
TÚNELES

ANEJO
10

ÍNDICE

1. Introducción..... 1

2. Alternativas de trazado 1

2.1. Alternativa Norte 1

2.2. Alternativa Centro 1

2.3. Alternativa Sur..... 1

3. Alternativa Norte..... 2

3.1. Descripción general de los túneles 2

3.2. Caracterización geotécnica de los túneles en mina 2

4. Alternativa Centro 3

4.1. Descripción general de los túneles 3

4.2. Caracterización geotécnica de los túneles en mina 3

5. Alternativa Sur 4

5.1. Descripción general de los túneles 4

5.2. Caracterización geotécnica de los túneles en mina 4

6. Secciones tipo 5

6.1. Túnel de vía doble..... 5

6.2. Túnel de vía única..... 5

6.3. Galería de emergencia peatonal..... 6

6.4. Galería de emergencia vehicular 6

7. Procedimiento constructivo 7

7.1. Nuevo Método Austriaco (NATM) 7

7.2. Excavación con tuneladora 10

7.3. Excavación entre pantallas..... 10

8. Zonas singulares..... 10

8.1. Alternativa Norte 10

8.2. Alternativa Centro 11

8.3. Alternativa Sur..... 13

9. Secciones tipo de sostenimiento 14

9.1. Predimensionamiento según el índice Q de Barton 15

9.2. Tipos de sostenimiento 16

10.Revestimiento 17

11.Impermeabilización y drenaje 18

12.Seguridad en túneles 19

12.1. ETI de Seguridad en Túneles..... 19

12.2. NAP de Túneles de ADIF..... 24

12.3. Borrador de la IFI 2016 25

12.4. Análisis de las salidas de emergencia.....26

12.4.1. Alternativa Norte.....26

12.4.2. Alternativa Centro.....28

12.4.3. Alternativa Sur.....30

13.Presupuesto34

13.1. Alternativa Norte34

13.2. Alternativa Centro35

13.3. Alternativa Sur36

13.4. Resumen de los costes de las tres alternativas.....37

14.Conclusiones38

Apéndice 1. Planos

1. Introducción

El presente anejo se encuentra enmarcado dentro del Estudio Informativo Complementario de la nueva red ferroviaria en el País Vasco, tramo: Astigarraga-Lezo. El principal antecedente técnico es el “Estudio Informativo Complementario de la Nueva Red Ferroviaria en el País Vasco. Tramo Astigarraga – Oiartzun – Lezo”, del año 2015. En este documento se analizaban dos alternativas, de las cuales se ha conservado una (Alternativa 2) para la ejecución de este estudio.

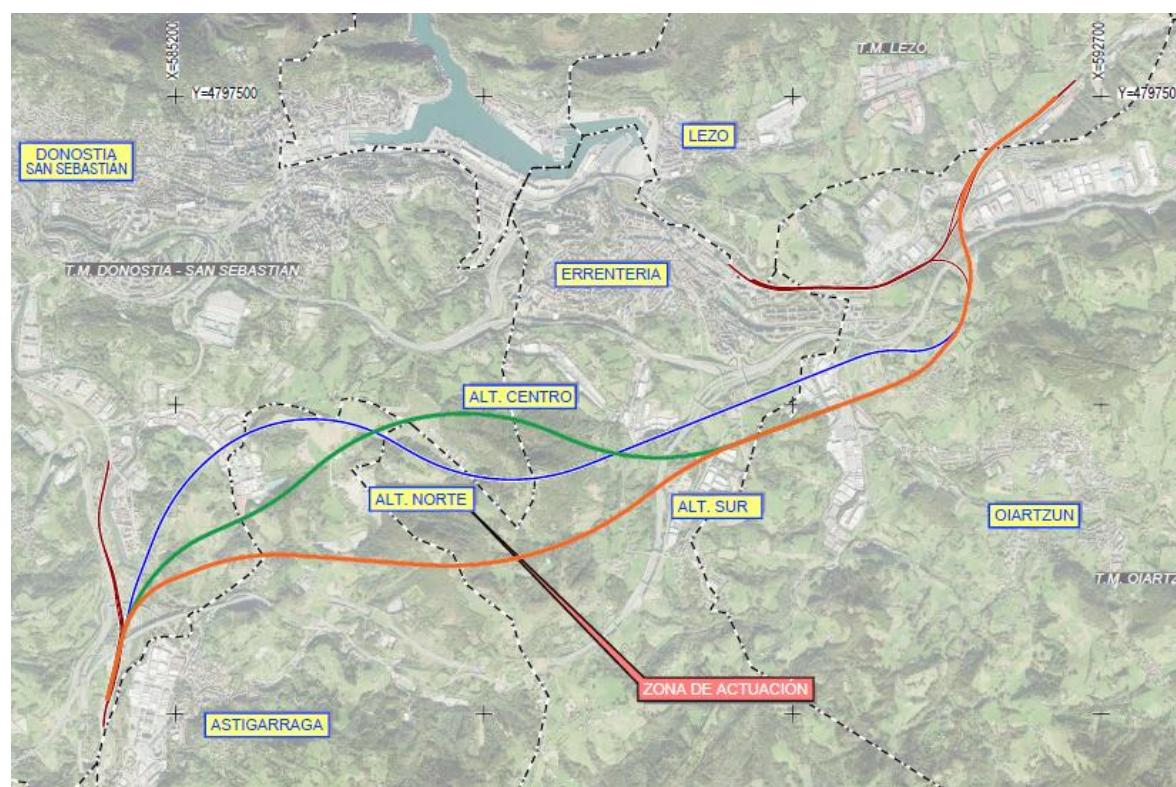


Figura 1. Trazado de las tres alternativas contempladas en este anejo.

En este anejo se analizan tres alternativas, la mencionada anteriormente y dos adicionales de nuevo trazado, que se inician a partir del nudo de Astigarraga y vuelven a tener un trazado común en el nudo de Oiartzun. El principal objetivo que se persigue con este nuevo trazado es el de evitar el paso de mercancías a través de la actual línea convencional Madrid- Hendaya en su paso por Donostia-San Sebastián.

2. Alternativas de trazado

Las tres alternativas estudiadas en el presente Anejo se encuentran localizadas en la provincia de Guipúzcoa, dentro de las comarcas de San Sebastián y del Bajo Bidasoa.

Las tres alternativas inician su trazado en el término municipal de San Sebastián, en la línea Madrid-Hendaya, en el Nudo de Astigarraga.

En los siguientes apartados se describe el trazado de los túneles incluidos en cada una de las alternativas.

2.1. Alternativa Norte

- **Túnel de Antondegi** (L=785,41 m) – Su trazado se inicia con una clotoide de 240,00 m de longitud que da paso a una curva a derechas con un radio de 1.598 m en la cual se desarrolla el resto del túnel. Por otro lado, en alzado presenta una pendiente ascendente y constante del 15 ‰. Este túnel es de vía doble y ancho mixto.
- **Túnel de San Marcos** (L=2.910,48 m) – El trazado de este túnel se desarrolla mediante una curva a derechas de radio 1.248 m que pasa a una curva a izquierdas de radio 1.602 m. En cuanto a su alzado, en los primeros metros presenta una pendiente ascendente del 12,50 ‰, que posteriormente pasa al 8,50 ‰. Este túnel de vía doble y ancho mixto tiene la peculiaridad de pasar bajo el Fuerte de San Marcos.
- **Túnel de San José** (L=875,50 m) – El trazado en planta de este túnel presenta una alineación completamente recta. En su primer tramo discurre bajo la AP-8 con muy poca montera, lo que obliga a la ejecución de un falso túnel en esta zona. Su construcción permite salvar la elevación del terreno existente entre el polígono de Masti Loidi y el de Oiartzun. Al igual que los túneles de Antondegi y San Marcos, también es de vía doble y ancho mixto.

- **Túnel de Arkale** (L=1.137,75 m) – Este túnel es de vía doble y ancho mixto, y se divide en dos tramos:
 - 1) Tramo nº 1: Se trata de un túnel de vía doble y ancho mixto que se inicia en el PK 8+289,254 y que finaliza en el telescopio (PK 8+843,41) a partir del cual se da inicio al túnel del Ramal al Puerto. En este primer tramo el túnel presenta una pendiente descendente de -2,50 ‰.
 - 2) Tramo nº 2: Este túnel se inicia en el PK 8+843,41 de la vía izquierda y se extiende hasta el PK 9+427,00. En los primeros metros de este tramo el túnel presenta una pendiente descendente del 2,50 ‰, que posteriormente pasa a una ascendente del 12,50 ‰.
- **Túnel del Ramal al Puerto** (L=438,58 m) – Este túnel es de vía única y ancho mixto, y se inicia a modo de túnel telescopio a partir del PK 8+843,41 (vía izquierda) del túnel de Arkale, finalizando en el PK 0+438,581 del eje del Ramal al Puerto. La pendiente del túnel en toda su longitud es descendente con un valor del 2,50 ‰.

2.2. Alternativa Centro

- **Túnel de San Marcos** (L=5.552,70 m) – Este túnel se inicia en una curva a derechas de radio 1.250 m que continua hasta el PK 1+626,28, y a partir del cual da paso a una recta hasta el PK 1+855,06. A partir de ahí, es sucedida por una curva a izquierdas de radio 2.080 metros, y posteriormente por otra a derechas de radio 1.825 metros. Posteriormente, esta curva es sucedida por otra a izquierdas de igual radio. En su tramo final, el túnel pasa a tener una alineación recta.

En su alzado, presenta una pendiente ascendente del 2,00 ‰ hasta el PK 5+435,04, y a partir de ese punto esta se incrementa hasta el 15,00 ‰.

A partir del PK 7+105 esta alternativa se inserta en la Sur, pasando a tener sus mismos trazado y PP.KK.

2.3. Alternativa Sur

- **Túnel de San Marcos** (L=5.357,47 m) – Comienza en el desarrollo que tiene la clotoide que da paso a un tramo recto de 121,61 metros de longitud. Este es posteriormente sucedido por una curva a derechas de radio 1.800 metros. En este primer tramo el túnel presenta una pendiente ascendente del 2 ‰. A continuación, comienza otro tramo con una alineación recta de 916,89 metros precedido por una clotoide de 180,00 metros de longitud. Esta recta es sucedida por una curva a izquierdas de radio 2.575 m que a su vez pasa a otra curva a derechas del mismo radio. En su tramo final, el túnel recupera la alineación recta. En todo este segundo tramo la pendiente es ascendente con un valor del 6,25 ‰. Este túnel es de vía doble y ancho mixto en todo su trazado.
- **Túnel de Mendigain** (L=1.665,34 m) – Los primeros metros de este túnel presentan una alineación recta que pasa a una curva de izquierdas de radio 1.825 metros mediante una clotoide de 65,00 metros. Dicha curva se ve sucedida, mediante otra clotoide de la misma longitud, por otra más cerrada de radio 584 metros. Después, entre los PK 7+823,41 y 7+928,19 el trazado presenta una alineación recta, que pasa a una curva de izquierdas de radio 550 metros, que finaliza en el PK 8+200,21. Posteriormente, en el PK 8+443,69 se inicia otro tramo curvo hacia la izquierda de radio 550 metros que se extiende hasta el PK 8+658,05. Dicha curva se ve sucedida por otra de derechas de radio 675 metros hasta el final del túnel.
- **Túnel del Ramal al Puerto** (L=438,58 m) – Este túnel es de vía única y ancho mixto, y se inicia a modo de túnel telescopio a partir del PK 8+282,22 (vía izquierda) del túnel de Mendigain, finalizando en el PK 0+438,581 del eje del Ramal al Puerto. La pendiente del túnel en toda su longitud es descendente con un valor del 2,50 ‰.

3. Alternativa Norte

3.1. Descripción general de los túneles

El tronco principal de esta alternativa está constituido por cuatro túneles de vía doble en placa y de ancho mixto: 1) Túnel de Antondegi, 2) Túnel de San Marcos, 3) Túnel de San José. Por otro lado, en el nudo de Oiartzun se encuentra: 1) Túnel de Arkale con sentido Irún, que consta de vía doble en placa y ancho mixto, y 2) Túnel del Ramal al Puerto, con sentido al Puerto de Pasajes, que es de vía única en placa y de ancho mixto.

La siguiente tabla resume los PP.KK. de inicio y final de los túneles proyectados, así como su longitud total:

	PK inicial (vía dcha)	PK final (vía dcha)	PK inicial (vía izda)	PK final (vía izda)	Longitud (m)
Antondegi	1+309,52	2+101,02	1+289,96	2+083,43	785,41
San Marcos	2+624,69	5+545,23	2+609,00	5+529,63	2.910,48
San José	6+206,25	7+081,75	6+190,39	7+065,89	875,50
Arkale	8+290.40	9+427,00	8+275,93	9+405,79	1.137,75
Ramal al Puerto*	0+000,00	0+438,58	-	-	438,58

Tabla 3.1. Resumen de los túneles de la Alternativa Norte.

*El túnel del Ramal al Puerto se inicia en el PK 8+843,41 (vía izquierda) a partir del túnel de Arkale y es de vía única.

3.2. Caracterización geotécnica de los túneles en mina

En la siguiente tabla se muestra de forma resumida la tramificación geológica para los túneles correspondientes a la Alternativa Norte. Además, también se muestran a partir de qué investigaciones de las campañas geotécnicas se han obtenido estos datos.

ALTERNATIVA NORTE								
Túnel	Litología	PK inicio	PK fin	Longitud	Rango RMR	Longitud parcial	RMR corregido	Investigaciones disponibles
ANTONDEGI (Vía doble y ancho mixto)	C4	1+310	1+700	390	30-40	30%	33	SV-67+050 y STU-67+370, STU-67+680 y PS-67+250
					40-50	70%	43	
	C2	1+700	1+980	280	40-50	80%	35	
					<30 (Karst)	20%	20	
	J1	1+980	2+101	121	30-40	30%	25	
					40-50	60%	35	
					<30 (Karst)	10%	20	
SAN MARCOS (Vía doble y ancho mixto)	C3	2+625	3+800	1.175	> 50	100%	>50	STU-69+620, STU-69+750, STU-69+860, PS-68+460, PS-68+500, PS-68+600 y PS-68+700
	Falla	3+800	3+810	10	< 30	100%	< 30	
	C2	3+810	4+725	915	40-50	80%	35	
					<30 (karst)	20%	20	
	C1	4+725	5+275	550	40-50	100%	40	
	Falla	5+275	5+310	35	< 30	100%	< 30	
	C4	5+310	5+545	235	40-50	30%	43	
					30-40	70%	33	
SAN JOSÉ (Vía doble y ancho mixto)	C4	6+206	7+082	876	30-40	30%	25	STU-72+240, ST-72+635 y ST-72+860
					40-50	70%	35	
ARKALE (Vía doble y ancho mixto)	C4	8+290	8+825	344	30-40	30%	25	STU-4
					40-50	70%	35	
	C1/C2	8+825	9+280	455	40-50	100%	35	
	C4	9+280	9+427	137	30-40	30%	25	
40-50					70%	35		
RAMAL AL PUERTO (Vía única y ancho mixto)	C1/C2	0+000	0+375,00	375	40-50	100%	35	STU-4
	C4	0+375,00	0+438,58	64	30-40	30%	25	
					40-50	70%	35	

Tabla 3.2. Resumen de las formaciones geológicas atravesadas por los túneles de la Alternativa Norte y sus principales características geotécnicas.

4. Alternativa Centro

4.1. Descripción general de los túneles

Esta alternativa se desarrolla en gran parte de su longitud en túnel, evitando en gran parte la mayoría de las afecciones en superficie que pudiera ocasionar la Alternativa Norte.

Esta alternativa consta de un túnel (Túnel de San Marcos) de vía doble en placa y de ancho mixto. Dicho túnel presenta la particularidad de tener un tramo de falso túnel a mitad de su trazado, en su paso por el Polígono 27 (PP.KK. 1+902,38-2+005,41).

Dado que esta alternativa coincide en trazado con la sur en el tramo del nudo de Oiartzun, los túneles de esa zona se explicarán en el *Apartado 5* de este Anejo.

	PK inicial (vía dcha)	PK final (vía dcha)	PK inicial (vía izda)	PK final (vía izda)	Longitud (m)
San Marcos	1+176,98	6+726,80	1+159,10	6+711,00	5.552,70

Tabla 4.1. Resumen de los túneles de la Alternativa Centro.

4.2. Caracterización geotécnica de los túneles en mina

A continuación, se muestra la tramificación geológica de forma resumida para el túnel de San Marcos de la Alternativa Centro en función de su litología y de sus valores de RMR. Además, también se muestran a partir de qué investigaciones de las campañas geotécnicas se han obtenido estos datos.

ALTERNATIVA CENTRO								
Túnel	Litología	PK inicio	PK fin	Longitud	Rango RMR	Longitud parcial	RMR corregido	Investigaciones disponibles
SAN MARCOS (Vía doble y ancho mixto)	C4	1+176,98	1+350,00	138	30-40	30%	33	STU-69+620, STU-69+750, STU-69+800, STU-69+860, STU-69+630, STU-70+350, STU-70+700, STU-70+800 y PS-71+300
					40-50	70%	43	
	J1	1+350,00	1+925,00	575	30-40	30%	33	
					40-50	60%	43	
					<30 (karst)	10%	28	
	T1	1+925,00	2+000,00	75	<30	100%	<30	
	T2	2+000,00	2+325,00	325	40-50	100%	45	
	C1	2+325,00	2+680,00	355	40-50	100%	43	
	Falla	2+680,00	2+690,00	10	< 30	100%	< 30	
	C2bis	2+690,00	3+850,00	1.160	40-50	80%	40	
					<30	20%	25	
	Falla	3+850,00	3+875,00	25	< 30	100%	< 30	
	C1	3+875,00	4+300,00	425	40-50	100%	35	
	T2	4+300,00	4+960,00	660	40-50	100%	43	
	Falla	4+960,00	4+975,00	15	< 30	100%	< 30	
	C4	4+975,00	6+729,68	1.728	30-40	30%	30	
					40-50	70%	40	

Tabla 4.2. Resumen de las formaciones geológicas atravesadas por el túnel de San Marcos la Alternativa Centro y sus principales características geotécnicas.

Resulta importante mencionar que esta alternativa se propuso para esquivar los materiales C2 de la Alternativa Sur, los cuales presentan un grado de karstificación muy elevado. Por lo tanto, el riesgo de atravesar cavernas de grandes dimensiones es muy alto. A pesar de esto, el sondeo STU-7 muestra que la Alternativa Centro también atraviesa la formación C2. A diferencia de la Alternativa Sur, en este caso no se espera que la karstificación en este tramo sea tan intensa, ya que en el entorno de este trazado no afloran estas calizas en superficie, encontrándose selladas por la unidad suprayacente C3, que es hidrogeológicamente impermeable.

Por otro lado, el falso túnel del Polígono 27 se ejecuta en una zona en la que están aflorando arcillas evaporíticas del Keuper. Estos materiales pueden presentar problemas tanto por expansividad, como por su propia karstificación. Es importante mencionar que el yeso y la anhidrita son minerales altamente solubles

en agua, por lo que la karstificación de estos materiales puede producirse muy rápidamente.

5. Alternativa Sur

5.1. Descripción general de los túneles

Del mismo modo que sucede en la Alternativa Centro, el trazado de esta alternativa discurre en su mayor parte en túnel, evitando al máximo las posibles afecciones en superficie. Las vías generales de esta alternativa constan de un túnel de vía doble en placa y ancho mixto (Túnel de San Marcos). Por otro lado, en el nudo de Oiartzun consta de dos túneles, siendo comunes estos con la Alternativa Centro: 1) Túnel de Mendigain (vía doble en placa y ancho mixto), y 2) Túnel del Ramal al Puerto (vía única en placa y ancho mixto).

	PK inicial (vía dcha)	PK final (vía dcha)	PK inicial (vía izda)	PK final (vía izda)	Longitud (m)
San Marcos	1+131,14	6+488,79	1+115,00	6+473,02	5.357,47
Mendigain (Alt. Sur)	7+184,82	8+850,16	7+168,96	8+828,65	1.665,34
Ramal al Puerto (Alt. Sur)*	0+000,00	0+438,51	-	-	438,58

Tabla 5.1. Resumen de los túneles de la Alternativa Sur.

*El túnel del Ramal al Puerto se inicia en el PK 8+282,22 (vía izquierda) a partir del túnel de Mendigain y es de vía única.

5.2. Caracterización geotécnica de los túneles en mina

En la siguiente tabla se muestra de forma resumida la tramificación geológica de los túneles de la Alternativa Sur en función de su litología y de sus valores de RMR. Del mismo modo, también se muestran a partir de qué investigaciones de las campañas geotécnicas se han obtenido estos datos.

ALTERNATIVA SUR								
Túnel	Litología	PK inicio	PK fin	Longitud	Rango RMR	Longitud parcial	RMR corregido	Investigaciones disponibles
SAN MARCOS (Vía doble y ancho mixto)	J1	1+131	1+850	683	30-40	30%	33	STU-1, STU-2, STU-2BIS, STU-5, STU-6
					40-50	60%	43	
					<30 (karst)	10%	28	
	T1	1+850	2+060	210	< 30	100%	< 30	

ALTERNATIVA SUR								
Túnel	Litología	PK inicio	PK fin	Longitud	Rango RMR	Longitud parcial	RMR corregido	Investigaciones disponibles
	T2	2+060	2+480	420	40-50	100%	45	
	C1	2+480	2+690	210	40-50	100%	35	
	C2	2+690	4+170	1.480	40-50	70%	45	
					< 30 (karst)	30%	< 30	
	C1	4+170	4+310	140	40-50	70%	35	
	Falla	4+310	4+325	15	< 30	100%	< 30	
	C4	4+325	6+489	2.133	30-40	30%	30	
					40-50	70%	40	
MENDIGAIN (Vía doble y ancho mixto)	C4	7+184,82	8+275,00	429	30-40	30%	25	STU-4
	C1/C2	8+275,00	8+670,00	395	40-50	70%	35	
					40-50	100%	35	
	C4	8+670,00	8+850,16	170	30-40	30%	25	
RAMAL AL PUERTO (Vía única y ancho mixto)	C1/C2	0+0,00	0+375,00	375	40-50	70%	35	STU-4
					30-40	30%	25	
	C4	0+375,00	0+438,58	64	40-50	30%	25	
					40-50	70%	35	

Tabla 5.2. Resumen de las formaciones geológicas atravesadas por los túneles de la Alternativa Sur y sus principales características geotécnicas.

Este túnel presenta dos problemas reseñables desde un punto de vista geológico-geotécnico. El primero y más importante está relacionado con la presencia de materiales carbonatados karstificados. Tal y como se menciona en el apartado 4.2, el túnel de San Marcos de esta alternativa atraviesa una zona con un grado de karstificación muy elevado en su paso por los materiales de la formación C2. El desarrollo de este karst es tal, que en el sondeo STU-2 se han detectado cuevas de hasta unos 30 m de potencia.

Por otro lado, el segundo problema está relacionado con el paso del túnel a través de la formación T1. Estos materiales consisten en arcillas evaporíticas del Triásico (Formación Keuper) y pueden dar lugar a problemas tanto por expansividad, como por su propia karstificación. Es importante mencionar que el yeso y la anhidrita son minerales altamente solubles en agua, por lo que la karstificación de estos materiales puede producirse muy rápidamente.

6. Secciones tipo

A continuación, se describen los aspectos fundamentales considerados en la definición geométrica de las secciones tipo de los túneles del presente Estudio Informativo.

En total, se han diseñado cuatro secciones tipo:

Sección tipo	Túneles
Vía doble y ancho mixto	-Alt. Norte: Antondegi, San Marcos, San José y Arkale
	-Alt. Sur y Centro: San Marcos y Mendigain
Vía única y ancho mixto	-Alt. Norte, Sur y Centro: Ramal al Puerto
Galería de emergencia peatonal	-Alt. Norte: SE-N-3.5, SE-N-4.5, SE-N-8.4
	-Alt. Sur: SE-S-2.9, SE-S-3.9, SE-S-5.4, SE-S-8.7 y SE-NO-0.2
	-Alt. Centro: SE-C-2.8, SE-C-3.7, SE-C-5.6, SE-S-8.7 y SE-NO-0.2
Galería de emergencia vehicular	-Alt. Sur: SE-S-4.5
	-Alt. Centro SE-C-4.7

Tabla 6.1. Resumen de la distribución de las secciones tipo en los túneles de cada alternativa.

La velocidad de circulación de los trenes a través de los túneles considerados en este Estudio Informativo va a ser en todos los casos inferior a los 200 km/h. Por lo tanto, no es necesario hacer un estudio aerodinámico en base a los criterios de salud y confort establecidos en los apartados 3.1- Criterio de Salud y 3.2- Criterio de Confort de la NAP 2-3-1.0+M1 de ADIF.

6.1. Túnel de vía doble

La definición geométrica y funcional de las secciones tipo de estos túneles se ha realizado en base a los siguientes parámetros:

- Túnel de vía doble y ancho mixto. Gálibo uniforme GC.
- Distancia entre ejes de: 4,71 m para el Ancho UIC y 4,94 m para el Ancho Ibérico.
- Nivel de pasillos de evacuación a 55 cm sobre la cota de carril del hilo bajo.
- Pasillos de evacuación a ambos lados de las vías con un ancho superior a los 0,80 m.

- Pasamanos a 1,10 m sobre la cota de la acera.
- Vía en placa.
- Cunetas laterales ubicadas junto a los hastiales para la evacuación de las aguas de infiltración.
- Drenaje separativo que permite canalizar de forma separada las aguas de infiltración del resto de aportaciones.
- Ejecución de una contrabóveda de geometría semicircular.

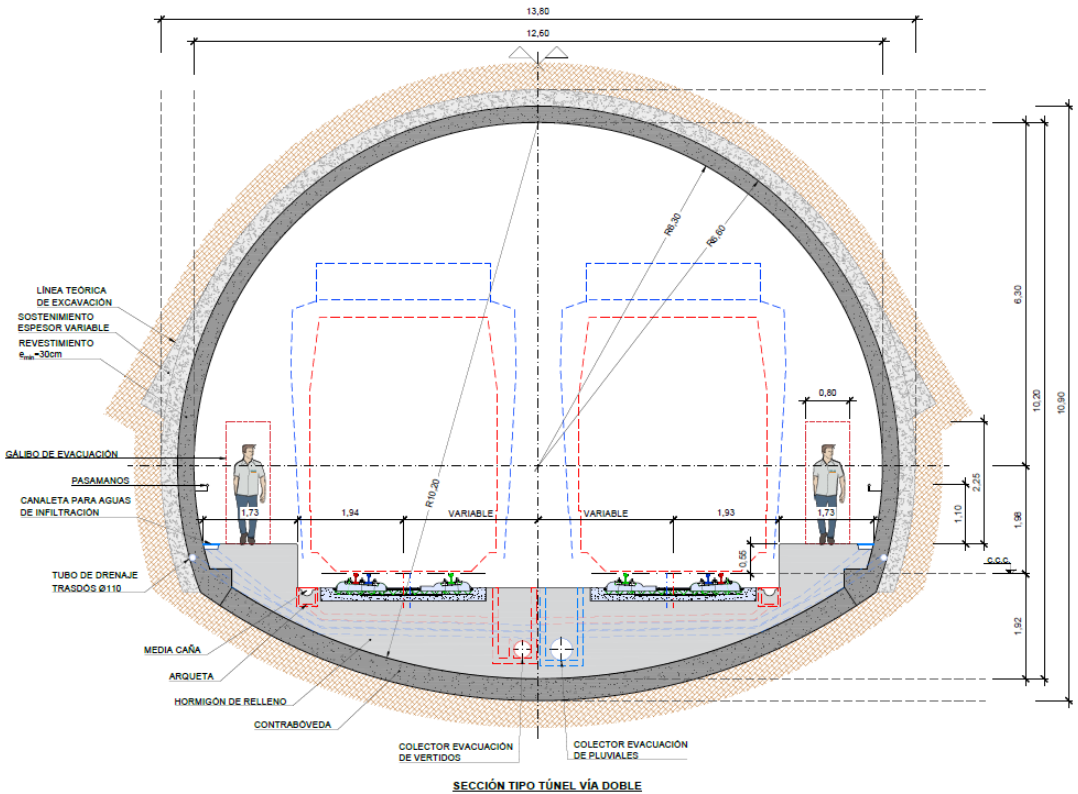


Figura 6.1. Sección tipo para los túneles de vía doble.

6.2. Túnel de vía única

La definición geométrica y funcional de las secciones tipo de los túneles de vía única se ha realizado en base a los siguientes parámetros:

- Túnel de vía única y ancho mixto.
- Gálibo uniforme GC.
- Nivel de pasillos de evacuación a 55 cm sobre la cota de carril del hilo bajo.

- Pasillo de evacuación a un lado de la vía con un ancho superior a los 0,80 m.
- Pasamanos a 1,10 m sobre la cota de la acera.
- Vía en placa.
- Cunetas laterales ubicadas junto a los hastiales para la evacuación de las aguas de infiltración.
- Drenaje separativo que permite canalizar de forma separada las aguas de infiltración del resto de aportaciones.
- Ejecución de una contrabóveda de geometría semicircular.

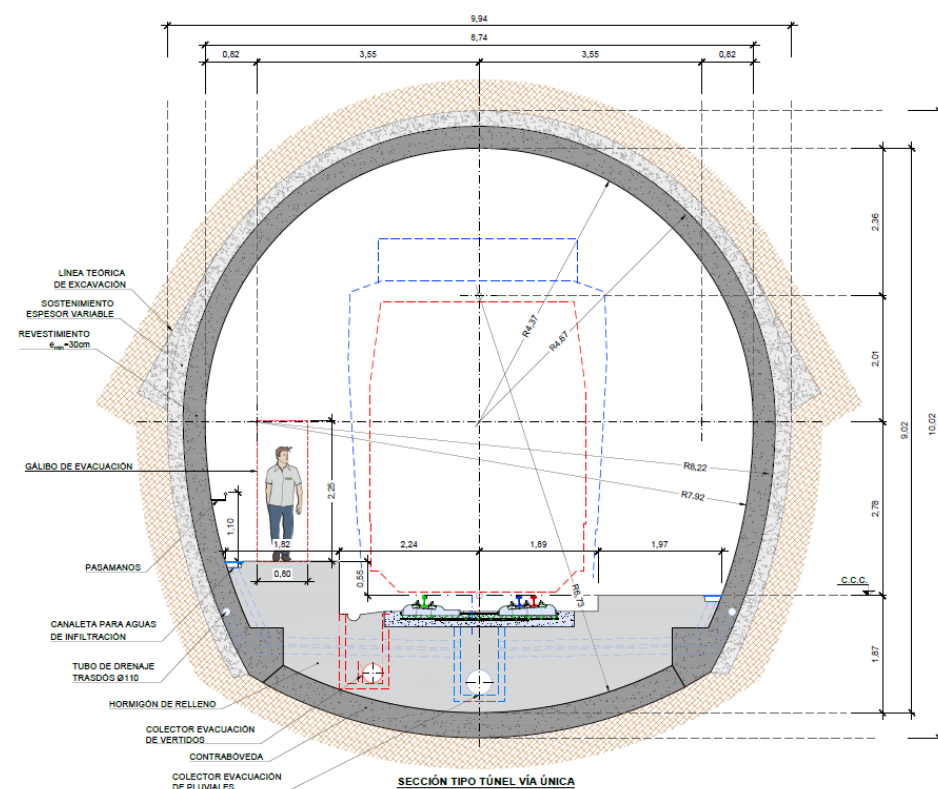


Figura 6.2. Sección tipo para los túneles de vía única.

6.3. Galería de emergencia peatonal

Las secciones tipo de las galerías de emergencia peatonales cumplen las siguientes características:

- Ancho libre mínimo de 4,40 m.
- Altura libre mínima de 3,50 m.

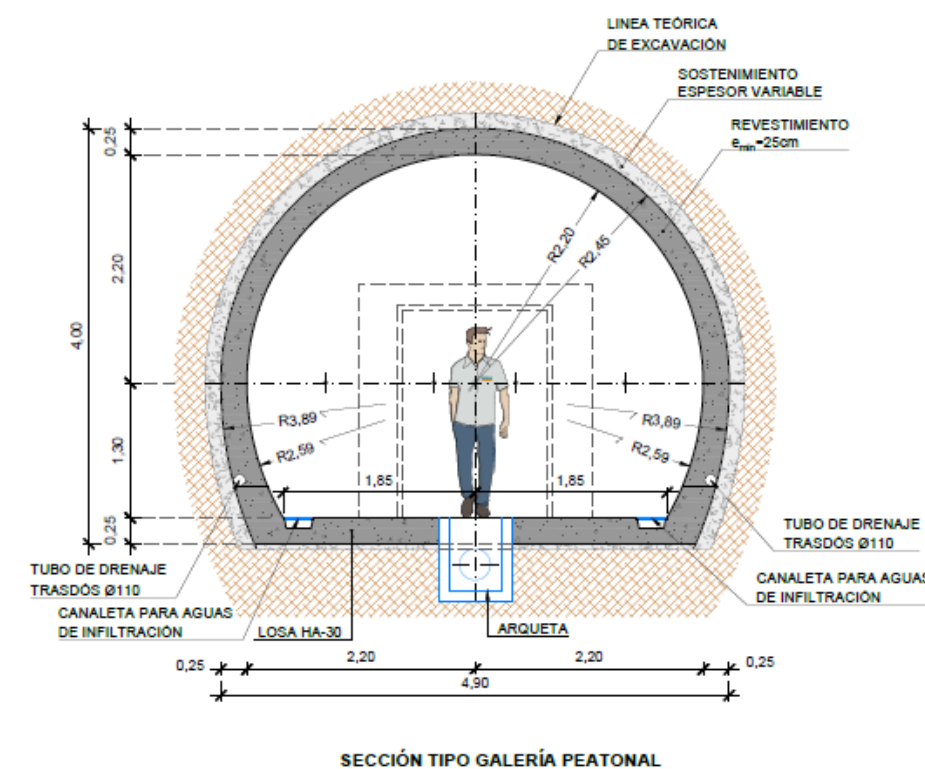


Figura 6.3. Sección tipo para las galerías de emergencia peatonales.

6.4. Galería de emergencia vehicular

Las secciones tipo de las galerías de emergencia vehiculares cumplen las siguientes características:

- Ancho libre mínimo de 6,20 m.
- Altura libre mínima de 4,73 m.

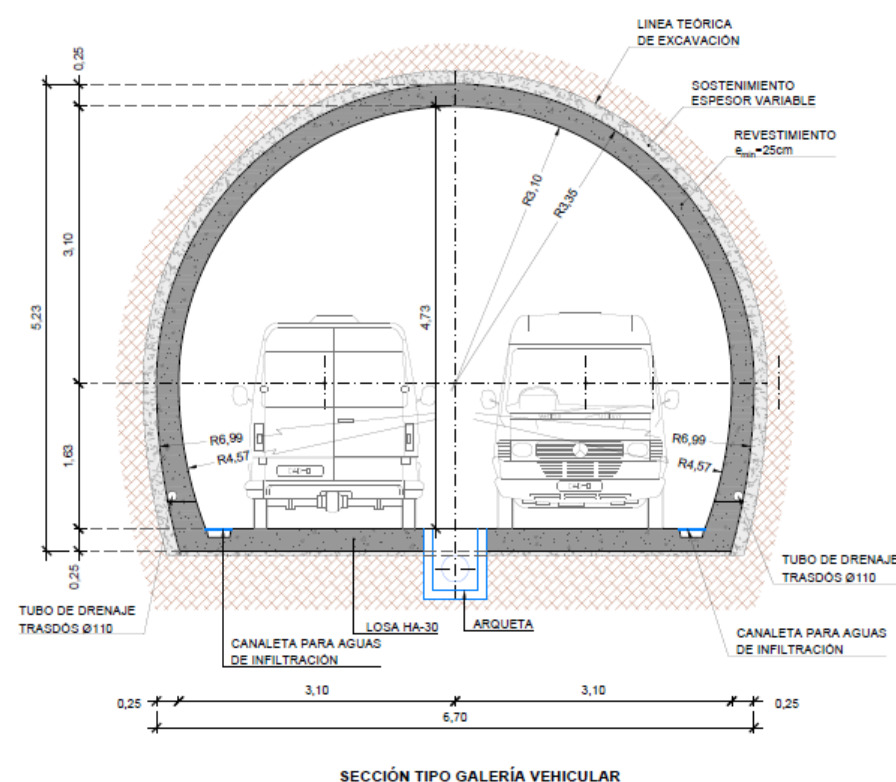


Figura 6.4. Sección tipo para las galerías de emergencia vehiculares.

7. Procedimiento constructivo

Los métodos constructivos estudiados para la ejecución de los túneles de las tres alternativas son los siguientes:

- Alternativa constructiva 1: Nuevo Método Austriaco (NATM)
- Alternativa constructiva 2: Túnel con tuneladora
- Alternativa constructiva 3: Túnel entre pantallas

A pesar de que en este apartado se describen las tres alternativas constructivas, se ha optado por seleccionar la primera (NATM) dados los condicionantes geológico-geotécnicos particulares de los materiales en los que se excavan los túneles. Por otro lado, en algunos casos se opta por la construcción de falsos túneles entre pantallas para minimizar el impacto de las obras en superficie. Esto se refiere a: 1) el falso túnel de entrada de Arkale (Alternativa Norte), 2) el falso

túnel de entrada de Mendigain (Alternativa Centro y Sur), y el falso túnel del Polígono 27 de San Marcos (Alternativa Centro).

7.1. Nuevo Método Austriaco (NATM)

Este método constructivo se basa en aprovechar la relajación del terreno producida entre las fases de excavación y ejecución del sostenimiento para reducir las tensiones litostáticas generadas sobre el túnel. Para ello, durante la excavación se debe evaluar de manera continuada el comportamiento y estado del túnel, y en función de esto, se ajustará el sostenimiento requerido.

La excavación se puede realizar tanto por perforación y voladura como por perforación mecánica. La elección de esta metodología está condicionada por las características geológico-geotécnicas del terreno. El empleo de la perforación y voladura se aconseja para la excavación de materiales muy masivos y/o de elevada resistencia. Este procedimiento está especialmente indicado para túneles de longitud moderada excavados en rocas competentes.

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 estos sistemas de excavación se pueden distinguir tres tipos a emplear en función del terreno a atravesar: a) Excavación mecánica con rozadora, b) excavación mecánica con martillo rompedor, y c) excavación mecánica con excavadora hidráulica.

FASES DE EXCAVACIÓN

El esquema habitual de excavación de túneles mediante la metodología convencional permite realizar la excavación del frente a sección completa o por fases. La elección de una tipología u otra vendrá condicionada por las dimensiones del túnel y la calidad del terreno excavado.

En este caso concreto, dadas las dimensiones de los túneles el esquema habitual de excavación será en avance y destroza. Sin embargo, se agregará una tercera fase (contrabóveda) en aquellas zonas en las que las condiciones geotécnicas

sean de peores características. A continuación, se pasa a realizar una descripción de cada una de estas fases de excavación:

AVANCE: Se refiere a la mitad superior de la sección del túnel. La sección de excavación de esta fase tiene una altura media de entre 5,5 y 6 m aproximadamente.

DESTROZA: Se corresponde con la mitad inferior del túnel. Su excavación se realiza con una cierta distancia de decalaje de la fase de avance o una vez se haya calado todo el túnel. En caso de que se produjesen problemas geotécnicos durante su ejecución, la excavación de la destroza se podrá realizar tal que:

- Subdivisión de la destroza en dos bataches. Para ello, primero se excava y se ejecuta el sostenimiento del primer batache, y después se repite la misma operación con el restante.
- Excavación de la zona central de la destroza y posteriormente las zonas laterales ejecutando su correspondiente sostenimiento.

Normalmente, la excavación de la destroza se realiza con el doble de longitud de pase que en el avance.

CONTRABÓVEDA: Está operación es norma de buena práctica habitual en obras de este tipo. Al atravesar terrenos de mala calidad geotécnica, como las zonas de falla, se requiere dar continuidad a las tensiones entre hastiales a través de la contrabóveda.

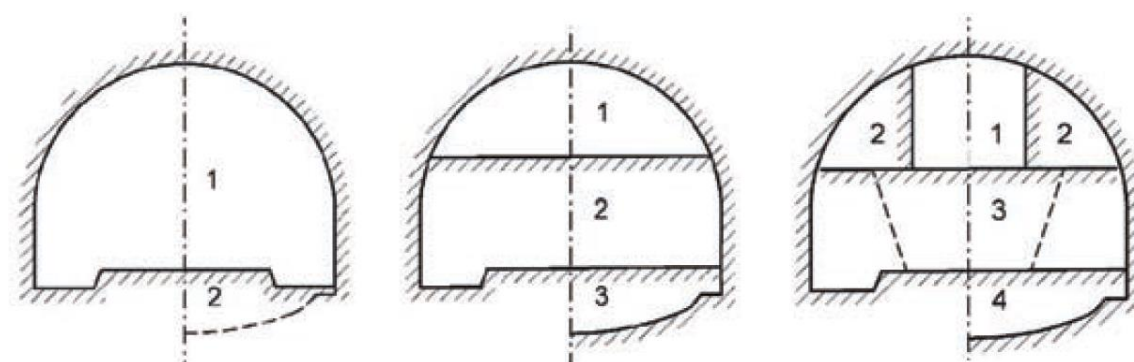


Figura 7.1. Ejemplos de excavación a sección completa o por fases. Fuente: International Tunnelling Association (ITA).

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:

La primera etapa consiste en la ejecución de los ciclos de excavación y sostenimiento de la sección de avance. La longitud de los pases dependerá de la calidad geotécnica del terreno atravesado, y varía entre 4,0 y 1,0 metros (incluso hasta 0,5 m en las zonas de falla y en los puntos singulares). Simultáneamente a la excavación se deberán realizar las labores de desescombrado. A continuación, se debe proceder a la ejecución del sostenimiento previsto (hormigón proyectado, bulones o cerchas y mallazo).

La segunda etapa consiste en la excavación de la destroza en bataches alternos, y su correspondiente ejecución del sostenimiento. Normalmente, la destroza se hace en pases de mayor longitud que el avance. Estos pueden llegar a oscilar entre 1 y 7-8 m.

Mediante este proceso cíclico, se excavarán tanto el avance como la destroza de los túneles y en su caso, la contrabóveda. A continuación, se esquematizan las fases de excavación descritas anteriormente.

Finalmente, una vez comprobadas las secciones transversales, se procederá a colocar el sistema de impermeabilización y el revestimiento del túnel.

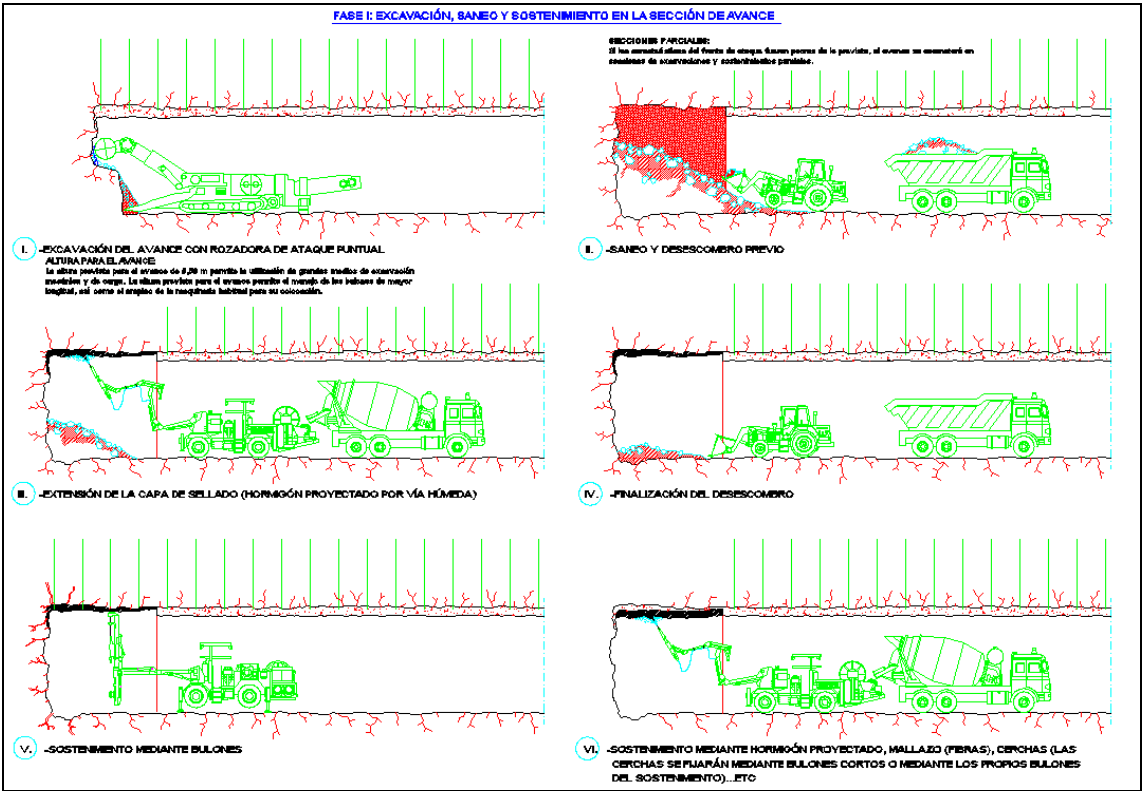


Figura 7.2. Fase de excavación en la sección de Avance.

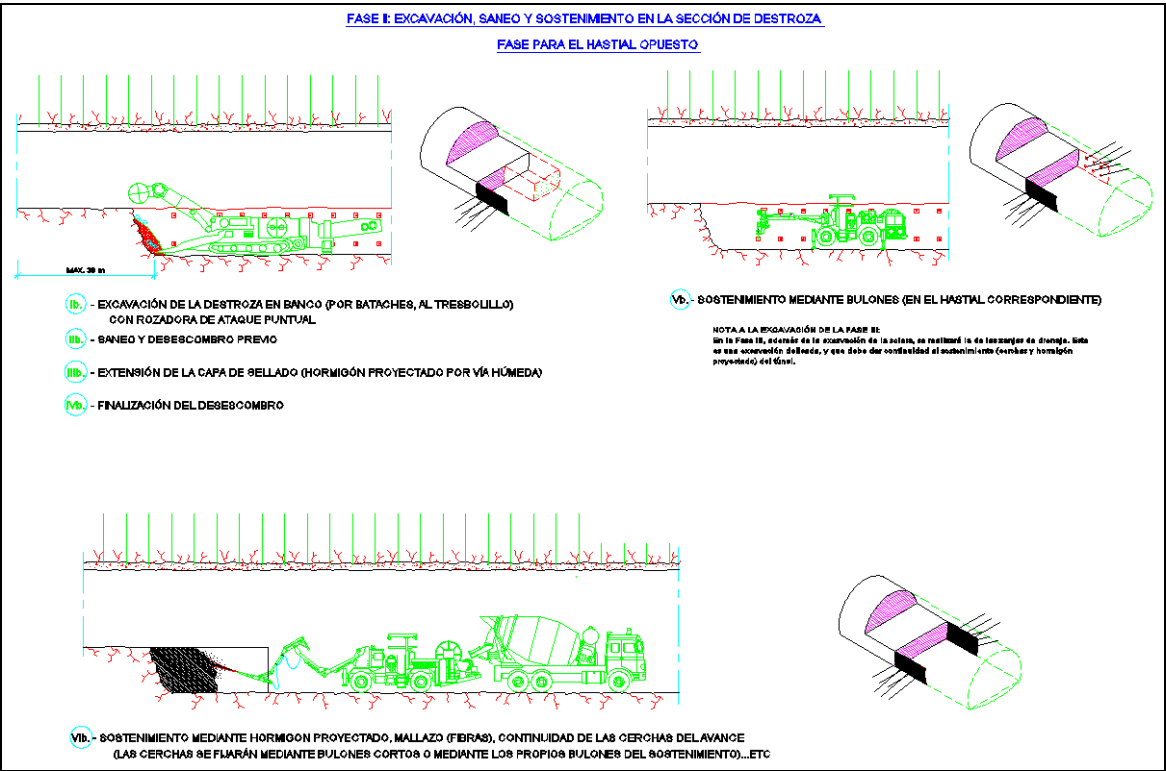


Figura 7.4. Fase de excavación en la sección de Destroza, hastial opuesto.

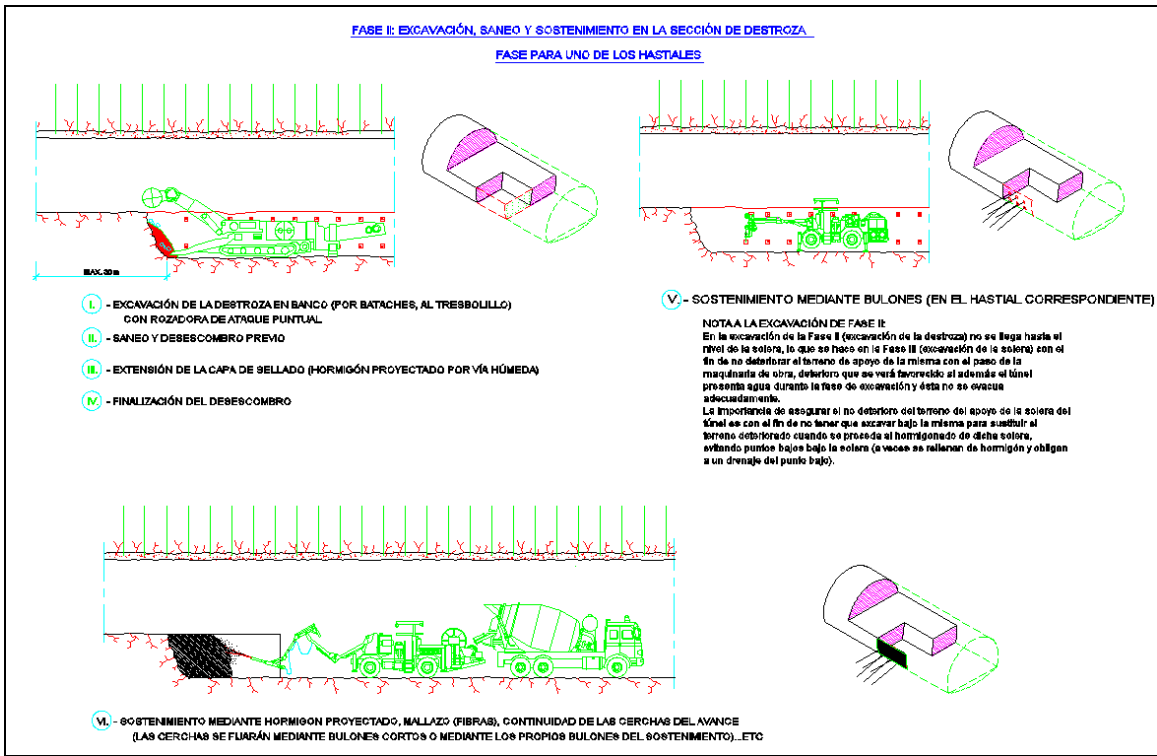


Figura 7.3. Fase de excavación en la sección de Destroza, primer hastial.

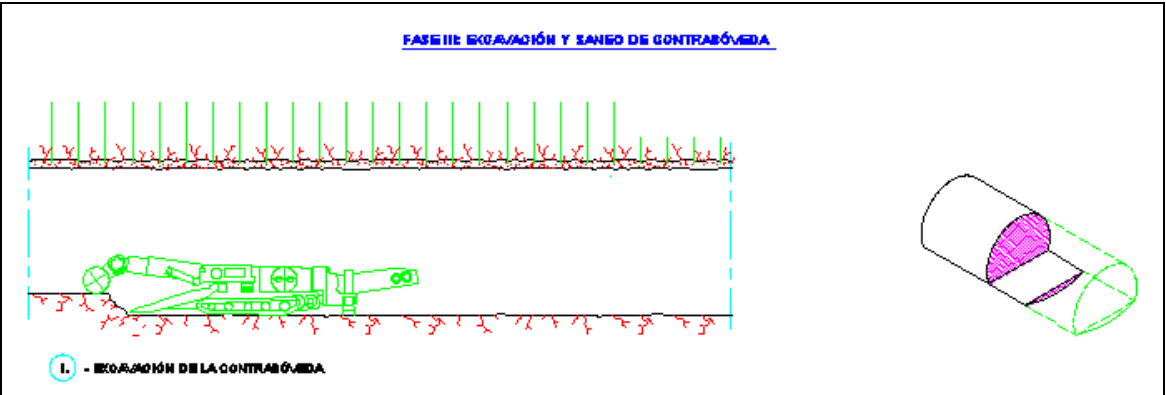


Figura 7.5. Fase de excavación de la contrabóveda.

7.2. Excavación con tuneladora

Este método de construcción se caracteriza por presentar unos rendimientos de excavación muy elevados, los cuales suelen oscilar entre los 400 y 500 m/mes. Además, también supone una mejora considerable en aspectos de seguridad frente a la excavación por métodos convencionales. Sin embargo, este método de excavación requiere de una inversión inicial mucho más alta y tiene mucha menos versatilidad frente a cambios de las condiciones geotécnicas a lo largo de la traza.

Además, también requiere de una explanada de gran superficie para poder incluir todas las instalaciones necesarias para el funcionamiento de toda la maquinaria. 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 de la tuneladora. Dicha superficie debe de situarse junto al emboquille de ataque.

Para que esta alternativa sea viable económicamente, la longitud de los túneles debe ser superior a unos 4 km. Para túneles de entre 2 y 4 km se deberá hacer un estudio más preciso de los condicionantes geológicos, geométricos, ambientales y económicos.

A pesar de todos los aspectos positivos de esta alternativa, esta se descarta por las condiciones geológicas del entorno de los túneles. La presencia de litologías muy variables a lo largo de la traza, así como la posible intersección de zonas karstificadas de tamaño considerable, hacen que la excavación con tuneladora resulte técnicamente inviable.

7.3. Excavación entre pantallas

La excavación entre pantallas a cielo abierto puede realizarse cuando el túnel presenta una montera muy baja y donde sea posible realizar la excavación total del terreno sin afectar a estructuras cercanas.

Aunque este procedimiento ocupa una gran superficie, las incertidumbres asociadas al mismo son mucho menores que en el caso de la excavación de

túneles en mina. Esto se debe a que el sostenimiento se realiza mediante pantallas continuas o de pilotes, a través de las cuales se pueden limitar los movimientos inducidos de una forma más controlada. Además, esta metodología no requiere normalmente de tratamientos del terreno para evitar la afección del entorno, por lo que su coste económico suele ser notablemente inferior al del túnel en mina.

La principal problemática asociada a este procedimiento constructivo son las afecciones que se producen en superficie en cuanto a las necesidades de ocupación temporal, desvíos de tráfico y servicios, e instalaciones afectadas.

8. Zonas singulares

En este Estudio Informativo Complementario se han estudiado aquellas zonas que requieren de una especial consideración por su topografía o por la presencia de estructuras (vías ferroviarias, carreteras, etc.) cercanas a los túneles de cada uno de los trazados.

En algunos casos, la presencia de estos puntos singulares puede hacer necesaria la ejecución de tratamientos del terreno que deberán definirse en fases posteriores del proyecto.

No se tienen en consideración aquellas zonas que presenten unas condiciones geológico-geotécnicas más deficientes, y que por lo tanto requieran de un tratamiento especial. Dichas zonas deberán de estudiarse y definirse tras realizar una campaña geotécnica más precisa.

8.1. Alternativa Norte

El túnel de San Marcos presenta en la mayoría de su recorrido una montera elevada, llegando a tener hasta un 30% de su longitud con más de 150 m de cobertera. En concreto, cuando este pasa bajo el Fuerte de San Marcos dicha cobertera llega a alcanzar los casi 200 m.

Dada la escasa cobertera que presenta el túnel de San José bajo la autopista AP-8, sus primeros 232 metros deberán ejecutarse mediante un falso túnel entre pantallas. Una vez se inicia el túnel en mina, este atraviesa un punto de baja cobertera (inferior a 10 m) localizado en el PK 6+600 aproximadamente.

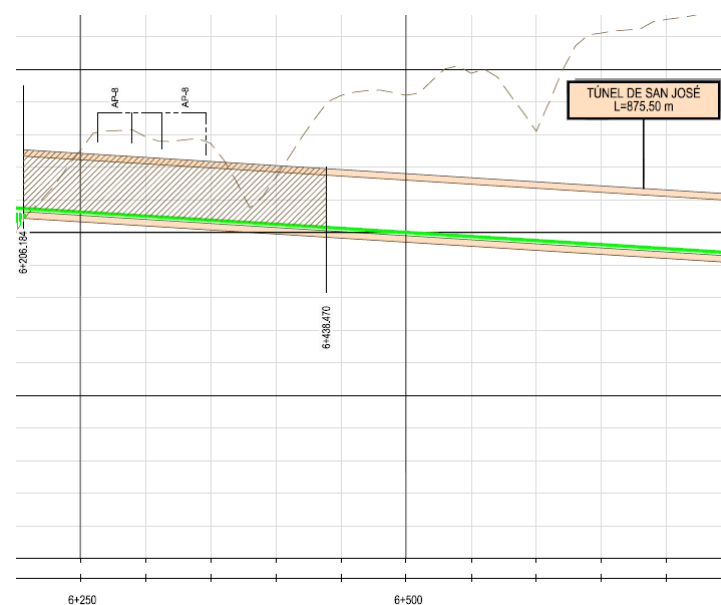


Figura 8.1. Situación del paso del túnel San José bajo la autopista AP-8 y la zona de baja cobertera del PK 6+600.

El Túnel de Arkale también pasa por debajo de la autopista AP-8 entre los PP.KK. 9+325 y 9+375 con una cobertera de unos 10 metros aproximadamente. Del mismo modo, el tramo final del túnel del Ramal al Puerto discurre por debajo de esta carretera con una montera inferior a los 10 metros.

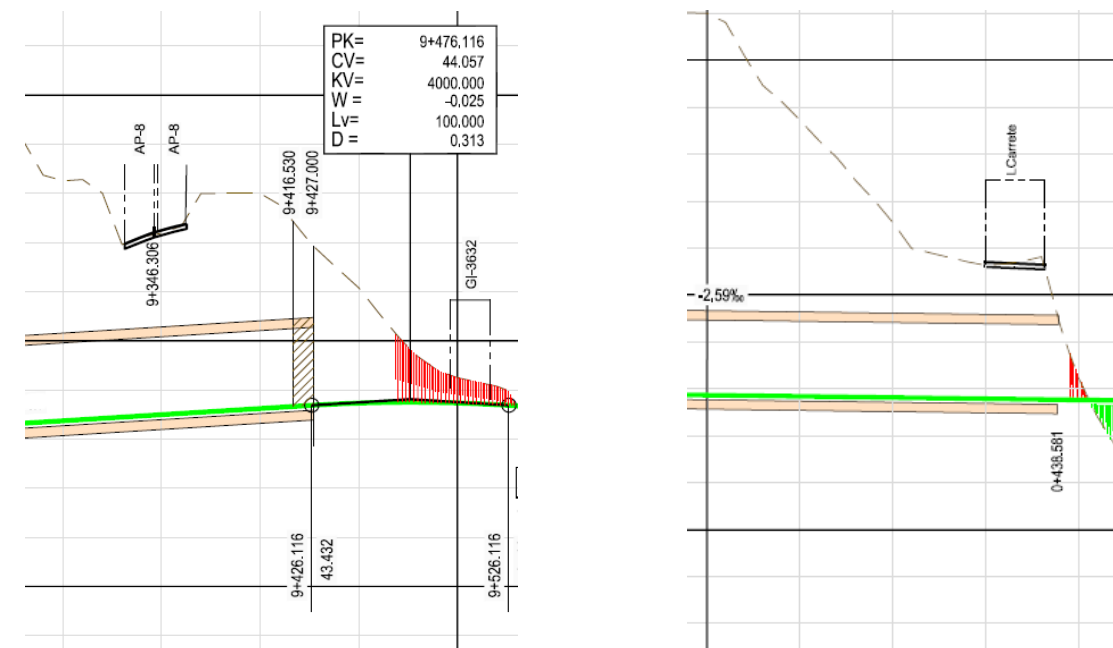


Figura 8.2. Paso de los túneles de Arkale (Imagen izda.) y Ramal al Puerto (Imagen dcha.) por debajo de la AP-8.

8.2. Alternativa Centro

El túnel de San Marcos atraviesa varias zonas de baja cobertera relacionadas con la presencia de pequeños arroyos, que se encuentran localizadas en los PP.KK.: 1) 1+400 que coincide con la presencia de un arroyo, 2) 2+550, 3) 5+200 debido a la presencia del Arroyo de Sabada, 4) 5+475 y 5) 5+875.

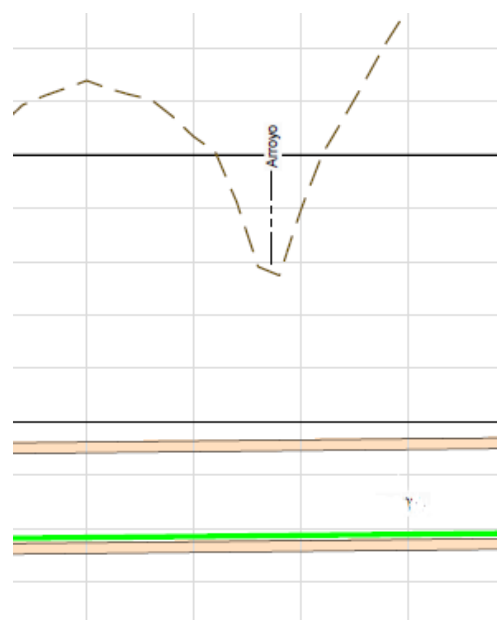


Figura 8.3. Zona de baja cobertera del PK 1+400.

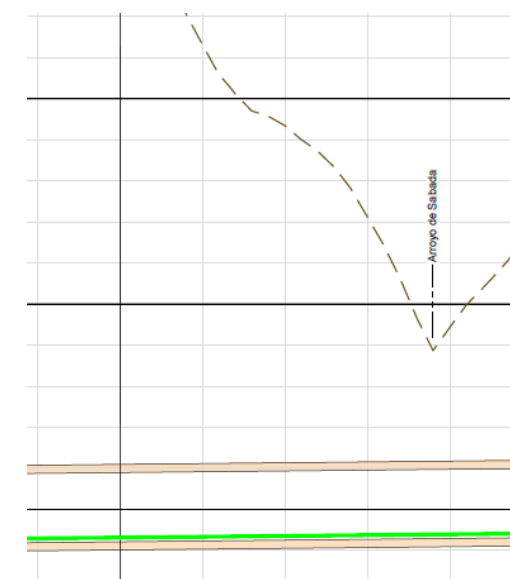


Figura 8.5. Zona de baja cobertera del PK 5+200.

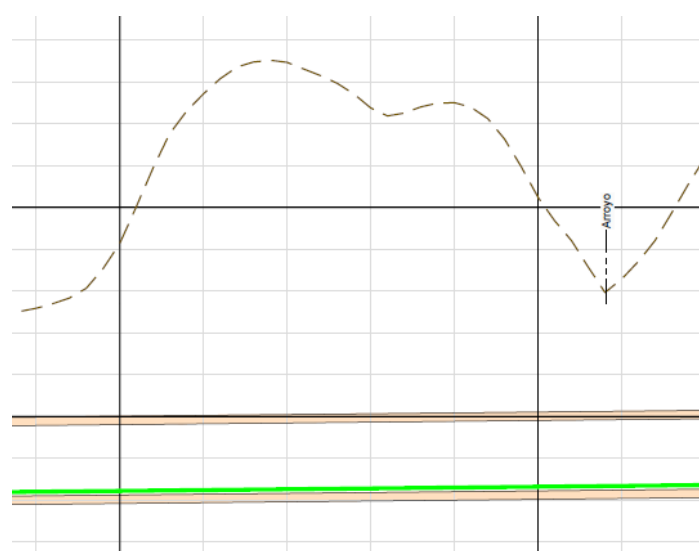


Figura 8.4. Zona de baja cobertera del PK 2+550.

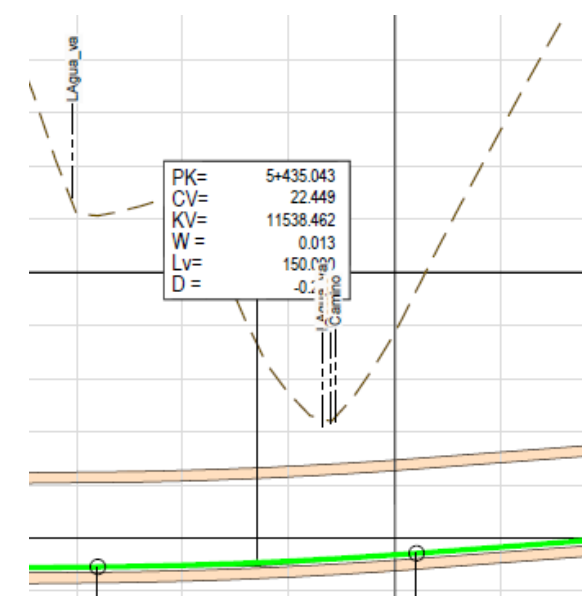


Figura 8.6. Zona de baja cobertera del PK 5+475.

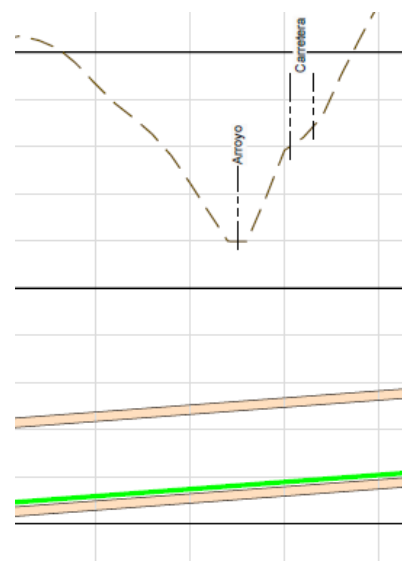


Figura 8.7. Zona de baja cobertera del PK 5+875.

Las zonas singulares de los túneles del nudo de Oiartzun (Túnel de Mendigain y Túnel del Ramal al Puerto) se describen en el apartado 8.3-Alternativa Sur.

8.3. Alternativa Sur

El túnel de San Marcos atraviesa varias zonas con baja cobertera. Estas se sitúan en: 1) El tramo comprendido entre los PP.KK. 1+912 – 2+027 y cuya baja topografía se debe a la presencia de materiales evaporíticos triásicos de muy malas características geotécnicas, 2) Entre los PP.KK. 5+114 – 5+200 coincidiendo con la presencia del Arroyo de Sabada y 3) Entre los PP.KK. 5+640-5+655 debido a la presencia de otro arroyo. Además, este túnel presenta un tramo con una cobertera elevada, superior a los 100 metros, entre los PP.KK. 2+550 y 4+550.

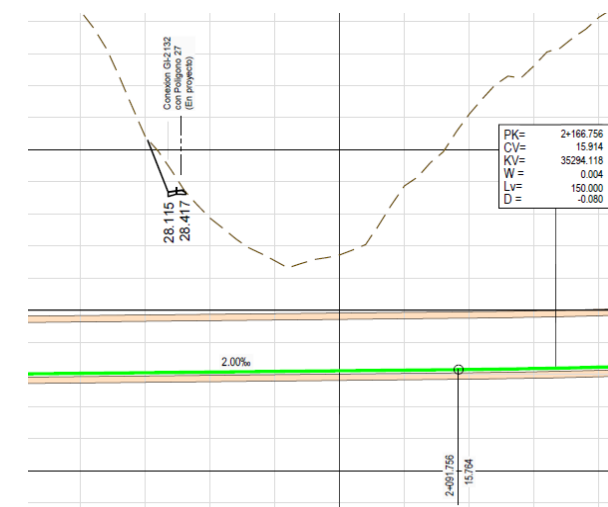


Figura 8.8. Zona de baja cobertera entre los PP.KK. 1+912 – 2+027.

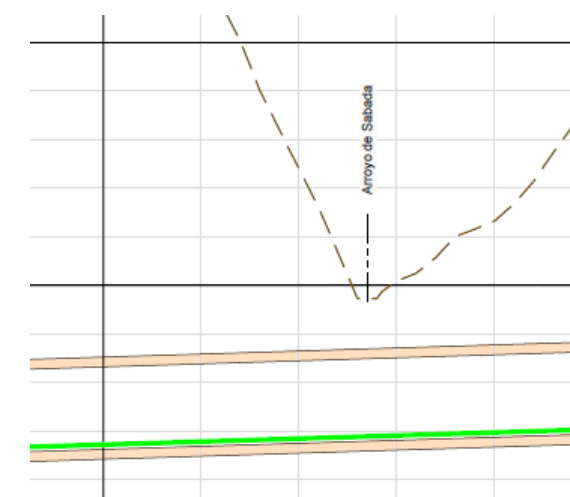


Figura 8.9. Zona de baja cobertera entre los PP.KK. 5+114- 5+200.

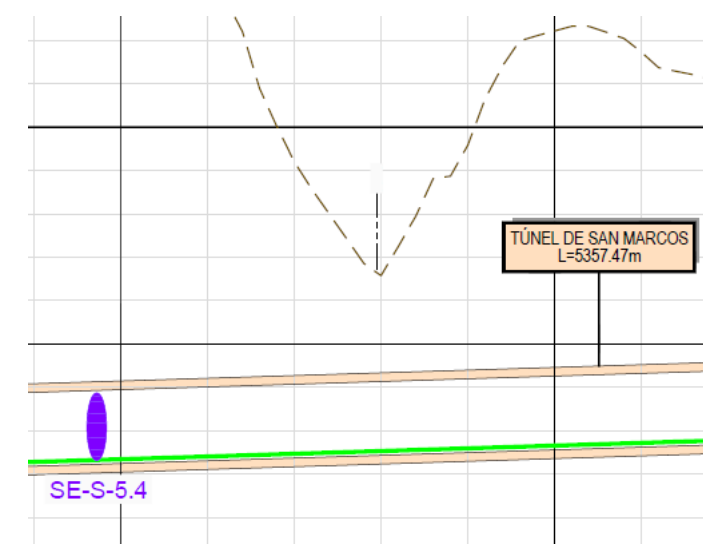


Figura 8.10. Zona de baja cobertera entre los PP.KK. 5+640- 5+655

El túnel de Mendigain presenta un primer tramo con una muy baja cobertera que impide su ejecución en mina. Por lo tanto, sus primeros 660 metros consisten en un falso túnel que se excavará entre pantallas. Por otro lado, este túnel también pasa bajo la autopista AP-8 entre los PP.KK. 8+775 y 8+800. Del mismo modo, el emboquille del túnel del Ramal al Puerto discurre por debajo de esta carretera con una montera inferior a los 10 metros. Además, el emboquille de salida del túnel del Ramal al Puerto también pasa por debajo de dicha autopista.

9. Secciones tipo de sostenimiento

Para hacer una primera estimación del sostenimiento a ejecutar en cada una de las excavaciones de los túneles, se ha empleado el índice Q de Barton. Para su obtención se ha realizado una correlación con el índice RMR de Bieniawski.

Q = e^((RMR-44)/9)

A través del ábaco de Barton se puede estimar el sostenimiento a ejecutar tras la excavación de los diferentes tramos del túnel. Para ello, es necesario conocer el cociente entre la *dimensión crítica de la excavación y el ESR*. De este modo, Barton asigna un valor de Q a cada terreno en función de la calidad de la roca. A diferencia del RMR, la variación del valor de Q no es lineal, sino exponencial, y oscila entre Q=0,001 para terrenos muy malos y Q=1000 para terrenos muy buenos.

Para obtener el valor de Q se debe aplicar la siguiente expresión:

Q = (RQD / Jn) * (Jr / Ja) * (Jw / SRF)

Donde:

RQD: es el índice Rock Quality Designation, es decir, la relación en tanto por ciento entre la suma de longitudes de testigo de un sondeo

mayores de 10 cm y la longitud total. Barton indica que basta tomar el RQD en incrementos de 5 en 5, y como mínimo tomar RQD=10.

Jn: varía entre 0,5 y 20, y depende del número de familias de juntas que hay en el macizo.

Jr: varía entre 1 y 4, y depende de la rugosidad de las juntas.

Ja: varía entre 0,75 y 20, y depende del grado de alteración de las paredes de las juntas de la roca.

Jw: varía entre 0,05 y 1, dependiendo de la presencia de agua en el túnel.

SRF: son las iniciales de Stress Reduction Factor, y depende del estado tensional de la roca que atraviesa el túnel.

Todos estos parámetros se pueden obtener a través de unas tablas en las que se describe el valor a asignar a cada uno de ellos en función de las características que presente el macizo rocoso.

Además, también existen algunas correlaciones que permiten estimar el valor de Q mediante el RMR. Algunas de las más conocidas son las siguientes:

- RMR = 9,0 · Ln Q + 44.....(Según Bieniawski, 1976)
- RMR = 13,5 · Ln Q + 43..... (Según Rutledge, 1978)
- RMR = 4,5 · Ln Q + 55,2..... (Según Moreno, 1980)
- RMR = 10,5 · Ln Q + 41,8..... (Según Abad et al, 1983)
- RMR = 8,5 · Ln Q + 35..... (Según Kaiser y Gale, 1985)
- RMR = 15 · log Q + 50 (Según Barton, 1995)

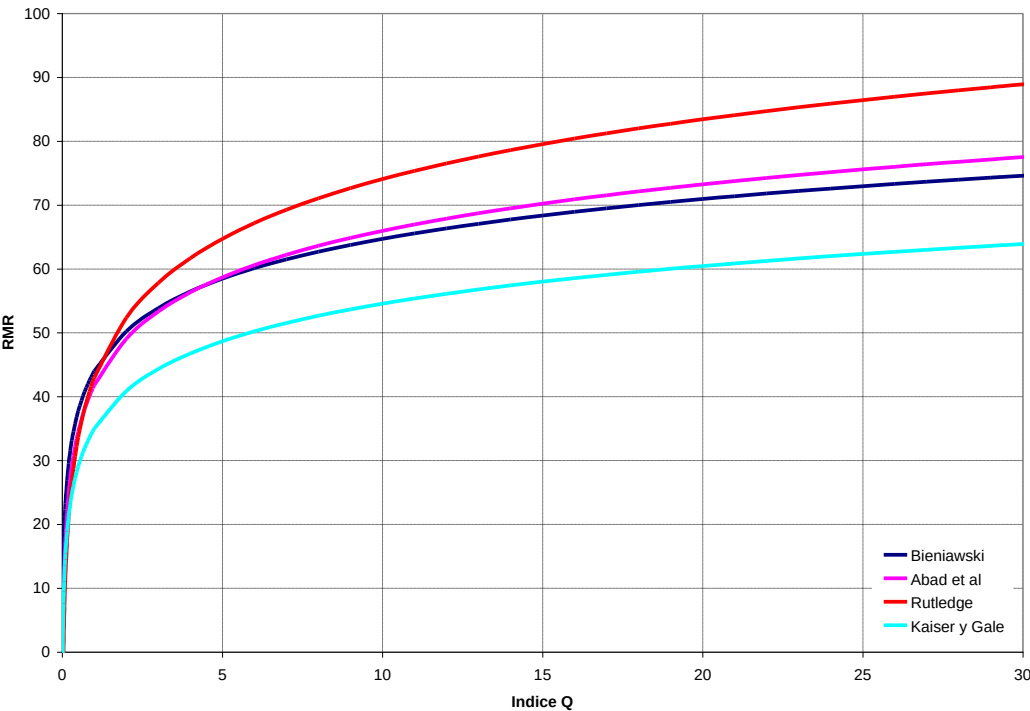


Figura 9.1. Correlaciones entre el RMR y la Q de Barton.

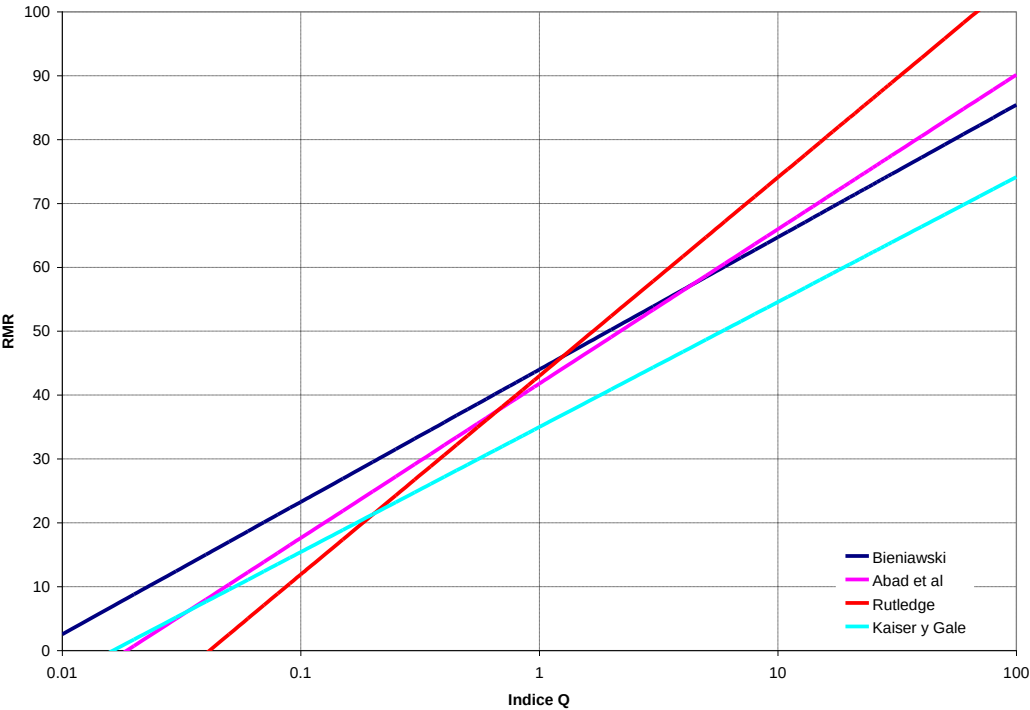


Figura 9.2. Correlaciones entre el RMR y la Q de Barton en escala logarítmica.

En este informe se ha optado por emplear la correlación de Bieniawski para obtener el valor Q para cada tramo de los túneles.

$$Q = e^{\frac{RMR-44}{9}}$$

Para realizar la asignación de los sostenimientos se han preestablecido cuatro rangos del valor del RMR para asignar los sostenimientos correspondientes a cada litología.

ÍNDICE RMR (SIN CORREGIR)	ÍNDICE Q DE BARTON
≥ 50	> 1,95
50-40	>1,95 - 0,64
40-30	0,64 - 0,21
≤ 30	< 0,21

Tabla 9.1. Rangos de RMR y de la Q de Barton seleccionados para la asignación de los sostenimientos.

9.1. Predimensionamiento según el índice Q de Barton

La primera estimación de los sostenimientos a aplicar en los túneles se ha realizado a través de la clasificación de Barton. Para ello, es necesario asignar un valor al parámetro ESR (*Excavation Support Ratio*). Dicho valor se asigna en función de las características de la obra a desarrollar, y viene estipulado por la tabla que se muestra a continuación:

TIPO	DESCRIPCIÓN	ESR
A	Minas abiertas temporalmente	3 - 5
B	Pozos verticales	2,5 - 2
C	Minas abiertas permanentemente. Túneles hidroeléctricos Túneles piloto y galerías de avance para grandes excavaciones	1,6
D	Cavernas de almacenamiento Plantas de tratamiento de aguas Túneles pequeños de carretera y ferrocarril	1,3
E	Centrales eléctricas subterráneas Túneles grandes de carretera y ferrocarril Cavernas de defensa civil Boquillas e intersecciones	1
F	Centrales nucleares subterráneas Estaciones de ferrocarril Pabellones deportivos y de servicios	0,8

Tabla 9.2. Valores del parámetro ESR en función de la tipología de la obra. Fuente: Barton (1974).

En este caso, dado que los túneles ferroviarios a proyectar presentan una sección amplia, se ha optado por la utilización de un valor de 1,0 para ESR.

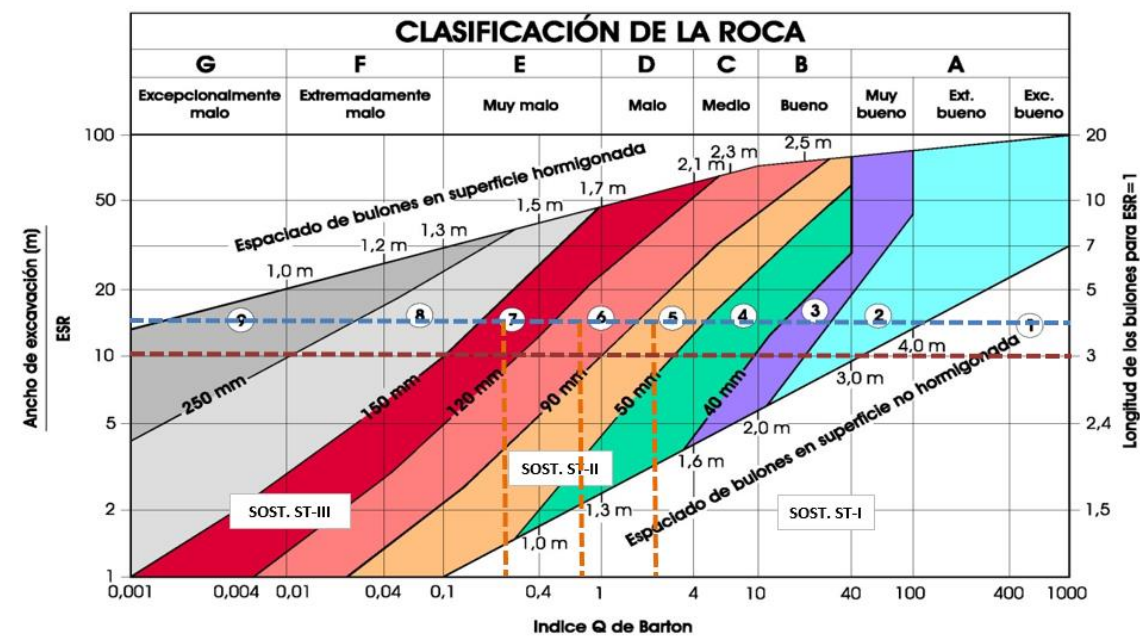


Figura 9.3. Clasificación de los sostenimientos de los túneles de vía doble y vía única por el método de la Q de Barton. Fuente: Barton (2000).

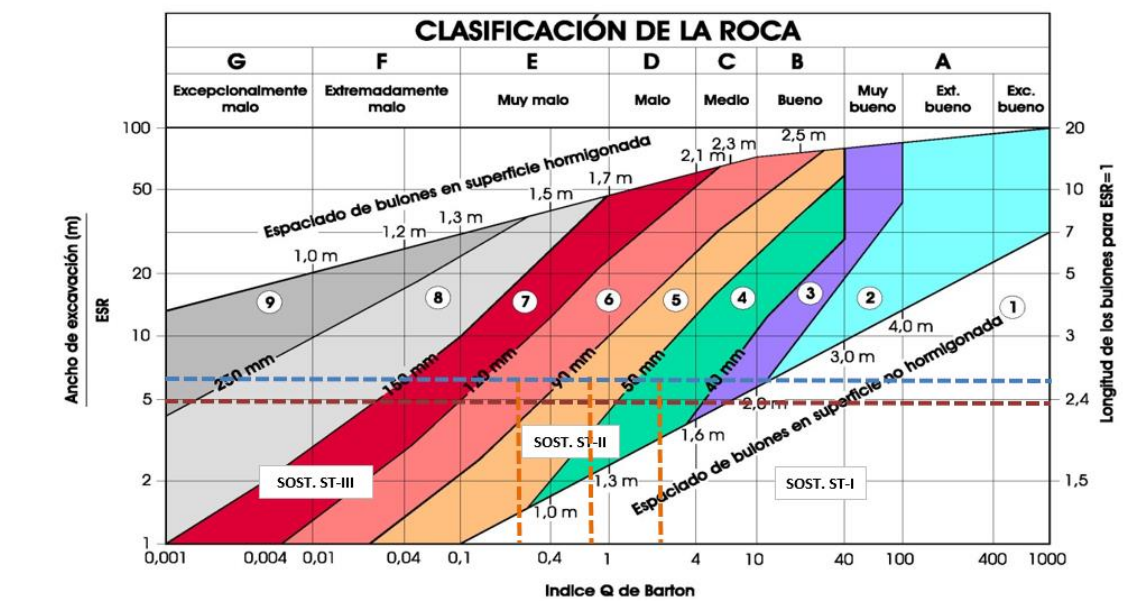


Figura 9.4. Clasificación de los sostenimientos de las galerías de emergencia peatonales y vehiculares por el método de la Q de Barton. Fuente: Barton (2000).

9.2. Tipos de sostenimiento

La propuesta definitiva de los sostenimientos de los túneles se ha hecho tomando como referencia el predimensionamiento del apartado anterior y en base a la experiencia de túneles similares construidos en España. De este modo se proyectan los siguientes tipos de sostenimiento:

Sostenimiento tipo	Calidad geotécnica	Condiciones de aplicación en base al RMR	Longitud máxima de pase en AVANCE (m)	Elementos que componen el sostenimiento	Porcentaje estimado de aplicación
I	BUENA	$50 \leq \text{RMR}$	4,00	15 cm (10+5) H/MP/30 con Fibras (40 kg /m³)	Alt. Norte: 22%
				Bulones de expansión de 160 kN de carga mínima de rotura / L= 4,00 m / Malla 2,00x2,00 m	Alt. Sur: 0%
				Sin cerchas	Alt. Centro: 17%
II	MEDIA	$40 \leq \text{RMR} < 50$	3,00	20 cm (15+5) H/MP/30 con Fibras (40 kg /m³)	Alt. Norte: 15%
				Bulones de expansión de 160 kN de carga mínima de rotura / L= 4,00 m / Malla 1,50x1,50 m	Alt. Sur: 50%
				Sin cerchas	Alt. Centro: 44%
III	MALA	$30 \leq \text{RMR} < 40$	1,50	25 cm (10+15) H/MP/30 con Fibras (40 kg /m³)	Alt. Norte: 51%
				Bulones autoperforantes de 280 kN de carga mínima de rotura / L= 4,00 m / Malla 1,00x1,00 m	Alt. Sur: 43%
				Sin cerchas	Alt. Centro: 35%
IV	MUY MALA	$\text{RMR} < 30$	1,00	30 cm (10+20) H/MP/30 con Fibras (40 kg /m³)	Alt. Norte: 11%
				Sin bulones	Alt. Sur: 7%
				HEB-180 cada 0,50 m	Alt. Centro: 4%

Tabla 9.5. Sostenimientos tipo propuestos para los túneles de vía doble y vía única.

Sostenimiento tipo	Calidad geotécnica	Condiciones de aplicación en base al RMR	Longitud máxima de pase en AVANCE (m)	Elementos que componen el sostenimiento	Longitud estimada de aplicación
I	BUENA	50 ≤ RMR	4,00	10 cm (5+5) H/MP/30 con Fibras (40 kg /m³)	Alt. Norte: 38%
				Bulones de expansión de 110 kN de carga mínima de rotura / L=3,00 m / Malla 2,00x2,00 m	Alt. Sur: 0%
				Sin cerchas	Alt. Centro: 10%
II	MEDIA	40 ≤ RMR < 50	3,00	15 cm (10+5) H/MP/30 con Fibras (40 kg /m³)	Alt. Norte:40%
				Bulones de expansión de 110 kN de carga mínima de rotura / L= 4,00 m / Malla 2,00x1,50 m	Alt. Sur: 67%
				Sin cerchas	Alt. Centro: 23%
III	MALA	30 ≤ RMR < 40	1,50	20 cm (10+10) H/MP/30 con Fibras (40 kg /m³)	Alt. Norte: 9%
				Bulones autoperforantes de 210 kN de carga mínima de rotura / L= 3,00 m / Malla 1,00x1,00 m	Alt. Sur: 21%
				Sin cerchas	Alt. Centro: 62%
IV	MUY MALA	RMR < 30	1,00	25 cm (10+15) H/MP/30 con Fibras (40 kg /m³)	Alt. Norte:14%
				Sin bulones	Alt. Sur: 12%
				HEB-180 cada 0,50 m	Alt. Centro: 6%

Tabla 9.6. Sostenimientos tipo propuestos para galerías peatonales y vehiculares.

Los sostenimientos propuestos en este apartado son el resultado de un predimensionamiento. Resulta importante remarcar que para hacer una asignación de los sostenimientos definitiva hay que tener en consideración otros aspectos influyentes. Algunos de estos son las secuencias de excavación, áreas de los pases de excavación, características de los materiales constructivos, etc.

Por lo tanto, el sostenimiento deberá ser ajustado en fases posteriores a este Estudio Informativo mediante herramientas de cálculo más exactas.

10. Revestimiento

Toda obra subterránea debe tener un revestimiento que no ejerza un papel estructural a corto plazo, pero que pueda asegurar la estabilidad de la obra a largo plazo ante una eventual degradación de las características mecánicas del terreno o de los elementos de sostenimiento.

El problema que se plantea es definir qué tipo de exigencias debe tener el revestimiento de un túnel para que sea compatible con las condiciones de utilización y con un costo de ejecución razonable.

A continuación, se señalan algunos de las funciones del revestimiento:

- El revestimiento aporta un coeficiente de seguridad adicional, colaborando con el sostenimiento a corto plazo. A largo plazo no se puede confiar plenamente en el sostenimiento ya que, al estar en contacto directo con el terreno, tiende a alterarse perdiendo parte de sus características resistentes. La estabilidad a largo plazo se garantiza con el revestimiento.
- El revestimiento de hormigón permite disminuir significativamente las labores de mantenimiento y conservación, crecientes con la edad del túnel, que son normalmente muy costosas y que además entorpecen el tráfico.
- Evita la posible incidencia de convergencias residuales.
- El revestimiento reduce la rugosidad y por tanto mejora la circulación de aire y gases.
- Protege al sostenimiento frente a un posible incendio, el efecto de la agresividad y el envejecimiento.

Se propone un espesor de revestimiento de 30 cm de hormigón con 2 kg de fibras de polipropileno por cada m³ de hormigón para reducir los efectos de *spalling* en caso de incendio.

11. Impermeabilización y drenaje

Para proteger el revestimiento de la acción de las aguas subterráneas y aliviar las presiones intersticiales sobre el mismo, así como para evitar posibles goteos sobre la plataforma, se considera conveniente la impermeabilización completa de los túneles.

Se ha previsto un sistema de drenaje separativo, de acuerdo con las especificaciones de la NAP 2-3-1.0 del 2015 con las modificaciones de junio de 2018.

En primer lugar, para la impermeabilización del revestimiento se propone la instalación de una lámina porosa de protección (tipo geotextil) situada sobre el sostenimiento. Después, se colocará otra lámina de impermeabilización de tipo sintético (P.V.C. o P.E.). La lámina de geotextil tiene la función de filtrar los finos procedentes del lavado del sostenimiento y drenar los caudales para aliviar las presiones intersticiales, además de proteger a la otra frente a irregularidades del sostenimiento. Por otro lado, la lámina de tipo sintético tiene una función de impermeabilización.

Este sistema de láminas se coloca sobre el hormigón proyectado, siendo sujetadas mediante anclajes mecánicos y soldando térmicamente las distintas piezas necesarias para recubrir los paramentos del túnel.

La lámina de impermeabilización tendrá continuidad, mediante termo-soldado, hasta alcanzar los tubos dren de PVC ranurados que se colocarán longitudinalmente a lo largo de los túneles, cerca de los paramentos, y que conectarán con un canal de pequeñas dimensiones adosado al paramento. Estos caces se conectarán a su vez a intervalos regulares con el sistema de drenaje general del túnel.

Del mismo modo, se propone la colocación de canaletas en los pasillos de evacuación para la recogida de aguas que pudieran aparecer en el intradós del sostenimiento. Dichas canaletas también se encuentran conectadas con el sistema de drenaje general del túnel.

Por otro lado, también se proponen la instalación de arquetas a ambos lados de las vías para la recogida de posibles vertidos. Estos son conducidos a un colector de evacuación de vertidos localizado en la parte inferior de la bóveda.

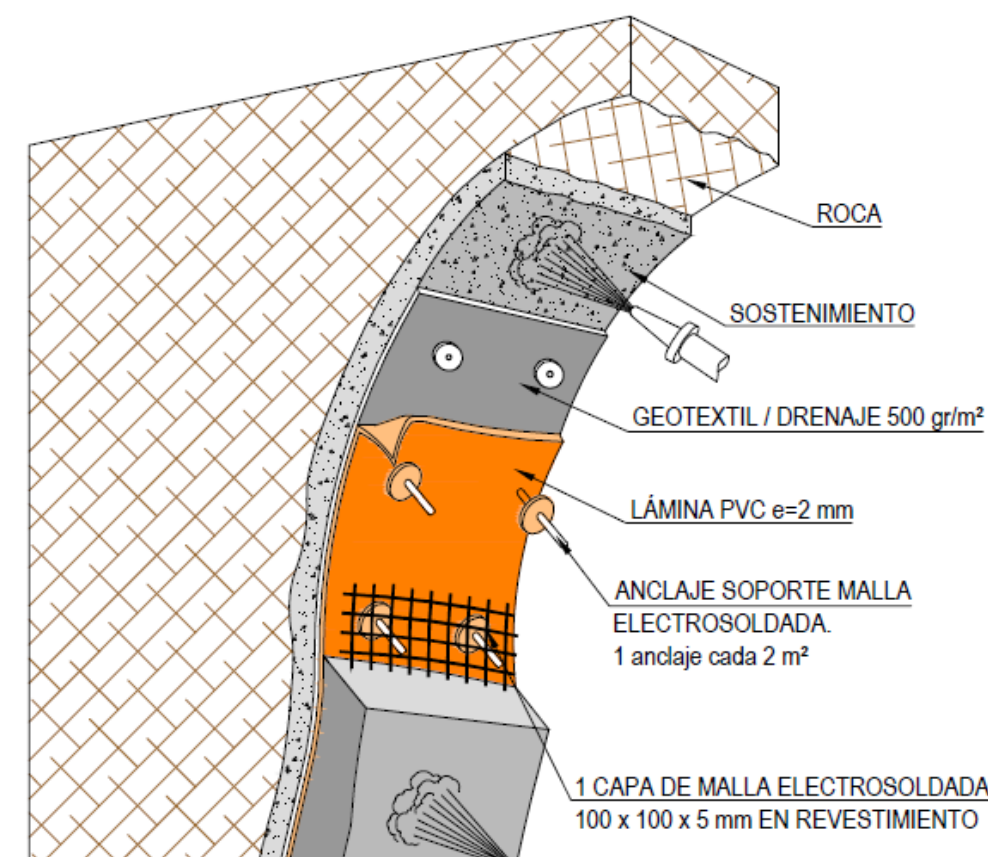


Figura 11.1. Ejemplo de detalle de un sistema de impermeabilización de túneles ejecutados por el método constructivo NATM.

12. Seguridad en túneles

Las normas aplicadas en España en relación con la seguridad en los túneles ferroviarios son:

- Reglamento (UE) Nº 1303/2014 de la comisión de 18 de noviembre de 2014, sobre la Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) relativa a la “Seguridad en los túneles ferroviarios” del sistema ferroviario de la Unión Europea, modificado por el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776 de la Comisión de 16 de mayo de 2019.
- Norma ADIF de Plataforma. NAP de Túneles 2-3-1.0 de julio de 2015, modificada en junio de 2018
- Borrador de la Instrucción Ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI-2016).

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 al túnel.

12.1. ETI de Seguridad en Túneles

A continuación, se indican cada una de las características necesarias a tener por cada uno de los aspectos relacionados anteriormente. Se señala el artículo de la mencionada **ETI de Seguridad en Túneles** transcrito en letra cursiva que hace referencia a cada aspecto y los criterios de aplicación al presente Estudio Informativo:

Art. 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.

En fases posteriores se deberán tener en cuenta estos requerimientos de cara al diseño de los túneles.

Art. 4.2.1.2. Resistencia al fuego de las estructuras del 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.

En fases posteriores se deberán tener en cuenta estos requerimientos de cara al diseño de los túneles, mediante cálculos específicos de resistencia al fuego. No obstante, se ha previsto que el revestimiento de hormigón en masa cuente con una dosificación de fibras de polipropileno que minimizan los efectos del fuego sobre el hormigón en caso de incendio.

Art. 4.2.1.3. Reacción al fuego de los materiales de construcción

Esta especificación se aplica 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 El material de construcción del túnel cumplirá los requisitos de la clase A2 de la Decisión 2000/147/CE de la Comisión. Los paneles no estructurales y demás equipamiento cumplirán los requisitos de la clase B de la Decisión 2000/147/CE 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.*

En fases posteriores del proyecto el diseño de los túneles deberá realizarse teniendo en cuenta los requerimientos de reacción al fuego de los materiales de construcción.

Por otro lado, los únicos materiales expuestos al fuego en los túneles de este estudio son el hormigón en masa del revestimiento y el hormigón de los pasillos de evacuación. Dichos materiales no contribuyen a la carga de fuego, ya que pertenecen a la clase A1.

Art. 4.2.1.4. Detección de incendios en las salas técnicas

Esta especificación se aplicará a túneles de más de 1 km de longitud:

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

Este requerimiento no aplica en relación al alcance de este proyecto.

Art. 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.*

En este proyecto se han definido zonas seguras de 500 m² junto a los emboquilles de todos los túneles con una longitud superior a los 1.000 m. Además, en estos también se han proyectado salidas de emergencia cada 1.000 m hacia zonas seguras de las mismas dimensiones.

Art. 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;

El diseño de los túneles con una longitud superior a 1 km se ha realizado incluyendo salidas de emergencia dispuestas cada 1.000 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.

Este requerimiento no aplica en relación al alcance de este proyecto.

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.

Las galerías de evacuación han sido dimensionadas de forma que superan las dimensiones mínimas de abertura libre. Las galerías peatonales son las de menor tamaño, y presentan una altura libre de 3,50 m y un ancho libre de 4,40 m.

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

Este requerimiento no aplica en relación al alcance de este proyecto.

Art. 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.

Este requerimiento no aplica en relación al alcance de este proyecto.

Art. 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 interrompan el espacio libre para el paso de personas, o bien

– integradas en los pasamanos;

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.

Estos requerimientos no aplican en relación al alcance de este proyecto.

Art.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.

Este requerimiento no aplica en relación al alcance de este proyecto.

Art. 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.

El diseño de las secciones tipo de los túneles de las tres alternativas incluye pasillos de evacuación cumpliendo con los requerimientos de este artículo.

Art. 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.

Esta cláusula no aplica a ninguno de los túneles de las tres alternativas dado que todos ellos tienen una separación mínima superior en 100 metros a la longitud máxima de los trenes que van a circular a través de ellos.

b) 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:*

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

Todos los túneles con una longitud superior a 1.000 metros incluyen en su diseño la ejecución de puntos de evacuación y rescate junto a sus emboquilles.

c) 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 en emergencias 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.*

Los requerimientos 1, 2 y 4 no aplican en relación al alcance de este proyecto. Por otro lado, todos los puntos de evacuación y rescate han sido posicionados en zonas que sean accesibles para los servicios de emergencia. El acondicionamiento de estos accesos deberá de definirse en fases posteriores del proyecto.

d) 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 puntos de evacuación y rescate fuera de las bocas del túnel cumplirán las siguientes condiciones:

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

Todos los túneles con una longitud superior a los 1.000 m se han diseñado incluyendo una plataforma de 500 m² en cada uno de sus emboquilles. Por otro lado, las instalaciones que menciona este artículo no son objeto del alcance de este proyecto.

e) 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 puntos 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 de evacuación y rescate tendrá una superficie suficiente 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.

En este proyecto no se incluye ningún punto de evacuación y rescate localizado en el interior de los túneles.

Art. 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.

Este requerimiento no aplica en relación al alcance de este proyecto.

12.2. NAP de Túneles de ADIF

En este apartado se hace un análisis de todos los requerimientos incluidos en el apartado 6 “Inclusión de medidas de seguridad en túneles en los proyectos de plataforma” de la NAP de Túneles, incluyendo las características diseñadas en relación al parámetro exigido.

- Parámetro: Trazado y sección transversal.
 - El diseño del perfil longitudinal de los túneles cumple con las recomendaciones recogidas en el documento.
 - Los túneles de Arkale (Alternativa Norte) y de Mendigain (Alternativas centro y sur) presentan puntos bajos, por lo que en fases posteriores del proyecto deberán de proyectarse los pozos y equipos de bombeo necesarios para la evacuación de aguas.
 - La sección libre prevista es superior a 85 m² para los túneles de vía doble, y superior a 52 m² para los túneles de vía única.
 - Se ha diseñado el túnel disponiendo de todos los espacios necesarios en cuanto a gálibo e instalaciones ferroviarias.
 - El sistema de drenaje es acorde a los requerimientos impuestos.
- Parámetro: Drenaje y evacuación de vertidos.

Para los túneles de vía doble y vía única se ha previsto el siguiente sistema de drenaje:

- Canaletas en las aceras de los pasillos de evacuación, para la recogida de aguas que pudieran aparecer en el intradós del sostenimiento.

- Tubos de drenaje de 110 mm para la recogida de aguas de infiltración del trasdós del revestimiento.
- Las aguas de infiltración son conducidas a un colector de evacuación de pluviales localizado en la parte interior de la bóveda.
- Arquetas a ambos lados de las vías para la recogida de posibles vertidos. Estos son conducidos a un colector de evacuación de vertidos localizado en la parte inferior de la bóveda.

En el caso de las galerías de emergencia se ha previsto:

- Tubos de drenaje de 110 mm para la recogida de aguas de infiltración del trasdós del revestimiento.
- Canaletas para aguas de infiltración situadas a ambos lados en la base de los hastiales. Dichas aguas son conducidas a una arqueta central situada en la solera de la sección.
- Parámetro: Evacuación de personas.
 - Los pasillos de evacuación se han diseñado a una altura de 0,55 m sobre la cota de cabeza del carril. También se ha respetado el galibo mínimo de evacuación de 0,80 x 2,25 m.
- Parámetro: acceso a zona segura.
 - Los túneles con una longitud superior a los 1 km han sido diseñados proyectando salidas de emergencia al exterior con una separación inferior a 1.000 m. Además, en los túneles de San Marcos de la Alternativa Centro y Sur se prevé que dos de estas galerías sean vehiculares, sirviendo así tanto de ataque intermedio como de acceso para los vehículos de emergencia.
- Parámetro: Zonas seguras o de rescate.
 - Todos los túneles con una longitud superior a 1 km constan de zonas de seguras de 500 m² situadas junto a sus emboquilles. Del mismo

modo, todas las salidas de emergencia diseñadas conducen hacia zonas seguras de las mismas dimensiones.

- Parámetro: Protección contra el fuego.
 - Este parámetro deberá de tenerse en cuenta para el diseño de los túneles en fases posteriores del proyecto.
- Parámetro: Suministro de agua.
 - Este requerimiento no aplica al alcance del proyecto.
- Parámetro: Simulación de incendio y evacuación.
 - Este requerimiento no aplica al alcance del proyecto.

12.3. Borrador de la IFI 2016

En relación a los requerimientos anteriormente expuestos, y con el fin de no repetir cuestiones ya citadas con anterioridad, únicamente se exponen los requisitos siguientes:

- Según el artículo 4.1.4.9.6, se limita la pendiente máxima de las galerías de evacuación. Se especifica que longitudes de salidas de emergencia superiores a los 10 m, la pendiente máxima no puede ser superior al 8%. Todas las salidas de emergencia de las tres alternativas tienen una pendiente igual o inferior al 8%.
- Por otro lado, el artículo 4.1.4.9.8 se especifica que los pasillos de evacuación se dispondrán a 0,55 m sobre cota de cabeza de carril. Tal y como se puede comprobar en el apartado 6, las secciones tipo diseñadas en este proyecto incluyen este requisito.

12.4. Análisis de las salidas de emergencia

12.4.1. Alternativa Norte

A continuación, se incluye una tabla de los túneles de esta alternativa:

	PK inicial (vía dcha)	PK final (vía dcha)	PK inicial (vía izda)	PK final (vía izda)	Longitud (m)
Antondegí	1+309,52	2+101,02	1+289,96	2+083,43	785,41
San Marcos	2+624,69	5+545,23	2+609,00	5+529,63	2.910,48
San José	6+206,25	7+081,75	6+190,39	7+065,89	875,50
Arkale	8+290,40	9+427,00	8+275,93	9+405,79	1.137,75
Ramal al Puerto*	0+000,00	0+438,58	-	-	438,58

Tabla 12.1. Resumen de los túneles de la Alternativa Norte.

*El túnel del Ramal al Puerto se inicia en el PK 8+843,41 (vía izquierda) a partir del túnel de Arkale y es de vía única.

Dado que la distancia entre túneles consecutivos es superior a 500 m, el diseño de las medidas de seguridad necesarias deberá realizarse independientemente para cada uno de ellos.

En general, todos los túneles contemplados en esta alternativa superan los 500 m de longitud, por lo que deberán incorporar pasillos de evacuación, tal y como lo indica el Artículo. 4.2.1.6. de la ETI de Seguridad en Túneles.

Los túneles de Antondegí y San José tienen una longitud inferior a 1.000 m, por lo que no es necesario que dispongan de salidas de emergencia, zonas seguras y puntos de evacuación y rescate. A pesar de ello, se ha proyectado la ejecución de un punto de evacuación y rescate (SE-N-6.1) en el emboquille sur del Túnel de San José.

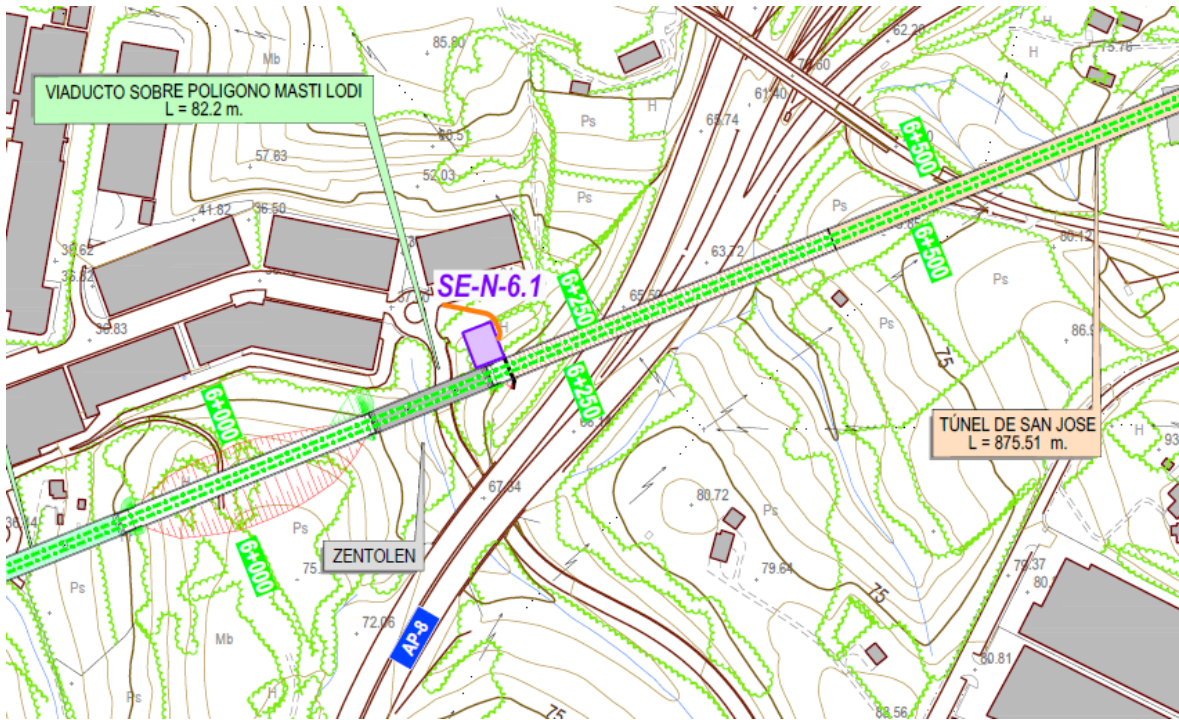


Figura 12.1. Localización del punto de evacuación y rescate SE-N-6.1 del túnel de San José.

En el caso del Túnel de San Marcos (Alt. Norte), dado que tiene una longitud de unos 2.910,48 m, es necesario que disponga de al menos dos salidas de emergencia hacia puntos de evacuación y rescate. Dichas salidas de emergencia se han proyectado en los PP.KK. 3+546,83 de la vía izquierda (SE-N-3.5) y 4+543,00 de la vía izquierda (SE-N-4.5) y constan de 480,96 m y 621,81 m de longitud respectivamente. Además, ambos emboquilles del túnel se han diseñado incluyendo un punto de evacuación y rescate, cumpliendo con lo indicado en el artículo 4.2.1.7. de la ETI de Seguridad en Túneles. Además, la sección tipo de este túnel incorpora los pasillos de evacuación cumpliendo con lo indicado en el Artículo. 4.2.1.6. de la ETI de Seguridad en Túneles.

NOMENCLATURA	TIPOLOGÍA	P.K. de entronque	Longitud [m]
SE-N-2.6	Punto de evacuación y rescate	Emboquille oeste	-
SE-N-3.5	Galería peatonal	3+546,83 (Vía izda.)	480,96
SE-N-4.5	Galería peatonal	4+543,00 (Vía izda.)	621,81
SE-N-5.5	Punto de evacuación y rescate	Emboquille este	-

Tabla 12.2. Resumen de los puntos de los puntos de evacuación y rescate y de las galerías de emergencia del túnel de San Marcos (Alt. Norte).

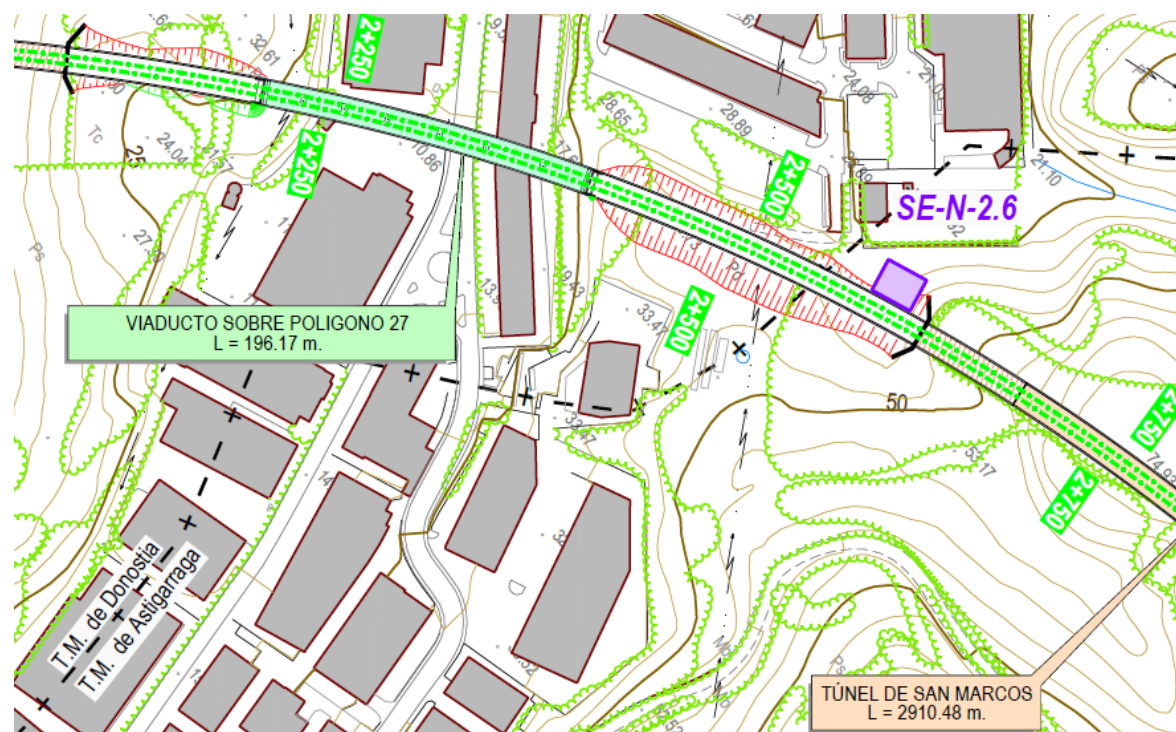


Figura 12.2. Localización del punto de evacuación y rescate SE-N-2.6 del túnel de San Marcos (Alternativa Norte).

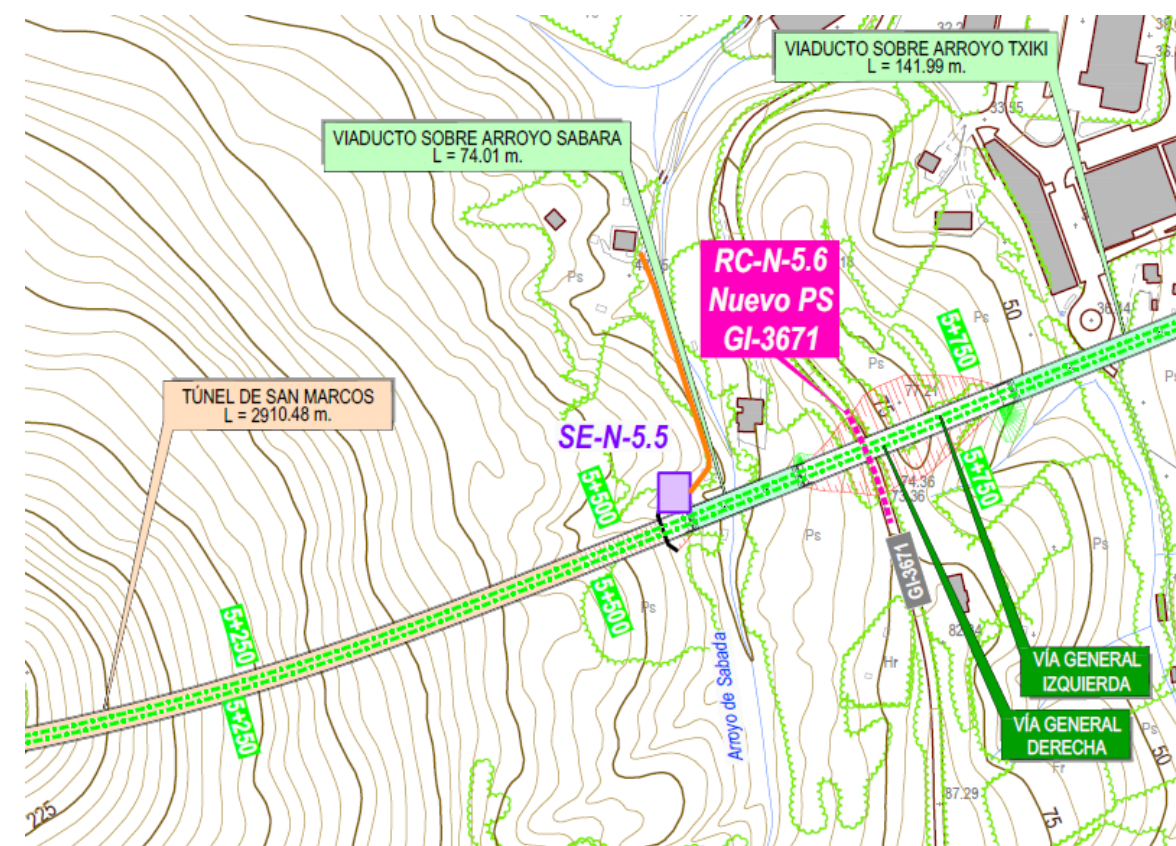


Figura 12.4. Localización del punto de evacuación y rescate SE-N-5.5 del túnel de San Marcos (Alternativa Norte).

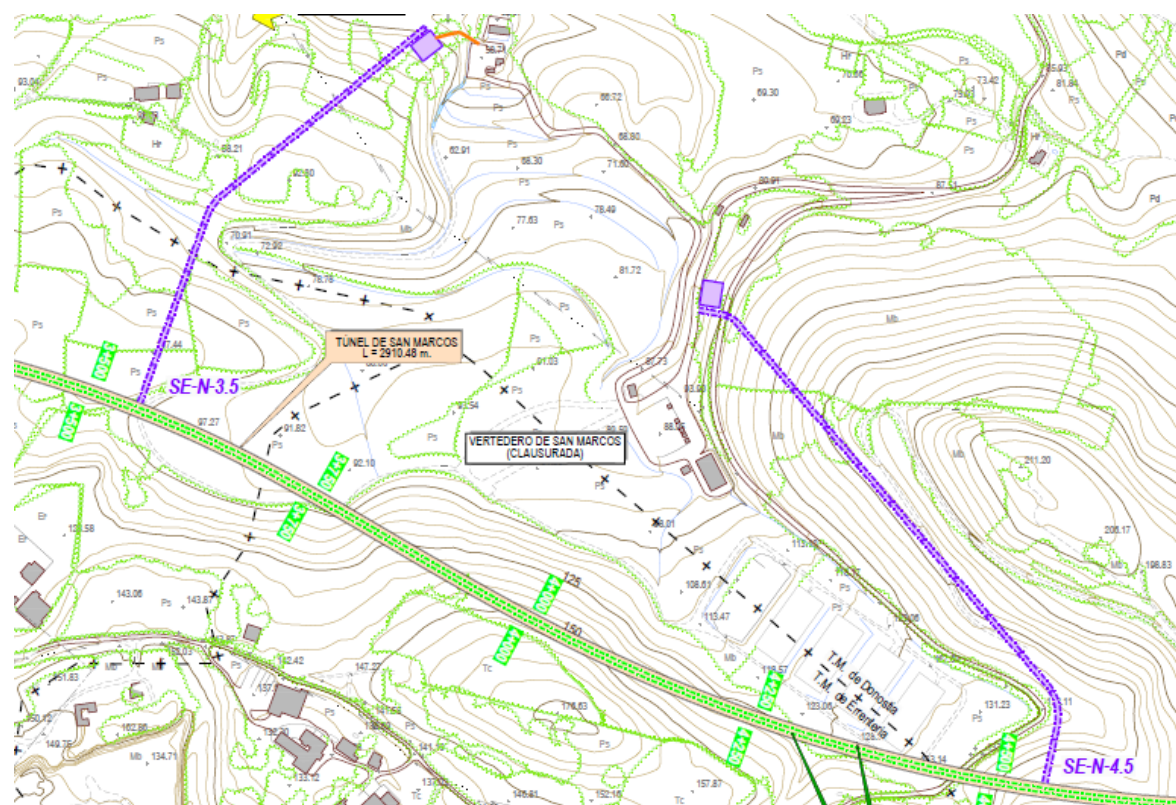


Figura 12.3. Localización de las galerías de emergencia SE-N-3.5 y SE-N-4.5 del túnel de San Marcos (Alternativa Norte).

Por otro lado, en el caso de los túneles del Nudo de Oiartzun se ha proyectado una salida de emergencia compartida por los dos, y que se sitúa en el PK 8+428,56 de la vía derecha (SE-N-8.4) y que conduce a un punto de evacuación y rescate situado junto al emboquille sur del túnel. Además, en cada túnel se ha proyectado un punto de evacuación y rescate en sus emboquilles de salida: 1) SE-N-9.4 para el túnel de Arkale, y 2) SE-NO-0.4 para el túnel del Ramal al Puerto. Además, la secciones tipo de estos túneles incorporan pasillos de evacuación cumpliendo con las indicaciones del Artículo. 4.2.1.6. de la ETI de Seguridad en Túneles.

NOMENCLATURA	TIPOLOGÍA	P.K. de entronque	Longitud [m]
SE-N-8.4	Galería peatonal	8+428,56 (Vía dcha.)	184,25
SE-N-9.4	Punto de evacuación y rescate	Emboquille norte	-
SE-NO-0.4	Punto de evacuación y rescate	Emboquille norte	-

Tabla 12.3. Resumen de los puntos de evacuación y rescate, y de las galerías de emergencia de los túneles de Arkale y Ramal al Puerto (Alt. Norte).

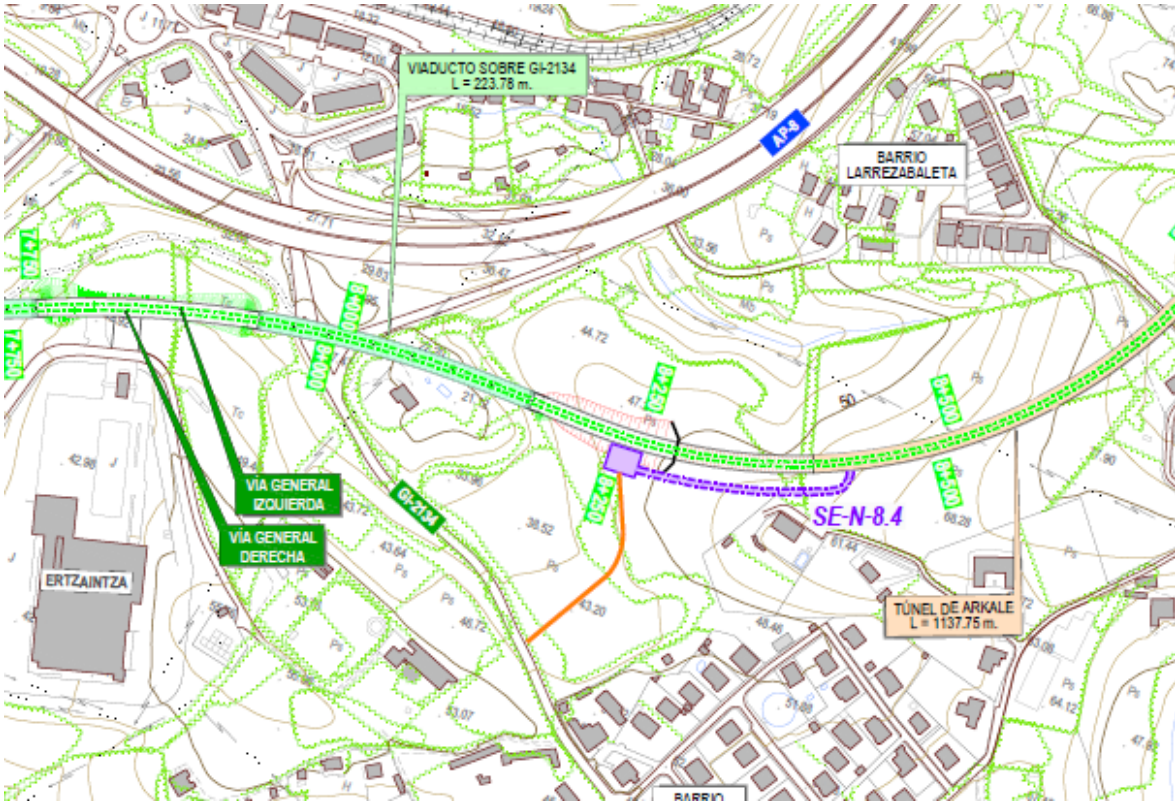


Figura 12.5. Localización de la galería de emergencia SE-N-8.4 de los túneles de Arkale y del Ramal al Puerto (Alternativa Norte).

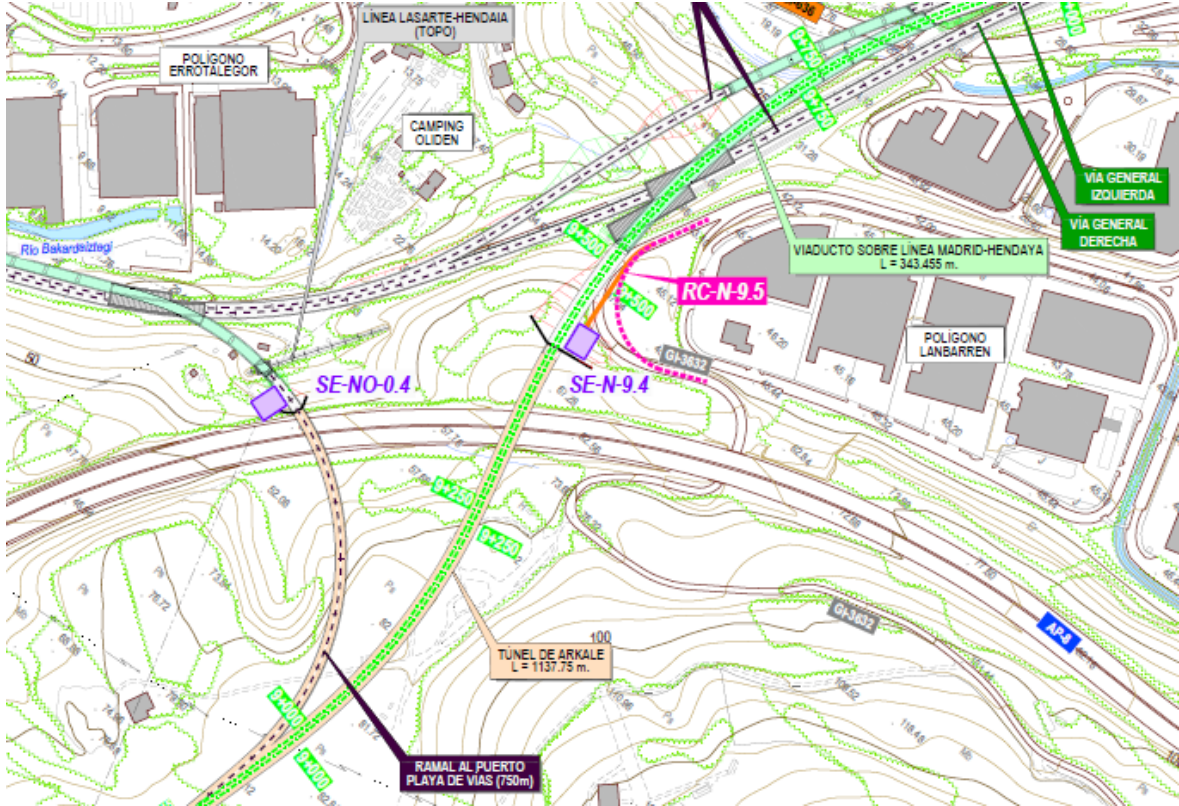


Figura 12.6. Localización de los puntos de evacuación y rescate SE-N-9.4 y SE-NO-0.4 de los túneles de Arkale y del Ramal al Puerto (Alternativa Norte).

12.4.2. Alternativa Centro

La Alternativa Centro tan solo consta del túnel de San Marcos:

	PK inicial (vía dcha)	PK final (vía dcha)	PK inicial (vía izda)	PK final (vía izda)	Longitud (m)
San Marcos	1+176,98	6+726,80	1+159,10	6+711,00	5.552,70

Tabla 12.4. Resumen de los túneles de la Alternativa Centro.

Para dicho túnel se han proyectado las siguientes salidas de emergencia y puntos de evacuación y rescate:

NOMENCLATURA	TIPOLOGÍA	P.K. de entronque	LONGITUD/ PROFUNDIDAD [m]
SE-C-1.2	Punto de evacuación y rescate	Emboquille oeste	-
SE-C-1.9	Pozo	1+963,35 (Vía dcha.)	8,99
SE-C-2.8	Peatonal	2+815,25 (Vía izda.)	537,29
SE-C-3.7	Peatonal	3+792,57 (Vía izda.)	968,74
SE-C-4.7	Vehicular	4+329,43 (Vía izda.)	596,07
SE-C-5.6	Peatonal	5+706,34 (Vía dcha.)	271,92
SE-C-6.7	Punto de evacuación y rescate	Emboquille este	-

Tabla 12.5. Resumen de los puntos de evacuación y rescate, las galerías de emergencia del túnel y de los pozos del túnel de San Marcos (Alt. Centro).

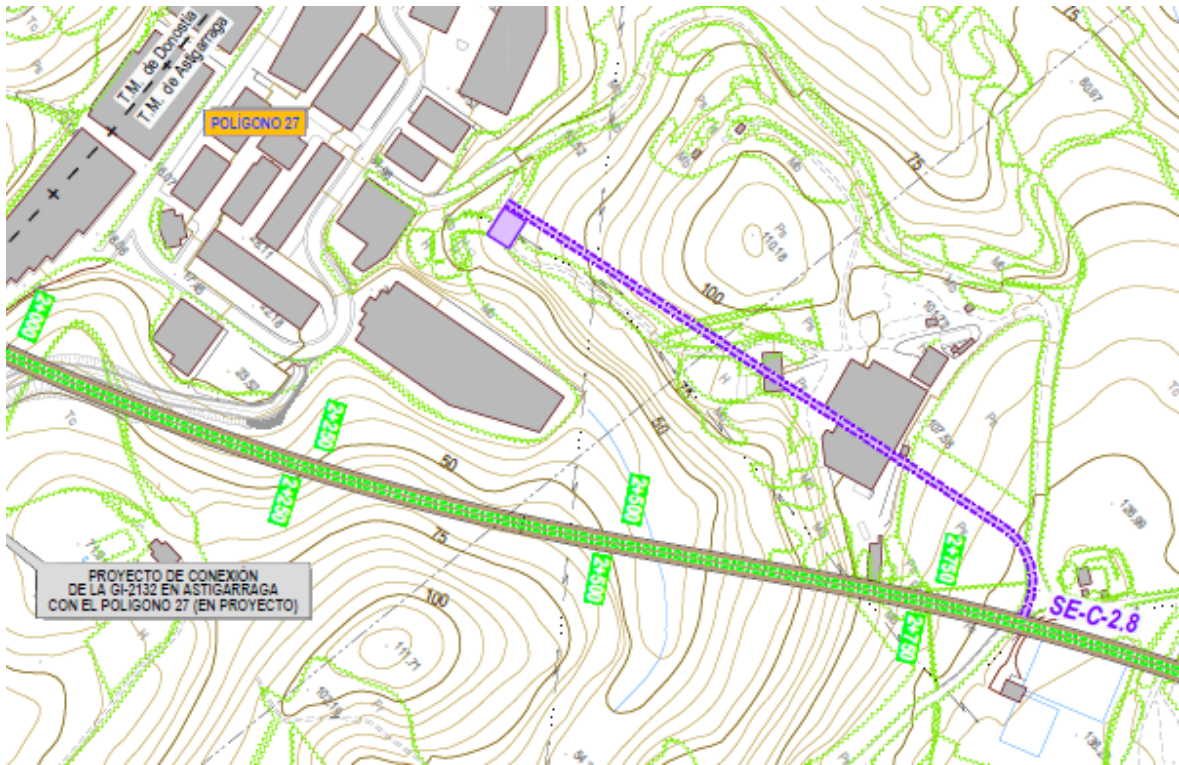


Figura 12.8. Localización de la galería de emergencia SE-C-2.8 del túnel de San Marcos (Alternativa Centro).

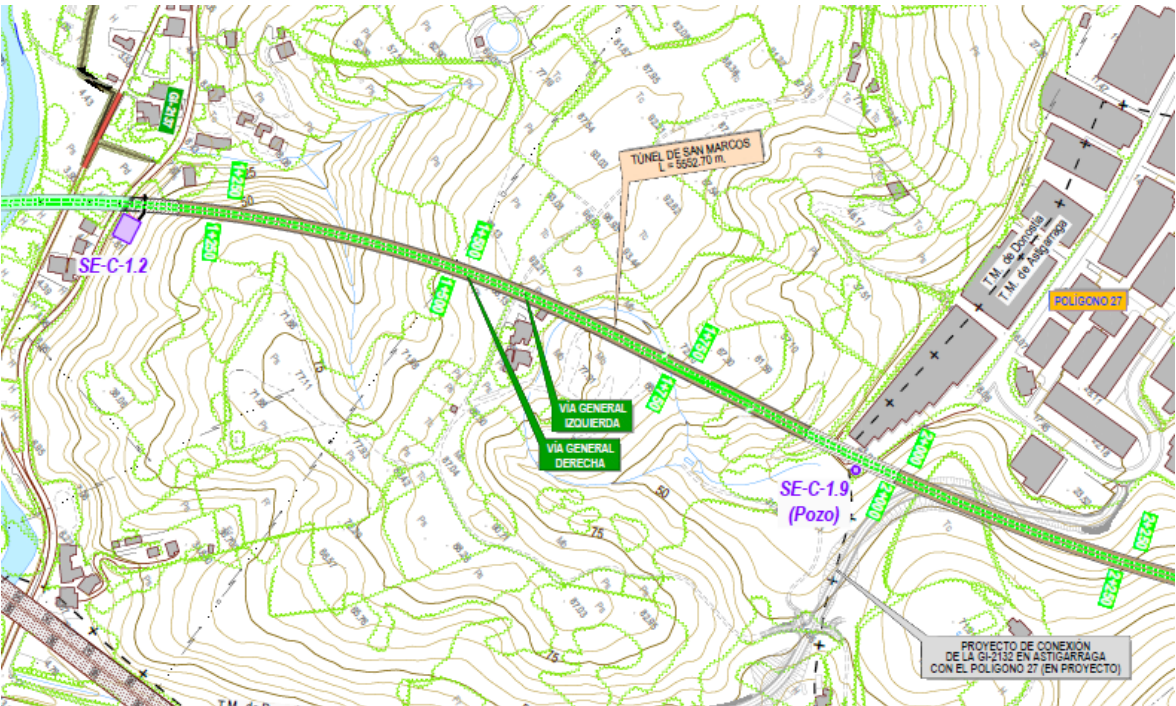


Figura 12.7. Localización del punto de evacuación y rescate SE-C-1.2 y del pozo SE-C-1.9 del túnel de San Marcos (Alternativa Centro).

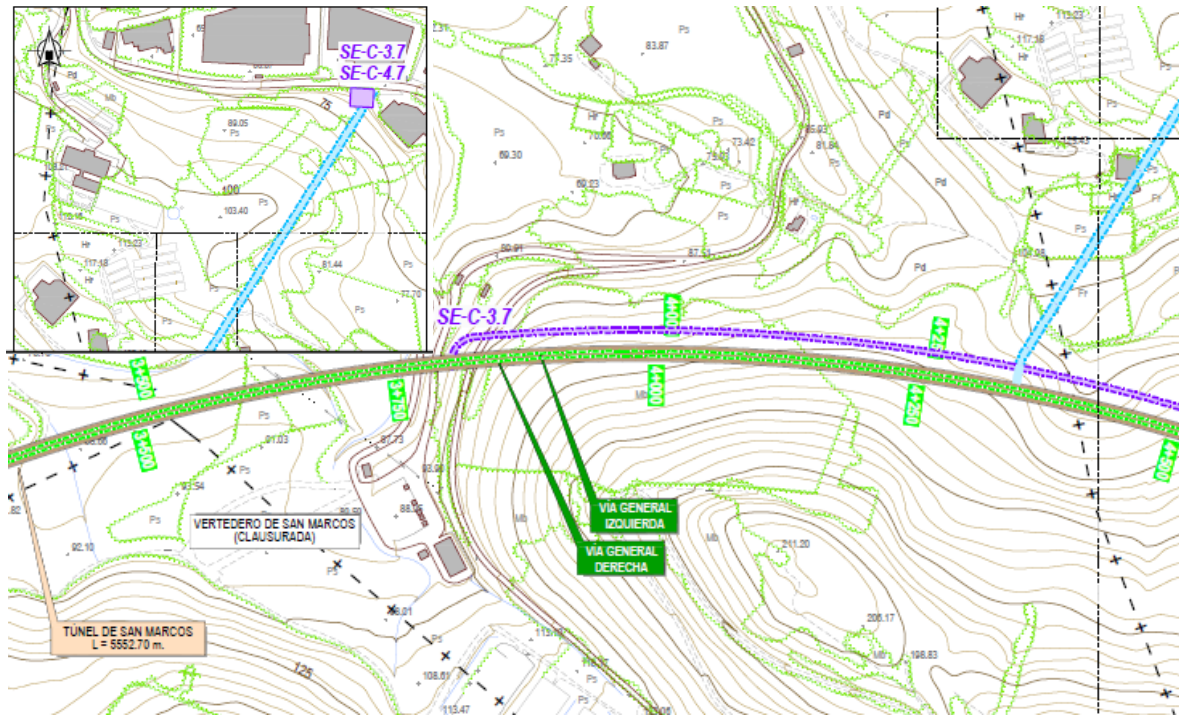


Figura 12.9. Localización de las galerías de emergencia SE-C-3.7 y SE-C-4.7 del túnel de San Marcos (Alternativa Centro).

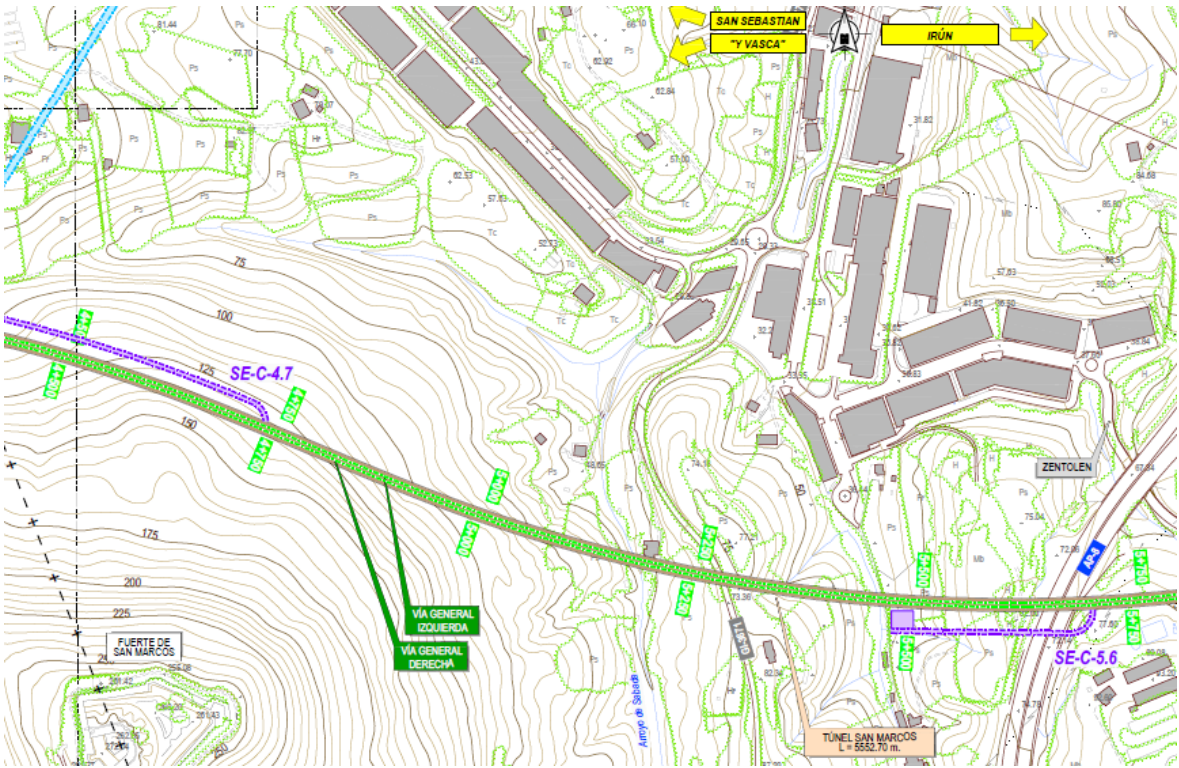


Figura 12.10. Localización de las galerías de emergencia SE-C-4.7 y SE-C-5.6 del túnel de San Marcos (Alt. Centro).

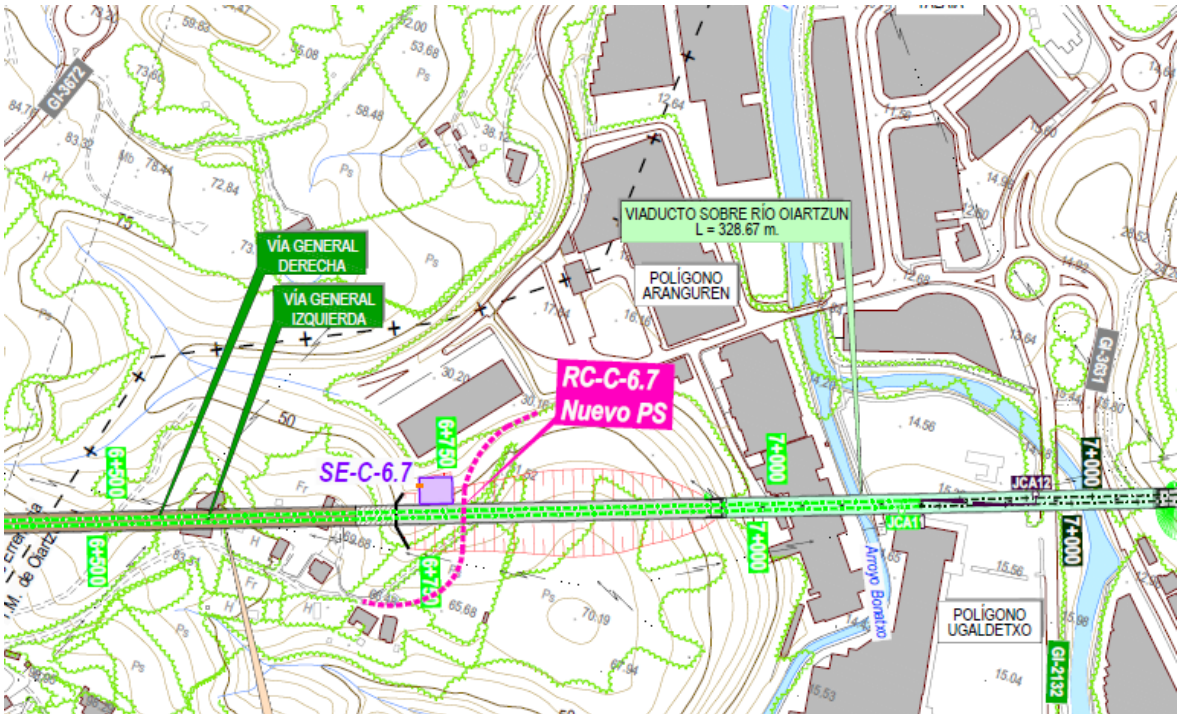


Figura 12.11. Localización del punto de evacuación y rescate SE-C-6.7 del túnel de San Marcos (Alternativa Centro).

La salida de emergencia SE-C-1.9 consiste en un pozo ejecutado junto al falso túnel del Polígono 27. Por otro lado, las salidas SE-C-2.8, SE-C-3.7, SE-C-4.7, SE-C-5.6 son túneles ejecutados en mina. La SE-C-2.8 es una galería peatonal de 537,29 m de longitud que conduce hacia el Polígono 27. La salida SE-C-3.7 es un túnel paralelo al de San Marcos que entronca con este en los PP.KK. 3+792,57 (vía izda.) y 4+728,08 (vía izda.). La SE-C-4.7 es una galería vehicular que permite la conexión de la SE-C-3.7 con el exterior. Por último, la SE-C-5.6 es una galería de emergencia peatonal de 271,92 m de longitud.

Además, la sección tipo de este túnel incorpora dos pasillos de evacuación cumpliendo con las indicaciones del Artículo. 4.2.1.6. de la ETI de Seguridad en Túneles.

Dado que los túneles del Nudo de Oiartzun de esta alternativa son comunes con los de la sur, las salidas de emergencia asociadas a estos también lo son. Estas se explican en el apartado 12.4.3. Alternativa Sur de este mismo anejo.

12.4.3. Alternativa Sur

A continuación, se incluye una tabla de los túneles de esta alternativa:

	PK inicial (vía dcha)	PK final (vía dcha)	PK inicial (vía izda)	PK final (vía izda)	Longitud (m)
San Marcos	1+131,14	6+488,79	1+115,00	6+473,02	5.357,47
Mendigain (Alt. Sur)	7+184,82	8+850,16	7+168,96	8+828,65	1.665,34
Ramal al Puerto (Alt. Sur)*	0+000,00	0+438,51	-	-	438,58

Tabla 12.6. Resumen de los túneles de la Alternativa Sur.

*El túnel del Ramal al Puerto se inicia en el PK 8+282,22 (vía izquierda) a partir del túnel de Mendigain y es de vía única.

Dado que los túneles que aparecen en esta alternativa constan de una longitud superior a 1.000 metros, será necesario que incorporen pasillos de evacuación, salidas de emergencia, zonas seguras y puntos de evacuación y rescate.

En el caso del túnel de San Marcos (L=5.357,47 m), se han proyectado las siguientes salidas de emergencia:

NOMENCLATURA	TIPOLOGÍA	P.K de entronque.	LONGITUD/ PROFUNDIDAD [m]
SE-S-1.2	Punto de evacuación y rescate	Emboquille oeste	-
SE-S-1.9	Pozo	1+950,00 (Vía dcha.)	23,97
SE-S-2.9	Peatonal	2+956,66 (Vía dcha.)	512,96
SE-S-3.9	Peatonal	3+940,39 (Vía dcha.)	611,33
SE-S-4.5	Vehicular	4+108,87 (Vía dcha.)	812,00
SE-S-5.4	Peatonal	5+485,83 (Vía izda.)	300,69
SE-S-6.5	Punto de evacuación y rescate	Emboquille este	-

Tabla 12.7. Resumen de los puntos evacuación y rescate, las galerías de emergencia del túnel y de los pozos del túnel de San Marcos (Alt. Sur).

La salida de emergencia SE-S-1.9 se realiza a través de un pozo ejecutado en una zona de baja cobertera situada en el PK 1+950,00 (vía dcha.). Por otro lado, las salidas SE-S-2.9, SE-S-3.9, SE-S-4.5 y SE-S-5.4 son túneles. La salida SE-S-2.9 es una galería peatonal de 512,96 m de longitud que conduce a un punto de evacuación y rescate localizado junto al emboquille oeste de los túneles de Menditxo. La salida SE-S-3.9 es un túnel paralelo al tronco principal y que entronca con este en los PP.KK. 3+940,39 (vía dcha.) y 4+515,24 (vía dcha.). La salida SE-S-4.5 es una galería vehicular que conecta a la anterior con la superficie. Por último, la SE-S-5.4 es otra galería de emergencia peatonal que comienza en el PK 5+485,83 (Vía izda.).

Además, también se ha proyectado un punto de evacuación y rescate localizado en cada uno de los emboquilles del túnel (SE-S-1.2 y SE-S-6.5). Respecto a la sección tipo de este túnel, esta incorpora pasillos de evacuación cumpliendo con lo indicado en el Artículo. 4.2.1.6. de la ETI de Seguridad en Túneles.

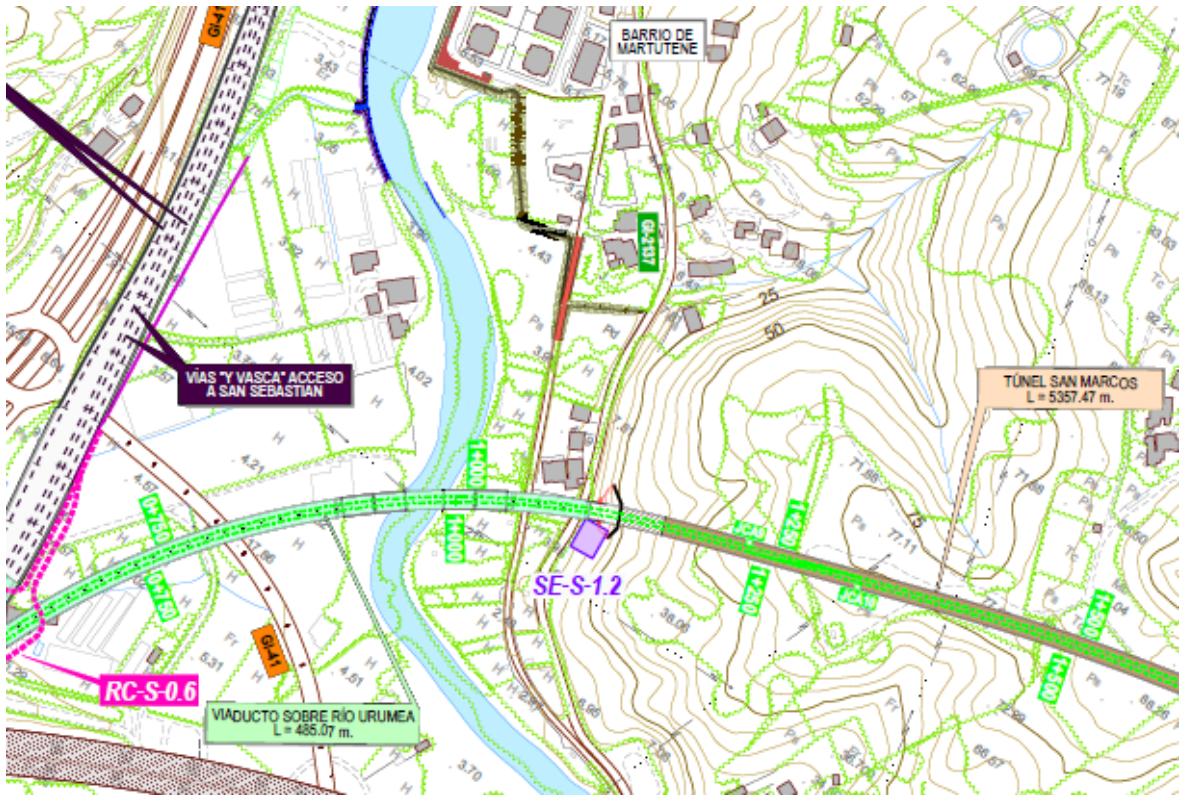


Figura 12.12. Localización del punto de evacuación y rescate SE-S-1.2 del túnel de San Marcos (Alternativa Sur).

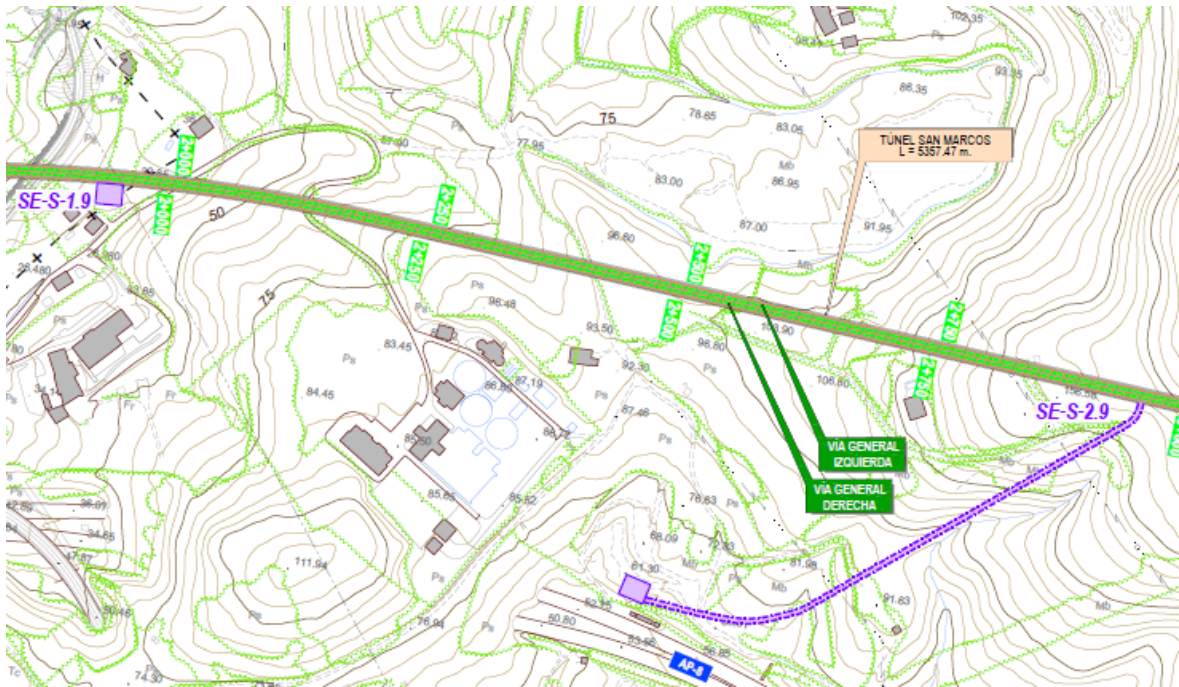


Figura 12.13. Localización del pozo SE-S-1.9 y de la galería de emergencia SE-S-2.9 del túnel de San Marcos (Alternativa Sur).

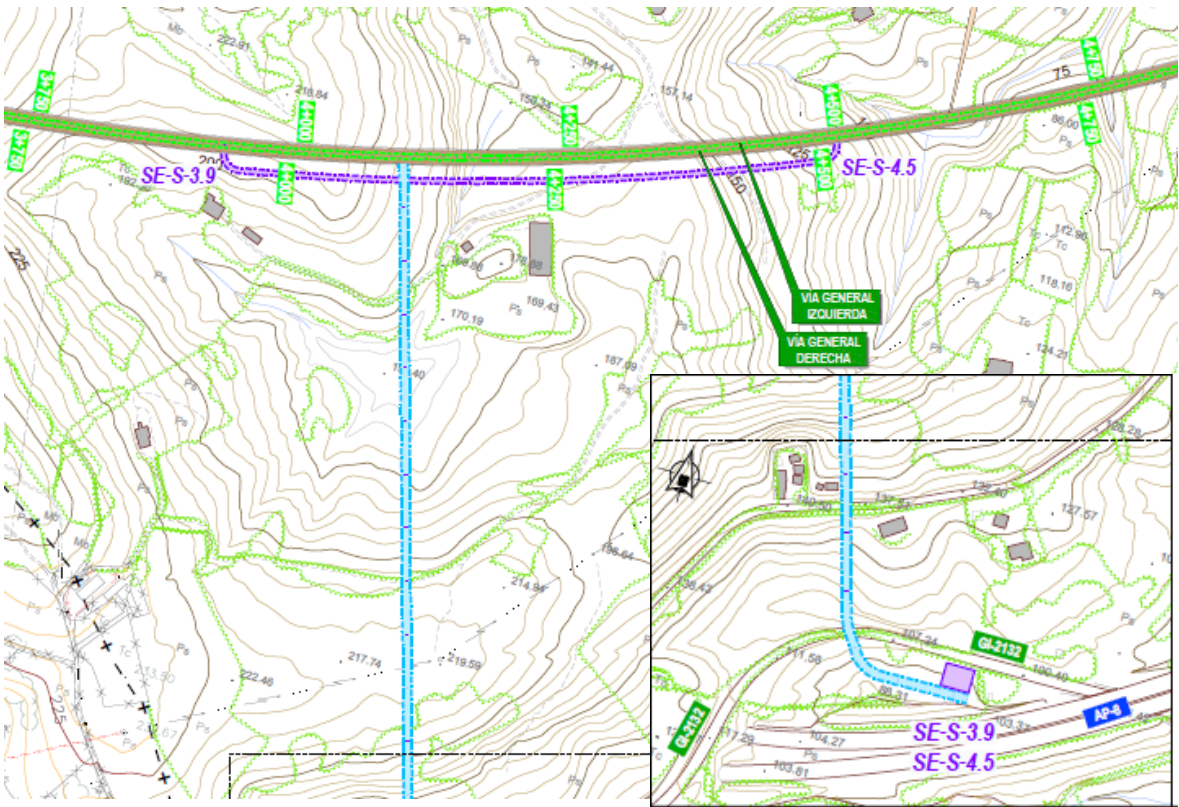


Figura 12.14. Localización de las galerías de emergencia SE-S-3.9 y SE-S-4.5 del túnel de San Marcos (Alternativa Sur).

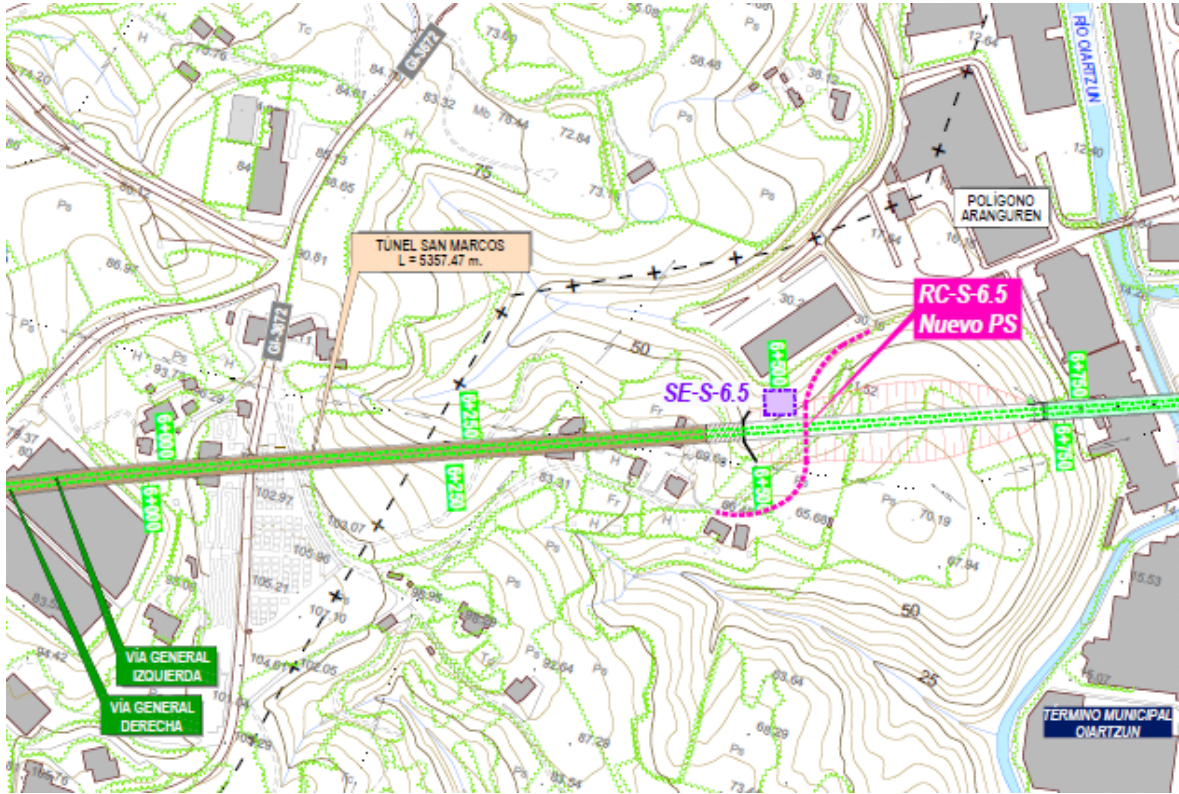


Figura 12.16. Localización del punto de evacuación y rescate SE-S-6.5 del túnel de San Marcos (Alternativa Sur).

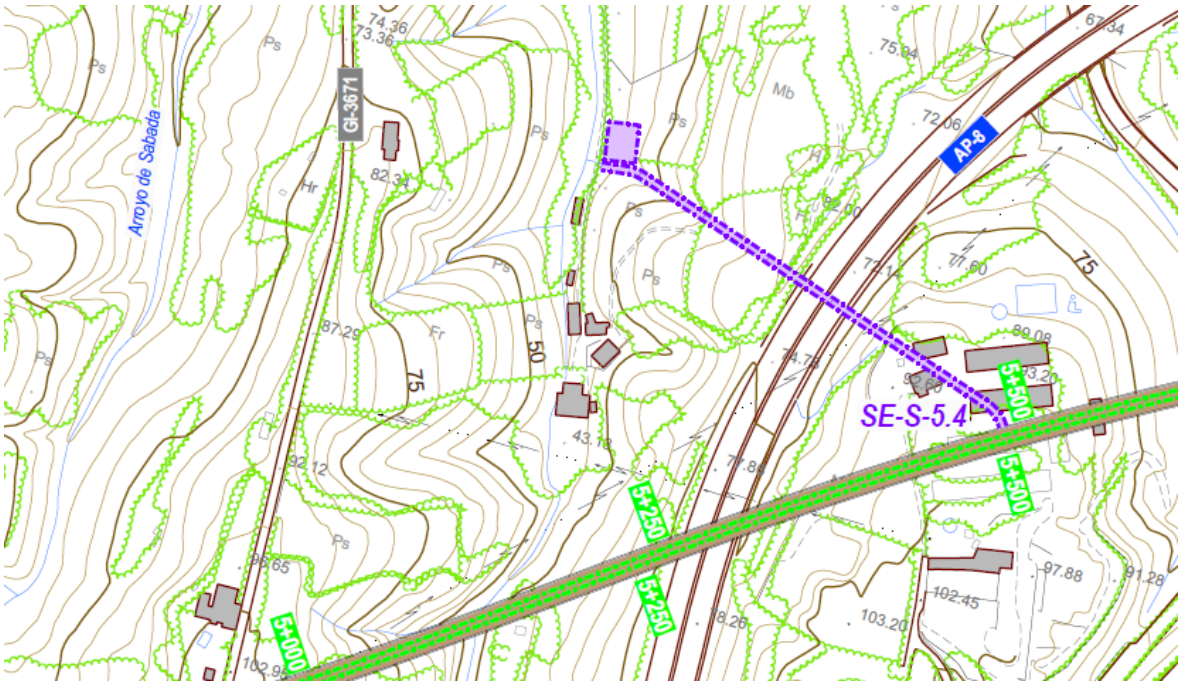


Figura 12.15. Localización de la galería de emergencia SE-S-5.4 del túnel de San Marcos (Alternativa Sur).

NOMENCLATURA	TIPOLOGÍA	P.K. de entronque	LONGITUD/ PROFUNDIDAD [m]
SE-S-7.1	Punto de evacuación y rescate	Emboquille sur	-
SE-S-7.6	Pozo	7+576,55 (Vía dcha.)	21,89
SE-S-8.7	Peatonal	8+700,00 (Vía dcha.)	181,06
SE-NO-0.2	Peatonal	0+284,80	158.31

Tabla 12.8. Resumen de los puntos de evacuación y rescate y de las galerías de emergencia de los túneles de Mendigain y Ramal al Puerto (Alt. Sur).

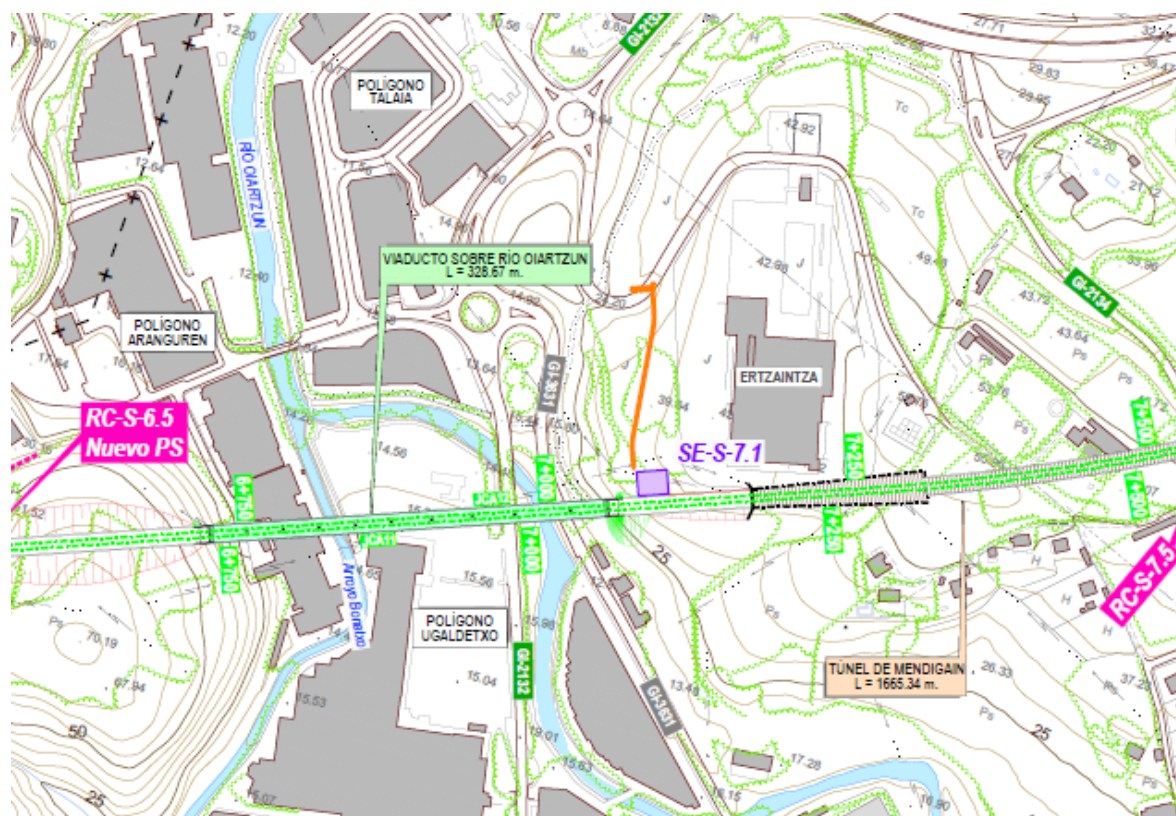


Figura 12.17. Localización del punto de evacuación y rescate SE-S-7.1 de los túneles de Mendigain y del Ramal al Puerto (Alt. Sur).

En el caso del túnel de Mendigain, se han proyectado dos salidas de emergencia: la primera de ellas accede al exterior a través de un pozo (SE-S-7.6) ejecutado junto a un tramo de falso túnel en el PK 7+576,55, y la otra es un túnel paralelo al principal (SE-S-8.7), de 181,06 m longitud, y cuyo emboquille de salida se encuentra justo después de la AP-8. Además, este túnel también consta de un punto de evacuación y rescate ubicado en su emboquille sur (SE-S-7.1). Respecto a la sección tipo de este túnel, esta incorpora pasillos de evacuación cumpliendo con lo indicado en el Artículo. 4.2.1.6. de la ETI de Seguridad en Túneles.

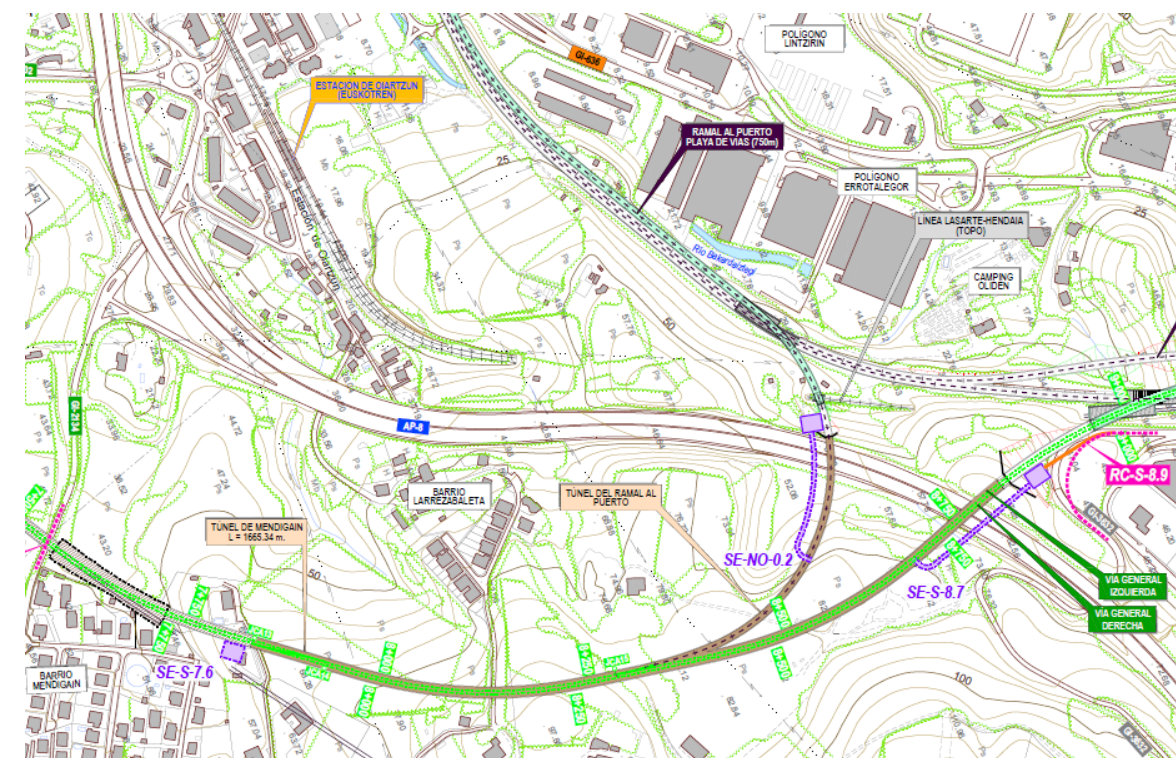


Figura 12.18. Localización del pozo SE-S-7.6 y de las galerías de emergencia SE-S-8.7 y SE-NO-0.2 de los túneles de Mendigain y del Ramal al Puerto (Alt. Sur).

13. Presupuesto

13.1. Alternativa Norte

A continuación, se incluyen las tablas presupuestarias de la parte de obra civil de la Alternativa Norte:

PRESUPUESTO DE TÚNELES EN MINA									
Longitud (m)	Litología excavada	PK inicio	PK fin	Distribución (%)	RMR corregido	Sostenimiento	Precio (m/l)	Precio parcial	Precio Total
TÚNEL DE ANTONDEGI									
687,45	C4	1+369	1+700	30%	33	ST-III	16.809 €	1.669.130 €	11.900.972 €
				70%	43	ST-II	12.753 €	2.954.945 €	
	C2	1+700	1+980	80%	35	ST-III	16.809 €	3.765.208 €	
				20%	20	ST-IV	31.773 €	1.779.296 €	
	J1	1+980	2+056	30%	25	ST-IV	31.773 €	724.428 €	
				60%	35	ST-III	16.809 €	766.489 €	
				10%	20	ST-IV	31.773 €	241.476 €	
TÚNEL DE SAN MARCOS									
2.787,95	C3	2+691	3+800	100%	>50	ST-I	9.227 €	11.063.261 €	40.261.122 €
	Falla	3+800	3+810	100%	< 30	ST-IV	31.773 €	317.731 €	
	C2	3+810	4+725	80%	35	ST-III	16.809 €	12.304.162 €	
				20%	20	ST-IV	31.773 €	5.814.486 €	
	C1	4+725	5+275	100%	40	ST-II	12.753 €	7.014.328 €	
	Falla	5+275	5+310	100%	< 30	ST-IV	31.773 €	1.112.060 €	
	C4	5+310	5+479	30%	43	ST-II	12.753 €	646.593 €	
70%				33	ST-III	16.809 €	1.988.500 €		
TÚNEL DE SAN JOSÉ									
482,64	C4	6+438	6+921	30%	25	ST-IV	31.773 €	4.603.929 €	10.287.040 €
				70%	35	ST-III	16.809 €	5.683.111 €	
TÚNEL DE ARKALE									
935,75	C4	8+481	8+825	30%	25	ST-IV	31.773 €	3.278.989 €	17.892.522 €
				70%	35	ST-III	16.809 €	4.047.599 €	
	C1/C2	8+825	9+280	100%	35	ST-III	16.809 €	7.648.079 €	
	C4	9+280	9+417	30%	25	ST-IV	31.773 €	1.305.876 €	
				70%	35	ST-III	16.809 €	1.611.980 €	

PRESUPUESTO DE TÚNELES EN MINA									
Longitud (m)	Litología excavada	PK inicio	PK fin	Distribución (%)	RMR corregido	Sostenimiento	Precio (m/l)	Precio parcial	Precio Total
TÚNEL DEL RAMAL AL PUERTO									
438,58	C1/C2	0+0,00	0+375,00	100%	35	ST-III	12.407 €	4.652.469 €	5.658.257 €
	C4	0+375,00	0+438,58	30%	25	ST-IV	23.436 €	449.973 €	
				70%	35	ST-III	12.407 €	555.815 €	

Tabla 13.1. Tabla presupuestaria de la ejecución de túneles en mina para la Alternativa Norte.

PRESUPUESTO DE EMBOQUILLES			
Túneles	Número emboquilles	Precio tratamiento frontal	Precio por túnel
Antondegi San Marcos, San José, Arkale	2	103.500 €	207.000 €
Ramal al Puerto	1	103.500 €	103.500 €

Tabla 13.2. Tabla presupuestaria de la ejecución de los emboquilles de la Alternativa Norte.

PRESUPUESTO DE FALSOS TÚNELES						
Túnel	Ubicación	Tipología	Longitud	Precio (m/l)	Precio parcial	Precio por túnel
Antondegi	Entrada	Bóveda	59	14.530 €	862.065 €	1.423.359 €
	Salida	Bóveda	39	14.530 €	561.294 €	
San Marcos	Entrada	Bóveda	67	14.530 €	967.843 €	1.780.361 €
	Salida	Bóveda	56	14.530 €	812.518 €	
San José	Entrada	Pantalla	232	15.600 €	3.623.724 €	6.128.772 €
	Salida	Pantalla	161	15.600 €	2.505.048 €	
Arkale	Entrada	Bóveda	192	14.530 €	2.782.931 €	2.935.060 €
	Salida	Bóveda	10	14.530 €	152.129 €	

Tabla 13.3. Tabla presupuestaria de la ejecución de los falsos túneles de la Alternativa Norte

PRESUPUESTO DE GALERÍAS DE EVACUACIÓN EN MINA						
Túnel	Galería evacuación	Longitud (m)	Coste (m/l)	Coste parcial	Emboquilles galerías evacuación	Coste parcial
San Marcos	SE-N-3.5 (Peatonal)	462,76	3.380,92 €	1.564.555 €	1	51.750 €
	SE-N-4.5 (Peatonal)	612,70	3.380,92 €	2.071.490 €	1	51.750 €
Arkale	SE-N-8.4 (Peatonal)	156,17	3.380,92 €	527.998 €	1	51.750 €

Tabla 13.4. Tabla presupuestaria de las galerías de evacuación en mina y sus emboquilles de la Alternativa Norte.

PRESUPUESTO DE FALSOS TÚNELES DE GALERÍAS DE EVACUACIÓN				
Túnel	Galería evacuación	Longitud/ Prof. (m)	Coste (m/l)	Coste parcial
San Marcos	SE-N-3.5 (Peatonal)	18,20	6.050 €	110.110 €
	SE-N-4.5 (Peatonal)	9,11	6.050 €	55.116 €
Arkale	SE-N-8.4 (Peatonal)	28,08	6.050 €	169.884 €

Tabla 13.5. Tabla presupuestaria de los falsos túneles de las galerías de emergencia de la Alternativa Norte.

13.2. Alternativa Centro

A continuación, se incluye las tablas presupuestarias de la parte de obra civil de la Alternativa Centro:

PRESUPUESTO DE TÚNELES EN MINA									
Longitud (m)	Litología excavada	PK inicio	PK fin	Distribución (%)	RMR corregido	Sostenimiento	Precio (m/l)	Precio parcial	Precio Total
TÚNEL DE SAN MARCOS									
5.387,72	C4	1+212,02	1+350,00	30%	33	ST-III	16.809 €	695.891 €	79.793.999 €
				70%	43	ST-II	12.753 €	1.231.971 €	
	J1	1+350,00	1+902,38	30%	33	ST-III	16.809 €	2.783.564 €	
				60%	43	ST-II	12.753 €	4.223.901 €	
				10%	28	ST-IV	31.773 €	1.753.878 €	
	T2	2+005,41	2+325,00	100%	45	ST-II	12.753 €	4.081.063 €	
	C1	2+325,00	2+680,00	100%	43	ST-II	12.753 €	4.527.430 €	

PRESUPUESTO DE TÚNELES EN MINA									
Longitud (m)	Litología excavada	PK inicio	PK fin	Distribución (%)	RMR corregido	Sostenimiento	Precio (m/l)	Precio parcial	Precio Total
	Falla	2+680,00	2+690,00	100%	< 30	ST-IV	31.773 €	317.731 €	
	C2bis	2+690,00	3+850,00	80%	40	ST-II	12.753 €	11.835.084 €	
				20%	25	ST-IV	31.773 €	7.371.371 €	
	Falla	3+850,00	3+875,00	100%	< 30	ST-IV	31.773 €	794.329 €	
	C1	3+875,00	4+300,00	100%	35	ST-III	16.809 €	7.143.810 €	
	T2	4+300,00	4+960,00	100%	43	ST-II	12.753 €	8.417.193 €	
	Falla	4+960,00	4+975,00	100%	< 30	ST-IV	31.773 €	476.597 €	
	C4	4+975,00	6+702,00	30%	30	ST-III	16.809 €	8.713.767 €	
				70%	40	ST-II	12.753 €	15.426.419 €	
TÚNEL DE MENDIGAIN									
994,08	C4	7+845,61	8+275,00	30%	25	ST-IV	31.773 €	4.089.204 €	19.397.174 €
				70%	35	ST-III	16.809 €	5.047.732 €	
	C1/C2	8+275,00	8+670,00	100%	35	ST-III	16.809 €	6.639.541 €	
	C4	8+670,00	8+840,00	30%	25	ST-IV	31.773 €	1.620.431 €	
				70%	35	ST-III	16.809 €	2.000.267 €	
TÚNEL DEL RAMAL AL PUERTO									
438,58	C1/C2	0+0,00	0+375,00	100%	35	ST-III	12.407 €	4.652.469 €	5.658.257 €
	C4	0+375,00	0+438,58	30%	25	ST-IV	23.436 €	449.973 €	
				70%	35	ST-III	12.407 €	555.815 €	

Tabla 13.6 Tabla presupuestaria de la ejecución de túneles en mina para la Alternativa Centro.

PRESUPUESTO DE EMBOQUILLES			
Túneles	Número emboquilles	Precio tratamiento frontal	Precio por túnel
San Marcos	4	103.500 €	414.000 €
Mendigain	2	103.500 €	207.000 €
Ramal al Puerto	1	103.500 €	103.500 €

Tabla 13.7. Tabla presupuestaria de la ejecución de los emboquilles de la Alternativa Centro.

PRESUPUESTO DE FALSOS TÚNELES						
Túnel	Ubicación	Tipología	Longitud (m)	Precio (m/l)	Precio parcial	Precio por túnel
San Marcos	Entrada	Bóveda	35	14.530 €	509.131 €	2.251.714 €
	Polígono 27	Bóveda	103	14.530 €	1.496.881 €	
	Salida	Bóveda	17	14.530 €	245.702 €	

PRESUPUESTO DE FALSOS TÚNELES						
Túnel	Ubicación	Tipología	Longitud (m)	Precio (m/l)	Precio parcial	Precio por túnel
Mendigain	Entrada	Bóveda	661	14.530 €	10.308.324 €	10.471.656 €
	Salida	Bóveda	10	14.530 €	163.332 €	

Tabla 13.8. Tabla presupuestaria de la ejecución de los falsos túneles de la Alternativa Centro.

PRESUPUESTO DE GALERÍAS DE EVACUACIÓN EN MINA						
Túnel	Galería evacuación	Longitud/ Prof. (m)	Coste (m/l)	Coste parcial	Emboquilles galerías evacuación	Coste parcial
San Marcos	SE-C-2.8 (Peatonal)	537	3.380,92 €	1.816.538 €	1	51.750 €
	SE-C-3.7 (Peatonal)	969	3.380,92 €	3.275.233 €	-	-
	SE-C-4.7 (Vehicular)	573	4.864,00 €	2.788.337 €	1	51.750 €
	SE-C-5.6 (Peatonal)	257	3.380,92 €	870.148 €	1	51.750 €
	SE-C-1.9 (Pozo)	8,99	12.000,00 €	107.880 €	1	100.000 €
Mendigain	SE-S-8.7 (Peatonal)	181,06	3.380,92 €	612.150 €	1	51.750 €
	SE-S-7.6 (Pozo)	21,89	12.000,00 €	262.680 €	1	100.000 €
Ramal al Puerto	SE-NO-0.2 (Peatonal)	158,31	3.380,92 €	535.234 €	1	51.750 €

Tabla 13.9. Tabla presupuestaria de las galerías de evacuación en mina y sus emboquilles de la Alternativa Centro.

PRESUPUESTO DE FALSOS TÚNELES DE GALERÍAS DE EVACUACIÓN				
Túnel	Galería evacuación	Longitud/ Prof. (m)	Coste (m/l)	Coste parcial
San Marcos	SE-C-2.8 (Peatonal)	17,31	6.050 €	104.726 €
	SE-C-4.7 (Vehicular)	22,81	6.050 €	138.001 €
	SE-C-5.6 (Peatonal)	14,55	6.050 €	88.028 €

Tabla 13.10. Tabla presupuestaria de los falsos túneles de las galerías de emergencia de la Alternativa Centro.

13.3. Alternativa Sur

A continuación, se incluye las tablas presupuestarias de la parte de obra civil de la Alternativa Sur:

PRESUPUESTO DE TÚNELES EN MINA									
Longitud (m)	Litología excavada	PK inicio	PK fin	Distribución (%)	RMR corregido	Sostenimiento	Precio (m/l)	Precio parcial	Precio Total
TÚNEL DE SAN MARCOS									
5.291,54	J1	1+167	1+850	30%	33	ST-III	16.809 €	3.444.157 €	85.640.853 €
				60%	43	ST-II	12.753 €	5.226.312 €	
				10%	28	ST-IV	31.773 €	2.170.106 €	
	T1	1+850	2+060	100%	< 30	ST-IV	31.773 €	6.672.361 €	
	T2	2+060	2+480	100%	45	ST-II	12.753 €	5.356.396 €	
	C1	2+480	2+690	100%	35	ST-III	16.809 €	3.529.882 €	
	C2	2+690	4+170	70%	45	ST-II	12.753 €	13.212.443 €	
				30%	< 30	ST-IV	31.773 €	14.107.278 €	
	C1	4+170	4+310	100%	35	ST-III	16.809 €	1.647.278 €	
	Falla	4+310	4+325	100%	< 30	ST-IV	31.773 €	476.597 €	
C4	4+325	6+458	30%	30	ST-III	16.809 €	10.756.056 €		
			70%	40	ST-II	12.753 €	19.041.986 €		
TÚNEL DE MENDIGAIN									
994,08	C4	7+845,61	8+275,00	30%	25	ST-IV	31.773 €	4.089.204 €	19.397.174 €
				70%	35	ST-III	16.809 €	5.047.732 €	
	C1/C2	8+275,00	8+670,00	100%	35	ST-III	16.809 €	6.639.541 €	
	C4	8+670,00	8+840,00	30%	25	ST-IV	31.773 €	1.620.431 €	
				70%	35	ST-III	16.809 €	2.000.267 €	
TÚNEL DEL RAMAL AL PUERTO									
438,58	C1/C2	0+0,00	0+375,00	100%	35	ST-III	12.407 €	4.652.469 €	5.658.257 €
	C4	0+375,00	0+438,58	30%	25	ST-IV	23.436 €	449.973 €	
				70%	35	ST-III	12.407 €	555.815 €	

Tabla 13.11. Tabla presupuestaria de la ejecución de túneles en mina para la Alternativa Sur.

PRESUPUESTO DE EMBOQUILLES			
Túneles	Número emboquilles	Precio tratamiento frontal	Precio por túnel
San Marcos, Mendigain	2	103.500 €	207.000 €
Ramal al Puerto	1	103.500 €	103.500 €

Tabla 13.12. Tabla presupuestaria de la ejecución de los emboquilles de la Alternativa Sur.

PRESUPUESTO DE FALSOS TÚNELES						
Túnel	Ubicación	Tipología	Longitud (m)	Precio (m/l)	Precio parcial	Precio por túnel
San Marcos	Entrada	Bóveda	35	14.530 €	515.234 €	957.963 €
	Salida	Bóveda	30	14.530 €	442.729 €	
Mendigain	Entrada	Bóveda	661	14.530 €	10.308.324 €	10.471.656 €
	Salida	Bóveda	10	14.530 €	163.332 €	

Tabla 13.13. Tabla presupuestaria de la ejecución de los falsos túneles de la Alternativa Sur.

PRESUPUESTO DE GALERÍAS DE EVACUACIÓN EN MINA						
Túnel	Galería evacuación	Longitud/ Prof. (m)	Coste (m/l)	Coste parcial	Emboquilles galerías evacuación	Coste parcial
San Marcos	SE-S-2.9 (Peatonal)	491	3.380,92 €	1.661.013 €	1	51.750 €
	SE-S-3.9 (Peatonal)	611	3.380,92 €	2.066.858 €	-	-
	SE-S-4.5 (Vehicular)	797	4.864,00 €	3.875.149 €	1	51.750 €
	SE-S-5.4 (Peatonal)	285	3.380,92 €	962.075 €	1	51.750 €
	SE-S-1.9 (Pozo)	23,97	12.000,00 €	287.640 €	1	100.000 €
Mendigain	SE-S-8.7 (Peatonal)	181,06	3.380,92 €	612.150 €	1	51.750 €
	SE-S-7.6 (Pozo)	21,89	12.000,00 €	262.680 €	1	100.000 €
Ramal al Puerto	SE-NO-0.2 (Peatonal)	158,31	3.380,92 €	535.234 €	1	51.750 €

Tabla 13.14. Tabla presupuestaria de las galerías de evacuación en mina y sus emboquilles de la Alternativa Sur.

PRESUPUESTO DE FALSOS TÚNELES DE GALERÍAS DE EVACUACIÓN				
Túnel	Galería evacuación	Longitud/ Prof. (m)	Coste (m/l)	Coste parcial
San Marcos	SE-S-2.9 (Peatonal)	21,67	6.050 €	131.104 €
	SE-S-4.5 (Vehicular)	15,30	6.050 €	92.565 €
	SE-S-5.4 (Peatonal)	16,13	6.050 €	97.587 €

Tabla 13.15. Tabla presupuestaria de los falsos túneles de las galerías de emergencia de la Alternativa Sur.

13.4. Resumen de los costes de las tres alternativas

A continuación, se muestra el coste de cada uno de los túneles de cada alternativa:

TRAZADO	TÚNEL	COSTE TUNEL EN MINA	COSTE EMBOQUILLE TUNEL	COSTE TOTAL FALSO TUNEL	COSTE GALERIAS/POZOS EVACUACION	COSTE TOTAL TUNEL
NORTE	ANTONDEGI	11.900.972 €	207.000 €	1.423.359 €	- €	13.531.331 €
	SAN MARCOS	40.261.122 €	207.000 €	1.780.361 €	3.904.771 €	46.153.254 €
	SAN JOSÉ	10.287.040 €	207.000 €	6.128.772 €	- €	16.622.812 €
	ARKALE	17.892.522 €	207.000 €	2.935.060 €	749.632 €	21.784.215 €
	RAMAL AL PUERTO	5.658.257 €	103.500 €	- €	- €	5.761.757 €
CENTRO	SAN MARCOS	79.793.999 €	414.000 €	2.251.714 €	9.236.260 €	91.903.852 €
	MENDIGAIN	19.397.174 €	207.000 €	10.471.656 €	663.900 €	31.102.410 €
	RAMAL AL PUERTO	5.658.257 €	103.500 €	- €	586.984 €	6.348.741 €
SUR	SAN MARCOS	85.640.853 €	207.000 €	957.963 €	9.429.240 €	96.235.056 €
	MENDIGAIN	19.397.174 €	207.000 €	10.471.656 €	663.900 €	31.102.410 €
	RAMAL AL PUERTO	5.658.257 €	103.500 €	- €	586.984 €	6.348.741 €

Tabla 13.15. Resumen detallado de los costes de cada una de los túneles de cada alternativa.

Finalmente, se muestra el coste total de las obras correspondientes a los túneles de cada una de las alternativas:

ALTERNATIVA	COSTE TOTAL
NORTE	103.853.368 €
CENTRO	129.355.003 €
SUR	133.686.206 €

Tabla 13.17. Resumen comparativo de los costes totales cada alternativa.

14. Conclusiones

Una vez analizadas las tres alternativas se comprueba que, desde el punto de vista de las obras subterráneas, existen dos puntos importantes a tener en cuenta para su correcta comparación.

- Afección en superficie: La Alternativa Norte presenta una mayor parte de su trazado en superficie, por lo que el impacto será mayor. Es importante destacar, que la ejecución del falso túnel de San José afectaría temporalmente a la circulación de vehículos por la AP-8. Por otro lado, las Alternativas Centro y Sur desarrollan gran parte de su trazado en túnel, minimizando al máximo el impacto de las obras en superficie.
- Posibles problemas geológico-geotécnicos: Las tres alternativas atraviesan materiales karstificados. Sin embargo, la presencia de cavidades de grandes dimensiones puede complicar la ejecución de las obras de la Alternativa Sur. No obstante, con el trazado de la Alternativa Centro se minimiza la presencia del karst.

A continuación, se incluye una tabla con una breve descripción de las características más relevantes para cada una de las alternativas:

FACTOR COMPARATIVO	ALTERNATIVA NORTE	ALTERNATIVA CENTRO	ALTERNATIVA SUR
LONGITUD TOTAL DE TÚNEL	6147,72 m	7656,62 m	7461,39 m
EXISTENCIA DE PUNTO BAJO	SI	SI	SI
GRANDES CAVIDADES KÁRSTICAS DETECTADAS	NO	NO	SI
AFECCIÓN A LA AP-8	SI	NO	NO
PRESUPUESTO	103.853.368 €	129.355.003 €	133.686.206 €

Tabla 14.1. Resumen de los principales aspectos de las tres alternativas.

APÉNDICE 1. PLANOS