

# Adaptación al cambio climático de las infraestructuras ferroviarias gestionadas por Adif y Adif Alta Velocidad

**Jonathan Sánchez García**

Subdirector de Responsabilidad Corporativa, Sostenibilidad y Marca / Adif

**ST-3. Evaluación de riesgos climáticos. Análisis de la adaptación al cambio climático de las infraestructuras**





- 1 - Contexto regulatorio
- 2 - Plan de Lucha contra el Cambio Climático de Adif y Adif Alta Velocidad
- 3 - Actuaciones en el ámbito de la adaptación al cambio climático
- 4 - Estudios de análisis de vulnerabilidad, riesgo y adaptación a los efectos del cambio climático



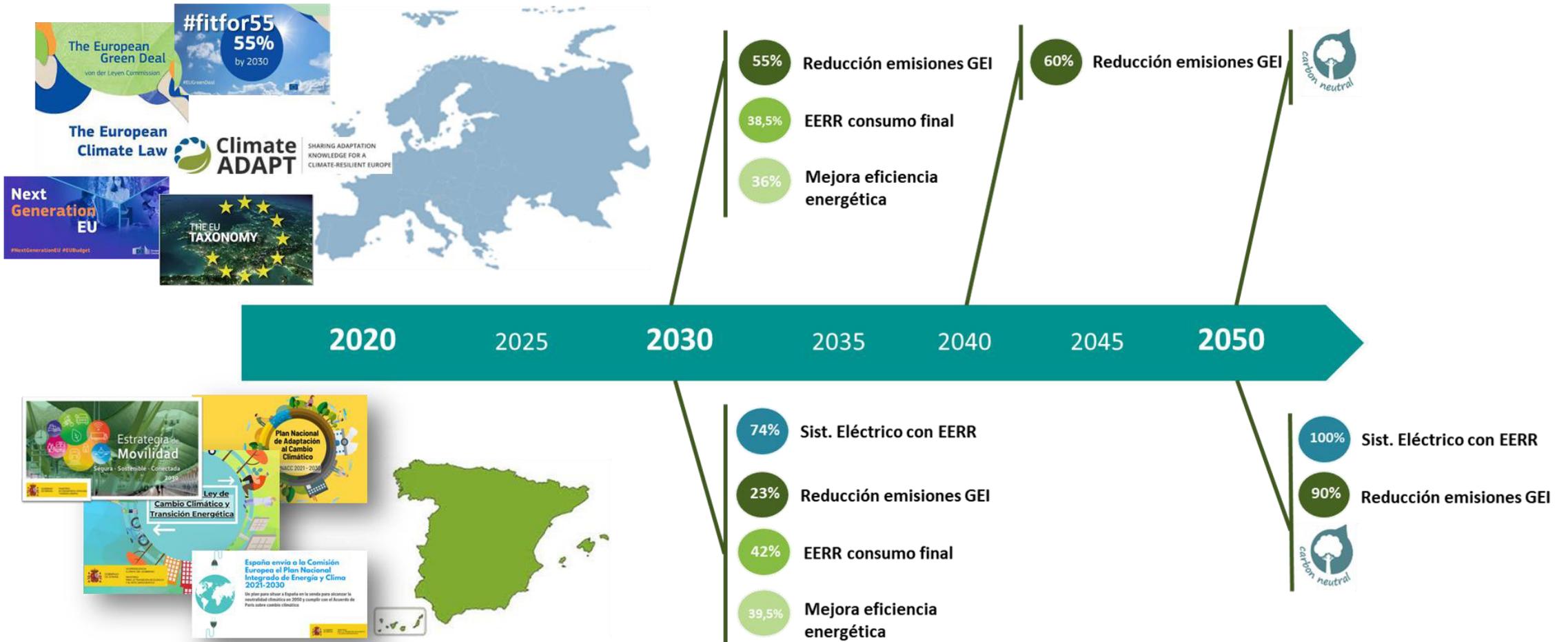
# 1

## Contexto regulatorio





# Contexto regulatorio

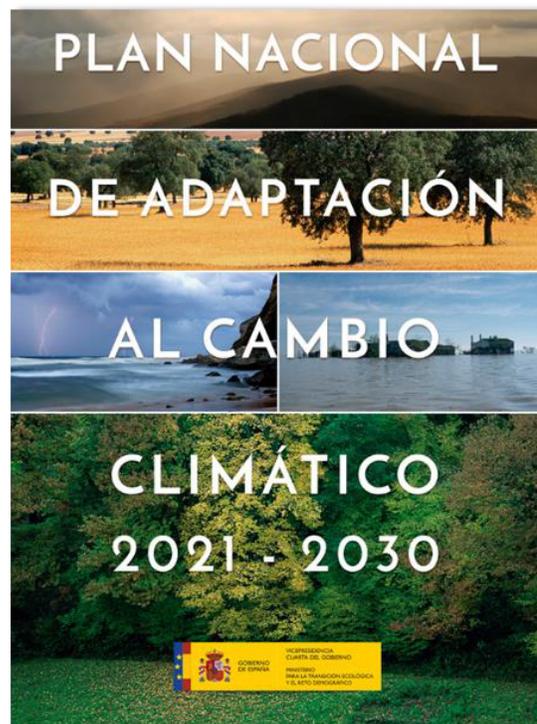




# Contexto regulatorio

Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética (Art. 17)

Instrumento de planificación básico



## 11. MOVILIDAD Y TRANSPORTE:

- 11.1 Sistemas de **observación, seguimiento y vigilancia** de la **operatividad** de las infraestructuras.
- 11.2 Integración de los efectos del Cambio Climático en la **normativa para el cálculo y diseño** de infraestructuras.
- 11.3 Estructuras existentes: **riesgos del cambio climático en la gestión y mantenimiento** de las infraestructuras del transporte.
- 11.4 Nuevas estructuras: **riesgos del cambio climático en la planificación de infraestructuras** del transporte.
- 11.5 **Apoyo y refuerzo** de la adaptación al cambio climático en las administraciones públicas y otros sectores y agentes.



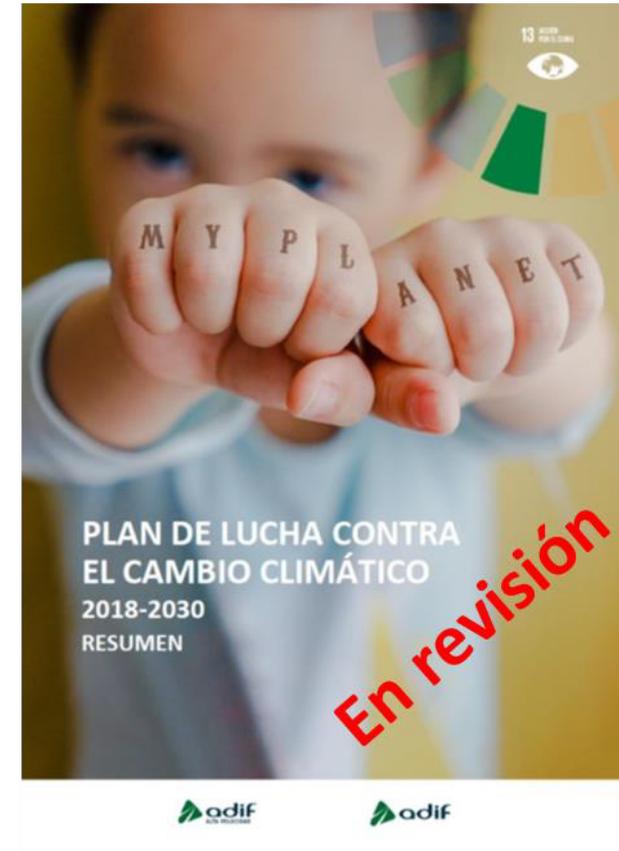
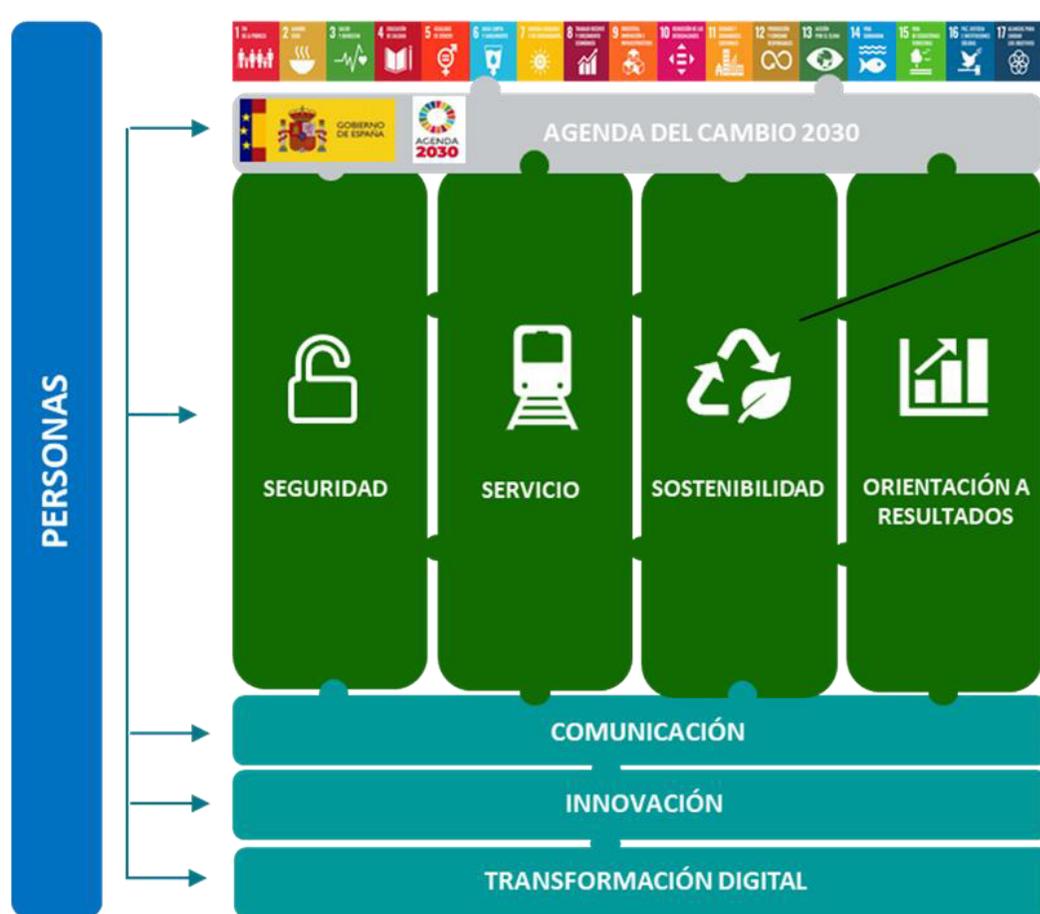
# 2

## **Plan de Lucha contra el Cambio Climático de Adif y Adif Alta Velocidad**





# Plan de Lucha contra el Cambio Climático





# Plan de Lucha contra el Cambio Climático





# Plan de Lucha contra el Cambio Climático

ÁMBITO	LÍNEAS DE ACTUACIÓN	PROGRAMAS
	1. Gestión de la energía	1.1 Implantación de Smart Grid 1.2 Sistemas telemáticos de medición y control 1.3 Medidas de gestión
	2. Eficiencia energética	2.1 Mejora de la iluminación 2.2 Eficiencia en equipos de climatización y ACS 2.3 Mejora de equipamientos 2.4 Subestaciones reversibles 2.5 Reducción de energía reactiva
	3. Descarbonización y energías renovables	3.1 Programa de electrificación 3.2 Sustitución de combustibles fósiles 3.3 Promoción de energías renovables 3.4 Fomento de la transferencia modal del ferrocarril
	4. Mejora de la Resiliencia de las infraestructuras ferroviarias	4.1 Evaluación del Cambio Climático en las infraest. 4.2 Monitorización y seguimiento del impacto del CC
	5. Cultura y sensibilización	5.1 Actuaciones para empleados 5.2 Actuaciones para proveedores y colaboradores 5.3 Mejora de la transparencia e información



# 3

## Actuaciones en el ámbito de la adaptación al cambio climático



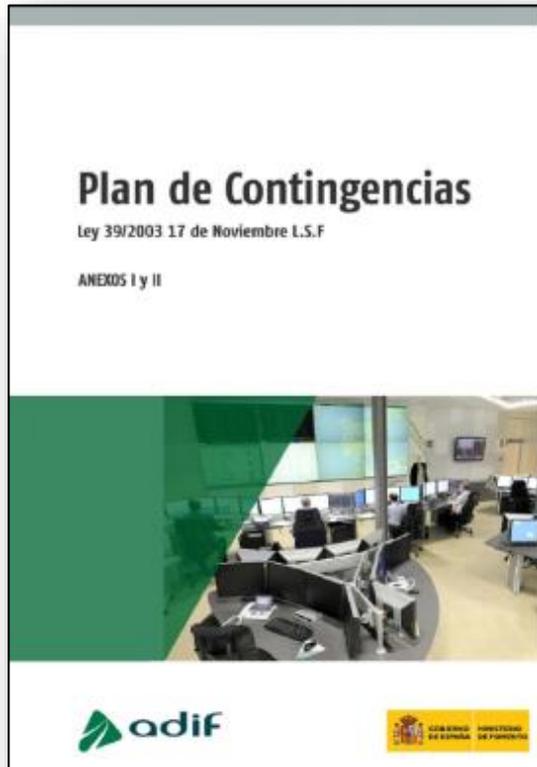


# Impactos sobre la red





# Plan de Contingencias



Ficha 2. Actuaciones frente a temporales de **lluvia**

Ficha 3. Actuaciones frente a temporales de **viento**

Ficha 4. Actuaciones frente a temporales de **nieve**

Coordinación con la **AEMET**: predicciones meteorológicas para las próximas **24 h.** sobre cada **5 km** de red en intervalos de **6 h.**

Contamos con **detectores de vientos laterales** que pueden hacer una previsión a medio plazo de las **limitaciones de velocidad** que deben ser impuestas en la circulación de los trenes.



# Identificación de zonas potencialmente inundables

## Actualización de la identificación de tramos potencialmente inundables

Análisis multicriterio

- *Análisis de información*
- *Análisis hidrometeorológicos*
- *Análisis geomorfológicos*



Mapas de riesgo

- Red de Alta Velocidad
- Red Convencional y Red de Ancho Métrico



Revisión y actualización



Ficha 2 “Actuaciones frente a los temporales de lluvia”



Línea entre Castelló – Tarragona. Septiembre 2021



# Planes Directores de Medidas Preventivas



Verano

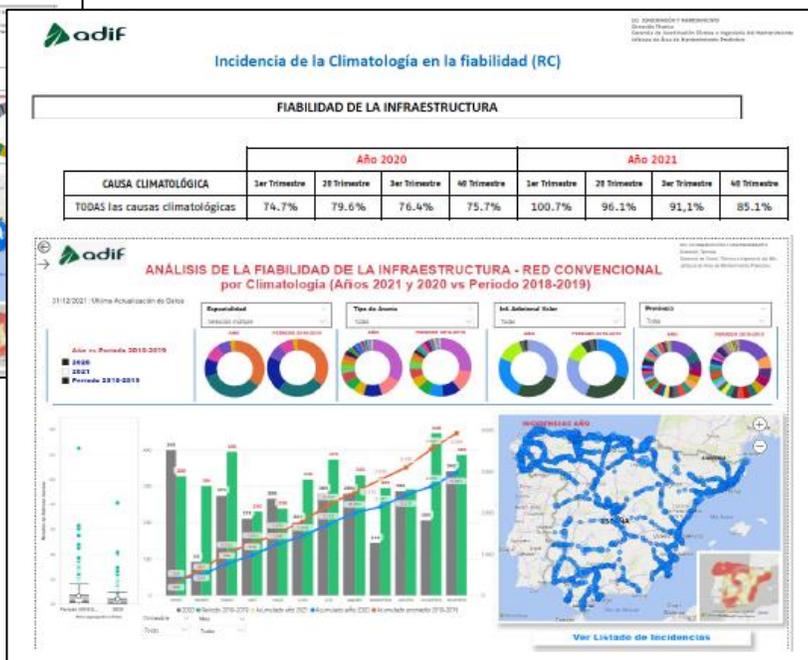
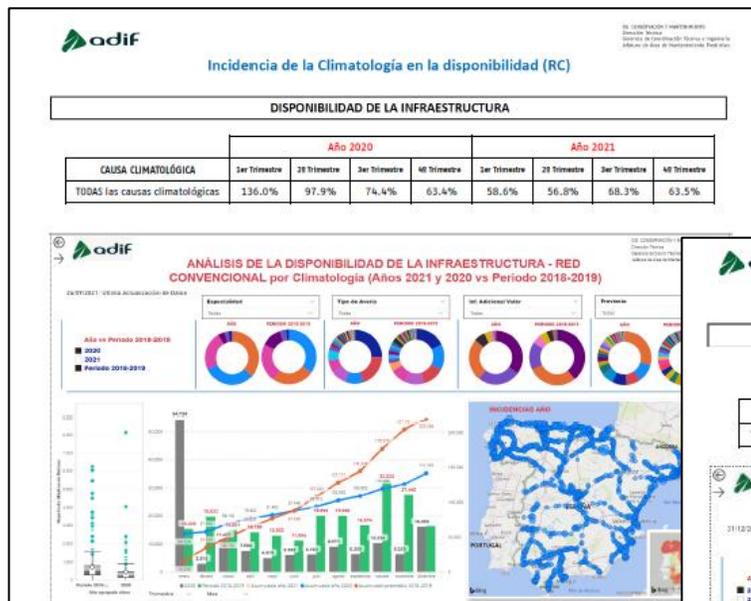
- **Toma conciencia de los fenómenos meteorológicos** adversos y sus posibles impactos sobre la infraestructura y servicio ferroviarios en cada periodo estacional.
- Permite y facilita una **toma de decisiones** más ajustada a los recursos necesarios en cada caso, minimizando dichos impactos, potenciando además la **calidad del servicio y manteniendo la seguridad**.
- **Coordinación con las 16 empresas ferroviarias de transporte de viajeros y mercancías** que operan en la red ferroviaria en las líneas de ancho estándar, ancho convencional y ancho métrico.



Invierno



# Sistema de registro y seguimiento de incidencias



## Indicadores de seguimiento

→ Incidencia de la climatología en la **fiabilidad de la red**

→ Incidencia de la climatología en la **disponibilidad de la red**

Red de Alta Velocidad

Red Convencional



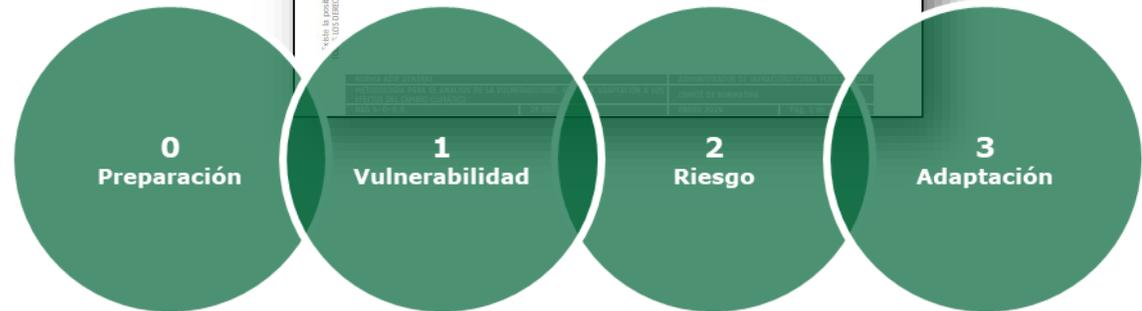
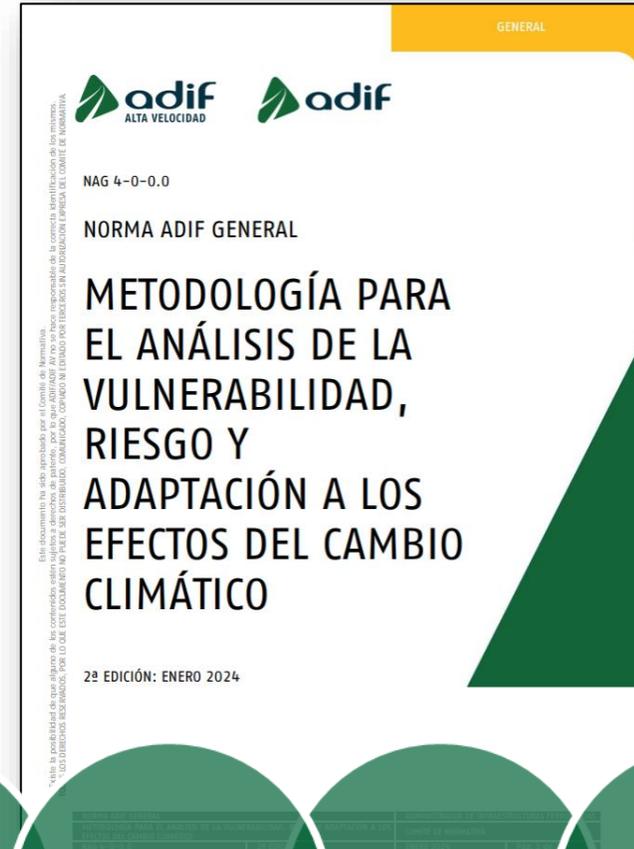
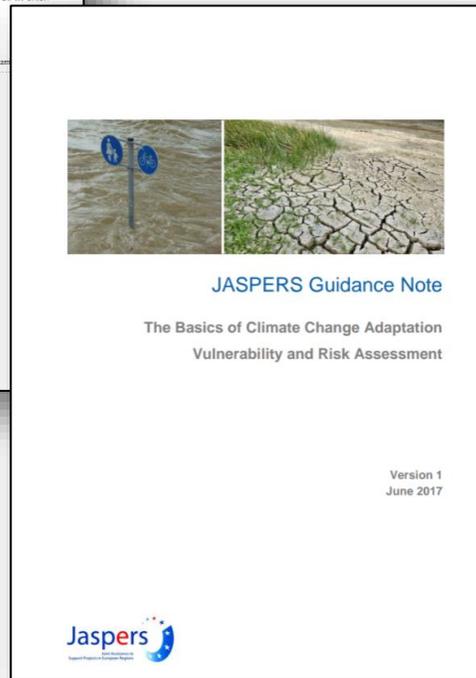
# 4

## **Estudios de análisis de la vulnerabilidad, riesgo y adaptación a los efectos del cambio climático**





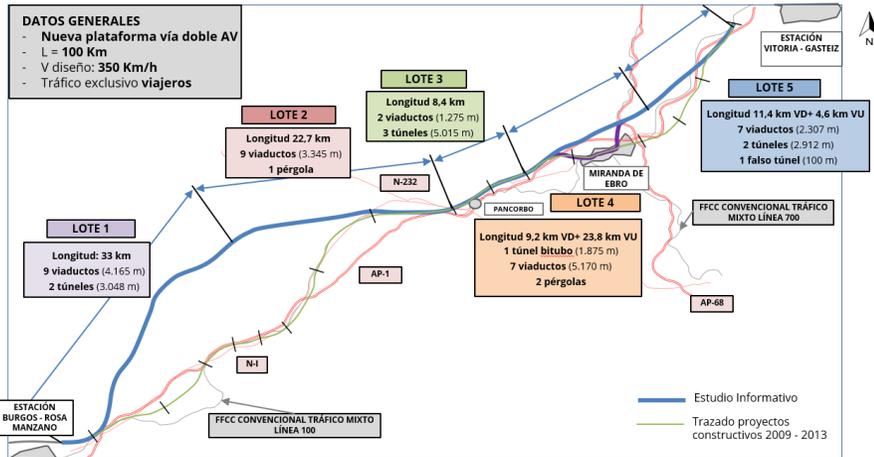
# Metodología propia



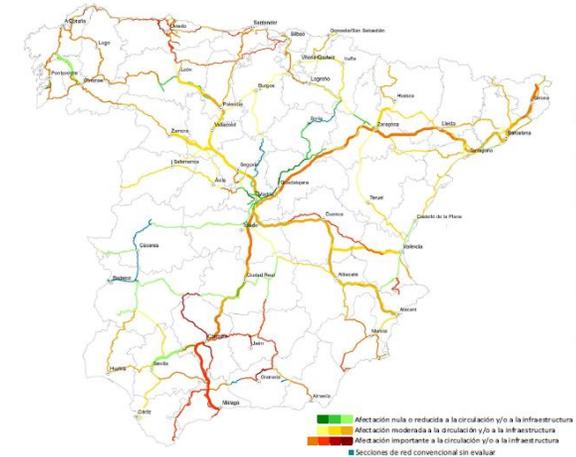


# Etapa 0. Preparación

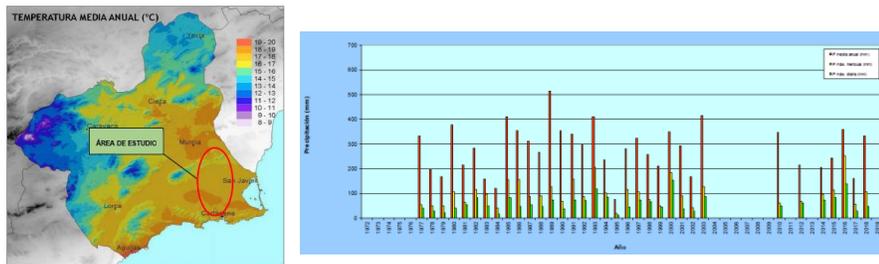
## ➤ Descripción de la línea y principales componentes



## ➤ Criticidad del tramo



## ➤ Caracterización climática de la zona



## ➤ Análisis de las incidencias de líneas existentes

Componente Ferroviario	Incidencias asociadas a variables climáticas							Total	
	Lluvias	Temperaturas altas	Nevadas	Heladas	Temporal marítimo	Vientos	Tormentas		
Infraestructura ferroviaria	74%	68	25	0	6	0	26	17	142
Plataforma y Vía	62%	65	19	0	6	0	25	4	119
Electrificación	3%	1	0	0	0	0	0	4	5
Instalaciones de seguridad y comunicaciones	9%	2	6	0	0	0	1	9	18
Estaciones ferroviarias	0%	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicio Ferroviario	26%	31	9	0	0	0	5	5	50
<b>Total</b>		<b>99</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>31</b>	<b>22</b>	<b>192</b>



# Etapa 0. Preparación

## VARIABLES CLIMÁTICAS

- La precipitación máxima (mm) en 24 horas.
- El percentil 99 de la temperatura máxima diaria.
- La duración máxima de las olas de calor, en días.
- El número de días cuya temperatura mínima se encuentra por debajo de 0°C.
- Velocidad máxima (Km/h) del viento a 10 m de altura.
- Amplitud térmica en grados.

Actual (t)  
Intermedio (t+30)  
Lejano (t+80)

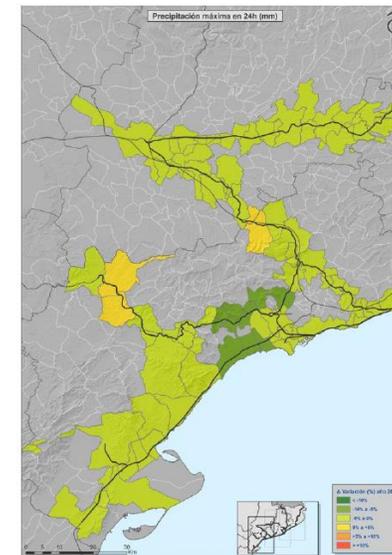
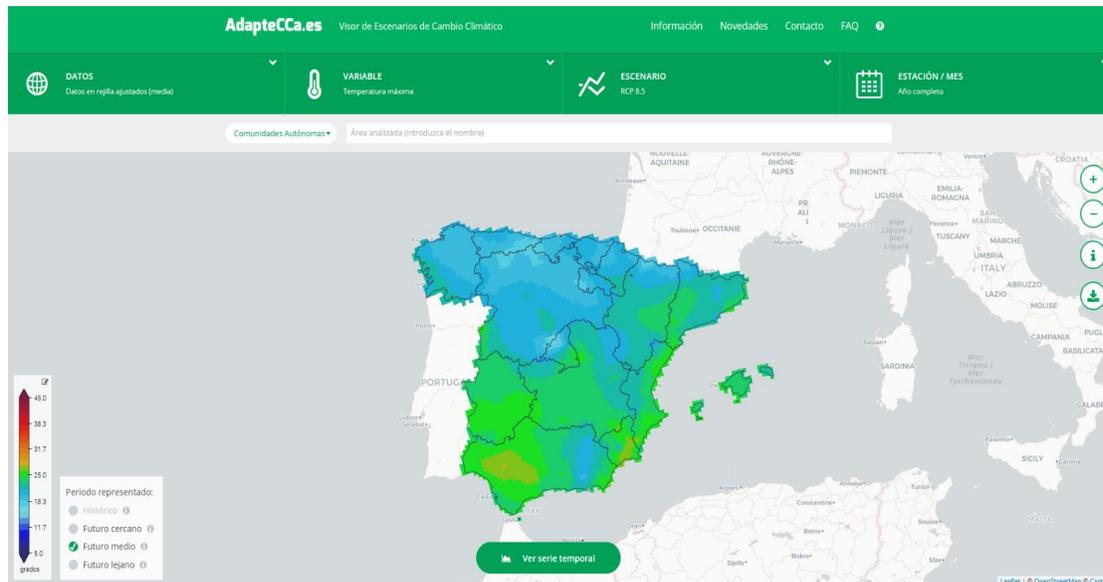


Figura 63 – Precipitación máxima 24h (mm) en la Red convencional de Cataluña, escenario t+30. Mapa I/3. Fuente: Elaboración propia (Ineco).

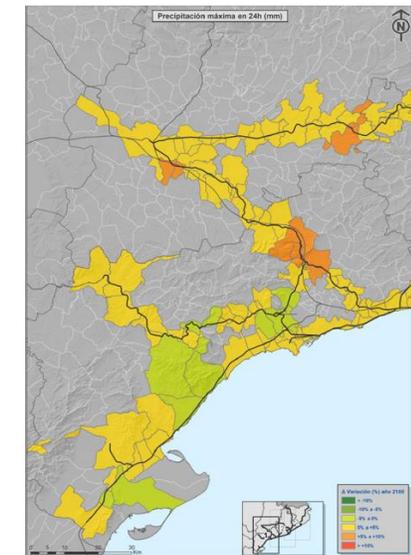


Figura 64 – Precipitación máxima 24h (mm) en la Red convencional de Cataluña, escenario t+80. Mapa I/3. Fuente: Elaboración propia (Ineco).



# Etapa 1. Análisis de la vulnerabilidad

COMPONENTES PRINCIPALES DEL PROYECTO FERROVIARIO QUE PUEDAN VERSE AFECTADOS POR VARIABLES CLIMÁTICAS	Precipitación máx. 24 horas	Percentil 95 T° máx. diaria	Duración máx. olas calor	IP días Trasl. >12°	Sensibilidad subjetiva (de 0 a 5)
<b>INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA</b>	✓	✓	✓	✓	✓
Plataformas	✓	✓	✓	✓	✓
Obras de tierra	✓	✓	✓	✓	✓
Desmontes	✓	✓	✓	✓	✓
Terraplenes	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de drenaje / Red de saneamiento	✓	✓	✓	✓	✓
Obras de drenaje transversal	✓	✓	✓	✓	✓
Drenaje longitudinal	✓	✓	✓	✓	✓
Red de saneamiento	✓	✓	✓	✓	✓
Estructuras	✓	✓	✓	✓	✓
Obras de paso superior	✓	✓	✓	✓	✓
Obras de paso inferior	✓	✓	✓	✓	✓
Viaductos	✓	✓	✓	✓	✓
Túneles	✓	✓	✓	✓	✓
Carriles de acceso y servida	✓	✓	✓	✓	✓
Vía	✓	✓	✓	✓	✓
Balasto	✓	✓	✓	✓	✓
Carril, traviesas y secciones	✓	✓	✓	✓	✓
Aparatos de vía, Aparatos de dilatación de vía	✓	✓	✓	✓	✓
Electrificación de la línea	✓	✓	✓	✓	✓
Línea aérea de contacto, con todos sus elementos	✓	✓	✓	✓	✓
Subestaciones de tracción	✓	✓	✓	✓	✓
Centros de transformación	✓	✓	✓	✓	✓
Líneas de alta y media tensión propiedad de ADIF	✓	✓	✓	✓	✓
Instalaciones asociadas (subestación agujas, alumbrado de túneles...)	✓	✓	✓	✓	✓
Instalaciones de seguridad y comunicaciones	✓	✓	✓	✓	✓
Estaciones ferroviarias	✓	✓	✓	✓	✓
Marquesinas	✓	✓	✓	✓	✓
Cubiertas de gran luz, Paramentos verticales	✓	✓	✓	✓	✓
Terminales ferroviarias de transporte de mercancías	✓	✓	✓	✓	✓
Cubiertas de gran luz, Paramentos verticales	✓	✓	✓	✓	✓
Otros componentes	✓	✓	✓	✓	✓
Plantas acústicas	✓	✓	✓	✓	✓
SERVICIO FERROVIARIO	✓	✓	✓	✓	✓

- **Sensibilidad:** componentes, materiales.
- **Exposición:** localización geográfica, factores externos.

- Variable climática: Precipitación máxima 24 horas

RED DE CERCANÍAS DE CATALUÑA	MATRIZ DE VULNERABILIDAD		
	Interacción: Intensidad x Exposición		
Precipitación máx. 24 horas ESCENARIO R-4.3			
COMPONENTES PRINCIPALES DEL PROYECTO FERROVIARIO	VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD-M	VULNERABILIDAD+M
<b>INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA</b>			
Plataformas			
Obras de tierra			
Desmontes	2	3	4
Terraplenes	2	3	4
Sistema de drenaje / Red de saneamiento			
Obras de drenaje transversal	2	3	4
Drenaje longitudinal	2	3	4
Red de saneamiento	2	3	4
Estructuras			
Túneles	2	3	4
Vía			
Carril, traviesas y secciones	2	3	4
Aparatos de vía, Aparatos de dilatación de vía	2	3	4
Electrificación de la línea			
Línea aérea de contacto, con todos sus elementos	2	3	4
Subestaciones de tracción	2	3	4
Centros de transformación	2	3	4
Líneas de alta y media tensión propiedad de ADIF	2	3	4
Instalaciones asociadas (subestación agujas, alumbrado de túneles...)	2	3	4
Instalaciones de seguridad y comunicaciones	2	3	4
SERVICIO FERROVIARIO			

- Variable climática: Percentil 95 T° máxima diaria

RED DE CERCANÍAS DE CATALUÑA	MATRIZ DE VULNERABILIDAD		
	Interacción: Intensidad x Exposición		
Percentil 95 T° máx. diaria ESCENARIO R-4.3			
COMPONENTES PRINCIPALES DEL PROYECTO FERROVIARIO	VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD-M	VULNERABILIDAD+M
<b>INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA</b>			
Vía			
Carril, traviesas y secciones	2	3	4
Aparatos de vía, Aparatos de dilatación de vía	2	3	4
Instalaciones de seguridad y comunicaciones	2	3	4

- Variable climática: Duración máxima olas calor

RED DE CERCANÍAS DE CATALUÑA	MATRIZ DE VULNERABILIDAD		
	Interacción: Intensidad x Exposición		
Duración máx. olas calor ESCENARIO R-4.3			
COMPONENTES PRINCIPALES DEL PROYECTO FERROVIARIO	VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD-M	VULNERABILIDAD+M
<b>INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA</b>			
Vía			
Carril, traviesas y secciones	2	3	4
Aparatos de vía, Aparatos de dilatación de vía	2	3	4
Instalaciones de seguridad y comunicaciones	2	3	4

VULNERABILIDAD = SENSIBILIDAD x EXPOSICIÓN						
		Muy improbable	Improbable	Posible	Probable	Muy probable
		1	2	3	4	5
Inexistente	0	0	0	0	0	0
Reducida	1	1	2	3	4	5
Moderada baja	2	2	4	6	8	10
Moderada alta	3	3	6	9	12	15
Notable	4	4	8	12	16	20
Importante	5	5	10	15	20	25
<b>ESCALA VULNERABILIDAD</b>		Vulnerabilidad baja <8	Vulnerabilidad media baja 8-9	Vulnerabilidad media 10-11	Vulnerabilidad alta 12-16	Vulnerabilidad muy alta >16

➡ Identificación de los componentes vulnerables



# Etapa 2. Evaluación del riesgo

COMPONENTE INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA/SERVICIO FERROVIARIO - VARIABLE CLIMÁTICA: Precipitación máxima 24 horas:  
PLATAFORMA/Obras de Tierra/ Desmontes – Terraplenes

- Severidad:** gravedad potencial.
- Probabilidad:** frecuencia de incidencias.

**MATRIZ DE SEVERIDAD X PROBABILIDAD**

INFRA/SERVICIO	VARIABLES CLIMÁTICAS	AMENAZA asociada a la variable	IMPACTO	Severidad/ Probabilidad	AFECCIÓN A LA INFRAESTRUCTURA			IMPACTO	Severidad/ Probabilidad	AFECCIÓN AL SERVICIO FERROVIARIO			
					t	t+30	t+80			t	t+30	t+80	
INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA/SERVICIO FERROV	PRECIPITACIÓN (Precipitación máxima 24 h)	Aumento de la precipitación Lluvias intensas Avenidas extraordinarias Sobreelevación de la lámina de agua	Asentamiento de terraplenes / Erosión de desmontes y terraplenes					Disminución de velocidad debido a asentamiento de terraplenes, desplazamiento del balasto o erosión en cimentaciones					
			Nivel de afectación 1 Desprendimiento de piedra / Comienzo de tiernas. Sin afectación al servicio o con afectación leve (<= 30min)						Nivel de afectación 1 Sin afectación al servicio o con afectación leve (< 30min) y con posible limitación de velocidad				
			TRAMO LÍNEA	Severidad	2	2	3	Severidad	2	2	3		
			SEVERIDAD 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000	Probabilidad	3	3	4	Probabilidad	3	3	4		
			SEVERIDAD 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000										
			SEVERIDAD 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000										
			SEVERIDAD 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000										
			SEVERIDAD 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000										
			SEVERIDAD 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000										
			SEVERIDAD 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000										
			Nivel de afectación 2 Desprendimiento de piedra / Comienzo de tiernas. Afectación al servicio moderada/severa (> 30min)					Nivel de afectación 2 Afectación al servicio moderada/severa (> 30min)					
TRAMO LÍNEA	Severidad	3	3	4	Severidad	3	3	4					
SEVERIDAD 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000 200 2000000	Probabilidad	2	2	3	Probabilidad	2	2	3					

**MATRIZ DE RIESGO**

INFRA/SERVICIO	VARIABLES CLIMÁTICAS	AMENAZA asociada a la variable	RIESGO	AFECCIÓN A LA INFRAESTRUCTURA			RIESGO	AFECCIÓN AL SERVICIO FERROVIARIO		
				t	t+30	t+80		t	t+30	t+80
INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA/SERVICIO FERROVIARIO	PRECIPITACIÓN (Precipitación máxima 24 h)	Aumento de la precipitación Lluvias intensas Avenidas extraordinarias Sobreelevación de la lámina de agua	Asentamiento de terraplenes / Erosión de desmontes y terraplenes				Disminución de velocidad debido a asentamiento de terraplenes, desplazamiento del balasto o erosión en cimentaciones			
			Nivel de afectación 1							
			Nivel de afectación 2							

⇒ Identificación de riesgos inadmisibles



# Etapa 3. Plan de Adaptación

## Riesgos inadmisibles



### Definición de medidas de adaptación

- Estructurales
- No Estructurales
- Gestión de riesgos
- A corto plazo
- A medio plazo
- A largo plazo

## Ejemplo

- Detección de **riesgos inadmisibles asociados a zonas potencialmente inundables.**
  - Variable climática: **Precipitación máxima 24 horas.**
  - Sistema o componente: **Plataforma: viaductos y túneles.**

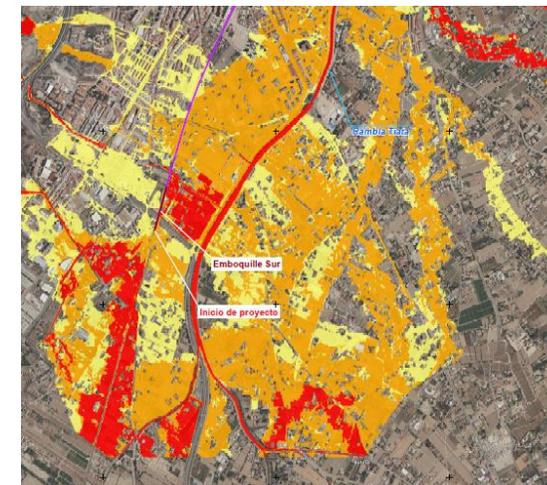
### Impacto en el diseño:

- ✓ Insuficiencia de **capacidad** de las **obras de drenaje.**
- ✓ **Arrastre de materiales a la vía.**

- **Medida: Diseño** teniendo en cuenta los **incrementos de la variable** en el **horizonte temporal más lejano.**

### Impacto en el diseño:

- ✓ **Factibilidad constructiva.**
- **Medida: Evitar** uso de **cimbra cuajada** y disponer en su lugar **cimbra porticada** en la ejecución de **viaductos.**

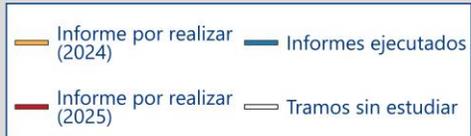
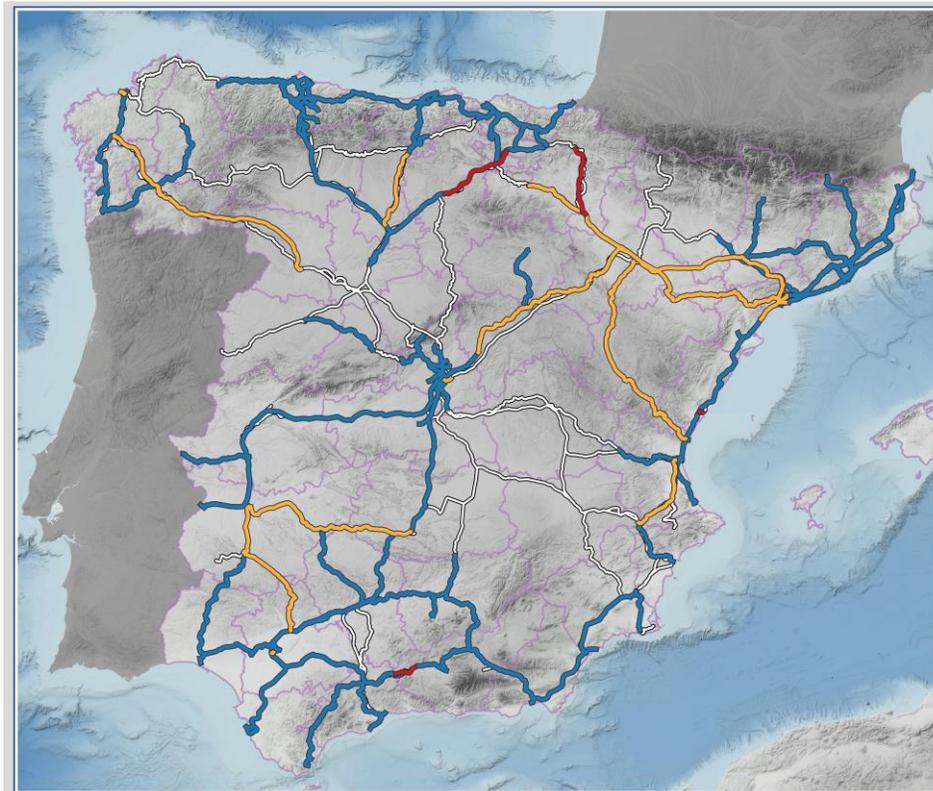


Mapa de zonas inundables.





# Planificación de Estudios



- 69 Estudios planificados hasta **2025** → ~ **70% de la red** analizada.
- Antes de **2030** → analizar el **100% de la red**.
- **Grupo de Coordinación** → seguimiento de la planificación.

**#CONAMA2024**

Congreso Nacional del Medio Ambiente

**¡Gracias!** 