramo a cielo abierto.

La principal diferencia con respecto a la rasante baja radica en la altura de la rasante en el entorno de Castro, así como en los tramos colindantes. En este caso, el viaducto que cruza la vaguada del Arroyo de Sámano se ha elevado hasta alcanzar una cota roja de 68 metros, medidas desde el punto más deprimido del terreno.

Esta variante de alzado realiza el cruce de la A-8 mediante viaducto. En consecuencia, el túnel previamente planificado desaparece (TU/58.0-59.6), y las longitudes de los túneles anterior y posterior a este cambio se ven modificadas. El resto de los túneles se mantienen igual que la Alternativa A1 Rasante baja.

Los túneles que forman parte del tramo común con la Alternativa A1 Rasante baja están detallados en el apartado 2.1. Por consiguiente, los túneles que se incluyen en el trazado de la Alternativa A1 Rasante alta inician y finalizan en los PP.KK. de las estructuras de inicio y final mencionadas en el apartado anterior. A continuación, se enumeran los siguientes túneles:

Tabla 8. Túneles Alternativa A1 Rasante alta

ALTERNATIVA A1. RASANTE ALTA										
Nombre	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Pendiente (‰)	Sección	Superficie (m²)	Subtramo			Método de excavación
							P.K. inicial	P.K. final	Long (m)	
TU/44.4-48.5	44+440	48+540	4.100,0	-12,5	Monotubo	85	44+440	44+460	20,0	Falso Túnel
							44+460	48+485	4.025,0	Métodos convencionales (NATM)
							48+485	48+540	55,0	Falso Túnel
TU/49.1-57.2	49+080	57+200	8.120,0	6,8	Bitubo	52	49+080	49+085	5,0	Falso Túnel
							49+085	57+140	8.055,0	Tuneladora
							57+140	57+200	60,0	Falso Túnel
TU/60.4-62.9	60+380	62+880	2.500,0	5,0	Monotubo	85	60+380	60+410	30,0	Falso Túnel
							60+410	62+855	2.445,0	Métodos convencionales (NATM)
							62+855	62+880	25,0	Falso Túnel
TU/63.3-63.4	63+260	63+380	120,0	6,8	Monotubo	85	63+260	63+380	120,0	Falso Túnel
TU/63.7-68.1	63+727	68+043	4.316,0	-12,5	Monotubo	85	63+727	63+763	36,0	Falso Túnel
							63+763	68+043	4.280,0	Métodos convencionales (NATM)
TU/68.4-73.1	68+421	73+039	4.618,0	5,0 / 2,0	Monotubo	85	68+421	68+439	18,0	Falso Túnel
							68+439	73+039	4.600,0	Métodos convencionales (NATM)

2.3.2. Alternativa C1. Rasante alta

La rasante de la alternativa C1, en las proximidades de Castro-Urdiales, es idéntica a la alternativa A1, a excepción de la definición de los PP.KK. que difieren fruto de la diferencia de desarrollo entre ambas alternativas.

Los túneles que forman parte del tramo común con la Alternativa C1 Rasante baja están detallados en el apartado 2.2. Por consiguiente, los túneles que se incluyen en el trazado de la Alternativa C1 Rasante alta inician y finalizan en los P.K. de las estructuras de inicio y final mencionadas en el apartado anterior. A continuación, se enumeran los siguientes túneles:

Tabla 9. Túneles Alternativa C1 Rasante alta

ALTERNATIVA C1. RASANTE ALTA										
Nombre	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Pendiente (‰)	Sección	Superficie (m²)	Subtramo			Método de excavación
							P.K. inicial	P.K. final	Long (m)	
TU/43.7-51.4	43+660	51+360	7.700,0	-5,5	Bitubo	52	43+660	43+710	50,0	Falso Túnel
							43+710	51+340	7.630,0	Tuneladora
							51+340	51+360	20,0	Falso Túnel
TU/52.0-60.2	52+040	60+160	8.120,0	6,8	Bitubo	52	52+040	60+130	8.090,0	Tuneladora
							60+130	60+160	30,0	Falso Túnel
TU/63.4-65.8	63+360	65+840	2.480,0	5,0	Monotubo	85	63+360	63+370	10,0	Falso Túnel
							63+370	65+815	2.445,0	Métodos convencionales (NATM)
							65+815	65+840	25,0	Falso Túnel
TU/66.2-66.3	66+220	66+340	120,0	5,0 / -12,5	Monotubo	85	-	-	-	Falso Túnel

2.4. Conexión Variante Sur Ferroviaria de Bilbao

Todas las alternativas de trazado conectan con la infraestructura de la Variante Sur Ferroviaria (VSF) de Bilbao, en las inmediaciones de Abanto y Ciérvana (Abanto Zierbena), muy cerca ya del Valle de Trápaga y el Gran Bilbao. En ese punto se prevé la conexión de la futura línea Bilbao – Santander con la red existente a través de la Variante Sur Ferroviaria de Bilbao, que se desarrolla a través de los siguientes antecedentes:

- ✓ Estudio Informativo de la Variante Sur Ferroviaria de Bilbao. Fase 1. (MFOM-ETS Febrero 2019).
- ✓ Estudio Informativo del Proyecto de la Variante Sur de Bilbao. Primera Fase (INECO 2015).
- ✓ Proyecto de Construcción del Nuevo Acceso Ferroviario al Puerto de Bilbao. Tramo: Estación de Ortuella – Nueva Estación de Mercancías en el Puerto de Bilbao (TRN - GEOCONTROL 2003).
- ✓ Proyecto de Construcción de los Accesos a San Mamés y Transformación de la A-8 en vía urbana (Interbiak – UTE Dair Geoconsult. 2008).
- ✓ Proyecto de ejecución de las Obras de Infraestructura Viaria de los accesos a Bilbao por San Mamés (Bilbao Ría 2000. 2009).
- ✓ Proyecto de Construcción Aparcamiento Subterráneo de Torres Quevedo. As Built. (UTE San Mamés. 2004).
- ✓ Proyecto de Estación y Urbanización Zunzunegi. As Built. (UTE San Mamés. 2005).
- ✓ Estudio de Viabilidad del Subámbito BZ.06.3 ND Olabeaga (Bilbao Ría 2000, en redacción).

La VSF de Bilbao es relevante para la nueva conexión ferroviaria entre Bilbao y Santander ya que será parte del itinerario de acceso a la estación de Bilbao-Abando. El Estudio Informativo Bilbao – Santander concluye en la estación de Bilbao -

Abando, para lo que aprovecharía la infraestructura previamente desarrollada por los antecedentes anteriores en el ámbito de la Variante Sur Ferroviaria de Bilbao.

La VSF de Bilbao Fase 1, actualmente en fase de redacción de los proyectos, se está definiendo con unos parámetros de diseño que permitan su integración en un futuro corredor de altas prestaciones:

- ✓ Tráfico mixto (viajeros y mercancías).
- ✓ Ancho de vía mixto (estándar e ibérico).
- ✓ Velocidades máximas de 250 km/hora para tráfico de viajeros y mínima de 80 km/hora para tráfico de mercancías.

La segunda fase de la VSF de Bilbao está en fase de redacción de Estudio Informativo. Prolongará la variante ferroviaria hasta integrarse con el futuro acceso ferroviario a la estación de Bilbao-Abando, y conectar tanto con la "Y" Vasca y la línea Castejón-Bilbao Abando en Arrigorriaga.

En ambas fases de la VSF se está considerando una estrategia de evacuación de los túneles con salidas de emergencia directas al exterior, mediante galerías cada 1.000 m.

Esta solución es apropiada para el tráfico de mercancías, en el cual solo se requiere evacuar al personal del tren, incluyendo al maquinista y al personal de apoyo. Sin embargo, para adecuar los túneles de la VSF al tráfico de pasajeros del tramo Santander – Bilbao, será fundamental desarrollar estudios específicos de evacuación e incendio mediante el uso de CFD (Computational Fluid Dynamics) en la fase de redacción de los proyectos. Esto se llevará a cabo de acuerdo con los estándares establecidos en la NAP 2-3-1.0_ED2M1 Túneles.

En este contexto, tanto el número como la ubicación de las conexiones de emergencia deberán ser validados mediante un estudio CFD de incendios y evacuación. Este estudio evaluará la simulación del incendio y su evolución a lo largo del tiempo desde su inicio, garantizando así la supervivencia de pasajeros y personal del tren durante el período necesario para llevar a cabo una evacuación completa.

De acuerdo con la práctica habitual de estos estudios el número de salidas previstas en los proyectos de la VSF puede ser insuficiente para garantizar la evacuación de trenes de viajeros, por lo que se considera en el presente Estudio Informativo densificar la red de salidas de emergencia que los proyectos de la VSF están previendo dejar construidas.

La estrategia de evacuación propuesta en este Estudio Informativo para adecuar este sector al tráfico de trenes de pasajeros Santander - Bilbao implica la construcción de una galería de evacuación que discurre de manera paralela al túnel de la VSF.

Esta galería conectará con las salidas de emergencia originalmente planificadas y aumentará la densidad de las conexiones con el túnel principal, estableciendo conexiones cada 200-500 metros (una estimación basada en los estándares comunes de túneles similares). Esto garantizará que todos los pasajeros del tren puedan llegar de manera segura a una zona de evacuación.

La separación óptima entre salidas de emergencia se determinará en la etapa de redacción de los proyectos de construcción, de acuerdo con los estudios CFD de cada túnel y la normativa de aplicación vigente.

Para construir la galería de evacuación paralela al túnel de la VSF, se utilizarán las salidas de emergencias previstas en el Estudio Informativo de la VSF como galerías de ataque, las cuales tienen un galibo de 5,6 m de alto y 7,0 m de ancho suficientes para que pueda acceder la maquinaria, algunas de estas salidas de emergencia serán usadas como galerías de ataque del propio túnel de la VSF.

Esta galería de evacuación se conectará con el túnel principal cada 200 – 500 m mediante una galería de conexión o entronque que tendrán una longitud aproximada de 30 m. El esquema de la estrategia de evacuación prevista se muestra en la siguiente figura.

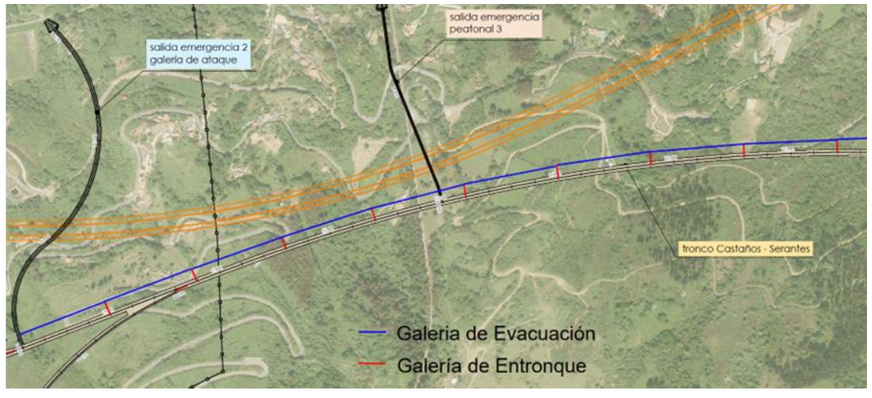


Figura 3. Estrategia de Evacuación prevista

Fuente: Elaboración propia

Las galerías de entronque se ejecutarán bajo la protección de un paraguas de micropilotes ejecutado desde la galería de evacuación con el fin de minimizar la afección al túnel principal.

Se procederá a la excavación de la galería de conexión bajo la protección de dicho paraguas ejecutando el sostenimiento correspondiente y para realizar el entronque con el túnel principal, se paralizará la excavación a 3 m del túnel para la ejecución de una viga de refuerzo que quedará conectada al revestimiento del túnel principal de la VSF como se muestra en la figura.

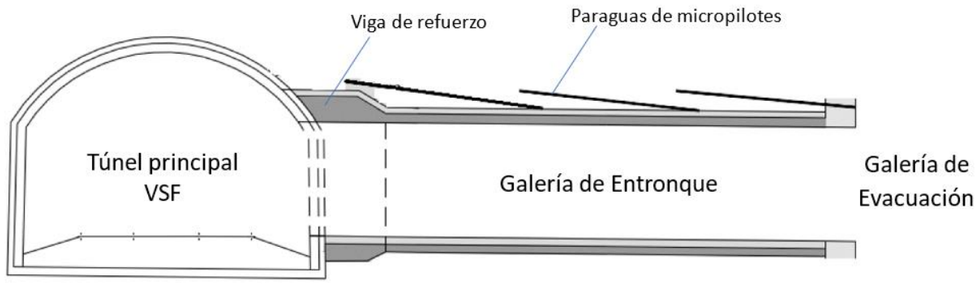


Figura 4. Galería de Entronque con Túnel VSF

Fuente: Elaboración propia

Para minimizar los cortes de tráfico, ya que estas conexiones se realizarían con la VSF en servicio, se propone excavar las galerías de conexión desde las galerías de evacuación ya existentes en la VSF. La circulación de los trenes deberá interrumpirse únicamente cuando se realice:

- ✓ Obras del entronque de la galería con el túnel.
- ✓ La implantación de la puerta de la salida de emergencia y elementos asociados a ella.
- ✓ Desplazamiento y colocación de los cables existentes en el hastial afectado por la galería.

Estas restricciones, tendrán una duración acorde con el tiempo máximo que se establecerá en el Plan de Obra de los futuros proyectos constructivos. Estas actividades se intentarán organizar en trabajos en banda de mantenimiento nocturno o en cortes de fin de semana.

Por otro lado, debido a que el túnel principal de la VSF es de vía doble, existe la posibilidad de cortar una de las vías (la más cercana a los entronques) y establecer una limitación temporal de velocidad en la otra para la realización de determinados trabajos. Estás restricciones deberán ser estudiadas en los proyectos posteriores.

En resumen, para asegurar la compatibilidad de las obras del Estudio Informativo Santander Bilbao con las obras de la VSF de Bilbao, se deben considerar las siguientes actuaciones:

1 Completar la obra civil entre el P.K. final de cada alternativa (Alt A1 73+054 y Alt C1 76+018) y el P.K. de inicio de la Fase 1 de la VSF (0+630). Para llevar a cabo la construcción de este sector, será necesario acceder a la zona de excavación mediante una galería de ataque. A priori, no es factible encajar ninguna galería de longitud razonable desde la red preexistente de carreteras. Por lo tanto, se ha evaluado una solución alternativa.

   Se propone atacar el túnel y el tramo de obra civil a completar ejecutando una galería de obra provisional de ataque desde la galería de acceso más cercana de la VSF-FI como se muestra en la siguiente figura y cuyo trazado se desarrollaría

en fases posteriores. En la ubicación prevista de esta galería de acceso no se prevé afección al inventarios de minas ni balsas abandonadas. De esta manera será posible atacar el túnel desde ambos extremos, teniendo dos frentes en cada lado, el túnel principal y la galería.

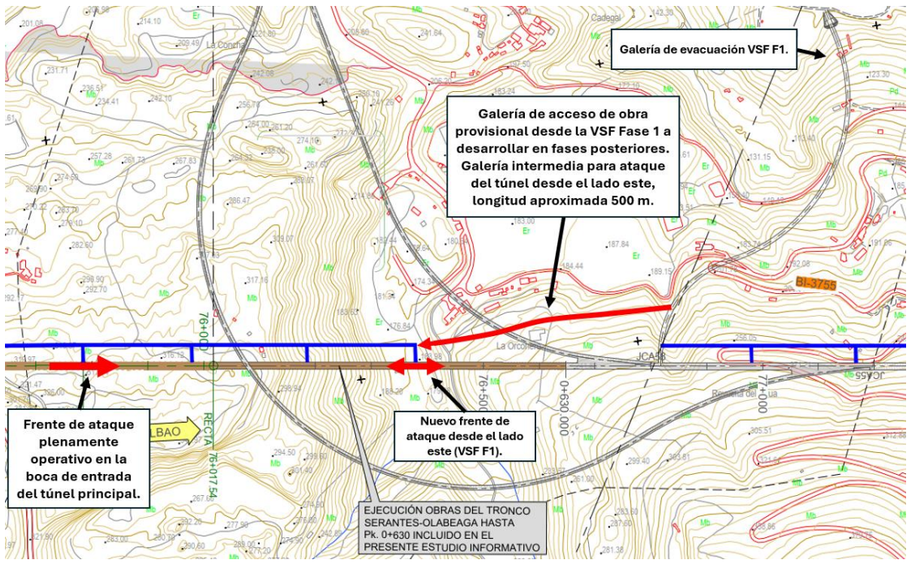


Figura 5. Frentes de ataque para completar la obra civil de la Fase 1 de la VSF

Fuente: Elaboración propia

En etapas posteriores de la redacción de los proyectos de construcción, será necesario calcular el punto óptimo para ubicar los frentes de ataque de la galería de evacuación, teniendo en cuenta los rendimientos previstos. Esto se debe a que los rendimientos de excavación variarán en función de las secciones. Por ejemplo, un túnel con una sección libre de 85 m² tendrá un rendimiento superior al de una galería de evacuación que posea una sección menor y que deba ser compartida por ambos frentes de ataque.

La principal limitación en los frentes de ataque de la galería de evacuación es que toda la maquinaria deberá entrar y salir por esta única galería. Además, cuando se ejecuten voladuras, será necesario desalojar los dos frentes de ataque.

En resumen, para la excavación del tramo de conexión final con la VSF Bilbao (Alt A1.- TU/68.4-73.1 y Alt. C1.- TU/71.4-76.0) de 4,6 km, junto con los 630 metros adicionales para completar la obra civil al inicio de la Fase 1 de la VSF, se planea contar con cuatro frentes de ataque: dos plenamente operativos en la boca de entrada del túnel principal (túnel principal y galería), y otros dos desde el lado este a través de la galería de ataque desde la VSF-FI.

2 Dotar a la Variante Sur Ferroviaria (VSF) de Bilbao de una estrategia de evacuación que permita habilitar el tránsito de pasajeros a través del túnel originalmente diseñado para el transporte de mercancías mediante la construcción de una galería de evacuación paralela al túnel de la VSF como ya se ha indicado anteriormente.

3 Completar las obras del Ramal de Conexión de la estación Bilbao – Abando, para ello se plantean realizar distintas actuaciones que se detallan a continuación:

3.1 Construir un túnel de vía única que conecte la bifurcación del Ramal Vitoria Santander en el P.K. 20+191 con el P.K. 21+334, abarcando una longitud total de 1.142 metros. No obstante, se presenta la limitación de que no es factible encajar ninguna galería de longitud razonable desde la red de carreteras preexistente para acceder a la zona de excavación de este ramal.

Por lo tanto, se propone la construcción de un pozo vertical que se ubicará en las proximidades del punto medio del trazado del Ramal, debajo de un campo de fútbol y béisbol. Este pozo facilitará el acceso para atacar ambos extremos del ramal. Así mismo, servirá como salida de emergencia del Ramal que tiene más de 1.000 metros, satisfaciendo de esta manera la estrategia de evacuación en este tramo.

El pozo vertical de ataque tendrá una profundidad aproximada de 60 metros y dimensiones adecuadas para garantizar la factibilidad constructiva del túnel de vía única. En las etapas posteriores de la redacción de los proyectos de construcción, se precisarán tanto el proceso constructivo como las dimensiones exactas de este pozo.

La siguiente figura muestra la ubicación tentativa del pozo vertical de ataque en planta, así como la galería de conexión entre este pozo y el Ramal de Conexión de la estación Bilbao – Abando.

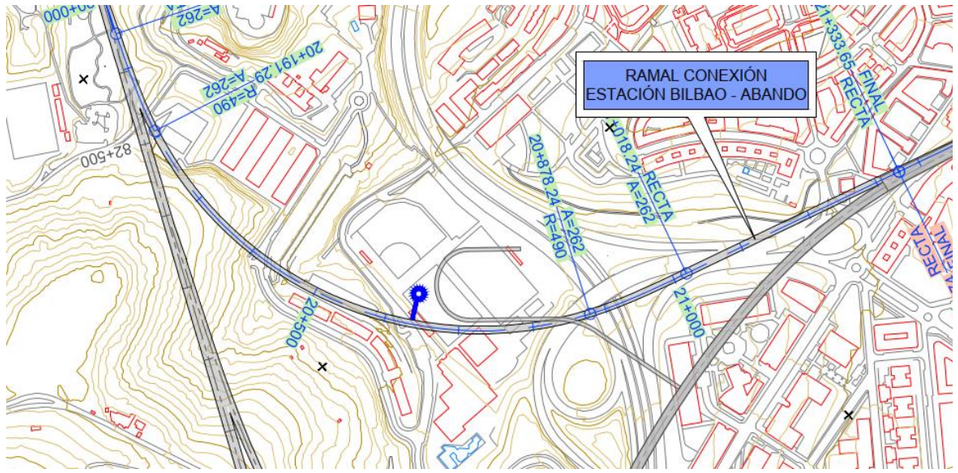


Figura 6. Ubicación en planta del Pozo vertical de ataque del Ramal de conexión

Fuente: Elaboración propia

3.2 Ejecutar las obras de conexión del túnel de vía única del Ramal Santander Bilbao y el canal de acceso a la estación de Bilbao-Abando.

Para ejecutar esas obras de conexión se consideran una serie de actuaciones adicionales con el fin de iniciar la perforación del Ramal a partir de las obras consideradas en el Estudio informativo de la nueva red ferroviaria del País Vasco. Corredor de acceso y Estación de Bilbao-Abando. Fase B.

Las obras incluyen la construcción de un paraguas de micropilotes, la demolición del ojo del túnel previsto en el proyecto del Corredor de acceso y Estación de Bilbao-Abando y el refuerzo del hastial central en la bifurcación del Ramal Santander Bilbao con el Eje Vitoria Bilbao.

En esta zona de escasa separación se forma un machón de terreno entre ambos túneles que debe ser lo suficientemente competente para garantizar su estabilidad y resistir los esfuerzos de compresión del arco de descarga que se concentran en el mismo.

Se muestra en la siguiente figura el mecanismo de rotura por concentración de tensiones, donde se observa que la componente horizontal del arco de descarga tiende a traccionar al terreno.

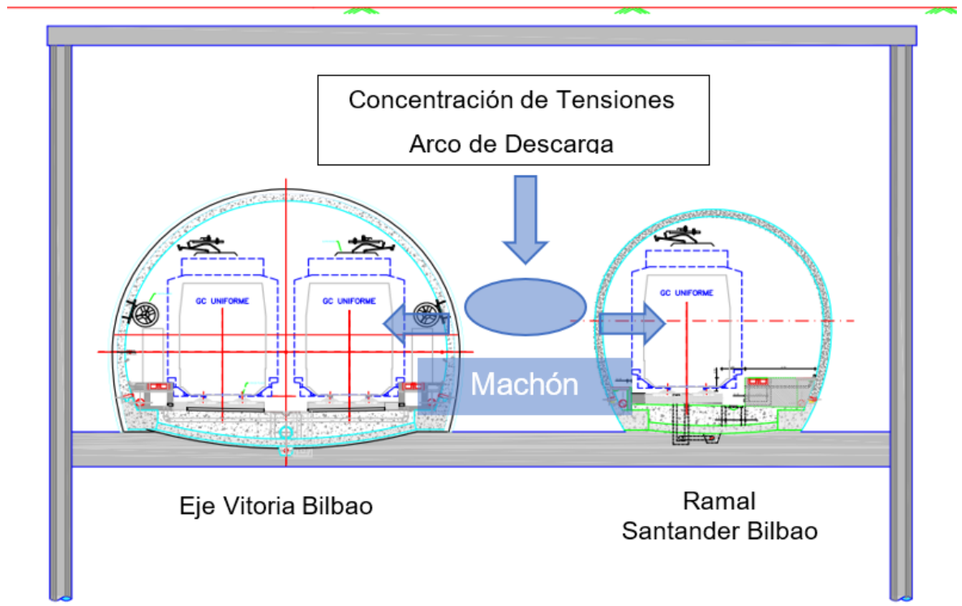


Figura 7. Concentración de tensiones y mecanismo de rotura

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, para evitar la problemática de concentración de tensiones en el arco de descarga se proponen dos soluciones que deberán ser analizadas y definidas en fases posteriores de redacción de los proyectos de construcción con la finalidad de reforzar el machón central:

- ✓ **Hastial de hormigón reforzado en mina:** que será construido excavando el machón central mediante pequeñas galerías por bataches que posteriormente serán sustituidas o rellenas de hormigón.

  Una vez ejecutado este machón central de hormigón, servirá de apoyo para construir el sostenimiento de las bóvedas del túnel de vía doble del Eje Vitoria Bilbao y del túnel de vía única del Ramal Santander Bilbao.

Esta solución presenta la problemática de cómo construir el hastial de hormigón reforzado en mina sin afectar el túnel del Eje Vitoria Bilbao que pudiera estar ya construido y en servicio. En la siguiente figura se muestra a manera de esquema esta solución constructiva.

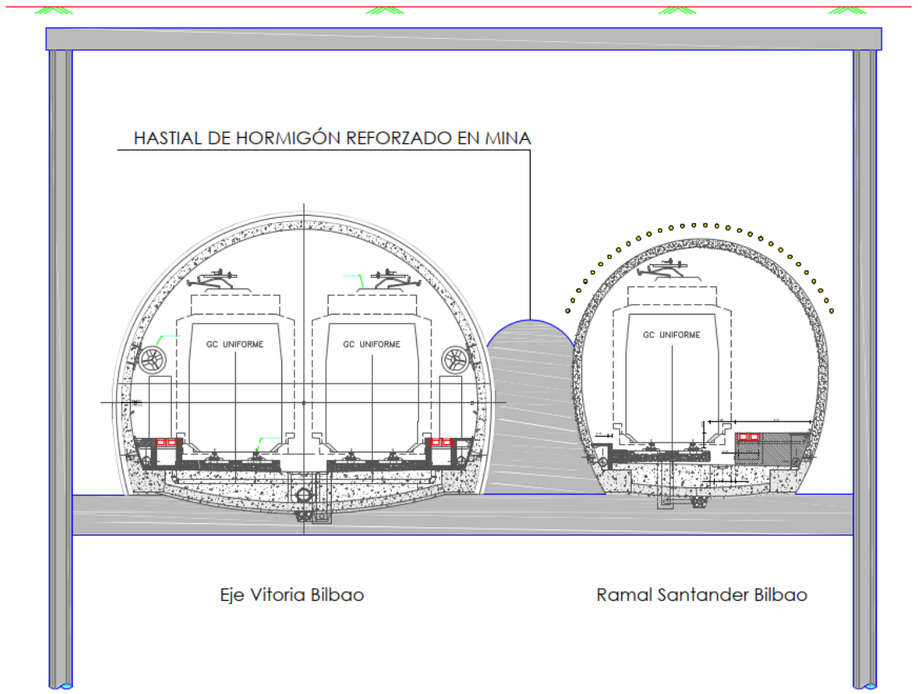


Figura 8. Solución constructiva mediante Hastial de hormigón reforzado en mina

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Pantalla de pilotes:** que será ejecutada desde superficie con el propósito de aislar la construcción entre ambos túneles y proporcionar soporte a las bóvedas de pre-excavación de ambos túneles. Esta pantalla de pilotes armados sería capaz de absorber los esfuerzos de compresión procedentes del arco de descarga.

  Además, se podría considerar esta solución si, en el momento de construir el túnel del Ramal Santander Bilbao, ya se ha completado la construcción del túnel de vía doble de la conexión Vitoria Bilbao. Esto minimizaría las afecciones sobre el túnel ya existente al aislar los movimientos. La siguiente figura ilustra esta solución constructiva.

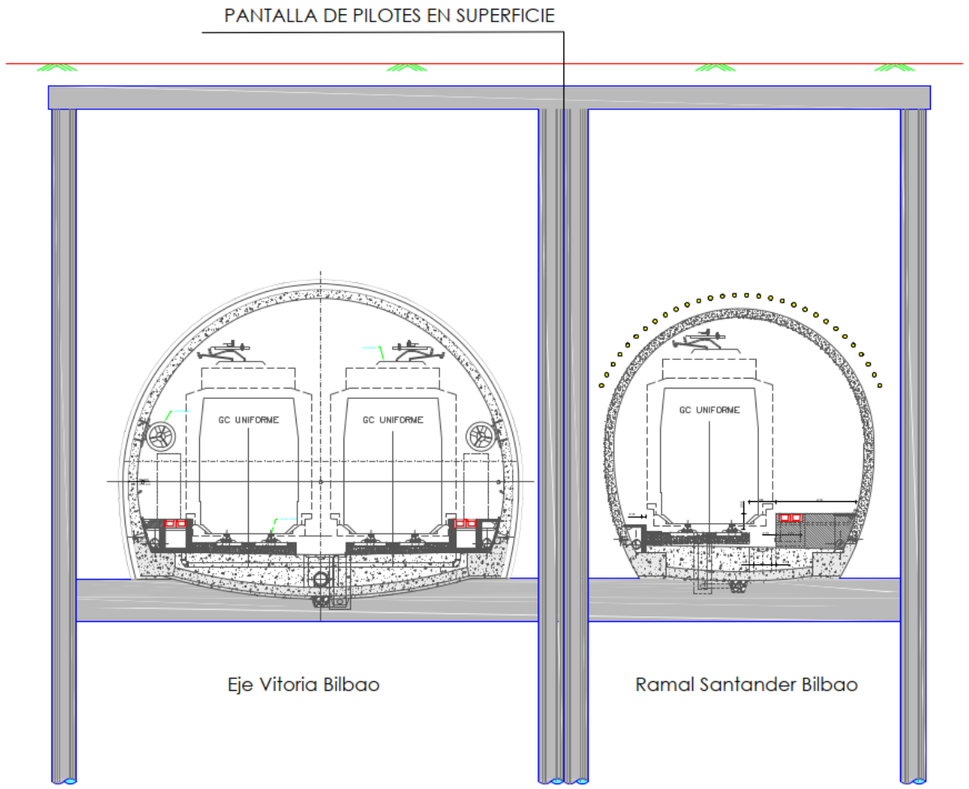


Figura 9. Solución constructiva mediante Pantalla de pilotes en superficie

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente planta se muestra las posibles afecciones en superficie que puede ocasionar la construcción de la pantalla de pilotes y que deben ser valoradas en fases posteriores de redacción de los proyectos de construcción.

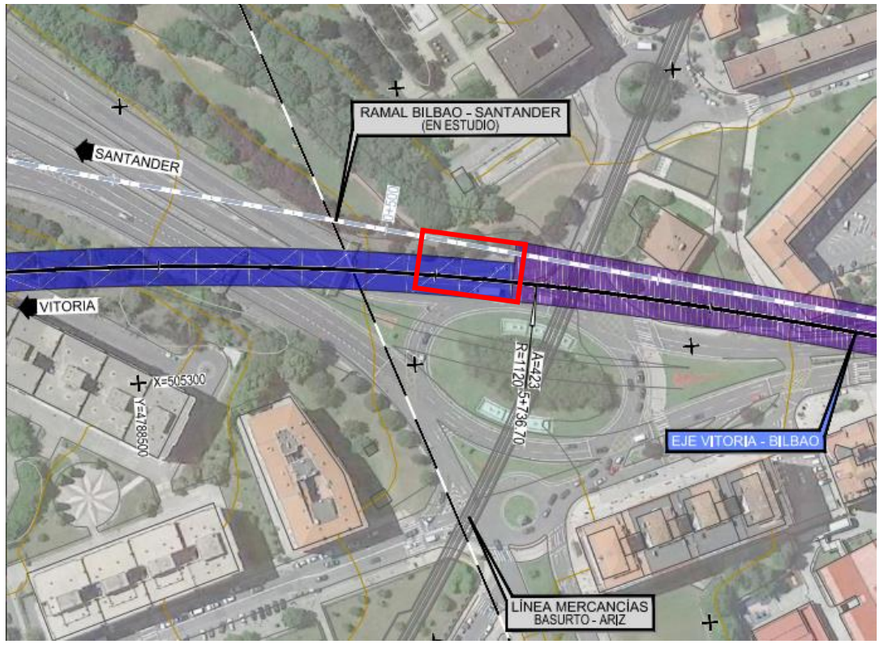


Figura 10. Planta del Ramal de Conexión de la estación Bilbao – Abando

Fuente: Estudio informativo de la nueva red ferroviaria del País Vasco. Corredor de acceso y Estación de Bilbao-Abando. Fase B.

Ambas soluciones se deberían implementar hasta que ambos túneles se alejen por lo menos un diámetro (túnel de vía doble) entre sí, lo que representa aproximadamente 15 metros entre los hastiales interiores de ambos ramales, generando un área de afección en superficie aproximada que se muestra en el interior del recuadro rojo de la figura anterior.

3.3 Ejecutar las obras de conexión del túnel de vía única del Ramal Santander Bilbao y la Variante Sur Ferroviaria de Bilbao (Fase 2).

Para poder ejecutar el Ramal de Abando, es necesario que el proyecto de VSF Fase II defina la caverna de bifurcación para la conexión con la estación de Abando, previendo el futuro entronque para enlazar con el ramal conexión Estación Bilbao-Abando. De esta manera, se minimizará el impacto sobre el tráfico ferroviario, que podría estar en servicio a la vez que se ejecuta el ramal, salvo cortes puntuales, como por ejemplo para ejecutar las conexiones de la superestructura.

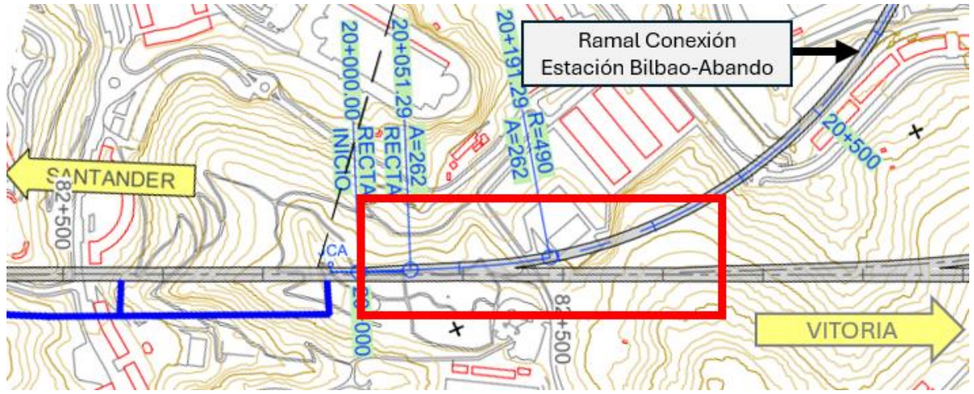


Figura 11. Planta del Ramal de Conexión de la estación Bilbao – Abando

Adicionalmente al refuerzo del machón central que se proyecte en la VSF Fase II, se estudiará en el proyecto constructivo del ramal de Abando la necesidad de complementar dicho refuerzo.

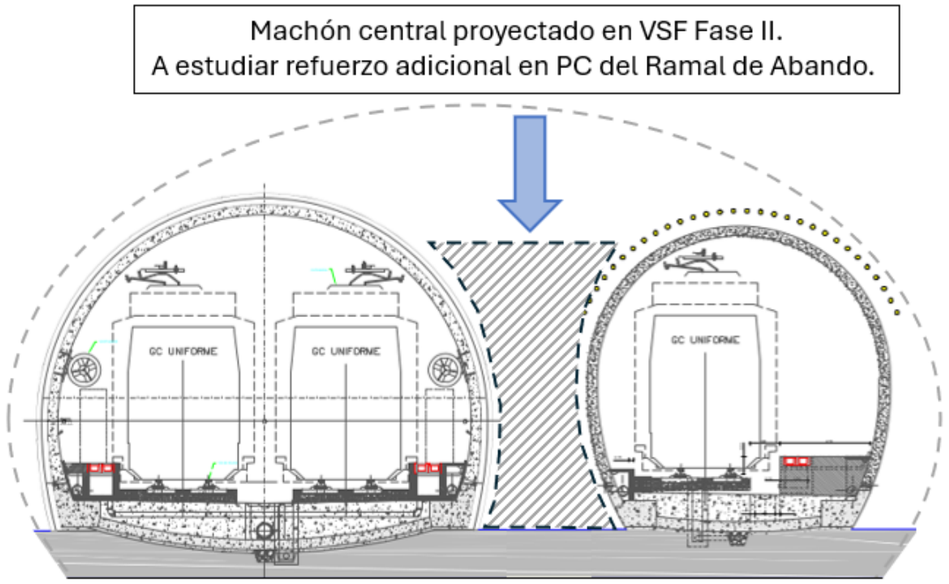


Figura 12. Machón central de la conexión

3. Caracterización geotécnica

Debido a que la Alternativa Variante Estación de Castro-Urdiales (Alternativa A1 y C1 Rasante alta) comparten la mayor parte del trazado con las Alternativa A1 y C1 Rasante baja, diferenciándose en la altura a la que discurre la traza en el entorno de Castro y la ubicación de las infraestructuras asociadas. En la Alternativa Variante Estación de Castro-Urdiales, la rasante se eleva, lo que conlleva cruzar la Autovía A-8 mediante un viaducto en lugar de un túnel en mina.

En consecuencia, el túnel previamente planificado desaparece, y las longitudes de los túneles anteriores y posteriores a este cambio se ven modificados. Es importante destacar que esta modificación no genera diferencias significativas en cuanto a la caracterización geotécnica entre las alternativas A1 y C1 Rasante baja y la Alternativa Variante Estación de Castro-Urdiales (Alternativa A1 y C1 Rasante alta), a nivel de Estudio Informativo. Por lo tanto, para efectos de este apartado, ambas alternativas se consideran como una sola.

De cara a definir las características geotécnicas básicas de los materiales presentes en el área de estudio y establecer los condicionantes y problemática geotécnica, las unidades litoestratigráficas definidas en el Anejo 5.- Geología, geotecnia e hidrogeología se han agrupado en unidades geotécnicas, de cara a definir la calidad del macizo rocoso para los túneles.

De esta forma se han definido un total de 10 Unidades Geotécnicas (U.G.), cada una de las cuales alberga una o más unidades litoestratigráficas. En el Apéndice 2 del Anejo 5.- Geología, geotecnia e hidrogeología se incluye la planta de las unidades geotécnicas.

Para establecer las áreas de mayor problemática y poder valorar el grado de dificultad desde el punto de vista geotécnico para la construcción de los túneles previstos que presentan las diferentes unidades geotécnicas, se han identificado una serie de condicionantes geológico-geotécnicos asociados a las mismas.

Los condicionantes analizados son los siguientes:

- ✓ Condicionantes de tipo geomorfológico
- ✓ Condicionantes hidrogeológicos
- ✓ Condicionantes geotécnicos
- ✓ Condicionantes singulares

Condicionantes de tipo geomorfológico

Se indica el tipo de relieve asociado a cada unidad geotécnica, así como los posibles problemas principales relacionados con éste (abarrancamiento, potenciales deslizamientos, presencia de suelos en laderas, etc). Las formaciones geológicas de mayor resistencia (en el caso del presente estudio corresponden a los materiales carbonatados y terrígenos del Mesozoico) serán las que produzcan un relieve más abrupto, lo que suele estar asociado a abarrancamientos y depósitos de pie coluvio-aluviales.

Condicionantes de tipo hidrogeológico

Se estima el grado y tipo de permeabilidad de los terrenos y la afección de la línea ferroviaria a los acuíferos existentes.

En el caso particular de los trazados definidos en la Fase II del Estudio Informativo de Bilbao – Santander los acuíferos existentes se encuentran alojados principalmente en los materiales carbonatados del Cretácico, por lo que su afección se produce a lo largo de la mayor parte de los trazados. Concretamente, en las calizas masivas (UG-5), la permeabilidad es muy alta, principalmente por karstificación, por lo que la problemática hidrogeológica es más acusada.

En el resto de las unidades del Cretácico (UL-5 a UL-10, excepto UL-6) la permeabilidad es baja o baja-media, localmente permeables por porosidad intergranular o fisuración en las capas más carbonatadas, por lo que la problemática será menos acusada.

Se debe prestar especial atención a zonas del trazado en túnel que se encuentren en las unidades de calizas y dolomías masivas (UG-3a, UG-3b y UG-5), donde los túneles podrían generar afecciones a los acuíferos.

Condicionantes geotécnicos

Se definen los principales problemas geotécnicos a tener en cuenta en la construcción y mantenimiento de los túneles. Por tanto, las unidades geotécnicas que pueden presentar problemas serán aquellas que presentan baja capacidad portante y/o una mayor deformabilidad, es decir, las unidades asociadas a depósitos cuaternarios: depósitos de ría y de marisma, rellenos antrópicos, y en menor medida, depósitos aluviales o coluviales y las unidades que presenten una mayor fracturación o heterogeneidad, produciendo dificultades para la construcción de túneles.

Condicionantes singulares

Se trata de condicionantes producidos por características físico – químicas particulares existentes en algunas de las formaciones que componen las unidades geotécnicas. Los condicionantes singulares que se han identificado en el presente estudio son los siguientes:

- ✓ Expansividad de arcillas: este fenómeno se produce en arcillas que contienen una mineralización concreta en su composición, combinado con variaciones de humedad. Las arcillas yesíferas del Keuper (UG-1) son materiales expansivos. Este condicionante afecta muy especialmente en el diseño los túneles, por lo que tendrá que ser un aspecto relevante a considerar.
- ✓ Karstificación: se trata de la generación de ciertas formaciones geomorfológicos producto de la disolución del carbonato cálcico (mineral mayoritario en las rocas calizas) por parte del agua y el dióxido de carbono. Las formaciones más comunes son las dolinas, cuevas y cavernas (con relleno o no), dolinas, gargantas, etc. Este proceso es muy acusado en las calizas y dolomías en especial las correspondientes a la unidad UG-3b y UG-5, y en menor medida en el resto de rocas calcáreas, y puede tener una afección mayor en la construcción de los túneles.

A continuación, se presentan en forma de tabla los principales condicionantes a considerar para cada unidad geotécnica.

Tabla 10. Condicionantes geotécnicos del proyecto (1 de 2)

CONDICIONANTES GEOTÉCNICOS				
UNIDAD GEOTÉCNICA	**DESCRIPCIÓN**	**HIDROGEOLÓGICOS**	**GEOTÉCNICOS**	**GEOMORFOLÓGICOS**
UG-1	Arcillas y yesos (Keuper)	Permeabilidad baja a muy baja. Surgencias de escaso caudal en contacto con materiales permeables. Piezometría próxima a superficie.	Expansividad alta, presencia de niveles yesíferos y/o calizos intercalados, con posible aporte de agua. Materiales evolutivos con presencia de agua. Baja calidad del macizo.	Relieve ondulado. Posibles zonas encharcables em zonas llanas.
UG-2	Ofitas (Keuper)	Baja permeabilidad por fisuración con presencia de acuíferos de escasa entidad en los niveles superiores de alteración.	Puntualmente, caída de bloques y cuñas.	Relieve intermedio y abrupto.
UG-3a	Alternancia de calizas, dolomías, margas areniscas y arcillas del Cretácico	Permeabilidad alta a muy alta por fisuración y karstificación, localmente permeables por porosidad intergranular o fisuración (areniscas). Constituyen acuíferos buenos y localmente pueden formar acuíferos relevantes por karstificación o puntualmente en zonas meteorizadas, tectonizadas.	Formación de bloques y cuñas en clave y hastiales. En boquillas deslizamientos por fracturación y presencia de roca meteorizada. En zonas tectonizadas la calidad de la roca es muy mala, con posible presencia de agua. Por procesos de karstificación y permeabilidad alta, es posible la afección a manantiales. Cargas hidráulicas elevadas. Diferencias geomecánicas importantes entre diferentes litologías que conforman esta unidad.	Relieve abrupto, posibilidad de deslizamientos de ladera en zonas alteradas y caídas de bloques (especialmente en niveles margosos o a favor de ellos).
UG-3b	Calizas, dolomías, (Jurásico)	Materiales permeables por karstificación y fisuración, constituyendo importantes acuíferos. Formas exokársticas y endokársticas muy desarrolladas (sistemas subterráneos de gran profundidad y desarrollo). Descargas de manantiales con caudales elevados.	Problemas importantes de karstificación (afección de cavidades en el frente y bajo el túnel) y de afección a acuíferos por drenaje de los mismos. Afección a manantiales. Posibles cargas hidráulicas elevadas. Formación de bloques y cuñas en bóveda y hastiales.	Relieve montañoso y abrupto. Formación de abarrancamientos. Posibilidad de caídas de bloques. Formación al pie de sierras de depósitos mixtos aluvial-gravitacional.

Tabla 11. Condicionantes geotécnicos del proyecto (2 de 2)

CONDICIONANTES GEOTÉCNICOS				
UNIDAD GEOTÉCNICA	**DESCRIPCIÓN**	**HIDROGEOLÓGICOS**	**GEOTÉCNICOS**	**GEOMORFOLÓGICOS**
UG-4	Areniscas, arcillas y limos (Weald)	Permeabilidad muy baja a impermeable. Supone el muro impermeable de los acuíferos de la UG-5 y UG-3. Localmente, pueden formar acuíferos los niveles de areniscas y areniscas alteradas.	Formación de bloques y cuñas en clave y hastiales. En boquillas deslizamientos por fracturación y presencia de roca meteorizada. Calidad de roca mala en zonas de alteración. Diferencias geomecánicas importantes entre diferentes litologías que conforman la UG-4.	Relieve abrupto, posibilidad de deslizamientos de ladera y caídas de bloques.
UG-5	Calizas masivas	Materiales permeables por karstificación y fisuración, constituyendo importantes acuíferos. Formas exokársticas y endokársticas muy desarrolladas (sistemas subterráneos de gran profundidad y desarrollo). Descargas de manantiales con caudales elevados.	Problemas importantes de karstificación (afección de cavidades en el frente y bajo el túnel) y de afección a acuíferos por drenaje de los mismos. Afección a manantiales. Posibles cargas hidráulicas elevadas. Formación de bloques y cuñas en bóveda y hastiales.	Relieve montañoso y abrupto. Formación de abarrancamientos. Posibilidad de caídas de bloques. Formación al pie de sierras de depósitos mixtos aluvial-gravitacional.
UG-6	Margas y calizas arcillosas	Material impermeable. Localmente pueden aparecer acuíferos aislados asociados a los niveles intercalados calizos.	Acuíferos locales en las proximidades macizos kársticos. Formación de bloques y cuñas en bóveda y hastiales. Posible presencia local de gases sulfurosos locales.	Relieve abrupto, valles encajados. Presencia de deslizamientos de ladera.
UG-7	Depósitos cuaternarios. Terrazas fluviales	Permeabilidad media a alta, drenaje favorable. Presencia de acuíferos locales o de cierta extensión asociados a ríos, con piezometría próxima a superficie.	Los túneles previstos no afectan a UG-7	Relieve suave con posibilidad de acarcavamientos y deslizamientos (puntuales).
UG-8	Depósitos cuaternarios blandos	Materiales saturados en agua, pero permeabilidad muy baja. Drenaje deficiente, zonas encharcables. No constituyen acuíferos. Piezometría próxima a superficie.	Los túneles previstos no afectan a UG-8	Relieve totalmente llano, en fondos de valle o costa.
UG-9	Depósitos cuaternarios aluviales, coluviales y antrópicos	Permeabilidad media a alta, drenaje favorable. Presencia de acuíferos locales o de cierta extensión asociados a ríos, con piezometría próxima a superficie.	Los túneles previstos no afectan a UG-9	Relieve ondulado a intermedio (pie de monte) con posibilidad de acarcavamientos y deslizamientos (puntuales).

3.1. Tramificación Geotécnica del trazado

Para llevar a cabo la tramificación geológico-geotécnica de cada uno de los túneles se consideran en este apartado los tramos en túnel en mina, es decir, los que serán excavados por métodos convencionales o tuneladora, ya que los tramos en falso túnel serán excavados en un desmonte temporal que luego serán rellenados, esto se introduce con mayor detalle en el apartado 6. Procedimiento Constructivo. Para estos tramos de túnel en mina, se ha llevado a cabo la elaboración de perfiles geológico-geotécnicos tomando como referencia la planta de unidades litoestratigráficas del Anejo 5.- Geología, geotecnia e hidrogeología. La interpretación geológica se ha basado en dicha cartografía, así como en los reconocimientos realizados en la campaña geotécnica del presente estudio y de los antecedentes. Así mismo se ha tenido en cuenta los datos recabados de los recorridos realizado, estaciones geomecánicas y puntos de observación geológico realizados.

En las tablas siguientes se presenta la tramificación de los túneles para cada alternativa de trazado.

Tabla 12. Tramificación geotécnica Alternativa A1 Rasante baja (1 de 2)

ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA												
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Li/Lt %**	**Unidad litologica del sustrato**	**Unidad geotécnica-sustrato**	**RMR (según Estación Geomecánica)**	**RMR Estimado**	**Clasificación de túneles (Clase según RMR/calidad del macizo)**		**Grado de dificultad Geoténica**	**Singualaridades geotécnicas y problemática**
TU/01.8-02.4	1+880	2+215	335,0	0,85	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Presencia de suelos de coluvion en la boquilla de entrada
TU/04.6-05.4	4+890	5+205	315,0	0,80	32	UG-6	60	-	III	Roca media	Baja	
TU/12.8-15.0	14+210	14+320	110,0	0,28	02	UG-1	-	21-40	IV	Roca mala	Muy Alta	Rocas expansivas, blandas. Presencia de sales
	14+320	14+500	180,0	0,46	01	UG-2	-	61-80	II	Roca buena	Media	Rocas muy duras y posible presencia de agua en contacto con las arcillas
	14+500	14+565	65,0	0,17	05	UG-6	-	41-60	III	Roca media	Media	Rocas blandas, estratificadas en alternacia con niveles de mayor resistencia
	14+755	14+905	150,0	0,38	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Baja	
TU/17.0-17.6	17+140	17+305	165,0	0,42	32	UG-6	60	-	III	Roca media	Media	Presencia de suelos de coluvion en la boquilla de entrada
TU/18.9-22.3	19+010	19+150	140,0	0,36	32	UG-6	60	-	III	Roca media	Alta	Presencia de suelos coluviales en boquilla de entrada y en zonas de vaguadas que corresponden con los túneles artificiales. Presencia de falla reconocida por geofisica entorno 20+650, en zona de vaguada
	19+150	22+120	2.970,0	7,58	30	UG-4	65	-	II	Roca buena		
TU/22.8-24.1	22+810	24+100	1.290,0	3,29	20	UG-3a	63	-	II	Roca buena	Alta	Presencia de suelos coluviales en boquillas con un espesor reconocido en torno a 5 m. Afección a la capa freatica y fluencia de agua hacia el tunel por karstificación. Surgencia al norte del tunel a 500 m de distancia en su zona central (pto. de agua 1904-7-0015, unidad Aslisa-Ramales, Complejo Calcáreo urgoaptiense de la zona oriental de Santander). Por disposición estratrigrafica de la seria, posibles inestbilidades en hastial derecho
TU/25.4-26.2	25+525	25+880	355,0	0,91	20	UG-3a	63	-	II	Roca buena	Alta	Posible afección a acuiferos y fluencia de agua en acuifero karstico. Disposición suhorizontal de la serie con posible inestabilidades en hastial derecho
TU/26.8-27.3	26+840	27+295	455,0	1,16	30	UG-4	65	-	II	Roca buena	Media	Suelos coluviales en boquillas con espesor reconocido entre 1 y 4 m
TU/27.5-29.0	28+210	28+960	750,0	1,91	20	UG-3a	63	-	II	Roca buena	Alta	Posible afección a acuiferos y fluencia de agua en acuifero karstico. Disposición suhorizontal de la serie con posible inestabilidades en hastial derecho
TU/30.9-31.7	31+015	31+650	635,0	1,62	30	UG-4	65	-	II	Roca buena	Baja	
TU/32.3-33.2	32+395	33+060	665,0	1,70	30	UG-4	65	-	II	Roca buena	Baja	
TU/34.9-35.8	34+950	35+500	550,0	1,40	30	UG-4	65	-	II	Roca buena	Media	Contacto por falla con UG-4
	35+500	35+745	245,0	0,62	32	UG-6	60	-	III	Roca media	Media	Contacto por falla entre unidades geotecnicas

Tabla 13. Tramificación geotécnica Alternativa A1 Rasante baja (2 de 2)

ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA												
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Li/Lt %**	**Unidad litologica del sustrato**	**Unidad geotécnica-sustrato**	**RMR (según Estación Geomecánica)**	**RMR Estimado**	**Clasificación de túneles (Clase según RMR/calidad del macizo)**		**Grado de dificultad Geoténica**	**Singualaridades geotécnicas y problemática**
TU/39.0-43.9	39+065	39+680	615,0	1,57	06a	UG-4	59	-	III	Roca media	Baja	
	39+680	40+020	340,0	0,87	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Contacto por supuesta falla
	40+020	41+080	1.060,0	2,70	09	UG-5	68	-	II	Roca buena	Media	Falla cartografiada a 40+640, contacto por falla con 07 a 41+080
	41+080	43+780	2.700,0	6,89	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Baja	
TU/44.0-44.3	44+060	44+230	170,0	0,43	09	UG-5	68	-	II	Roca buena	Alta	Posible afección a sistemas karsticos
TU/44.4-48.5	44+460	44+920	460,0	1,17	09	UG-5	68	-	II	Roca buena	Media	Fallas en 44+800 y 44+950 (contacto con UG-3a)
	44+920	45+400	480,0	1,22	20	UG-3a	63	-	II	Roca buena	Alta	Posible afección a acuiferos y fluencia de agua en acuifero karstico
	45+400	45+600	200,0	0,51	17	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	45+600	47+220	1.620,0	4,13	09	UG-5	68	-	II	Roca buena	Media	Contacto por falla con UG-4
	47+220	48+485	1.265,0	3,23	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Baja	
TU/49.1-57.3	49+066	57+315	8.249,0	21,04	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Falla en 55+520 y 57+250
TU/58.0-59.6	58+090	59+535	1.445,0	3,69	28	UG-3a	66	-	II	Roca buena	Media	Estructura sinclinal suave, con buzamientos subhorizontales. Problemas de estabilidad en clave
TU/60.4-62.9	60+400	60+650	250,0	0,64	28	UG-3a	66	-	II	Roca buena	Baja	
	60+650	60+700	50,0	0,13	25	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	60+700	61+520	820,0	2,09	24	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	61+520	62+000	480,0	1,22	23	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Media	Fallas en 61+720, 62+000 y 62+500 (contacto UG-3a con UG-5)
	62+000	62+500	500,0	1,28	14	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	62+500	62+560	60,0	0,15	09	UG-5	68	-	II	Roca buena	Baja	
	62+560	62+620	60,0	0,15	14	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	62+620	62+745	125,0	0,32	09	UG-5	68	-	II	Roca buena	Baja	
TU/63.8-68.1	63+790	64+450	660,0	1,68	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Contacto por falla con UG-4
	64+450	67+760	3.310,0	8,44	11c	UG-4	56	-	III	Roca media	Media	Falla en 64+450
	67+760	68+073	313,0	0,80	11d	UG-4	56	-	III	Roca media	Media	Falla en portal de salida
TU/68.4-73.1	68+455	69+400	945,0	2,41	11d	UG-4	56	-	III	Roca media	Baja	
	69+400	73+054	3.654,2	9,32	11c	UG-4	56	-	III	Roca media	Media	Fallas en: 70+580, 70+840, 72+060, 72+680, 72+800

Tabla 14. Tramificación geotécnica Alternativa C1 Rasante baja (1 de 2)

ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA												
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Li/Lt %**	**Unidad litologica del sustrato**	**Unidad geotécnica-sustrato**	**RMR (según Estación Geomecánica)**	**RMR Estimado**	**Clasificación de túneles (Clase según RMR/calidad del macizo)**		**Grado de dificultad Geoténica**	**Singualaridades geotécnicas y problemática**
TU/01.8-02.4	1+880	2+215	335,0	0,79	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Presencia de suelos de coluvion en la boquilla de entrada
TU/04.6-05.4	4+890	5+205	315,0	0,75	32	UG-6	60		III	Roca media	Baja	
TU/12.8-15.0	14+205	14+320	115,0	0,27	02	UG-1	-	21-40	IV	Roca mala	Muy Alta	Rocas expansivas, blandas. Presencia de sales
	14+320	14+500	180,0	0,43	01	UG-2	-	61-80	II	Roca buena	Media	Rocas muy duras y posible presencia de agua en contacto con las arcillas
	14+500	14+620	120,0	0,28	05	UG-6	-	41-60	III	Roca media	Media	Rocas blandas, estratificadas en alternacia con niveles de mayor resistencia
	14+620	14+910	290,0	0,69	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Baja	
TU/16.5-17.9	17+115	17+660	545,0	1,29	30	UG-4	65	-	II	Roca buena	Baja	
TU/20.0-20.7	20+240	20+485	245,0	0,58	32	UG-6	60	-	III	Roca media	Baja	
TU/21.9-22.6	22+170	22+345	175,0	0,41	20	UG-3a	63	-	II	Roca buena	Baja	
TU/22.8-25.5	22+920	24+350	1.430,0	3,39	20	UG-3a	63	-	II	Roca buena	Media	Fallas en 24+000 y 24+350 (contacto UG-3a con UG-4)
	24+350	25+390	1.040,0	2,46	26	UG-4	63	-	II	Roca buena	Baja	
TU/27.5-31.4	27+690	28+980	1.290,0	3,06	26	UG-3a	63	-	II	Roca buena	Media	Contacto por falla con UG-3a
	28+980	31+095	2.115,0	5,01	20	UG-3a	63	-	II	Roca buena	Alta	Posible afección a acuiferos y fluencia de agua en acuifero karstico
TU/35.1-39.8	35+155	35+500	345,0	0,82	18	UG-5	69	-	II	Roca buena	Alta	Posible afección a acuiferos y fluencia de agua en acuifero karstico
	35+500	35+780	280,0	0,66	30	UG-4	65	-	II	Roca buena	Baja	
	35+780	36+020	240,0	0,57	18	UG-5	69	-	II	Roca buena	Alta	Contacto por falla con UG-3a, Posible afección a acuiferos y fluencia de agua en acuifero karstico
	36+020	37+720	1.700,0	4,03	20	UG-3a	63	-	II	Roca buena	Media	Fallas en 36+200 y 36+600
	37+720	38+000	280,0	0,66	18	UG-5	69	-	II	Roca buena	Alta	Posible afección a acuiferos y fluencia de agua en acuifero karstico
	38+000	38+500	500,0	1,19	09	UG-6	68	-	II	Roca buena	Baja	
	38+500	39+790	1.290,0	3,06	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Baja	
TU/40.4-40.9	40+445	40+820	375,0	0,89	06a	UG-4	59	-	III	Roca media	Baja	
TU/42.6-43.2	42+685	43+135	450,0	1,07	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Baja	

Tabla 15. Tramificación geotécnica Alternativa C1 Rasante baja (2 de 2)

ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA												
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Li/Lt %**	**Unidad litologica del sustrato**	**Unidad geotécnica-sustrato**	**RMR (según Estación Geomecánica)**	**RMR Estimado**	**Clasificación de túneles (Clase según RMR/calidad del macizo)**		**Grado de dificultad Geoténica**	**Singualaridades geotécnicas y problemática**
TU/43.7-51.4	43+710	44+000	290,0	0,69	11	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Contacto por falla con UG-4
	44+000	45+040	1.040,0	2,46	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Baja	
	45+040	45+350	310,0	0,73	11	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Contacto por falla con UG-4
	45+350	51+320	5.970,0	14,15	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Fallas en: 45+8200, 49+400, 49+680, 50+220, 51+040. Estructura anticlinal en torno al 46+600
TU/52.0-60.3	52+030	60+280	8.250,0	19,55	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Falla en 58+280
TU/61.0-62.6	61+050	62+500	1.450,0	3,44	28	UG-3a	66	-	II	Roca buena	Media	Estructura sinclinal suave, con buzamientos subhorizontales. Problemas de estabilidad en clave
TU/63.3-65.8	63+360	63+450	90,0	0,21	28	UG-3a	66	-	II	Roca buena	Baja	
	63+450	63+490	40,0	0,09	25	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	63+490	64+320	830,0	1,97	24	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	64+320	65+000	680,0	1,61	23	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Media	Fallas en 64+550 y 65+000 (contacto con UG-3a)
	65+000	65+250	250,0	0,59	16	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	65+250	65+480	230,0	0,55	09	UG-5	68	-	II	Roca buena	Media	Contacto por falla con UG-3a
	65+480	65+540	60,0	0,14	16	UG-3a	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	65+540	65+640	100,0	0,24	14	UG-5	-	61-80	II	Roca buena	Baja	
	65+640	65+710	70,0	0,17	09	UG-3a	68	-	II	Roca buena	Baja	
TU/66.7-71.0	66+755	68+200	1.445,0	3,42	07	UG-4	59	-	III	Roca media	Media	Contacto por falla con UG-4
	68+200	70+350	2.150,0	5,10	11c	UG-4	56	-	III	Roca media	Media	Falla en 68+500
	70+350	71+036	686,0	1,63	11d	UG-4	56	-	III	Roca media	Baja	
TU/71.4-76.0	71+420	72+360	940,0	2,23	11c	UG-4	56	-	III	Roca media	Baja	
	72+360	76+018	3.658,0	8,67	11c	UG-4	56	-	III	Roca media	Media	Fallas en: 73+650, 73+800, 74+850, 74+850, 75+350, 75+550

Para definir la valoración económica de los túneles de las alternativas se han diferenciado cuatro tipologías de acuerdo con los tipos de terrenos atravesados y la problemática geotécnica que se representa en la siguiente tabla.

Tabla 16. Criterios de valoración de la problemática geotécnica

VALORACIÓN	PROBLEMÁTICA GEOTÉCNICA
Baja	RMR clase II. Roca de Buena calidad. Sin problemática geotécnica relevante
Media	RMR clase III. Roca de Media calidad. Presencia de suelos coluviales en boquilla. Presencia de fallas o estructuras tipo sinclinal, con buzamientos subhorizontales
Alta	RMR clase II y III. Problemas importantes de karstificación y de afección a acuíferos por drenaje de los mismos. Posibles cargas hidráulicas elevadas. Formación de bloques y cuñas en bóveda y hastiales
Muy Alta	RMR clase IV. Roca de Mala calidad. Expansividad alta, presencia de niveles yesíferos y/o calizos intercalados, con posible aporte de agua. Materiales evolutivos con presencia de agua

De esta manera, si se realiza la comparativa en términos porcentuales de las longitudes a excavar según la calidad del macizo, el resultado es el siguiente:

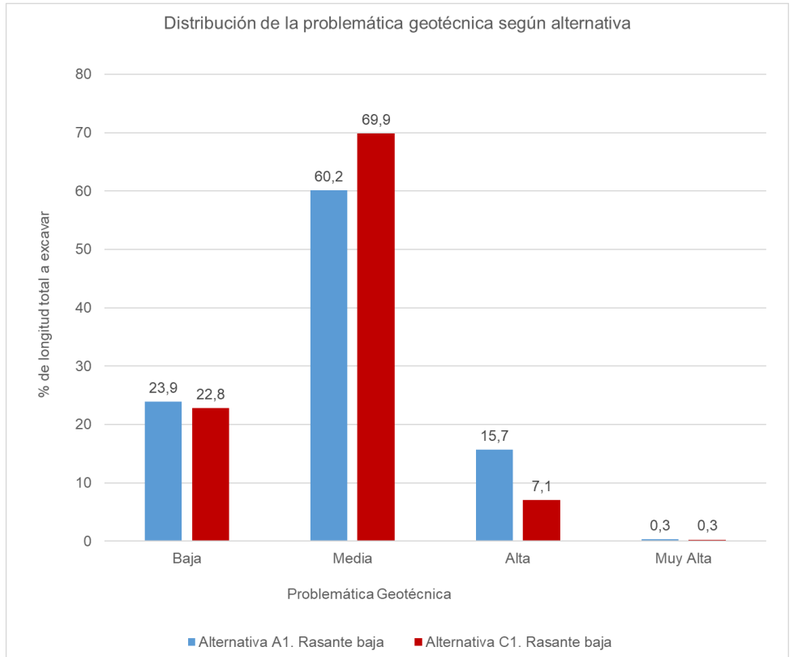


Figura 13. Gráfico de distribución de la problemática geotécnica según alternativa

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, para las alternativas el mayor porcentaje de problemática geotécnica es de valoración media, la Alternativa A1 Rasante baja presenta un 60,2% mientras que la C1 un 69,9%. En cuanto a la valoración alta, la Alternativa A1 Rasante baja tiene un 15,7% y la C1 un 7,1%. Respecto a la valoración baja o muy alta en las alternativas no existen diferencias significativas ya que en términos porcentajes son muy similares.

En la tabla siguiente se resume la problemática geotécnica según la longitud total a excavar en metros en el conjunto de los túneles perforados en mina para cada alternativa.

Tabla 17. Longitud total a excavar según problemática geotécnica

PROBLEMÁTICA GEOTÉCNICA	ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA TÚNEL (m)	ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA TÚNEL (m)
Baja	9.355,0	9.611,0
Media	23.586,2	29.488,0
Alta	6.155,0	2.980,0
Muy Alta	110,0	115,0
TOTAL	39.206,2	42.194,0

Como se aprecia en la tabla anterior en cuanto a la longitud total a excavar según la problemática geotécnica la valoración baja y muy alta, las alternativas tienen longitudes similares. Para la valoración media, correspondiente a un macizo rocoso de RMR clase III, roca de media calidad con presencia de fallas, la Alternativa A1 Rasante baja presenta una longitud de 23,59 km mientras que la Alternativa C1 Rasante baja tiene una longitud de 29,49 km.

En cuanto a la longitud total a excavar con una problemática geotécnica alta correspondiente a un macizo rocoso de RMR clase II y III con problemas importantes de karstificación y de afección a acuíferos por drenaje de estos, la Alternativa A1 Rasante baja presenta el doble de longitud en comparación con la Alternativa C1 Rasante baja. En la Alternativa A1 Rasante baja, los túneles TU/18.9-22.3, TU/22.8-24.1, TU/25.4-26.2 y TU/27.5-29.0 son los más afectados. Por otro lado, en la Alternativa C1 Rasante baja, el túnel TU/27.5-31.4 se destaca por esta problemática, con una longitud de 2,12 km.

4. Determinación de la sección libre

En túneles ferroviarios de líneas de alta velocidad se han de considerar los efectos aerodinámicos producidos por el paso de un tren dentro de los mismos a gran velocidad.

La entrada del tren en el túnel genera una onda de presión que se refleja o disipa al llegar al emboquille opuesto. Los diversos frentes de onda provocan diferencias de presión que pueden afectar a la salud y el confort de los viajeros. Estas variaciones de presión vienen limitadas por las diferentes normativas en vigor, la Especificación Técnica de Infraestructura (ETI) de 2014 limita el criterio de salud, la Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero que permite el uso de la UIC 779-11 para predimensionar, además de incluir prescripciones adicionales a la ETI de Infraestructura y la NAP 2-3-1.0_ED2M1 de Túneles de ADIF de 2023, junto con las "Recomendaciones del Ministerio para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros" limitan los criterios de confort.

En esta fase de Estudio Informativo se va a realizar un predimensionamiento aerodinámico empleando las fichas de la UIC (UIC CODE 779-11) para poder estimar una sección libre de túnel. En fases posteriores, durante la redacción de los futuros proyectos de construcción, se recomienda realizar un estudio aerodinámico completo con un programa de cálculo unidimensional para comprobar el valor definitivo de la sección libre, así como otros fenómenos que se pudieran dar en la estación con la llegada del tren.

Empleando las fichas del UIC CODE 779-11 "Determination of railway tunnel cross-sectional areas on the basis of aerodynamic considerations" es posible establecer el valor mínimo de sección libre necesaria en un túnel en base a limitaciones de los cambios de presión experimentados por los trenes de pasajeros a su paso por un túnel. Las fichas consideran una tipología de tren convencional genérico y otra para los trenes carenados estancos de Alta Velocidad que circulan a velocidades que oscilan entre los 180 y 350 km/h.

Es necesario indicar que estas recomendaciones tienen en cuenta los cambios de presión, la sección del tren y la velocidad de circulación, sin embargo, no consideran otros factores relacionados con la geometría del túnel (cambios de pendiente, tipos de emboquilles, etc.) y del tren (coeficientes de forma, de rozamiento, etc.) que influyen en el fenómeno de sobrepresiones, así como la presencia de otros elementos en el interior de un túnel como pueden ser: sistemas de ventilación, electrificación, salidas de emergencia. Por ello, en etapas más avanzadas del proyecto será recomendable ajustar estas secciones por medio de un código matemático unidimensional.

La velocidad máxima admisible para este proyecto es de 250 km/h.

De acuerdo con este procedimiento, el cálculo de la sección libre se basa en la consideración de los siguientes criterios:

- ✓ Criterio de salud, consistente en limitar la máxima variación de presión durante el tiempo de tránsito del tren a lo largo del túnel.
- ✓ Criterio de confort, basado en la limitación de la variación máxima de presión en el interior del tren.

4.1. Criterio de salud

Para el criterio de salud, de acuerdo con la ETI de Infraestructura, cualquier túnel o estructura subterránea que tenga que utilizarse a velocidades iguales o superiores a 200 km/h tendrá que garantizar que la variación máxima de presión (pico a pico), causada por el paso de un tren a la velocidad máxima permitida en el túnel, no exceda los 10 kPa durante el tiempo necesario para que el tren pase por el túnel.

El tren de cálculo será el tren interoperable definido en la ETI de Material Rodante. Tren de sección transversal 12 m², de longitud máxima 400 m.

En túneles de vía única la velocidad máxima del tren será de 350 km/h.

En túneles de vía doble se analizará el caso de cruce de dos trenes no estancos a la velocidad máxima de proyecto incrementada en un 10 % si el resultado es inferior a 300 km/h, con un mínimo de 220 km/h. Se analizarán las longitudes de trenes más críticas en función de la longitud del túnel (100, 200 y 400 m).

Para la comprobación del criterio de salud se utilizarán las tablas de la publicación "Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos

de presión sobre viajeros" del Ministerio de Fomento. En el Apéndice D de esta publicación se incluyen unas tablas con las secciones mínimas de túnel obtenidas de la aplicación del criterio de salud.

TÚNELES DE VÍA ÚNICA

En túneles de vía única se analiza el caso de 350 km/h para longitudes de tren de 100, 200 y 400 m de acuerdo con las tablas del Apéndice D de la publicación:

Tabla 18. Sección mínima de túnel con tren de diseño longitud 100 metros

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10KPa a distintas velocidades		
	V=350 Km/h	V=380 Km/h	V=400 Km/h
500	<52	<52	54
1.000	<52	<52	52
1.500	<52	<52	52
2.000	<52	<52	<52
3.500		<52	<52
5.000		<52	<52
7.500			<52
10.000			<52

Tabla 19. Sección mínima de túnel con tren de diseño longitud 200 metros

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10KPa a distintas velocidades		
	V=350 Km/h	V=380 Km/h	V=400 Km/h
500	<52	<52	53
1.000	<52	<52	55
1.500	<52	<52	55
2.000	<52	<52	53
3.500		<52	<52
5.000		<52	<52
7.500			<52
10.000			<52

Tabla 20. Sección mínima de túnel con tren de diseño longitud 400 metros

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10KPa a distintas velocidades		
	V=350 Km/h	V=380 Km/h	V=400 Km/h
1.000	<52	<52	56
1.500	<52	<52	60
2.000	<52	<52	59
3.500	<52	<52	56
5.000	<52	<52	53
7.500		<52	<52
10.000			<52

Para todas las longitudes, la sección mínima por criterios de salud en túneles de vía única es de < 52 m². Por lo que se seleccionaría la sección mínima indicada en la NAP 2-3-1.0_ED2M1 Túneles: 52 m².

TÚNELES DE VÍA DOBLE

En túneles de vía doble se analiza el caso de cruce de dos trenes a 275 km/h (velocidad de proyecto en el túnel incrementada en un 10 %), para longitudes de tren de 100, 200 y 400 m de acuerdo con las tablas del Apéndice D de la publicación:

Tabla 21. Sección mínima de túnel con tren de diseño longitud 100 metros

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10KPa a distintas velocidades			
	V=250 Km/h	V=300 Km/h	V=350 Km/h	V=400 Km/h
200	<75	<75	94	117
500	<75	<75	80	118
1.000	<75	<75	<75	100
1.500	<75	<75	<75	98
2.000	<75	<75	<75	98
3.500		<75	<75	93
5.000		<75	<75	91
7.500		<75	<75	80
10.000		<75	<75	75

Tabla 22. Sección mínima de túnel con tren de diseño longitud 200 metros

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10KPa a distintas velocidades			
	V=250 Km/h	V=300 Km/h	V=350 Km/h	V=400 Km/h
200	<75	<75	<75	80
500	<75	75	104	133
1.000	<75	75	102	122
1.500	<75	<75	89	120
2.000	<75	<75	86	109
3.500	<75	<75	77	109
5.000	<75	<75	75	107
7.500	<75	<75	75	100
10.000	<75	<75	<75	96

Tabla 23. Sección mínima de túnel con tren de diseño longitud 400 metros

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10KPa a distintas velocidades			
	V=250 Km/h	V=300 Km/h	V=350 Km/h	V=400 Km/h
200		<75	<75	81
500	<75	<75	80	94
1.000	<75	77	111	150
1.500	<75	86	120	155
2.000	<75	85	118	159
3.500	<75	83	104	131
5.000	<75	82	95	126
7.500	<75	76	94	123
10.000	<75	<75	92	117

Como se puede observar en las tablas, es necesario interpolar entre las velocidades de 250 y 300 km/h.

La sección necesaria por criterios de salud en los túneles es inferior a la mínima indicada en la NAP 2-3-1.0_ED2M1 Túneles. Por tanto, de acuerdo con el criterio de salud, en todos los túneles se adoptarían las secciones mínimas previstas en la NAP 2-3-1.0_ED2M1 Túneles: 52 m² (vía simple) y 85 m² (vía doble).

4.2. Criterio de confort

Para la comprobación del criterio de confort, de acuerdo con la NAP 2-3-1.0_ED2M1 Túneles y la Orden TMA/135/2023 de 15 de febrero:

- ✓ En túneles de vía única se considera un tren convencional no estanco a una velocidad de 220 km/h, limitándose a 2 kPa la máxima variación de presión en 4 segundos. Se adopta este criterio, al ser más desfavorable que el tren de alta velocidad estanco.

- ✓ En túneles de vía doble se considera el cruce de dos trenes, con el desfase pésimo, uno de alta velocidad a la velocidad de proyecto incrementada en un 10 % (en este caso 250 x 1,10 = 275 km/h) y otro convencional a 220 km/h, limitándose a 4 kPa en 4 segundos la máxima variación de presión que puede experimentar el tren convencional.

- ✓ Adicionalmente, tanto en los túneles de vía única como vía doble, se realizará una segunda comprobación considerando únicamente trenes estancos, con una estanqueidad de 6 segundos. La variación máxima de presión no excederá los siguientes límites:

  - 1,0 kPa en un periodo de 1 segundo.
  - 2,0 kPa en un periodo de 10 segundos

Para la comprobación de este criterio se ha optado por suponer situaciones “normales”, frente a las hipótesis “pésimas” contempladas en el criterio de salud. En cuanto a las características de los trenes, se han considerado secciones de 10 m² y longitudes de tren de 200 m a nivel de predimensionamiento (de acuerdo con lo indicado por la IGP-4.1.- Sección Libre Túneles y las “Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros”).

La comprobación del criterio de confort de vía doble se realiza con los gráficos de las fichas 779 – 11 de la U.I.C.

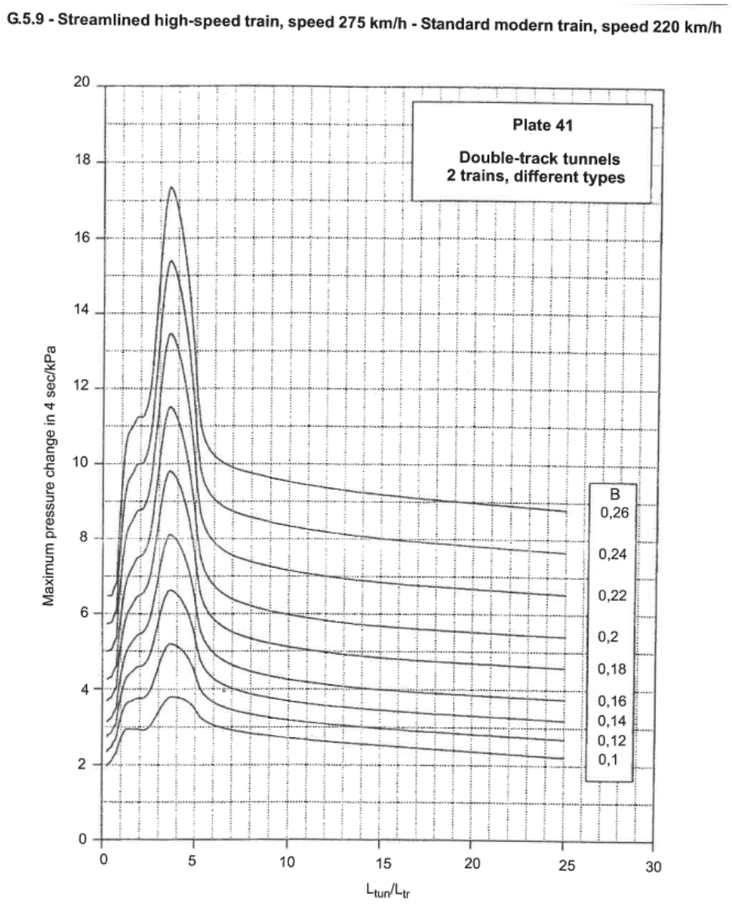


Figura 14. Ficha 41 U.I.C. 779-11

Fuente: UIC CODE 779-11

De acuerdo con los análisis que se derivan de la aplicación de esta ficha, los túneles de vía doble con una longitud entre 600 y 1.100 m requerirían secciones superiores a la mínima prescrita por la NAP (> 85 m^2): resultando en estos túneles secciones comprendidas entre 90 y 100 m^2.

En el caso de los túneles de vía simple, la longitud de los túneles bitubo se sale del rango de aplicación de la ficha UIC correspondiente, por lo que en fase de redacción del proyecto se realizará la comprobación con un programa de cálculo aerodinámico. Para el presente Estudio Informativo se adopta la sección estándar de Adif para esta tipología de túnel (52 m^2).

4.3. Requisitos adicionales

De acuerdo con la Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero, además de los criterios de salud y confort, se deberán cumplir los siguientes requisitos en todos los túneles independientemente de su longitud:

- ✓ Verificar el gálibo de implantación de obstáculos.
- ✓ Realizar la captación de corriente para la tracción de forma segura y estable, teniendo en cuenta los efectos aerodinámicos producidos por el paso de los trenes. Esto influye en la disposición y altura de catenaria, resguardos, etc.
- ✓ Dar cabida a las instalaciones de los diferentes subsistemas, con los resguardos necesarios, de forma que soporten los efectos aerodinámicos producidos por el paso de los trenes.

Mientras que el último requisito es únicamente aplicable a túneles de longitud determinada que respeten las especificaciones de los apartados 4.1.4.9.7.- Zonas seguras y acceso a las mismas (túneles sobre 1.000 m longitud) y 4.1.4.9.8.- Pasillos de evacuación (túneles sobre 500 m longitud).

- ✓ Dar cabida a las instalaciones que permitan la evacuación rápida de los viajeros en caso de accidente.

4.4. Secciones adoptadas

Considerados los esquemas funcionales (túneles bitubo y monotubo) y los criterios para el cálculo de la sección libre, se han obtenido las siguientes superficies libres para los túneles del estudio.

Tabla 24. Superficies sección libre Alternativa A1 Rasante baja

ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA					
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Sección**	**Superficie (m²)**
TU/01.8-02.4	1+840	2+420	580,0	Monotubo	85
TU/04.6-05.4	4+580	5+360	780,0	Monotubo	100
TU/12.8-15.0	12+820	14+960	2.140,0	Monotubo	85
TU/17.0-17.6	16+960	17+600	640,0	Monotubo	95
TU/18.9-22.3	18+940	22+280	3.340,0	Monotubo	85
TU/22.8-24.1	22+760	24+140	1.380,0	Monotubo	85
TU/25.4-26.2	25+420	26+200	780,0	Monotubo	100
TU/26.8-27.3	26+820	27+320	500,0	Monotubo	85
TU/27.5-29.0	27+540	29+000	1.460,0	Monotubo	85
TU/30.9-31.7	30+900	31+700	800,0	Monotubo	100
TU/32.3-33.2	32+340	33+180	840,0	Monotubo	100
TU/34.5-34.7	34+540	34+680	140,0	Monotubo	85
TU/34.9-35.8	34+900	35+800	900,0	Monotubo	100
TU/39.0-43.9	39+000	43+900	4.900,0	Monotubo	85
TU/44.0-44.3	44+040	44+260	220,0	Monotubo	85
TU/44.4-48.5	44+440	48+540	4.100,0	Monotubo	85
TU/49.1-57.3	49+066	57+340	8.274,0	Bitubo	52
TU/58.0-59.6	58+040	59+620	1.580,0	Bitubo	52
TU/60.4-62.9	60+380	62+880	2.500,0	Monotubo	85
TU/63.3-63.4	63+280	63+380	100,0	Monotubo	85
TU/63.8-68.1	63+760	68+073	4.313,0	Monotubo	85
TU/68.4-73.1	68+420	73+054	4.634,2	Monotubo	85
	OBRA CIVIL CONEXIÓN FASE 1 VSF BILBAO			Monotubo	85

Tabla 25. Superficies sección libre Alternativa C1 Rasante baja

ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA					
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Sección**	**Superficie (m²)**
TU/01.8-02.4	1+840	2+420	580,0	Monotubo	85
TU/04.6-05.4	4+580	5+360	780,0	Monotubo	100
TU/12.8-15.0	12+820	14+960	2.140,0	Monotubo	85
TU/16.0-16.1	16+000	16+080	80,0	Monotubo	85
TU/16.5-17.9	16+460	17+900	1.440,0	Monotubo	85
TU/20.0-20.7	19+960	20+740	780,0	Monotubo	100
TU/21.9-22.6	21+860	22+580	720,0	Monotubo	100
TU/22.8-25.5	22+840	25+460	2.620,0	Monotubo	85
TU/27.5-31.4	27+480	31+440	3.960,0	Monotubo	85
TU/32.6-32.7	32+560	32+720	160,0	Monotubo	85
TU/33.9-34.2	33+900	34+220	320,0	Monotubo	85
TU/35.1-39.8	35+080	39+820	4.740,0	Monotubo	85
TU/40.4-40.9	40+420	40+860	440,0	Monotubo	85
TU/41.3-41.4	41+320	41+380	60,0	Monotubo	85
TU/42.6-43.2	42+640	43+180	540,0	Monotubo	85
TU/43.7-51.4	43+660	51+380	7.720,0	Bitubo	52
TU/52.0-60.3	52+020	60+300	8.280,0	Bitubo	52
TU/61.0-62.6	61+020	62+580	1.560,0	Bitubo	52
TU/63.3-65.8	63+340	65+840	2.500,0	Monotubo	85
TU/66.2-66.3	66+240	66+340	100,0	Monotubo	85
TU/66.7-71.0	66+720	71+036	4.316,0	Monotubo	85
TU/71.4-76.0	71+400	76+018	4.618,0	Monotubo	85
	OBRA CIVIL CONEXIÓN FASE 1 VSF BILBAO			Monotubo	85

5. Secciones tipo

Los túneles son obras muy costosas, por lo que es lógico que en el proyecto constructivo se estudie con gran detalle la optimización de la funcionalidad de la sección tipo para tratar de minimizar el coste. Se impone una definición geométrica de la sección tipo que permita al túnel desempeñar una función tanto a corto como a largo plazo.

5.1. Factores considerados en el diseño de las secciones tipo

La definición de las secciones tipo de los túneles ferroviarios deben considerar los siguientes aspectos:

- ✓ Condicionantes geotécnicos: se trata de los condicionantes fundamentales respecto a la sección tipo.
- ✓ Condicionantes funcionales y geométricos: la sección tipo deberá proveer espacio para la circulación de los trenes. Así mismo, deberá haber espacio suficiente para disponer las instalaciones de explotación y de seguridad necesarias.
- ✓ Condicionantes constructivos: con frecuencia, el método constructivo condiciona el tamaño y forma de la sección, especialmente cuando los túneles se ejecutan con tuneladoras, en cuyo caso la sección tipo es necesariamente circular. Cuando el túnel se excava por métodos convencionales, no existe esta limitación, tal y como es el caso del proyecto en estudio.

A continuación, se expondrá el modo en que los factores mencionados han condicionado la definición de la sección tipo.

5.1.1. Condicionantes geotécnicos

El estado tensional de la periferia de la excavación es, desde el punto de vista geotécnico, el factor principal que afecta a la forma geométrica del túnel. Cuando se realiza una excavación en el subsuelo, las tensiones que previamente existían en el terreno se ven modificadas por efecto de la propia excavación, generándose nuevas tensiones en la zona próxima al hueco excavado. Las trayectorias de las tensiones principales son análogas a las líneas de corriente de un fluido, de tal forma que equivalen a la deformación de las líneas de corriente cuando el líquido en su movimiento se encuentra un obstáculo sólido.

Para analizar la forma de la sección desde el punto de vista tensional, normalmente se recurre a la teoría de la elasticidad, que refleja con gran aproximación el comportamiento cualitativo de los diferentes tipos de terreno.

En este sentido, de la teoría de la elasticidad se desprende que:

- ✓ La concentración de tensiones aumenta a medida que el radio de curvatura del contorno disminuye. Por lo tanto, desde el punto de vista de tensiones y esfuerzos se ha evitado acudir a secciones tipo de bordes esquinados.
- ✓ Las secciones circulares son las que mejor reparten las tensiones en la periferia del túnel.

5.1.2. Condicionantes funcionales y geométricos

La plataforma ferroviaria debe permitir albergar además de las vías una o dos aceras o pasillo de evacuación (en función de si el túnel es de vía única o doble), con su gálibo correspondiente. Las necesidades verticales de altura vienen condicionadas por los siguientes elementos: altura de la plataforma, carril y traviesas para montaje de vía, altura de los trenes, catenaria, espacio para instalaciones de seguridad y explotación, etc.

Además, en la sección transversal se debe considerar el espacio necesario para la estrategia de evacuación de este túnel (Reglamento (UE) N.º 1303/2014 sobre la ETI relativa a la seguridad en los túneles ferroviarios):

- ✓ De acuerdo con la ETI (4.2.1.6.- Pasillos de Evacuación) se construirá un pasillo de evacuación al lado de cada vía (anchura mínima del pasillo 0,80 m y altura libre mínima 2,25 m). El nivel del pasillo estará situado a 0,55 m por encima de la cota de carril.

- ✓ De acuerdo con la ETI (4.2.1.5.2.- Acceso a zona segura) y con las características del túnel se requieren salidas de emergencia cada mínimo 1.000 m.

5.2. Secciones adoptadas

Teniendo en cuenta los factores anteriormente descritos para definir la sección tipo del túnel en mina, así como la Norma Adif Plataforma, NAP 2-3-1.0_ED2M1 Túneles (2ªED: Enero 2023 + M1: Junio 2023), se define la sección tipo partiendo del catálogo de secciones de dicha NAP e implementando sobre la sección los elementos de superestructura (vía en placa) y la estrategia de evacuación considerada (pasillos de evacuación).

A continuación, se muestran las secciones tipo adoptadas para los túneles del presente proyecto:

5.2.1. Túnel bitubo

Para la definición de la sección tipo se han tomado los siguientes valores:

- ✓ Túnel de vía única:
  - o Ancho Ibérico (1.668 mm) entre el PK 0+000 y el intercambiador de la estación de Castro.
  - o Ancho Mixto (1.668 mm / 1.435 mm) entre la estación de Castro y la VSF Bilbao.
- ✓ Gálibo uniforme GC / GEC16.
- ✓ Ancho de pasillo de evacuación ≥ 0,80 m
- ✓ Altura de pasillo de evacuación ≥ 2,25 m
- ✓ Pasamanos a 1,0 m de altura sobre la acera.
- ✓ Vía en placa para túneles de más de 1.500 m de acuerdo con la Orden FOM/3317/2010 (punto 7 del anexo I).
- ✓ Se ejecutará una contrabóveda con geometría semicircular.

En túneles bitubo de menos de 5.000 m de longitud se plantea la excavación por métodos convencionales.

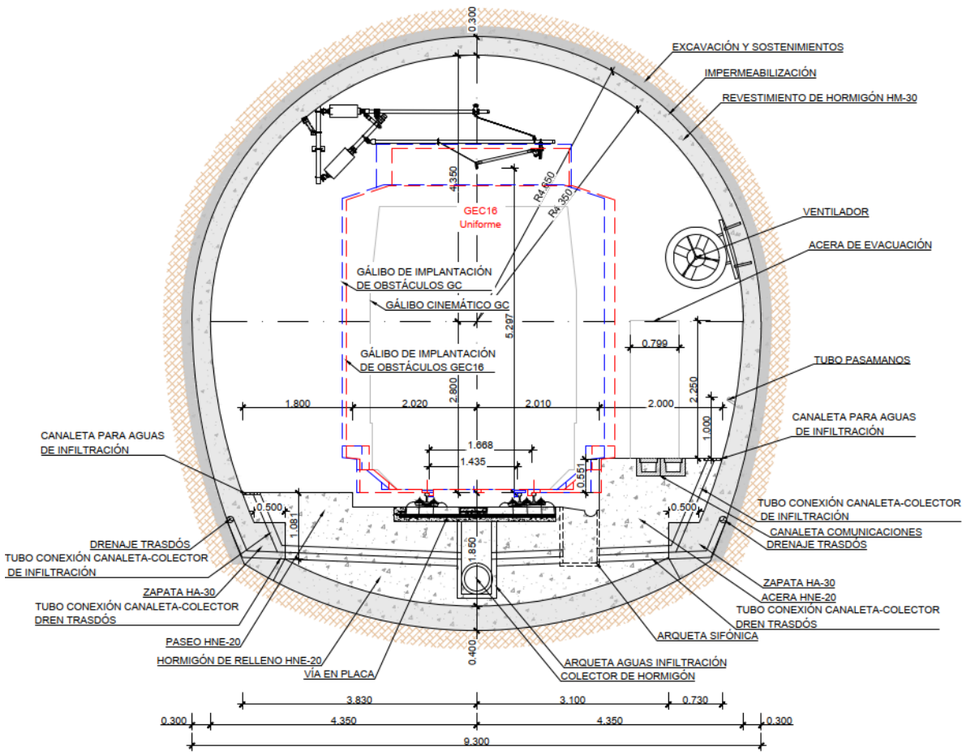


Figura 15. Sección tipo túnel bitubo excavación por métodos convencionales

Fuente: Elaboración propia

En túneles bitubo de más de 5.000 m de longitud se plantea la excavación mediante tuneladora.

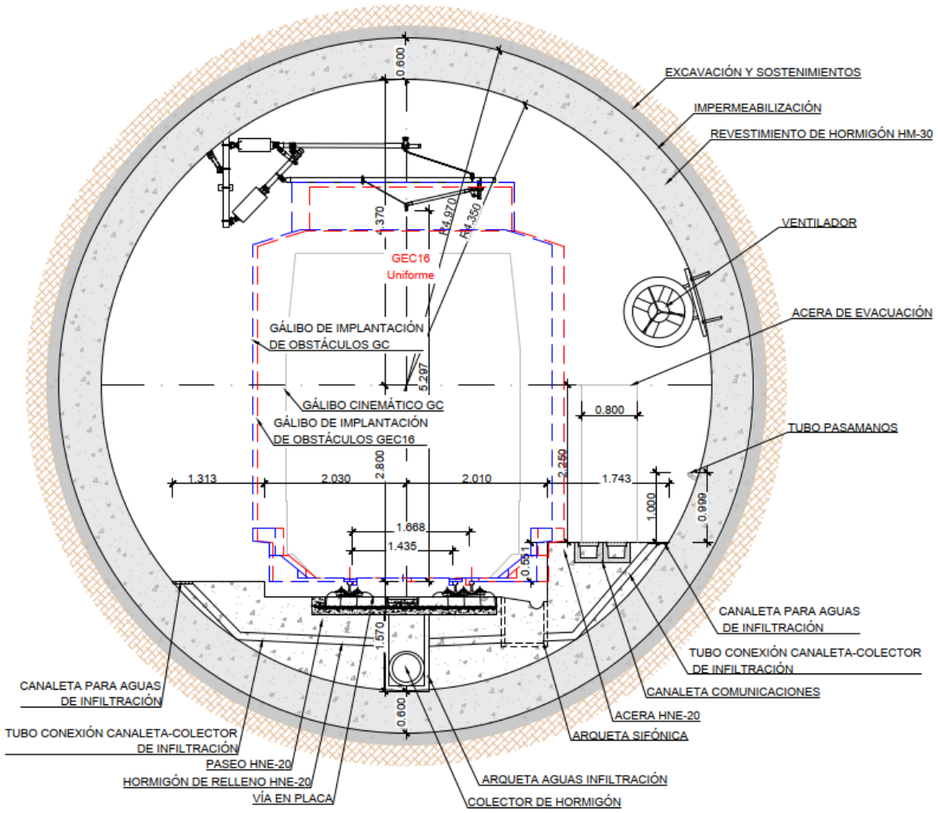


Figura 15. Sección tipo túnel bitubo excavación tuneladora

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.1. Galerías y conexiones

Los túneles bitubo contarán con galerías de conexión entre ellos, a efecto de mediciones estas conexiones tienen 50 m de longitud.

Se establecen unas dimensiones mínimas para estas galerías de conexión de 6,50 m de ancho por 5,0 m de alto en clave para los túneles bitubo.

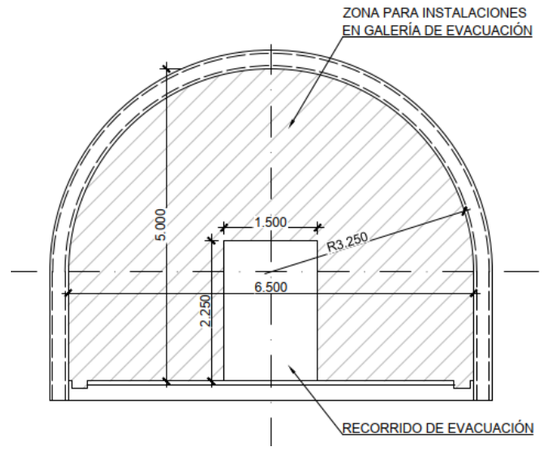


Figura 17. Galería de conexión túnel bitubo por métodos convencionales

Fuente: Elaboración propia

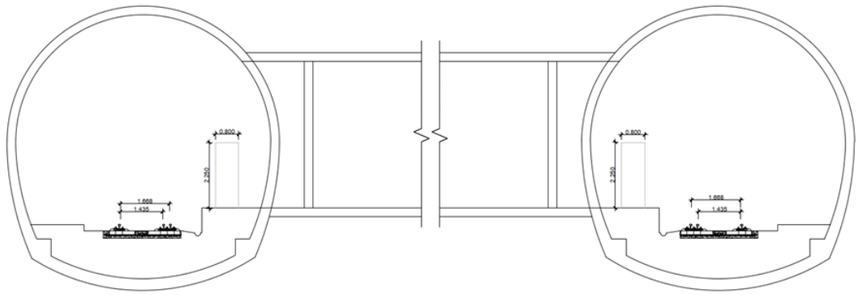


Figura 18. Galería de conexión túnel bitubo por métodos convencionales

Fuente: Elaboración propia

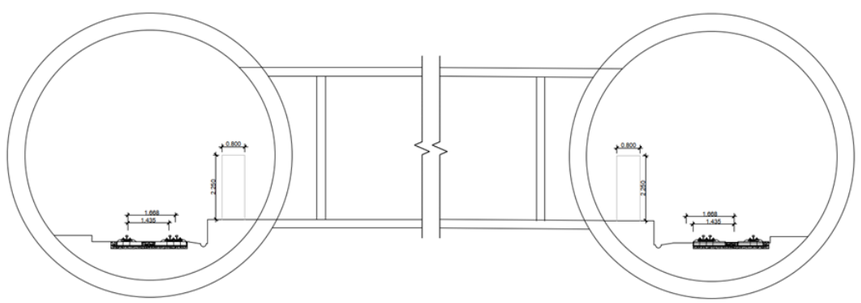


Figura 19. Galería de conexión túnel bitubo excavación tuneladora

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Túnel monotubo

Para la definición de la sección tipo se han tomado los siguientes valores:

- ✓ Túnel de vía doble:
  - Ancho Ibérico (1.668 mm) entre el PK 0+000 y el intercambiador de la estación de Castro.
  - Ancho Mixto (1.668 mm / 1.435 mm) entre la estación de Castro y la VSF Bilbao.
- ✓ Gálibo uniforme GC / GEC16.
- ✓ Distancia entre ejes de 4,3 m.
- ✓ Ancho de pasillo de evacuación ≥ 0,80 m
- ✓ Altura de pasillo de evacuación ≥ 2,25 m
- ✓ Pasamanos a 1,0 m de altura sobre la acera.
- ✓ Vía en placa para túneles de más de 1.500 m de acuerdo con la Orden FOM/3317/2010 (punto 7 del anexo I).
- ✓ Vía en balasto para túneles de menos de 1.500 m.
- ✓ Se ejecutará una contrabóveda con geometría semicircular.

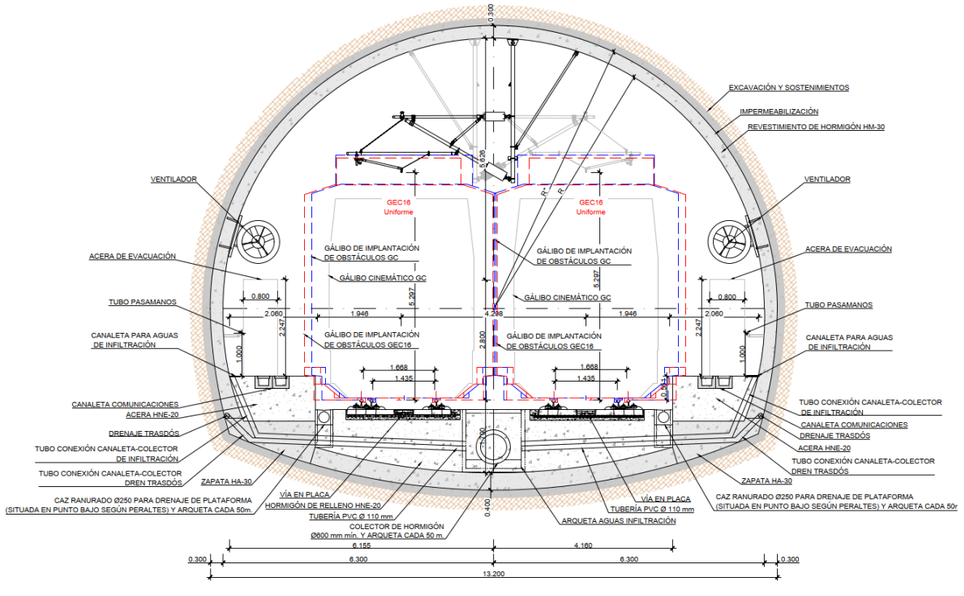


Figura 20. Sección tipo túnel doble

Fuente: Elaboración propia

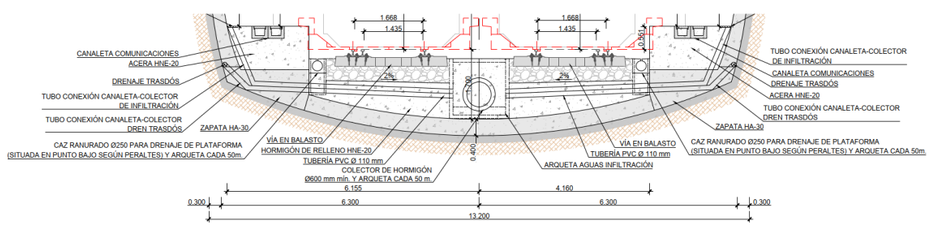


Figura 21. Detalle balasto sección tipo túnel doble

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.1. Galerías de evacuación

Los túneles de sección vía doble de más de 1.000 de longitud necesitarán salidas de evacuación. El número y la ubicación de estas salidas deberán ser validados en los proyectos de construcción mediante estudios CFD de incendios y evacuación de cada túnel que evalúen la simulación del incendio y su evolución en función del tiempo trascurrido desde su generación, y que garanticen la supervivencia para pasajeros y personal del tren durante el tiempo necesario para realizar una evacuación completa.

Dado que los túneles se emplazan en sectores de orografía compleja, donde no resulta sencillo encajar salidas directas al exterior, con sus caminos de acceso, plataformas de evacuación, etc., se propone una estrategia de evacuación mediante una galería de evacuación paralela al túnel principal, con conexiones cada 200 – 500 m (estimación de acuerdo con los estándares habituales de túneles similares), a efectos de medición estas conexiones tienen 30 m de longitud, que permitan de este modo que todos los pasajeros del tren sean capaces de llegar a una zona segura.

La separación óptima entre salidas de emergencia se determinará en etapa de redacción de los proyectos, de acuerdo con los estudios CFD y la normativa de aplicación vigente.

Se establecen unas dimensiones mínimas para estas galerías de conexión de 7,50 m de ancho por 5,0 m de alto en clave para los túneles monotubo de vía doble.

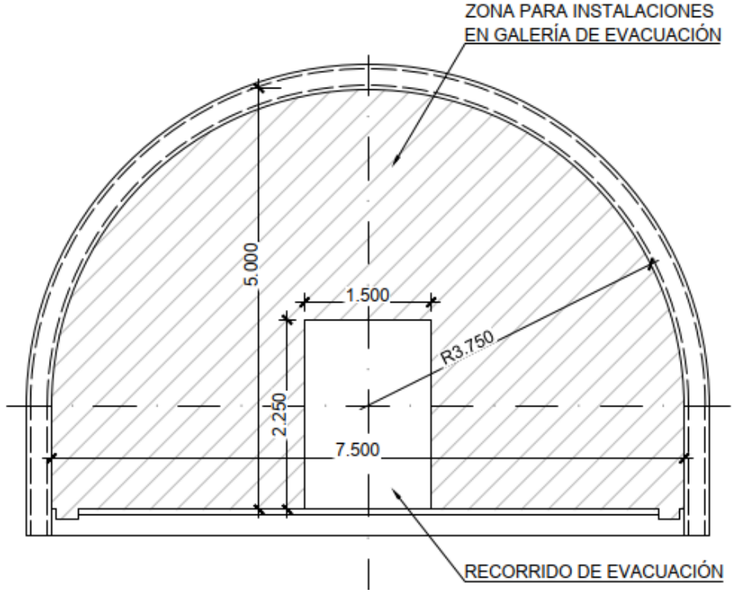


Figura 22. Galería de evacuación túnel vía doble

Fuente: Elaboración propia

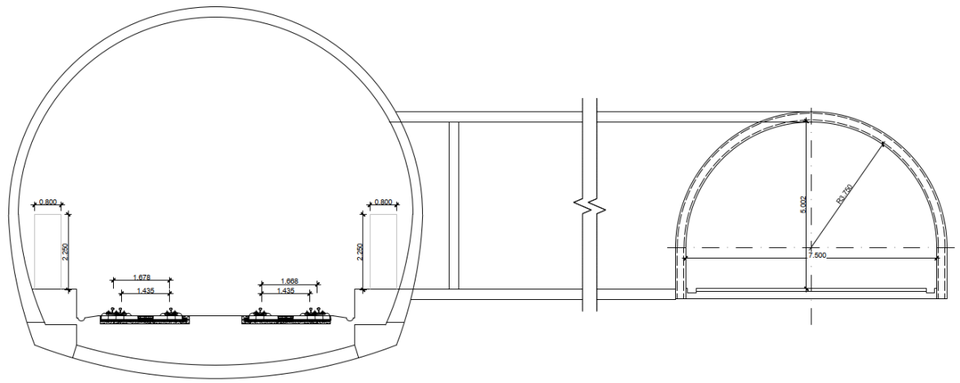


Figura 23. Galería de conexión túnel vía doble

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Falso Túnel bitubo

Para la definición de la sección tipo del falso túnel se han tomado los siguientes valores:

- ✓ Túnel de vía única:
  - Ancho Ibérico (1.668 mm) entre el PK 0+000 y el intercambiador de la estación de Castro.
  - Ancho Mixto (1.668 mm / 1.435 mm) entre la estación de Castro y la VSF Bilbao.
- ✓ Gálibo uniforme GC / GEC16.
- ✓ Ancho de pasillo de evacuación ≥ 0,80 m
- ✓ Altura de pasillo de evacuación ≥ 2,25 m
- ✓ Pasamanos a 1,0 m de altura sobre la acera.
- ✓ Vía en placa para túneles de más de 1.500 m de acuerdo con la Orden FOM/3317/2010 (punto 7 del anexo I).

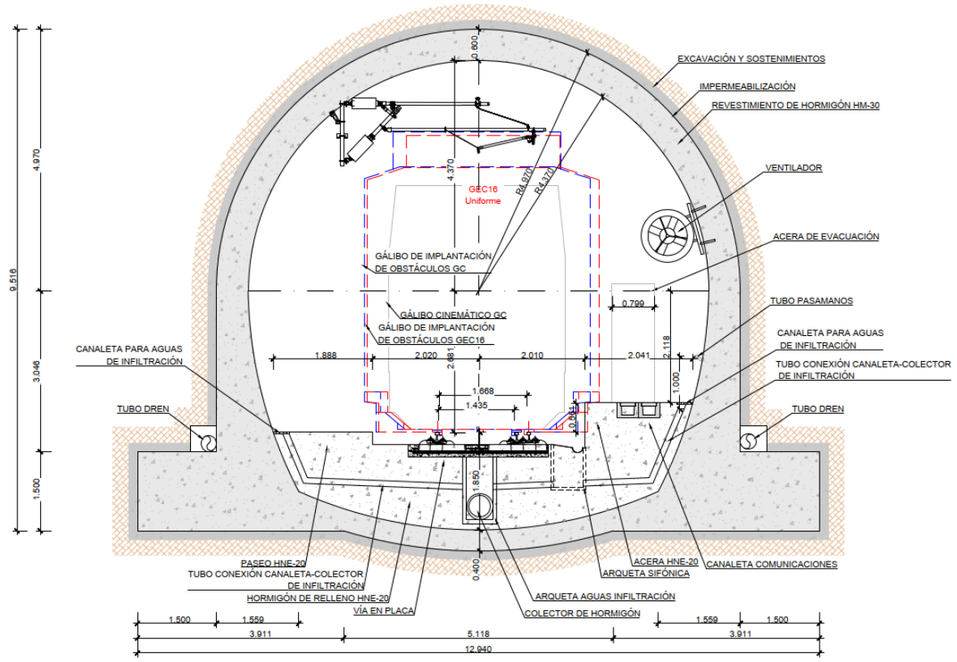


Figura 24. Sección tipo Falso túnel vía única

Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Falso Túnel monotubo

Para la definición de la sección tipo del falso túnel se han tomado los siguientes valores:

- ✓ Túnel de vía doble:
  - Ancho Ibérico (1.668 mm) entre el PK 0+000 y el intercambiador de la estación de Castro.
  - Ancho Mixto (1.668 mm / 1.435 mm) entre la estación de Castro y la VSF Bilbao.
- ✓ Gálibo uniforme GC / GEC16.
- ✓ Distancia entre ejes de 4,3 m.
- ✓ Ancho de pasillo de evacuación ≥ 0,80 m
- ✓ Altura de pasillo de evacuación ≥ 2,25 m
- ✓ Pasamanos a 1,0 m de altura sobre la acera.
- ✓ Vía en placa para túneles de más de 1.500 m de acuerdo con la Orden FOM/3317/2010 (punto 7 del anexo I).
- ✓ Vía en balasto para túneles de menos de 1.500 m.

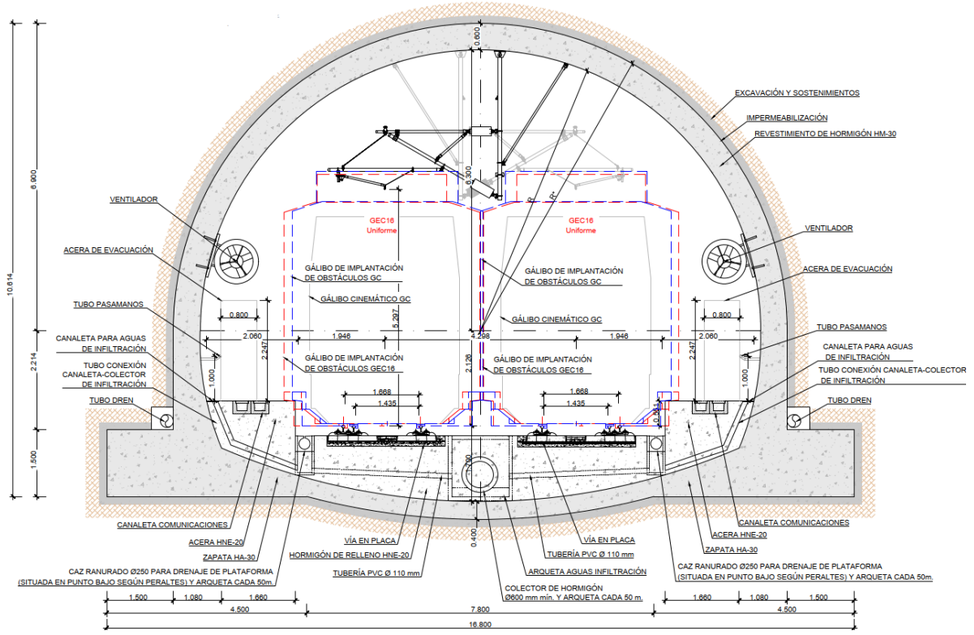


Figura 25. Sección tipo Falso túnel vía doble

Fuente: Elaboración propia

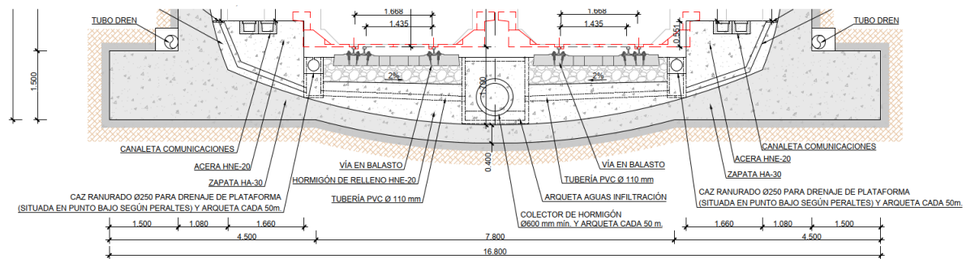


Figura 26. Detalle balasto sección tipo Falso túnel vía doble

Fuente: Elaboración propia

6. Procedimiento constructivo

En este apartado se hace una descripción del proceso y de las técnicas de ejecución que deberán emplearse en la construcción de los túneles.

La elección del método constructivo a emplear debe estar condicionada, en primer lugar, por las características geotécnicas del terreno.

Los métodos constructivos de túneles analizados en este apartado son los expuestos a continuación:

- ✓ Alternativa constructiva 1: Nuevo Método Austriaco (NATM).
- ✓ Alternativa constructiva 2: Túnel con tuneladora.
- ✓ Alternativa constructiva 3: Falso Túnel.

Una vez analizadas las posibles alternativas y tal como se verá a continuación, se concluye que el procedimiento constructivo más adecuado debido a los condicionantes existentes es el método convencional NATM, salvo en los túneles de más de 5.000 m en los que plantea una excavación mecanizada con tuneladora. Esto tiene una excepción, que son los túneles finales, de conexión con la VSF Bilbao (Alt A1.- TU/68.4-73.1 y Alt. C1.- TU/71.4-76.0), en los que se plantea la excavación por métodos convencionales (NATM), continuando con el esquema constructivo del túnel de la VSF de Bilbao con el que se conecta.

6.1. Alternativa 1.- Nuevo método austriaco (NATM)

Este método constructivo de túneles se emplea principalmente cuando se atraviesan zonas de roca, especialmente cuando ésta es muy abrasiva, resistente o se encuentra en estado masivo.

La filosofía del Nuevo Método Austriaco (NATM) consiste en aprovechar la relajación del terreno entre las fases de excavación y ejecución del sostenimiento para reducir las tensiones litostáticas sobre el túnel.

Se trata de un proceso constructivo observacional que evalúa de manera continua el comportamiento del túnel y, en función de este aspecto, se van ajustando las necesidades de sostenimiento.

La excavación se puede realizar, en función de las características del terreno, mediante perforación mecánica o por voladura. El método de perforación y voladura es muy empleado para túneles en roca, especialmente cuando la roca es muy abrasiva, resistente o se encuentra en estado masivo. Este procedimiento está especialmente indicado para túneles de longitud moderada excavados en rocas competentes. Si la roca es muy abrasiva puede producir un desgaste alto de la maquinaria de perforación mecánica además de un aumento importante en el plazo de ejecución.

Cuando las condiciones del terreno o motivos de seguridad no hacen aconsejable el empleo de explosivos, se debe recurrir a la excavación mecánica. Dentro de los sistemas de excavación mecánica, se pueden distinguir tres tipos: excavación mecánica con rozadora, excavación mecánica con martillo rompedor y excavación mecánica con excavadora hidráulica a utilizar en función de la tipología del terreno a travesar

6.1.1. Fases de excavación

La ejecución de túneles mediante métodos convencionales permite realizar la excavación del frente completo o por fases, en función de la calidad del terreno excavado y de las dimensiones del túnel. Dadas las dimensiones previsibles de los túneles de este estudio, el esquema habitual de excavación será en avance y destroza. En zonas con peores condiciones geotécnicas, se agregará una tercera fase, denominada contrabóveda. A continuación, se pasa a realizar una descripción de cada una de estas fases de excavación.

- ✓ Avance: corresponde a la mitad superior de la sección del túnel (zona de bóveda). La sección de excavación de esta fase tiene una altura aproximadamente de 6 m con el fin de dar cabida a la maquinaria de excavación.

- ✓ Destroza: es la mitad inferior de la sección del túnel. Esta fase se comenzará a excavar a cierta distancia de la fase de avance o una vez calado el túnel. Si apareciesen problemas geotécnicos, la excavación de la destroza se podrá subdividir en bataches. En caso de hacerse en dos fases, en primer lugar, se excavará una mitad de la sección, se sostendrá su hastial, para, a continuación, excavar la otra mitad y sostener el hastial restante. Otra posibilidad será excavar la zona central de la destroza, y posteriormente, excavar las zonas laterales sosteniendo sus respectivos hastiales. Las excavaciones en varias fases reducen al máximo la sección de excavación y, por lo tanto, aumentan la estabilidad. La longitud de pase de esta fase suele ser el doble a la de avance.

- ✓ En zonas de mala calidad geotécnica, se ejecutará una tercera fase de CONTRABÓVEDA, excavada bajo la destroza. Esta operación es norma de buena práctica habitual en obras de este tipo. Al atravesar terrenos de mala calidad geotécnica, como las zonas de falla, las tensiones horizontales son mayores que las verticales, por lo que se requiere dar continuidad a dichas tensiones entre hastiales a través de la contrabóveda.

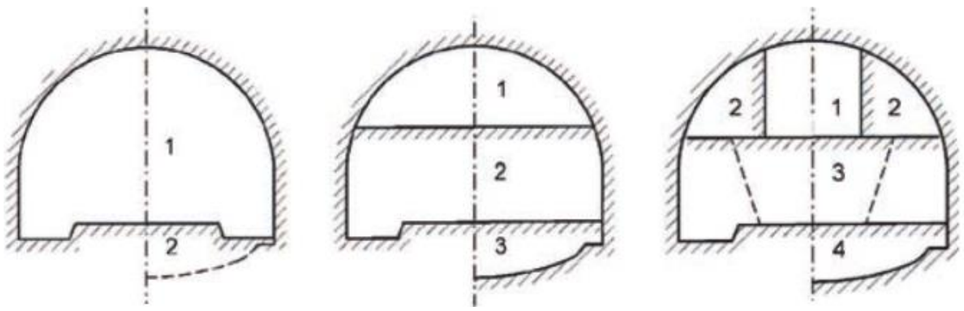


Figura 27. Ejemplos de excavación a sección completa o por fases

Fuente: ITA (International Tunneling and underground Space Association)

6.1.2. Ciclos de trabajo

La ejecución de la excavación, sostenimiento, impermeabilización y revestimiento de los túneles se realizará de acuerdo a procesos cíclicos. A continuación, se describen los ciclos de trabajo a seguir en cada etapa de ejecución:

Excavación, saneo y sostenimiento:

La primera etapa en la ejecución de los túneles consistirá en la ejecución de los ciclos de excavación y sostenimiento. La excavación se plantea mediante rozadora. La altura del avance deberá permitir la circulación fluida de la maquinaria y el manejo de los bulones si fuese necesario, con la longitud indicada en los cuadros de sostenimientos propuestos, por lo que será del orden de 6 m. En este estudio informativo, la longitud de los pases de excavación dependerá de la calidad del terreno, variando en avance entre 0,5 m para las zonas singulares y las zonas de falla que cruzan transversalmente la traza, y los 3,5 m para las zonas más competentes. Simultáneamente a la excavación, se desarrollarán las labores de desescombrado. Una vez finalizado el pase de excavación, se colocará el sostenimiento. El ciclo finaliza con el replanteo del siguiente pase de excavación.

La fase de destroza se realizará por bataches, donde la longitud de excavación puede oscilar en función de la calidad del terreno entre 1 y 7-8 m. Finalizado el pase de excavación, se colocará el sostenimiento previsto (hormigón proyectado, bulones, cerchas y mallazo).

Mediante este proceso cíclico, se excavará tanto el avance como la destroza de los túneles y en su caso, la contrabóveda. En la figura anterior, se esquematizan las fases de excavación descritas.

6.2. Alternativa 2.- Excavación con tuneladora

Los rendimientos medios que se obtienen en una excavación con tuneladora oscilan entre los 400 y 500 m/mes, llegándose a alcanzar máximos de hasta 1.000 m/mes en buenas condiciones del terreno.

Como se menciona anteriormente, este método de construcción se caracteriza por sus altos rendimientos y una mejora considerable en aspectos de seguridad frente a la excavación tradicional. Por contra, se requiere una inversión inicial mucho más alta que la necesaria para los métodos convencionales, tiene menos versatilidad frente a los cambios de las condiciones geotécnicas a lo largo de la traza, y requiere una explanada muy grande donde incluir todas las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la maquinaria, entre otros aspectos.

Es por ello por lo que, para que esta alternativa sea rentable económicamente, la longitud de los túneles a excavar ha de ser de superior a 4 km. En el caso de los túneles de las alternativas que se están estudiando, este método parece adecuado en los túneles bitubo de más de 5 km, que presentan longitudes de entre 7,6 y 8,25 km.

Por las características que presentan los terrenos, la tipología de tuneladora a utilizar sería una tuneladora para rocas duras. Este tipo de máquinas consta de discos de corte como utensilios de arranque del frente de excavación. La coraza permite la colocación del revestimiento definitivo después de realizar el ciclo de avance.

Como el cilindro exterior tiene un diámetro superior al del anillo de dovelas, una vez la máquina ha avanzado queda un hueco entre la excavación y el sostenimiento, conocido como “gap” de unos 15-20 cm, que debe ser rellenado rápidamente con mortero para evitar la subsidencia en superficie.

Las instalaciones de implantación de los elementos necesarios para la excavación con tuneladora abarcan una superficie extensa, que se ubica en la zona de emboquilles y falsos túneles. En esta área se ubicarán oficinas, acopio de dovelas, zona de desescombro, fábrica de dovelas, planta de mortero y demás requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento y avance de la excavación con tuneladora. Esta zona deberá situarse anexa al emboquille de ataque de la tuneladora y para el caso de los túneles de salida a la estación de Castro (Alt A1.- TU/49.1-57.3 y Alt C1.- TU/52.0-60.3) parece que la zona más adecuada puede ser el desmonte de la estación. En la Alt C1 existe un segundo túnel a ejecutar previsiblemente con tuneladora (TU/43.7-51.4) que presenta limitaciones en ambas bocas para el emplazamiento de las instalaciones auxiliares. Para las alternativas A1 Rasante Alta (TU/49.1-57.2) y C1 Rasante Alta (TU/52.0-60.2) el área disponible para la implantación de los elementos de excavación mediante tuneladora es limitado, aun así, se cuenta con un área aproximado de 5.500 m² que hace posible el montaje de la tuneladora por fases. Se debe considerar la limitación de espacio disponibles en las bocas de entrada y salida del túnel, por esto se tiene que utilizar para el montaje de las tuneladoras el desmonte provisional de los falsos túneles, así como montar la tuneladora y su back-up por fases, antes de poder empezar a perforar a pleno rendimiento.

En todas las alternativas existe un túnel de más de 5 km que no se puede plantear con tuneladora. Es el túnel final, de conexión con la VSF Bilbao (Alt A1.- TU/68.4-73.1 y Alt. C1.- TU/71.4-76.0), en el que se plantea la excavación por métodos convencionales (NATM), continuando con el esquema constructivo del túnel de la VSF de Bilbao con el que conecta. Para ejecutar un túnel de esta longitud por métodos convencionales será necesario prever frentes de ataque intermedios, para lo que se deberán considerar galerías de acceso a estos frentes.

6.3. Alternativa 3.- Falso Túnel

En este método constructivo los túneles se ejecutan en el interior de una trinchera o desmonte temporal tal y como se aprecia en la siguiente figura.

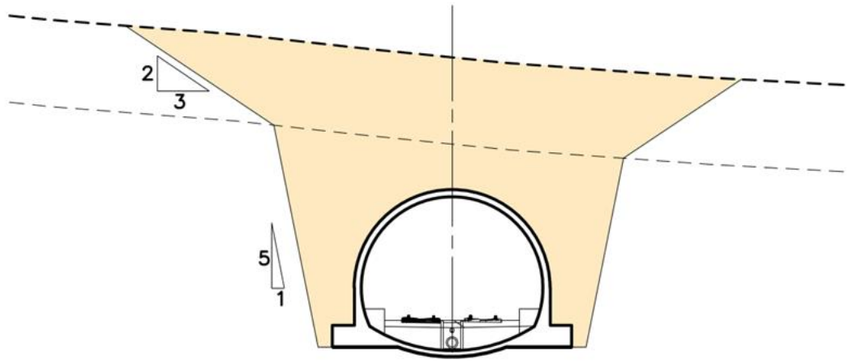
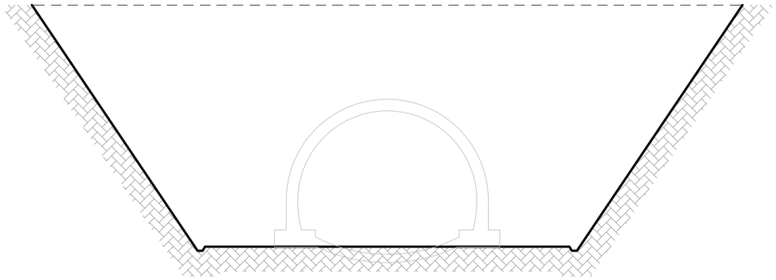


Figura 28. Esquema tipo taludes en Perfil trasversal de falso túnel

Fuente: Elaboración propia

Las fases de ejecución de este falso túnel son las siguientes:

1. Excavación del desmonte temporal. Para la excavación de esta trinchera se atenderán a los criterios indicados en el Anejo de Geotecnia del Proyecto para la estabilidad de los taludes y las medidas de sostenimiento.



FASE 1: EXCAVACIÓN PROVISIONAL.

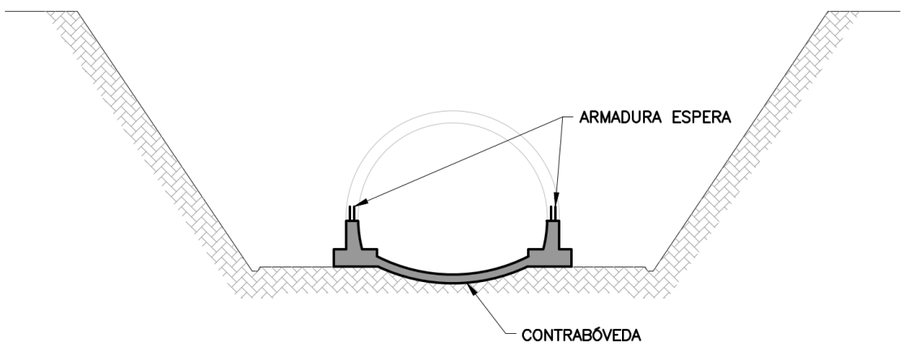
Figura 29. Esquema fase 1 - excavación provisional falso túnel

Fuente: Elaboración propia

2. Cimentación del falso túnel y muretes de arranque de la bóveda. En esta fase comienza la ejecución de la estructura del falso túnel en el interior de la trinchera:

   2.1 Cimentación: se excavará la plataforma para alojar la contrabóveda. Después se colocará una capa de hormigón de regularización y se procederá al montaje de la armadura de la cimentación por tramos.

   2.2 Hastiales (muros de arranque): las fases para la ejecución de los hastiales son las mismas que las de la cimentación, es decir, hay una fase de armado, otra de hormigonado y otra de encofrado y desencofrado. Se emplearán módulos metálicos de encofrado.

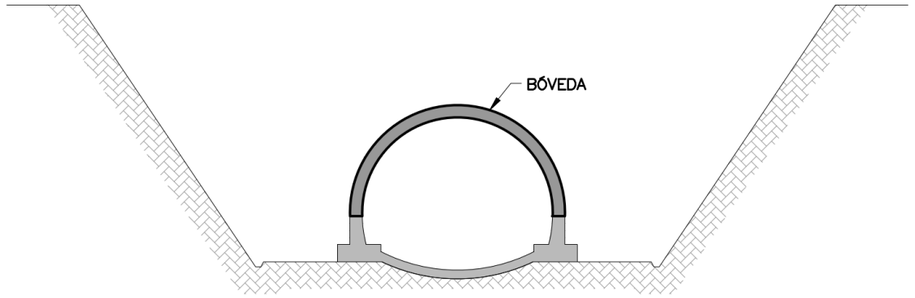


FASE 2: PREPARACIÓN DEL FONDO DE EXCAVACIÓN Y HORMIGONADO DE LA CIMENTACIÓN Y MURETES DE AVANCE.

Figura 30. Esquema fase 2 - preparación fondo de excavación y hormigonado contrabóveda y muretes

Fuente: Elaboración propia

3. Ejecución de la bóveda del falso túnel mediante carro de encofrado.



FASE 3: EJECUCIÓN DE LA BÓVEDA DEL TÚNEL ARTIFICIAL.

Figura 31. Esquema fase 3 - Hormigonado de la contrabóveda del falso túnel

Fuente: Elaboración propia

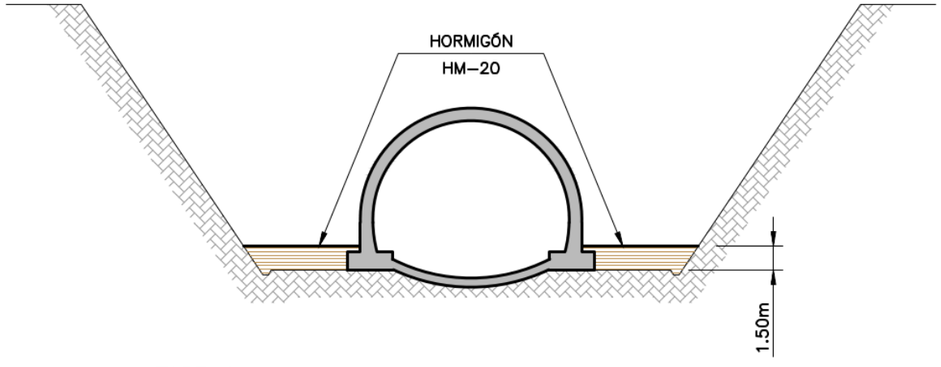
Figura 32. Ejecución de toda la estructura mediante carro de encofrado

Fuente: Elaboración propia

Terminado el hormigonado del falso túnel se procederá a la impermeabilización de este, que consiste en una primera capa de

imprimación con pintura bituminosa no tóxica, para después colocar una napa drenante y por último un geotextil que conducirá las posibles filtraciones hasta el tubo dren situado en la base del hastial. Tras la impermeabilización se proseguirá con la restauración y relleno de la trinchera.

4. Macizar con hormigón pobre en sus primeros 1,5 m el espacio comprendido entre la estructura y los taludes laterales.

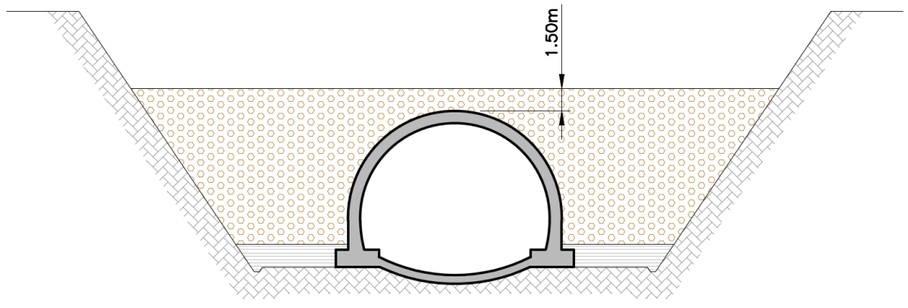


FASE 4: RELLENO CON HORMIGÓN HM–20 HASTA 1.50m DE ALTURA. EL DESNIVEL MÁXIMO EN LA EJECUCIÓN DEL RELLENO A CADA LADO DEL FALSO TÚNEL SERÁ DE 1.00m.

Figura 33. Esquema fase 4 - Rellenos con hormigón pobre

Fuente: Elaboración propia

5. Relleno con suelo seleccionado hasta una altura mínima de 1,5 m por encima de la clave del túnel.

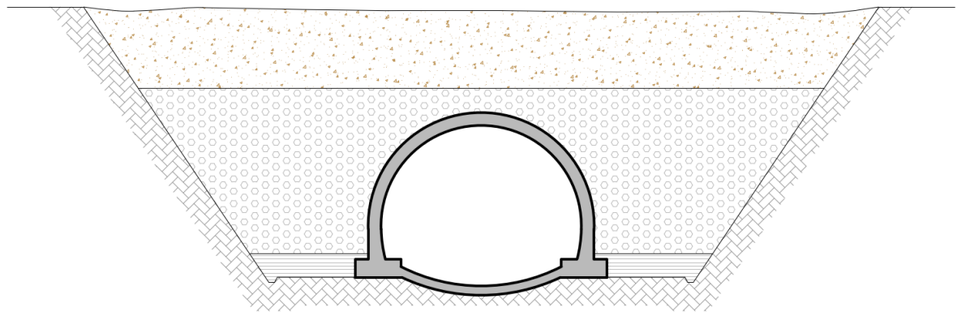


FASE 5: RELLENO CON SUELO SELECCIONADO, SIN ELEMENTOS GRUESOS (<10cm), COMPACTADO AL 95% DEL PROCTOR MODIFICADO HASTA 1.50m SOBRE CLAVE EN TONGADAS DE MÁXIMO 0.50cm. EL DESNIVEL MÁXIMO EN LA EJECUCIÓN DEL RELLENO A CADA LADO DEL FALSO TÚNEL SERÁ DE 1.00m.

Figura 34. Esquema fase 5 - Relleno de la contrabóveda de suelo seleccionado

Fuente: Elaboración propia

6. Restauración ambiental: el resto del desmonte se rellenará con material tolerable. Finalmente se procederá a la regeneración medioambiental de la superficie y reposición de caminos sobre el falso túnel.



FASE 6: RELLENO CON MATERIAL TOLERABLE COMPACTADO POR TONGADAS DE ESPESOR MÁXIMO 0.50m HASTA RESTAURAR LA TOPOGRAFÍA ORIGINAL.

Figura 35. Esquema fase 6 - Relleno material tolerable

Fuente: Elaboración propia

7. Definición de los sostenimientos

Se presentan en este punto las secciones tipo de sostenimiento previstas en el túnel en mina. Como referencia para la definición de la calidad del macizo rocoso se utilizan los índices geomecánicos Rock Mass Rating (RMR) de Bieniawski (1989) y el índice Q de Barton.

Las clasificaciones geomecánicas asignan a cada tipo de roca un índice numérico que cuantifica su calidad en función de una serie de parámetros. Son una herramienta de gran utilidad durante el Proyecto y la Construcción de las Obras Subterráneas.

Desde su aparición en los años 60, todas las clasificaciones geomecánicas han proporcionado, en mayor o menor medida, ciertos criterios sobre el tipo de sostenimiento que se podría emplear en las excavaciones subterráneas.

Aunque en los últimos años se ha puesto de manifiesto que las clasificaciones geomecánicas deben emplearse básicamente para clasificar el terreno; es posible obtener a partir de ellas una definición previa de los sostenimientos a emplear en un túnel.

Existen numerosas clasificaciones geomecánicas. Aunque hoy en día se emplean básicamente dos sistemas: el de Bieniawski, o RMR, y el de Barton o Sistema-Q. La clasificación de Bieniawski es la más fácil de usar y la más versátil; pero, por lo que se refiere a las orientaciones que da sobre el sostenimiento necesario en una excavación, la clasificación de Barton está más desarrollada.

La práctica habitual es caracterizar el terreno mediante la clasificación de Bieniawski (ya que ofrece mejor utilidad en otras aplicaciones que la de Barton) y estimar los sostenimientos utilizando los criterios de Barton (para lo que habrá que convertir el RMR en el índice Q).

En este apartado se hará uso de la clasificación de Barton para estimar, en una primera aproximación el sostenimiento de los túneles del proyecto. Posteriormente, en el proyecto de construcción, se ejecutará un análisis tensodeformacional para certificar su validez.

7.1. Clasificación geomecánica de Bieniawski

El sistema de clasificación Rock Mass Rating o sistema RMR fue desarrollado por Z.T. Bieniawski durante los años 1972-1973, y ha sido modificado en 1976 y 1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición de 1989, que coincide sustancialmente con la de 1979.

Tabla 26. Sostenimiento de túneles según RMR

Clase RMR	Excavación	Sostenimiento		
		Bulones	Gunita	Cerchas
I 100-81	Sección completa. Avances de 3 m	Innecesario, salvo algún bulón ocasional.	No	No
II 80-61	Sección completa. Avances de 1 - 1,5 m.	Bulonado local en clave, con longitudes de 2 - 3 m y separación de 2 - 2,5 m, eventualmente con mallazo.	5 cm en clave para impermeabilización	No
III 60-41	Avance y destroza. Avances de 1,5 a 3 m. Completar sostenimiento a 20 m del frente.	Bulonado sistemático de 3 - 4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en clave y hastiales. Mallazo en clave.	5 a 10 en clave y 3 cm en hastiales.	No
IV 40-21	Avance y destroza. Avances de 1 a 1,5 m. Sostenimiento inmediato del frente. Completar sostenimiento a menos	Bulonado sistemático	10 a 15 cm en clave y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación.	Cerchas ligeras espaciadas 1,5 m cuando se requieran.
V ≤20	Fases múltiples. Avances de 0,5 - 1 m. Gunitar inmediatamente el frente después de cada avance.	Bulonado sistemático de 5 - 6 m, con separaciones de 1 - 1,5 m en clave y hastiales con mallazo. Bulonado en solera.	15 - 20 cm en clave, 15 cm en hastiales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada avance.	Cerchas pesadas separadas 0,75 m con blindaje de chapas y cerradas en solera.
Túneles de sección en herradura, máxima anchura 10 m, máxima tensión vertical 250 kp/cm².				

El índice RMR se define en función de los seis parámetros del terreno siguientes:

- ✓ La resistencia a compresión simple del material.
- ✓ El RQD (Rock Quality Designation)
- ✓ El espaciamiento de las discontinuidades.

- ✓ El estado de las discontinuidades.
- ✓ La presencia de agua.
- ✓ La orientación de las discontinuidades.

El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros anteriores. Su valor oscila entre RMR=0, para roca muy mala, y RMR=100, para una roca de excelente calidad.

Para cada clase de roca Bieniawski propone una cuantía de sostenimiento y un método de excavación. Esta tabla es aplicable a túneles excavados en roca, mediante voladura, con anchura o vano comprendido entre 5 y 10 m y tensión vertical inferior a 25 MPa.

7.2. Sistema Q de clasificación de los macizos rocosos

Desarrollado por Barton, Lien y Lunde en 1974, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite establecer sistemas de sostenimientos para túneles y cavernas. El sistema Q está basado en la evaluación numérica de seis parámetros que definen el índice Q. Este índice viene dado por la siguiente expresión.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

El rango de valores numéricos que puede tomar el índice Q de calidad de la roca oscila entre 0,001 (excepcionalmente mala) y 1,000 (excepcionalmente buena). Los seis parámetros pueden estimarse a partir de la cartografía geológica de la zona y de la descripción de los testigos procedentes de los sondeos de investigación, pudiendo verificarse, o bien corregirse, posteriormente, durante la excavación. Los seis parámetros vienen definidos en la siguiente tabla:

Tabla 27. Parámetros del índice Q

RQD **Jn**	Índice de fracturación. Índice de diaclasado.	$\frac{RQD}{Jn}$	Medida del tamaño de bloque.
Jr **Ja**	Índice de rugosidad de la discontinuidad. Índice de alteración o relleno de la discontinuidad.	$\frac{Jr}{Ja}$	Medida del ángulo de fricción entre bloques.
Jw **SRF**	Factor de reducción por la presencia de agua o filtraciones a través de las discontinuidades. Factor representativo de las condiciones tensionales de la roca.	$\frac{Jw}{SRF}$	Medida de las tensiones efectivas.

El amplio rango de valores que puede tomar el índice Q (seis órdenes de magnitud) constituye una característica muy importante de este sistema y refleja la variación en la calidad de la roca de manera probablemente más rápida que mediante la escala lineal del índice RMR. Debido a esta característica, se logra de manera más fácil la correlación con el resto de los parámetros físicos de la roca.

Con los valores de Q para los diferentes puntos del túnel a proyectar podemos ejecutar un dimensionamiento del sostenimiento del mismo a través del siguiente gráfico:

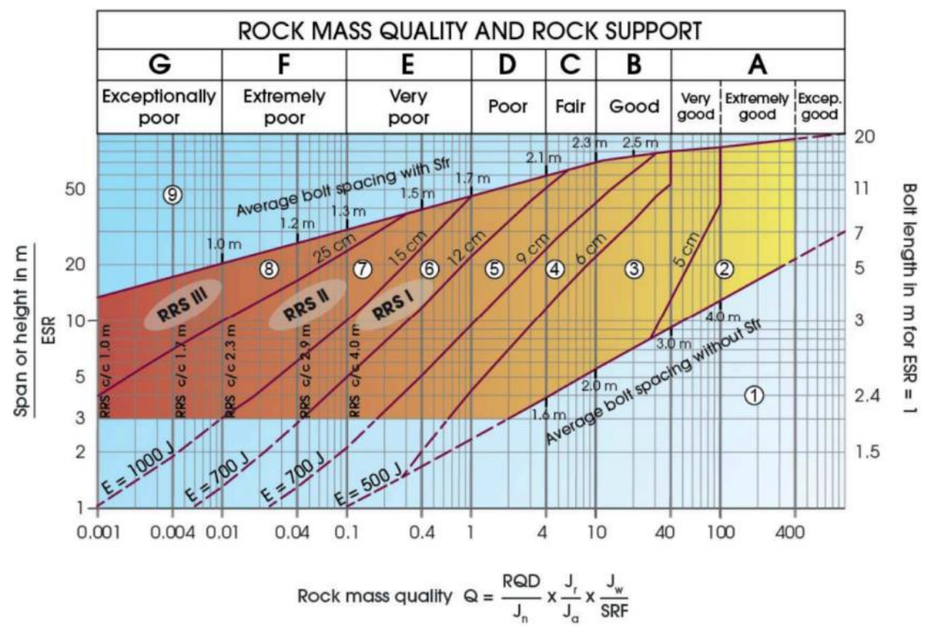


Figura 36. Gráfico para la definición del sostenimiento con Q

Fuente: Grimstad y Bargon, 1993

Las categorías de soportes asociadas al gráfico anterior son las siguientes:

1) Sin refuerzo.

2) Pernos aislados (sb).

3) Pernos sistemáticos B.

4) Pernos sistemáticos y hormigón proyectado simple, e = 4 a 10 cm B(+S).

5) Hormigón proyectado con fibra (e = 5 a 9 cm) y apernado sistemático Sfr + B.

6) Hormigón proyectado con fibra (e = 9 a 12 cm) y apernado sistemático Sfr + B.

7) Hormigón proyectado con fibra (e = 12 a 15 cm) y apernado sistemático Sfr + B.

8) Hormigón proyectado con fibra (e > 15 cm), marcos de acero u hormigón proyectado con pernos sistemáticos Sfr, RRS + B.

9) Revestimiento de hormigón CCA.

7.3. Secciones tipo de sostenimiento del proyecto

Una vez analizada la calidad geomecánica de los terrenos a atravesar a lo largo de los túneles de las alternativas (Anejo 5.- Geología, geotecnia e hidrogeología), se han definido las siguientes secciones de sostenimiento, teniendo en cuenta los métodos empíricos definidos en el apartado anterior, así como la experiencia del consultor en este tipo de túneles.

Los sostenimientos tipo propuestos para estas secciones tipo se muestran a continuación en forma de tabla resumen:

Tabla 28. Secciones Tipo de Sostenimiento Propuestos

SECCIONES TIPO DE SOSTENIMIENTO									
Tipología	**Sección Tipo**	**Calidad Geotécnica**	**Rango aprox. RMR**	**RMR Clase**	**Long. de pase (m)**	**Espesor de HP (cm)**	**Fibras de acero (kg/m3)**	**Cerchas**	**Bulones tipo Swellex Mn24**
Túnel de vía doble	ST-I	Roca buena	61 - 80	II	3	5+10	35	-	L = 4 m en malla 2,0 m x 1,5 m
	ST-II	Roca media	41 - 60	III	2	5+15	35	-	L = 4 m en malla 2,0 m x 1,0 m
	ST-III	Roca mala	21 - 40	IV	1	5+20	35	TH-29 o HEB 180* cada 1,0 m	-
Túnel de vía única	ST-I	Roca buena	61 - 80	II	3	5+10	35	-	L = 3 m en malla 2,0 m x 1,5 m
	ST-II	Roca media	41 - 60	III	2	5+15	35	-	L = 3 m en malla 2,0 m x 1,0 m
	ST-III	Roca mala	21 - 40	IV	1	5+20	35	TH-29 o HEB 180* cada 1,0 m	-
Galerías de evacuación	STG-I	Roca buena	61 - 80	II	4	5+5	35	-	L = 3 m en malla 2,0 m x 2,0 m
	STG-II	Roca media	41 - 60	III	2	5+10	35	-	L = 3 m en malla 1,0 m x 2,0 m
	STG-III	Roca mala	21 - 40	IV	1	5+20	35	TH-29 o HEB 180* cada 1,0 m	-
*** Para rangos de RMR entre 21-35 emplear la cercha HEB 180 y para rangos RMR entre 36-41 la cercha TH-29**									

8. Tratamientos especiales

Los sostenimientos definidos en el apartado 7.- Definición de los sostenimientos se han diseñado para estabilizar la excavación del túnel en las calidades de terreno previstas. No obstante, cabe la posibilidad de que se intercepten zonas en las que sea necesario recurrir a tratamientos de refuerzo complementarios, conocidos con el nombre genérico de tratamientos especiales.

Se considera como tratamiento especial a aquellos tratamientos del terreno que eventualmente podrían tener que realizarse pero que, por su naturaleza frecuentemente aleatoria, no se puede concretar con precisión el lugar o la cuantía donde se deberán aplicar y, por tanto, no forman parte de las secciones tipo de sostenimiento. Son contingencias, con su correspondiente previsión presupuestaria de las unidades necesarias para hacer frente a las mismas.

Una vez analizados los riesgos geológicos que se prevé que aparezcan a lo largo de los túneles, se definen de manera preliminar una serie de tratamientos especiales a aplicar en cada caso. Se describen en los siguientes apartados.

8.1. Problemas de inestabilidad de la sección

Estos tratamientos especiales se usan de forma puntual con el objeto de atravesar zonas muy concretas de terreno. Se aplicarán eventualmente diversos tipos y según la parte del túnel que sea necesario estabilizar: clave, frente o contrabóveda. Por otro lado, su instalación puede ser también llevada a cabo sobre el sostenimiento tipo, como medidas de refuerzo.

En relación con los sectores que presenten problemas de estabilidad adicional del frente de excavación se plantean los siguientes tratamientos:

- ✓ Machón central: consiste en no excavar el frente en su totalidad, dejando en el centro del mismo un contrafuerte o machón que resista los posibles empujes del terreno del frente.

- ✓ Sellado del frente: consiste en la proyección de hormigón sobre el frente de excavación, en los casos que se produzcan inestabilidades en éste. Se aplicará en los frentes inestables, con presencia de agua, especialmente en secciones con un RMR menor de 35. El control del frente de excavación se puede hacer con el machón central y con un sellado del frente de 5 cm de hormigón proyectado HRP-30 reforzado con macrofibras plásticas. En caso necesario, se podrá completar con bulones de fibra de vidrio de 6 m de longitud.

- ✓ Sondeos de reconocimiento y drenaje del frente: no son propiamente un tratamiento del terreno en sentido estricto, pero sí permiten saber qué tipo de terreno se puede o se espera encontrar previo al avance de las excavaciones. Se aplicará en zonas de especial dificultad geotécnica o constructiva, como zonas de falla, a propuesta del especialista geotécnico y con la autorización previa de la Dirección de Obra. Consistirán en 3 sondeos de forma paralela a la traza del túnel (diámetro mín. 70 mm), para conocer la geotecnia del macizo y para drenar, en caso de que se aprecie una humedad excesiva o presencia de agua. No será necesario que exista un solape, ya que, al realizar tres sondeos, se intentará que no terminen muy próximos unos de otros.

- ✓ Patas de elefante para apoyar las cerchas del avance: con el objeto de recalzar la sección de avance en los pies de apoyo del sostenimiento de las cerchas y evitar que estas cerchas, y el resto del sostenimiento, se hinquen o se descalcen durante la excavación de la fase de destroza. Estas circunstancias se manifestarán a través de un descenso en bloque del sostenimiento del avance.

- ✓ Contrabóveda provisional en avance, en sectores donde se manifieste el cierre de la sección debido a los empujes horizontales. Estas circunstancias se manifestarán a través de las convergencias. Para mitigar este cierre del avance se ejecutará una contrabóveda provisional de 30 cm hormigón proyectado HRP-30 reforzado con macrofibras plásticas como solera de la fase de avance, para evitar el desarrollo de deformaciones excesivas.

9. Impermeabilización y drenaje

El objetivo de este apartado consiste en el análisis de los problemas potenciales de infiltración de las aguas superficiales y subterráneas desde el trasdós del túnel en mina hacia el interior del mismo. Durante la construcción de un túnel se deben gestionar distintas afluencias de agua al interior del túnel:

- ✓ Infiltración desde el macizo rocoso, especialmente en las zonas de fallas donde se prevén los volúmenes más significativos de agua de infiltración a controlar. Se ejecutarán cunetas provisionales a lo largo de toda la longitud del túnel para su canalización.
- ✓ Agua suministrada al túnel desde el exterior para su empleo en trabajos de ejecución (perforación, …).
- ✓ Agua procedente de fugas en el sistema de suministro. Esta agua, con frecuencia, genera lodos, ya que las labores de ejecución del túnel producen una gran cantidad de finos, procedentes de la degradación del escombro durante su transporte, del detritus de perforación, etc. Esta agua (o lodos) deberá bombearse al exterior a través de adecuados sistemas de agotamiento, previo tratamiento y clarificación.

Debido a que el agua circulará de forma prioritaria por las zonas de fallas, será necesario un control del frente de excavación para detectar las zonas de afluencia con antelación suficiente durante la construcción. Este control revelará la presencia de nivel freático, zonas de fallas con agua y barro, etc., permitiendo la toma de decisiones más adecuada en cada caso.

9.1. Impermeabilización

La impermeabilización de un túnel comprende la membrana como elemento impermeable y el geotextil como capa de protección, para evitar los daños mecánicos y para la evacuación de las aguas de infiltración.

La impermeabilización debe cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Proteger y envolver la superficie de la obra a tratar, de manera durable contra el agua de infiltración.
- ✓ Adaptarse sin problemas a las irregularidades del soporte y ser capaz de deformarse para puentear las desigualdades. Su resistencia y alargamiento será suficiente para no ser perforada.
- ✓ Ser suficientemente resistente para continuar siendo estanca después de las solicitaciones mecánicas resultantes del proceso de hormigonado posterior.
- ✓ El geotextil debe garantizar la evacuación del agua de filtración, sin entrar en carga, de manera durable hacia los drenes longitudinales.
- ✓ Ser puesta en obra de manera sencilla, racional y económica, sin interrumpir el desarrollo de los trabajos posteriores, e independientemente de que el soporte esté húmedo.
- ✓ Resistir las cargas sobre el encofrado y el empuje del macizo rocoso sobre la bóveda interior definitiva.
- ✓ Resistir los movimientos de retracción, fluencia y las deformaciones por temperatura del soporte y del revestimiento, así como las vibraciones sin que el efecto impermeable disminuya.
- ✓ Sus componentes principales (geotextil y geomembrana) deben ser imputrescibles, resistir al envejecimiento, así como a las vibraciones, ser químicamente inalterables y duraderos al contacto con el hormigón, mortero, aguas de infiltración y otros materiales del soporte y revestimiento.
- ✓ Las láminas con las que se confecciona la lámina impermeabilizante deben ser soldables y sus uniones deberán poder ser verificadas mediante un control de soldadura.
- ✓ Los materiales que forman el sistema de impermeabilización deben ser autoextinguibles para evitar riesgos de incendio durante la fase de construcción.

- ✓ Se evitará la realización de trabajos próximos a la impermeabilización que puedan producir chispas, llamas o calor radiante.

Se propone una impermeabilización que consiste en la instalación de una impermeabilización completa, en todo el contorno de la sección, formada por una primera capa de geotextil drenante y antipunzonante de 500 gr/m2 en contacto con el sostenimiento, que actúa a modo de protección y de filtro, y una segunda capa de lámina de PVC de 2 mm de espesor, que funciona como barrera y para reconducir el agua hasta los tubos de drenaje que evacúan dicha agua hasta los colectores del sistema de drenaje del túnel y, con ellos, al exterior del túnel.

Las características de estas capas son las siguientes:

- ✓ Geotextil de alto gramaje 500gr/m². Los materiales utilizados serán de fibras vírgenes 100 % de polipropileno. Este geotextil deberá tener cierta holgura para absorber las posibles deformaciones que se definirán en pliego de prescripciones técnicas particulares como parámetros de resistencia a la tracción y elongación, ya sean longitudinales o transversales.
- ✓ Lámina de impermeabilización de PVC-P de espesor mínimo 2mm. Se asegurará una perfecta estanqueidad entre las distintas colocaciones de paños de láminas.

El proceso de colocación de una lámina de estas características es el siguiente:

1) Corte de los rollos en la longitud que se necesite.
2) Fijación mecánica mediante pernos inoxidables.
3) Fijación de la nueva tira mediante soldado por termofusión en el lateral del solape y fijaciones mecánicas en el otro lateral y eje longitudinal.
4) Impermeabilización de las fijaciones que quedan vistas con piezas de la misma lámina termosoldadas.
5) En los casos en los cuales existan venas de agua importantes (zonas de falla) se realizan drenajes primarios para conducir el agua a los drenajes longitudinales.

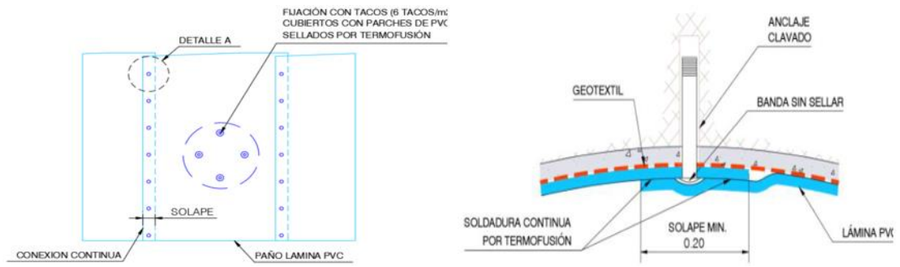


Figura 37. Detalles anclaje y solape lámina de impermeabilización

Fuente: Elaboración propia

En las zonas con afluencia de agua, para mejorar la conducción de las aguas de infiltración, se dispone entre los elementos de impermeabilización y el terreno del trasdós unas surgencias en zonas puntuales que consisten en un tubo ranurado que atraviesa el sostenimiento, tal y como se observa en la siguiente figura:

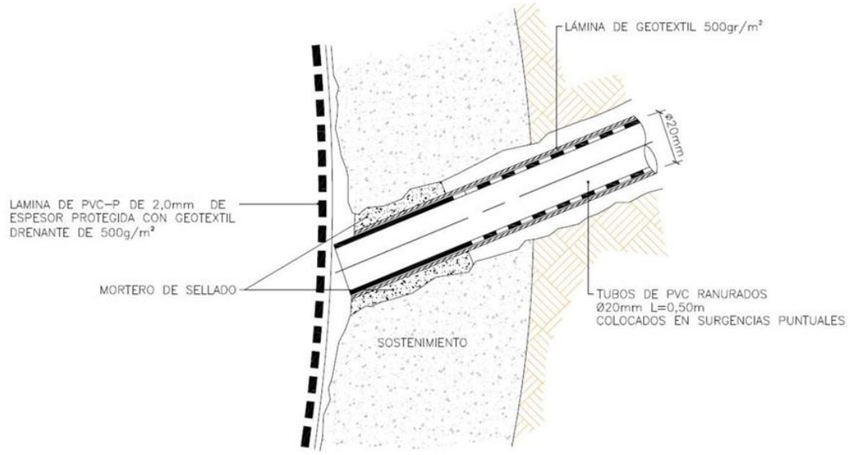


Figura 38. Detalle captación de sugerencias puntuales

Fuente: Elaboración propia

La lámina se colocará envolviendo el tubo dren inferior, situado en la base de cada hastial, para que este último pueda recoger completamente el caudal de infiltración que la lámina reconduzca. Este tubo dren está colocado en el intradós del revestimiento y tiene un diámetro de 110 mm. Dichos tubos desaguan cada 25 m a un colector de 315 mm que discurren bajo los pasillos laterales. Cuentan con arquetas de registro cada 25 m asociadas a dichas conexiones.

9.2. Drenaje

El sistema de drenaje de los túneles se basará en caces y colector unitario, con base en los caudales que defina el proyecto constructivo según lo indicado en el Anejo 5.- Geología, geotecnia e hidrogeología.

El drenaje será unitario en el caso de los túneles de vía única y vía doble, y recogerá las infiltraciones tanto de los drenajes del trasdós (si existen) como de las filtraciones del recubrimiento sobre aceras o sobre la propia vía. Todas esas vías de agua deben canalizarse a un colector central.

El volumen mínimo útil del depósito sifónico será de 100 m³. En túneles con depósito de agua o tomas de la red para bomberos en caso de incendio, el depósito sifónico tendrá un volumen mínimo útil de 200 m³.

La red de caces estará distribuida a lo largo del pie del hastial, y en caso de vía sin balasto, en los laterales de la vía o centrada en la vía, para recoger el agua de infiltraciones y cada 50 m estará conectada al colector unitario mediante arquetas. Las conexiones entre las arquetas de los caces y las arquetas del colector se realizarán con tubo de diámetro mínimo 90 mm. Las arquetas de los caces serán preferentemente de rejilla no metálica, a excepción de si se prevé paso de vehículos.

Los caces que estén fuera del pasillo de evacuación no dispondrán de rejilla. Se evitará la existencia de caces en el pasillo de evacuación.

Los pasillos de evacuación dispondrán de pendiente transversal de bombeo hacia la vía no inferior al 1% para garantizar la evacuación de agua.

El colector unitario estará situado en la zona central con un diámetro mínimo de 30 cm. Dicho colector unitario dispondrá de arquetas de registro cada 50 m.

Deberá intentar evitarse que entren al túnel aguas de escorrentía exteriores, cuyos caudales deben desviarse a cauces naturales por gravedad o mediante bombeo.

10. Medidas a adoptar frente a posibles afecciones hidrogeológicas

Para definir el sistema de drenaje de cada túnel del proyecto se deben identificar las principales características de las masas de agua subterráneas (MASb) que se encuentran en los corredores del Estudio de Alternativas.

Los corredores previstos en el Estudio de Alternativas coinciden con la distribución de cuatro masas de agua, pertenecientes a dos cuencas hidrográficas diferentes:

- ✓ Cuenca Hidrográfica del Cantábrico Occidental
  - Santander – Camargo.
  - Alisas – Ramales.
  - Castro Urdiales.
- ✓ Cuenca Hidrográfica del Cantábrico Oriental
  - Sopuerta.

En el Apéndice 4.- Planta hidrogeológica y Apéndice 5.- Planta litológica y de permeabilidades del Anejo 5.- Geología, geotecnia e hidrogeología se definen los mapas con las conclusiones del estudio hidrogeológicos realizados con detalle para las dos alternativas estudiadas en el presente proyecto.

Con el fin de definir la valoración económica de los túneles de las alternativas se han diferenciado cuatro tipologías de acuerdo con los tipos de terrenos atravesados y la problemática hidrogeológica que se representa en la siguiente tabla.

Tabla 29. Criterios de valoración de la problemática hidrogeológica

VALORACIÓN	PROBLEMÁTICA HIDROGEOLÓGICA
Baja	1. Macizo rocoso de permeabilidad baja a muy baja sin presencia de discontinuidades ni fallas
Media	2. Macizo rocoso de permeabilidad baja a media con presencia de fallas
Alta	3. Macizo rocoso de permeabilidad alta y/o con presencia de fallas y posibles problemas de karstifiación
Muy alta	4. Macizo rocoso de permeabilidad alta muy alta por karstificación y presencia de fallas

En base a esta valoración en las tablas siguientes se tramifican los túneles, indicándose su clasificación de acuerdo con la tabla anterior para cada alternativa considerada.

Tabla 30. Problemática hidrogeológica de la Alternativa A1 Rasante baja (1 de 2)

ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA						
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Valoración de Permeabilidad**	**Problemática hidrogeológica**	**Observaciones**
TU/01.8-02.4	1+880	2+215	335,0	Muy baja	Baja	
TU/04.6-05.4	4+890	5+205	315,0	Muy baja	Baja	
TU/12.8-15.0	14+210	14+320	110,0	Muy baja	Baja	Posible presencia de agua en el contacto con las arcillas
	14+320	14+500	180,0	Muy baja	Media	
	14+500	14+565	65,0	Muy baja	Baja	
	14+755	14+905	150,0	Muy baja	Baja	
TU/17.0-17.6	17+140	17+305	165,0	Muy baja	Baja	
TU/18.9-22.3	19+010	19+150	140,0	Muy baja	Media	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla
	19+150	22+120	2.970,0	Muy baja	Media	
TU/22.8-24.1	22+810	24+100	1.290,0	Alta	Alta	Posible afección a la capa freática y fluencia de agua hacia el túnel en zonas karstificadas. Surgencia al norte del tunel a 500 m de distancia en su zona central (pto. de agua 1904-7-0015, unidad Aslisa-Ramales, Complejo Calcáreo urgoaptiense de la zona oriental de Santander)
TU/25.4-26.2	25+525	25+880	355,0	Alta	Alta	Posible afección a acuíferos y fluencia de agua del acuífero karstico
TU/26.8-27.3	26+840	27+295	455,0	Alta	Media	
TU/27.5-29.0	28+210	28+960	750,0	Alta	Alta	Posible afección a acuíferos y fluencia de agua del acuífero karstico
TU/30.9-31.7	31+015	31+650	635,0	Muy baja	Media	Posibles problemas puntuales de fluencia de agua al túnel
TU/32.3-33.2	32+395	33+060	665,0	Muy baja	Media	Posibles problemas puntuales de fluencia de agua al túnel
TU/34.9-35.8	34+950	35+500	550,0	Baja	Media	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla
	35+500	35+745	245,0	Baja	Media	
TU/39.0-43.9	39+065	39+680	615,0	Baja	Media	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla. Problemas derivados de la karstificación. Posible afección a acuíferos karsticos
	39+680	40+020	340,0	Baja	Media	
	40+020	41+080	1.060,0	Baja	Muy Alta	
	41+080	43+780	2.700,0	Muy baja	Media	

Tabla 31. Problemática hidrogeológica de la Alternativa A1 Rasante baja (2 de 2)

ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA						
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Valoración de Permeabilidad**	**Problemática hidrogeológica**	**Observaciones**
TU/44.0-44.3	44+060	44+230	170,0	Muy baja	Muy Alta	Problemas derivados de la karstificación. Posible afección a acuíferos karsticos
TU/44.4-48.5	44+460	44+920	460,0	Muy baja	Muy Alta	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla. Problemas derivados de la karstificación. Posible afección a acuíferos karsticos
	44+920	45+400	480,0	Muy baja	Alta	
	45+400	45+600	200,0	Muy baja	Alta	
	45+600	47+220	1.620,0	Muy baja	Muy Alta	
	47+220	48+485	1.265,0	Muy baja	Media	
TU/49.1-57.3	49+066	57+315	8.249,0	Muy baja	Media	Posibles problemas puntuales de fluencia de agua al túnel
TU/58.0-59.6	58+090	59+535	1.445,0	Muy baja	Media	Posibles problemas puntuales de fluencia de agua al túnel en acuíferos aislados, en general poco productivos
TU/60.4-62.9	60+400	60+650	250,0	Muy baja	Media	Posibles problemas puntuales de fluencia de agua al túnel en acuíferos aislados, en general poco productivos. Posibles problemas asociados a la karstificación que se darán de forma localizada
	60+650	60+700	50,0	Muy baja	Media	
	60+700	61+520	820,0	Muy baja	Media	
	61+520	62+000	480,0	Muy baja	Media	
	62+000	62+500	500,0	Muy baja	Media	
	62+500	62+560	60,0	Muy baja	Muy Alta	
	62+560	62+620	60,0	Muy baja	Media	
	62+620	62+745	125,0	Muy baja	Muy Alta	
TU/63.8-68.1	63+790	64+450	660,0	Muy baja	Media	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla
	64+450	67+760	3.310,0	Muy baja	Media	
	67+760	68+073	313,0	Muy baja	Media	
TU/68.4-73.1	68+455	69+400	945,0	Muy baja	Media	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla
	69+400	73+054	3.654,2	Muy baja	Media	

Tabla 32. Problemática hidrogeológica de la Alternativa C1 Rasante baja (1 de 2)

ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA						
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Valoración de Permeabilidad**	**Problemática hidrogeológica**	**Observaciones**
TU/01.8-02.4	1+880	2+215	335,0	Muy baja	Baja	
TU/04.6-05.4	4+890	5+205	315,0	Muy baja	Baja	
TU/12.8-15.0	14+205	14+320	115,0	Muy baja	Baja	Posible presencia de agua en el contacto con las arcillas
	14+320	14+500	180,0	Muy baja	Media	
	14+500	14+620	120,0	Muy baja	Baja	
	14+620	14+910	290,0	Muy baja	Baja	
TU/16.5-17.9	17+115	17+660	545,0	Muy baja	Baja	
TU/20.0-20.7	20+240	20+485	245,0	Alta	Baja	
TU/21.9-22.6	22+170	22+345	175,0	Alta	Media	
TU/22.8-25.5	22+920	24+350	1.430,0	Muy baja	Alta	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla. Posibles problemas de karstificación
	24+350	25+390	1.040,0	Muy baja	Media	
TU/27.5-31.4	27+690	28+980	1.290,0	Muy baja	Media	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla. Posibles problemas de karstificación
	28+980	31+095	2.115,0	Muy baja	Media	

Tabla 33. Problemática hidrogeológica de la Alternativa C1 Rasante baja (2 de 2)

ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA						
Nombre	**P.K. inicial**	**P.K. final**	**Longitud (m)**	**Valoración de Permeabilidad**	**Problemática hidrogeológica**	**Observaciones**
TU/35.1-39.8	35+155	35+500	345,0	Alta	Muy Alta	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla. Posibles problemas de karstificación. Posible conexión de acuíferos
	35+500	35+780	280,0	Alta	Media	
	35+780	36+020	240,0	Alta	Muy Alta	
	36+020	37+720	1.700,0	Alta	Alta	
	37+720	38+000	280,0	Alta	Muy Alta	
	38+000	38+500	500,0	Alta	Media	
	38+500	39+790	1.290,0	Alta	Media	
TU/40.4-40.9	40+445	40+820	375,0	Muy baja	Baja	
TU/42.6-43.2	42+685	43+135	450,0	Baja	Baja	
TU/43.7-51.4	43+710	44+000	290,0	Muy baja	Media	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla
	44+000	45+040	1.040,0	Muy baja	Media	
	45+040	45+350	310,0	Muy baja	Media	
	45+350	51+320	5.970,0	Muy baja	Media	
TU/52.0-60.3	52+030	60+280	8.250,0	Muy baja	Baja	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla, muy puntuales
TU/61.0-62.6	61+050	62+500	1.450,0	Muy baja	Media	Posibles problemas puntuales de fluencia de agua al túnel en acuíferos aislados, en general poco productivos
TU/63.3-65.8	63+360	63+450	90,0	Muy baja	Media	Posibles problemas puntuales de fluencia de agua al túnel en acuíferos aislados, en general poco productivos. Posibles problemas asociados a la karstificación que se darán de forma localizada
	63+450	63+490	40,0	Muy baja	Media	
	63+490	64+320	830,0	Muy baja	Media	
	64+320	65+000	680,0	Muy baja	Media	
	65+000	65+250	250,0	Muy baja	Media	
	65+250	65+480	230,0	Muy baja	Alta	
	65+480	65+540	60,0	Muy baja	Media	
	65+540	65+640	100,0	Muy baja	Media	
	65+640	65+710	70,0	Muy baja	Muy Alta	
TU/66.7-71.0	66+755	68+200	1.445,0	Muy baja	Media	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla
	68+200	70+350	2.150,0	Muy baja	Media	
	70+350	71+036	686,0	Muy baja	Media	
TU/71.4-76.0	71+420	72+360	940,0	Muy baja	Media	Posible fluencia de agua al tunel en zonas de falla
	72+360	76+018	3.658,0	Muy baja	Media	

De esta manera, si se realiza la comparativa en términos porcentuales de las longitudes a excavar según la problemática hidrogeológica, el resultado es el siguiente:

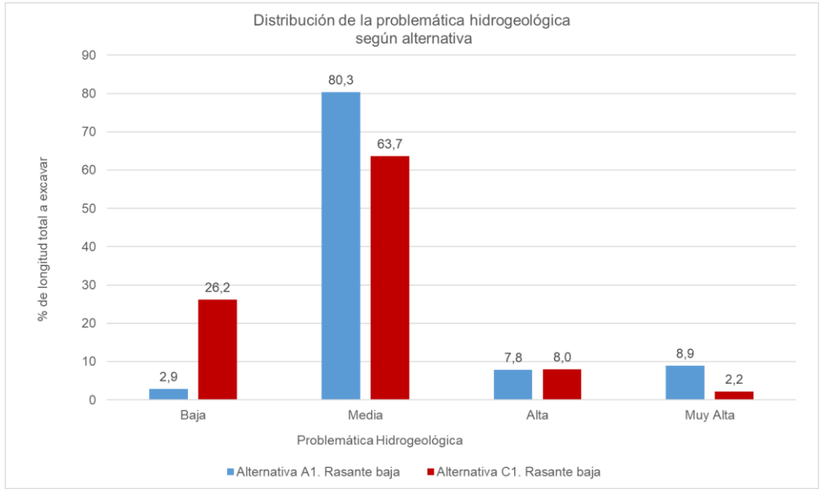


Figura 39. Gráfico de distribución de la problemática hidrogeológica según alternativa

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, para todas las alternativas el mayor porcentaje de problemática hidrogeológica es de valoración media, la Alternativa A1 Rasante baja presenta un 80,3% mientras que la C1 un 63,7%. En cuanto a la valoración baja, la Alternativa A1 Rasante baja tiene un 2,9% y la C1 un 26,2%. Respecto a la valoración alta en las alternativas no existen diferencias significativas ya que en términos porcentajes son muy similares; en cuanto a la valoración muy alta la Alternativa A1 Rasante baja presenta un incremento de casi cuatro veces el porcentaje de la Alternativa C1 Rasante baja.

En la tabla siguiente se resume la problemática hidrogeología según la longitud total a excavar en metros en el conjunto de los túneles para cada alternativa.

Tabla 34. Longitud total a excavar según problemática hidrogeológica

PROBLEMÁTICA HIDROGEOLOGÍA	ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA TÚNEL (m)	ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA TÚNEL (m)
Baja	1.140,0	11.040,0
Media	31.496,2	26.859,0
Alta	3.075,0	3.360,0
Muy Alta	3.495,0	935,0
TOTAL	39.206,2	42.194,0

Como se aprecia en la tabla anterior en cuanto a la longitud total a excavar según la problemática hidrogeológica la valoración baja correspondiente a un macizo rocoso de permeabilidad baja a muy baja sin presencia de discontinuidades ni fallas, la Alternativa A1 Rasante baja tiene una longitud de 1,1 km mientras que la Alternativa C1 Rasante baja tiene una longitud de 11,0 km.

Para la valoración media, correspondiente a un macizo rocoso de permeabilidad baja a media con presencia de fallas, la Alternativa A1 Rasante baja presenta una longitud de 31,5 km, mientras que la Alternativa C1 Rasante baja tiene una longitud de 26,9 km.

En cuanto a la longitud total a excavar con una problemática hidrogeológica alta correspondiente a un macizo rocoso de permeabilidad alta y/o con presencia de fallas y posibles problemas de karstifiación, las alternativas son similares. En la Alternativa A1 Rasante baja, los túneles TU/22.8-24.1, TU/25.4-26.2 y TU/27.5-29.0 son los más afectados, con una longitud de 3,1 km. Por otro lado, en la Alternativa C1 Rasante baja, los túneles TU/22.8-25.5 y TU/35.1-39.8 se destacan por esta problemática, con una longitud de 3,4 km.

Por otra parte, la Alternativa A1 Rasante baja presenta una longitud total a excavar cuatro veces mayor que la de la Alternativa C1 Rasante baja, en el contexto de una valoración muy alta. Esta valoración se asocia a un macizo rocoso con alta permeabilidad, muy alta permeabilidad debido a karstificación y la presencia de fallas. En la Alternativa A1 Rasante baja, los túneles TU/39.0-43.9, TU/44.0-44.3, TU/44.4-48.5 y TU/60.4-62.9 abarcan una longitud de 3,5 km, mientras que en la Alternativa C1 Rasante baja, el túnel TU/35.1-39.8 es el más afectado, con una longitud de 935 metros.

Una vez analizadas la valoración de la problemática hidrogeológica que tendrán los túneles más afectados, se proponen las siguientes medidas de mitigación y de seguimiento a analizar, desarrollar y completar en los Proyectos de Construcción:

10.1. Medidas de mitigación

Antes de plantear las medidas de mitigación se propone ampliar en la fase de proyecto básico y constructivo el análisis de la problemática hidrogeológica definida en el apartado anterior en los túneles que presentan un mayor potencial de afección a acuíferos, para posteriormente contemplar las siguientes dos actuaciones:

- ✓ Las ejecutadas en el interior de los túneles, encaminadas a reducir el flujo de agua drenado hacia el interior de estos y el abatimiento de los niveles piezométricos.
- ✓ Las que se lleven a cabo en el medio, con objeto de reducir el impacto socioeconómico debido a las afecciones a elementos hidrogeológicos (fuentes, abrevaderos, captaciones de abastecimiento, caudales ecológicos, etc.).

10.1.1. Medidas de mitigación en el interior de los túneles

Túnel estanco

En el caso en el que se confirme que algún túnel pueda atravesar un acuífero kárstico con volúmenes de agua importantes, será necesario proyectarlo de forma que garantice que no se produce afección al acuífero y que los recursos no son desviados o drenados por el túnel. A la vez, será necesario proyectar un revestimiento impermeable que garantice que la explotación de la línea se desarrolle en unas condiciones razonables.

El diseño de la sección tipo estanca se realizará con una estimación de los niveles piezométricos máximos previsibles que se hayan obtenido del Estudio Hidrogeológico.

Para que la sección sea impermeable, entre el sostenimiento y el revestimiento + contrabóveda se suele proyectar un sistema consistente en un geotextil y una membrana de PVC termosoldada.

Ante la eventualidad de que la carga prevista pueda verse superada, y con el fin de evitar que se produzcan mayores presiones sobre el revestimiento que las previstas, se diseñará un sistema de alivio de presiones cuyo objeto es que se pueda drenar parcialmente el trasdós del revestimiento para evitar que se afecte a la integridad de la sección.

De forma somera, el sistema de alivio de sobrepresiones consiste en la instalación de tubos dren longitudinales ranurados que se conectan con el interior del túnel a través de tubos pasantes. La interrupción de la lámina impermeable por los tubos deberá estar perfectamente sellada para dar continuidad a la misma. Estos tubos constan de una serie de válvulas, contadores y transmisores de presión que estarán controlados desde el centro de control que se designe al efecto.

Las válvulas de alivio están automatizadas de forma que una vez superada la presión a la que están reguladas, se abren permitiendo la salida de agua hasta restablecimiento de los niveles de presión que se hayan regulado, desembocando directamente en las arquetas de drenaje de los colectores del interior del túnel. El sistema permite conocer en todo momento la presión a la que está sometido el revestimiento.

Tratamiento de impermeabilización mediante inyecciones

En las zonas donde se atraviesen formaciones con presencia de agua, será necesario analizar y proyectar posibles tratamientos de pre-inyección para la impermeabilización del túnel.

El propósito de estas inyecciones previas de lechada es la impermeabilización final del túnel y también una mejora de la calidad geotécnica del terreno. Para evitar afecciones en superficie estas inyecciones se ejecutarán desde el frente de excavación y comenzarán antes de llegar la excavación a la zona de influencia del acuífero.

De esta manera se podrá reducir la cantidad de agua en el interior del túnel durante la fase de excavación, además de producir una mejora en la estabilidad del frente y en el material del entorno.

Taladros en frente del túnel

Otro tratamiento habitual durante la excavación de un túnel con cavidades o conductos bajo el nivel freático cuando estos niveles no estén asociados a acuíferos, y se puedan drenar localmente sin afecciones, es el drenaje previo a la ejecución del frente del túnel.

El concepto de forma sucinta consiste básicamente hacer descender el nivel freático general que afecta al túnel mediante una serie de taladros ejecutados, bien desde el frente del túnel, desde la superficie o incluso desde galerías laterales o de exploración dentro de la sección del túnel.

De esta forma, además de comprobar la existencia de cavidades para su tratamiento previo, se podrá detectar la afluencia de agua, y obtener los parámetros de perforabilidad del terreno.

De forma complementaria a los taladros de reconocimiento, y en pases más cortos, se suelen ejecutar mechinales en el frente de excavación para generar un patrón de circulación del agua que facilite su drenaje, permitiendo la liberación de la presión hidrostática del frente y facilitando su estabilidad.

10.1.2. Medidas de mitigación en el medio acuífero

En cuanto a la mitigación del impacto en el medio acuífero, dado que el túnel se configura como un elemento lineal con un drenaje continuo que se integra en el flujo subterráneo, surgen desafíos en la aplicación de medidas para restaurar el flujo, una vez se hayan considerado las mencionadas en la sección anterior.

Por lo tanto, se busca minimizar la afectación a los niveles freáticos, reduciendo las posibles afecciones a los acuíferos y tratando de corregirlas en la medida de lo posible. Estas medidas específicas se analizarán, desarrollarán y completarán en los Proyectos de Construcción.

Se distinguen tres situaciones distintas entre las afecciones a puntos de agua, en general:

- ✓ Aquellos que serán directamente afectados por la propia ejecución de las obras, al encontrarse dentro del perímetro de excavación de los emboquilles de túneles, desmontes o estructuras auxiliares como accesos, terraplenes, etc.
- ✓ Aquellos cuyas cotas freáticas o de surgencia se encuentran por encima de las de rasante del túnel y de los desmontes, que intercepte su mismo tubo de flujo. Esta situación afecta al entorno inmediato del perímetro del trazado

en cuestión. Se corresponde con las zonas donde se produce el rebaje freático entre el escenario actual y el que se ocasionará con las descargas a través de la estructura, como elemento integrado dentro del sistema de flujo subterráneo, pasando de Zona saturada a Zona no saturada.

- ✓ Aquellos cuyas cotas freáticas o de surgencia se encuentran por debajo de las de rasante. Esta situación se dará únicamente en la región aguas abajo del túnel (según el flujo subterráneo) y a una distancia más alejada de la traza, en su perpendicular. Si bien estos puntos no se agotarán completamente, sus caudales o niveles pueden verse rebajados.

Las medidas de mitigación a emprender en cualquiera de estos casos estarían encaminadas a lo siguiente:

- ✓ Reposición de captaciones para abastecimiento humano.
- ✓ Reposición de captaciones para otros usos (abrevaderos, riego, áreas de recreo, etc.).
- ✓ Reposición de cauces fluviales para garantizar, al menos, los caudales ecológicos.

10.2. Medidas de seguimiento

A continuación, se proponen una serie de medidas que permitirán adquirir los datos necesarios para caracterizar la evolución de la interacción entre el túnel y el medio acuífero.

10.2.1. Medidas de seguimiento en el interior de los túneles

Secciones de Control Piezométrico (SCP)

El incremento de presión hidrostática en el interior de un túnel puede ser muy rápido, según nos alejamos del sostenimiento, debido al fuerte gradiente hidráulico que puede llegar a provocar el propio drenaje inducido por la estructura.

Con el objeto de conocer la distribución del potencial hidráulico en el entorno de ésta, se propone la instalación una serie de secciones de control piezométrico (SCP) a lo largo de los distintos tramos perforados.

Su situación se habrá de fijar en función de la distribución de los acuíferos definidos, y de las zonas con una problemática hidrogeológica especial.

Secciones de Control de Aforo (SCA)

Su objetivo es el de permitir cuantificar el caudal aportado a los túneles de forma particular en tramos concretos, coincidentes con acuíferos determinados o con zonas identificadas como de flujo preferente. Ello se hace mediante un balance de caudal entre dos secciones (aforo diferencial), ubicadas antes y después del tramo en cuestión.

Las secciones de aforo se situarán cerca de los límites de los sistemas acuíferos, pero siempre en las formaciones geológicas de menor permeabilidad que los flanquean, con el objeto de que la impermeabilización del trasdós del túnel en las secciones sea lo más efectiva posible.

10.2.2. Medidas de seguimiento en el medio acuífero

Se recomiendan las siguientes actuaciones para realizar un seguimiento del progreso (o no) de la posible afección:

- ✓ Instrumentación de fuentes y manantiales.
- ✓ Instrumentación de sondeos, piezómetros, pozos.
- ✓ Seguimiento climático.

Instrumentación de fuentes, manantiales y cauces fluviales menores

Con objeto de hacer un seguimiento de los caudales drenados o circulantes, se propone la instalación de secciones prefabricadas, de distintos tipos, que permitan la canalización de un corto tramo de agua. Ello permite una geometría controlada de la sección húmeda que posibilita el cálculo del caudal en cata instante.

Esta actuación puede complementarse con la instalación de una instrumentación adecuada que registre periódicamente otros parámetros (como la altura de la lámina de agua) igualmente necesarios para el cálculo del caudal (una vez fijada la sección). Otra opción es su medida manual.

Instrumentación de sondeos, piezométricos y pozos

En caso de sondeos y piezómetros ejecutados dentro de algún estudio técnico exprofeso para el tramo, y una vez se haya determinado su representatividad, puede llevarse en ellos un registro periódico de la profundidad de los niveles freáticos. Una opción es la medida manual y periódica mediante un hidronivel al uso, con el gasto de periódico de desplazamiento de personal que requiere.

No obstante, cabe la posibilidad de introducir un sensor de registro continuo en su interior. Éste se suspende de un cable a una profundidad adecuada, de forma que queda siempre sumergido independientemente de las variaciones del nivel del agua.

Si se opta por esta posibilidad, es preciso recordar que, de igual forma que se mide la profundidad del nivel (o la altura de columna de agua sobre el sensor), es necesario obtener también datos de presión atmosférica, puesto que el posterior procesado de los registros requerirá de una corrección con respecto a este parámetro.

Seguimiento climático

La caracterización de las variaciones de nivel y caudal no puede considerarse completa si no se compara con las variaciones de precipitación, puesto que la recarga natural de los acuíferos identificados se efectúa por infiltración de agua de lluvia. La disponibilidad de estos datos permitirá discriminar qué variaciones corresponden a un comportamiento natural del acuífero (recargas y estiajes) y qué variaciones pueden deberse al drenaje ocasionado por un determinado túnel. Por su parte, los datos de temperatura contribuirían (llegado el caso) a la realización de un posible balance hidrometeorológico.

La frecuencia de los registros de precipitación y temperatura habrá de ser coherente con la frecuencia de medida de niveles y caudales en el seguimiento hidrogeológico; es decir, si la periodicidad de las medidas es semanal o quincenal (inferior a mensual, en definitiva), los datos climáticos que se obtengan habrán de ser diarios.

11. Seguridad en túneles

Se analizan en este apartado las medidas de seguridad a incluir en los túneles en cumplimiento de los criterios exigidos en las ETI's y las normas de Adif/Adif Alta Velocidad.

11.1. Normativa de aplicación

La normativa y documentos aplicados como referencia para las instalaciones de protección civil y seguridad de los túneles son las siguientes:

1) Reglamento (UE) N.º 1303/2014 de la comisión de 18 de noviembre de 2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la "seguridad en los túneles ferroviarios" del sistema ferroviario de la Unión Europea.

2) Corrección de errores del Reglamento (UE) N.º 1303/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la "seguridad en los túneles ferroviarios" del sistema ferroviario de la Unión Europea.

3) Reglamento (UE) 2016/912 de la Comisión, de 9 de junio de 2016, por el que se corrige el Reglamento (UE) nº 1303/2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la "seguridad en los túneles ferroviarios" del sistema ferroviario de la Unión Europea.

4) Reglamento (UE) N.º 2019/776 de la Comisión, de 16 de mayo de 2019, que modifica los Reglamentos (UE) N.º 321/2013, (UE) Nº1299/2014, (UE) N.º 1301/2014, (UE) N.º 1302/2014 y (UE) N.º 1303/2014 y (UE) 2016/919 de la Comisión y la Decisión de Ejecución 2011/665/UE de la Comisión en lo que se refiere a la armonización con la Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo y la implementación de los objetivos específicos establecidos en la Decisión Delegada (UE) 2017/1474 de la Comisión.

5) Norma Adif Plataforma. NAP 2-3-1.0_ED2M1 Túneles (2ªED: Enero 2023 + M1: Junio 2023).

6) Norma Adif Protección y Seguridad NAPS 001 Montaje de Elementos de Protección en Túneles (1ª Edición: Julio 2020).

7) Especificación técnica ADIF ET 03.399.003.7 "Especificación técnica de sistemas de control de accesos (1ª Edición: Enero 2017)".

8) Especificación técnica ADIF ET 03.399.006.0_1M1 "Señalización de elementos de autoprotección en túneles. (1ª Edición: Junio 2019 + M1: Julio 2020)".

9) Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero, por la que se aprueban la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE) y se modifican la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción ferroviaria de gálibos y la Orden FOM/2015/2016, de 30 de diciembre, por la que se aprueba el Catálogo Oficial de Señales de Circulación Ferroviaria en la Red Ferroviaria de Interés General.

11.2. Cumplimiento de criterios técnicos exigidos en las ETI's, las normas de Adif y la orden TMA/135/2023

El enfoque de la normativa en vigor, incluyendo la ETI «Seguridad en los túneles ferroviarios» se refiere ante todo a la protección de las vidas humanas. Establece una serie de medidas que permiten evacuar a los pasajeros en condiciones de seguridad adecuadas en caso de incidente, así como el acceso a los servicios de emergencia.

La resistencia de la infraestructura está, por lo tanto, dimensionada para asegurar la evacuación de los pasajeros y del personal como también asegurar el acceso a los servicios de emergencia.

A continuación, se indica cada una de las características necesarias a tener en cuenta por cada uno de los aspectos relacionados anteriormente. Se señala el artículo de la mencionada ETI de Seguridad en Túneles que hace referencia a cada

aspecto y, en algunos casos, las instrucciones adicionales consideradas en la Orden TMA/135/2023.

11.2.1. Artículo 4.2.1.1.- Prevención del acceso no autorizado a las salidas de emergencia y a las salas técnicas

Esta especificación se aplicará a todos los túneles.

a) Se debe impedir el acceso no autorizado a las salas técnicas.

b) Cuando se bloqueen las salidas de emergencia por motivos de seguridad, debe garantizarse que siempre se puedan abrir desde dentro.

Adicionalmente, se indica en la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) lo siguiente:

En las puertas de acceso a las salas técnicas y salidas de emergencia, se instalarán cerraduras de seguridad adecuadas, con llave unificada no duplicable de forma estándar, para evitar el acceso no autorizado desde el exterior. Desde el interior las puertas deberán poder abrirse siempre, sin necesidad de llave, para permitir la evacuación.

Las puertas de acceso a las salas técnicas que se encuentren en las rutas de evacuación serán rotuladas «SIN SALIDA».

Además, en todos los accesos desde el exterior a las bocas y salidas de emergencia de los túneles de más de 1000 m de longitud situados en entornos urbanos o periurbanos, se instalarán un sistema de detección de presencia y videocámaras de vigilancia con sistema de grabación, conectados con el Centro de Control del administrador de la infraestructura.

Las señales transmitidas por los sistemas de vídeo e intrusión deberán ser totalmente compatibles y de fácil integración en la interfaz de representación y gestión del resto de instalaciones, situada en el Centro de Control del administrador de la infraestructura.

11.2.2. Artículo 4.2.1.2.- Resistencia al fuego de las estructuras de túnel

Esta especificación se aplicará a todos los túneles.

a) En caso de incendio, la integridad del revestimiento del túnel se mantendrá por un período de tiempo lo suficientemente largo como para permitir el autorrescate, la evacuación de los pasajeros y del personal del tren, así como la intervención de los servicios de intervención en emergencias. Dicho período de tiempo se ajustará a lo dispuesto en los escenarios de evacuación recogidos y descritos en el plan de emergencia.

11.2.3. Artículo 4.2.1.3.- Reacción al fuego de los materiales de construcción

Esta especificación se aplicará a todos los túneles.

a) Esta especificación se aplica a los productos y materiales de construcción del interior de los túneles. Estos productos deberán cumplir los requisitos del Reglamento (UE) 2016/364 de la Comisión

   1) El material de construcción del túnel cumplirá los requisitos de la clase A2.

   2) Los paneles no estructurales y demás equipamiento cumplirán los requisitos de la clase B.

   3) Los cables expuestos tendrán como características: baja inflamabilidad, baja capacidad de propagación del fuego, baja toxicidad y baja densidad de humos. Estos requisitos se cumplen si los cables satisfacen como mínimo los requisitos de la clase B2ca, s1a, a1.

   Si la clase de los cables es inferior a B2ca, s1a, a1, esta podrá ser seleccionada por el administrador de la infraestructura tras una evaluación del riesgo, teniendo en cuenta las características del túnel y el tipo de operación prevista. Para evitar dudas, pueden utilizarse diferentes clases de cables para distintas instalaciones dentro del mismo túnel, siempre que se cumplan los requisitos del presente punto.

b) Se enumerarán los materiales que no contribuyan significativamente a la carga de fuego. Dichos materiales no están obligados a cumplir con lo indicado anteriormente.

11.2.4. Artículo 4.2.1.4.- Detección de incendios en las salas técnicas

Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

a) Los incendios en las salas técnicas deberán detectarse con objeto de alertar al administrador de la infraestructura.

11.2.5. Artículo 4.2.1.5.1.- Zona segura

Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

a) Una zona segura permitirá la evacuación de los trenes que utilicen el túnel. Tendrá una capacidad acorde con la capacidad máxima de los trenes que se prevea que circulen en la línea donde se localiza el túnel.

b) La zona segura garantizará condiciones de supervivencia para pasajeros y personal del tren durante el tiempo necesario para realizar una evacuación completa desde la zona segura hasta el lugar seguro final.

c) En caso de zonas seguras subterráneas o submarinas, las instalaciones permitirán que las personas se desplacen desde la zona segura hasta la superficie sin tener que volver a entrar en el tubo afectado del túnel.

d) El diseño de una zona segura y su equipamiento deberá tener en cuenta el control de humos para, en particular, proteger a las personas que utilicen las instalaciones de auto-evacuación.

11.2.6. Artículo 4.2.1.5.2.- Acceso a la zona segura

Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

a) Las zonas seguras serán accesibles para las personas que inicien la auto-evacuación desde el tren así como para los servicios de intervención en emergencias.

b) Se elegirá una de las siguientes soluciones para el acceso desde el tren hasta la zona segura:

   1) salidas de emergencia a la superficie laterales y/o verticales. Deberá haber este tipo de salidas, como mínimo, cada 1.000 m;

   2) galerías de conexión transversales entre tubos independientes y contiguos del túnel que permitan utilizar el tubo contiguo del túnel como zona segura. Deberán disponerse estas galerías transversales, como mínimo, cada 500 m;

c) Las puertas de acceso desde el pasillo de evacuación a la zona segura tendrán una abertura libre de al menos 1,4 m de ancho por 2 m de alto. De manera alternativa, se permite utilizar múltiples puertas contiguas de menor anchura siempre que se verifique que la capacidad total de paso de personas es equivalente o superior.

d) Una vez atravesadas las puertas, la abertura libre deberá seguir siendo de al menos 1,5 m de ancho por 2,25 m de alto.

e) Se describirá en el plan de emergencia el modo en que los servicios de intervención en emergencias accederán a la zona segura.

11.2.7. Artículo 4.2.1.5.3.- Medios de comunicación en zonas seguras

Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

La comunicación será posible, bien por teléfono móvil, bien mediante conexión fija, entre las zonas seguras subterráneas y el centro de control del administrador de la infraestructura.

11.2.8. Artículo 4.2.1.5.4.- Alumbrado de emergencia

Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 0,5 km de longitud.

a) Se instalará alumbrado de emergencia para guiar a los pasajeros y al personal del tren hacia una zona segura en caso de emergencia.

b) La iluminación deberá cumplir los siguientes requisitos:

   1) en tubo de vía única: en el lado del pasillo de evacuación;

2) en tubo de vías múltiples: en ambos lados del tubo;

3) posición de las luces:

- por encima del pasillo de evacuación, y de forma que no interrumpan el espacio libre para el paso de personas, o bien
- integradas en los pasamos;

4) la iluminancia deberá mantenerse en el tiempo en al menos 1 lux en cualquier punto del plano horizontal a nivel del pasillo.

c) Autonomía y fiabilidad: deberá disponerse de un suministro eléctrico alternativo durante un período de tiempo apropiado tras la interrupción del suministro principal. El tiempo requerido será acorde con los escenarios de evacuación y estará especificado en el plan de emergencia

d) Si las luces de emergencia se desconectan en condiciones normales de funcionamiento, será posible encenderlas por los dos medios siguientes:

1) manualmente desde el interior del túnel a intervalos de 250 m;

2) por el explotador del túnel mediante control remoto.

11.2.9. Artículo 4.2.1.5.5.- Señalización de evacuación

Esta especificación se aplica a todos los túneles.

a) La señalización de la evacuación indicará las salidas de emergencia, la distancia a la zona segura y la dirección hacia esta.

b) Todas las señales se ajustarán a las disposiciones de la Directiva 92/58/CEE, de 24 de junio de 1992, relativa a las disposiciones en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo y a lo especificado en el apéndice A, índice no 1.

c) Las señales de evacuación se instalarán en los hastiales a lo largo de los pasillos de evacuación.

d) La distancia máxima entre las señales de evacuación será 50 m.

e) Se instalarán señales en el túnel para indicar la posición del equipamiento de emergencia, en los lugares donde esté situado dicho equipamiento.

f) Todas las puertas que conduzcan a salidas de emergencia o galerías de conexión transversal estarán señalizadas.

Adicionalmente, se indica en la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) lo siguiente:

Las señales de evacuación se colocarán al tresbolillo, sobre ambos hastiales.

En los túneles monotubo, el pasillo enfrentado a una salida de emergencia deberá disponer de una señal que indique la posición de la salida.

Las puertas de las galerías de conexión y de las salidas de emergencia deberán estar identificadas, interior y exteriormente, con:

- ✓ Número de la salida (tamaño del número de un 90% de la altura de la puerta).
- ✓ Punto kilométrico.
- ✓ Nombre del correspondiente lugar en superficie al que acceden.
- ✓ Número de vía (en túneles bitubo).

Todos estos datos figurarán en el Plan de Autoprotección del túnel.

11.2.10. Artículo 4.2.1.6.- Pasillos de evacuación

Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 0,5 km de longitud.

a) Se construirán pasillos de evacuación en los túneles de vía única, como mínimo, a un lado de la vía, y en los túneles de vías múltiples, a ambos lados del túnel. En los túneles con más de dos vías, será posible el acceso a un pasillo de evacuación desde cada vía.

1) La anchura del pasillo de evacuación será de al menos 0,8 m.

2) La altura libre mínima por encima del pasillo de evacuación será de 2,25 m.

3) La altura del pasillo estará al nivel de la parte inferior del carril o incluso más alto.

4) Se evitarán estrechamientos locales provocados por obstáculos dentro del gálibo de evacuación. La presencia de obstáculos no reducirá la anchura mínima a menos de 0,7 m y la longitud del obstáculo no superará los 2 m.

b) Se instalarán pasamanos continuos entre 0,8 m y 1,1 m por encima del pasillo que marquen el rumbo hacia una zona segura.

1) Los pasamanos se colocarán fuera del gálibo libre mínimo del pasillo de evacuación.

2) Los pasamanos formarán un ángulo entre 30° y 40° respecto al eje longitudinal del túnel a la entrada y a la salida del obstáculo.

Adicionalmente, se indica en la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) lo siguiente:

El nivel del pasillo estará situado a 0,55 m por encima de la cota del carril más próximo al pasillo de evacuación, salvo casos excepcionales debidamente justificados.

Cuando exista obstáculos en la zona de evacuación, en ningún caso reducirán la anchura mínima del pasillo de evacuación a menos de 0,80 metros, y la longitud del obstáculo no será superior a 2 m.

11.2.11. Artículo 4.2.1.7.- Puntos de evacuación y rescate

Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

a) A los efectos de la presente cláusula, dos o más túneles consecutivos serán considerados como un túnel único, a menos que se cumplan las dos condiciones siguientes:

1) la separación a cielo abierto entre ellos supere en más de 100 m la longitud máxima del tren de pasajeros que vaya a circular en la línea, y

2) el área a cielo abierto alrededor de la vía y su situación respecto de esta, en el tramo de separación entre los dos túneles, permiten a los pasajeros alejarse del tren. El área a cielo abierto deberá tener un tamaño suficiente para acoger a todos los pasajeros correspondientes al tren de mayor capacidad que se prevea que va a circular por la línea.

Considerando este criterio y que los andenes de Abando y Santander permiten operar trenes LD de 400 m, se evalúan los túneles consecutivos donde la distancia entre ellos sea igual o menor a 500 m(400 largo tren + 100 m) para las alternativas A1 y C1.

En el “Apéndice - Inventario de accesos a los puntos de evacuación y rescate” se puede encontrar los caminos de acceso a los PER.

ALTERNATIVA A1

- ✓ TU/12.8-15.0 2140 m
- ✓ TU/18.9-22.3+TU/22.8-24.1 (UNIFICADO) 4720 m (3340+1380)
- ✓ TU/26.8-27.3+TU/27.5-29.0 (UNIFICADO) 1960 m (500+1460)
- ✓ TU/30.9-31.7+TU/32.3-33.2 (NO UNIFICADO) 1640 m (800+840): Entre el vial paralelo a la A-8 y la plataforma ferroviaria existe espacio suficiente para habilitar una plataforma capaz de acoger a los pasajeros. Esta plataforma hace que se cumpla la segunda condición del apartado 4.2.1.7. puntos de evacuación y rescate de la ETI, por lo que finalmente no formarían grupo.
- ✓ TU/34.5-34.7+TU/34.9-35.8 (UNIFICADO) 1040 m (140+900)
- ✓ TU/39.0-43.9+TU/44.0-44.3+TU/44.4-48.5 (UNIFICADO) 9220 m (4900+220+4100)
- ✓ TU/60.4-62.9+TU/63.3-63.4+TU/63.8-68.1+TU/68.4-73.1 (UNIFICADO) 11547,2 m (2500+100+4313+4634,2)

ALTERNATIVA C1

- ✓ TU/12.8-15.0 2140 m
- ✓ TU/16.0-16.1+TU/16.5-17.9 (UNIFICADO) 1520 m (80+1440)
- ✓ TU/21.9-22.6+TU/22.8-25.5 (UNIFICADO) 3340 m (720+2620)
- ✓ TU/42.6-43.2+TU/43.7-51.4 (UNIFICADO) 8260 m (540+7720)
- ✓ TU/63.3-65.8+TU/66.2-66.3+TU/66.7-71.0+TU/71.4-76.0 (UNIFICADO) 11534 m (2500+100+4316+4618)

Se crearán puntos de evacuación y rescate:

1) fuera de ambas bocas de todos los túneles de más de 1 km, y
2) dentro del túnel, según la categoría del material rodante previsto para circular, tal y como se resume en el siguiente cuadro

Tabla 35. Distancia máxima puntos de evacuación

Categoría del material rodante con arreglo al punto 4.2.3	Distancia máxima desde las bocas hasta un punto de evacuación y rescate y entre dos puntos de evacuación y rescate
Categoría A	5 km
Categoría B	20 km

b) Requisitos para todos los puntos de evacuación y rescate:

1) los puntos de evacuación y rescate estarán equipados con suministro de agua (de al menos 800 l/min durante dos horas) cerca de los puntos previstos para la detención del tren. El método de suministro del agua se describirá en el plan de emergencia;

2) se deberá indicar al maquinista del tren el punto previsto para la detención del tren. Esto no requerirá equipamiento específico a bordo (todos los trenes que cumplan la presente ETI podrán usar el túnel);

3) los puntos de evacuación y rescate serán accesibles a los servicios de intervención en emergencias. En el plan de emergencia se describirá la forma en que los servicios de intervención accederán al punto(s) de evacuación y rescate y desplegarán el equipo;

4) se podrá desconectar la corriente y poner a tierra la línea de contacto, ya sea in situ o por control remoto

c) Requisitos de los puntos de evacuación y rescate situados fuera de las bocas del túnel

Además de los requisitos descritos en la cláusula 4.2.1.7, letra c), los punto(s) de evacuación y rescate fuera de las bocas del túnel cumplirán las siguientes condiciones:

1) La zona a cielo abierto en torno al punto de evacuación y rescate dispondrá de una superficie de al menos 500 m².

d) Requisitos de puntos de evacuación y rescate dentro del túnel

Además de los requisitos descritos en la cláusula 4.2.1.7, letra c), los punto(s) de evacuación y rescate dentro del túnel cumplirán las siguientes condiciones:

1) se podrá acceder a una zona segura desde el punto de detención del tren. En las dimensiones de la ruta de evacuación hacia la zona segura se deberá considerar el tiempo de evacuación (según lo especificado en la cláusula 4.2.3.4.1) y la capacidad prevista de los trenes (mencionada en la cláusula 4.2.1.5.1) que vayan a circular por el túnel. Se deberá demostrar que el tamaño de la ruta de evacuación resulta adecuado;

2) la zona segura asociada con el punto(s) de evacuación y rescate tendrá una superficie para que los pasajeros esperen de pie hasta ser evacuados a una zona segura final;

3) existirá un acceso al tren afectado para los servicios de intervención en emergencias sin que tengan que atravesar la zona segura ocupada;

4) el diseño del punto de evacuación y rescate y de su equipamiento deberá tener en cuenta el control de humos para, en particular, proteger a las personas que utilicen las instalaciones de auto-evacuación para acceder a la zona segura.

A continuación, se incluyen tablas resumen por alternativas de los puntos de evacuación y rescate considerados:

Tabla 36 Resumen puntos de evacuación y rescate Alternativa A1

Puntos de Evacuación y Rescate Alternativa A1					
Nº	Túnel	Ubicación	Nº	Túnel	Ubicación
1	TU/12.8-15.0	Boca entrada	13	TU/39.0-43.9	Boca entrada
2	TU/12.8-15.0	Boca salida	14	TU/39.0-43.9	Boca salida
3	TU/18.9-22.3	Boca entrada	15	TU/44.4-48.5	Boca entrada
4	TU/18.9-22.3	Boca salida	16	TU/44.4-48.5	Boca salida
5	TU/22.8-24.1	Boca salida	17	TU/49.1-57.3	Boca entrada
6	TU/26.8-27.3	Boca entrada	18	TU/49.1-57.3	Boca salida
7	TU/27.5-29.0	Boca entrada	19	TU/58.0-59.6	Boca entrada
8	TU/27.5-29.0	Boca salida	20	TU/58.0-59.6	Boca salida
9	TU/32.3-33.2	Boca entrada	21	TU/60.4-62.9	Boca entrada
10	TU/34.5-34.7	Boca entrada	22	TU/60.4-62.9	Boca salida
11	TU/34.9-35.8	Boca entrada	23	TU/63.8-68.1	Boca entrada
12	TU/34.9-35.8	Boca salida	24	TU/68.4-73.1	Boca entrada

Tabla 37 Resumen puntos de evacuación y rescate Alternativa C1

Puntos de Evacuación y Rescate Alternativa C1					
Nº	Túnel	Ubicación	Nº	Túnel	Ubicación
1	TU/12.8-15.0	Boca entrada	13	TU/42.6-43.2	Boca entrada
2	TU/12.8-15.0	Boca salida	14	TU/43.7-51.4	Boca entrada
3	TU/16.0-16.1	Boca entrada	15	TU/43.7-51.4	Boca salida
4	TU/16.5-17.9	Boca entrada	16	TU/52.0-60.3	Boca entrada
5	TU/16.5-17.9	Boca salida	17	TU/52.0-60.3	Boca salida
6	TU/21.9-22.6	Boca entrada	18	TU/61.0-62.6	Boca entrada
7	TU/22.8-25.5	Boca entrada	19	TU/61.0-62.6	Boca salida
8	TU/22.8-25.5	Boca salida	20	TU/63.3-65.8	Boca entrada
9	TU/27.5-31.4	Boca entrada	21	TU/63.3-65.8	Boca salida
10	TU/27.5-31.4	Boca salida	22	TU/66.7-71.0	Boca entrada
11	TU/35.1-39.8	Boca entrada	23	TU/71.4-76.0	Boca entrada
12	TU/35.1-39.8	Boca salida			

Tabla 38 Resumen puntos de evacuación y rescate Alternativa A1 y C1 Rasante Alta

Puntos de Evacuación y Rescate Alternativa A1 rasante Alta			Puntos de Evacuación y Rescate Alternativa C1 Rasante Alta		
Nº	Túnel	Ubicación	Nº	Túnel	Ubicación
1	TU/44.4-48.5	Boca salida	1	TU/43.7-51.4	Boca salida
2	TU/49.1-57.2	Boca entrada	2	TU/52.0-60.2	Boca entrada
3	TU/49.1-57.2	Boca salida	3	TU/52.0-60.2	Boca salida
4	TU/60.4-62.9	Boca entrada	4	TU/63.4-65.8	Boca entrada
5	TU/60.4-62.9	Boca salida	5	TU/63.4-65.8	Boca salida
6	TU/63.7-68.1	Boca entrada			

11.2.12. Artículo 4.2.1.8.- Comunicaciones de emergencia

Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

a) Deberá haber comunicación por radio entre el tren y el centro de control del administrador de la infraestructura en cada túnel, mediante GSM-R.

b) Asimismo, tendrá que haber continuidad por radio para que los servicios de intervención en emergencias se comuniquen in situ con sus centros de mando. El sistema permitirá que los servicios de intervención en emergencias puedan usar su propio equipo de comunicación.

11.2.13. Artículo 4.1.4.9.12.- Acceso para los servicios de intervención en emergencias

Este parámetro no está incluido en la ETI de seguridad en túneles.

Este apartado es de aplicación a todos los túneles de más de 1.000 m de longitud.

Los servicios de intervención en emergencias deberán poder entrar en el túnel en caso de incidente a través de las bocas y/o salidas de emergencia adecuadas. Estas rutas de acceso subterráneas tendrán, al menos, 1,5 m de ancho y 2,25 m de alto. El administrador de la infraestructura describirá en el Plan de Autoprotección las instalaciones dedicadas a rutas de acceso.

En el caso de que haya salidas de emergencia por las que puedan acceder vehículos ligeros, deberán permitir el paso simultáneo de vehículos y personas (al menos, 3,5 m de anchura y 3 m de altura), además de disponer de zonas de estacionamiento y maniobra en su interior y conexión con la red de carreteras existente.

Si se requiere o se dispone de un acceso por carretera para los servicios de intervención en emergencias, éste debe estar lo más cerca posible de la zona de rescate prevista, y será descrito en el Plan de Autoprotección. En este caso, las características de los caminos de acceso cumplirán los siguientes requisitos:

- ✓ Anchura mínima: 3,5 m, con zonas de cruce intermedias.
- ✓ Altura mínima libre o gálibo: 4,5 m.
- ✓ Capacidad portante del vial: 20 kN/m2.
- ✓ Superficie pavimentada para prevenir la salida de vegetación, arrastres del agua, etc.
- ✓ Señalización en los accesos y en las bifurcaciones.

En el Plan de Autoprotección se describirán otros medios de acceso alternativos.

11.3. Principales medidas a considerar

De acuerdo con las prescripciones que se indican en los puntos anteriores, las principales consideraciones a incorporar a los túneles son las siguientes:

- Por motivos de seguridad y evacuación se ha considerado que los túneles de más de 5.000 m se constituyan con un esquema funcional bitubo: dividir el túnel de vía doble en dos túneles en vía única paralelos, conectados mediante galerías intermedias de evacuación.
    - Esto tiene una excepción, que es el túnel final, de conexión con la VSF de Bilbao (Alt. A1 TU/68.4-73.1 y Alt. C1 TU/71.4-76.0), en el que se mantiene el esquema funcional monotubo, continuación del túnel previsto en la VSF de Bilbao.
    - Los túneles Alt. A1 TU/58.0-59.6 y Alt. C1 TU/61.0-62.6 tienen una longitud de apenas 1,5 km. No obstante, se constituyen como túneles bitubo por estar cercanos a la estación de Castro y al túnel anterior bitubo (Alt. A1 TU/49.1-57.3 y Alt. C1 TU/52.0-60.3).
- La estrategia de evacuación en estos túneles bitubo se materializa mediante conexiones transversales entre tubos. La separación máxima entre estas conexiones es cada 500 m de acuerdo con las prescripciones de la ETI 1303/2014.
    - El número y la ubicación de estas conexiones deberán ser validados para cada túnel en fase de redacción del proyecto de construcción mediante un estudio CFD de incendios y evacuación que evalúen la simulación del incendio y su evolución en función del tiempo trascurrido desde su generación, y que garanticen la supervivencia para pasajeros y personal del tren durante el tiempo necesario para realizar una evacuación completa.
    - Por ello, se ha estimado que estas conexiones pueden disponerse cada 200 – 500 m (estimación de acuerdo con los estándares habituales de túneles similares).

- En los túneles monotubo la ETI 1303/2014 de Seguridad en Túneles Ferroviarios establece que los túneles de más de 1 km cuenten con salidas de emergencia cada 1.000 m. La estrategia de evacuación que se plantea para estos túneles es la siguiente:
    - Dado que los túneles se emplazan en sectores de orografía compleja, donde no resulta sencillo encajar salidas directas al exterior, con sus caminos de acceso, plataformas de evacuación, etc., se propone una estrategia de evacuación para los túneles monotubo de más de 1 km de longitud mediante una galería de evacuación paralela al túnel principal, con conexiones cada 200 – 500 m.
    - El número y la ubicación de las conexiones de emergencia deberán ser validados para cada túnel en fase de redacción del proyecto de construcción mediante un estudio CFD de incendios y evacuación que evalúen la simulación del incendio y su evolución en función del tiempo trascurrido desde su generación, y que garanticen la supervivencia para pasajeros y personal del tren durante el tiempo necesario para realizar una evacuación completa.
    - Se ha estimado que estas conexiones pueden disponerse cada 200 – 500 m (estimación de acuerdo con los estándares habituales de túneles similares).

Las salidas de emergencia al exterior y las bocas de los túneles de más de 1 km contarán con unas plataformas habilitadas como puntos de evacuación y rescate con las siguientes características:

- Contarán con un espacio mínimo de 500 m^2, conectado con las rutas de evacuación (bocas y salidas de emergencia).
- Estas zonas estarán habilitadas para que los servicios de intervención en emergencias puedan maniobras con sus vehículos. Se adecuarán los caminos previstos en la fase de obra para su uso definitivo: anchura libre de 3,5 m (recomendable 7 m para permitir el cruce de vehículos si la orografía y otras condiciones lo permite), altura libre de 4,5 m y capacidad portante 20 kN/m^2.
- Estas superficies deben estar libres de cualquier tipo de instalación posterior a la ejecución del túnel, por lo que habrá que hacer una previsión de espacio para dichas instalaciones en el momento de la ejecución del proyecto del túnel. Se recomienda un mínimo de 300 m^2 adicionales para instalaciones de telecomunicaciones, seguridad, CMS, etc.

En los túneles de mayor longitud, que además se constituyen con un esquema funcional bitubo, (Alt. A1 TU/49.1-57.3 y Alt C1, túneles TU/43.7-51.4 y TU/52.0-60.3), se deberá analizar en etapa de redacción de los proyectos de construcción, en función de la categoría del material rodante de la línea, la necesidad de disponer un punto central interior habilitado como punto intermedio de evacuación y rescate (ETI 1303/2014 de Seguridad en Túneles Ferroviarios, Art. 4.2.1.7.- Puntos de evacuación y rescate).

El Estudio Informativo Bilbao – Santander concluye en la estación de Bilbao - Abando, para lo que aprovecharía la infraestructura previamente desarrollada por los antecedentes anteriores en el ámbito de la Variante Sur Ferroviaria de Bilbao:

- En ambas fases de la VSF se está considerando una estrategia de evacuación de los túneles con salidas de emergencia directas al exterior, mediante galerías cada 1.000 m. Esta solución es adecuada para tráficos de mercancías, en los que sólo se tiene que evacuar al personal del tren (maquinista y personal de apoyo), pero para adaptar los túneles de la VSF al tráfico de viajeros del Santander – Bilbao puede ser necesario densificar la red de salidas de emergencia.
- La estrategia de evacuación propuesta en este Estudio Informativo para adecuar este sector a los tráficos de trenes de viajeros Santander - Bilbao considera construir una galería de evacuación paralela al túnel de la VSF, que conecte las salidas de emergencia inicialmente previstas, y que densifique las conexiones con el túnel principal, con conexiones cada 200 – 500 m (estimación de acuerdo con los estándares habituales de túneles similares),

que permitan de este modo que todos los pasajeros del tren sean capaces de llegar a una zona segura.

- La separación óptima entre salidas de emergencia se determinará en la etapa de redacción de los proyectos de construcción, de acuerdo con los estudios CFD de cada túnel y la normativa de aplicación vigente.

12. Auscultación

La construcción de una obra subterránea y, especialmente, de un túnel en mina siguiendo los principios del Nuevo Método Austriaco o NATM (New Austrian Tunneling Method), requiere implementar un sistema de toma de datos geológicos y geotécnicos en obra que permita precisar estos datos y contrastarlos con los estimados durante la redacción del proyecto (retroanálisis). Se impone, asimismo, a medida que los nuevos datos están disponibles, revisar el comportamiento tensodeformacional del túnel, modificando eventualmente los sostenimientos aplicados de acuerdo con el seguimiento a pie de obra y la observación práctica del comportamiento real del túnel a medida que se excava y se implementan los sostenimientos previstos en proyecto. Esta filosofía de ingeniería de túneles se conoce habitualmente como “Diseño Activo”.

Los sistemas de toma de datos del terreno y medida del comportamiento estructural del túnel es lo que se conoce con el nombre genérico de “Auscultación”. Bajo el término de auscultación se engloba a todo el conjunto de labores necesarias para el control del comportamiento de una excavación subterránea, centrándose en la observación sistemática del comportamiento tensodeformacional de las secciones de sostenimiento y en la vigilancia de transiciones o accidentes geológicos particulares de la traza.

Los datos de instrumentación deben estar correlacionados con las observaciones geológicas de la excavación, siendo imprescindible la presencia de personal especializado, responsable del seguimiento, evaluación e interpretación inmediata, en la propia obra, de todos los datos de auscultación. De esta forma es posible la interpretación correcta de la auscultación y se agilizan la toma de decisiones y las eventuales acciones correctivas que fueran necesarias.

12.1. Parámetros de control

La función básica de la auscultación es medir los movimientos en el terreno y las tensiones que se producen en el sostenimiento y el revestimiento, centrándose en el control a lo largo del túnel de los siguientes parámetros:

1) Desplazamientos en el contorno del túnel: medición de la deformación relativa entre puntos interiores a la sección excavada (convergencias). Se controlará tanto el valor de la deformación como la velocidad de deformación, instalándose a lo largo del túnel una serie de estaciones de convergencia. En aquellas zonas especialmente conflictivas se intensificará la medida mediante métodos topográficos.

2) Movimientos en el interior del macizo rocoso: control de la deformación en el trasdós de la excavación como respuesta a la relajación tensional del terreno o descompresión. Se instalarán extensómetros incrementales.

3) Determinación de las tensiones en el hormigón: medición de las presiones radiales y tangenciales ejercidas por el terreno sobre el sostenimiento. Se emplearán células de presión embebidas en el hormigón.

4) Determinación de las tensiones naturales y la relajación del terreno: las tensiones naturales, cuantificadas a través del ratio tensional k0 = (σH / σV), pueden medirse en obra, de manera precisa, a partir de convergencias, gatos planos, etc. Otra variable a determinar es la relajación del terreno por efecto de la excavación. Cuanto más se relaja el terreno antes de colocar el sostenimiento, menos se carga éste.

5) Estabilidad de los emboquilles: medición, mediante inclinómetro, de posibles inestabilidades en las pantallas y en los taludes frontales de emboquille.

Además de los citados trabajos de control, es imprescindible el control geométrico de la excavación, que será realizado mediante técnicas topográficas, que permitirán detectar desviaciones entre el perfil teórico de excavación y la excavación real que excedan las tolerancias y líneas de abono contempladas en el proyecto.

En los apartados que se incluyen a continuación, se detallan estos aspectos a nivel de proyecto básico.

12.2. Tipo de instrumentación

12.2.1. Medidas de desplazamiento en el contorno del túnel. Cintas de convergencias

Es el equipo que se emplea para realizar medidas de convergencia. Estas medidas se basan en la determinación de la variación que experimenta la medida de la distancia existente entre dos puntos del túnel y representa, por tanto, el movimiento de forma cualitativa. Dicha determinación es suficiente ya que realmente lo que se busca es conocer si la deformación se estabiliza y el tiempo que tarda en hacerlo. También servirá de elemento de comparación de las distintas calidades geomecánicas de la roca.

La cinta de convergencia consiste en una cinta métrica de acero inoxidable con orificios equiespaciados de alta precisión con dos ganchos en cada uno de sus extremos. La cinta incorpora un dispositivo de tensado y un reloj comparador con una resolución de 0,05 mm. La precisión será como mínimo de ± 0,5 mm.

La instalación del equipo consiste en la colocación de pares de pernos cortos con una anilla en su extremo y anclados mediante resina al terreno, estos pernos se protegerán mediante un tapón roscado.

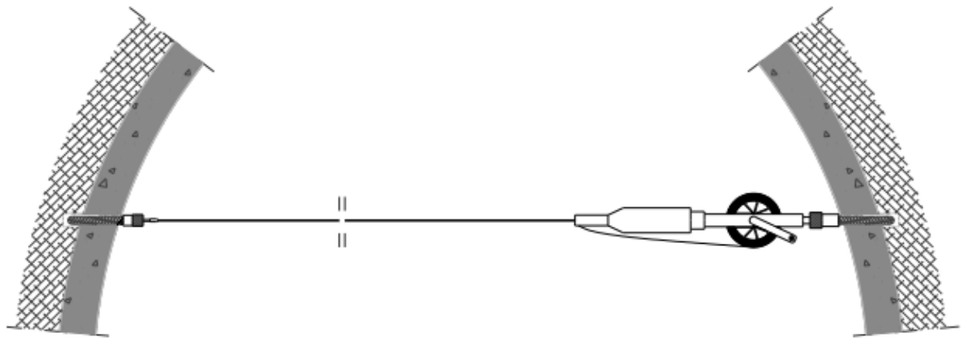


Figura 40. Esquema de colocación de cinta extensométrica entre dos pernos

Fuente: Guía técnica instrumentación y auscultación en el proyecto, construcción y explotación de túneles urbanos. AETOS

Las secciones de auscultación con convergencias se instalarán, en general, cada 20 m de túnel. A criterio del geotécnico experto destacado en obra estas distancias podrán variar, pero en ningún caso, dicha distancia será superior a 40 m, reduciéndose hasta 10 m en aquellas zonas donde se prevean mayores dificultades como las cercanas a fallas o las de contacto. En cada sección se instalarán un total de 5 pernos de medida. Durante la excavación de la sección de avance se instalarán dos pernos diametralmente opuestos respecto al eje del túnel, en los hastiales a 1,5 m por encima de la base de la sección de avance y uno en la clave. Durante la excavación de la destroza se instalarán otros dos pernos en los hastiales diametralmente opuestos 1,5 m por encima de la base de la sección de destroza.

La medida de convergencias a realizar, tanto en el avance como en la destroza es la distancia entre los dos puntos de los hastiales y de cada uno de estos con la clave. La forma de realizar la medida es la siguiente: se sujeta un gancho del equipo a una de las dos anillas de la distancia que se desea medir, se suelta suficiente cinta y se sitúa el segundo gancho en la otra anilla, un pasador se engancha en la perforación adecuada de la cinta y se sujeta con una grapa. Para ajustar la tensión se emplea el dispositivo de tensado. La lectura se toma mediante la anotación de la posición del orificio de la cinta en la punta del instrumento, a la que se añade la del reloj comparador.

Se repite el proceso con cada una de las cuerdas y se anotan los resultados. Estos resultados se representarán en una serie de curvas convergencia-tiempo, convergencia-distancia al frente, velocidad de convergencia-tiempo y velocidad de convergencia-distancia al frente.

Antes de cualquier toma de medidas se realiza la calibración de la cinta. Para ello en la obra se dispondrá de dos vigas opuestas en las que se anclarán dos pernos. Ambas vigas se considerarán que no varía su posición en el tiempo. La calibración se realizará antes de llevar a cabo cada conjunto de medidas.

La sección de medida debe colocarse lo más rápidamente posible tras la excavación, ya que, si no, se perderían gran parte de las deformaciones producidas. Por lo general desde que se excava hasta que se puede medir la deformación se ha perdido un 50% del movimiento total.

Se utilizará una cinta extensométrica, con dispositivo de tensión incorporado, que permita una precisión de 0,1 mm en una luz de 15 m. Los métodos topográficos

ópticos se emplearán para medir la convergencia en aquellas zonas en las que sea necesario un control exhaustivo y temprano, que no sean fácilmente accesibles. Con este método se pueden medir puntos de difícil acceso y trabajar sin interrumpir la producción ni el tráfico del túnel.

12.2.2. Movimientos en el interior del macizo rocoso. Extensómetros incrementales

El objeto básico es conocer las deformaciones en el interior del macizo rocoso debido a la relajación producida en el terreno por la excavación. Mediante el extensómetro se pueden conocer zonas comprimidas o traccionadas, zonas activas y planos de deslizamiento y zonas sin tensiones, además de tensiones una vez conocidas las características de deformabilidad del macizo rocoso.

Se emplearán tubos extensométricos magnéticos incrementales, constituidos por una varilla de invar que une dos sensores de desplazamiento que registran la distancia entre sucesivos anillos magnéticos de referencia colocados en un tubo de PVC cementado en el terreno. Estos anillos generan un campo electromagnético que puede ser captado por los sensores.

Estos extensómetros se instalarán en sondeos de 9 m de longitud, con sensores inductivos de desplazamiento con longitud de medida de 1 m. Se trata de una medida de movimiento relativa.

Los anclajes del extensómetro serán hidráulicos y se unen a la roca por medio de una inyección de bentonita-cemento, ligeramente expansiva. Cada anclaje hace posible la transmisión de movimientos mediante el varillaje.

Los taladros se realizarán en direcciones radiales al eje principal del túnel y en zona de hombros, ubicando el sondeo en el que se va a introducir el tubo extensométrico donde a priori el terreno puede parecer más afectado por la excavación.

Al igual que ocurre con las cintas de convergencias es necesario realizar la medida en el menor plazo de tiempo posible tras la excavación ya que gran parte del movimiento se pierde antes de que pueda ser registrado.

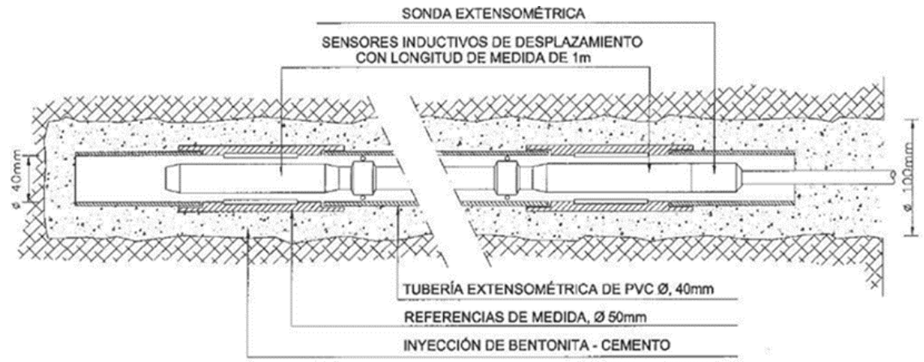


Figura 41. instalación de extensómetro incremental y sonda de medida

Fuente: Guía técnica instrumentación y auscultación en el proyecto, construcción y explotación de túneles urbanos. AETOS

Los extensómetros se instalarán en las secciones de control intensivo que se dispondrán a criterio del geotécnico experto destacado en obra en aquellas zonas de mayor dificultad geotécnica, zonas de falla, contactos entre litologías, etc. En estas secciones de control intensivo se instrumentará la clave del túnel y los hastiales, para lo que se instalarán 3 extensómetros de 9 m de longitud por sección.

12.2.3. Tensiones en sostenimientos y en el terreno. Célula de presión

El equipo consiste en una doble placa metálica de forma rectangular rellena de un líquido a presión. La variación de la presión de este líquido determinará los incrementos de presión que sufre el hormigón proyectado.

Las lecturas que se obtendrán de estas células dan una idea de las presiones totales y efectivas que, realmente, actuarán sobre el trasdós. El rango de las células de presión debe ser acorde con las previsiones de los cálculos realizados para determinar los empujes del terreno sobre el sostenimiento.

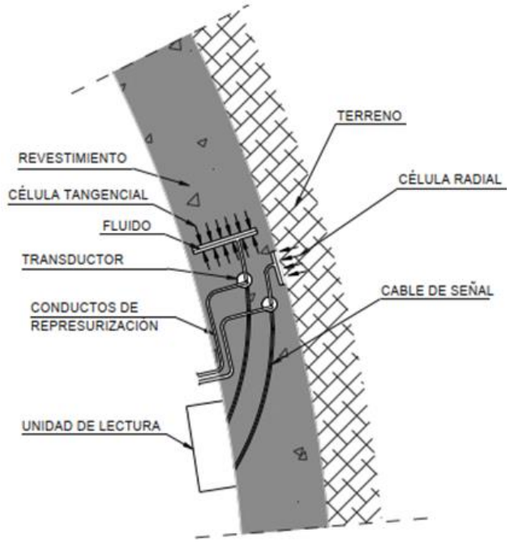


Figura 42. Esquema de instalación de células de presión

Fuente: Guía técnica instrumentación y auscultación en el proyecto, construcción y explotación de túneles urbanos. AETOS

Las células se instalarán entre el terreno y el sostenimiento o entre la primera capa de sellado de hormigón proyectado y la siguiente, según sea su disposición radial o tangencial. Se instalarán secciones con células (control total), con tres células por sección.

Al igual que los extensómetros, se tendrá en cuenta que esta instrumentación deberá quedar útil para su lectura durante la ejecución de los túneles (en avance y destroza), una vez revestidos y durante la fase de explotación de la infraestructura. Las lecturas se realizarán desde armarios anclados al hastial del túnel.

Se deberá tener especial cuidado durante la instalación de esta instrumentación, siendo imprescindible la represurización de las células una vez que se haya producido la maduración del hormigón proyectado. El transductor de cuerda vibrante deberá incluir termistor para compensación de lectura.

El rango de las células deberá ser de hasta 5 MPa en las radiales y hasta 20 MPa en las tangenciales. La precisión de la lectura será menor del 0,5% del fondo de escala y la resolución mayor de 0,05% del fondo de escala.

Las células de presión se instalarán en las secciones de control intensivo que se dispondrán a criterio del geotécnico experto destacado en obra en aquellas zonas de mayor dificultad geotécnica, zonas de falla, contactos entre litologías, etc.

12.3. Instrumentación instalada en el interior del túnel

La función básica de la auscultación es el control de los desplazamientos en el contorno del túnel. Con este fin, se definen las Secciones de Control Normal. En estas secciones se medirá la deformación relativa entre puntos perimetrales de la sección excavada (convergencias). Se controlará tanto el valor de la deformación como la velocidad de deformación, instalándose a lo largo del túnel una serie de secciones de convergencia. Dicho control tiene por objetivo conocer si la deformación se estabiliza y el tiempo que tarda en hacerlo. Además de las medidas de convergencia, sistemáticamente en todas las Secciones Interiores de Control Normal se realizará la Nivelación de Clave del túnel, mediante nivelación topográfica de precisión.

Complementariamente a lo anterior, en aquellos puntos donde se necesite realizar un control más exhaustivo de la excavación, zonas de fallas, cambios de litologías, existencia de edificios en superficie, etc., se instalarán Secciones Interiores de Control Intensivo. En estas secciones, además de las lecturas de convergencia y nivelación de clave, se realizarán lecturas de deformaciones en el interior del macizo rocoso por medio de extensómetros incrementales y de tensiones sobre el sostenimiento por medio de células de presión.

12.3.1. Secciones en túnel de control normal

El objetivo de estas secciones es medir convergencias en las fases de excavación de avance y destroza, así como nivelación en la clave, mediante una diana óptica.

En general las secciones de convergencia estarán formadas por cinco pernos de convergencia distribuidos de la siguiente forma:

1) El primer perno de cada sección se situará en la clave del túnel y dos en los hastiales a una altura aproximada de 1,5 m sobre la base de la sección de avance.

2) Los otros dos pernos se colocarán en cada uno de los hastiales, a una altura aproximada de 1,5 m sobre la cota de solera, inmediatamente a la ejecución de la destroza.

La medida de convergencias a realizar es la distancia entre los dos puntos de los hastiales y de cada uno de estos con la clave.

El criterio de signos que se utilizará será el siguiente:

1) Convergencia positiva: cierre de la sección.
2) Convergencia negativa: apertura de la sección.

Los resultados se representarán en una serie de curvas tales como:

1) Convergencia – Tiempo.
2) Convergencia - Distancia al frente.
3) Velocidad de convergencia – Tiempo.
4) Velocidad de convergencia - Distancia al frente.

Dado el riesgo de destruir los pernos de convergencia por las voladuras, éstos deberán de llevar incorporados una tapa que los proteja. En estas condiciones, la sección de convergencia deberá colocarse lo más rápidamente posible tras la excavación, a una distancia inferior a tres metros del frente de excavación.

La primera lectura se realizará a una distancia máxima de cinco metros del frente de excavación y en todo caso dentro de las 24 h siguientes a la finalización de la instalación del sostenimiento de dicha sección.

Las medidas se recogen en un registro de lecturas, que además deberá contener los siguientes datos:

1) Identificación del tajo.
2) Número de la sección instrumentada.
3) PP.KK.
4) Cobertera de la excavación.
5) Tipo de terreno excavado.
6) Fecha de paso.
7) Distancia al frente al realizar la primera lectura.
8) Croquis de la sección con indicación de las lecturas a realizar.

Figura 43. Pernos de convergencia para lectura con cinta extensométrica y con diana óptica para lectura con estación total

Fuente: Elaboración propia

En fases de Obra, el Adjudicatario de las mismas, realizará de modo habitual las mediciones de las distintas secciones de convergencia, para lo que dispondrá de una cinta extensométrica adecuada. Diariamente, el Adjudicatario de las Obras deberá suministrar a la Supervisión de Obras (Asistencia Técnica) las medidas realizadas durante la jornada de trabajo anterior. Esta información deberá estar contenida en formato Excel, con un archivo para cada sección de auscultación.

Las mediciones de convergencias por parte del Contratista, deberán ser realizadas en presencia de un vigilante de la Asistencia Técnica.

La unidad de Asistencia Técnica realizará mediciones de contraste en aquellas secciones de convergencia que considere necesario, para lo cual dispondrá de su

propia cinta extensométrica y realizará una medición inicial de todas las secciones de control. El Contratista suministrará los medios auxiliares necesarios para la realización de estas mediciones.

Las secciones de convergencia se colocarán sistemáticamente cada 20 m de túnel y, eventualmente, en otros puntos que la Dirección de Obra considere de interés. A criterio de la Dirección de Obra, estas distancias podrán variar, pero en ningún caso, dicha distancia será superior a 40 m, reduciéndose hasta 5 m en aquellas zonas donde se prevean mayores dificultades.

En cada una de las bocas de ataque del túnel, se instalará la primera sección de convergencia a los 5 m de la primera cercha de túnel. Posteriormente se instalarán otras tres secciones de convergencias seguidas, separadas cinco metros entre sí.

12.3.1.1. Frecuencia de lectura

Para las medidas de convergencia, la periodicidad de la toma de medidas deberá adaptarse a la evolución del comportamiento del terreno durante la ejecución. Como norma general, se aplicarán los criterios expuestos a continuación.

Excavación de la sección de avance:

1) En frentes activos, si la distancia del frente a la sección instrumentada es inferior a 30 m, se realizarán lecturas diarias.

2) En frentes activos, si la distancia del frente a la sección instrumentada está entre 30m y 50 m, se realizará una lectura cada cuatro días.

3) Si la distancia del frente a la sección es mayor a los 50 m, la frecuencia de las lecturas se desarrollará de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 39. Frecuencia de lecturas de cada sección

FRECUENCIA	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (V)
Diariamente	V ≥ 0,5 mm/día
Una cada cuatro días	0,2 mm/día ≤ V ≤ 0,5 mm/día
Una cada 14 días	0,1 mm/día ≤ V ≤ 0,2 mm/día
Una cada mes	0,05 mm/día ≤ V ≤ 0,1 mm/día
Una cada dos meses	0,05 mm/día ≤ V ≤ 0,1 mm/día
Una cada tres meses	Hasta la ejecución del revestimiento

Excavación de la sección de destroza: Se volverá a realizar de nuevo una lectura diaria cuando a la excavación de la destroza le falten 30 m para alcanzar la correspondiente sección de convergencia. Una vez que la excavación sobrepase dicha sección se aplicarán los mismos criterios de frecuencia que los utilizados para la sección de avance.

Nivelación de la clave del túnel: se realizará aprovechando el perno de clave de cada sección de convergencia. La realización de las lecturas de nivelación de clave se hará siguiendo la misma frecuencia que la establecida para las lecturas de la sección de convergencia, haciendo coincidir en fecha ambas lecturas.

12.3.2. Secciones en túnel de control intensivo

El objetivo de estas secciones es medir además de las convergencias, desplazamientos y deformaciones a distintas distancias del contorno de la excavación, así como medir en el sostenimiento presiones a las que está sometido éste.

A lo largo de todo el túnel y a criterio del especialista geotécnico, se instalarán perfiles de control completos en aquellas zonas de mayor dificultad geotécnica (tras la aprobación de la Dirección de Obra). Estas secciones contarán con medidas de convergencias, 3 extensómetros incrementales de 9 m y 5 células de presión radial (clave, hombros y hastiales). La distancia máxima entre secciones de control intensivo será de 200 m, quedando a criterio de la Dirección de Obra, disminuir esta distancia o ejecutarlas en aquellas zonas donde se prevean mayores dificultades geotécnicas.

Para las medidas de movimientos en el interior del macizo, el criterio de signos que se utilizará será el siguiente:

1) Deformación positiva: acortamiento.

2) Deformación negativa: extensión.

En el caso de las células de presión total, se debe tener en cuenta que este tipo de células únicamente pueden registrar aumento de presión respecto a la presión de presurización inicial. Una presión negativa significaría que la célula falla o que debe ser despresurizada. Los resultados se representarán en una serie de curvas tales como:

1) Deformación o Presión – Tiempo.

2) Deformación o Presión- Distancia al frente.

La sección de medida debe colocarse lo más rápidamente posible tras la excavación, ya que, si no, se perderían gran parte de las deformaciones producidas.

Las medidas se recogen en un registro de lecturas, que además deberá contener los siguientes datos:

1) Identificación del tajo.

2) Número de la sección instrumentada.

3) PP.KK.

4) Cobertera de la excavación.

5) Tipo de terreno excavado.

6) Fecha de paso.

7) Distancia al frente al realizar la primera lectura.

8) Croquis de la sección con indicación de las lecturas a realizar.

9) Calidad del macizo atravesado.

10) Sección tipo instalada.

11) Fecha de la completa y correcta ejecución del sostenimiento.

El Contratista realizará de modo habitual las mediciones de las distintas secciones, para lo cual dispondrá de los aparatos adecuados. Diariamente, el Contratista deberá suministrar a la Asistencia Técnica las medidas realizadas durante la jornada de trabajo anterior. Esta información deberá estar contenida en formato Excel, con un archivo para cada sección de auscultación.

Las mediciones por parte del Contratista deberán ser realizadas en presencia de un vigilante de la Asistencia Técnica.

La instalación de las células de carga se realizará al mismo tiempo que la ejecución del sostenimiento. La primera medición se realizará una vez se haya finalizado en su totalidad la instalación de las células.

Los extensómetros se instalarán dentro de las 24 h siguientes a la finalización de la instalación del sostenimiento de dicha sección. La primera medición se realizará una vez se haya finalizado en su totalidad la ejecución del sostenimiento de dicha sección.

12.3.2.1. Frecuencia de lecturas

Las lecturas de los extensómetros y células de presión serán continuas desde su instalación. Se empleará para ello un equipo de automático de control centralizado.

Con las lecturas obtenidas mediante el extensómetro se realizarán dos tipos de gráficos. Uno en el que se indicará el eje de abscisas el tiempo al origen en días y en el eje de ordenadas la deformación sufrida por cada anclaje en mm/m y otro en el que se indicará en abscisas la distancia al frente y en ordenadas la deformación sufrida por cada anclaje en mm/m.

Con los datos de los extensómetros se dibujará un mapa de isolíneas más o menos concéntricas al eje del túnel en la que se establezca la distribución de las deformaciones en el entorno de la excavación.

Con las lecturas obtenidas de las células de presión se realizará un gráfico de seguimiento. Se representará en el eje de abscisas el tiempo al origen en días y en el eje de ordenadas la presión a la que está sometida la célula (que es a la presión que actúa sobre el sostenimiento).

Se anotará sobre el eje de abscisas los hitos temporales relevantes, tales como la excavación de la destroza y la contrabóveda, la instalación del revestimiento, etc.

13. Conclusiones

Una vez analizadas las alternativas A1 y C1 Rasante baja, se comprueba hay ciertos factores diferenciadores. Las principales diferencias radican en los siguientes puntos.

- ✓ Método constructivo

  La Alternativa A1 Rasante baja cuenta con un total de veintidós túneles de los cuales 20 son monotubo y 2 bitubo, donde 20 tramos son ejecutados por métodos convencionales (NATM), 1 tramo por tuneladora (longitud 8,2 km) y 40 tramos por falso túnel.

  La Alternativa C1 Rasante baja cuenta igualmente con veintidós túneles de los cuales 19 son monotubo y 3 bitubo, donde 16 tramos son ejecutados por métodos convencionales (NATM), 2 tramos por tuneladora (tramo 1 de longitud 7,7 km y tramo 2 de longitud 8,2 km) y 38 tramos por falso túnel.

- ✓ Trazado en planta

  La longitud total de los túneles de la Alternativa A1 Rasante baja es de 44,90 km de los cuales 9,7 km son en túnel de vía única (21,6%), 29,5 km son en túnel de vía doble (65,7%), 0,16 km son en falso túnel de vía única (0,4%) y 5,5 km en falso túnel de vía doble (12,3%).

  La longitud total de los túneles de la Alternativa C1 Rasante baja es de 48,45 km de los cuales 17,3 km son en túnel de vía única (35,7%), 24,9 km son en túnel de vía doble (51,4%), 0,25 km son en falso túnel de vía única (0,5%) y 6,0 km en falso túnel de vía doble (12,4%).

- ✓ Secciones libres

  La Alternativa A1 Rasante baja cuenta 2 túneles de 52 m^2, 14 túneles de 85 m^2, 1 túnel de 95 m^2 y 5 túneles de 100 m^2. Mientras que Alternativa C1 Rasante baja cuenta 3 túneles de 52 m^2, 16 túneles de 85 m^2 y 3 túneles de 100 m^2.

- ✓ Problemática geotécnica

  Para todas alternativas, la longitud total máxima a excavar, según la problemática geotécnica, se encuentra en un rango de valoración media. En cuanto a la longitud total a excavar considerando las valoraciones baja y muy alta en la problemática geotécnica, las alternativas presentan longitudes similares.

  Para la valoración media, correspondiente a un macizo rocoso de RMR clase III, roca de media calidad con presencia de fallas, la Alternativa A1 Rasante baja presenta una longitud de 23,6 km (60,2%) mientras que la Alternativa C1 Rasante baja tiene una longitud de 29,5 km (69,9%).

  En lo que respecta a la longitud total a excavar con una problemática geotécnica alta, caracterizada por un macizo rocoso de clase II y III según el RMR, con problemas significativos de karstificación y afectación de acuíferos debido a su drenaje, la Alternativa A1 Rasante baja presenta una longitud de 6,2 km (15,7%), del doble en comparación con la Alternativa C1 Rasante baja, que tiene una longitud de 2,9 km (7,1%).

- ✓ Problemática hidrogeológica

  Para todas las alternativas, la longitud total máxima a excavar, según la problemática hidrogeológica, se encuentra en un rango de valoración media. En cuanto a la longitud total a excavar considerando la valoración baja las alternativas presenta una diferencia notoria. La Alternativa A1 Rasante baja tiene una longitud de 1,1 km (2,9%), mientras que la Alternativa C1 Rasante baja tiene una longitud de 11,0 km (26,2%).

  Para la valoración media, correspondiente a un macizo rocoso de permeabilidad baja a media con presencia de fallas, la Alternativa A1 Rasante baja presenta una longitud de 31,5 km (80,3%), mientras que la Alternativa C1 Rasante baja tiene una longitud de 26,9 km (63,7%).

  En cuanto a la longitud total a excavar considerando la valoración alta en la problemática hidrogeológica, las alternativas presentan longitudes similares.

Para la valoración muy alta, la Alternativa A1 Rasante baja presenta una longitud de 3,5 km (8,9%), un incremento de casi cuatro veces en comparación con la Alternativa C1 Rasante baja, que tiene una longitud de 0,9 km (2,2%).

✓ Galerías de evacuación

En cuanto a las galerías de evacuación, la Alternativa A1 Rasante baja cuenta con un total de 35,2 km; mientras que la Alternativa C1 Rasante baja cuenta con un total de 34,6 km. Para todas las alternativas la longitud de la galería de evacuación para la adecuación de la VSF es la misma y es de 12,2 km. Las conexiones transversales se hacen cada 200 m, en los túneles monotubo la conexión transversal es de 30 m mientras que en túneles bitubo la conexión transversal es de 50 m.

A continuación, se incluye una tabla con una breve descripción de las características más relevantes para cada una de las alternativas que ya han sido comentadas:

Tabla 40. Resumen túneles de las alternativas (1 de 2)

Factor comparativo		Alternativa A1. Rasante baja	Alternativa C1. Rasante baja
Nº túneles	Monotubo	20	19
	Bitubo	2	3
Método constructivo	NATM	20 tramos	16 tramos
	Tuneladora	1 tramo	2 tramos
	Falso túnel	40 tramos	38 tramos
Longitud	Túnel de vía única	9.694,0 m	17.310,0 m
	Túnel de vía doble	29.512,2 m	24.884,0 m
	Falso túnel vía única	160,0 m	250,0 m
	Falso túnel vía doble	5.535,0 m	6.010,0 m
	TOTAL	44.901,2 m	48.454,0 m
Secciones túneles	52 m²	2 túneles	3 túneles
	85 m²	14 túneles	16 túneles
	95 m²	1 túneles	-
	100 m²	5 túneles	3 túneles

Tabla 41. Resumen túneles de las alternativas (2 de 2)

Factor comparativo		Alternativa A1. Rasante baja	Alternativa C1. Rasante baja
Problemática geotécnica	Baja	9.355,0 m	9.694,0 m
	Media	23.586,2 m	29.512,2 m
	Alta	6.155,0 m	160,0 m
	Muy alta	110,0 m	5.535,0 m
Problemática hidrogeológica	Baja	1.140,0 m	11.040,0 m
	Media	31.496,2 m	26.859,0 m
	Alta	3.075,0 m	3.360,0 m
	Muy alta	3.495,0 m	935,0 m
Galería de evacuación		35.207,2 m	34.574,0 m
Galería de evacuación VSF Bilbao		12.221,0 m	12.221,0 m

En relación a las alternativas Rasante Alta, en el tramo común de las Alternativas A1 y C1 se dispone de dos propuestas de trazado en alzado, motivadas por la compleja orografía de la zona y la necesidad de disponer de un cambiador de ancho y una estación en el entorno de Castro-Urdiales.

La denominación de rasante baja y rasante alta permite referenciar la altura y forma en la que la traza cruza sobre la autovía A-8, realizándose en túnel para la rasante baja (-25 metros de cota roja) y en viaducto para la rasante alta (+13 metros de cota roja).

En el ámbito de los túneles, la principal diferencia entre ambas rasantes es el cruce con la autovía A-8. En los trazados con rasante alta ese cruce se ejecuta en viaducto, y por tanto en esas alternativas un túnel desaparece (Alt. A1 TU/58.0-59.6 y Alt. C1 TU/61.0-62.6), y las longitudes de los túneles anterior y posterior a este cambio se ven ligeramente modificadas.

Por otra parte, las actuaciones a considerar para que las obras del Estudio Informativo Santander Bilbao sean compatibles con las obras de la VSF de Bilbao son las siguientes:

1 Completar la obra civil entre el P.K. final de cada alternativa (Alt A1 73+054 y Alt C1 76+018) y el P.K. de inicio de la Fase 1 de la VSF (0+630), el cual se trata de

un túnel monotubo de vía doble de 85 m² de sección, con RMR (41-60) clase III para el sostenimiento. Para llevar a cabo la construcción de este sector, sería necesario acceder a la zona de excavación mediante una galería de ataque. A priori, no es factible encajar ninguna galería de longitud razonable desde la red preexistente de carreteras. Por lo tanto, se ha evaluado una solución alternativa.

Como solución , se plantea ejecutar una galería de ataque desde la VSF F1 para así contar con cuatro frentes de ataque: dos plenamente operativo en la boca de entrada del túnel principal (túnel principal y galería), y otros dos desde el lado este.

2 Dotar a la Variante Sur Ferroviaria (VSF) de Bilbao de una estrategia de evaluación que permita habilitar el tránsito de pasajeros a través del túnel originalmente diseñado para el transporte de mercancías mediante la construcción de una galería de evacuación paralela al túnel de la VSF. Esta galería permite densificar la red de salidas de emergencia, con conexiones transversales cada 200-500 m, que complementan las galerías de evacuación directas al exterior previstas en la VSF (cada 1.000 m).

3 Completar las obras del Ramal de Conexión de la estación Bilbao – Abando, para ello se plantean realizar distintas actuaciones que se detallan a continuación:

3.1 Construir un túnel de vía única entre la bifurcación del Ramal Vitoria Santander en el P.K. 20+191 y el P.K. 21+334, con una longitud de 1.142 metros. No obstante, se presenta la limitación de que no es factible encajar ninguna galería de longitud razonable desde la red de carreteras preexistente para acceder a la zona de excavación de este ramal.

Por lo tanto, se propone la construcción de un pozo vertical que se ubicará en las proximidades del punto medio del trazado del Ramal, debajo de un campo de fútbol y béisbol. Este pozo facilitará el acceso para atacar ambos extremos del ramal. Este pozo facilitará el acceso para atacar ambos extremos del ramal. Así mismo, servirá como salida de emergencia del Ramal que tiene más de 1.000 metros, satisfaciendo de esta manera la estrategia de evacuación en este tramo.

El pozo vertical de ataque tendrá una profundidad aproximada de 60 metros y dimensiones adecuadas para garantizar la factibilidad constructiva del túnel de vía única. En las etapas posteriores de la redacción de los proyectos de construcción, se precisarán tanto el proceso constructivo como las dimensiones exactas de este pozo.

3.2 Ejecutar las obras de conexión del túnel de vía única del Ramal Santander Bilbao y el túnel de vía doble del Eje Vitoria Bilbao. Para ejecutar esas obras de conexión se consideran una serie de actuaciones adicionales con el fin de iniciar la perforación del Ramal a partir de las obras consideradas en el Estudio informativo de la nueva red ferroviaria del País Vasco. Corredor de acceso y Estación de Bilbao-Abando. Fase B.

Las obras comprenden la construcción de un paraguas de micropilotes, la demolición del ojo del túnel previsto en el proyecto del Corredor de Acceso y Estación de Bilbao-Abando, así como el refuerzo del hastial central en la bifurcación del Ramal Santander-Bilbao con el Eje Vitoria-Bilbao.

En el presente Estudio Informativo se han propuesto dos soluciones que deberán ser analizadas y definidas en fases posteriores durante la redacción de los proyectos de construcción, con el objetivo de reforzar el machón central.

Una de estas soluciones implica la construcción de un hastial de hormigón reforzado en mina, que será excavado mediante pequeñas galerías por bataches, que posteriormente serán sustituidas o rellenadas con hormigón. La otra solución consiste en proyectar una pantalla de pilotes desde la superficie, para la cual se debe evaluar su impacto en el tráfico y los desafíos asociados a su construcción. Esta última solución parece la más adecuada si el túnel del Eje Vitoria-Bilbao ya estuviera construido.

3.3 Ejecutar las obras de conexión del túnel de vía única del Ramal Santander Bilbao y el ramal conexión Estación Bilbao-Abando.

Para poder ejecutar el Ramal de Abando, es necesario que el proyecto de VSF Fase II defina la caverna de bifurcación para la conexión con la estación de Abando, previendo el futuro entronque para enlazar con el ramal conexión Estación Bilbao-Abando. De esta manera, se minimizará el impacto sobre el tráfico ferroviario, que podría estar en servicio a la vez que se ejecuta el ramal, salvo cortes puntuales, como por ejemplo para ejecutar las conexiones de la superestructura.

Adicionalmente al refuerzo del machón central que se proyecte en la VSF Fase II, se estudiará en el proyecto constructivo del ramal de Abando la necesidad de complementar dicho refuerzo.

APÉNDICE ÚNICO: INVENTARIO DE CAMINOS DE ACCESO A LOS PUNTOS DE EVACUACIÓN Y RESCATE

ÍNDICE

1. Funcionalidad....1

2. Criterios para la definición de los accesos viarios a las zonas o Puntos de Evacuación y Rescate vinculadas a los túneles....1

2.1. Introducción....1

2.2. Normativa de aplicación....2

2.3. Geometría básica, secciones tipo y firmes....2

2.3.1. Trazado....2

2.3.2. Sección tipo....2

2.3.3. Firme....2

3. Descripción de los accesos....3

3.1. Introducción....3

3.2. Alternativa A1 – Rasante baja....3

3.3. Alternativa C1 – Rasante baja....3

3.4. Alternativa Variante Estación de Castro-Urdiales....4

3.4.1. Alternativa A1 – rasante alta....4

3.4.2. Alternativa C1 – rasante alta....4

ANEXO

ANEXO ÚNICO. PLANOS ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

1. ALTERNATIVA A1. ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN
2. ALTERNATIVA C1. ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN
3. ALTERNATIVA A1. RASANTE ALTA. ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN
4. ALTERNATIVA C1. RASANTE ALTA. ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

1. Funcionalidad

Los Puntos de Evacuación y Rescate (PER) en túneles son elementos críticos y fundamentales para garantizar la seguridad y la protección de los usuarios en este tipo de infraestructuras. Su principal función es proporcionar rutas seguras y accesibles para la evacuación de personas en caso de emergencia, como incendios, accidentes o fallos estructurales. Estos puntos están estratégicamente ubicados a lo largo del túnel para minimizar el tiempo de evacuación y asegurar que todos los usuarios puedan salir de manera rápida y ordenada. Además, están equipados con señalización clara, iluminación de emergencia y sistemas de comunicación para guiar a las personas hacia la salida más cercana.

Además de facilitar la evacuación, estos puntos de rescate son esenciales para las operaciones de emergencia. Permiten el acceso rápido y eficiente de los equipos de rescate y bomberos, quienes pueden intervenir de manera inmediata para controlar la situación y asistir a las personas afectadas. Los puntos de rescate están diseñados para soportar condiciones extremas y están equipados con herramientas y equipos necesarios para realizar operaciones de salvamento.

2. Criterios para la definición de los accesos viarios a las zonas o Puntos de Evacuación y Rescate vinculadas a los túneles

2.1. Introducción

En el presente apéndice se estudian las propuestas de acceso a los Puntos de Evacuación y Rescate definidos para los túneles proyectados para cada una de las alternativas presentadas en el Estudio Informativo, y su conexión con la red viaria existente.

Este análisis es fundamental para garantizar la seguridad y la operatividad de los túneles, asegurando que, en caso de emergencia, las vías de evacuación y rescate sean eficientes y accesibles.

Para ello, se ha evaluado la viabilidad técnica, características del territorio, funcionamiento de la red viaria existente, impacto en el entorno y cumplimiento de las normativas vigentes para cada uno de los accesos proyectados.

Partiendo de los estudios de alternativas propuestos en el presente Estudio Informativo, se han tenido en cuenta las dos alternativas, A1 y C1, tanto para la propuesta de “Rasante Baja” como la de “Rasante Alta”, diferenciándose en la altura a la que discurre la traza en el entorno de Castro-Urdiales y la ubicación de las infraestructuras asociadas.

2.2. Normativa de aplicación

La normativa específica de aplicación para la redacción del presente apéndice es la siguiente:

- ✓ Norma Adif Plataforma. NAP 2-3-1.0_ED2M1 Túneles (2ªED: Enero 2023 + M1: Junio 2023).
- ✓ Norma 3.1. IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras (Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero).
- ✓ Norma 6.1. IC Secciones de firme, de la Instrucción de Carreteras (Orden FOM/3460/2003, de 18 de noviembre).

2.3. Geometría básica, secciones tipo y firmes

Aunque el diseño geométrico detallado se abordará en fases posteriores del proyecto, la propuesta de los accesos a los PER cumple con unas características mínimas que aseguran su viabilidad y funcionalidad.

2.3.1. Trazado

La definición de los accesos a los PER se ha realizado proyectando conexiones que enlazan con caminos o carreteras colindantes. En todo momento se ha procurado diseñar accesos que se conecten con vías situadas en el mismo lado de la plataforma ferroviaria. Este enfoque tiene como objetivo evitar la necesidad de construir pasos superiores o inferiores, lo cual incrementaría significativamente el coste y complicaría los accesos. De esta manera, se garantiza una solución más económica y funcional, facilitando el acceso rápido y seguro a los PER en caso de emergencia.

Los criterios generales para el trazado de los accesos son los siguientes:

- ✓ R_{min} =30m (Vmin aprox 30km/h).
- ✓ Clotoides: la correspondiente a la $V_{específica}$ del elemento y en todo caso la necesaria para una velocidad de proyecto de 30-40km/h.
- ✓ Rasante máxima 7% y excepcional 10%.

2.3.2. Sección tipo

En cuanto a la sección transversal y sección tipo de los accesos a los PER, se dispondrán accesos viarios afirmados de 3,5m de ancho mínimo, siendo recomendable una anchura no inferior a 7m para garantizar el cruce de vehículos, según lo dispuesto en la “NAP 2-3-1.0 Túneles”.

Los taludes adoptados para estos accesos son 2:1 (H:V) en terraplén y 1:1 (H:V) en desmonte.

2.3.3. Firme

Al igual que la geometría del trazado, el diseño de las capas de firme de los accesos a los PER también será objeto de fases sucesivas de diseño. Sin embargo, con objeto de garantizar la funcionalidad de estos viales, se propone una sección constructiva de firme consistente en 30 cm de suelo adecuado para la explanada, 30 cm de zahorra artificial de capa base y 5cm de mezcla bituminosa AC16 Surf 50/70 S de capa de rodadura.

3. Descripción de los accesos

3.1. Introducción

A continuación, se recogen las tablas resumen de todos los accesos a los Puntos de Evacuación y Rescate (PER) vinculados a los túneles de cada una de las alternativas, incluyendo su identificación, ubicación y características principales.

En el anexo único de este apéndice se incluyen planos de cada alternativa con la identificación de los accesos previstos a los referidos PER. Se trata de ejes que muestran de forma esquemática los trazados previsibles de los accesos.

3.2. Alternativa A1 – Rasante baja

La alternativa A1 Rasante baja discurre por el Norte de Peña Cabarga e incluye parada en Laredo y Castro-Urdiales, pasando por las Marismas de Santoña. Esta solución cuenta con 22 túneles y 24 Puntos de Evacuación y Rescate asociados a ellos.

Tabla 1. Alternativa A1 – Rasante baja

ALTERNATIVA A1. RASANTE BAJA							
Acceso a PER	P.K.	Túnel					Longitud
		Nombre	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Sección	
A1B - PER - 12+800	12+800	TU/12.8-15.0	12+820	14+960	2.140,0	Monotubo	283
A1B - PER - 14+975	14+975						282
A1B - PER - 18+925	18+925	TU/18.9-22.3	18+940	22+280	3.340,0	Monotubo	259
A1B - PER - 22+360	22+360						311
A1B - PER - 24+180	24+180	TU/22.8-24.1	22+760	24+140	1.380,0	Monotubo	205
A1B - PER - 26+800	26+800	TU/26.8-27.3	26+820	27+320	500,0	Monotubo	327
A1B - PER - 27+525	27+525	TU/27.5-29.0	27+540	29+000	1.460,0	Monotubo	251
A1B - PER - 29+030	29+030						92
A1B - PER - 32+250	32+250	TU/32.3-33.2	32+340	33+180	840,0	Monotubo	123
A1B - PER - 34+525	34+525	TU/34.5-34.7	34+540	34+680	140,0	Monotubo	255
A1B - PER - 34+875	34+875	TU/34.9-35.8	34+900	35+800	900,0	Monotubo	381
A1B - PER - 35+830	35+830						88
A1B - PER - 38+950	38+950	TU/39.0-43.9	39+000	43+900	4.900,0	Monotubo	109
A1B - PER - 43+925	43+925						44
A1B - PER - 44+415	44+415	TU/44.4-48.5	44+440	48+540	4.100,0	Monotubo	78
A1B - PER - 48+575	48+575						121
A1B - PER - 49+050	49+050	TU/49.1-57.3	49+066	57+340	8.274,0	Bitubo	112
A1B - PER - 57+375	57+375						367
A1B - PER - 58+025	58+025	TU/58.0-59.6	58+040	59+620	1.580,0	Bitubo	186
A1B - PER - 59+650	59+650						270
A1B - PER - 60+350	60+350	TU/60.4-62.9	60+380	62+880	2.500,0	Monotubo	234
A1B - PER - 62+900	62+900						401
A1B - PER - 63+730	63+730	TU/63.8-68.1	63+760	68+073	4.313,0	Monotubo	101
A1B - PER - 68+400	68+400	TU/68.4-73.1	68+420	73+054	4.634,2	Monotubo	87

3.3. Alternativa C1 – Rasante baja

La solución C1 Rasante baja discurre por el Norte de Peña Cabarga pero, a diferencia de la Alternativa A1 Rasante baja, no pasa por las Marismas de Santoña, y por lo tanto no incluye parada en Laredo, pero sí en Castro-Urdiales. Esta alternativa requiere igualmente de 22 túneles y 23 Puntos de Evacuación y Rescate vinculados a ellos, siendo la solución de algunos accesos similar a los de la alternativa A1 rasante baja en las zonas cuyo trazado es coincidente.

Tabla 2. Alternativa C1 – Rasante baja

ALTERNATIVA C1. RASANTE BAJA							
Acceso a PER	P.K.	Túnel					Longitud
		Nombre	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Sección	
C1B - PER - 12+800	12+800	TU/12.8-15.0	12+820	14+960	2.140,0	Monotubo	283
C1B - PER - 14+975	14+975						291
C1B - PER - 15+975	15+975	TU/16.0-16.1	16+000	16+080	80,0	Monotubo	135
C1B - PER - 16+425	16+425	TU/16.5-17.9	16+460	17+900	1.440,0	Monotubo	434
C1B - PER - 17+925	17+925						93
C1B - PER - 21+800	21+800	TU/21.9-22.6	21+860	22+580	720,0	Monotubo	303
C1B - PER - 22+825	22+825	TU/22.8-25.5	22+840	25+460	2.620,0	Monotubo	67
C1B - PER - 25+475	25+475						156
C1B - PER - 27+450	27+450	TU/27.5-31.4	27+480	31+440	3.960,0	Monotubo	190
C1B - PER - 31+475	31+475						228
C1B - PER - 35+050	35+050	TU/35.1-39.8	35+080	39+820	4.740,0	Monotubo	277
C1B - PER - 39+850	39+850						492
C1B - PER - 42+625	42+625	TU/42.6-43.2	42+640	43+180	540,0	Monotubo	172
C1B - PER - 43+640	43+640	TU/43.7-51.4	43+660	51+380	7.720,0	Bitubo	156
C1B - PER - 51+400	51+400						175
C1B - PER - 52+000	52+000	TU/52.0-60.3	52+020	60+300	8.280,0	Bitubo	112
C1B - PER - 60+325	60+325						367
C1B - PER - 60+975	60+975	TU/61.0-62.6	61+020	62+580	1.560,0	Bitubo	186
C1B - PER - 62+600	62+600						270
C1B - PER - 63+325	63+325	TU/63.3-65.8	63+340	65+840	2.500,0	Monotubo	234
C1B - PER - 65+850	65+850						401
C1B - PER - 66+700	66+700	TU/66.7-71.0	66+720	71+036	4.316,0	Monotubo	101
C1B - PER - 71+375	71+375	TU/71.4-76.0	71+400	76+018	4.618,0	Monotubo	87

3.4. Alternativa Variante Estación de Castro-Urdiales

3.4.1. Alternativa A1 – rasante alta

El tramo común de las Alternativas A1 y C1 Rasante baja dispone de dos propuestas de trazado en alzado, motivadas por la compleja orografía de la zona y la necesidad de disponer de un cambiador de ancho y una estación en el entorno de Castro-Urdiales.

La principal diferencia entre la rasante baja y alta radica en la altura a la que discurre la traza en el entorno de Castro-Urdiales y la ubicación de las infraestructuras asociadas. La modificación de la altura en este tramo condiciona a su vez a los tramos y estructuras colindantes, debiendo ajustarse para cumplir con los parámetros de diseño definidos en alzado por la NAP 1-2-1.0. En el Anejo Nº3 Trazado, se presentan las dos rasantes de forma más detallada.

La alternativa A1 Rasante alta cuenta con 6 túneles y 9 Puntos de Evacuación y Rescate asociados a ellos.

Tabla 3. Alternativa A1 – Rasante alta

ALTERNATIVA A1. RASANTE ALTA							
Acceso a PER	P.K.	Túnel					Longitud
		Nombre	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Sección	
A1A - PER - 43+925	43+925	TU/39.0-43.9	39+000	43+900	4.900,0	Monotubo	44
A1A - PER - 44+415	44+415	TU/44.4-48.5	44+440	48+540	4.100,0	Monotubo	78
A1A - PER - 48+575	48+575						121
A1A - PER - 49+050	49+050	TU/49.1-57.2	49+066	57+340	8.274,0	Bitubo	112
A1A - PER - 57+210	57+210						175
A1A - PER - 60+350	60+350	TU/60.4-62.9	60+380	62+880	2.500,0	Monotubo	254
A1A - PER - 62+900	62+900						379
A1A - PER - 63+730	63+730	TU/63.7-68.1	63+760	68+073	4.313,0	Monotubo	101
A1A - PER - 68+400	68+400	TU/68.4-73.1	68+420	73+054	4.634,2	Monotubo	87

3.4.2. Alternativa C1 – rasante alta

De la misma manera, la alternativa C1 Rasante alta cuenta con 6 túneles y 7 Puntos de Evacuación y Rescate vinculados a ellos.

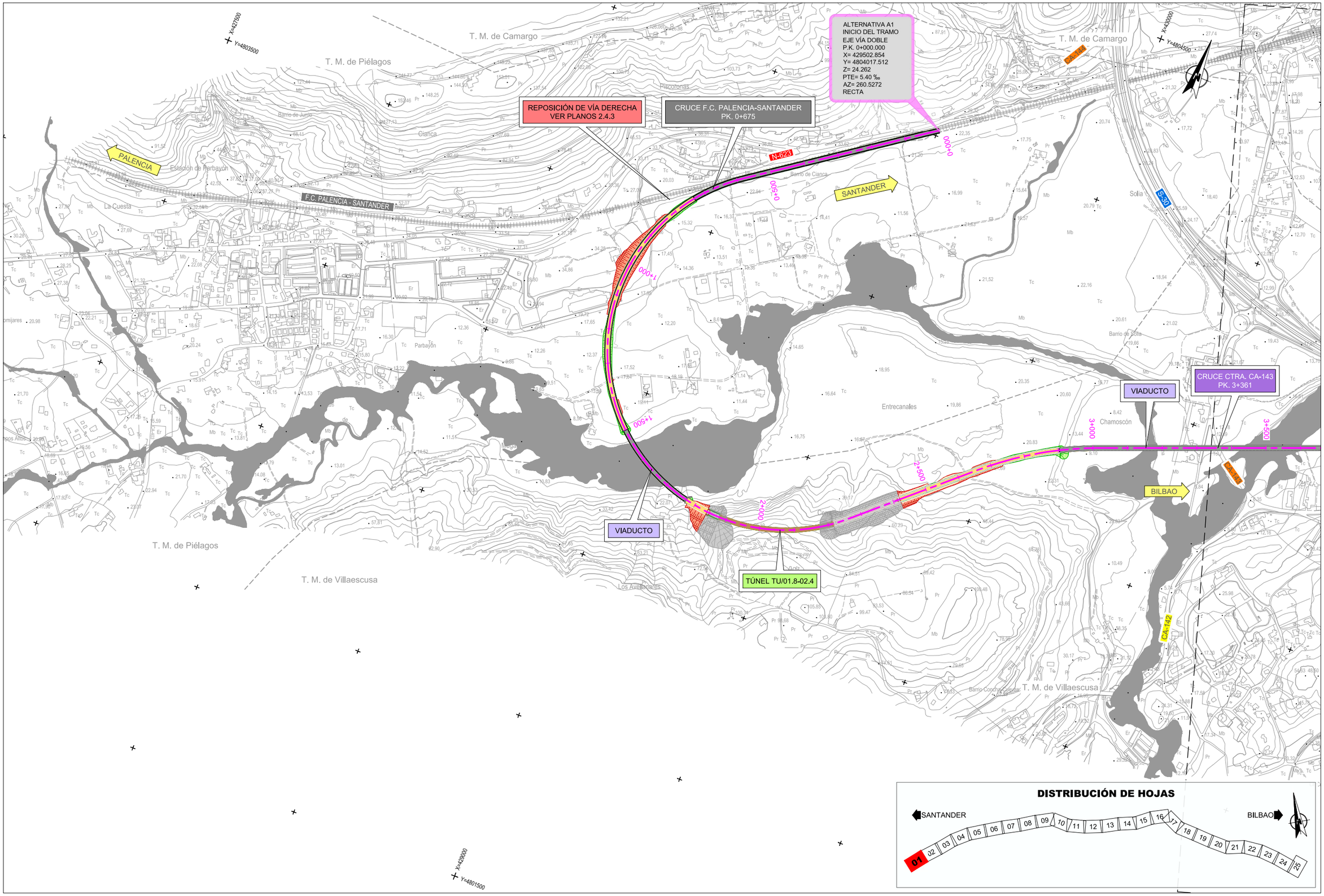
Tabla 4. Alternativa C1 – Rasante alta

ALTERNATIVA C1. RASANTE ALTA							
Acceso a PER	P.K.	Túnel					Longitud
		Nombre	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Sección	
C1A - PER - 51+400	51+400	TU/43.7-51.4	43+660	51+380	7.720,0	Bitubo	199
C1A - PER - 52+000	52+000	TU/52.0-60.3	52+020	60+300	8.280,0	Bitubo	112
C1A - PER - 60+180	60+180						175
C1A - PER - 63+325	63+325	TU/63.3-65,8	63+340	65+840	2.500,0	Monotubo	268
C1A - PER - 65+850	65+850						386
C1A - PER - 66+700	66+700	TU/66.7-71.0	66+720	71+036	4.316,0	Monotubo	101
C1A - PER - 71+375	71+375	TU/71.4-76.0	71+400	76+018	4.618,0	Monotubo	87

ANEXO

ANEXO ÚNICO. PLANOS DE ACCESOS A PUNTOS DE EVACUACIÓN Y RESCATE

1. ALTERNATIVA A1. ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN
2. ALTERNATIVA C1. ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN
3. ALTERNATIVA A1. RASANTE ALTA. ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN
4. ALTERNATIVA C1. RASANTE ALTA. ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

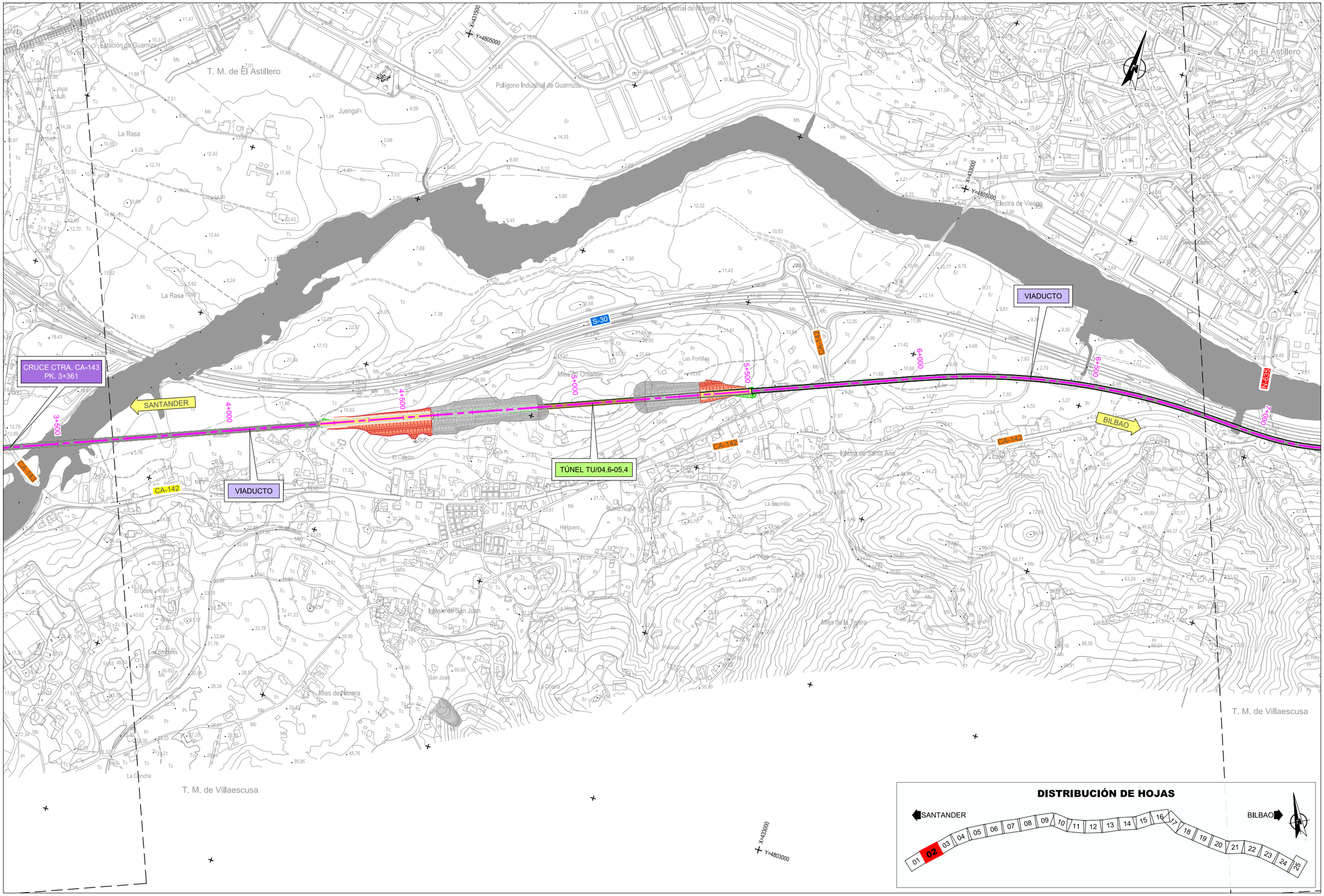
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 01 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

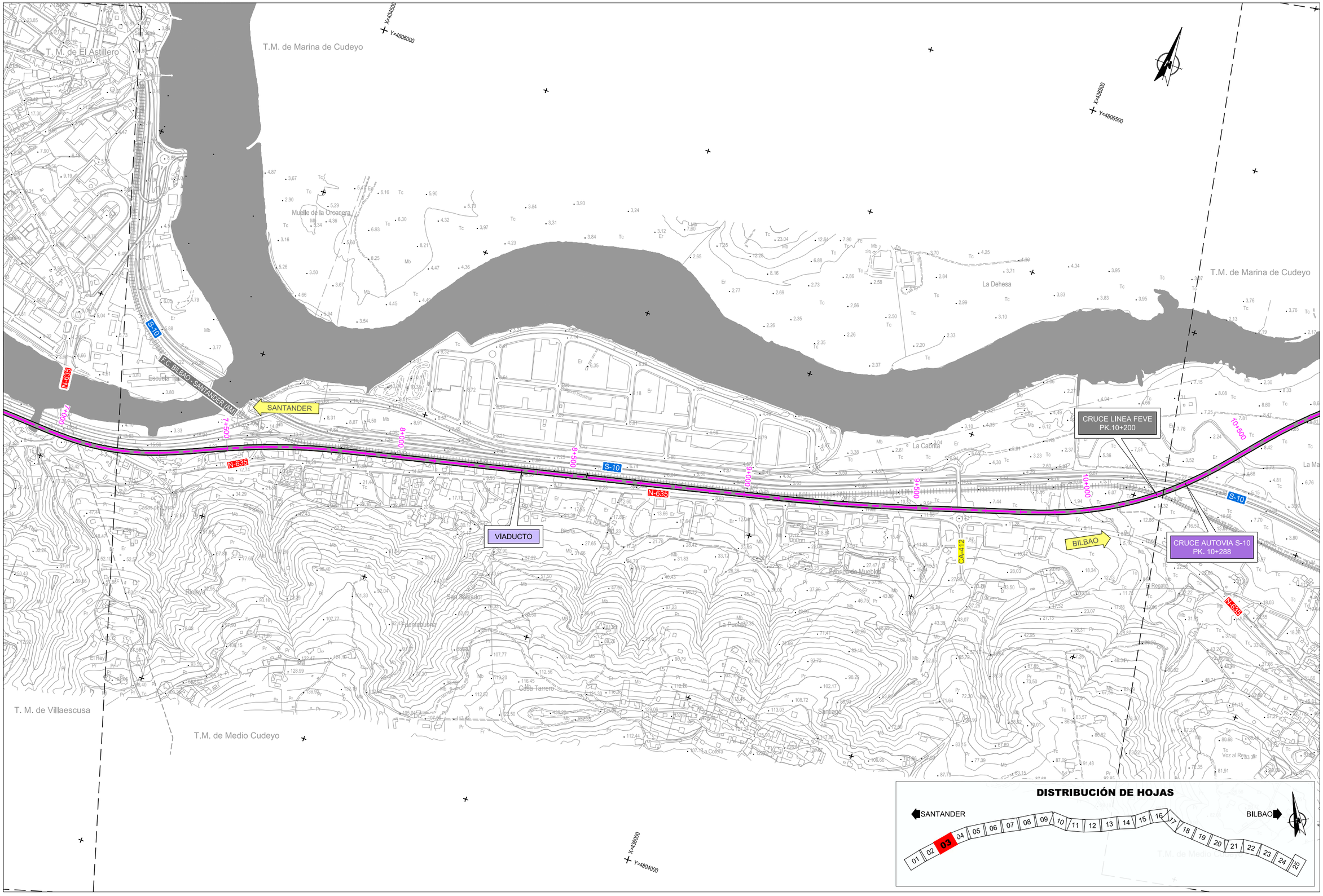
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 02 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

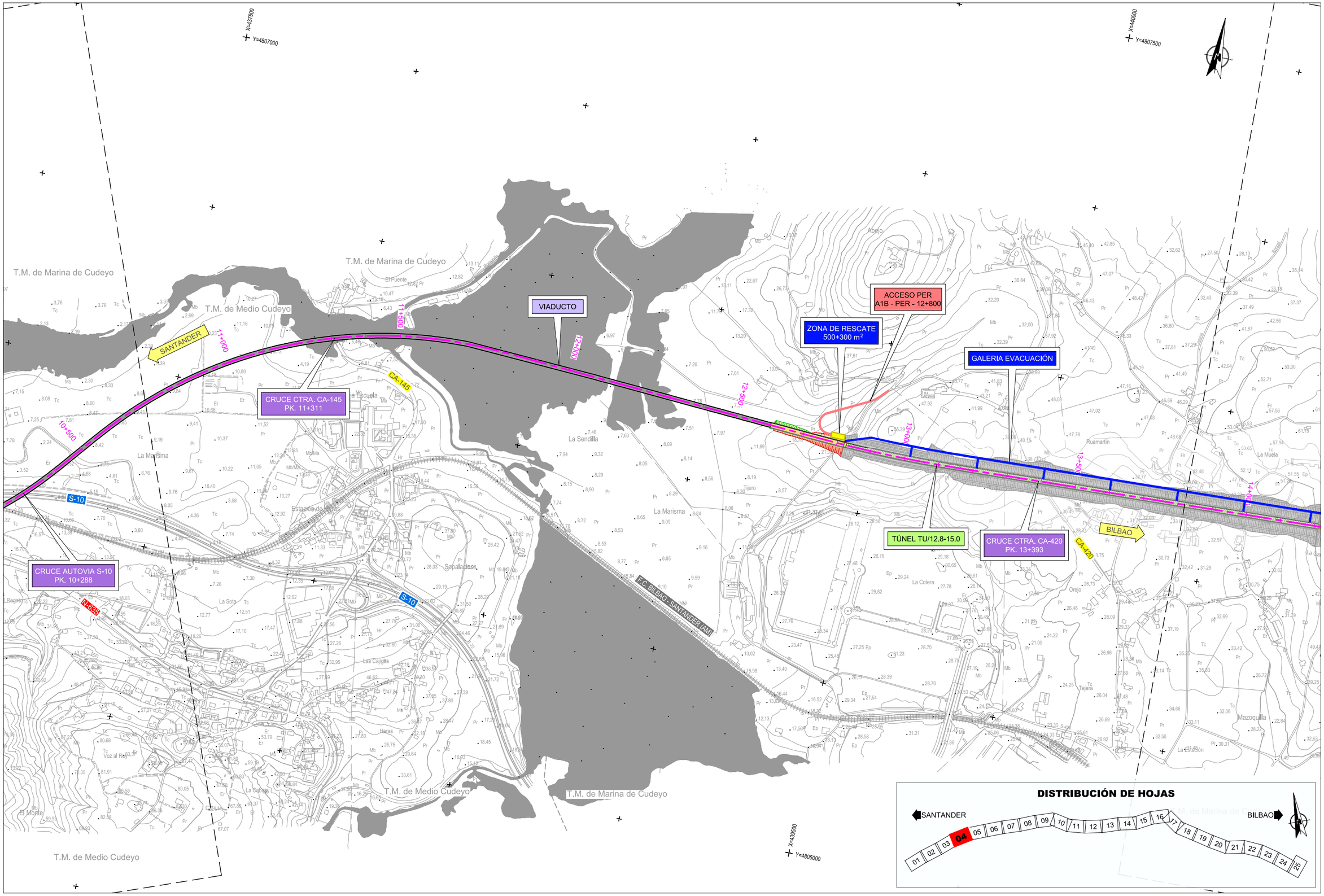
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 03 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

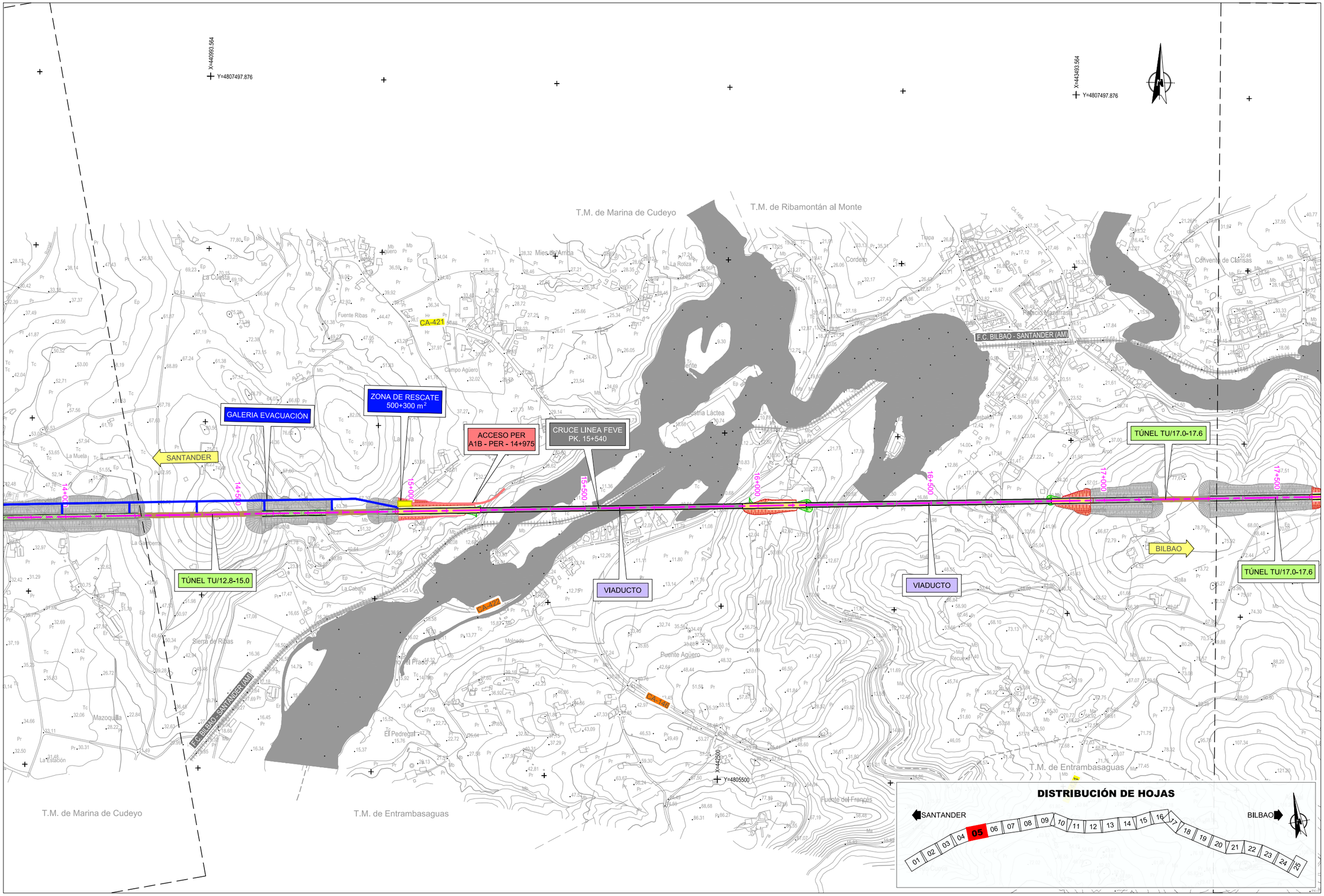


DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER ← 01 02 03 **04** 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 → BILBAO

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE	SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO	TÍTULO: ESTUDIO INFORMATIVO DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO TRAMO: BILBAO - SANTANDER	AUTORES: wsp sener	ESCALA ORIGINAL: 1:5.000 0 50 150 250m Numérica: DIN A-1 Gráfica:	Nº DE PLANO: 1 HOJA 04 DE 25	TITULO DEL PLANO: ANEJO 13. TÚNELES ALTERNATIVA A1 ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

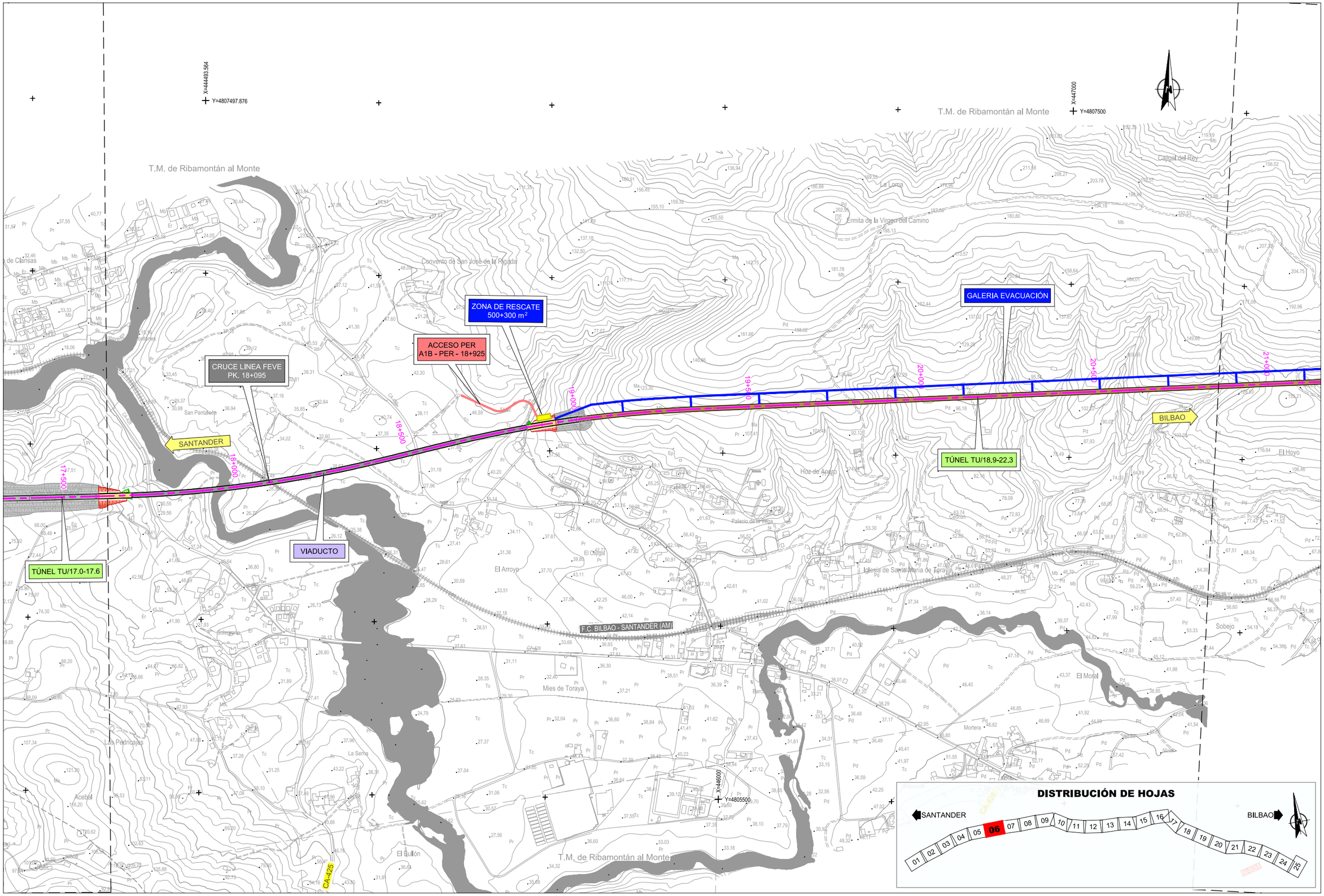
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 05 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

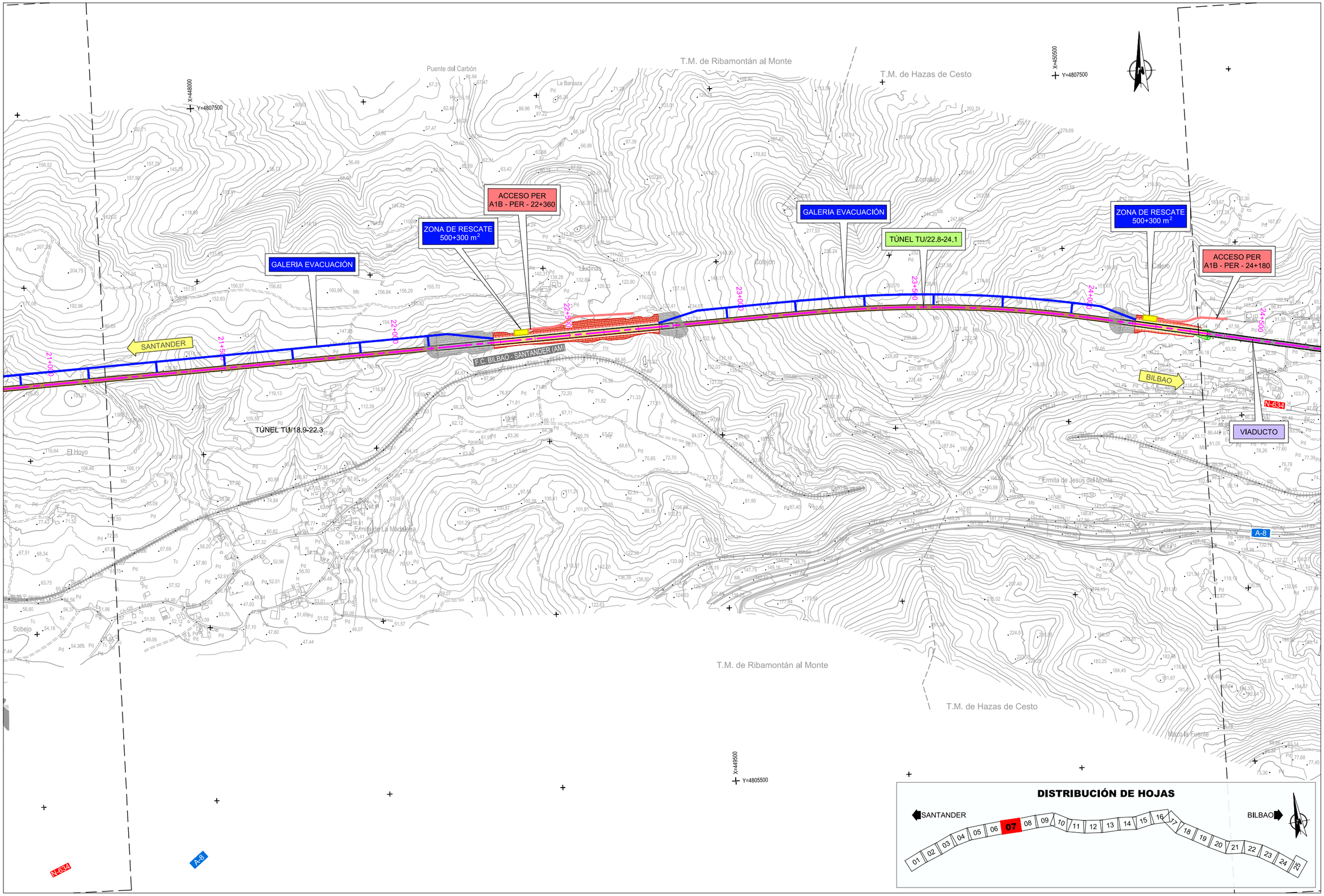
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 06 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30, EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

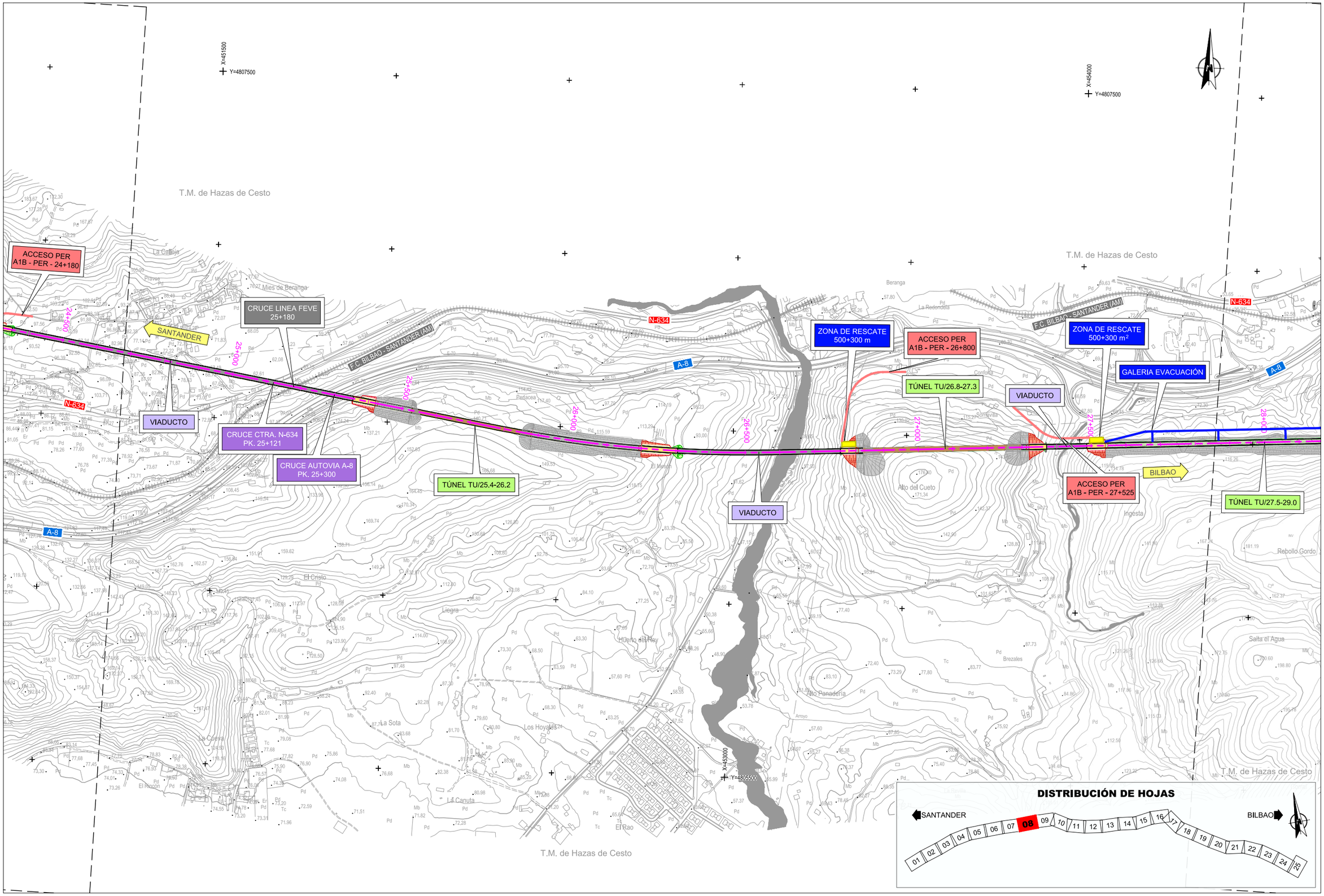
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 07 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER ← 01 02 03 04 05 06 07 **08** 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 → BILBAO

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

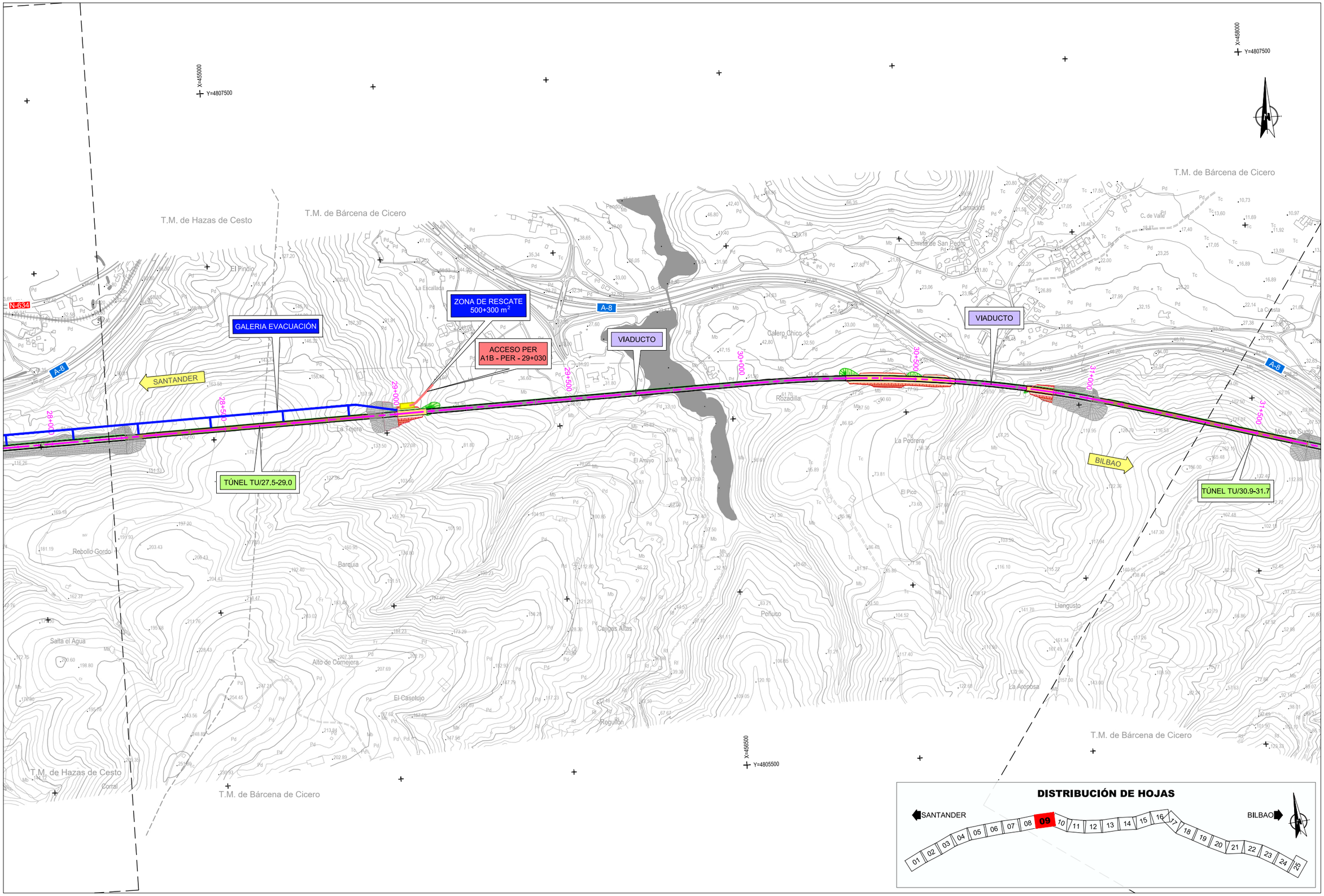
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES: wsp sener

ESCALA ORIGINAL: 1:5.000 (0 50 150 250m)
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO: 1
HOJA 08 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

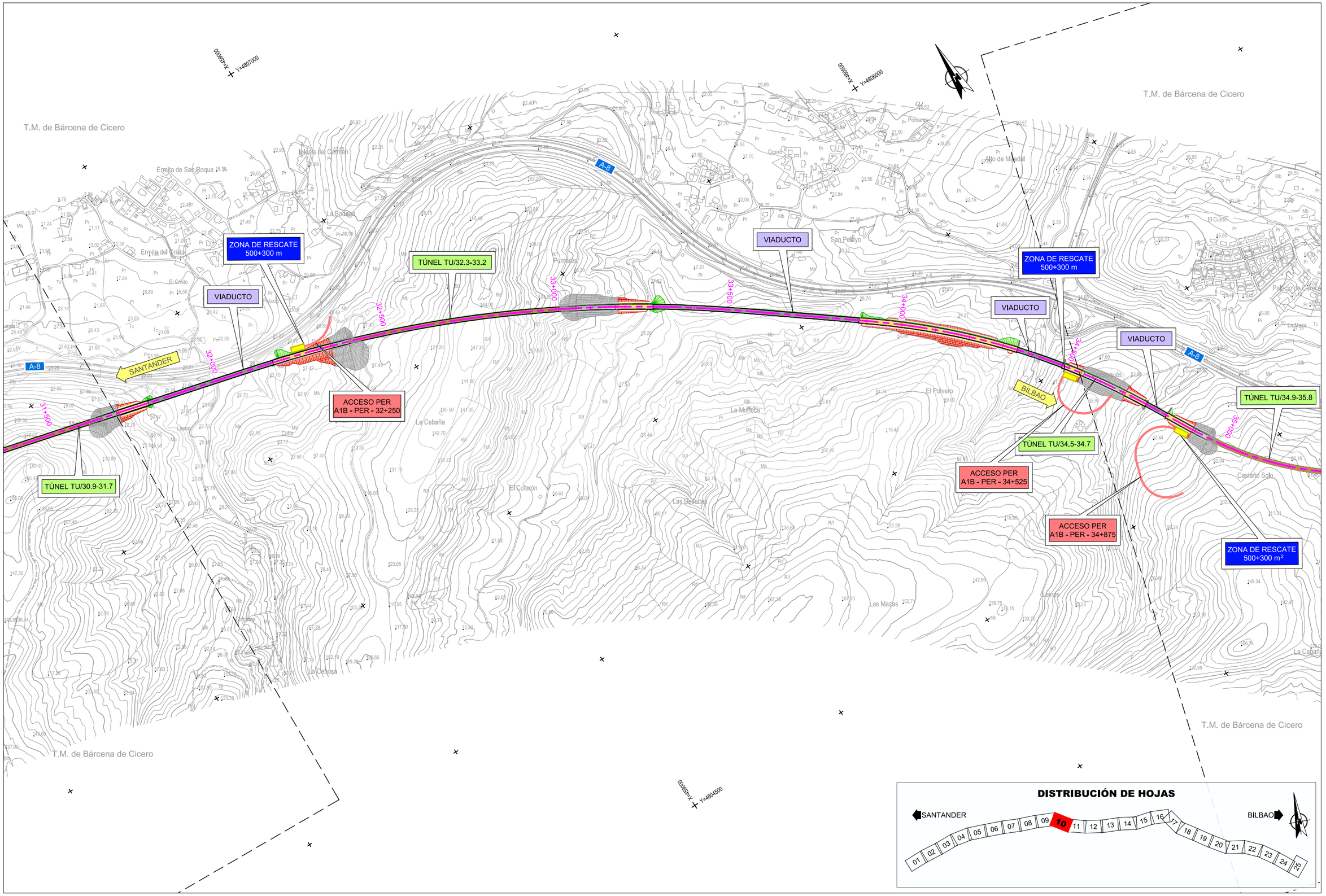
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 09 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER ← 01 02 03 04 05 06 07 08 09 **10** 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 → BILBAO

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30, EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

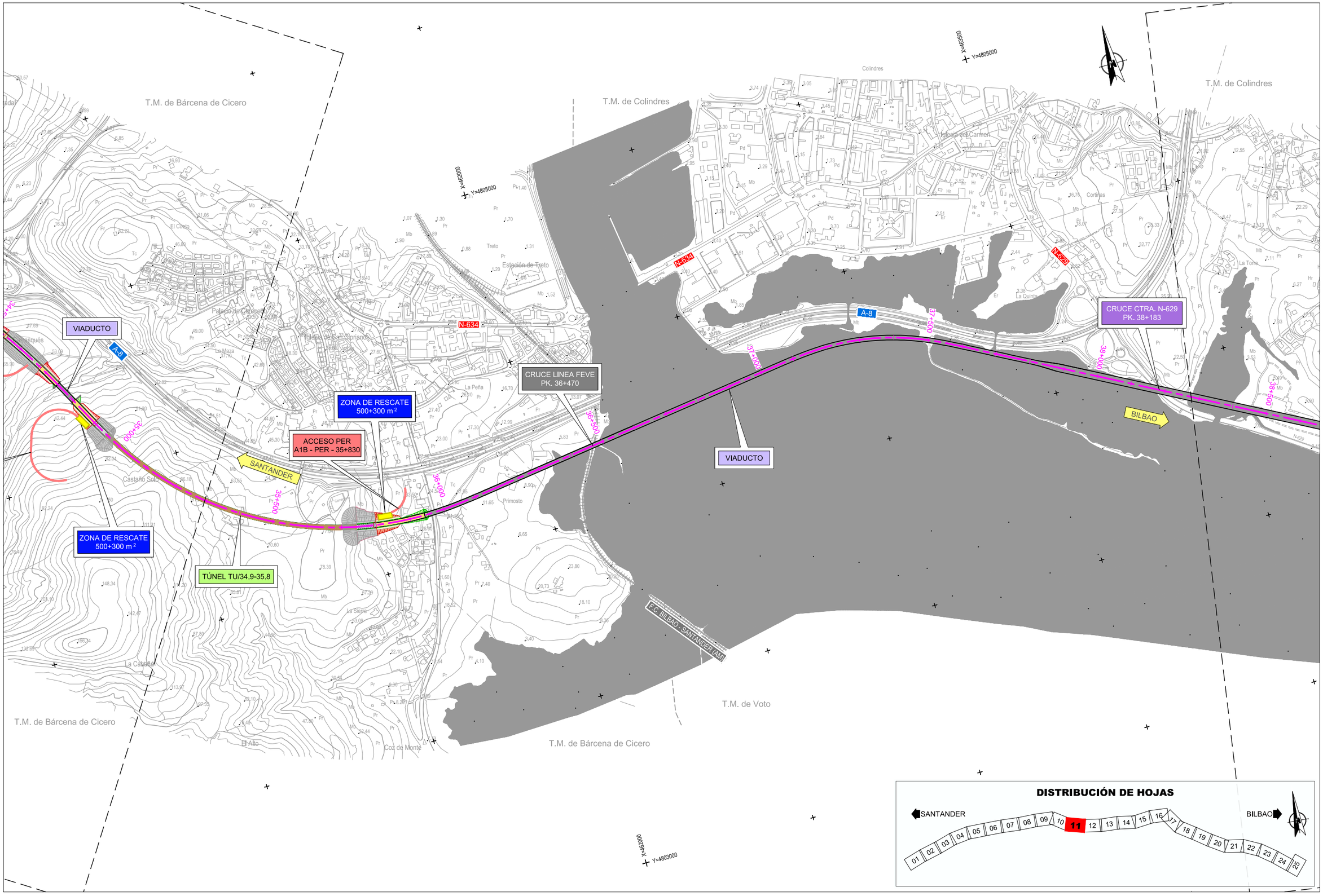
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 10 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

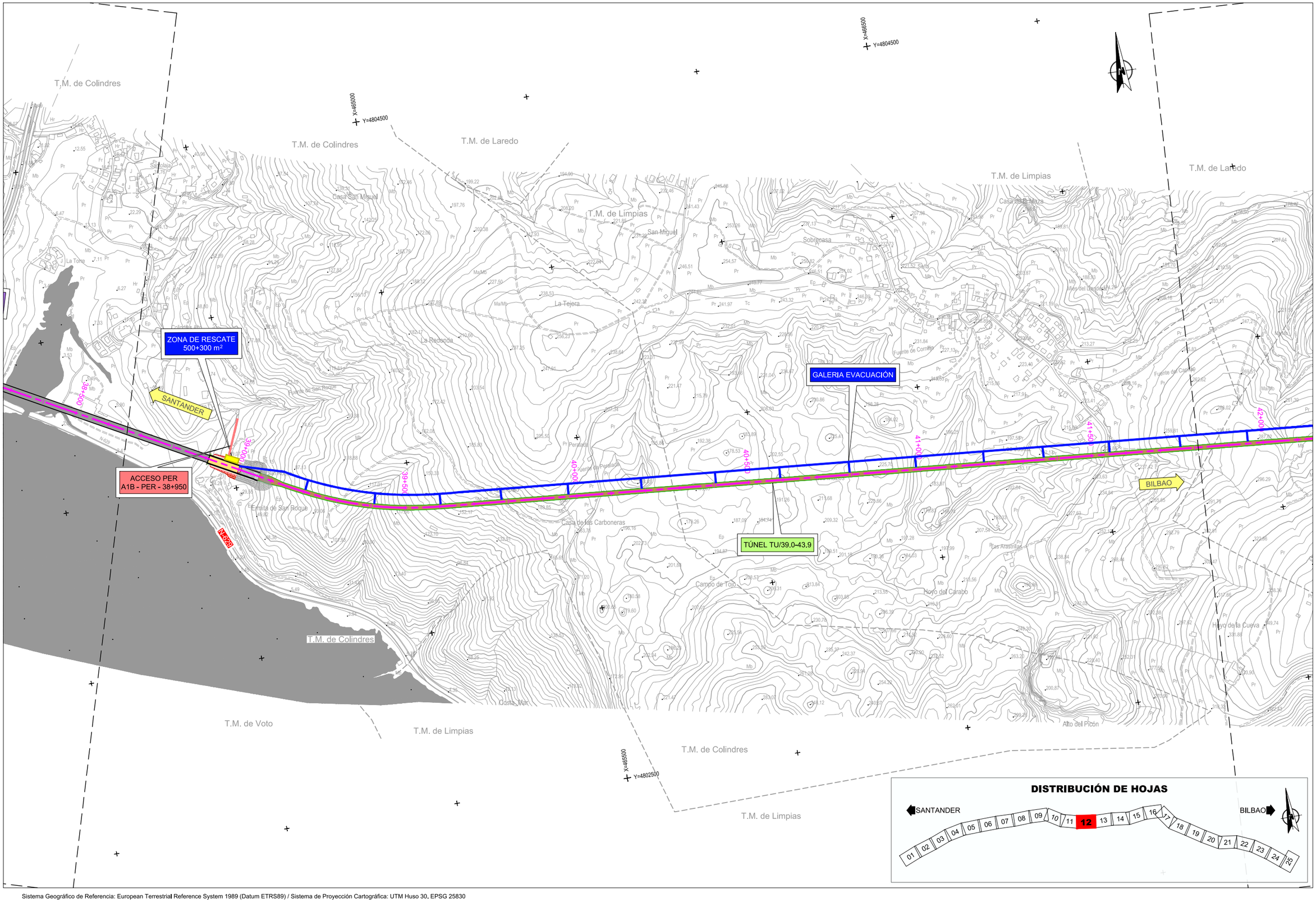
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 11 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER ← 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 **12** 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 → BILBAO

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

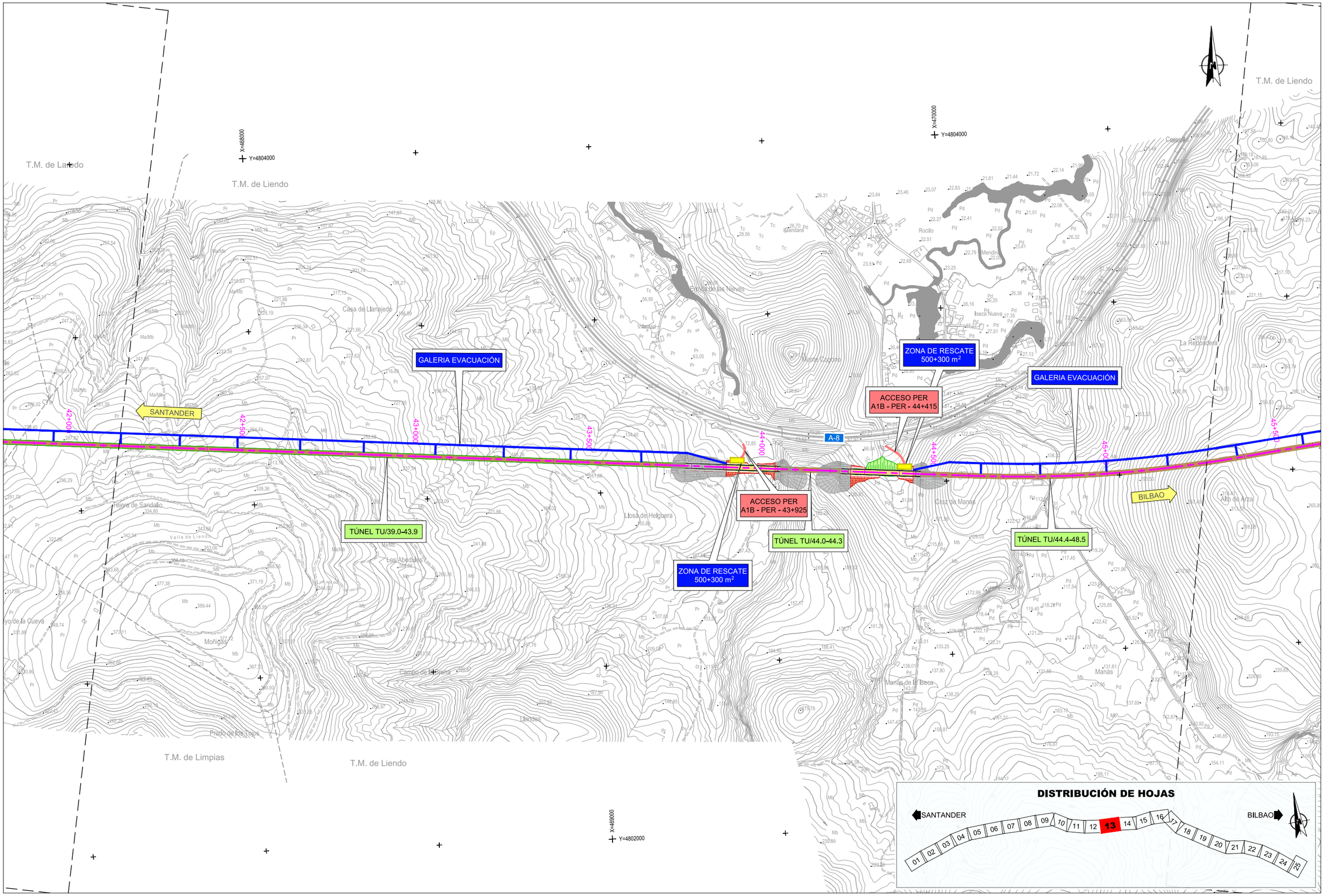
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES: wsp sener

ESCALA ORIGINAL: 1:5.000 (0 50 150 250m)
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO: 1
HOJA 12 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30, EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

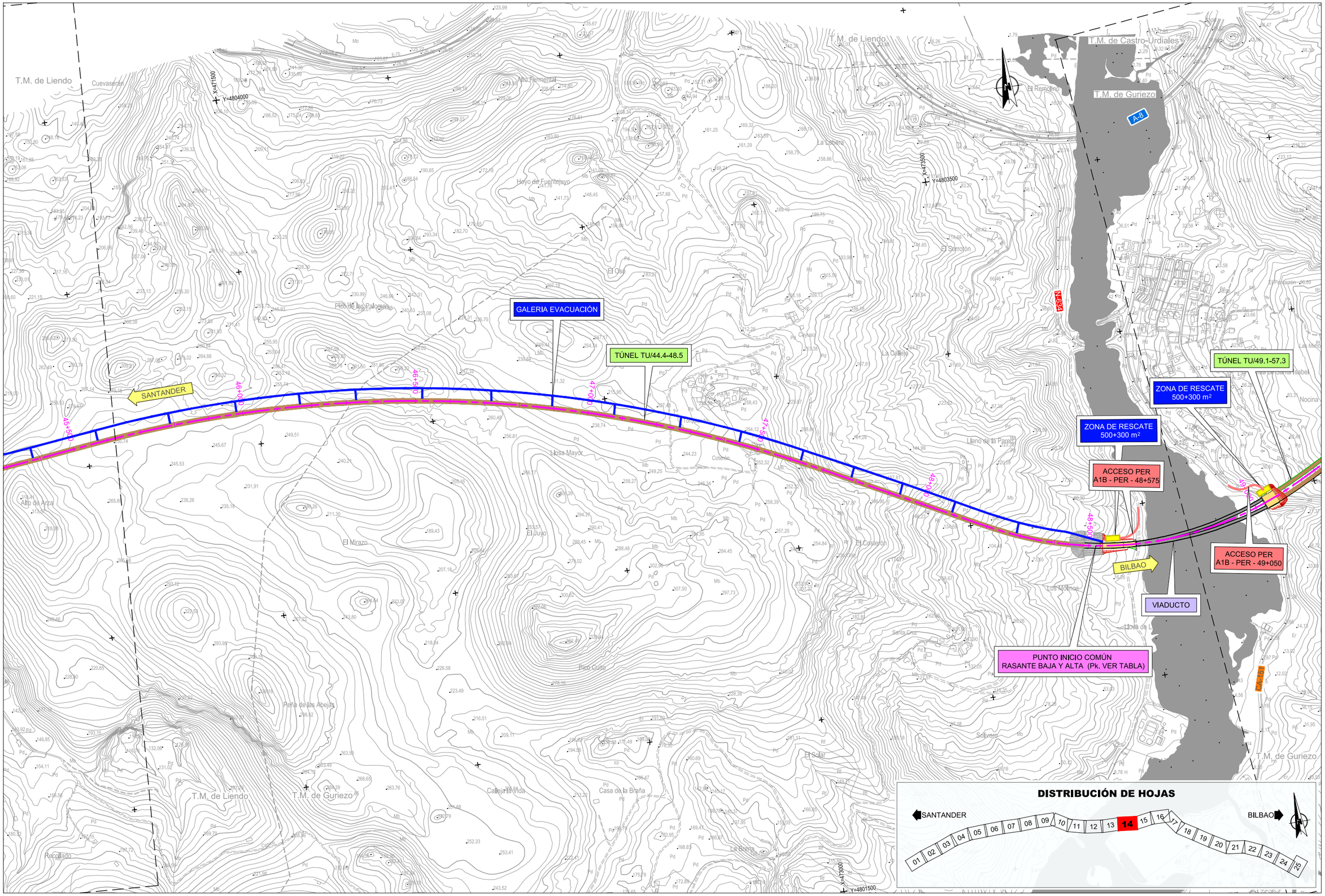
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 13 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 14 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T.M. de Castro-Urdiales

T.M. de Guriezo

A-8

X=475000

Y=4803500

X=477000

Y=4804000

Alto de Cerredo

Las Rozadas

El Pontarrón

Gabel

Las Mimbres

Nocina

Prado Justo

Casa de la Junquera

Solamaza

La Carrera

Los Casares

Linares

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

TÚNEL TU/49.1-57.3

VIADUCTO

ACCESO PER
A1B - PER - 49+050

SANTANDER

BILBAO

49+500

50+000

50+500

51+000

51+500

52+000

52+500

X=476500

Y=4802000

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER

BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 **15** 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE

DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:

ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:

wsp sener

ESCALA ORIGINAL:

1:5.000

0 50 150 250m

Numérica: DIN A-1

Gráfica:

Nº DE PLANO:

1

HOJA 15 DE 25

TITULO DEL PLANO:

ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 16 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T.M. de Castro-Urdiales

T.M. de Castro-Urdiales

T.M. de Castro-Urdiales

N-634

A-8

SANTANDER

BILBAO

TÚNEL TU/49.1-57.3

TÚNEL TU/58.0-59.6

ZONA DE RESCATE
500+300 m

ZONA DE RESCATE
500+300 m

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

ACCESO PER
A1B - PER - 57+375

ACCESO PER
A1B - PER - 58+025

CRUCE AUTOVIA A-8
PK. 58+583

CA-4230

CA-4231

Monumento al Sagrado Corazón

Las Cuevas

Finca Casilda Iturriza

Brazomar

La Loma

La Serna

Mioño

La Rompida

Ilsa Arias

La Somra

Ventorrillo

La Cuadra

Llantera

Camino

Monte Pino

Alto de Campo Pozo

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER

BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

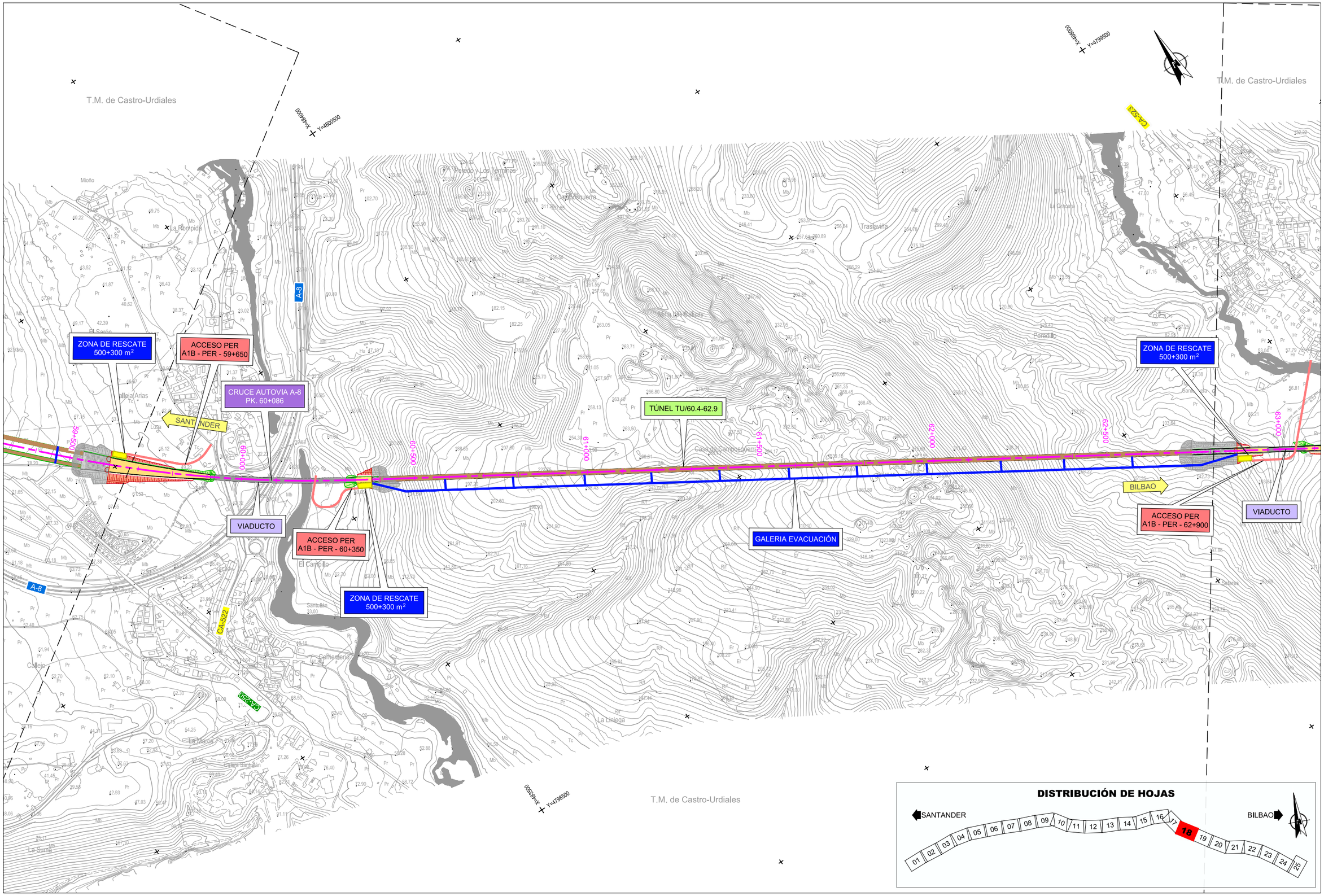
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 17 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 18 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

CANTABRIA
T.M. de Castro-Urdiales

PAIS VASCO
BIZKAIA
T.M. de Muskiz

T.M. de Castro-Urdiales

X=480000
Y=4797500

X=480000
Y=4798500

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

SANTANDER

63+000

63+500

ACCESO PER
A1B - PER - 63+700

64+000

64+500

TÚNEL TU/63.8-68.1

65+000

65+500

66+000

69+500

BILBAO

VIADUCTO

VIADUCTO

TÚNEL TU/63.3-63.4

VIADUCTO

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

GALERIA EVACUACIÓN

PUNTO FINAL COMÚN
RASANTE BAJA Y ALTA (Pk. VER TABLA)

CA-6224

El Haya

Ballezana

Dilo

Las Calizas

Los Terradenes

Calle La Verde

Los Pinos

Los Tojos

Cerro Poza

Los Canos

Rebollar

Villanueva

El Castillo

La Cadena

Carrascal

Peña Amarilla

Fuente Blanca

Sumidero

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 **19** 20 21 22 23 24 25

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

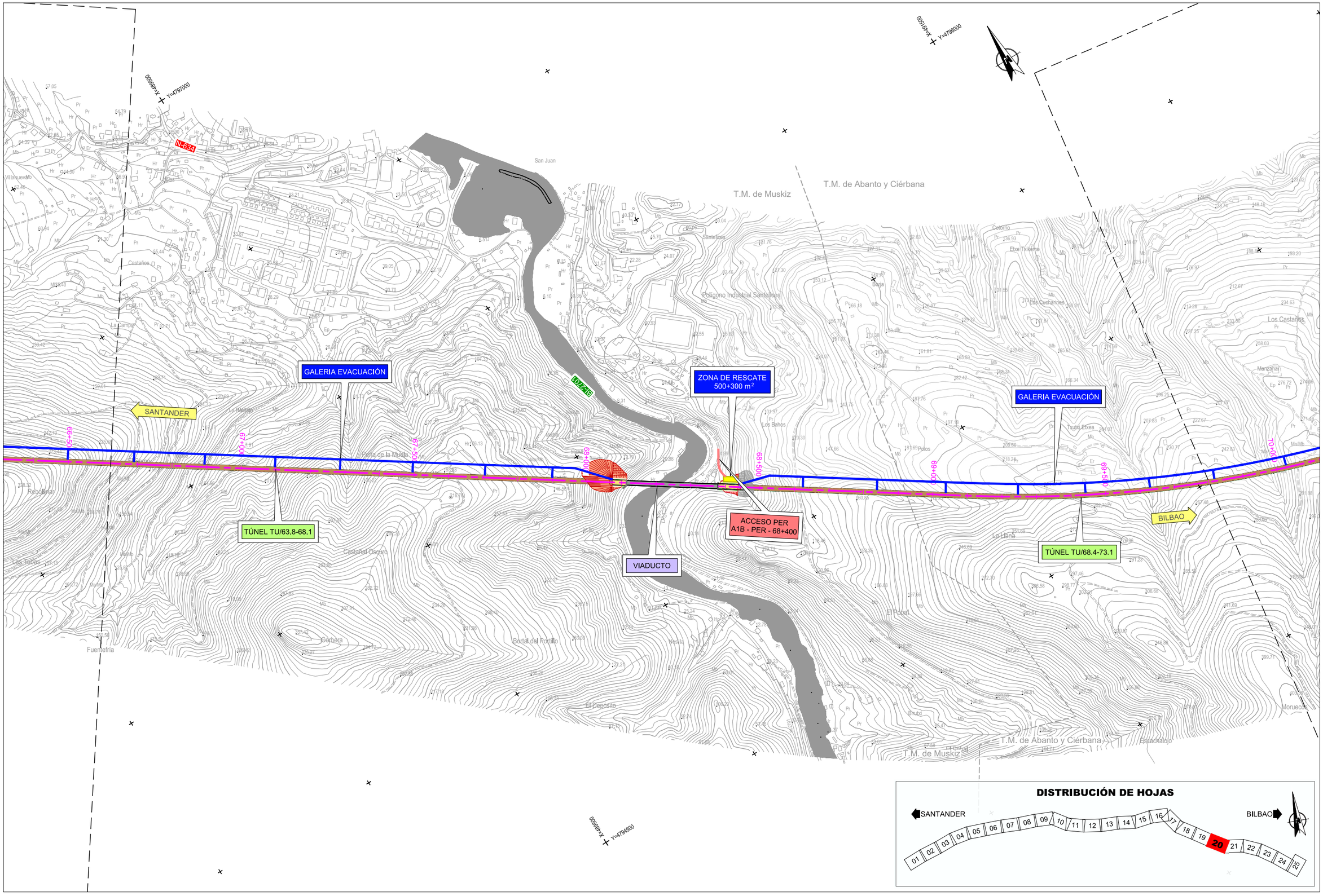
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 19 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

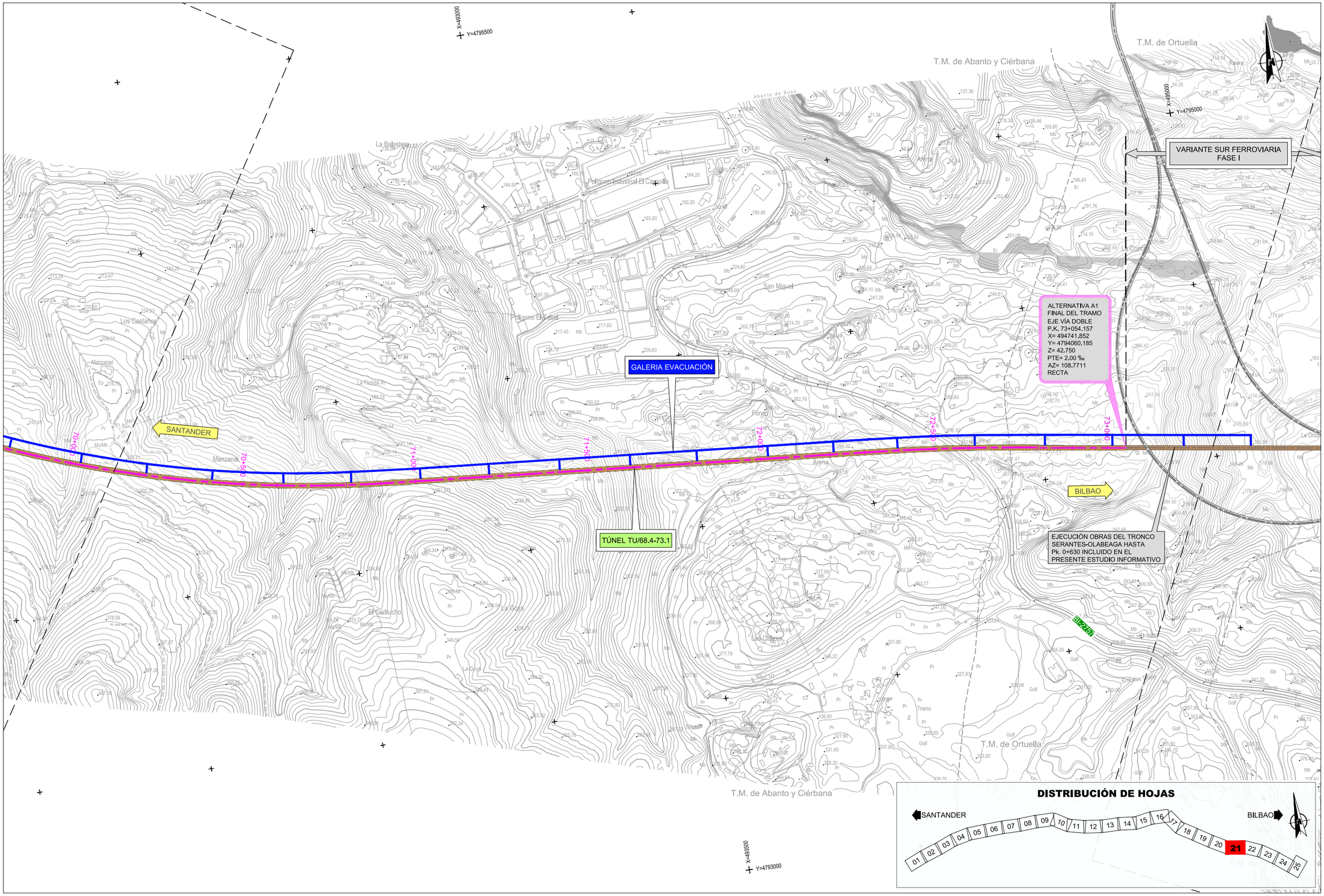
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 20 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

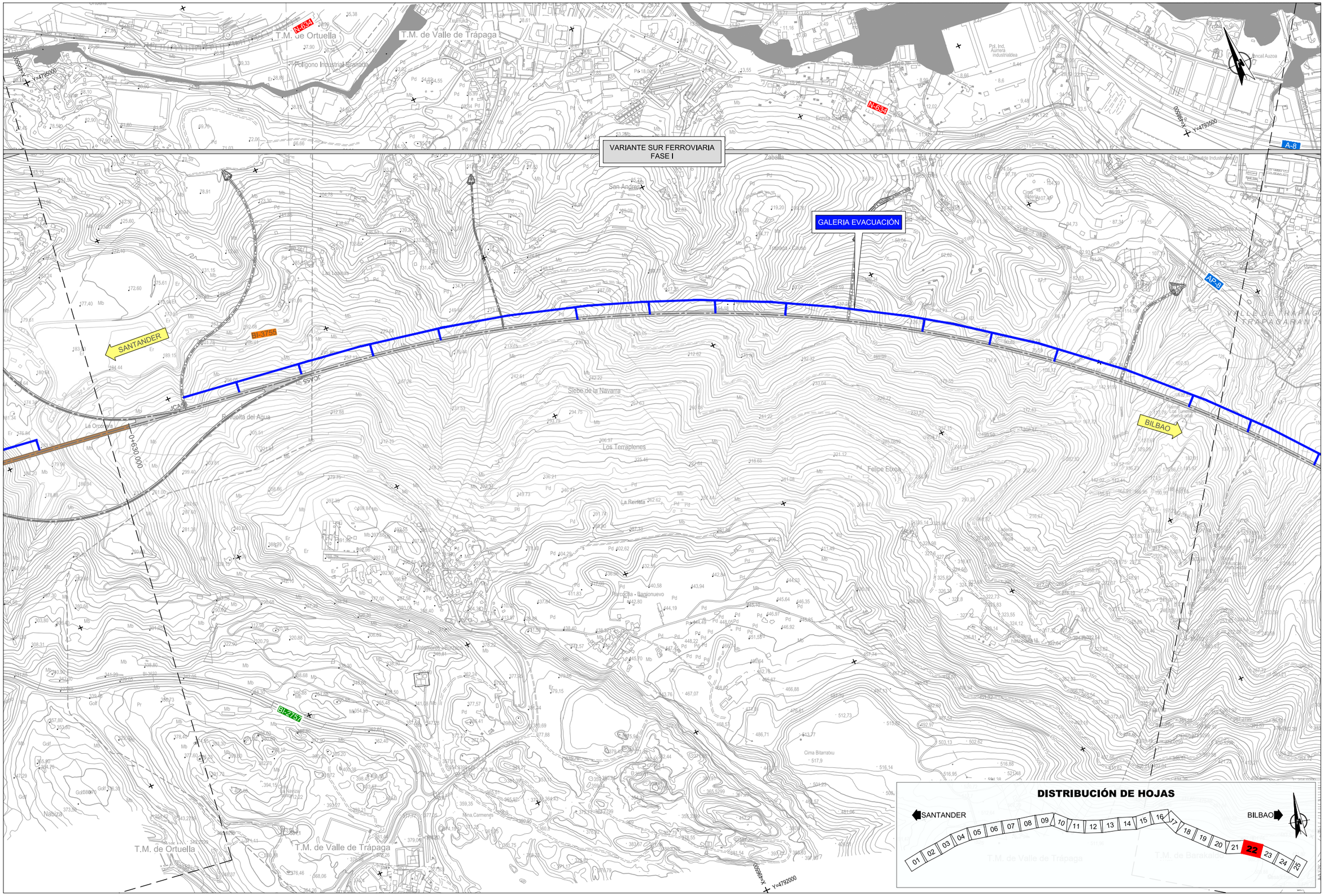
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 21 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

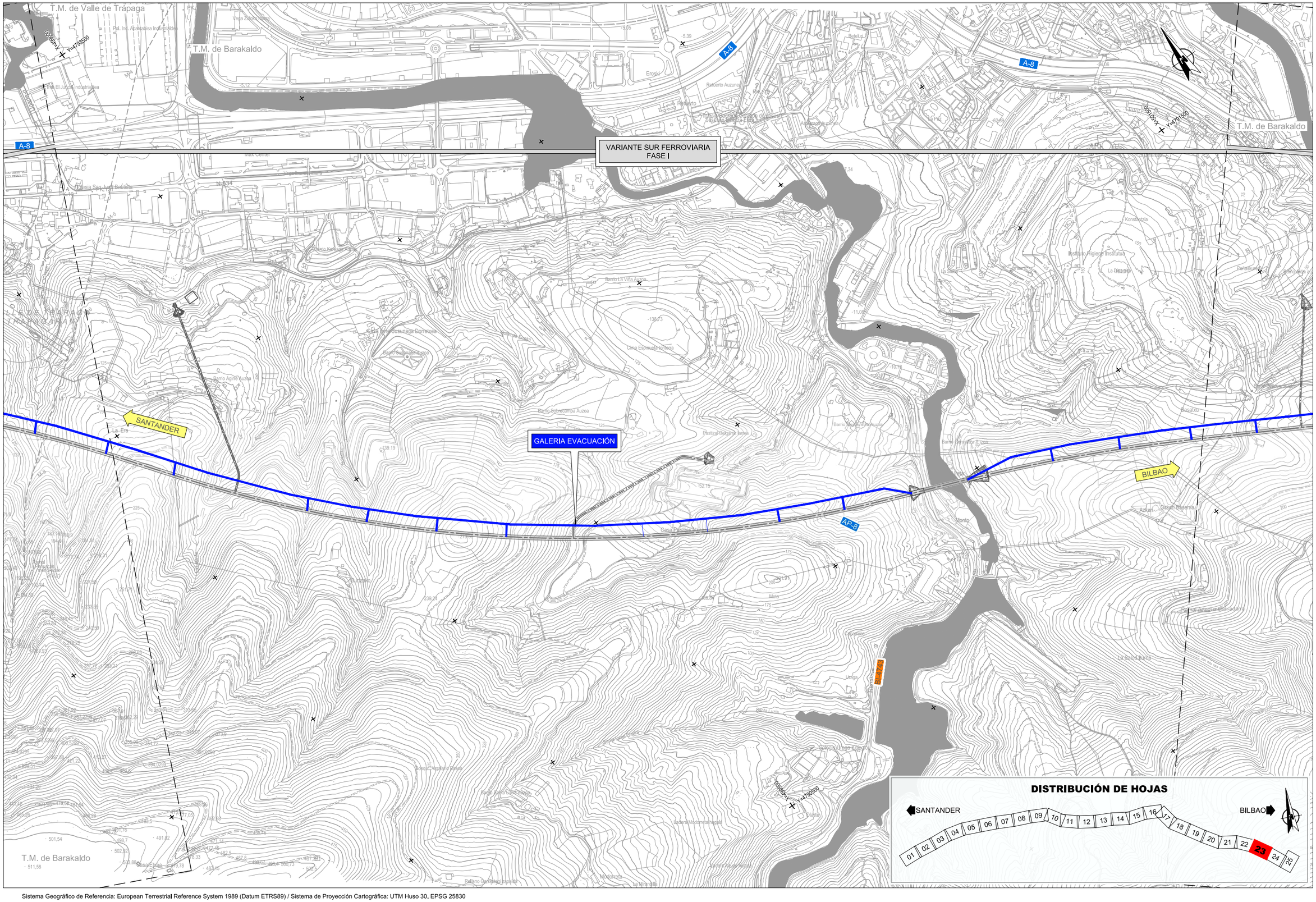
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 22 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

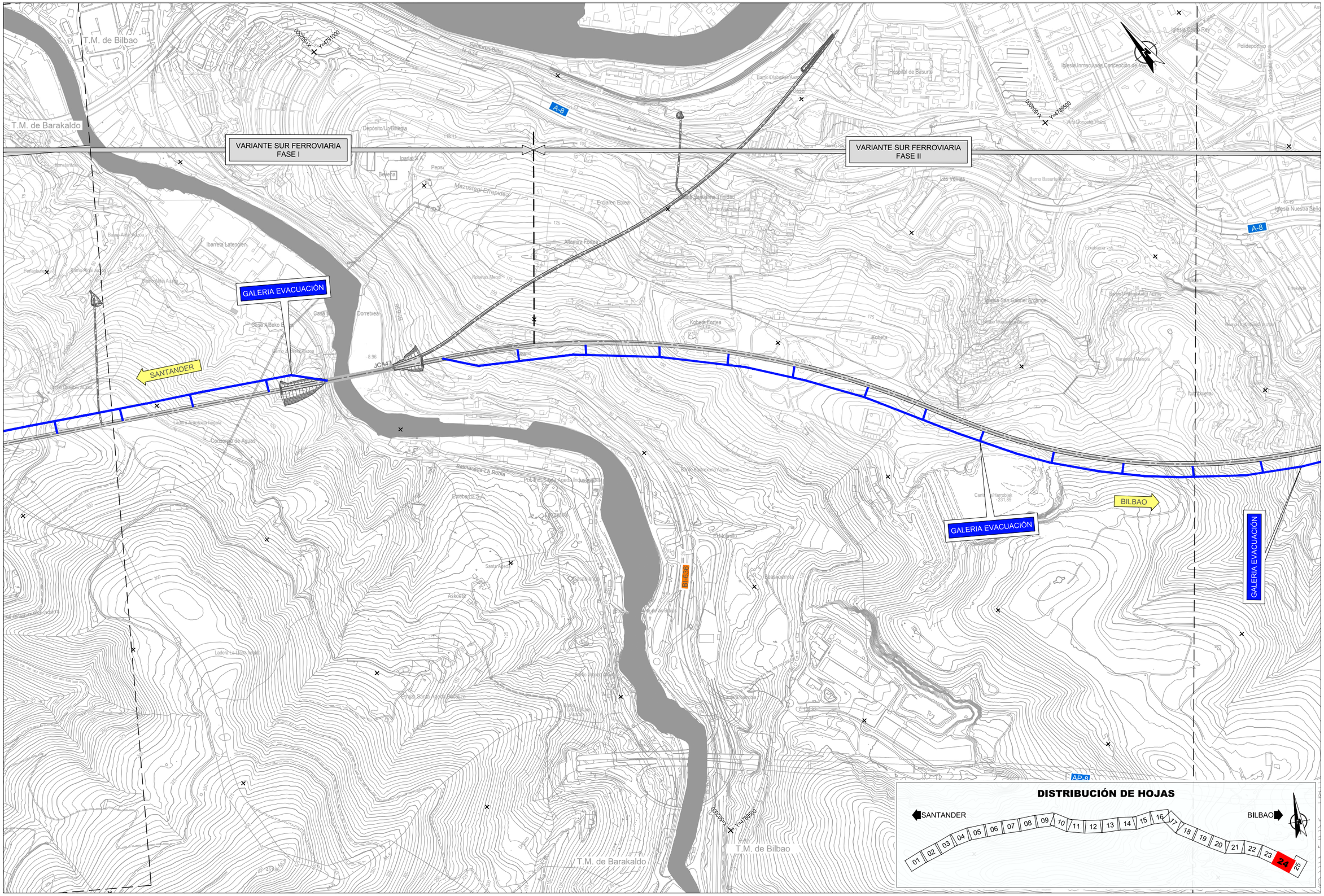
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 23 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 24 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

GALERIA EVACUACIÓN

SANTANDER

VARIANTE SUR FERROVIARIA. FASE II

VITORIA

T.M. de Bilbao

T.M. de Bilbao

AP-8

A-8

X=505500
Y=4787500

X=505500
Y=4787000

20+000

20+500

21+000

21+500

22+000

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER

BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
1
HOJA 25 DE 25

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

ALTERNATIVA C1
INICIO DEL TRAMO
EJE VÍA DOBLE
P.K. 0+000.000
X= 429502.854
Y= 4804017.512
Z= 24.262
PTE= 5.40 ‰
AZ= 260.5272
RECTA

REPOSICIÓN DE VÍA DERECHA
VER PLANOS 2.4.3

TÚNEL TU/01.8-02.4

PALENCIA

SANTANDER

BILBAO

F.C. PALENCIA - SANTANDER

N-623

CA-142

S-20

0+000

0+500

1+000

1+500

2+000

2+500

3+000

3+500

T. M. de Camargo

T. M. de Piélagos

T. M. de Villaescusa

Pozón de la Dolores

Barrio de Clanca

Estación de Parbayón

Parbayón

Barrio de Solia

Solia

Entrecanales

Chamoscón

Mugardo

Los Avellanales

Barrio Concha Cerdeña

Canal

X=427500
Y=4803500

X=429500
Y=4804500

X=425500
Y=4802000

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER ← 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 → BILBAO

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

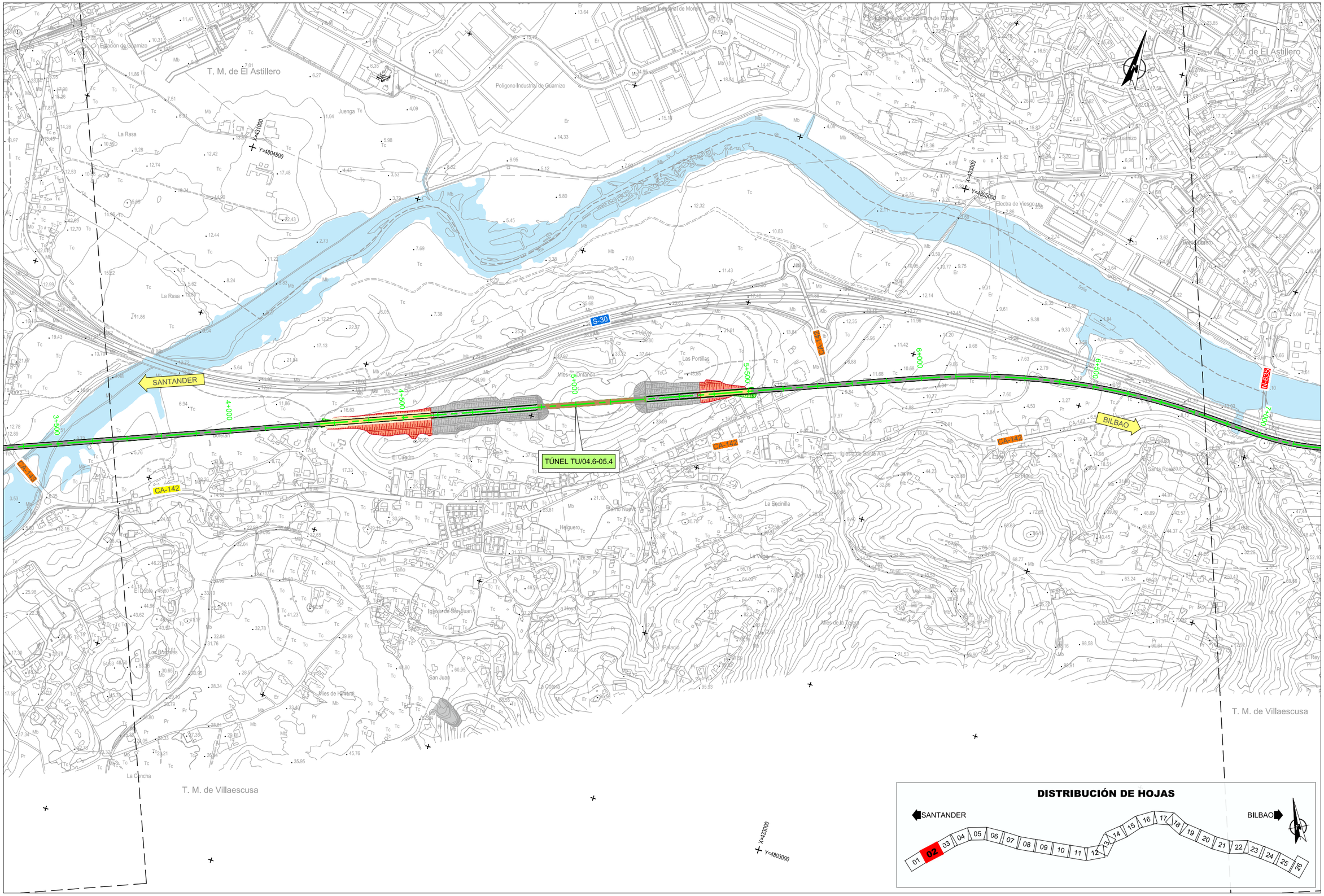
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES: wsp sener

ESCALA ORIGINAL: 1:5.000 (0 50 150 250m)
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO: 2
HOJA 01 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

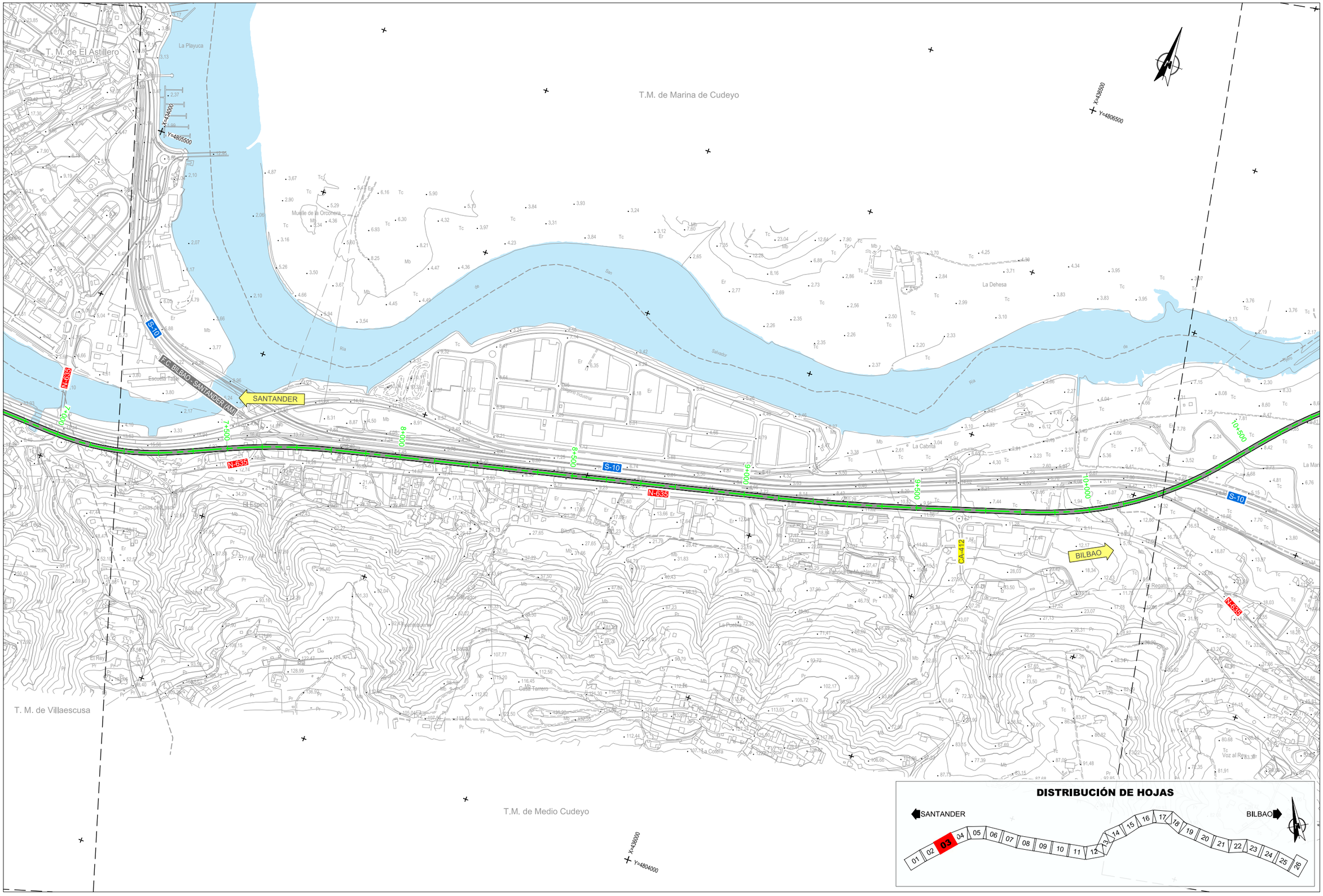
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 02 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER ← 01 02 **03** 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 → BILBAO

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

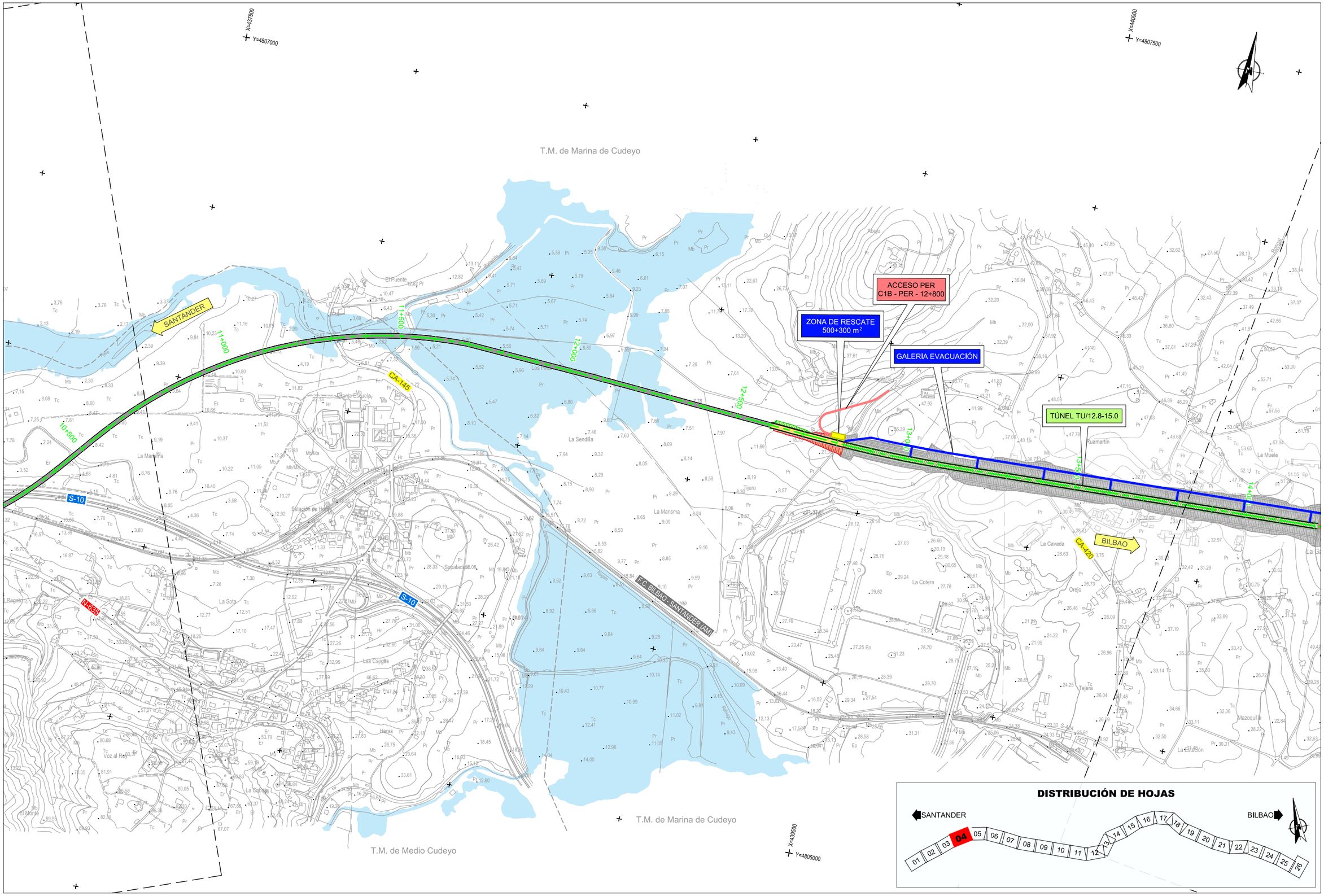
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 03 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

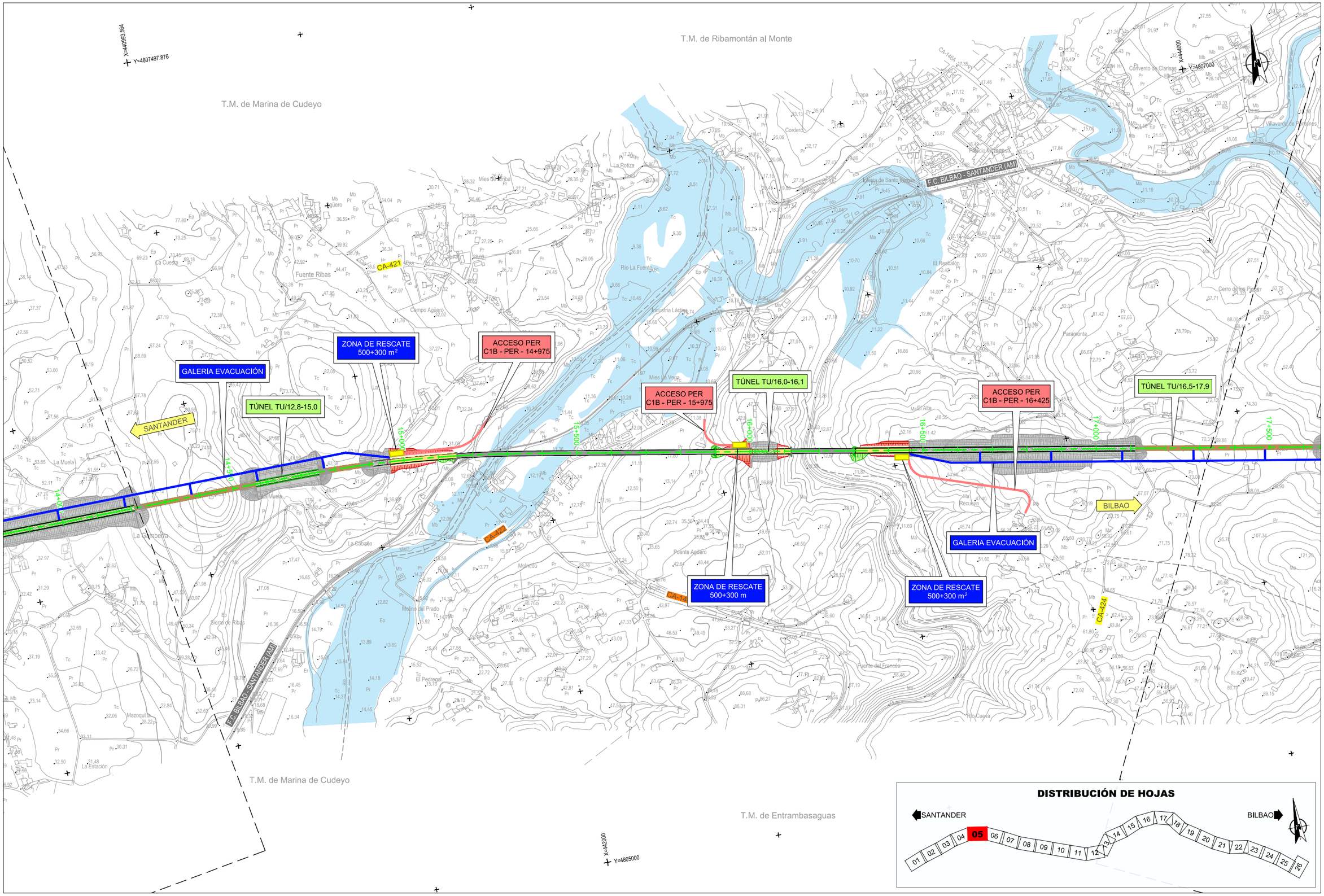
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 04 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

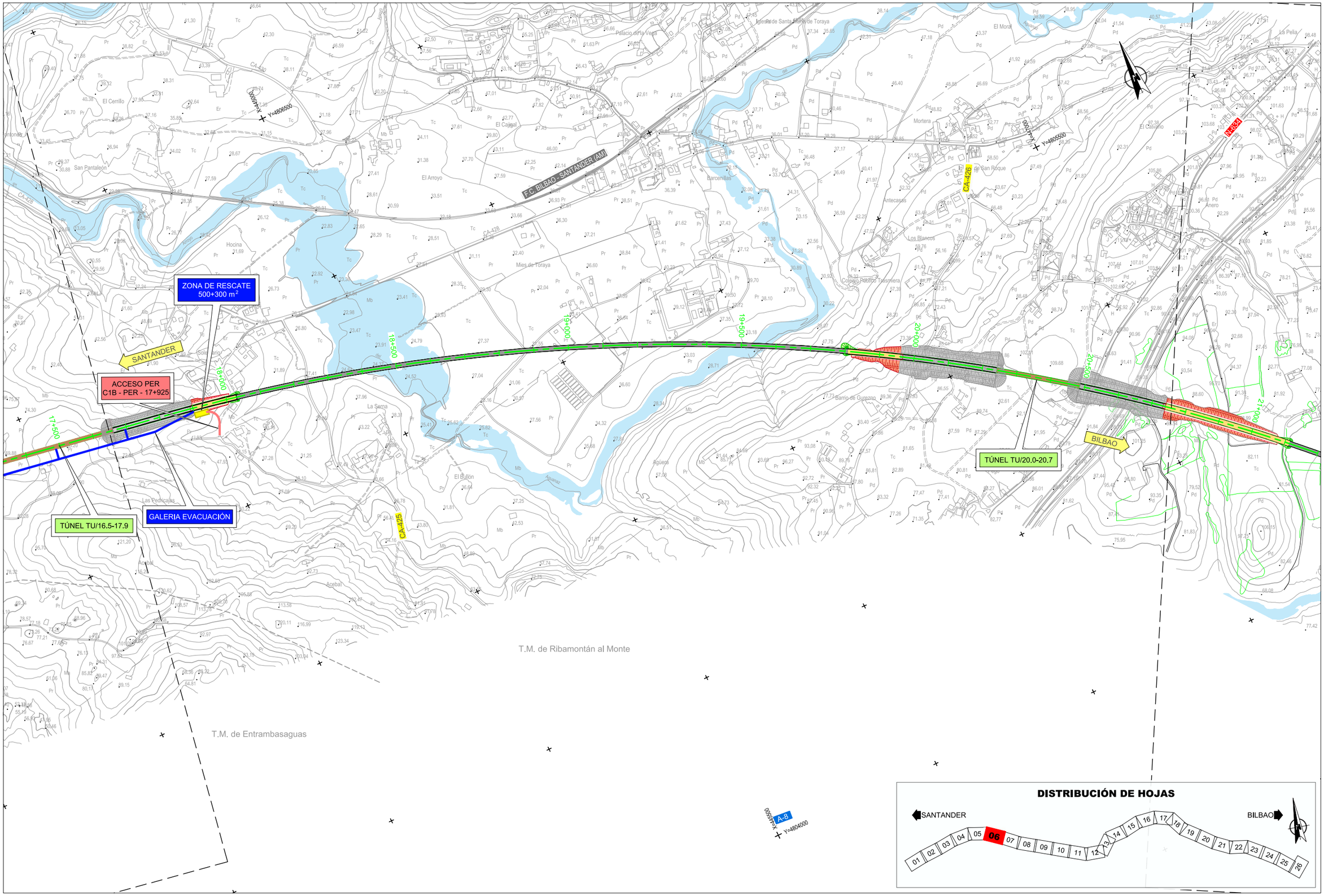
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 05 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER ← 01 02 03 04 05 **06** 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 → BILBAO

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

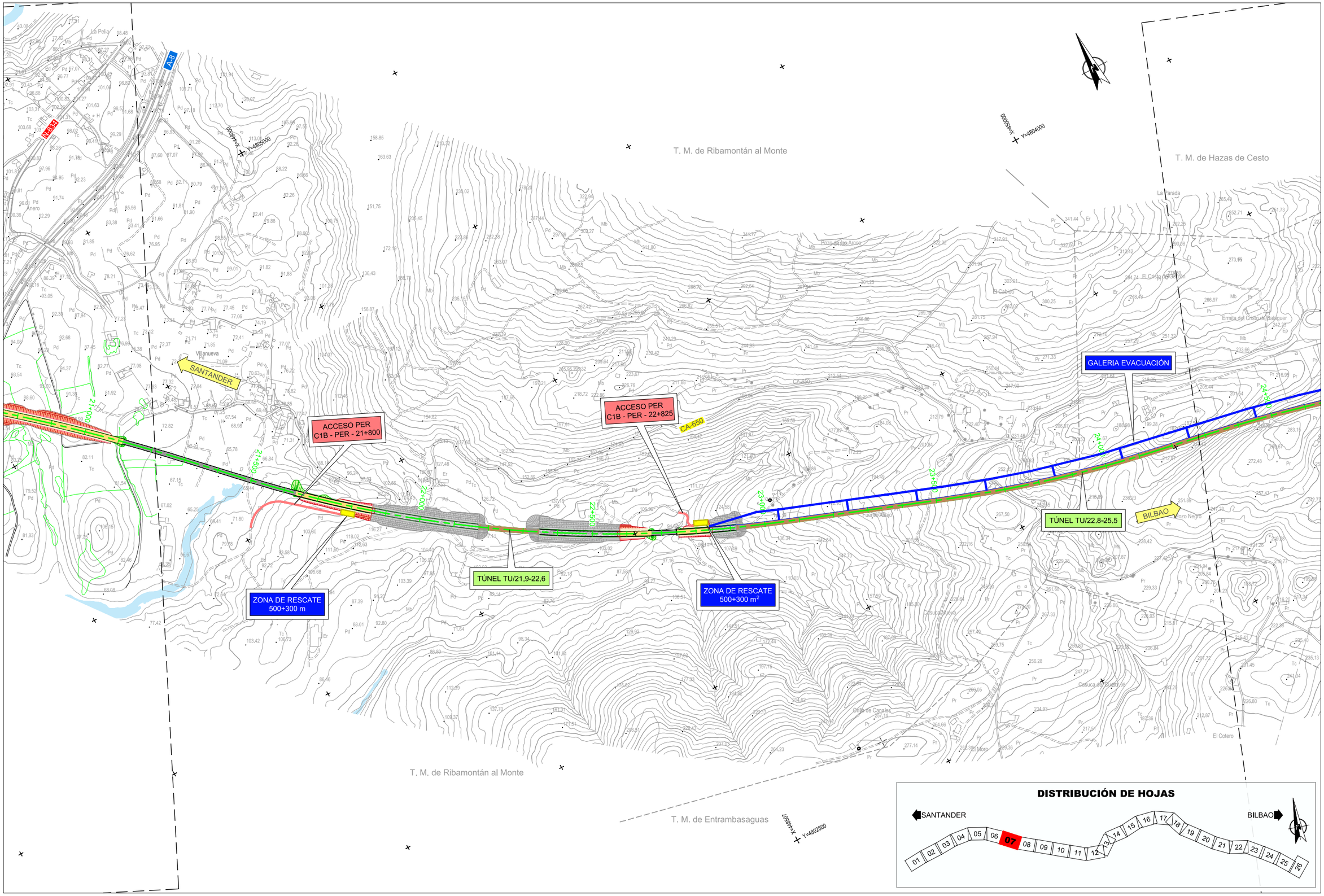
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES: wsp sener

ESCALA ORIGINAL: 1:5.000 (0 50 150 250m)
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO: 2
HOJA 06 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | **07** | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES: wsp sener

ESCALA ORIGINAL: 1:5.000 (0 50 150 250m)
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO: 2
HOJA 07 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T. M. de Hazas de Cesto

T. M. de Solórzano

T. M. de Entrambasaguas

X=451000 Y=4803500

X=453500 Y=4802500

X=451000 Y=4801500

SANTANDER

BILBAO

TÚNEL TU/22.8-25.5

GALERIA EVACUACIÓN

ZONA DE RESCATE 500+300 m²

ACCESO PER C1B - PER - 25+475

ZONA DE RESCATE 500+300 m²

GALERIA EVACUACIÓN

TÚNEL TU/27.5-31.4

ACCESO PER C1B - PER - 27+450

24+500

25+000

25+500

26+000

26+500

27+000

27+500

28+000

Solórzano

Ermita del Cristo de Salsaller

Parada

El Callejo

Centana

La Peña

La Helguera

Ermita de San Sebastián

La Llana

El Regato

La Quemada

Sierra Sabanas

El Campo

Campo Las Pozas

La Revollona

Caminos Cruzados

El Tomo

Huerta del Rey

CA-675

CA-673

CA-2751

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 **08** 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE

DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:

ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES: wsp sener

ESCALA ORIGINAL: 1:5.000 (0 50 150 250m)

Numérica: DIN A-1

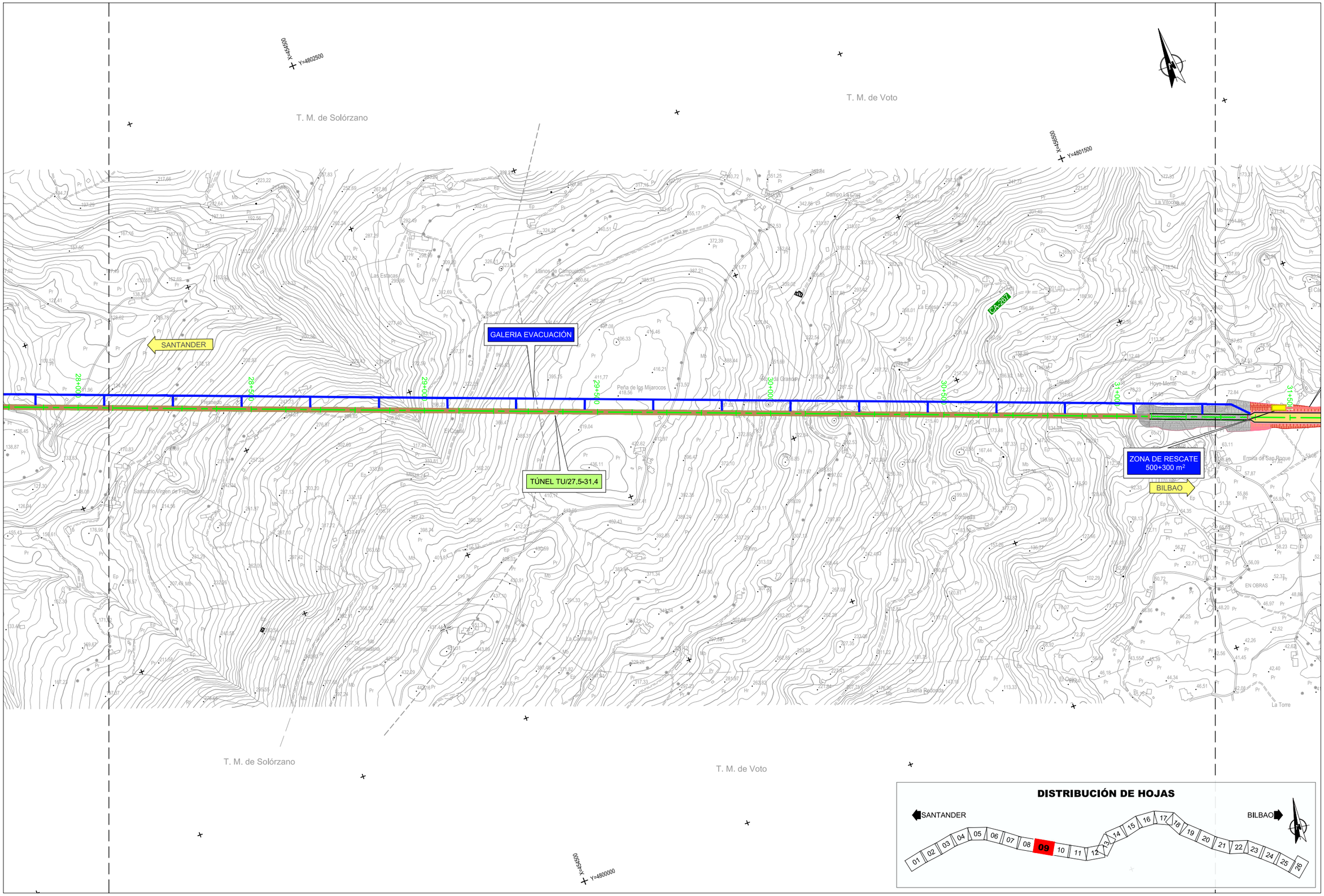
Gráfica:

Nº DE PLANO: 2

HOJA 08 DE 26

TITULO DEL PLANO:

ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

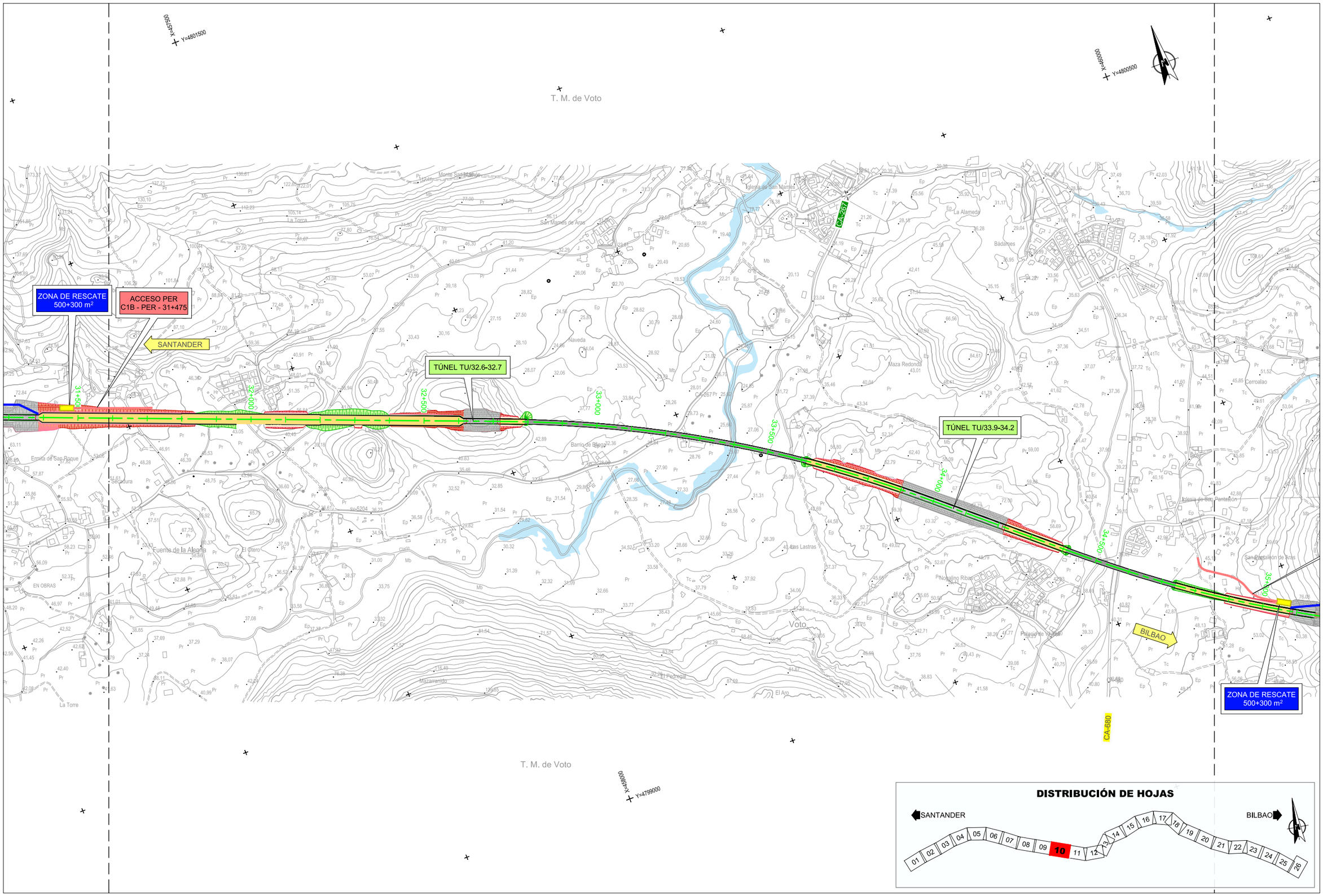
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 09 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER ← 01 02 03 04 05 06 07 08 09 **10** 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 → BILBAO

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 10 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T. M. de Voto

T. M. de Ampuero

X=461000
Y=4800000

X=480000
Y=4799500

CA-682

CA-683

ACCESO PER
C1B - PER - 35+050

SANTANDER

BILBAO

TÚNEL TU/35.1-39.8

GALERIA EVACUACIÓN

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

35+000
35+500
36+000
36+500
37+000
37+500
38+000
38+500

Monte de Retamas
Alto de la Bermilla
La Cabezuela
La Peñanina
Tania
Monte de la Iglesia
Covachera
La Callega
La Cabañuja
Hoces Grandes
Cerroalao
Iglesia de San Andrés
Sierra Venera
Pinos Fuentes
La Simona
Quintana Rodrigo

X=461500
Y=4797500

T. M. de Voto

T. M. de Ampuero

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER ← BILBAO →

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 **11** 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30, EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 11 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T. M. de Ampuero

X=464000

Y=4799000

X=465500

Y=4799000

SANTANDER

TÚNEL TU/35.1-39.8

GALERIA EVACUACIÓN

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

ACCESO PER
C1B - PER - 39+850

TÚNEL TU/40.4-40.9

TÚNEL TU/41.3-41.4

BILBAO

CA-684

CA-685

CA-530

N-629a

N-629a

Ampuero

Rasines

T. M. de Ampuero

T. M. de Ras

X=465000

Y=4797000

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 **12** 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE

DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:

ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:

wsp sener

ESCALA ORIGINAL:

1:5.000

0 50 150 250m

Numérica: DIN A-1

Gráfica:

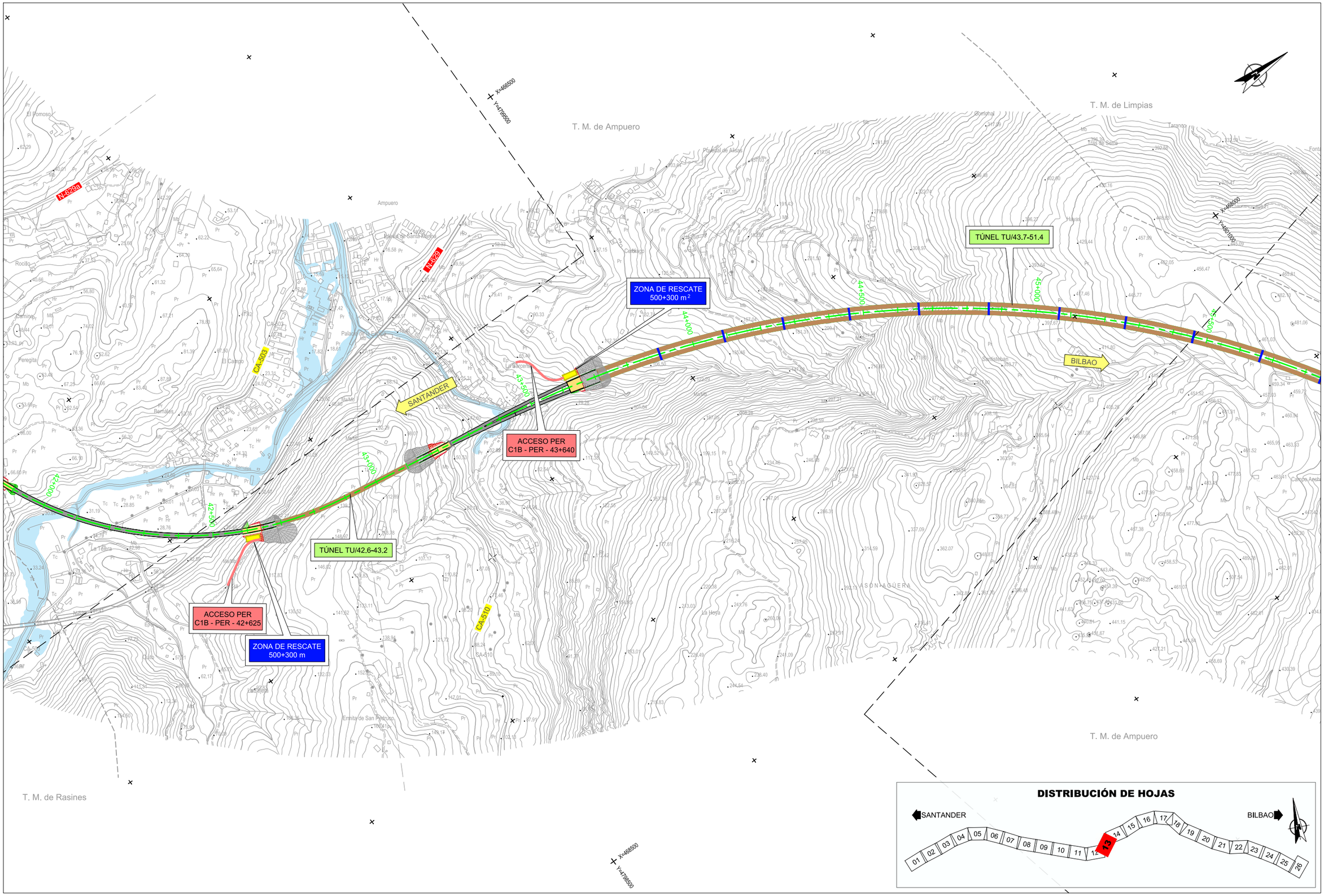
Nº DE PLANO:

2

HOJA 12 DE 26

TITULO DEL PLANO:

ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 13 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T. M. de Liendo

T. M. de Liendo

T. M. de Guriezo

T. M. de Ampuero

TÚNEL TU/43.7-51.4

SANTANDER

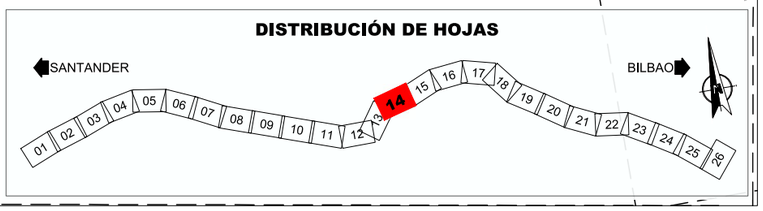
BILBAO

X=468500
Y=4801500

X=471000
Y=4802000

45+500
46+000
46+500
47+000
47+500
48+500
49+000
49+500

Fuente del Espino
Monte
Peña del Haya
Campo Ancha
Alto de Guriezo
Monte Pozadón
Arbolado
La Parada
Repelado



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 14 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

PUNTO INICIO COMÚN
RASANTE BAJA Y ALTA (Pk. VER TABLA)

TÚNEL TU/43.7-51.4

TÚNEL TU/52.0-60.3

ACCESO PER
C1B - PER - 51+400

ACCESO PER
C1B - PER - 52+000

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

SANTANDER

BILBAO

T.M. de Guriezo

T.M. de Castro-Urdiales

A-8

P-2631

X=472500
Y=4803000

X=474000
Y=4803500

X=475500
Y=4801000

49+000
49+500
50+000
50+500
51+000
51+500
52+000
52+500

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 **15** 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

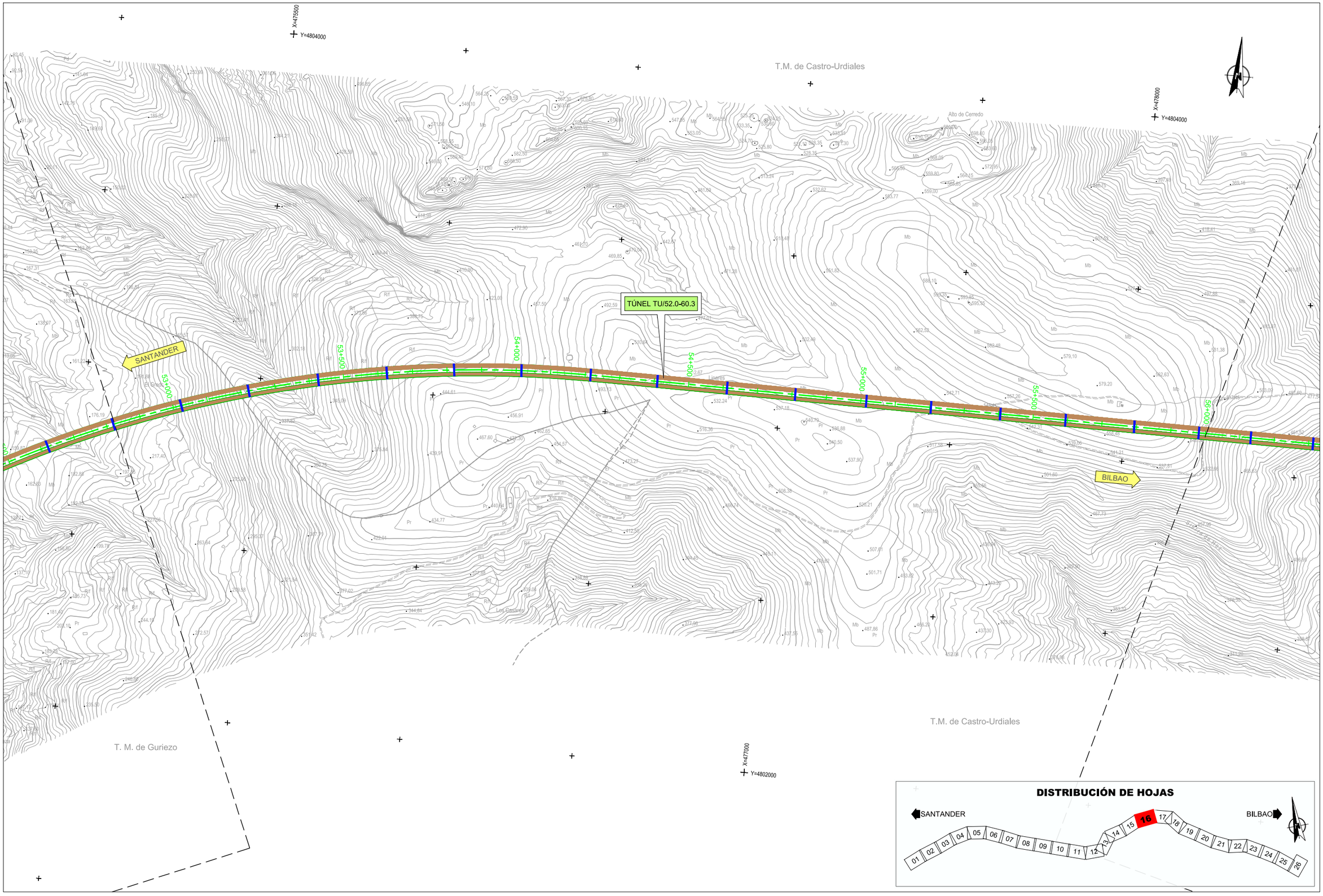
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 15 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO: 2
HOJA 16 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T.M. de Castro-Urdiales

T.M. de Castro-Urdiales

TÚNEL TU/52.0-60.3

SANTANDER

BILBAO

A-8

N-634

Alto de Campo Pozo

Las Cuevas

Monumento al Sagrado Corazón

La Fuente

Casa de Barreras

Montealegre

Cuevas

Brazomar

ZONA DE RESCATE
500+300 m

ACCESO PER
C1B - PER - 60+325

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER

BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 **17** 18 19 20 21 22 23 24 25 26

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 17 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T.M. de Castro-Urdiales

TÚNEL TU/52.0-60.3

SANTANDER

ZONA DE RESCATE 500+300 m

ACCESO PER C1B - PER - 60+325

ZONA DE RESCATE 500+300 m

ACCESO PER C1B - PER - 60+975

TÚNEL TU/61.0-62.6

ZONA DE RESCATE 500+300 m²

ACCESO PER C1B - PER - 62+600

ACCESO PER C1B - PER - 63+325

ZONA DE RESCATE 500+300 m²

BILBAO

A-8

N-634

CA-520

CA-522

69+000

60+500

61+000

61+500

62+000

62+500

63+000

63+325

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES: wsp sener

ESCALA ORIGINAL: 1:5.000 (0 50 150 250m)
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO: 2
HOJA 18 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T.M. de Castro-Urdiales

X=486000 Y=4800000

X=486500 Y=4799000

CA-523

A-8

SANTANDER

ACCESO PER C1B - PER - 63+325

ZONA DE RESCATE 500+300 m²

GALERIA EVACUACIÓN

TÚNEL TU/63.3-65.8

ZONA DE RESCATE 500+300 m²

PUNTO FINAL COMÚN RASANTE BAJA Y ALTA (Pk. VER TABLA)

ZONA DE RESCATE 500+300 m²

ACCESO PER C1B - PER - 66+700

BILBAO

TÚNEL TU/66.2-66.3

ACCESO PER C1B - PER - 65+850

CA-623

63+500

64+000

64+500

65+000

65+500

66+000

66+500

T.M. de Castro-Urdiales

X=484000 Y=4798000

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER

BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 **19** 20 21 22 23 24 25 26

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE

DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:

ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:

wsp sener

ESCALA ORIGINAL:

1:5.000

0 50 150 250m

Numérica: DIN A-1

Gráfica:

Nº DE PLANO:

2

HOJA 19 DE 26

TITULO DEL PLANO:

ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

CANTABRIA
T.M. de Castro-Urdiales

PAIS VASCO
BIZKAIA
T.M. de Muskiz

X=487500
Y=4798500

X=489000
Y=4797000

X=487000
Y=4796000

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

ACCESO PER
C1B - PER - 66+700

SANTANDER

BILBAO

GALERIA EVACUACIÓN

67+100

67+500

68+000

68+500

69+000

69+500

70+000

N-634

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30, EPSG 25830

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 **20** 21 22 23 24 25 26

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

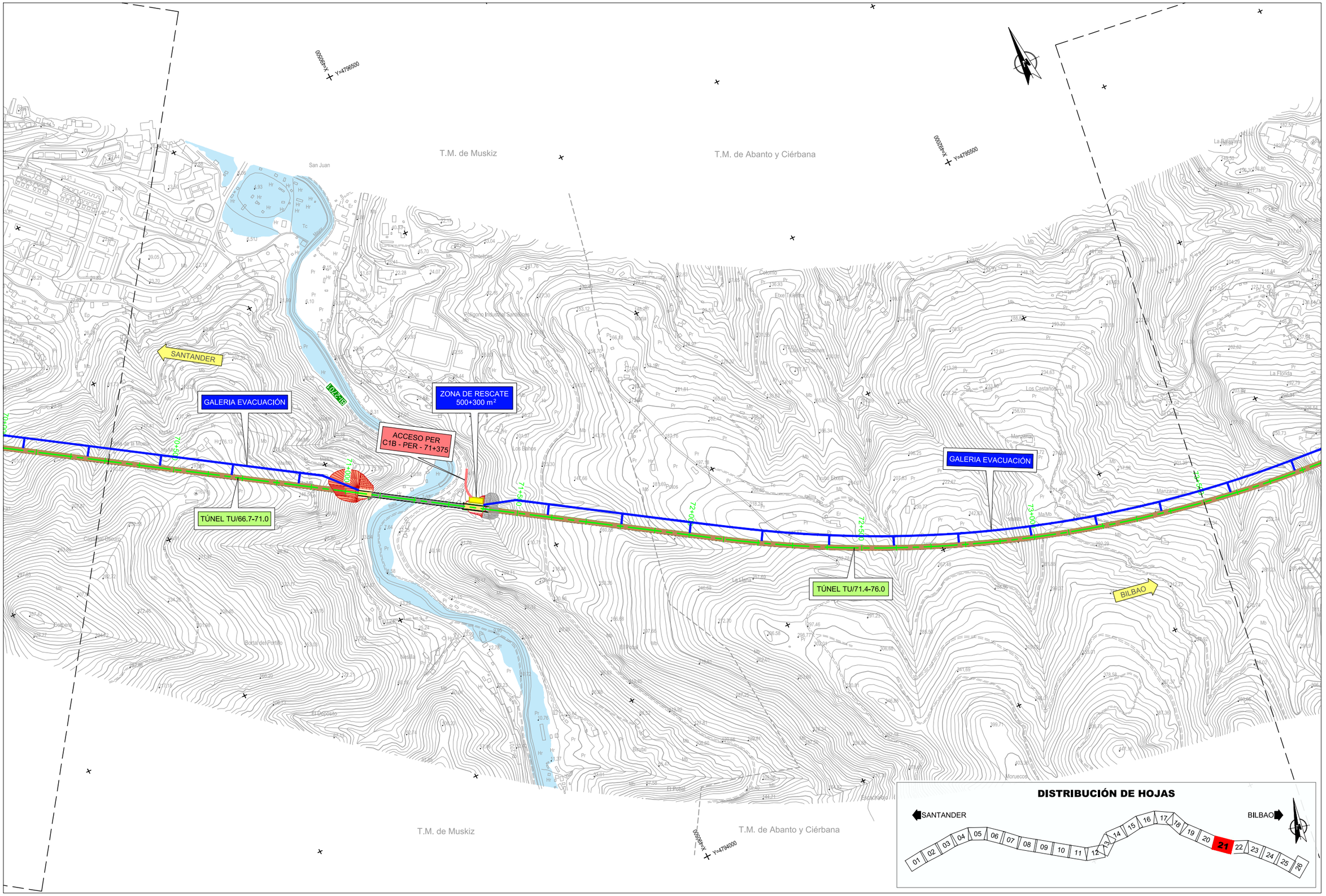
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 20 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 21 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T.M. de Abanto y Ciérbana

T.M. de Ortuella

VARIANTE SUR FERROVIARIA
FASE I

ALTERNATIVA C1
FINAL DEL TRAMO
EJE VÍA DOBLE
P.K. 76+017.544
X= 494741.852
Y= 4794060.185
Z= 42.750
PTE= 2,00 ‰
AZ= 108.7711
RECTA

EJECUCIÓN OBRAS DEL TRONCO
SERANTES-OLABEAGA HASTA
Pk. 0+630 INCLUIDO EN EL
PRESENTE ESTUDIO INFORMATIVO

SANTANDER

BILBAO

GALERIA EVACUACIÓN

TÚNEL TU/71.4-76.0

X=495500

Y=4795000

X=494000

Y=4793000

0+630,000

BI-3755

BI-2161

BI-2161

BI-2161

JCA55

JCA56

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER

BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 **22** 23 24 25 26

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30, EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 22 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

VARIANTE SUR FERROVIARIA
FASE I

GALERIA EVACUACIÓN

SANTANDER

BILBAO

T.M. de Valle de Trápaga

T.M. de Ortuella

T.M. de Barakaldo

N-634

A-8

AP-8

BI-2757

BI-3755

X=498000
Y=4795000

X=499000
Y=4795000

X=498000
Y=4792000

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 **23** 24 25 26

BILBAO

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 23 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

T.M. de Barakaldo

Trápaga

VARIANTE SUR FERROVIARIA
FASE I

A-8

AP-8

GALERIA EVACUACIÓN

GALERIA EVACUACIÓN

GALERIA EVACUACIÓN

SANTANDER

BILBAO

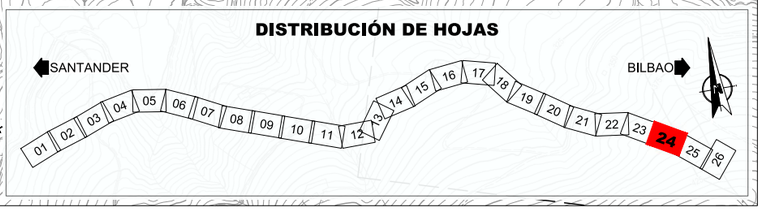
BI-4714

X=498800
Y=4793000

X=499600
Y=4791600

X=498600
Y=4790500

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

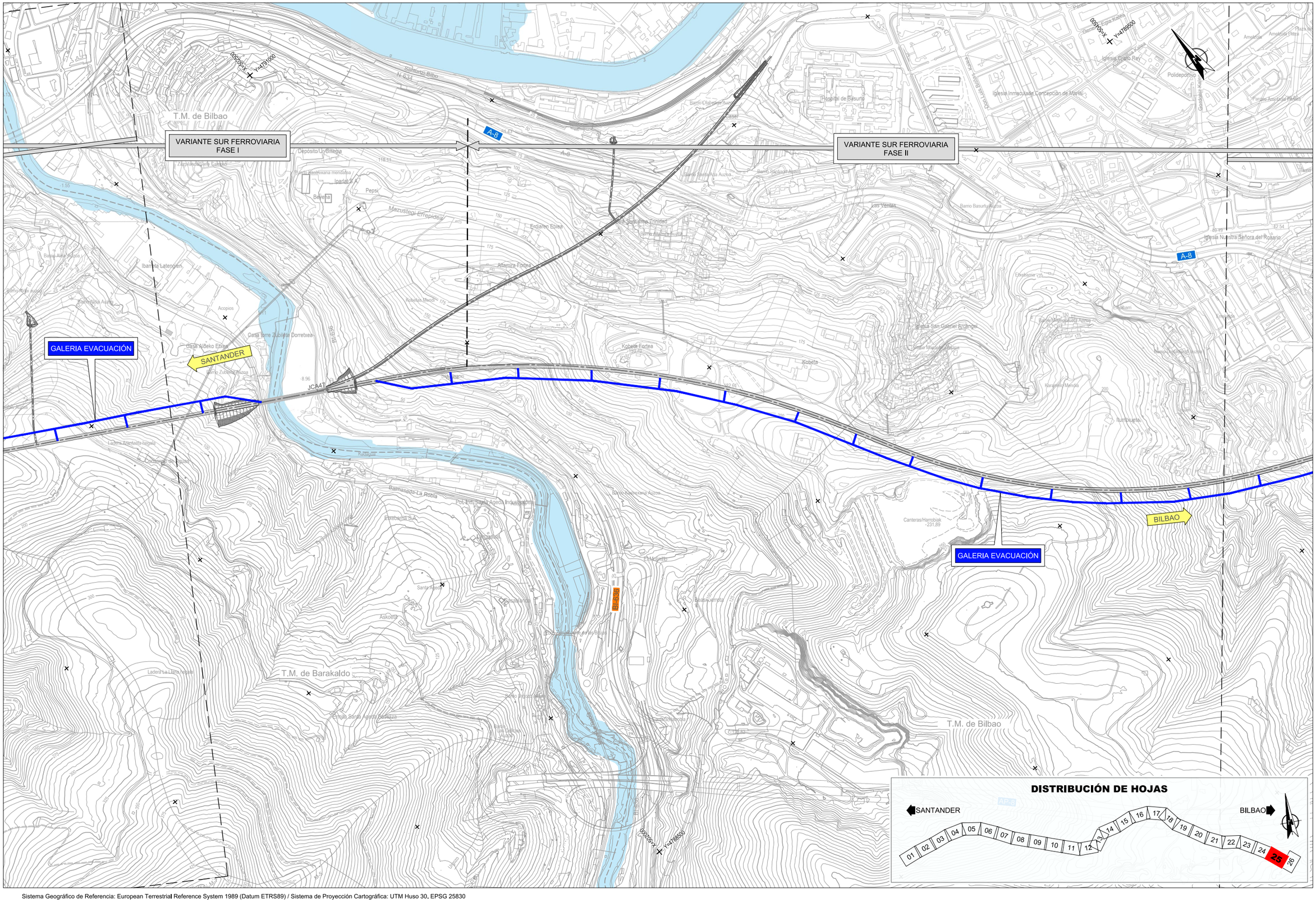
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 24 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN


VARIANTE SUR FERROVIARIA FASE I
VARIANTE SUR FERROVIARIA FASE II
GALERIA EVACUACIÓN
GALERIA EVACUACIÓN
SANTANDER
BILBAO
A-8
T.M. de Bilbao
T.M. de Barakaldo
Salburúa-Bilbo N-634
Depósito/Ur/Bilbeina
Pepsi
Mazustegi Errepidea
Ibarrola Latengoen
Acopios
Casa torre Zubieta Dorretxea
Casa Aldeko Etxea
Barrio Zubieta Auzoa
Barrio Kastrexana Auzoa
Barrio Olabeaga Auzoa
Barrio Basurto-Auzoa
Barrio Ibaiondo Auzoa
Barrio Rekalde Auzoa
Barrio Abando Auzoa
Barrio Ametzola Auzoa
Barrio Atxuri Auzoa
Barrio Zorrotza Auzoa
Barrio Asua Auzoa
Barrio Kareaga Auzoa
Barrio Larrasketa Auzoa
Barrio Elexalde Auzoa
Barrio Matiko Auzoa
Barrio Ugarte Auzoa
Barrio Lutxana Auzoa
Barrio Sondikalde Auzoa
Barrio Ortuella Auzoa
Barrio Retuerto Auzoa
Barrio Cruces Auzoa
Barrio Santa Ana Auzoa
Barrio Pagazaga Auzoa
Barrio Basurto Auzoa
Barrio Urbinaga Auzoa
Barrio Kastrexana Auzoa
Barrio Arbuio Auzoa
Barrio Las Llanas Auzoa
Barrio Ansio Auzoa
Barrio Retuerto Auzoa
Barrio Cruces Auzoa
Barrio Santa Ana Auzoa
Barrio Pagazaga Auzoa
Barrio Basurto Auzoa
Barrio Urbinaga Auzoa
Barrio Kastrexana Auzoa
Barrio Arbuio Auzoa
Barrio Las Llanas Auzoa
Barrio Ansio Auzoa
Ibaiondo Auzoa
Rekalde Auzoa
Abando Auzoa
Atxuri Auzoa
Zorrotza Auzoa
Matiko Auzoa
Ugarte Auzoa
Lutxana Auzoa
Sondikalde Auzoa
Ortuella Auzoa
Retuerto Auzoa
Cruces Auzoa
Santa Ana Auzoa
Pagazaga Auzoa
Basurto Auzoa
Urbinaga Auzoa
Kastrexana Auzoa
Arbuio Auzoa
Las Llanas Auzoa
Ansio Auzoa
Retuerto Auzoa
Cruces Auzoa
Santa Ana Auzoa
Pagazaga Auzoa
Basurto Auzoa
Urbinaga Auzoa
Kastrexana Auzoa
Arbuio Auzoa
Las Llanas Auzoa

GALERIA EVACUACIÓN

VARIANTE SUR FERROVIARIA. FASE II

SANTANDER

BILBAO

VITORIA

AP-8

A-8

T.M. de Bilbao

20+000

20+500

21+000

1+000

0+500

0+000

X=504000
Y=4781000

X=505500
Y=4780000

X=506500
Y=4781500

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 **26**

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

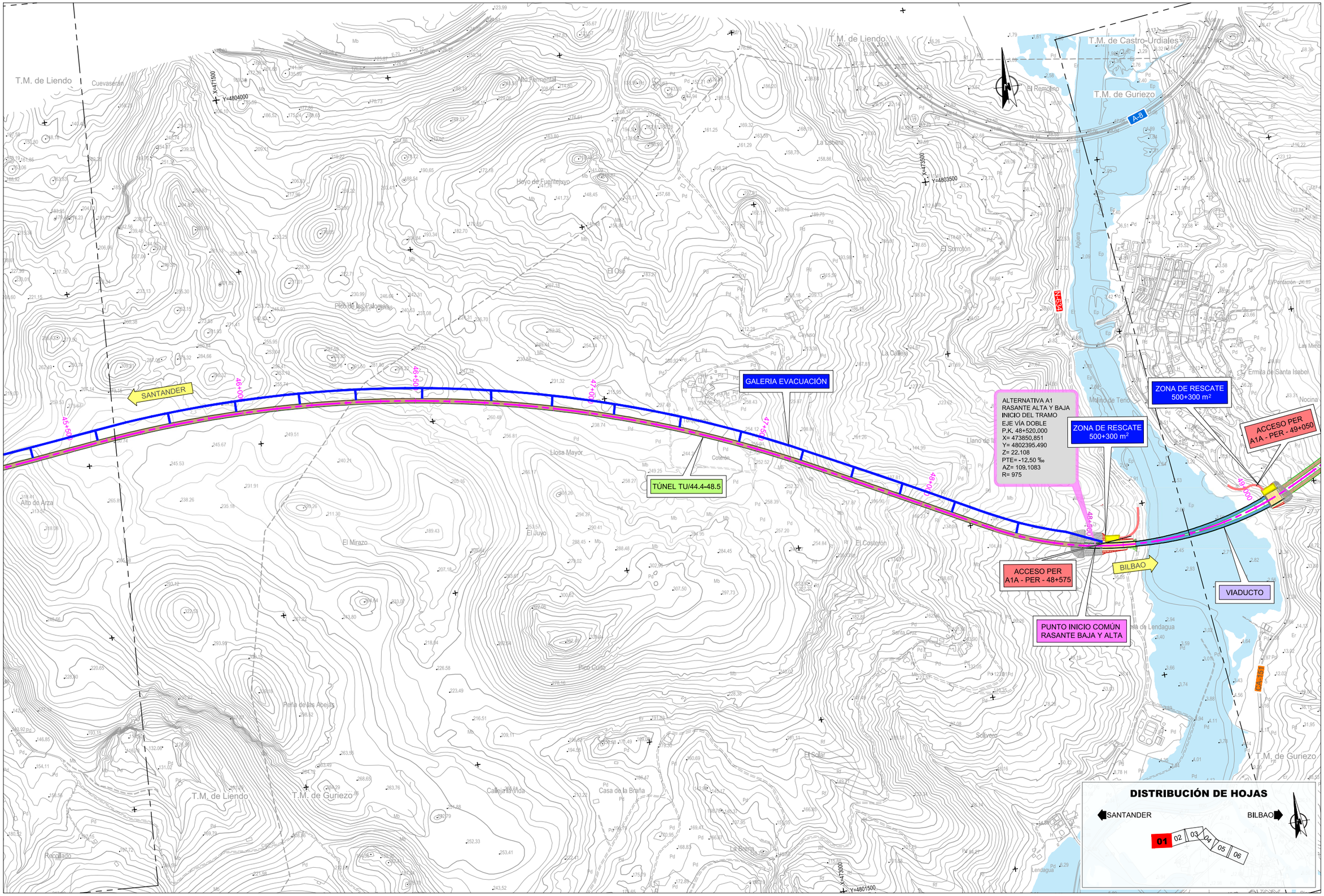
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
2
HOJA 26 DE 26

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

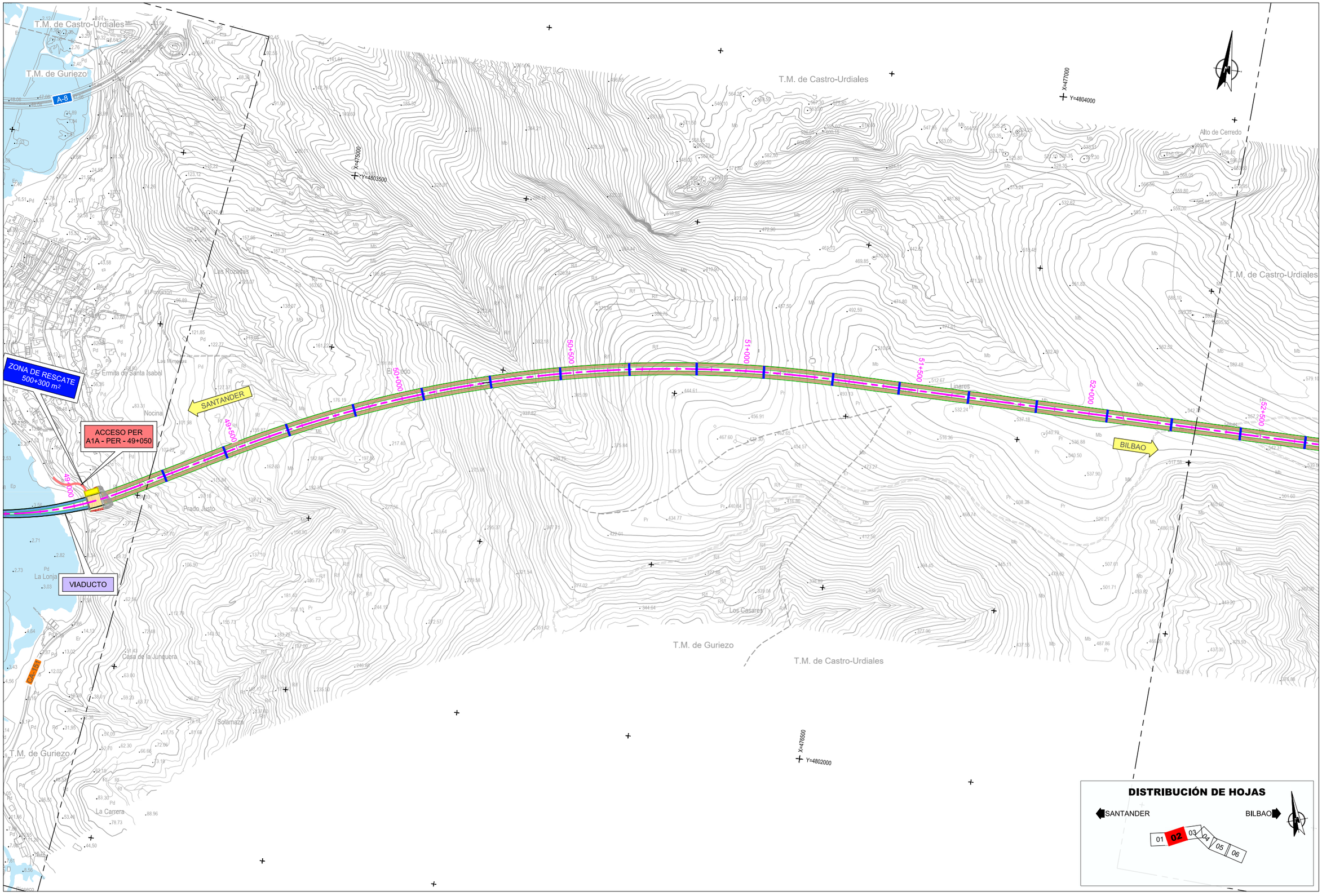
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
3
HOJA 01 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
3
HOJA 02 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30, EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

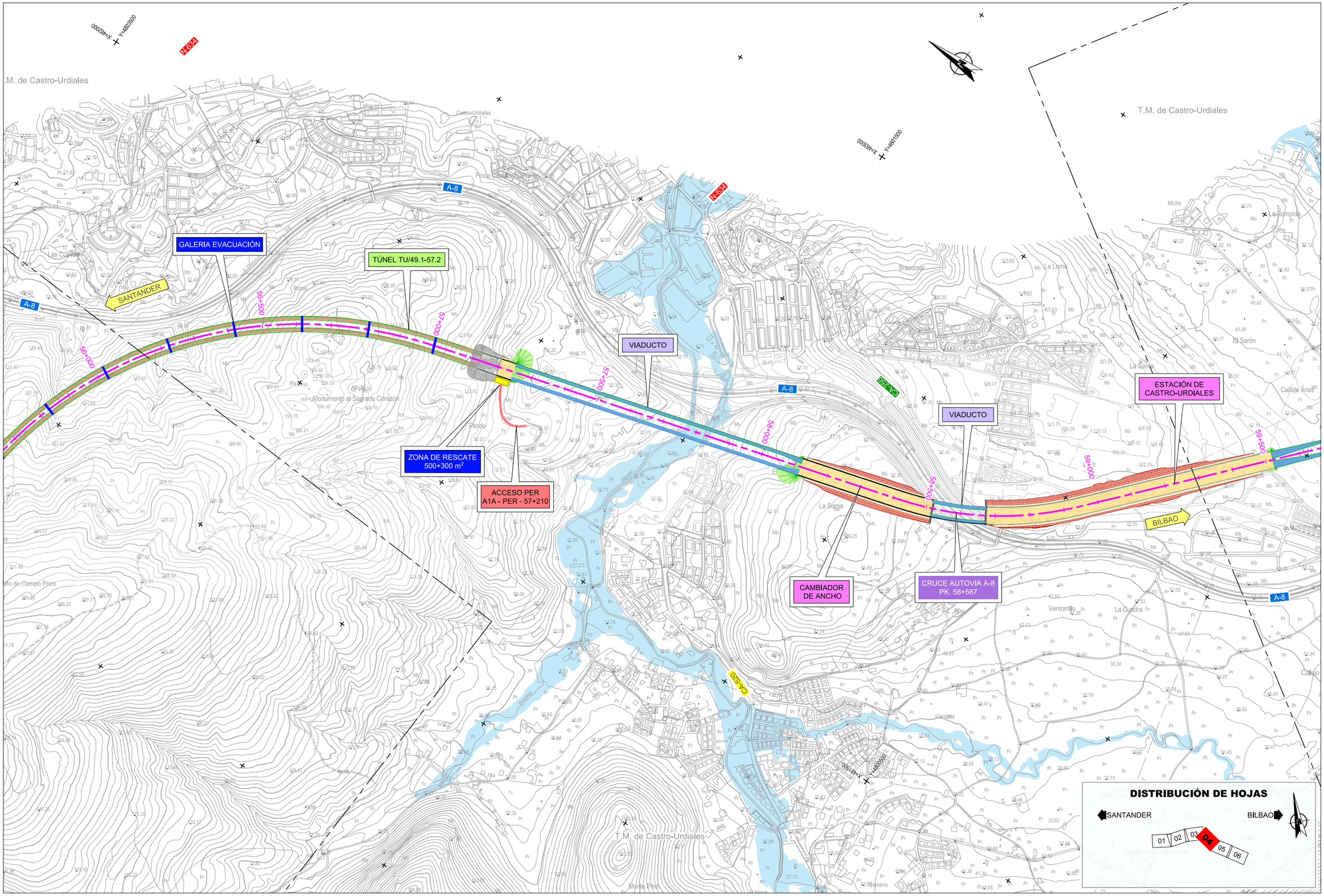
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
3
HOJA 03 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

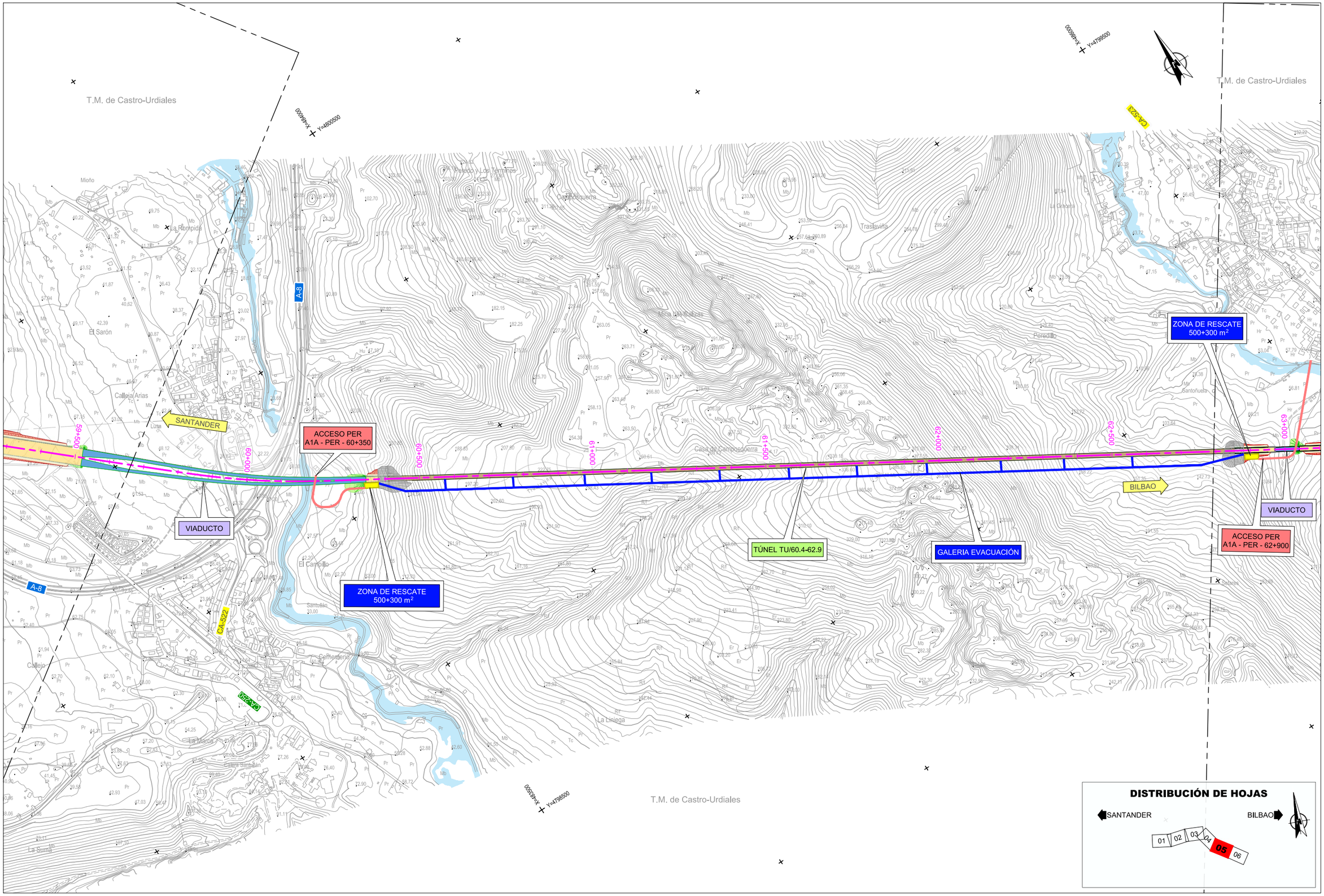
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
3
HOJA 04 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
3
HOJA 05 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

CANTABRIA
T.M. de Castro-Urdiales

PAIS VASCO
BIZKAIA
T.M. de Muskiz

T.M. de Castro-Urdiales

X=486000
Y=4797500

X=486000
Y=4798500

X=486000
Y=4786500

ALTERNATIVA A1
RASANTE ALTA
P.K. 63+521.000
RASANTE BAJA
P.K. 63+535.884
FINAL DEL TRAMO
EJE VÍA DOBLE
X= 486315.942
Y= 4797947.467
Z= 84.025
PTE= -12.50 ‰
AZ= 134.2864
RECTA

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

ACCESO PER
A1A - PER - 63+730

GALERÍA EVACUACIÓN

SANTANDER

63+000

63+500

64+000

64+500

65+000

65+500

66+000

66+500

VIADUCTO

VIADUCTO

ACCESO PER
A1A - PER - 62+900

PUNTO FINAL COMÚN
RASANTE BAJA Y ALTA

TÚNEL TU/63.3-63.4

TÚNEL TU/63.7-68.1

BILBAO

CA-623

El Haya
El Castillo
La Cadena
Las Calizas
Dilo
Los Terradenes
Calle de la Verde
Villanueva
Rebollar
Los Pinos
Los Tojos
Cerro Poza
Los Cantos
Peña Amarilla
Fuentebuena

CANTABRIA
T.M. de Castro-Urdiales

PAIS VASCO
BIZKAIA
T.M. de Muskiz

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

01 | 02 | 03 | 04 | 05 | **06**

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

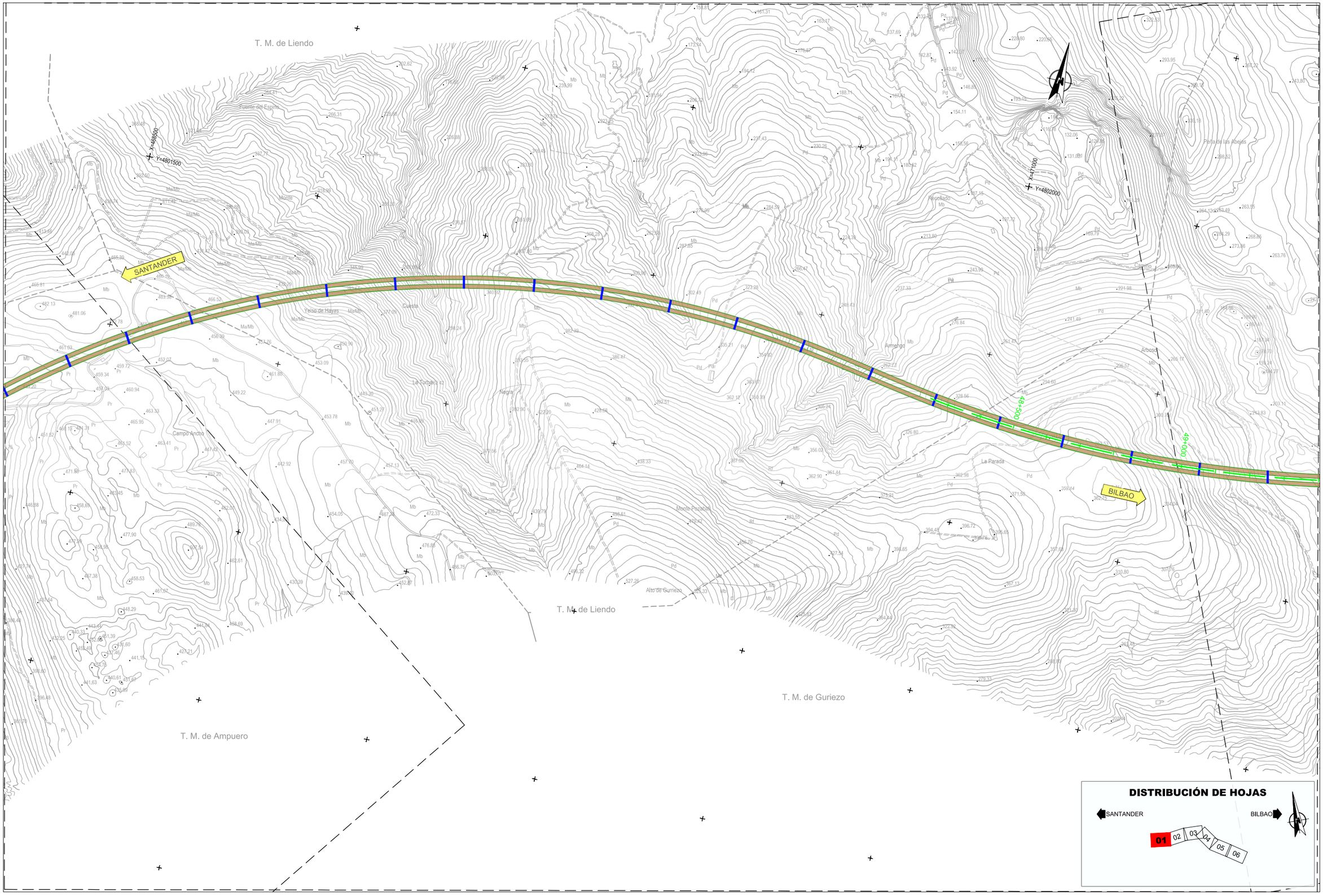
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
3
HOJA 06 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA A1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
4
HOJA 01 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN

ALTERNATIVA C1
RASANTE BAJA Y ALTA
INICIO DEL TRAMO
EJE VÍA
P.K. 51+037.722
X= 473517.093
Y= 4801988.541
Z= 17.202
PTE= -5.50 ‰
AZ= 68.068057
RECTA

GALERIA EVACUACIÓN

PUNTO INICIO COMÚN
RASANTE BAJA Y ALTA

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

ACCESO PER
C1A - PER - 51+400

CRUCE CTRA. CA-151
PK. 51+989

ACCESO PER
C1A - PER - 52+000

ZONA DE RESCATE
500+300 m²

TÚNEL TU/43.7-51.4

VIADUCTO

TÚNEL TU/52.0-60.2

SANTANDER

BILBAO

T.M. de Guriezo

T.M. de Castro-Urdiales

A-8

P-3631

CA-151

X=473500
Y=4803000

X=474000
Y=4803500

X=471500
Y=4801000

49+000
49+500
50+000
50+500
51+000
51+500
52+000
52+500

T. M. de Guriezo

DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

SANTANDER — BILBAO

01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06

Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

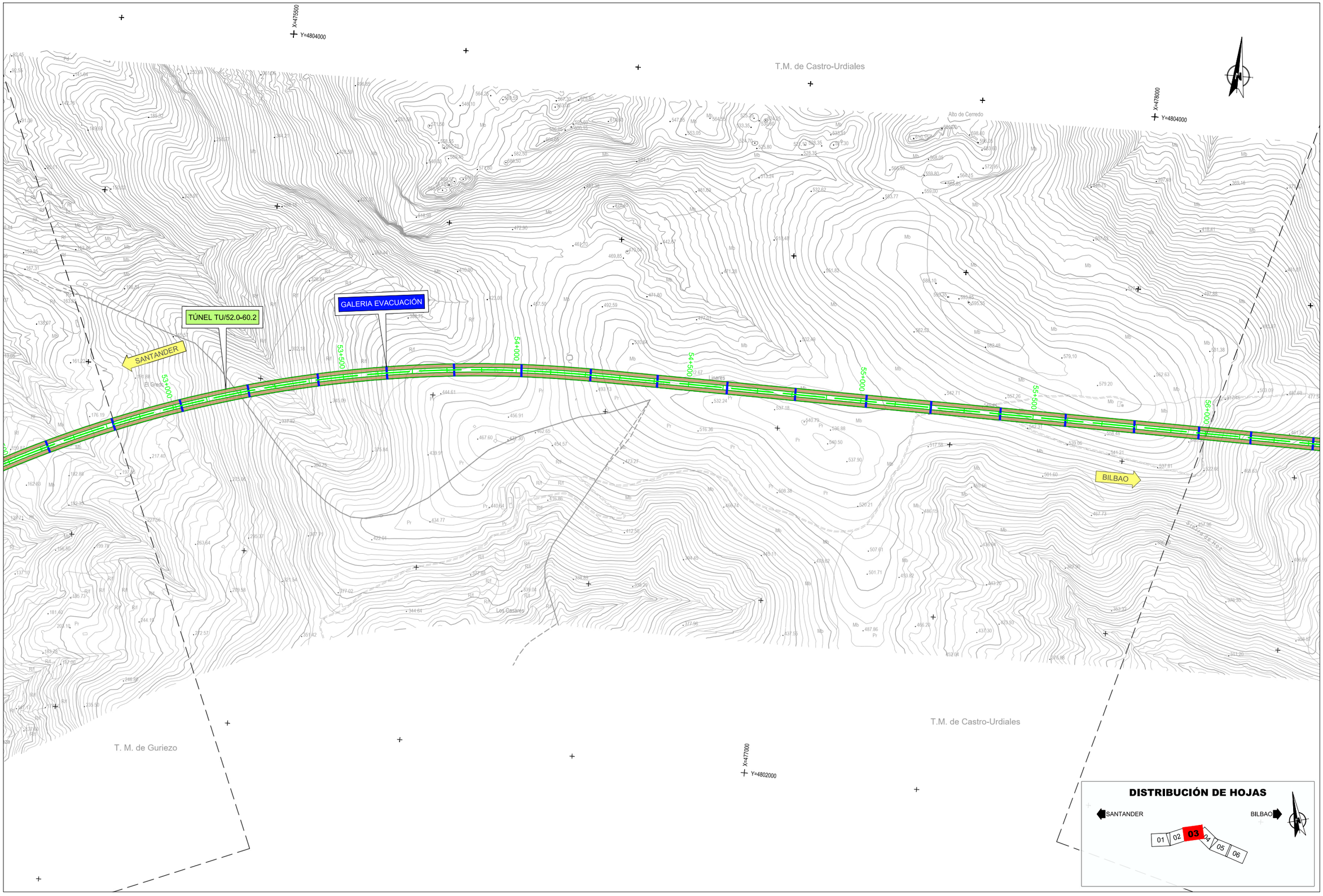
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
4
HOJA 02 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

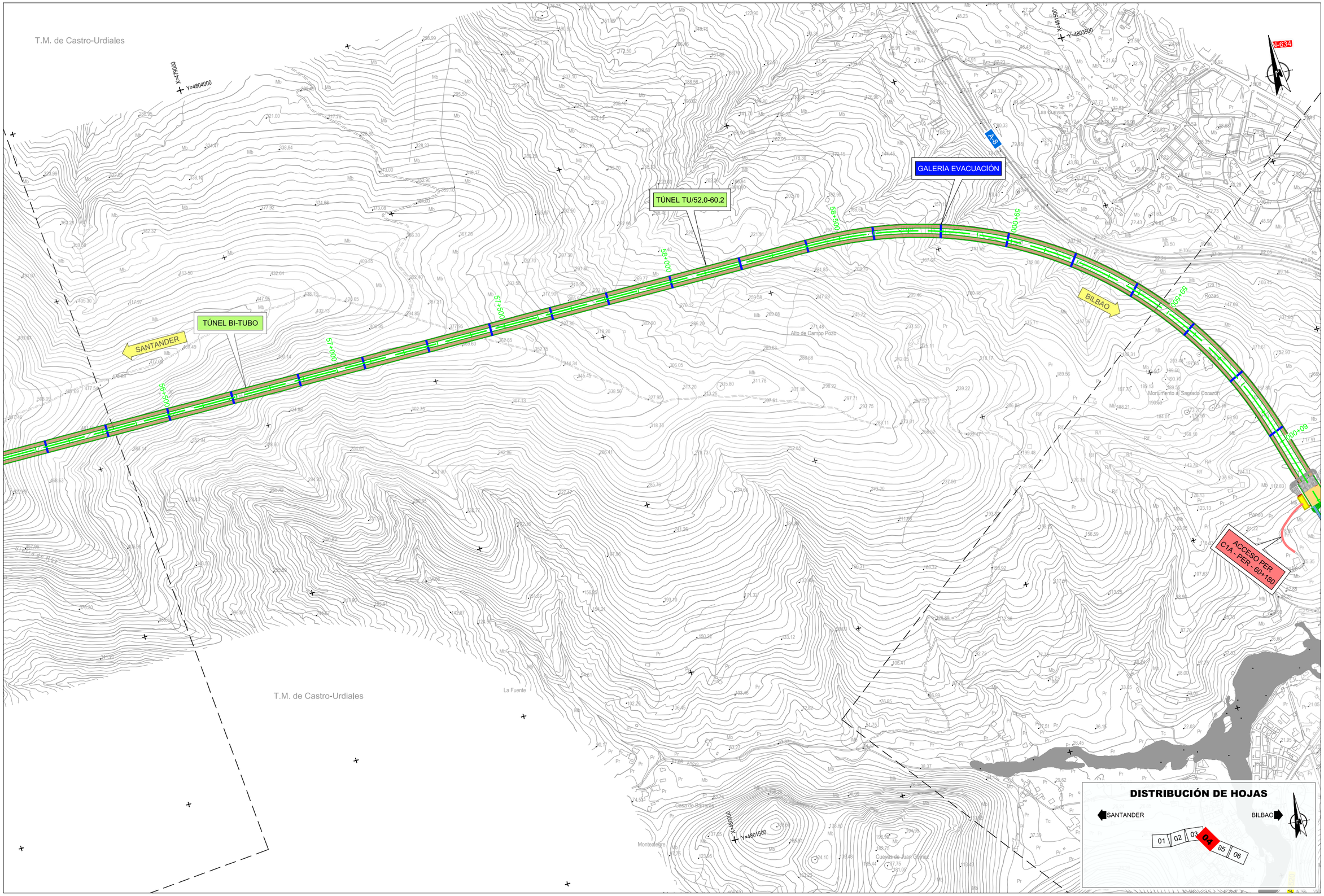
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
4
HOJA 03 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

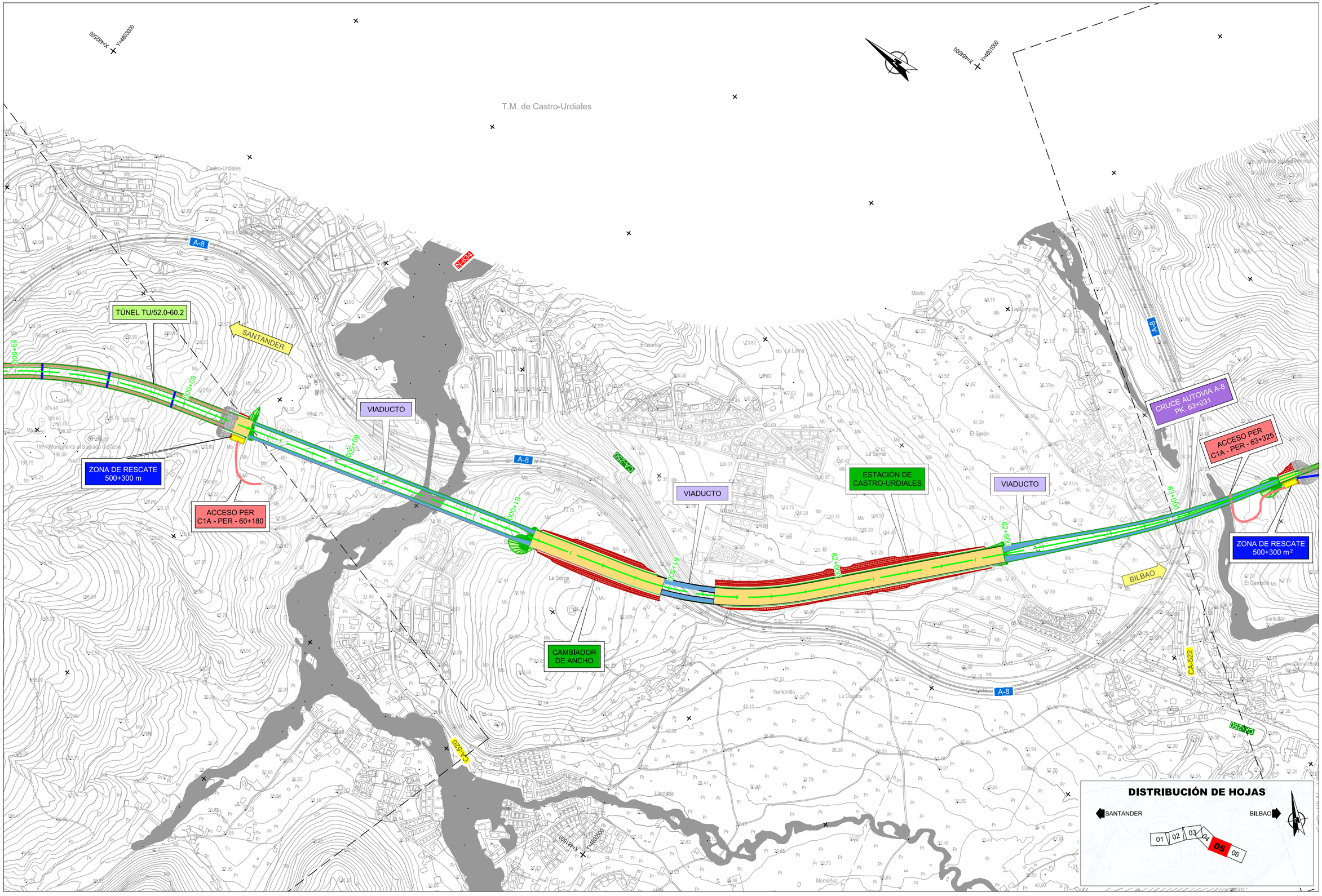
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
4
HOJA 04 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30, EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

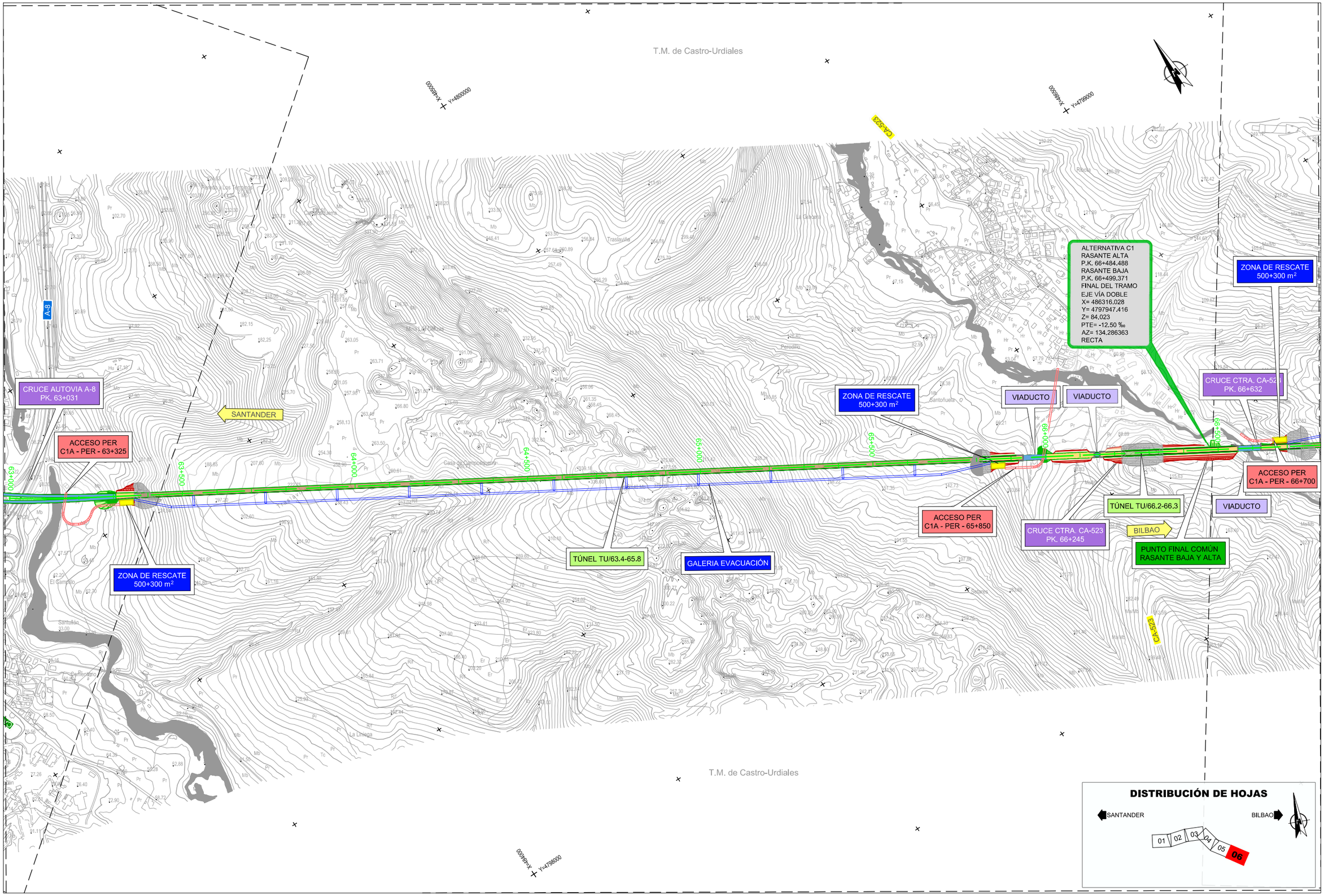
TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp
sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
4
HOJA 05 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN



Sistema Geográfico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (Datum ETRS89) / Sistema de Proyección Cartográfica: UTM Huso 30. EPSG 25830

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SECTOR FERROVIARIO

TÍTULO:
ESTUDIO INFORMATIVO
DEL CORREDOR CANTÁBRICO MEDITERRÁNEO
TRAMO: BILBAO - SANTANDER

AUTORES:
wsp sener

ESCALA ORIGINAL:
1:5.000
0 50 150 250m
Numérica: DIN A-1
Gráfica:

Nº DE PLANO:
4
HOJA 06 DE 6

TITULO DEL PLANO:
ANEJO 13. TÚNELES
ALTERNATIVA C1 RASANTE ALTA
ACCESOS, PER Y GALERIAS DE EVACUACIÓN