

Estudio para el desarrollo de la autopista ferroviaria Madrid-Zaragoza-Barcelona

Ampliación del túnel “La Romera” para el paso de material rodante compatible



Trabajo Fin de Máster
Madrid, 2020

Autor:

Marcos Rodríguez Serrano

Dirigido por:

Dra. Dña. María José Cano Adán
Dra. Dña. Oliva González González
D. Juan Carlos Guerra Torralbo



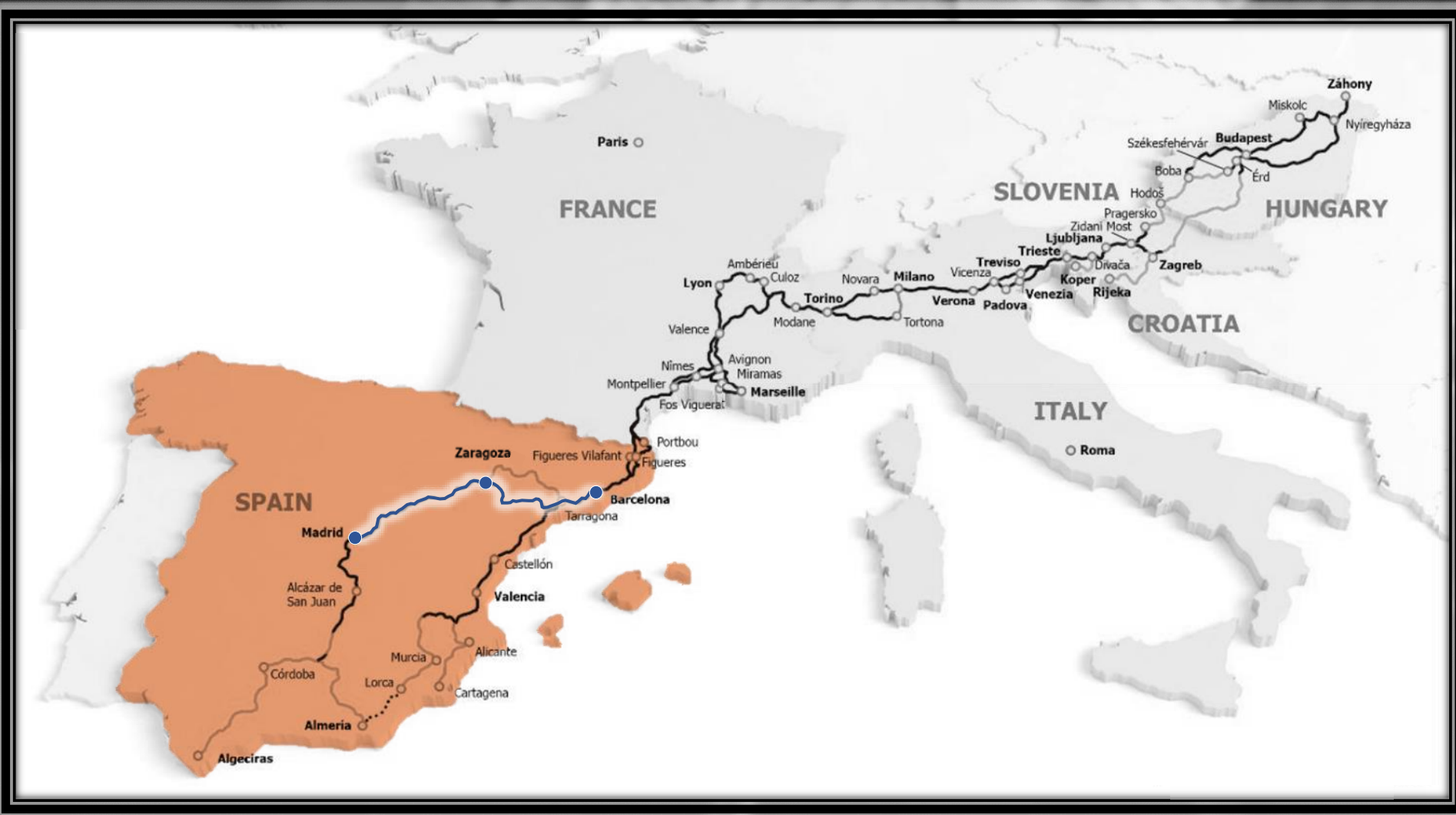
Ámbito general del TFM



1 PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

- Pasado, presente y futuro del transporte
- Oportunidades y retos del transporte de mercancías

Ámbito general del TFM



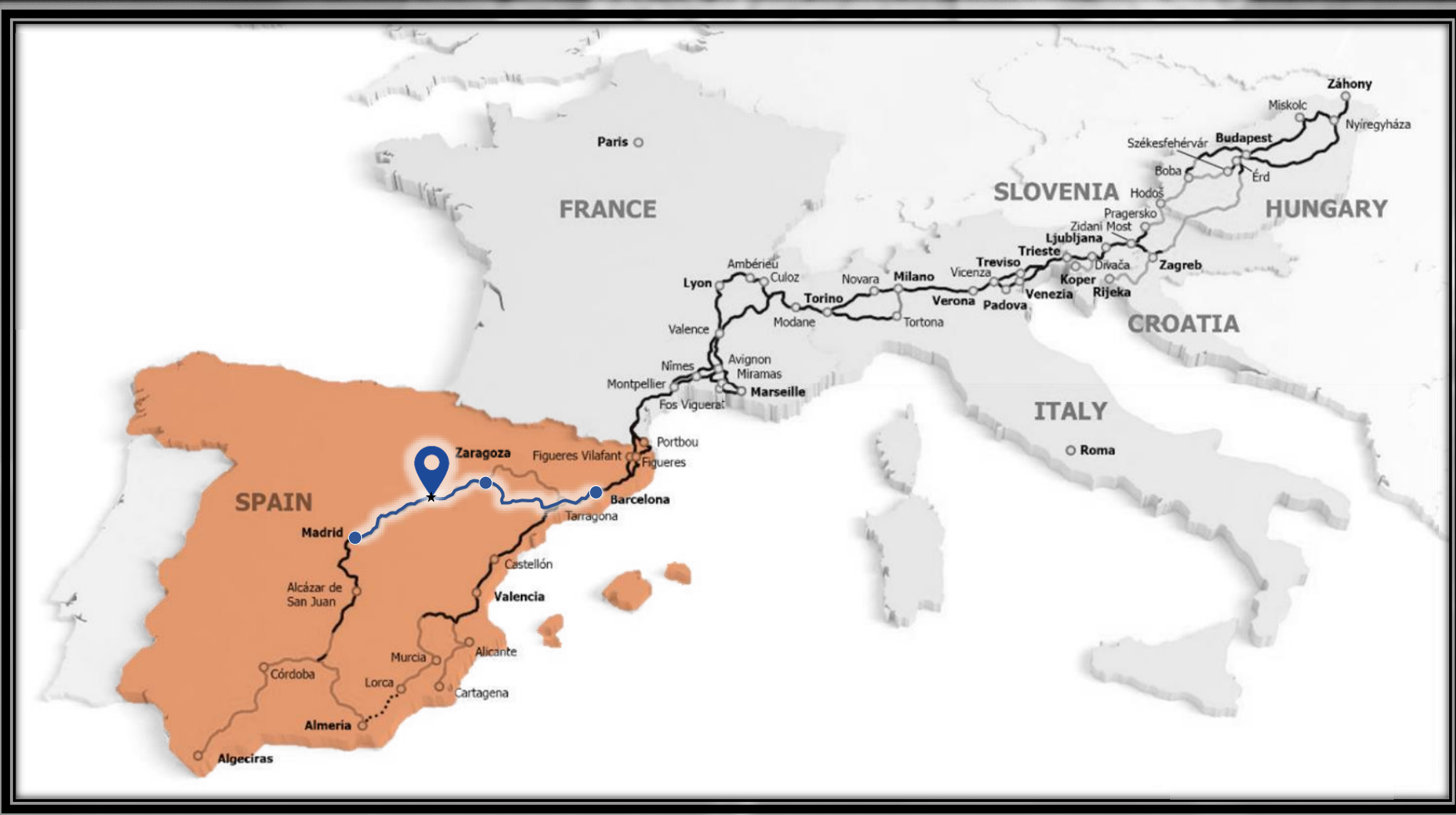
1 PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

- Pasado, presente y futuro del transporte
- Oportunidades y retos del transporte de mercancías

2 AUTOPISTA FERROVIARIA MAD-ZAZ-BCN

- Oportunidad de desarrollo

Ámbito general del TFM



1 PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

- Pasado, presente y futuro del transporte
- Oportunidades y retos del transporte de mercancías

2 AUTOPISTA FERROVIARIA MAD-ZAZ-BCN

- Oportunidad de desarrollo

3 AMPLIACIÓN DEL TÚNEL DE "LA ROMERA"

- Adecuación de la infraestructura existente

Cambios en la planificación



PASADO

PRESENTE

FUTURO

- Alta inversión en AVE
- Transporte de viajeros a larga distancia
- Convencional: deterioro continuo
- Incoherencia histórica: Políticas de transporte \neq Modelo territorial \neq Objetivos UE

Cambios en la planificación



PASADO



PRESENTE
(PITVI 2012-2024)



FUTURO

- Crisis: Necesidad de optimización de la infraestructura existente
- Nuevas políticas europeas de transporte
- Mercancías: Barreras físicas, económicas, operacionales y de gestión
 - Medidas estratégicas de potenciación

Objetivos PITVI 2024

Eficiencia

Desarrollo
económico
equilibrado

Movilidad
sostenible

Cohesión
territorial y
accesibilidad

Integración
funcional e
intermodalidad

Cambios en la planificación



PASADO



PRESENTE



FUTURO



OBJETIVOS DE
DESARROLLO SOSTENIBLE






Objetivos de la UE



Espacio único europeo de transporte



Modos más amigables con el **medioambiente**



Trasvase modal a un modo más fiable, eficiente, cómodo y sostenible:


- 30% carr. a ferr. en 2030
- 50% carr. a ferr. en 2050



Descarbonización del transporte



Intermodalidad: conexión con puertos



Supresión de obstáculos técnicos, administrativos y jurídicos



Interconexión entre los países de la UE



Red **interoperable:**
Red Transeuropea del Transporte
Corredores Europeos de mercancías



Gestión integrada de corredores

Un nuevo marco post **COVID-19**



- Mismos objetivos
- Mayor importancia: recuperación pero no a costa de todo
- Gran inversión europea
- Se acelera la apuesta por el ferrocarril de mercancías de larga distancia

Compromiso político



“Libro Blanco del Transporte”

“Estrategia Logística de España”

“Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible”

“The European Green Deal”

Convergen hacia una:

FUTURA LEY EUROPEA DEL CLIMA
(obligación jurídica)

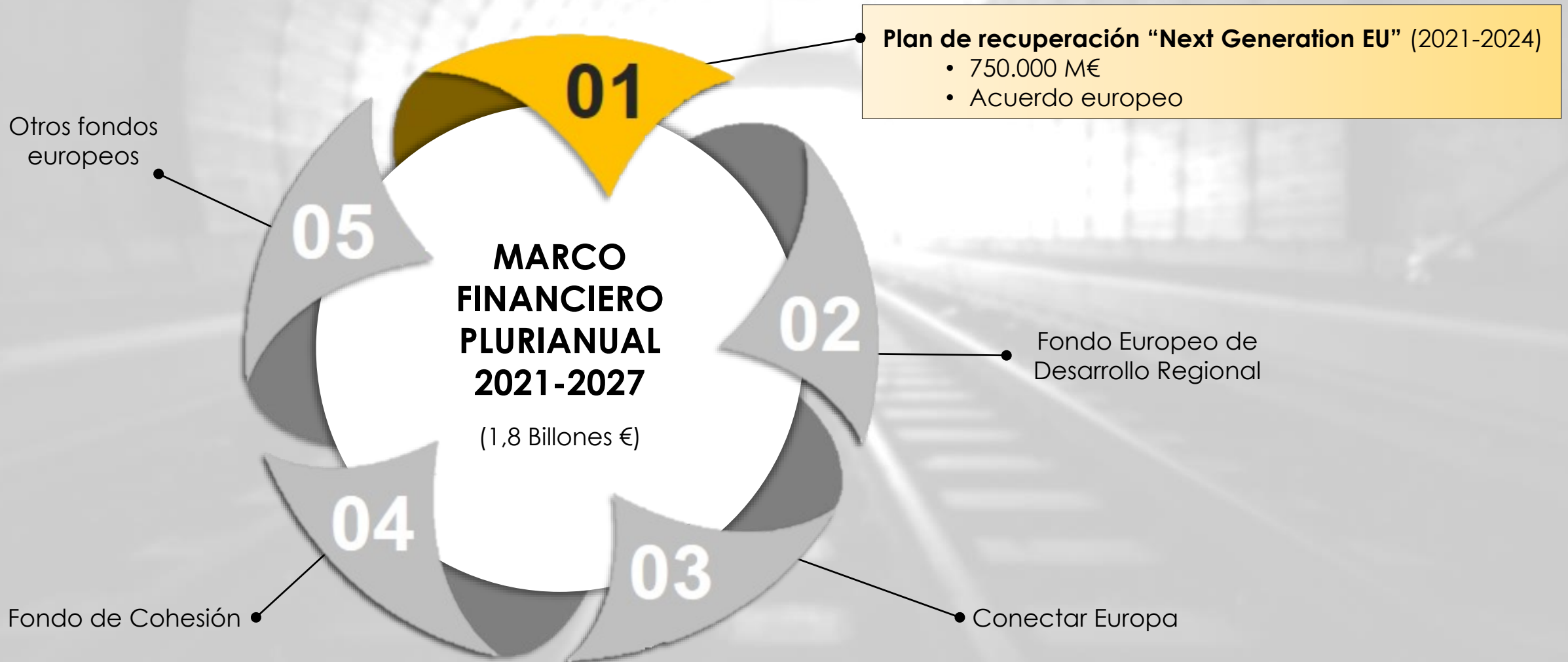
Actuaciones



Actuaciones



Herramientas financieras





“Next Generation EU”



Recuperar los daños socio-económicos



Relanzar la economía



Preparar un futuro mejor

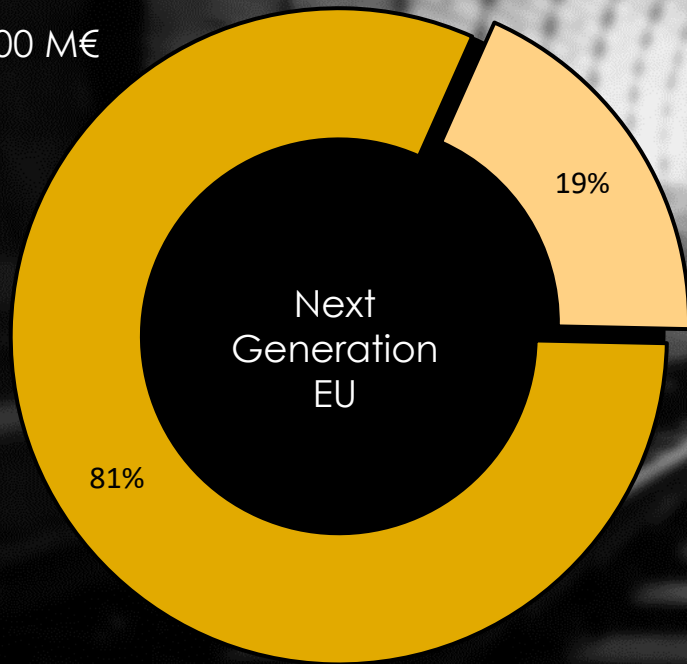
“Invertir en una Europa ecológica, digital y resiliente”



“Next Generation EU”

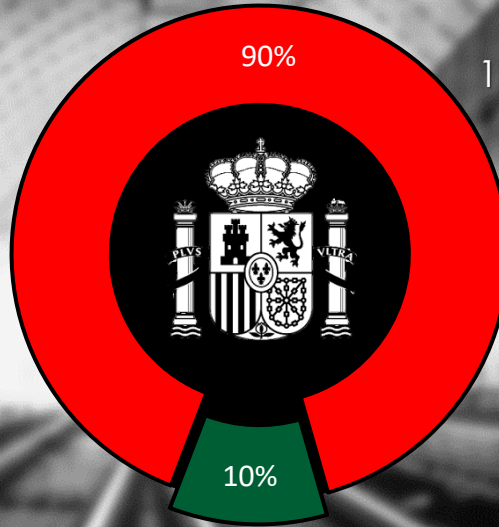


750.000 M€



90%

140.000 M€



“16.000 M€”

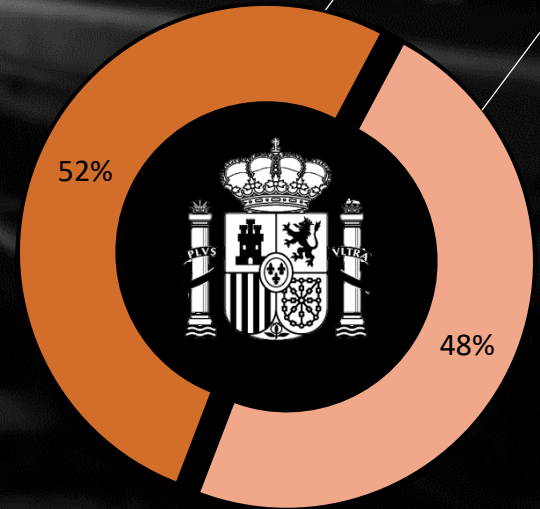


Subvenciones

Préstamos

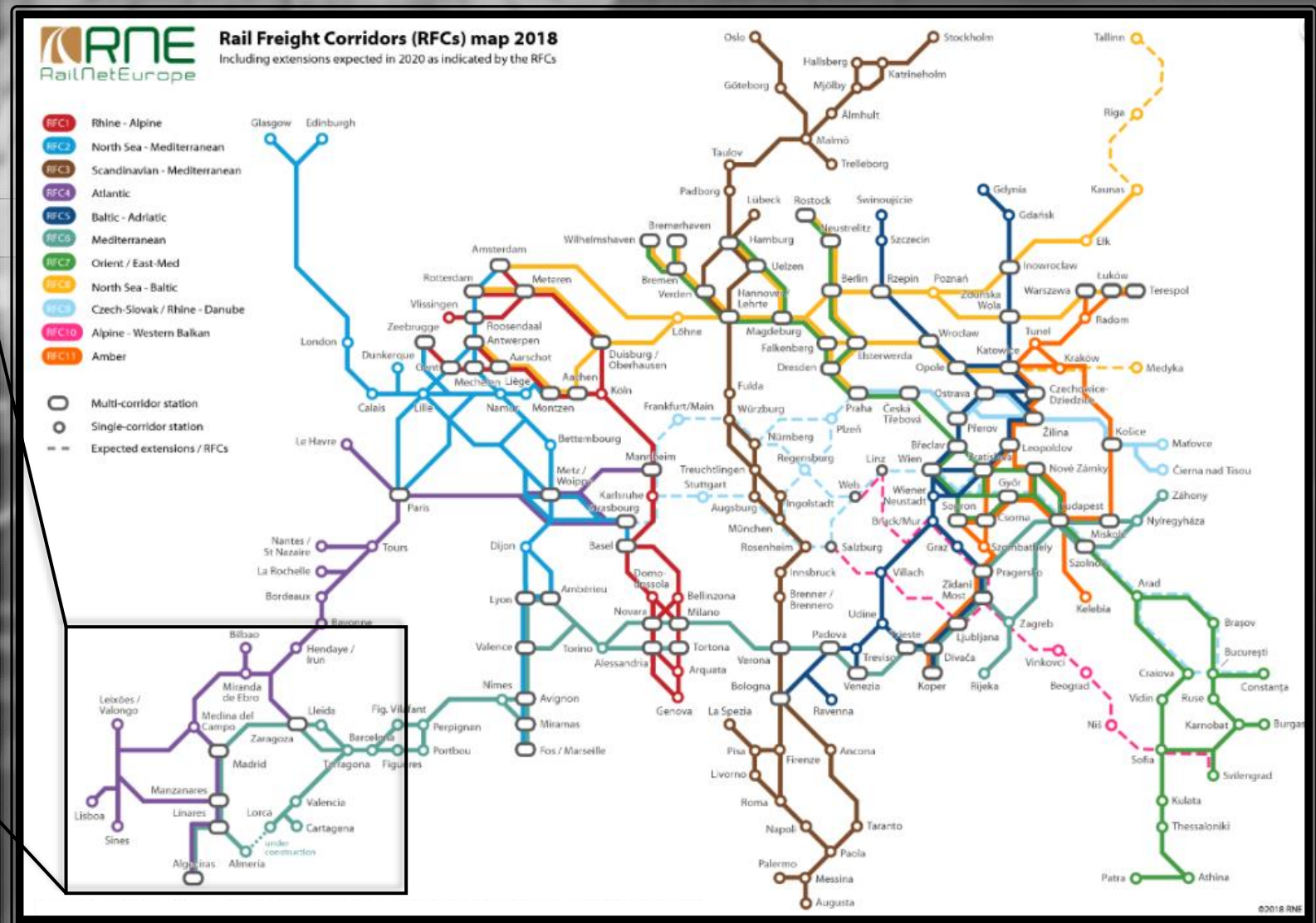
52%

48%



Corredores europeos de mercancías

CORREDOR MEDITERRÁNEO



**HERRAMIENTA PARA
MATERIALIZAR LOS OBJETIVOS**

Autopistas ferroviarias



INTERMODALIDAD



- Camiones en servicios lanzadera ferroviarios
- Material rodante y terminales de mercancías
- Adecuación de infraestructura existente

- - Ro-Ro continuo desde extremo
 - Ro-Ro discontinuo desde lateral
 - Lo-Lo
 - Otros

Autopista Ferroviaria (AF) Madrid – Zaragoza – Barcelona



Oportunidad de desarrollo
de la línea como AF



Estudio de la demanda
-
Trasvase modal de
mercancías



Estudio
económico-financiero
del servicio

Autopista Ferroviaria (AF) Madrid – Zaragoza – Barcelona

TRANSPORTE

El Gobierno declara proyecto prioritario. autopista ferroviaria Plaza-Algeciras

El director de Aragón Plataforma Logística señala que solo hace falta acondicionar siete túneles para poder transportar miles de camiones en ferrocarril.

ACTUALIZADA 20/03/2023 A LAS 10:00

JORGE ALONSO

La infraestructura ferroviaria

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (Mituja) ha dado un paso decisivo al declarar prioritario el proyecto de autopista ferroviaria entre la Plataforma Logística de Zaragoza (Plaza) y el puerto de Algeciras con su declaración como proyecto estratégico. Lo que permitirá agilizar sus plazos para que sea una realidad en esta legislatura. Esta fue el anuncio que ha hecho esta mañana el director de la sociedad pública Aragón Plataforma Logística (APL), Francisco de la Fuente, quien ha concretado que lleva meses trabajando con el equipo del ministro **Abelardo** para volver a su desarrollo. "Ya es el modo ferroviario español. Vamos a subir miles y miles de semitrasteros al ferrocarril y a los sectores público y privado en una operación sostenible y rentable", ha sentenciado.

Empresas y Finanzas

Pardo de Vera (Adif): "El tren de mercancías ha s. un proyecto fallido"

- Reconocer que la liberalización no ha elevado la cuota de mercado del ferrocarril
- El gestor trata de ganar peso con las autopistas ferroviarias y los puertos

Aída Sempere
5/17/2023 - 18:53

Isabel Pardo de Vera, presidenta de Adif, ha hablado sin pelos en la lengua del desafío en la habitación ferroviaria el transporte de mercancías y su fallido proceso de liberalización. "Es que tras 15 años de apertura a la competencia, no sólo no ha ganado cuota de mercado a la carretera, sino que la ha perdido en los últimos años, apenas ha aumentado el volumen, los precios han bajado mucho y ha desahogado la rentabilidad de Renfe Mercancías".

En cuanto a las autopistas ferroviarias, ha apostado por potenciar el eje central Algeciras-Madrid-Zaragoza, conectar Barcelona con Valencia y desarrollar proyectos y herramientas para conciliar su modelo con el tejido del transporte de carretera y apostar por competitividad. "Tenemos ya identificadas las obras necesarias, con el tema de peajes, para que no haya ruptura de carga tampoco en lo digital. Estamos integrando un proyecto con nuestra plataforma digital que permite el seguimiento de la carga está en el mar o está en el ferrocarril o en la carretera, que la ruptura de carga sea la mínima posible y garantizar la fiabilidad con las inversiones que estamos realizando", ha añadido Pardo de Vera.

La Autopista ferroviaria Algeciras-Zaragoza puede ser una realidad en 2023

Aragón Plataforma Logística y la APBA siguen trabajando para ello

SÍGUEN EN FACEBOOK

El director de Estrategia e Innovación de Aragón Plataforma Logística (APL), Jaime Escobar de la Iglesia, ha protagonizado el último encuentro virtual organizado por el Propeller Club Algeciras y en el, se ha presentado por la importancia del proyecto de autopista ferroviaria Algeciras-Zaragoza, que permitirá enlazar el puerto de Algeciras con las principales rutas de Europa por ferrocarril a principios de 2023.

Durante su intervención, el responsable de APL señaló que el lanzamiento operativo del proyecto que tráficos regulares se puede producir a principios de 2023, porque "la infraestructura lineal existe (1.074 kilómetros en ancho ibérico)".

El director de APL, aseguró que la autopista ferroviaria vendrá a potenciar los flujos que actualmente se mueven en el mercado de Aragón, que rondan los 300.000 TCE/a anuales, apostando por un tren mixto de semitrasteros P-400 y contenedores.

Debido a las condiciones de las terminales de Isla Verde Exterior y Plaza, los trenes que podrán operar regularmente en esta travesía, deberán contar con tracción simple o doble, de entre 12 y 14 vagones, de 430 a 525 metros de longitud, y con un peso de entre 1.230 y 1.673 toneladas, aunque debido a los trabajos que ya se vienen realizando por parte de Adif y la propia **Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras**, se contempla que se puedan componer trenes de hasta 700 metros, ya que sólo basta sólo acondicionar siete túneles en todo el trazado, dos entre Algeciras y Madrid, y cinco entre Madrid y Zaragoza, según los técnicos de Adif.

El director de APL dejó claro que el objetivo de este destino a los tráficos de empresas dedicadas a las mercancías aglomeras, textiles y confección y componentes del automóvil que operan con el norte de África, ya que las previsiones de tráfico más desfavorables sitúan un movimiento de 600.000 camiones entre Tínger-Mad y Algeciras en el año horizonte de 2026, doblando la cifra actual.

Adif estudia los gálibos de la futura autopista ferroviaria entre Algeciras y Zaragoza

Aragón Plataforma Logística prevé que esta conexión pueda entrar en servicio a finales de 2022 o en 2023 con una circulación diaria en cada sentido

EL MERCANTE | Valencia/Barcelona

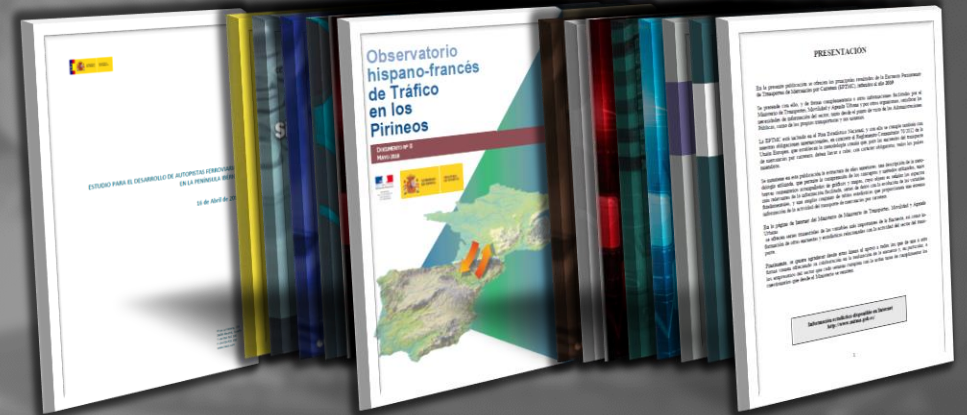
8 de Julio de 2023

El departamento de Infraestructuras de Adif está estudiando los gálibos de la autopista ferroviaria entre el puerto de Algeciras y la terminal del gestor de infraestructuras ferroviarias en la Plataforma Logística de Zaragoza (Plaza). En concreto, el director de Estrategia y Desarrollo Intermodal de Aragón Plataforma Logística (APL), Jaime Escobar, ha señalado que se están "analizando cuatro túneles en la actualidad con sistemas de última tecnología para recoger los datos". Escobar ha destacado en coloquio online con los miembros del Propeller Club de Algeciras que la previsión de Aragón Plataforma Logística "es poner en servicio esta autopista ferroviaria a finales de 2022 o en 2023".

Tras el estudio de los gálibos, habrá que licitar las obras para subsanar aquellos que impidan el paso de los trenes

Estudio de demanda

1. Búsqueda fuentes de datos



Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica

Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos

Encuesta Permanente del Tráfico de Mercancías por Carretera



Estadísticas de las Autoridades Portuarias

Observatorio Estadístico del Transporte Marítimo de Corta Distancia

Encuesta de Tráfico de Mercancías Transfronterizo España-Portugal

Estudio de demanda



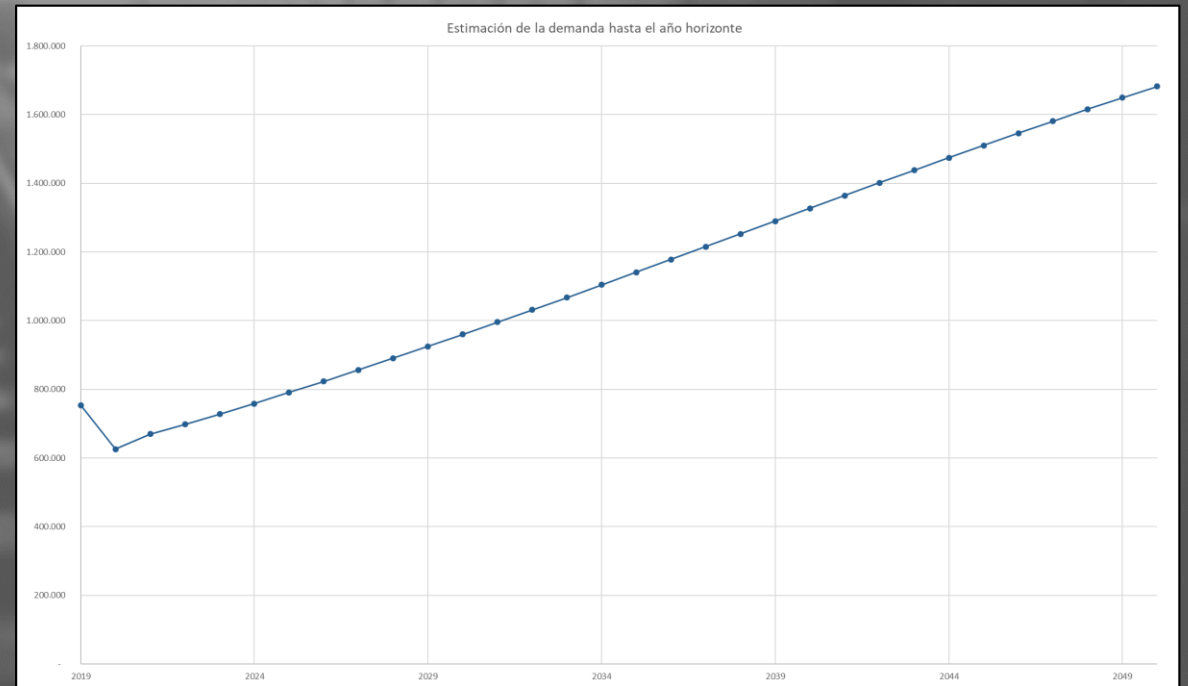
1. Búsqueda fuentes de datos
2. Obtención tráfico actual de vehículos pesados
3. Análisis demanda global apta para AF
4. Estimación de crecimiento a año horizonte (2050)
 - Evolución entorno macroeconómico
 - Previsiones macroeconómicas
 - Evolución tráfico de mercancías
 - Impacto COVID-19
 - Efecto de la desglobalización y la relocalización de la producción



Estudio de demanda



1. Búsqueda fuentes de datos
2. Obtención tráfico actual de vehículos pesados
3. Análisis demanda global apta para AF
4. Estimación de crecimiento a año horizonte (2050)
5. Demanda global apta en el año horizonte
 - Aplicación del crecimiento



Estudio de demanda



1. Búsqueda fuentes de datos
2. Obtención tráfico actual de vehículos pesados
3. Análisis demanda global apta para AF
4. Estimación de crecimiento a año horizonte (2050)
5. Demanda global apta en el año horizonte

Ejemplo para Tarifa 0,75 €/km

6. **Modelo de utilidad** para el trasvase modal
 - Algoritmos estadísticos basados en Preferencias Declaradas
 - Maximización de la utilidad
 - Carretera o ferrocarril
 - Atributos:
 - Tarifas AF: estudio para un rango de 0,1 – 1 €/km
 - Peajes
 - Distancia
 - Tiempo
 - Seguridad

		0,248						0,75						0,95					
2020		R_DIST Km	R_PTOT (2018) €/km	%rec	R_PTOT (2050) €	U(carretera)	AF_PRX €/km	AF_PRX (€)	GT_AF_R	AF_SECU	AF_DIST	U (AF)	%captación Ferrocarril	Probabilidad uso carretera	Demanda Apta 2020	Volumen Demanda Captada (VP/día)			
Madrid	Zaragoza	329	0.248	81.592	30%	106.0696	5.140	0.75	254.25	2.6	0.85	339	1.979	4.06%	95.94%	75	3		
Zaragoza	Barcelona	294	0.248	72.912	30%	94.7856	5.250	0.75	249.75	2.2	0.85	333	2.013	3.78%	96.22%	79	3		
Madrid	Barcelona	619	0.248	153.512	30%	199.5656	4.233	0.75	519	3.1	0.85	692	2.013	2.01%	97.99%	201	4		
Es paña	Francia	634	0.248	157.232	30%	204.4016	4.186	0.75	489	2.6	0.85	652	0.550	2.57%	97.43%	922	24		
Es paña	Alemania	1305	0.248	323.640	30%	442.0232	2.086	0.75	990.75	6.6	0.85	1321	2.053	1.57%	98.43%	204	3		
Es paña	Italia	1.346	0.248	331.808	30%	433.9504	1.958	0.75	1028.5	17.4	0.85	1358	1.690	2.54%	97.46%	107	3		
Es paña	Holanda	1.502	0.248	372.496	30%	484.2448	1.470	0.75	1159.5	16.7	0.85	1546	2.580	1.71%	98.29%	74	1		
Es paña	Bélgica	1.345	0.248	331.560	30%	433.1628	1.961	0.75	1016.25	17.4	0.85	1355	1.676	2.56%	97.44%	52	1		
VEH/AÑO (AF)																			
15.431																			
		0,451						0,845						0,95					
2030		R_DIST Km	R_PTOT €/km	%rec	R_PTOT (2050) €	U(carretera)	AF_PRX €/km	AF_PRX (€)	GT_AF_R	AF_SECU	AF_DIST	U (AF)	%captación Ferrocarril	Probabilidad uso carretera	Demanda Apta 2030	Volumen Demanda Captada (VP/día)			
Madrid	Zaragoza	329	0.451	148.272638	30%	192.7544294	4.950	0.845	286.4613845	1.3	0.95	339	2.384	7.14%	92.86%	116	8		
Zaragoza	Barcelona	294	0.451	132.4989531	30%	172.248639	5.080	0.845	281.3912715	1.2	0.95	333	2.413	6.50%	93.50%	121	8		
Madrid	Barcelona	619	0.451	27.8988842	30%	362.6595495	3.874	0.845	584.7530227	0.5	0.95	692	0.713	4.07%	95.97%	309	13		
Es paña	Francia	634	0.451	28.5790348	30%	371.4477453	3.819	0.845	550.9522794	10.8	0.95	652	1.659	8.63%	91.37%	1415	122		
Es paña	Alemania	1305	0.451	58.8131081	30%	784.5790405	1.330	0.845	1116.269879	12.0	0.95	1321	1.715	4.54%	95.46%	313	14		
Es paña	Italia	1.346	0.451	60.66108532	30%	788.5941092	1.178	0.845	1147.535076	23.0	0.95	1358	1.354	7.37%	92.63%	164	12		
Es paña	Holanda	1.502	0.451	67.69164202	30%	879.9913462	0.999	0.845	1306.399116	23.0	0.95	1546	2.263	5.40%	94.60%	113	6		
Es paña	Bélgica	1.345	0.451	60.61601765	30%	788.0082295	1.181	0.845	1145.000519	23.0	0.95	1355	1.340	7.44%	92.56%	80	6		
VEH/AÑO (AF)																			
89.061																			
		0,508						0,952						0,99					
2040		R_DIST Km	R_PTOT €/km	%rec	R_PTOT (2050) €	U(carretera)	AF_PRX €/km	AF_PRX (€)	GT_AF_R	AF_SECU	AF_DIST	U (AF)	%captación Ferrocarril	Probabilidad uso carretera	Demanda Apta 2040	Volumen Demanda Captada (VP/día)			
Madrid	Zaragoza	329	0.508	167.0775621	30%	211.1748307	4.896	0.952	322.7538866	1.3	0.95	339	2.280	6.81%	93.19%	160	11		
Zaragoza	Barcelona	294	0.508	149.285481	30%	194.0711253	5.031	0.952	317.041232	1.2	0.95	333	2.311	6.18%	93.82%	167	10		
Madrid	Barcelona	619	0.508	31.42319481	30%	408.6055326	3.773	0.952	658.8364341	0.5	0.95	692	0.502	3.66%	96.34%	427	16		
Es paña	Francia	634	0.508	32.19285543	30%	418.5071206	3.715	0.952	620.7534032	10.8	0.95	652	1.260	7.90%	92.10%	1856	155		
Es paña	Alemania	1305	0.508	66.24447372	30%	861.4581583	1.117	0.952	1257.693095	12.0	0.95	1321	1.210	3.78%	96.22%	432	16		
Es paña	Italia	1.346	0.508	68.34634607	30%	888.5024989	0.958	0.952	1292.918898	23.0	0.95	1358	1.170	6.14%	93.86%	227	14		
Es paña	Holanda	1.502	0.508	76.26761648	30%	991.4790144	0.754	0.952	1471.909143	23.0	0.95	1546	2.737	4.35%	95.65%	156	7		
Es paña	Bélgica	1.345	0.508	68.2953687	30%	887.842393	0.942	0.952	1290.063671	23.0	0.95	1355	1.154	6.20%	93.80%	111	7		
VEH/AÑO (AF)																			
85.910																			
		0,572						1,073						0,99					
2050		R_DIST Km	R_PTOT (2018) €/km	%rec	R_PTOT (2050) €	U(carretera)	AF_PRX €/km	AF_PRX (€)	GT_AF_R	AF_SECU	AF_DIST	U (AF)	%captación Ferrocarril	Probabilidad uso carretera	Demanda Apta 2050	Volumen Demanda Captada (VP/día)			
Madrid	Zaragoza	329	0.572	182.2223816	30%	244.6890961	4.674	1.073	363.643925	0.4	0.99	339	2.376	9.13%	90.87%	203	15		
Zaragoza	Barcelona	294	0.572	168.198724	30%	218.6583412	4.813	1.073	357.2077494	0.5	0.99	333	2.404	8.10%	91.90%	212	17		
Madrid	Barcelona	619	0.572	35.41326876	30%	460.3724939	3.355	1.073	742.305993	1.0	0.99	692	0.511	5.50%	94.50%	541	30		
Es paña	Francia	634	0.572	36.27142552	30%	471.5283118	3.287	1.073	699.3977555	12.3	0.99	652	1.285	11.89%	88.11%	2479	295		
Es paña	Alemania	1305	0.572	74.6596377	30%	970.5752901	0.236	1.073	1417.031342	15.3	0.99	1321	2.243	7.73%	92.27%	548	42		
Es paña	Italia	1.346	0.572	77.02526612	30%	1001.06846	0.050	1.073	1456.721092	26.4	0.99	1358	1.901	12.45%	87.55%	288	36		
Es paña	Holanda	1.502	0.572	85.9309642	30%	1117.091253	0.660	1.073	1658.387929	26.8	0.99	1546	2.914	9.50%	90.50%	198	19		
Es paña	Bélgica	1.345	0.572	76.94805372	30%	1000.124724	0.054	1.073	1453.503004	26.4	0.99	1355	1.885	12.58%	87.42%	141	18		
VEH/AÑO (AF)																			
173.353																			

Resultado del estudio de demanda



- 1 Demanda elástica a la tarifa
- 2 Objetivos de trasvase modal: mejorar todos los atributos
- 3 Algoritmos del modelo mejorables: futura línea de trabajo
- 4 Tarifa con mayor captación: 0,1 €/km

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	
0.1	61.07	51.146	113.345	106.033	118.642	180.301	203.340	225.736	246.237	270.836	293.304	308.384	320.876	334.676	348.335	362.378	376.236	390.135	403.976	417.836	431.696	445.061	458.280	471.596	484.843	498.116	511.130	524.204	537.096	549.824	562.396	
0.15	61.07	81.726	102.355	122.983	143.612	164.240	184.869	205.497	226.126	246.754	267.383	279.748	292.114	304.479	316.845	329.210	341.576	353.941	366.307	378.672	391.038	403.404	415.770	428.136	440.502	452.868	465.234	477.600	489.966	502.332	514.698	
0.2	54.264	73.092	91.920	110.749	129.577	148.405	167.234	186.062	204.890	223.719	242.547	251.375	260.204	269.032	277.860	286.688	295.517	304.345	313.174	322.002	330.830	339.659	348.487	357.315	366.144	374.972	383.801	392.629	401.457	410.286	419.114	
0.25	46.366	65.230	84.094	99.380	116.451	133.522	150.594	167.665	184.736	201.807	218.878	228.363	237.848	247.333	256.818	266.303	275.788	285.273	294.758	304.243	313.728	323.213	332.698	342.183	351.668	361.153	370.638	380.123	389.608	399.093	408.578	
0.3	42.751	58.136	73.521	88.906	104.291	119.676	135.061	150.446	165.831	181.216	196.601	202.086	207.571	213.056	218.541	224.026	229.511	234.996	240.481	245.966	251.451	256.936	262.421	267.906	273.391	278.876	284.361	289.846	295.331	300.816	306.301	
0.35	37.964	51.794	65.624	79.454	93.284	107.114	120.944	134.774	148.604	162.434	176.264	180.149	184.034	187.919	191.804	195.689	199.574	203.459	207.344	211.229	215.114	219.000	222.885	226.770	230.655	234.540	238.425	242.310	246.195	250.080	253.965	
0.4	33.741	46.067	58.393	70.719	83.045	95.371	107.697	120.023	132.349	144.675	157.001	160.946	164.891	168.836	172.781	176.726	180.671	184.616	188.561	192.506	196.451	200.396	204.341	208.286	212.231	216.176	220.121	224.066	228.011	231.956	235.901	
0.45	30.023	41.000	51.977	62.954	73.931	84.908	95.885	106.862	117.839	128.816	139.793	144.791	149.789	154.787	159.785	164.783	169.781	174.779	179.777	184.775	189.773	194.771	199.769	204.767	209.765	214.763	219.761	224.759	229.757	234.755	239.753	
0.5	26.744	36.066	46.388	56.710	67.032	77.354	87.676	98.000	108.322	118.644	128.966	133.964	138.962	143.960	148.958	153.956	158.954	163.952	168.950	173.948	178.946	183.944	188.942	193.940	198.938	203.936	208.934	213.932	218.930	223.928	228.926	
0.55	23.879	32.318	41.757	51.196	60.635	70.074	79.513	88.952	98.391	107.830	117.269	121.267	125.265	129.263	133.261	137.259	141.257	145.255	149.253	153.251	157.249	161.247	165.245	169.243	173.241	177.239	181.237	185.235	189.233	193.231	197.229	
0.6	21.850	29.027	36.204	44.381	52.558	60.735	68.912	77.089	85.266	93.443	101.620	105.618	109.616	113.614	117.612	121.610	125.608	129.606	133.604	137.602	141.600	145.598	149.596	153.594	157.592	161.590	165.588	169.586	173.584	177.582	181.580	
0.65	19.125	25.038	31.951	38.864	45.777	52.690	59.603	66.516	73.429	80.342	87.255	91.253	95.251	99.249	103.247	107.245	111.243	115.241	119.239	123.237	127.235	131.233	135.231	139.229	143.227	147.225	151.223	155.221	159.219	163.217	167.215	
0.7	17.363	23.008	29.653	36.298	42.943	49.588	56.233	62.878	69.523	76.168	82.813	86.811	90.809	94.807	98.805	102.803	106.801	110.799	114.797	118.795	122.793	126.791	130.789	134.787	138.785	142.783	146.781	150.779	154.777	158.775	162.773	
0.75	15.413	20.794	26.175	31.556	36.937	42.318	47.699	53.080	58.461	63.842	69.223	73.221	77.219	81.217	85.215	89.213	93.211	97.209	101.207	105.205	109.203	113.201	117.199	121.197	125.195	129.193	133.191	137.189	141.187	145.185	149.183	
0.8	13.900	18.686	23.472	28.258	33.044	37.830	42.616	47.402	52.188	56.974	61.760	65.556	69.352	73.148	76.944	80.740	84.536	88.332	92.128	95.924	99.720	103.516	107.312	111.108	114.904	118.700	122.496	126.292	130.088	133.884	137.680	141.476
0.85	12.543	16.794	21.045	25.296	29.547	33.798	38.049	42.300	46.551	50.802	55.053	59.304	63.555	67.806	72.057	76.308	80.559	84.810	89.061	93.312	97.563	101.814	106.065	110.316	114.567	118.818	123.069	127.320	131.571	135.822	140.073	144.324
0.9	11.189	15.117	19.045	22.973	26.901	30.829	34.757	38.685	42.613	46.541	50.469	54.397	58.325	62.253	66.181	70.109	74.037	77.965	81.893	85.821	89.749	93.677	97.605	101.533	105.461	109.389	113.317	117.245	121.173	125.101	129.029	
0.95	10.268	13.832	17.396	20.960	24.524	28.088	31.652	35.216	38.780	42.344	45.908	49.472	53.036	56.600	60.164	63.728	67.292	70.856	74.420	77.984	81.548	85.112	88.676	92.240	95.804	99.368	102.932	106.496	110.060	113.624	117.188	120.752
1	9.313	12.122	14.931	17.740	20.549	23.358	26.167	28.976	31.785	34.594	37.403	40.212	43.021	45.830	48.639	51.448	54.257	57.066	59.875	62.684	65.493	68.302	71.111	73.920	76.729	79.538	82.347	85.156	87.965	90.774	93.583	

* Variación de la demanda captada en función de la tarifa y los años de estudio

Resultado del estudio de demanda



- 1 Demanda elástica a la tarifa
- 2 Objetivos de trasvase modal: mejorar todos los atributos
- 3 Algoritmos del modelo mejorables: futura línea de trabajo
- 4 Tarifa con **mayor captación**: 0,1 €/km
- 5 Tarifa con **mayores ingresos**: 0,4 €/km
- 6 Tarifa que logra los **objetivos de trasvase**: 0,4 €/km

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050		
0.1	4.932.282,7	6.136.931,26	7.433.982,30	8.818.820,97	10.300.281,03	11.880.281,03	13.559.729,66	15.339.729,66	17.220.281,03	19.201.281,03	21.281.729,66	23.461.729,66	25.742.281,03	28.122.729,66	30.603.281,03	33.183.729,66	35.864.281,03	38.644.729,66	41.525.281,03	44.505.729,66	47.586.281,03	50.766.729,66	54.047.281,03	57.427.729,66	60.908.281,03	64.488.729,66	68.169.281,03	71.949.729,66	75.830.281,03	79.810.729,66	83.891.281,03	88.071.729,66	
0.2	7.238.420,08	9.043.476,37	10.943.476,37	12.943.476,37	15.043.476,37	17.243.476,37	19.543.476,37	21.943.476,37	24.443.476,37	27.043.476,37	29.743.476,37	32.543.476,37	35.443.476,37	38.443.476,37	41.543.476,37	44.743.476,37	48.043.476,37	51.443.476,37	54.943.476,37	58.543.476,37	62.243.476,37	66.043.476,37	69.943.476,37	73.943.476,37	78.043.476,37	82.243.476,37	86.643.476,37	91.143.476,37	95.843.476,37	100.643.476,37	105.543.476,37	110.543.476,37	
0.3	8.038.807,42	11.038.381,25	14.038.381,25	17.038.381,25	20.038.381,25	23.038.381,25	26.038.381,25	29.038.381,25	32.038.381,25	35.038.381,25	38.038.381,25	41.038.381,25	44.038.381,25	47.038.381,25	50.038.381,25	53.038.381,25	56.038.381,25	59.038.381,25	62.038.381,25	65.038.381,25	68.038.381,25	71.038.381,25	74.038.381,25	77.038.381,25	80.038.381,25	83.038.381,25	86.038.381,25	89.038.381,25	92.038.381,25	95.038.381,25	98.038.381,25	101.038.381,25	104.038.381,25
0.4	8.929.089,91	12.329.089,91	15.729.089,91	19.129.089,91	22.529.089,91	25.929.089,91	29.329.089,91	32.729.089,91	36.129.089,91	39.529.089,91	42.929.089,91	46.329.089,91	49.729.089,91	53.129.089,91	56.529.089,91	59.929.089,91	63.329.089,91	66.729.089,91	70.129.089,91	73.529.089,91	76.929.089,91	80.329.089,91	83.729.089,91	87.129.089,91	90.529.089,91	93.929.089,91	97.329.089,91	100.729.089,91	104.129.089,91	107.529.089,91	110.929.089,91	114.329.089,91	117.729.089,91
0.5	9.966.547,85	13.366.547,85	16.766.547,85	20.166.547,85	23.566.547,85	26.966.547,85	30.366.547,85	33.766.547,85	37.166.547,85	40.566.547,85	43.966.547,85	47.366.547,85	50.766.547,85	54.166.547,85	57.566.547,85	60.966.547,85	64.366.547,85	67.766.547,85	71.166.547,85	74.566.547,85	77.966.547,85	81.366.547,85	84.766.547,85	88.166.547,85	91.566.547,85	94.966.547,85	98.366.547,85	101.766.547,85	105.166.547,85	108.566.547,85	111.966.547,85	115.366.547,85	118.766.547,85
0.6	10.966.547,85	14.366.547,85	17.766.547,85	21.166.547,85	24.566.547,85	27.966.547,85	31.366.547,85	34.766.547,85	38.166.547,85	41.566.547,85	44.966.547,85	48.366.547,85	51.766.547,85	55.166.547,85	58.566.547,85	61.966.547,85	65.366.547,85	68.766.547,85	72.166.547,85	75.566.547,85	78.966.547,85	82.366.547,85	85.766.547,85	89.166.547,85	92.566.547,85	95.966.547,85	99.366.547,85	102.766.547,85	106.166.547,85	109.566.547,85	112.966.547,85	116.366.547,85	119.766.547,85

* Variación de los ingresos generados en función de la tarifa y los años de estudio

Estudio económico-financiero

• 1 – Cuatro tarifas:

- Mayor trasvase modal: 0,1 €/km
- Mayor ingreso: 0,4 €/km
- Mayor rentabilidad: 0,5 €/km
- Tarifa actual: 0,75 €/km

• 2 – Modelo:

- Ingresos por tarifa
- Inversiones:
Infraestructura, terminales, material rodante
- Gastos operacionales

* Ejemplo estudio de rentabilidad para tarifa 0,5 €/km

ESTUDIO ECONÓMICO PARA TARIFA 0,5 €/KM (+/- MÁXIMA TIR)		2020	2021	2022	2023	2024	2030	2040	2050
INVERSIÓN A REALIZAR		90.046.373,74	90.046.373,74	90.046.373,74	261.518.317,74				
APORTACIÓN UE A FONDO PERDIDO (SUBVENCIÓN)	70%	63.032.461,62	63.032.461,62	63.032.461,62	183.062.822,42				
INVERSIÓN SIN APORTACIÓN UE		27.013.912,12	27.013.912,12	27.013.912,12	78.455.495,32		14.934.794,00 €	134.413.146,00 €	
FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN									
CAPITAL	40,00%	11.003.630,19	11.407.021,93	11.825.201,96	33.212.514,13		5.973.917,60 €	53.765.258,40 €	
DEUDA	60%	16.505.445,29	17.110.532,90	17.737.802,94	49.818.771,19		8.960.876,40 €	80.647.887,60 €	
GASTOS FINANCIEROS PERÍODO CONSTRUCCIÓN		495.163,36	1.503.642,70	2.549.092,78	4.575.790,00				
COBRO DE INGRESO DE EXPLOTACIÓN	0,5 €/km					23.178.341,05	47.052.979,79	70.893.903,55	171.636.996,32
COBRO DEL IVA DE INGRESOS						4.022.687,29	8.166.219,63	12.303.900,62	29.788.239,03
PAGO DE GASTOS DE EXPLOTACIÓN						13.754.155,37	26.068.154,04	41.690.357,43	69.116.427,23
PAGO DEL IVA DE GASTOS		2.894.347,73	2.894.347,73	2.894.347,73	8.405.945,93	2.387.084,82	6.124.381,58	21.636.925,08	11.995.412,99
LIQUIDACIÓN DEL IVA		2.894.347,73 €	2.894.347,73 €	2.894.347,73 €	8.405.945,93 €	1.635.602,47 €	2.041.838,05 €	9.333.024,46 €	17.792.826,04 €
COBRO DE INGRESOS FINANCIEROS						0	0	0	0
PAGO DE GASTOS FINANCIEROS									
PAGO DE IMPUESTOS						0	0	0	0
FLUJO DE CAJA PARA EL SERVICIO DE LA DEUDA		2.894.347,73	2.894.347,73	2.894.347,73	8.405.945,93	7.788.583,21	18.942.987,70	38.536.570,59	84.727.743,05
PAGO DE PRINCIPAL						3.747.131,57	3.747.131,57	4.195.175,39	12.259.964,15
PAGO DE INTERESES						5.957.939,19	4.877.798,12	5.062.397,12	367.798,92
FLUJO DE CAJA QUE GENERA EL PROYECTO		2.894.347,73	2.894.347,73	2.894.347,73	8.405.945,93	-1.916.487,55	10.318.058,01	29.278.998,08	72.099.979,98
TIR	12,99%	8.109.282,46	8.512.674,20	8.930.854,23	24.806.568,20	-1.916.487,55	10.318.058,01	-24.486.260,32	72.099.979,98
GASTOS FINANCIEROS	6%	495.163,36	1.503.642,70	2.549.092,78	4.575.790,00	5.957.939,19	4.877.798,12	5.062.397,12	367.798,92
PAGO DE PRINCIPAL		0	0	0	0	3.747.131,57	3.747.131,57	4.195.175,39	12.259.964,15
SALDO VIVO DEUDA	101.172.552,32	16.505.445,29	33.615.978,18	51.353.781,12	101.172.552,32	97.425.420,75	83.903.507,75	122.599.641,47	0,00



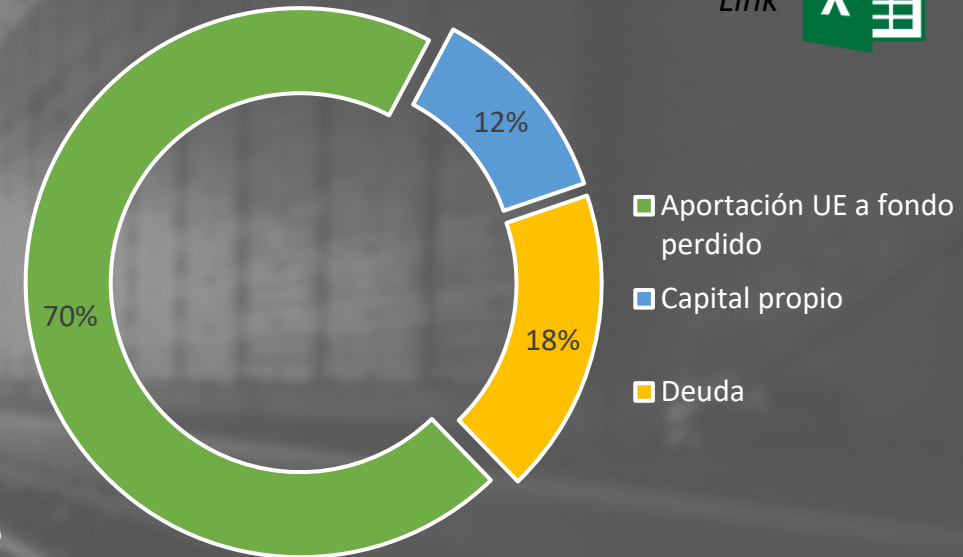
Resultado del estudio E-F



1

Financiación:

- Participación público-privada (objetivo UE)
- Viable 100% público



2

Rentabilidad

- Mayor trasvase modal: 0,1 €/km → Inviabile económicamente
- Mayor ingreso: 0,4 €/km → TIR = 11,01 %
- Mayor rentabilidad: 0,5 €/km → TIR = 12,99 %
- Tarifa actual: 0,75 €/km → TIR = 10,99 %

3

Tarifa a adoptar

¿Mayor trasvase modal VS. Rentabilidad? → Término medio

Adecuación Túnel "La Romera"

Nuevo servicio
↓
Nuevas necesidades operativas

"Material rodante AF" vs "Infraestructura existente"
↓
Estudio de gálibos

RETO
Ampliación del túnel sin afectar las circulaciones



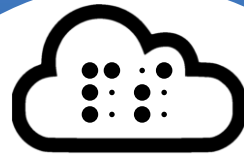
Estado actual del túnel "La Romera"



INFORME DE INSPECCIÓN

(Adif, Febrero 2020)

Descripción del estado actual



NUBE DE PUNTOS 3D

(Adif)

Geometría 3D y detalles



DATOS LIDAR 3D

(Instituto Geográfico Nacional)

Nube de puntos del terreno



Estado actual del túnel "La Romera"



INFORME DE INSPECCIÓN

(Adif, Febrero 2020)

Descripción del estado actual



NUBE DE PUNTOS 3D

(Adif)

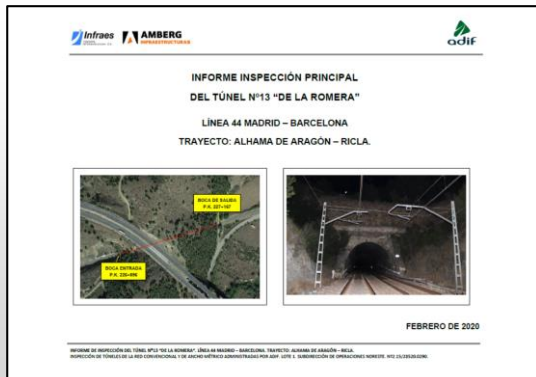
Geometría 3D y detalles



DATOS LIDAR 3D

(Instituto Geográfico Nacional)

Nube de puntos del terreno



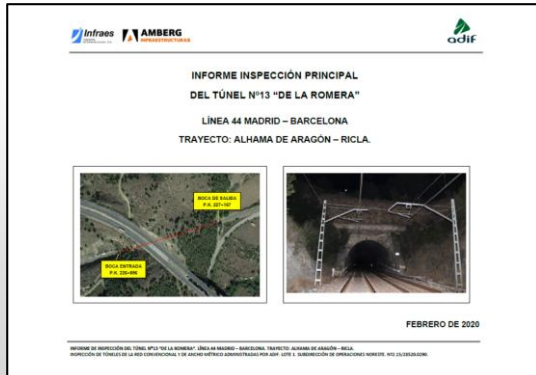
Estado actual del túnel "La Romera"



INFORME DE INSPECCIÓN

(Adif, Febrero 2020)

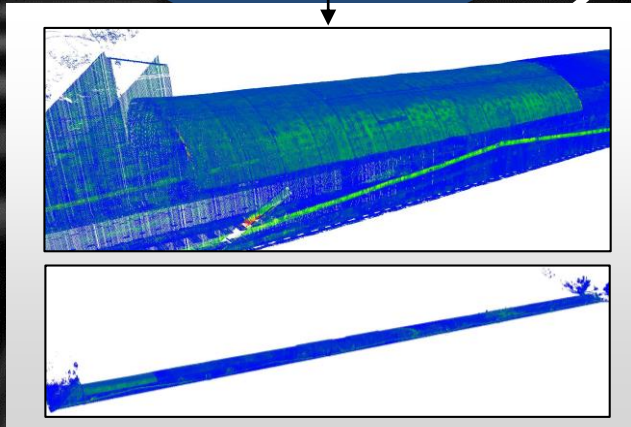
Descripción del estado actual



NUBE DE PUNTOS 3D

(Adif)

Geometría 3D y detalles



DATOS LIDAR 3D

(Instituto Geográfico Nacional)

Nube de puntos del terreno



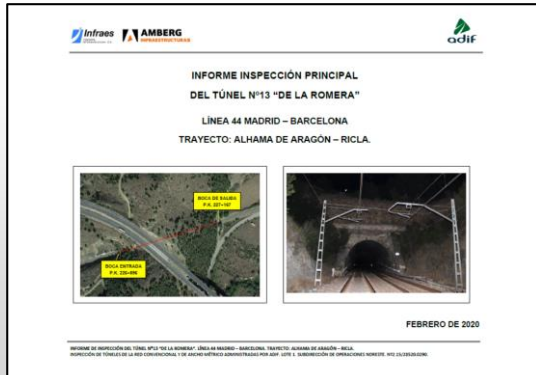
Estado actual del túnel "La Romera"



INFORME DE INSPECCIÓN

(Adif, Febrero 2020)

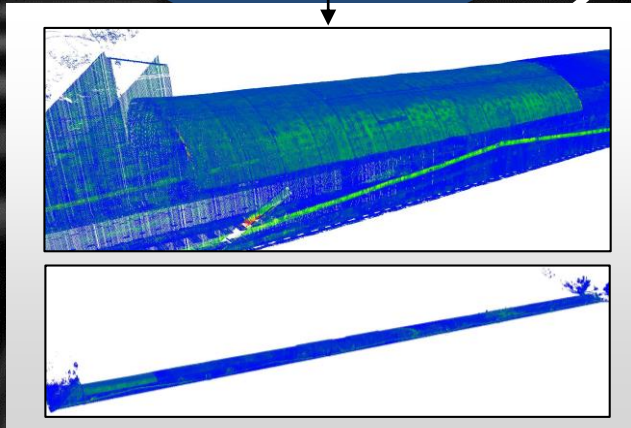
Descripción del estado actual



NUBE DE PUNTOS 3D

(Adif)

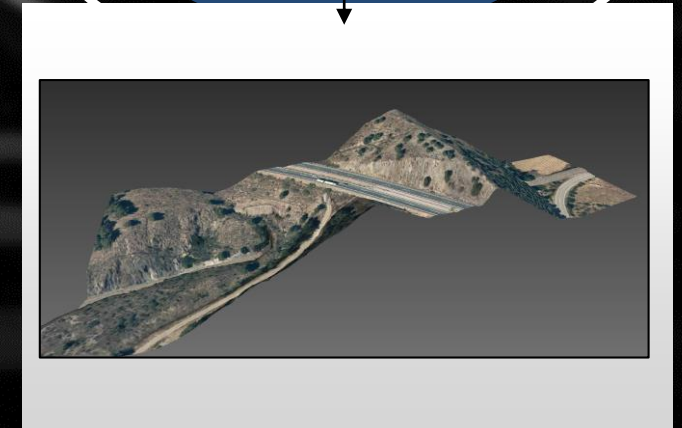
Geometría 3D y detalles



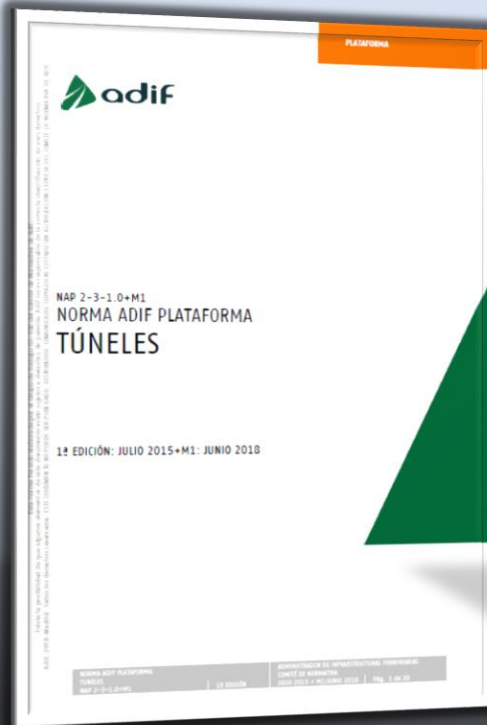
DATOS LIDAR 3D

(Instituto Geográfico Nacional)

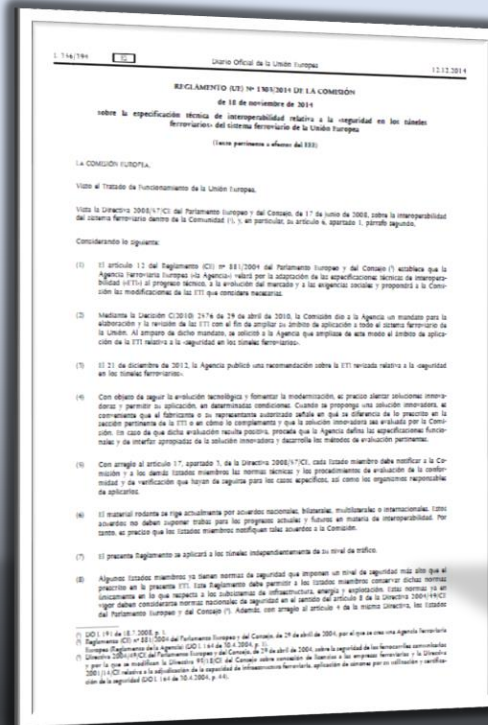
Nube de puntos del terreno



Contexto normativo



Norma Adif Plataforma "Túneles"
NAP 2-3-1.0+M1



Especificación Técnica de Interoperabilidad (Seguridad)



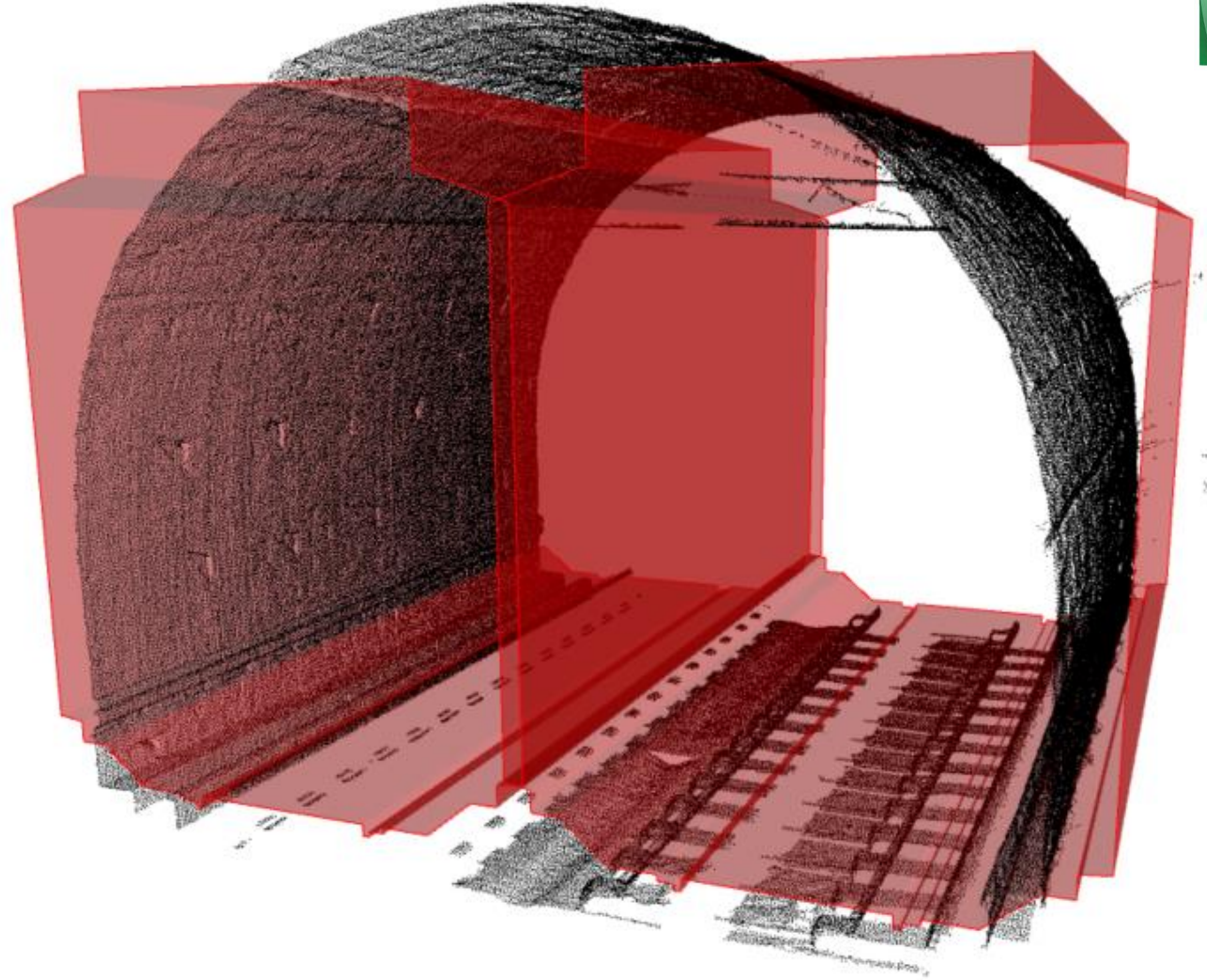
Instrucción Ferroviaria de Gálibos

Necesidad de ampliación



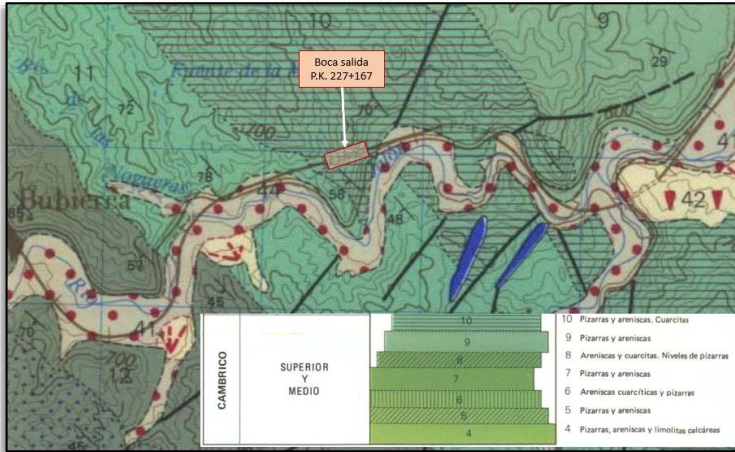
ESTUDIO DE GÁLIBOS 3D

- 1** | Consulta no vinculante a fabricantes de material rodante
- 2** | Aplicación actual: GEC16 + GC
- 3** | Nube de puntos + Gálibo



Contexto geotécnico

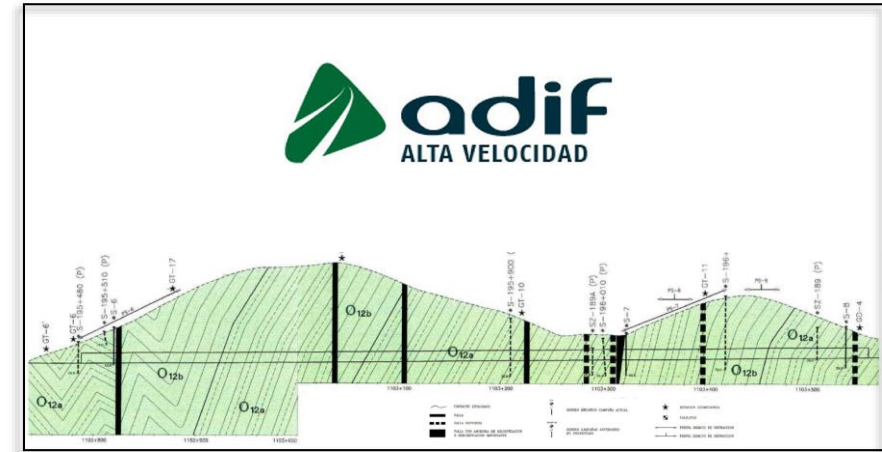
Mapa Geológico



Puntos de observación



As-Built "Túnel de Dehesillas"



Clasificación geomecánica por tramos: RMR

Condicionantes de diseño y ejecución

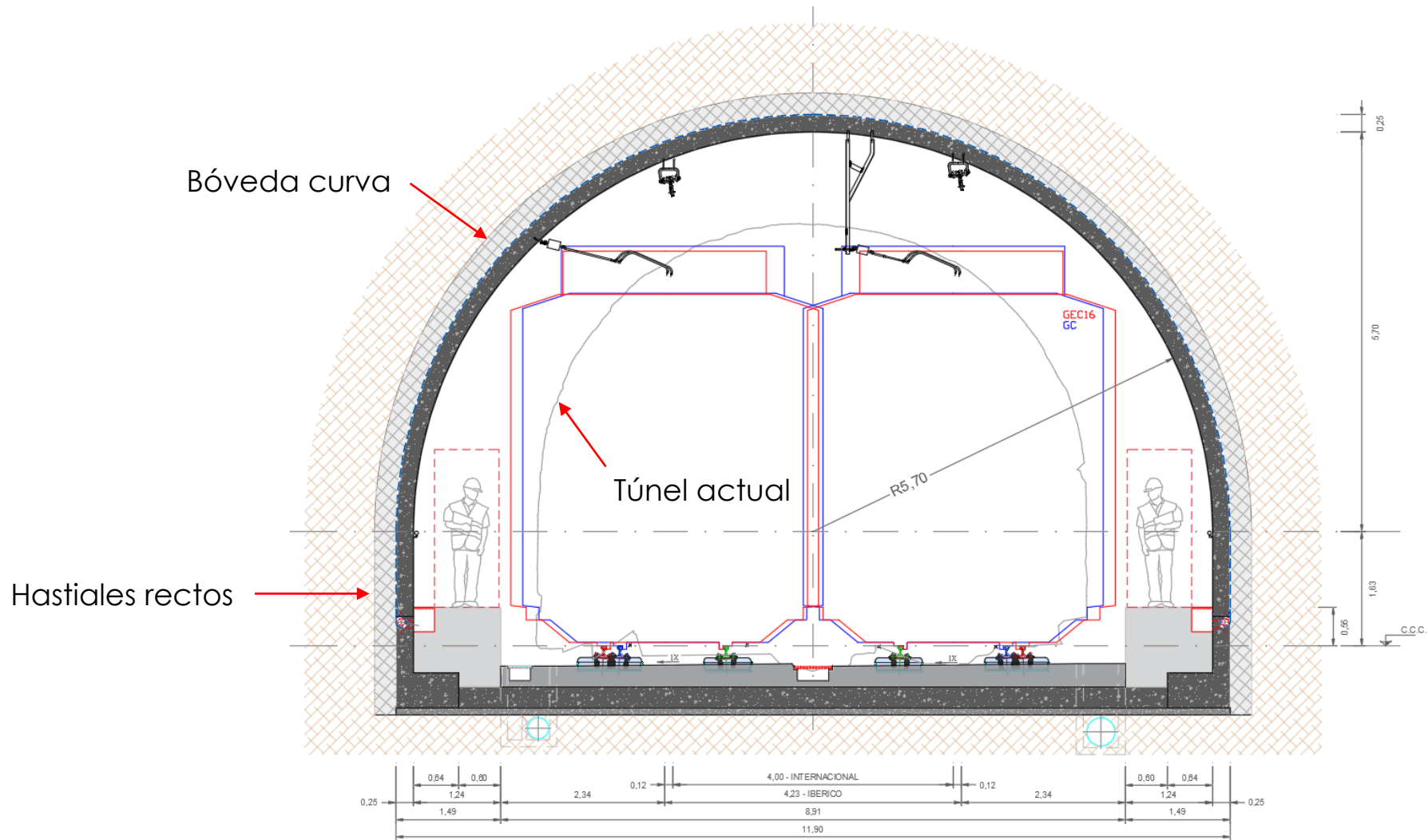


Riesgos geotécnicos en galería y emboquilles

Condicionan la solución

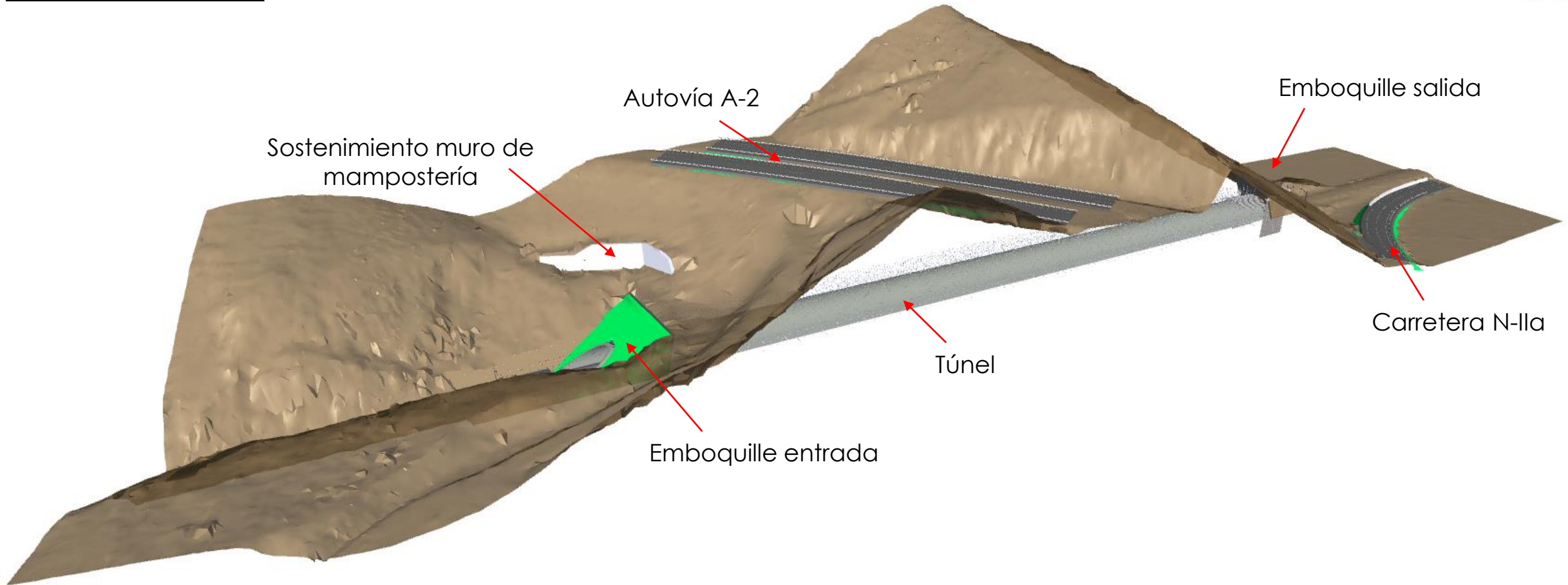


Sección tipo en galería



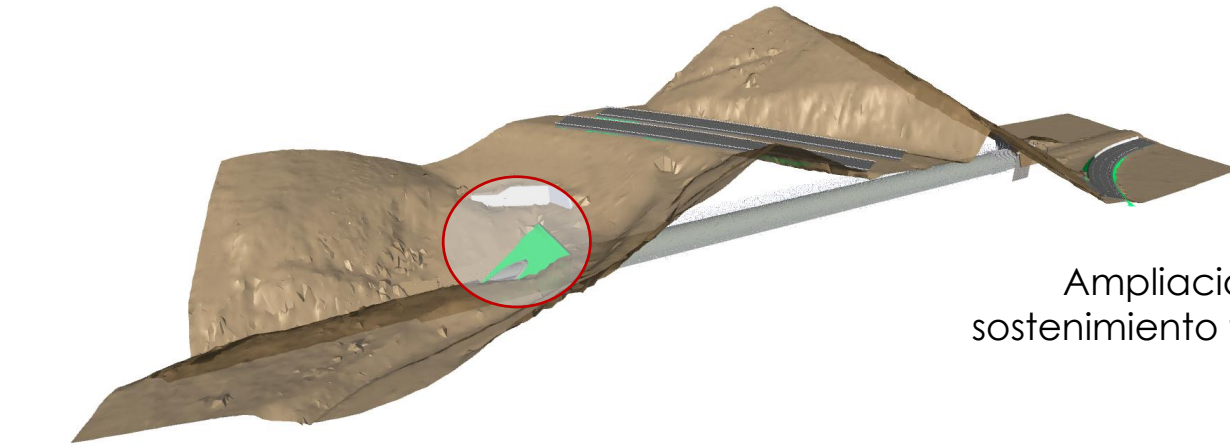
Soluciones constructivas

MODELO BIM

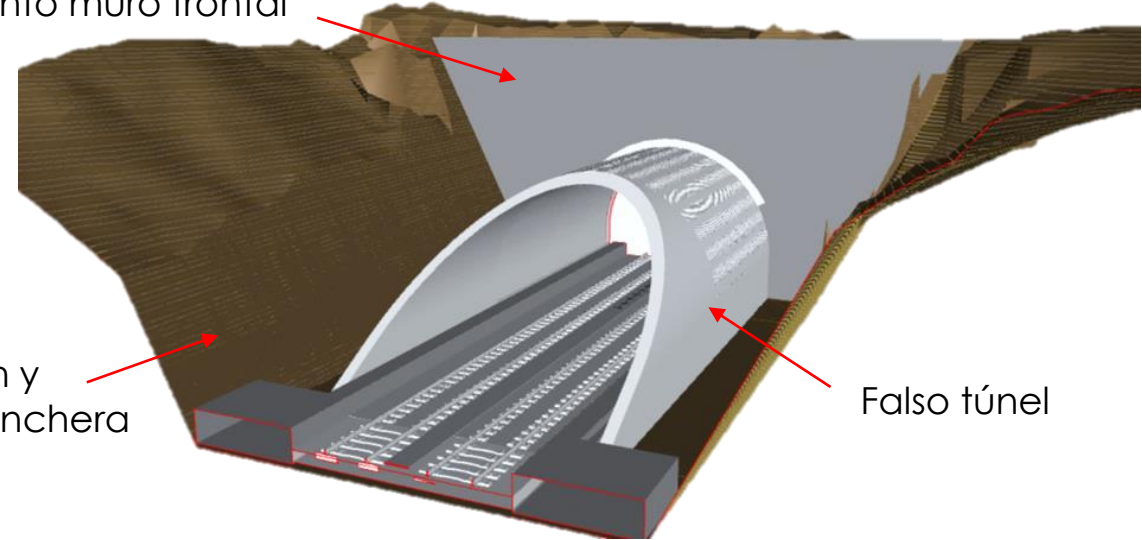


Soluciones constructivas

EMBOQUILLE DE ENTRADA

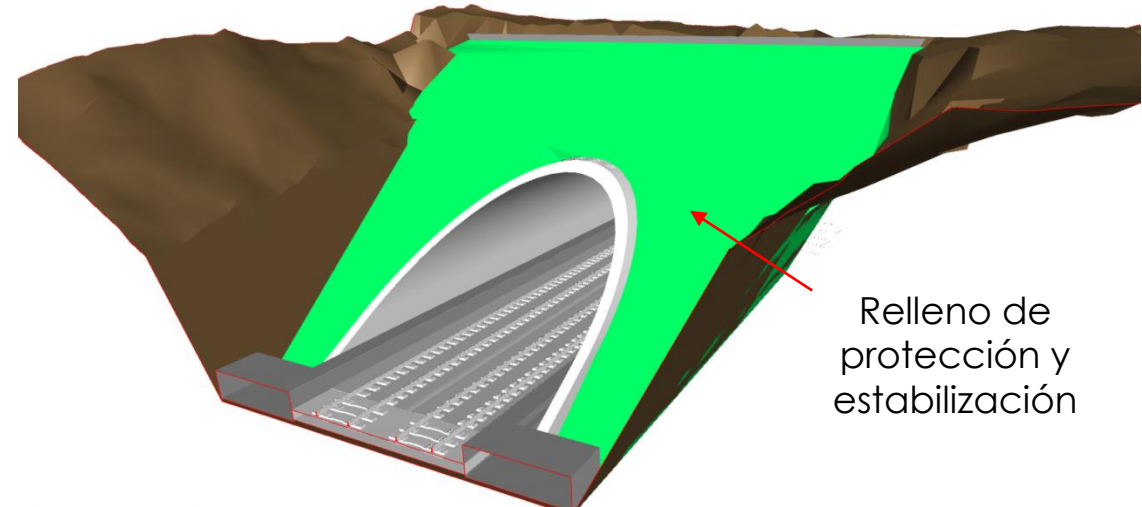
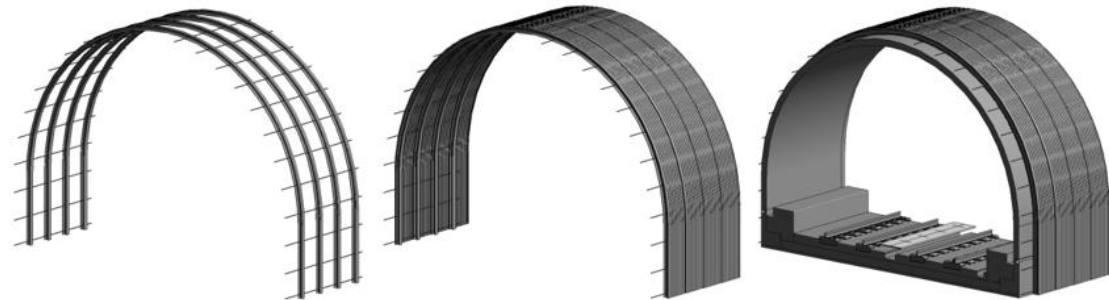


Sostenimiento muro frontal



Ampliación y sostenimiento trinchera

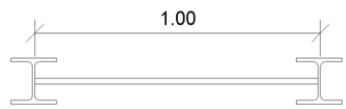
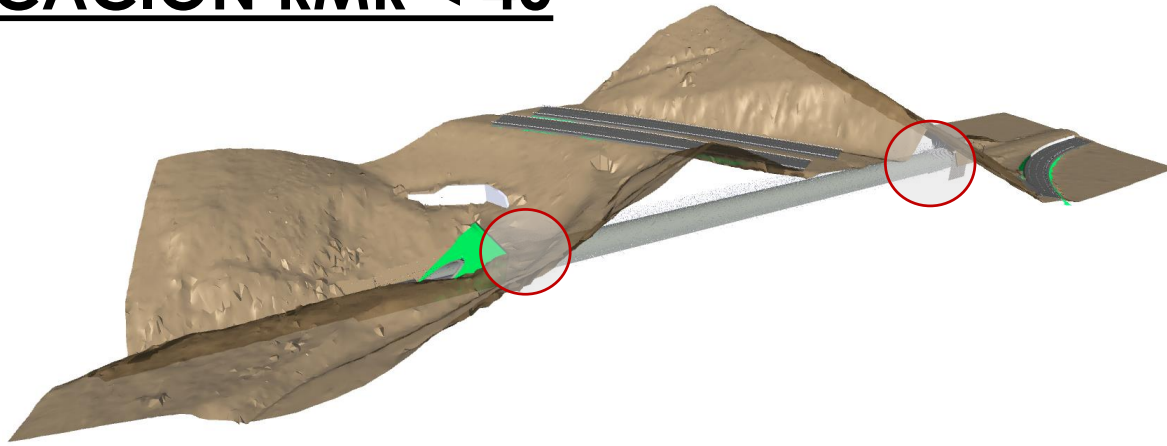
Falso túnel



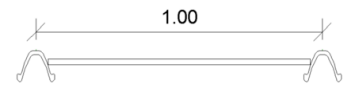
Relleno de protección y estabilización

Soluciones constructivas

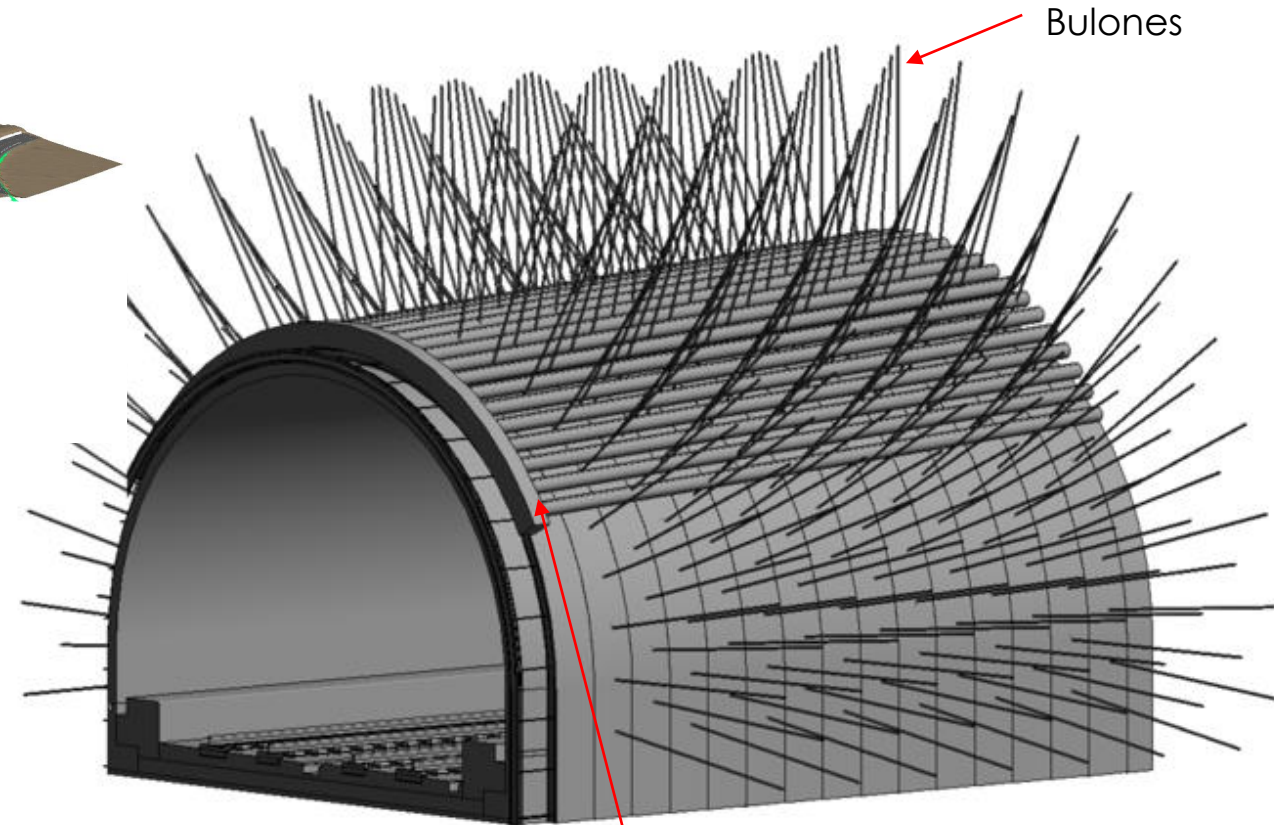
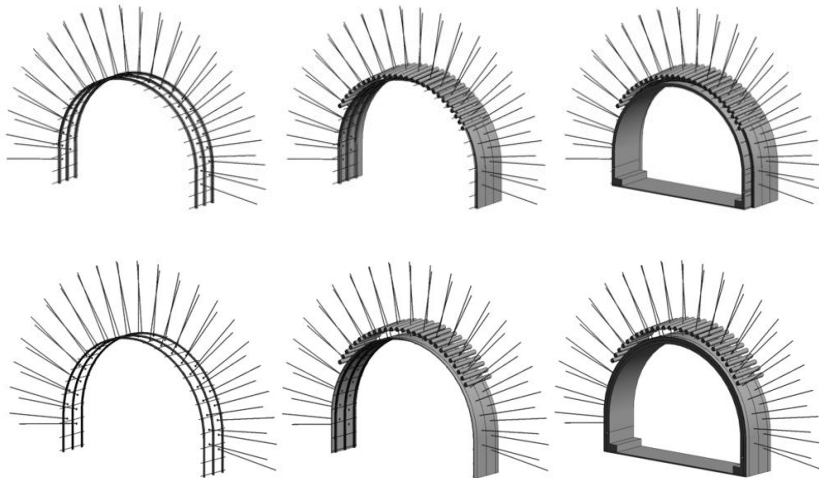
APLICACIÓN RMR < 40



Ciercha HEB-160



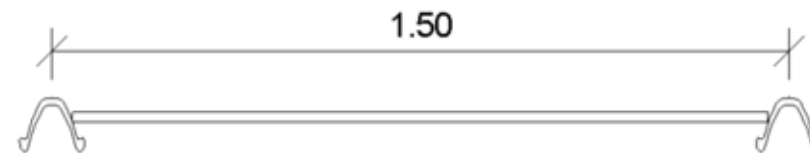
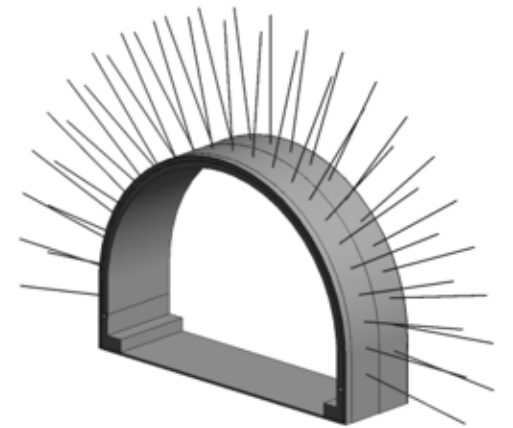
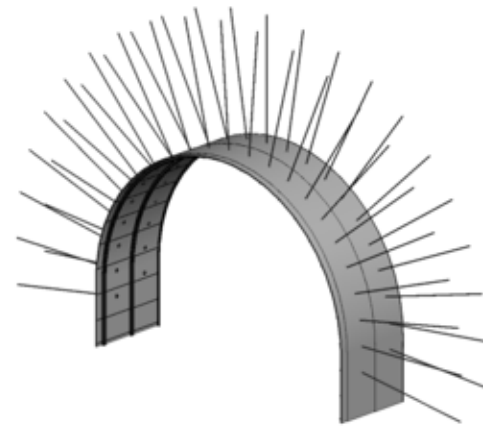
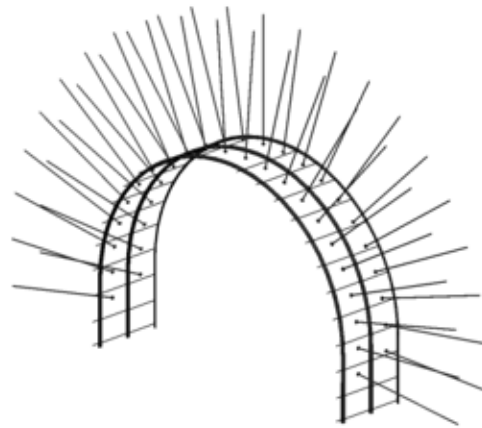
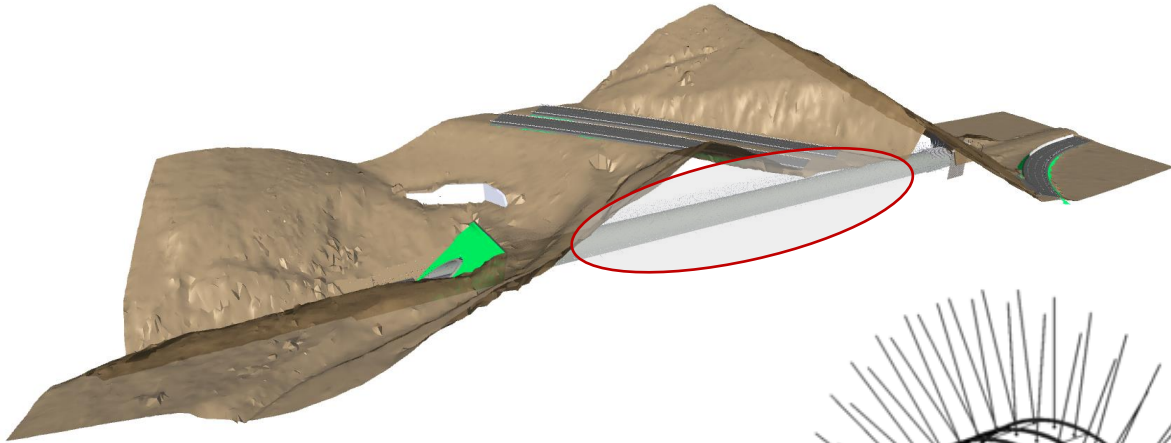
Ciercha TH-21



Paraguas de micropilotes en emboquilles

Soluciones constructivas

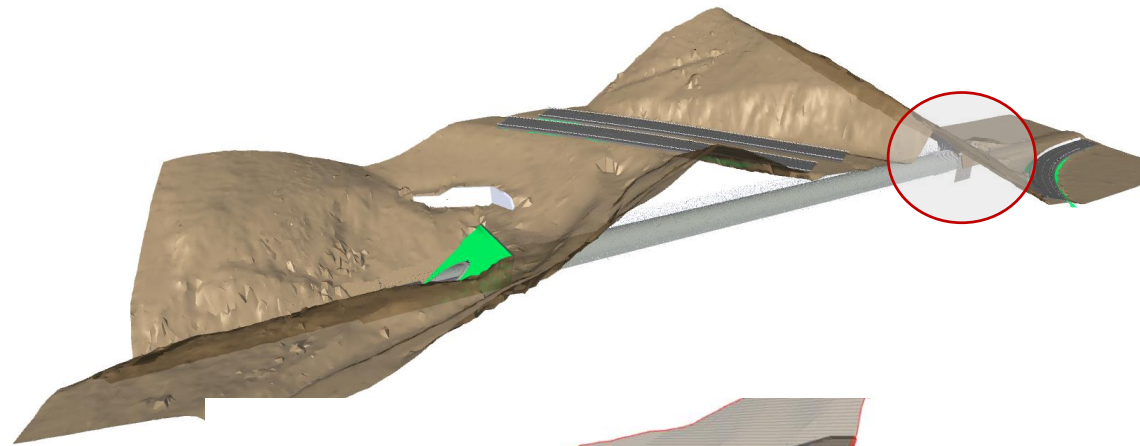
APLICACIÓN 40 < RMR < 60



Cercha TH-21

Soluciones constructivas

EMBOQUILLE DE SALIDA



Visera de protección

Sostenimiento talud frontal

Pantallas de micropilotes

Método constructivo “Máquina TES”



EMBOQUILLES

Métodos convencionales con protección



TÚNEL

Innovador equipo mecanizado
“Tunnel Enlargment System” - TES



Método constructivo “Máquina TES”

Aplicable a todos los túneles en vía doble de la línea: **amortización**



Una única referencia nacional:
Túnel de Gaintxurizketa

Permite la circulación de trenes

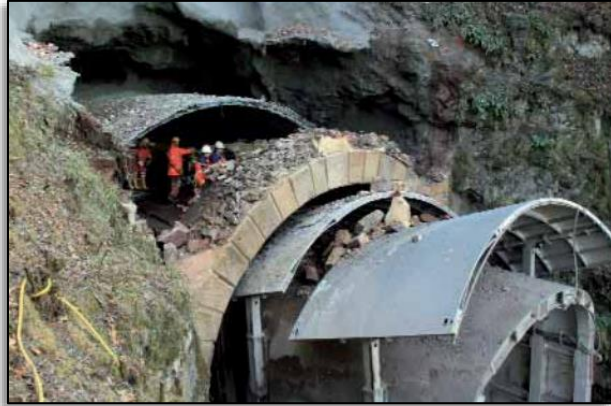


Adaptabilidad en función del terreno



Método constructivo “Máquina TES”

Sujeción de la bóveda actual



Excavación



Retirada de material



Perforación



Hormigón proyectado

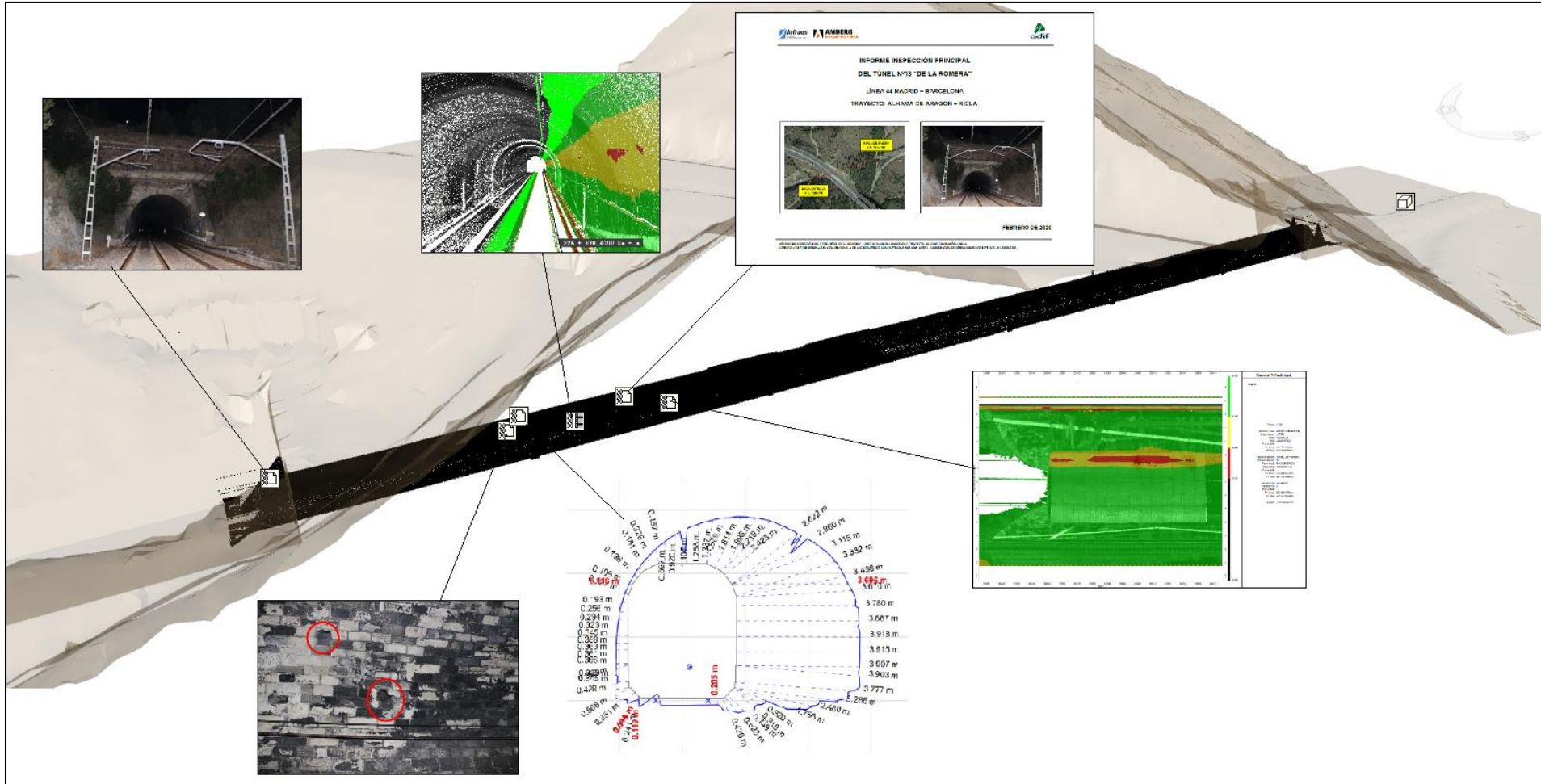


Sostenimiento



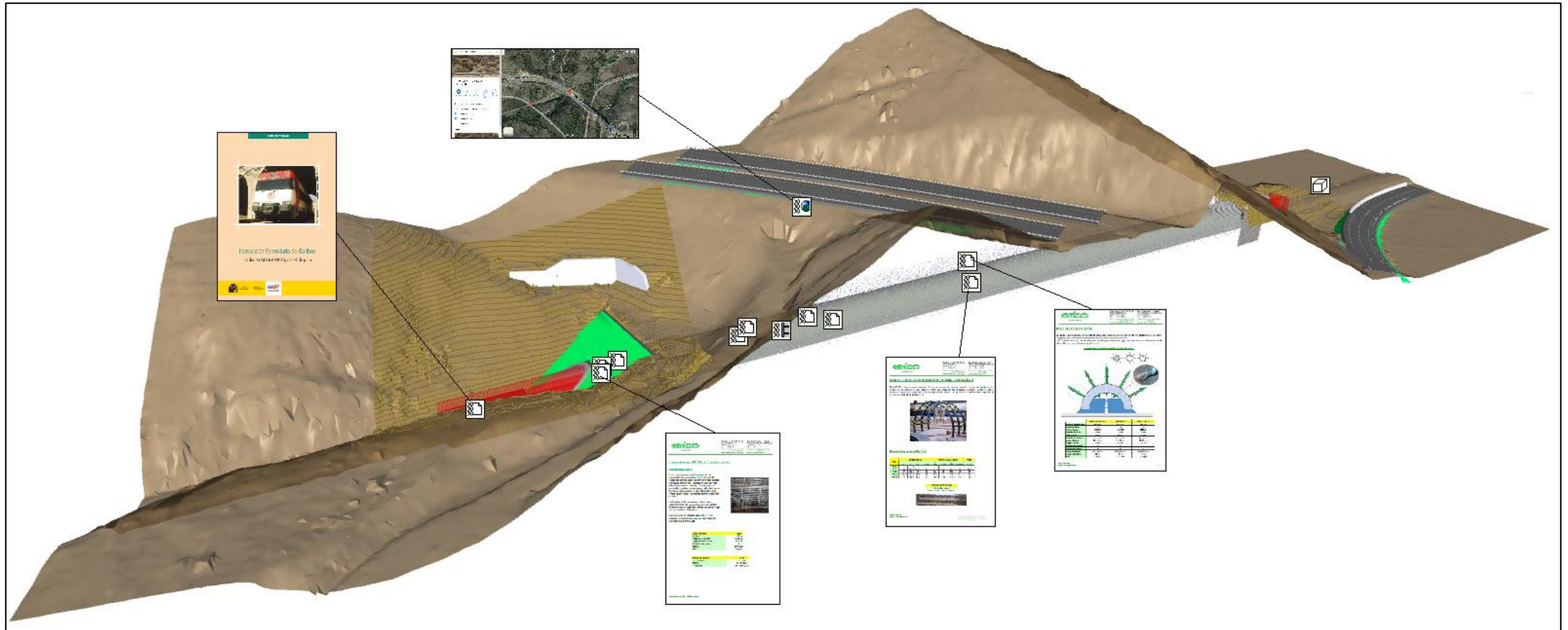
Información del modelo BIM

Información de inspección



Información del modelo BIM

Información constructiva del modelo



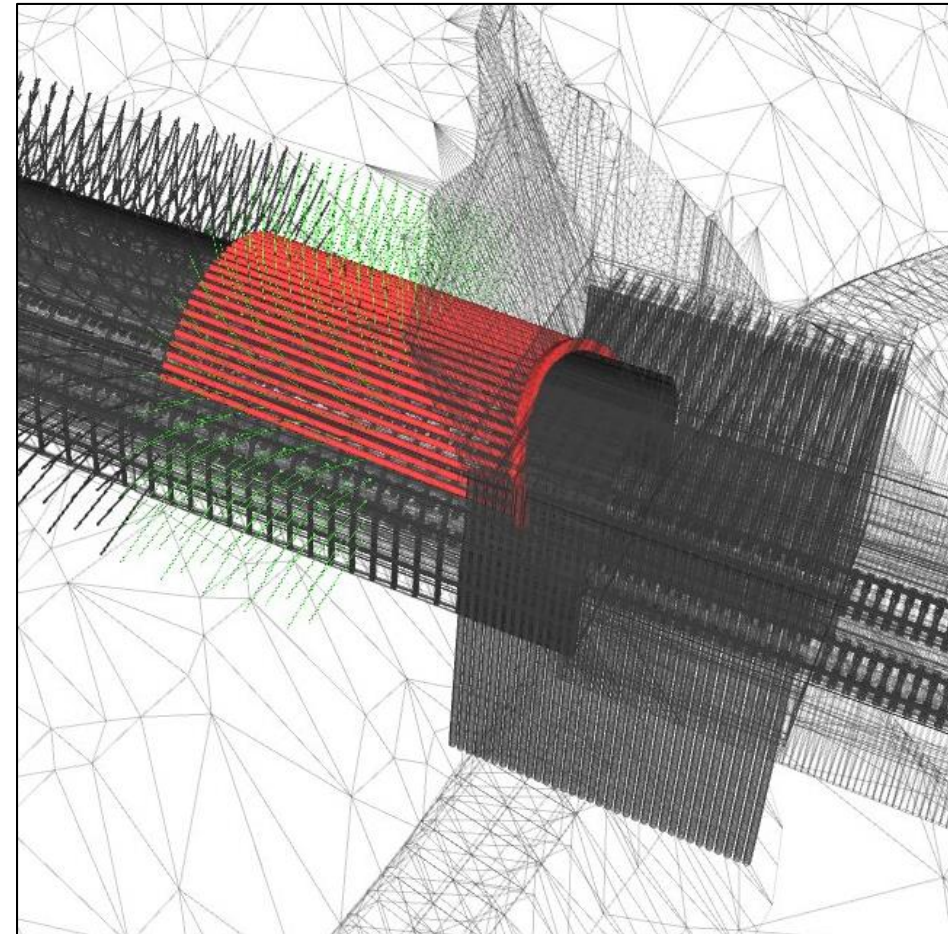
Información del modelo BIM

Detección de colisiones constructivas



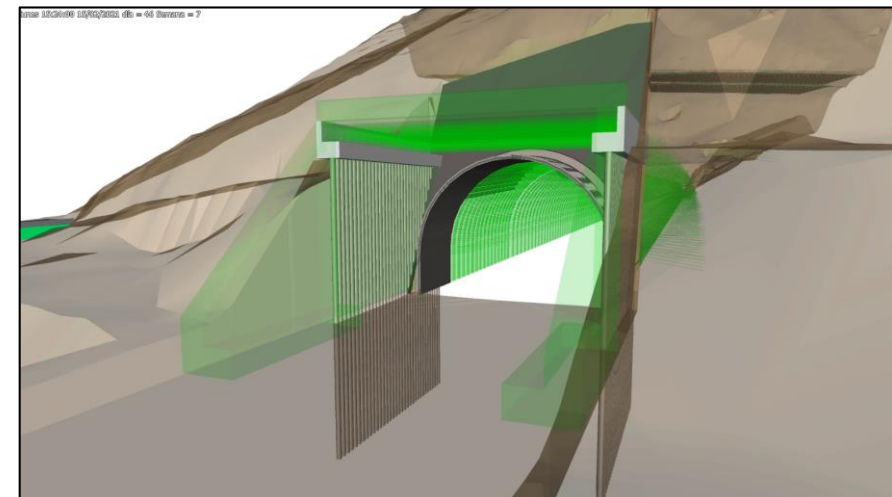
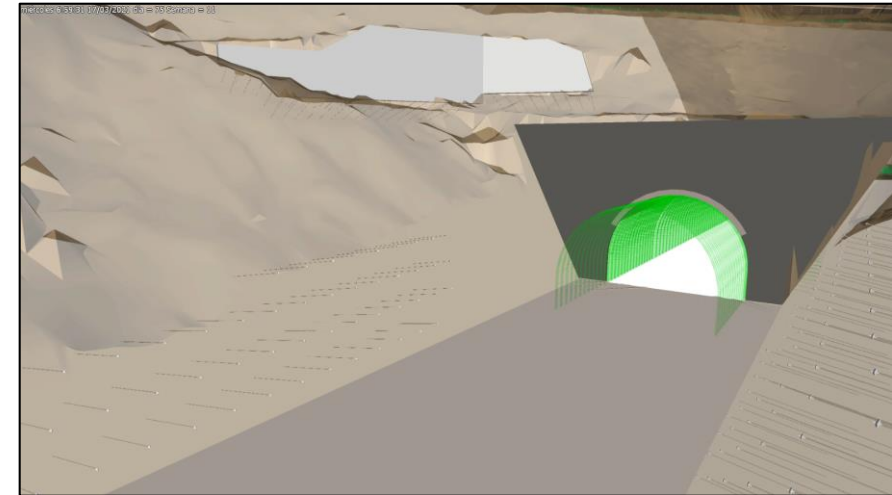
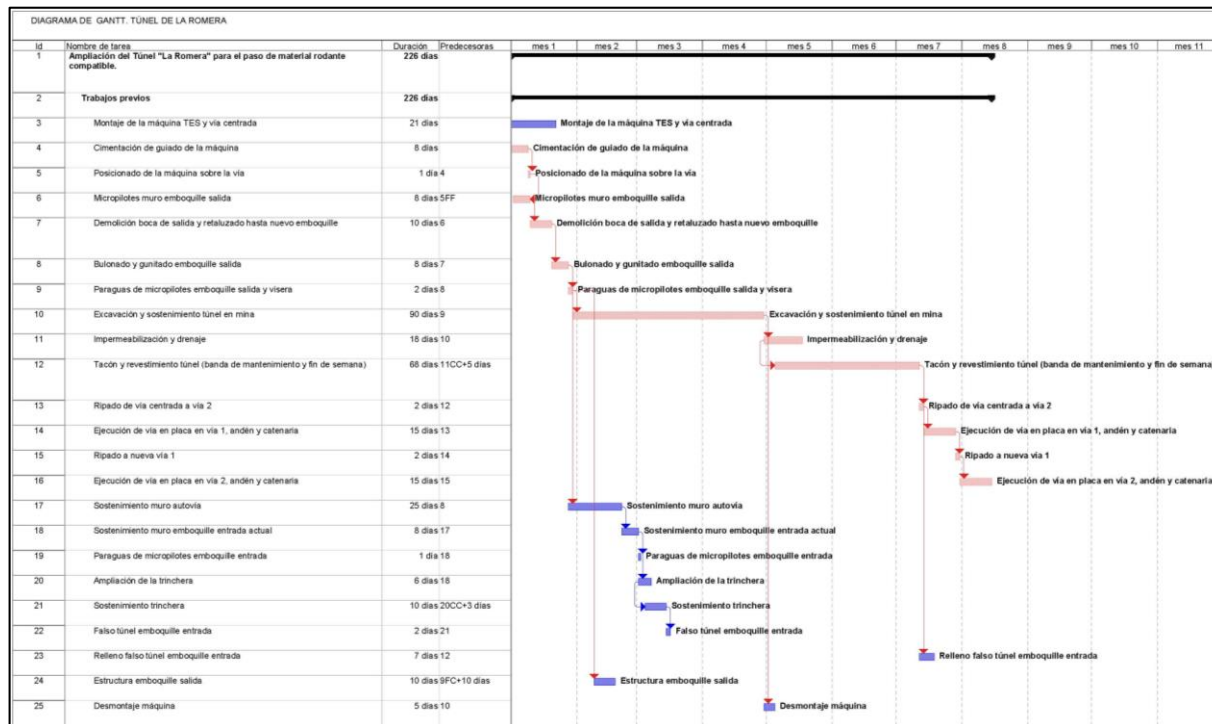
Informe de conflictos

Sostenimiento vs sostenimiento														
Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tip	Estado						
0.030m	2	0	0	2	0	0	Estático	Aceptar						
Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Descripción	Fecha de detección	Punto de conflicto	ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	Revisado	0.039	Estático	2020/7/1 07:53	<-597966.833, y:4574890.704, z:624.187	ID de elemento: 872541	<Sin rímel>	Bulones	Sostenimiento elemento	ID de elemento: 178117	<Sin rímel>	Paraguan de micropilote	Sostenimiento
	Conflicto2	Revisado	0.036	Estático	2020/7/1 07:53	<-598185.888, y:4574967.448, z:620.525	ID de elemento: 872965	<Sin rímel>	Bulones	Sostenimiento elemento	ID de elemento: 552271	<Sin rímel>	Paraguan de micropilote	Sostenimiento



Información del modelo BIM

Planificación constructiva



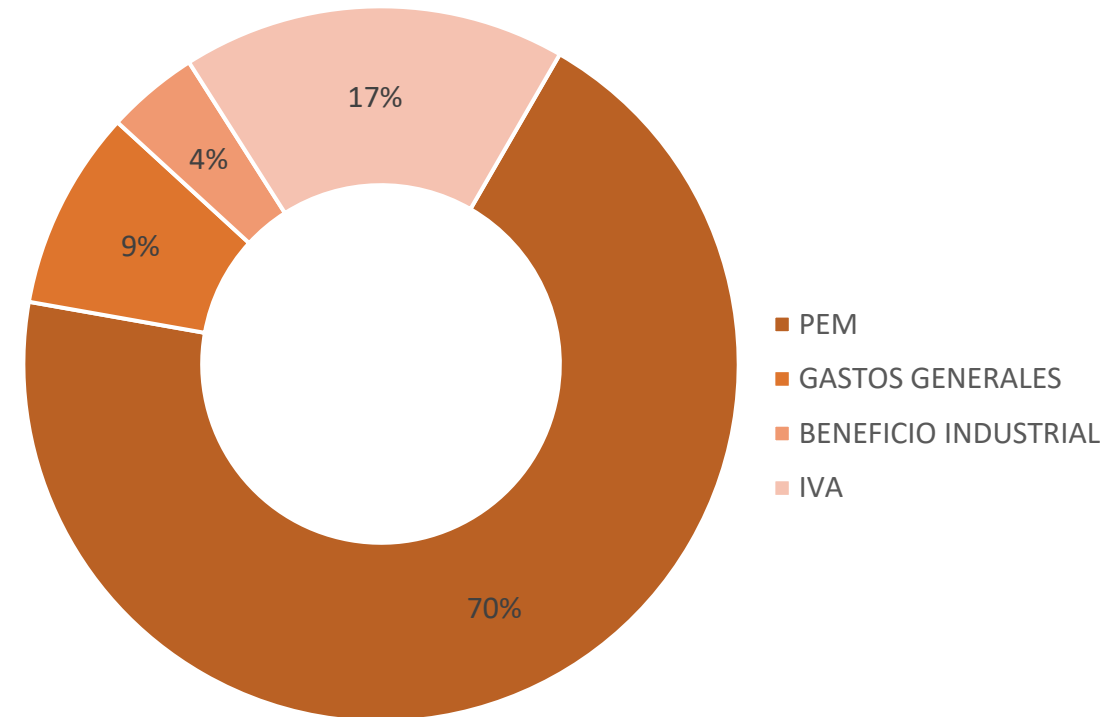
Información del modelo BIM

Presupuesto



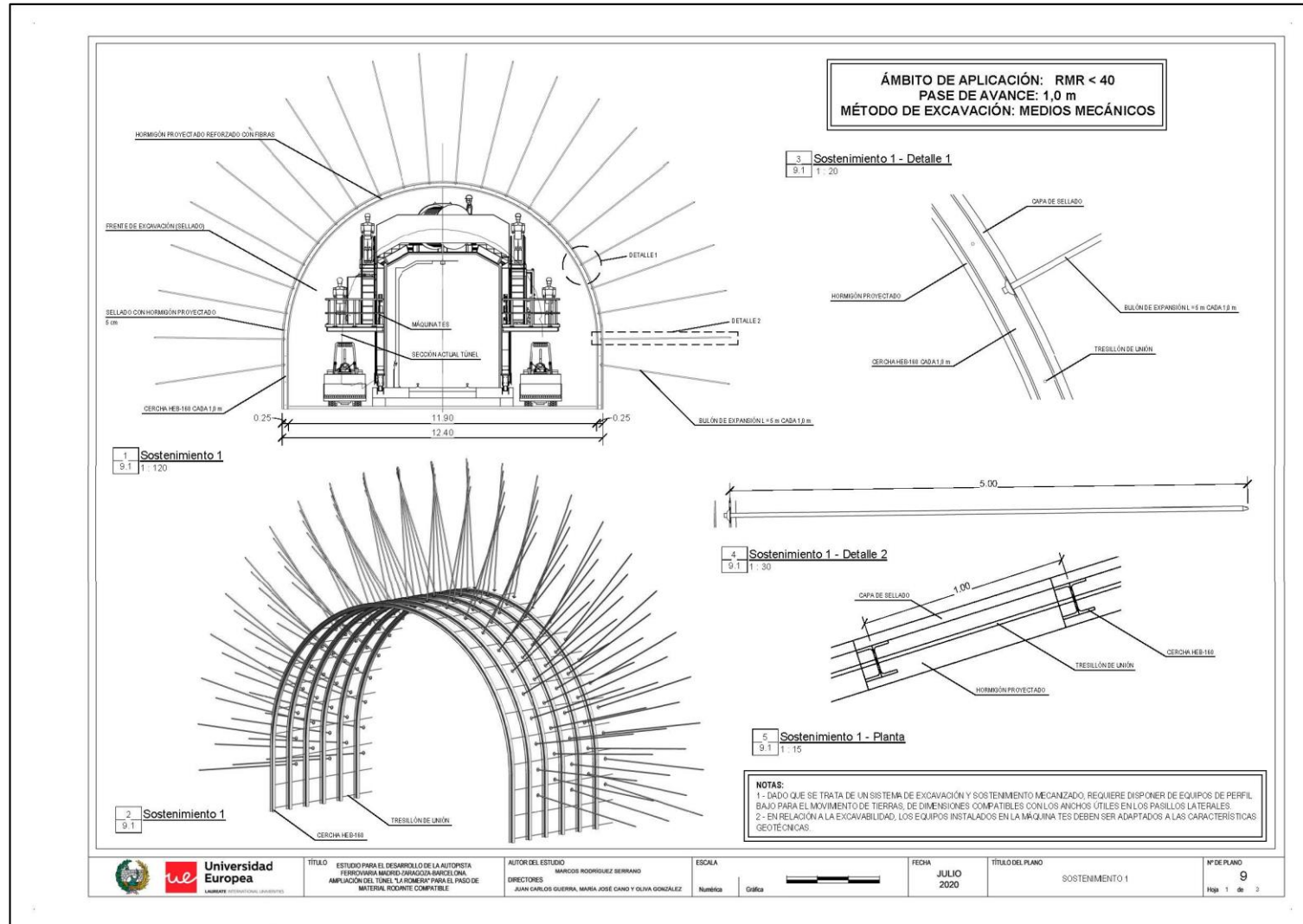
Resumen del Presupuesto

Código	Descripción	Subtotal	Importe
Capítulo: 01	MOVIMIENTO DE TIERRAS	80.873,66	
Capítulo: 02	TÚNEL	3.407.382,05	
Capítulo: 03	VÍA	1.240.985,57	
	Total Presupuesto Ejecución Material (PEM)		4.729.241,28
Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de: CUATRO MILLONES SETECIENTOS VEINTINUEVE MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS			
	13 % Gastos Generales	614.801,37	
	6 % Beneficio Industrial	283.754,48	
	Total Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)		5.627.797,13
	21 % I.V.A.	1.181.837,40	
	Total Presupuesto Base de Licitación (PBL)		6.809.634,53
Asciende el presupuesto de Ejecución por Contrata a la expresada cantidad de SEIS MILLONES OCHOCIENTOS NUEVE MIL SEISCIENTOS TREINTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS			



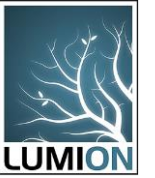
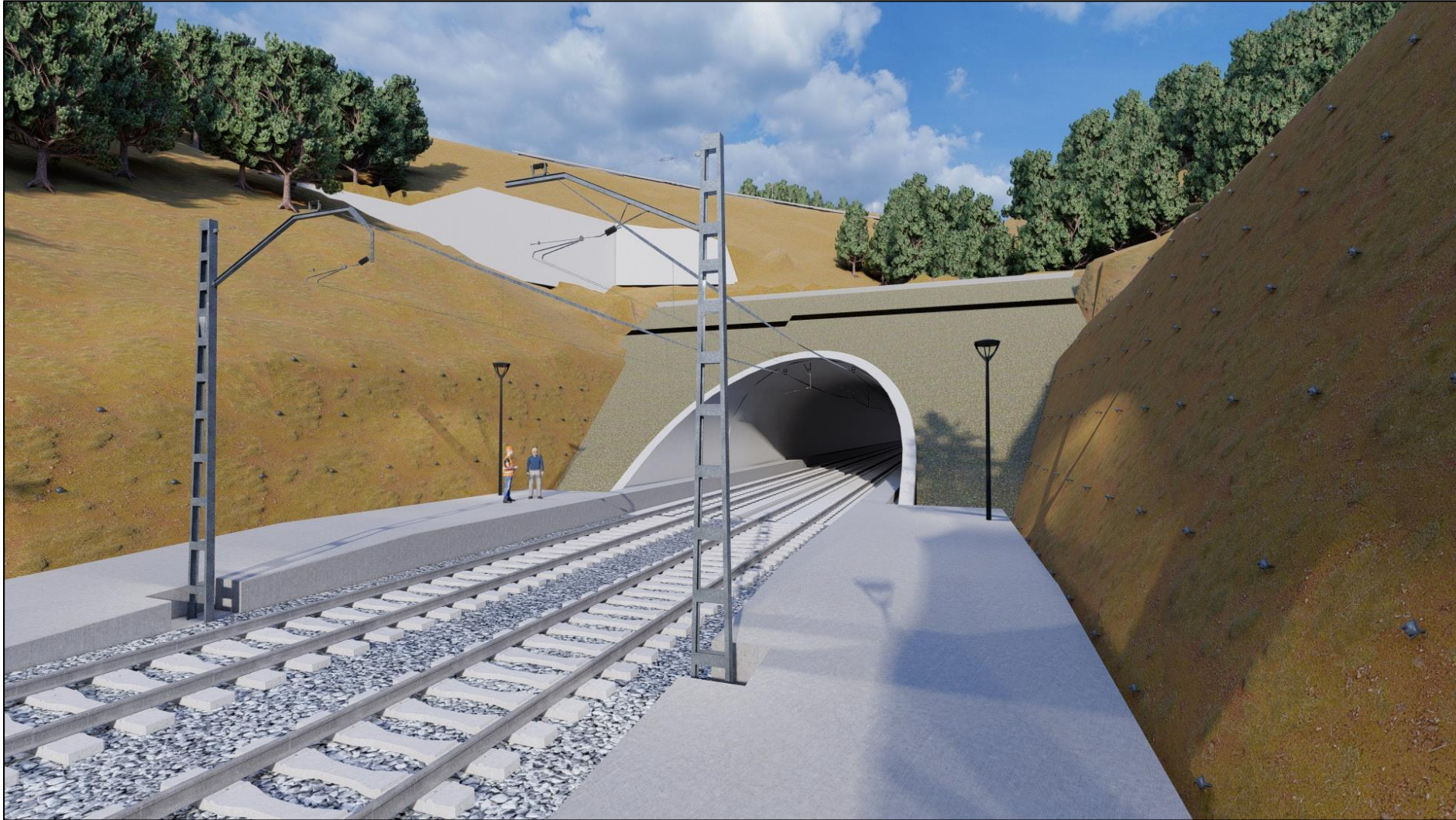
Información del modelo BIM

Planos



Información del modelo BIM

Renderizados



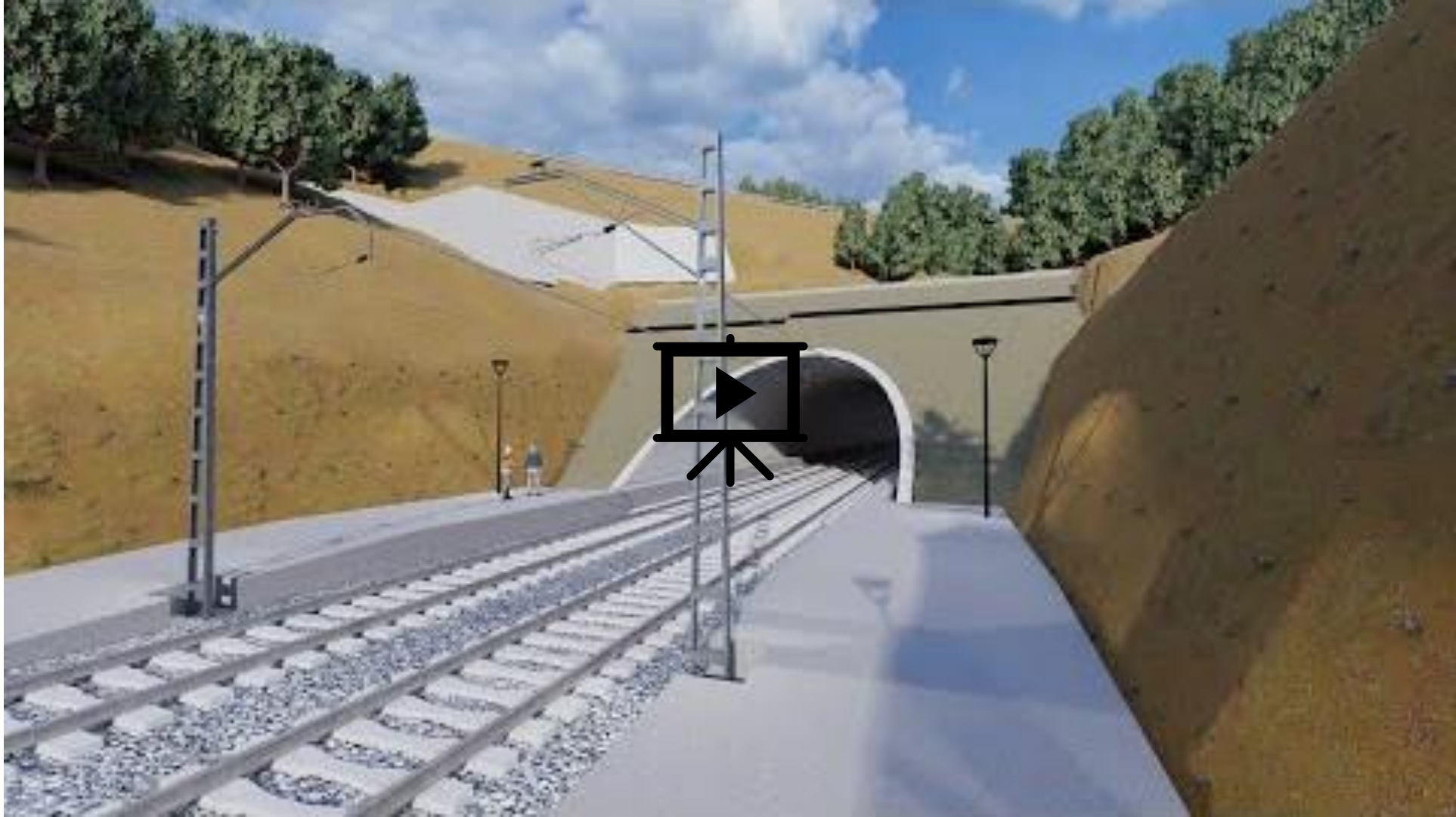
Información del modelo BIM

Renderizados



Información del modelo BIM

Vídeos



Conclusiones

- 1 | Los **objetivos de la UE** marcan un nuevo horizonte de desarrollo sostenible común
- 2 | Nos enfrentamos a una **gran oportunidad** para cambiar el futuro
- 3 | El ferrocarril se va a convertir en el eje vertebrador de este cambio en el ámbito del transporte
- 4 | Medidas concretas de **potenciación del ferrocarril de mercancías**
- 5 | Financiación europea
- 6 | Corredores Europeos de Mercancías y **Autopistas Ferroviarias**



Conclusiones

- 1 | Oportunidades de **desarrollo** de la Autopista Ferroviaria "Madrid-Zaragoza-Barcelona"
- 2 | Estudio de demanda para el **trasvase modal**
- 3 | Múltiples **escenarios** en función de la tarifa
- 4 | Importante mejorar todos los atributos ferroviarios
- 5 | **Conflicto**: "Maximización demanda" vs "Rentabilidad"
- 6 | Situación ideal para acogerse al **fondo de recuperación** por lo alineado que está con los objetivos de la UE



Conclusiones

- 1 | Aplicación de **nuevas tecnologías**: láser escáner, gálibos 3D, LIDAR...
- 2 | **Adecuación de túneles** ferroviarios a nuevas necesidades
- 3 | Diseño de **soluciones constructivas**
- 4 | Uso de una **innovadora máquina** de ampliación de gálibos (TES)
- 5 | Metodología **BIM**: múltiples usos




Gracias por su atención




Trabajo Fin de Máster
Madrid, 2020

Autor:

Marcos Rodríguez Serrano

 marcos.r.s22@gmail.com

 [marcos-rodriguez-serrano](https://www.linkedin.com/in/marcos-rodriguez-serrano)

Dirigido por:

Dra. Dña. María José Cano Adán
Dra. Dña. Oliva González González
D. Juan Carlos Guerra Torralbo

