

ANEJO N°5

Climatología, hidrología y drenaje

Índice

1	Introducción	1
2	Climatología	2
2.1	Caracterización Climática	2
2.2	Datos Climáticos	2
2.3	Clasificación climática	6
2.3.1	Índices climáticos	6
2.3.2	Climodiagramas y clasificaciones climáticas	8
2.4	Días aprovechables para la ejecución de las obras	11
2.4.1	Coefficiente de reducción por condiciones climáticas durante los trabajos	11
2.4.2	Días aprovechables	11
3	Hidrología	2
3.1	Introducción	2
3.2	Inundabilidad	3
3.3	Delimitación de cuencas vertientes y Cálculo de caudales	3
3.3.1	Introducción	3
3.3.2	Máximas lluvias diarias en la España peninsular	3
3.3.3	Distribución SQRV-ETmáx	4
3.3.4	Análisis estadístico de las precipitaciones máximas	4
3.3.5	Delimitación y evaluación de características físicas de las cuencas	5
3.3.6	Obtención de caudales de cálculo	5
4	Drenaje	11
4.1	Introducción	11
4.2	Drenaje Transversal	11
4.2.1	Periodos de retorno	11
4.2.2	Criterios de dimensionamiento	11
4.2.3	Actuaciones de drenaje transversal	14
4.3	Drenaje Longitudinal	15
4.3.1	Drenaje en túnel	15

APÉNDICE Nº5.1: PLANOS

APÉNDICE Nº5.2: DATOS CLIMATOLÓGICOS

1 Introducción

El presente Anejo nº5 "Climatología, Hidrología y Drenaje" se divide en tres partes. La primera tiene como objeto el estudio de la Climatología de la zona de estudio, la segunda analiza sus características Hidrológicas y en la tercera se detallan las características de las redes de drenaje que se han diseñado a partir de los datos y características mencionadas en los dos primeros apartados.

El estudio de Climatología consiste en analizar todas las variables climáticas disponibles representativas de la zona con el fin de poder clasificar el clima característico, determinando como puede afectar a la obra.

El estudio Hidrológico tiene por objeto la definición del régimen de precipitaciones y del resto de características hidrológicas del ámbito geográfico que enmarca las cuencas que son afectadas por el tramo de la nueva infraestructura ferroviaria con el fin de poder obtener los caudales de diseño necesarios para un correcto funcionamiento de las redes de drenaje necesarias en el tramo objeto de estudio.

El estudio climatológico e hidrológico permite obtener:

- Los datos necesarios para el dimensionamiento de los elementos de drenaje a disponer a lo largo del trazado, fundamentalmente caudales, así como conocer el resto de condicionantes hidráulicos que pudieran tener incidencia en el mismo.
- Las características del clima para apoyar la definición de diferentes elementos del proyecto.
- Los coeficientes medios para la obtención del número de días laborables para las diferentes actividades constructivas.

Para alcanzar estos objetivos se han utilizado los datos elaborados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), seleccionando los de la estación climatológica más próxima al trazado:

Bilbao-Aeropuerto 1082.

- Longitud: 2° 52' 21" O
- Latitud: 43° 17' 53" N
- Altitud: 42 m

De esta manera el diseño de las redes de drenaje necesarias en el tramo objeto de proyecto se ha realizado partiendo de los datos de los caudales de aportación obtenidos a partir de los datos de precipitación de esta estación.

Se ha analizado la solución de drenaje más adecuada para las dos alternativas propuestas.

2 Climatología

2.1 Caracterización Climática

La zona de estudio está enmarcada dentro de la cuenca hidrográfica del Norte en las proximidades de Bilbao y, según sus características climáticas, pertenece a la Iberia Verde. Esta región se caracteriza por tener temperaturas suaves y lluvias abundantes.

La Cordillera Cantábrica, situada paralela a la costa, actúa como una barrera que impide el paso hacia el interior de España de los vientos húmedos del Norte y de los sistemas nubosos que traen consigo.

A causa del desigual calentamiento entre tierra y mar hay un efecto estacional (monzónico) soplando el viento de tierra a mar en invierno (componente Sur) y de mar a tierra en verano (componente Norte). Especialmente con tiempo estable anticiclónico.

El doble efecto de divisoria de la cordillera Cantábrica se manifiesta en el estancamiento de los sistemas nubosos: flujos del N y del NW que vienen del Cantábrico, o bien del SW de procedencia atlántica.

La temperatura media anual del aire es de 10 a 16º, siendo el clima templado y húmedo. La precipitación media anual oscila entre los 1100 y 1700 mm. El número medio de días de lluvia anuales oscila entre 113 y 179.

Los valores de las variables climáticas más representativas son:

VARIABLE CLIMÁTICA	VALOR MEDIO
Temperatura media anual	10-16 °C
Temperatura media del mes más cálido	16-20 °C
Temperatura media del mes más frío	4-10 °C
Duración media del período de heladas	3 a 7 meses
E.T.P. media anual	700-900
Precipitación media anual	1100-1700 mm
Días de lluvia	113-179
Duración del período seco	0-1 mes
Precipitación de invierno	32 %
Precipitación de primavera	21 %
Precipitación de otoño	32 %

2.2 Datos Climáticos

Los Valores Climatológicos Normales de la zona de actuación se han obtenido del Estudio Informativo previo de INECO con datos hasta 2015. A continuación se muestran las variables climáticas analizadas:

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	9,0	13,2	4,7	126	72	13	1	1	2	4	3	86
Febrero	9,8	14,5	5,1	97	70	11	1	1	2	2	2	97
Marzo	10,8	15,9	5,7	94	70	11	0	1	2	2	2	128
Abril	11,9	16,8	7,1	124	71	13	0	2	2	0	2	128
Mayo	15,1	20,1	10,1	90	71	12	0	3	2	0	2	160
Junio	17,6	22,6	12,6	64	72	8	0	2	2	0	3	173
Julio	20,0	25,2	14,8	62	73	7	0	3	2	0	5	188
Agosto	20,3	25,5	15,2	82	74	8	0	3	3	0	4	179
Septiembre	18,8	24,4	13,2	74	73	9	0	2	4	0	4	157
Octubre	15,8	20,8	10,8	121	73	11	0	2	3	0	3	123
Noviembre	12,0	16,4	7,6	141	74	12	0	1	2	1	3	93
Diciembre	10,0	14,0	6,0	116	73	12	0	1	2	3	3	78
Año	14,3	19,1	9,4	1.195	72	128	2	24	29	11	35	1.584

Legenda

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

A partir de los valores reflejados en las tablas anteriores, se han confeccionado las gráficas incluidas a continuación con los datos de la estación de Bilbao-Aeropuerto:



T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
9,00	9,80	10,80	11,90	15,10	17,60	20,00	20,30	18,80	15,80	12,00	10,00
MEDIA MENSUAL/ANUAL											
14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3



Tm TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS (°C).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4,70	5,10	5,70	7,10	10,10	12,60	14,80	15,20	13,20	10,80	7,60	6,00



Tm TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS (°C).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
13,20	14,50	15,90	16,80	20,10	22,60	25,20	25,50	24,40	20,80	16,40	14,00



ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
9,00	9,80	10,80	11,90	15,10	17,60	20,00	20,30	18,80	15,80	12,00	10,00
13,20	14,50	15,90	16,80	20,10	22,60	25,20	25,50	24,40	20,80	16,40	14,00
4,70	5,10	5,70	7,10	10,10	12,60	14,80	15,20	13,20	10,80	7,60	6,00



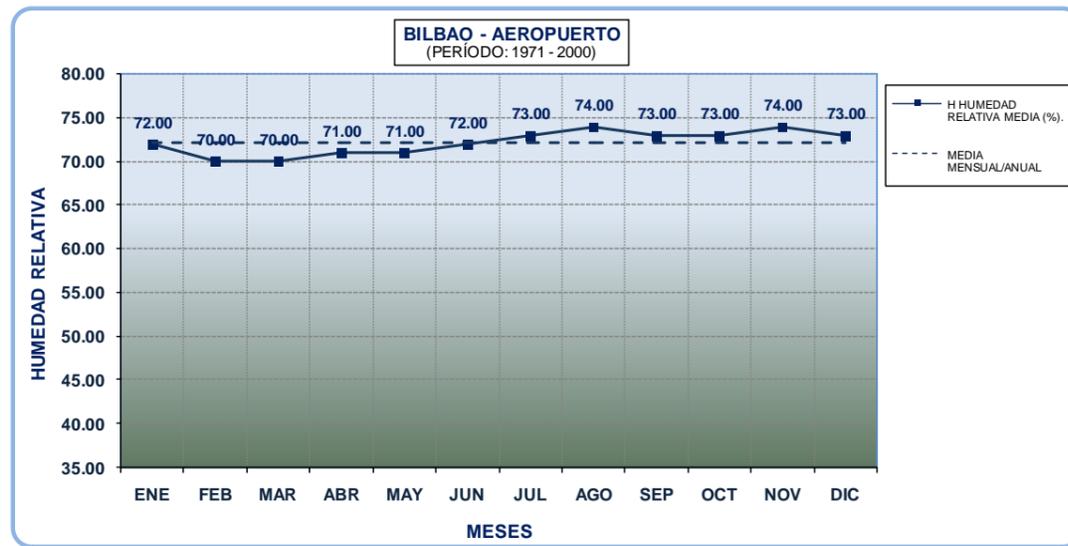
R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
126,00	97,00	94,00	124,00	90,00	64,00	62,00	82,00	74,00	121,00	141,00	116,00



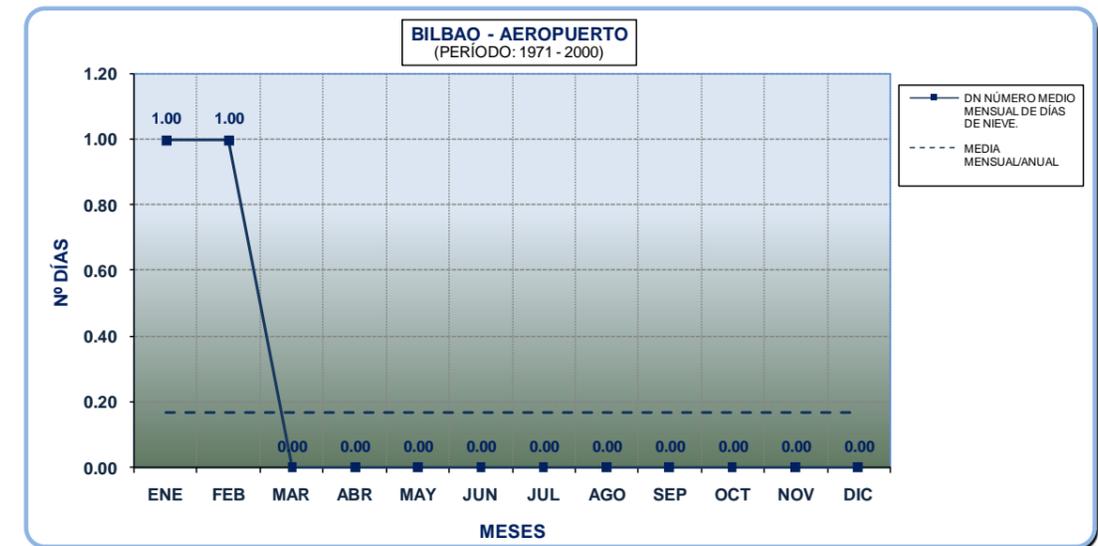
DR NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE PRECIPITACIÓN SUPERIOR O IGUAL A 1 mm.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
13,00	11,00	11,00	13,00	12,00	8,00	7,00	8,00	9,00	11,00	12,00	12,00



H HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%).

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
72,00	70,00	70,00	71,00	71,00	72,00	73,00	74,00	73,00	73,00	74,00	73,00



DN NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE NIEVE.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



DT NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE TORMENTA.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00



DH NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE HELADA.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3,00



DF NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE NIEBLA.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	4,00	3,00	2,00	2,00



DD NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DESPEJADOS.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	5,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00



I NÚMERO MEDIO MENSUAL DE HORAS DE SOL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
86,00	97,00	128,00	128,00	160,00	173,00	188,00	179,00	157,00	123,00	93,00	78,00

2.3 Clasificación climática

2.3.1 Índices climáticos

2.3.1.1 Índice de concentración estacional (C.E.P.)

Calculado sobre el régimen medio, es la relación del total pluviométrico máximo o mínimo, correspondiente a tres meses consecutivos, y un tercio total de las precipitaciones de los restantes meses considerando los siguientes en cada estación:

- Invierno (diciembre, enero y febrero; 90 días)
- Primavera (marzo, abril y mayo; 92 días)
- Verano (junio, julio y agosto; 92 días)
- Otoño (septiembre, octubre y noviembre; 91 días)

Se calcula mediante la fórmula:

$$CEP = \frac{P_e}{P} \times \frac{365}{n_e}$$

Dónde:

- PE = Precipitación de la estación considerada (mm)
- P = Precipitación total anual (mm)
- ne = número de días de la estación considerada

ESTACIÓN	DIAS	PRECIPITACIÓN (mm)	CEP
Invierno	90	339,00	1,15
Primavera	92	308,00	1,03
Verano	92	208,00	0,69
Otoño	91	336,00	1,13
TOTAL	365	1.191,00	

C.E.P. CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL		
CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL MÁXIMA	Invierno	1,15
CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL MÍNIMA	Verano	0,69

2.3.1.2 Coeficiente pluviométrico relativo mensual (C.P.R.M.)

Se calcula mediante la fórmula de Anglot y se define como la relación entre las precipitaciones de cada mes y las que este recibiría teniendo en cuenta su longitud (número de días), y si el total de la precipitación anual estuviese igualmente repartida entre todos los meses del año.

$$CPRM = \frac{P_i}{P} \times \frac{365}{n_i}$$

Dónde:

- Pi = Precipitación del mes considerado (mm)
- P = Precipitación total anual (mm)
- ni = número de días del mes considerado

Para cada uno de los meses se obtienen, según la AEMET, los siguientes resultados:

C.P.R.M. COEFICIENTE PLUVIOMÉTRICO RELATIVO MENSUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NÚMERO DE DÍAS DEL MES											
31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1,25	1,06	0,93	1,27	0,89	0,65	0,61	0,81	0,76	1,20	1,44	1,15

2.3.1.3 Índice de temperatura efectiva de Thomthwaite (IT)

Se trata de un índice térmico expresado con la siguiente fórmula:

$$IT = 5.4 * T$$

Dónde T= Temperatura media anual en °C

Para los distintos valores de IT, Thornthwaite califica al clima y la vegetación de la zona según:

I.T.	CLIMA	VEGETACIÓN
> 125	Macrotermal	Floresta tropical
65 – 125	Mesotermal	Floresta media
30 – 65	Microtermal	Floresta microtermal
15 – 30	Taiga (frío)	Floresta de coníferas
0 – 15	Tundra (frío)	Tundra (musgo)
0	Nieve	-

En este caso:

Tmedia °C	IT	CLIMA	VEGETACIÓN
14,3	77,0	Mesotermal	Foresta media

2.3.1.4 Índice de Emberger

Desarrollado para caracterizar comarcas mediterráneas, cuantificando las variaciones térmicas. Su fórmula es:

$$I = 100 \cdot \left[\frac{P}{(T_{MC}^2 - T_{mf}^2)} \right]$$

Dónde:

P = Precipitación media anual (mm).

TMC = temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C)

Tmf = temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)

Dentro del clima mediterráneo general, diferencia cinco subregiones climáticas, a cada una de las cuales les asigna un tipo de vegetación según la siguiente escala:

- Clima árido. Matorrales varios.
- Clima semiárido..... Pino carrasco.
- Clima subhúmedo o templado..... Alcornoque, olivo, lentisco.
- Clima húmedo..... Cedro, castaño, abeto.
- Clima de alta montaña..... Cedro, abeto, pino, enebro.

A su vez cada zona puede subdividirse según el tipo de invierno caracterizado por el valor de m, temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C), en:

INVIERNOS	Para T _{mf} (°C)	Con heladas
Muy fríos	< -3	Muy frecuentes e intensas
Fríos	-3 a 0	Muy frecuentes
Frescos	0 a 3	Frecuentes
Templados	3 a 7	Débiles
Cálidos	> 7	No se producen

En la zona de proyecto tenemos:

P (mm) mm	T _{MC} °C	T _{mf} °C	I	INVIERNOS
1.191,00	25,50	4,70	189,60	Débiles

2.3.1.5 Índice de aridez de De Martonne

Se define con la expresión siguiente:

$$I = \frac{P}{t + 10}$$

Dónde:

P = Precipitación media anual en mm.

t = Temperatura media anual en °C.

ÍNDICE MARTONNE	ZONA
0 - 5	Desierto (hiperárido)
5 - 10	Semidesierto (Árido)
10 - 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmedo
30 - 60	Húmedo
> 60	Perhúmedo

Cuando se calcula el índice de aridez para un mes en particular, se utiliza la expresión:

$$I_i = 12 \cdot \frac{p_i}{t_i + 10}$$

Donde p y t son la precipitación y la temperatura medias del mes considerado.

La expresión numérica anual se calcula como la media aritmética entre el índice anual, según la fórmula anterior y el índice mensual ya comentado.

P mm	T °C	I MARTONNE	ZONA
1.191,00	14,3	49,10	Húmedo

2.3.1.6 Índice pluviométrico de Dantin - Revenga

Se define con la expresión siguiente:

$$I = \frac{100 \cdot t}{P}$$

Dónde:

t = Temperatura media anual en °C

P = Precipitación media anual en mm

Una vez calculado el índice, la aridez se expresa según el siguiente cuadro:

ÍNDICE	ZONA
DANTÍN-REVENGA	
0 - 2	Húmeda
2 - 3	Semiárida
3 - 6	Árida
> 6	Subdesértica

A continuación se resumen los valores obtenidos, así como la designación de la zona correspondiente:

P	T	I	ZONA
mm	°c	DANTÍN-REVENGA	
1.191,00	14,3	1,20	Húmeda

2.3.1.7 Índice de aridez de Knoche (IK)

Este índice termo pluviométrico introduce un nuevo parámetro que considera el número medio de días de lluvia en el año.

I.K. KNOCHE	ARIDEZ
0-25	Extrema
25-50	Severa
50-75	Normal
75-100	Moderada
>100	Pequeña

La fórmula empleada es la siguiente:

$$Ik = \frac{n \cdot P}{100 \cdot (T + 10)}$$

Dónde:

n = número medio de días de lluvia en el año.

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en °C.

En este caso:

P	T	n	I.K. KNOCHE	ARIDEZ
mm	°c			
1.191,00	14,3	127,0	62,35	Normal

2.3.1.8 Índice de aridez de Lang

Se define con la expresión siguiente:

$$f = \frac{P}{t}$$

Dónde:

P = Precipitación media mensual expresada en mm

t = Temperatura media anual en °C

ÍNDICE	ZONA
LANG	
0 - 20	Desierto
20 - 40	Árida
40 - 60	Húmeda de estepas y sabanas
60 - 100	Húmeda de bosques ralos
100 - 160	Húmeda de bosques densos
> 160	Perhúmeda de prados y tundras

Se obtiene el siguiente valor:

P	T	I	ZONA
mm	°c	LANG	
1.191,00	14,3	83,53	Húmeda de bosques ralos

2.3.2 Climodiagramas y clasificaciones climáticas

2.3.2.1 Clasificación de Köppen

Establece tres tipos principales de climas, tipo B, tipo C y tipo D, según sea el valor de la relación entre la precipitación media y la temperatura media anual:

$$K = P \text{ (cm)} / T_m \text{ (°C)}$$

- TIPO B: Clima Seco ($k < 2$)
 - Subtipo Bw (desierto) ($k < 1$)
 - Subtipo Bs (estepa) ($1 < k < 2$)
 - Bsh: estepa calurosa ($T_m > 18^\circ \text{C}$)
 - Bsk: estepa fría ($T_m < 18^\circ \text{C}$)
- TIPO C: Clima templado cálido ($k > 2$ y T_m del mes frío $-3 < T_{mf} < 18^\circ \text{C}$).
 - Cf (clima templado húmedo). Pms mes seco > 30 mm.
 - Cfa: verano caluroso. Tmc mes cálido $> 22^\circ \text{C}$
 - Cfb: verano cálido. Tmc mes cálido $< 22^\circ \text{C}$ y al menos cuatro meses con $T_m > 10^\circ \text{C}$.
 - Cs (clima templado de verano seco). Pms < 30 mm.
 - Csa: verano seco y caluroso. Tmc $> 22^\circ \text{C}$.
 - Csb: verano seco y cálido. Tmc $< 22^\circ \text{C}$ y al menos cuatro meses con $T_m > 10^\circ \text{C}$
 - Cw (clima templado de invierno seco)
- TIPO D: Clima frío ($k > 2$, $T_{mf} < -3^\circ \text{C}$ y $T_{mc} > 10^\circ \text{C}$).

En el caso de esta obra, tenemos:

P	T	K	T _{MC}	T _{mf}	Pmes seco
cm	°c	KÖPPEN	°c	°C	cm
119,10	14,3	8,35	25,50	4,70	62,00

Según Köppen, la zona estaría comprendida dentro del siguiente tipo de clima:

CLIMA		
K>2	P _{mes seco} >3cm	T _{MC} >22
TIPO C	Tipo Cf	Cfa
templado cálido	Húmedo	caluroso

2.3.2.2 Climodiagrama de Walter-Gausson

En el diagrama de Walter-Gausson (Diagrama ombrotérmico), se reflejan los datos de temperatura y precipitación medias mensuales.

Se escogen, para la representación gráfica, una escala de precipitaciones en mm, el doble de las temperaturas en grados centígrados. Según la hipótesis de Gausson (1954-55), con equivalencia de 2mm de precipitación por cada 1°C de temperatura, se denomina Curva Ómbrica aquella definida para las precipitaciones, y la Curva Térmica a la definida para las temperaturas.

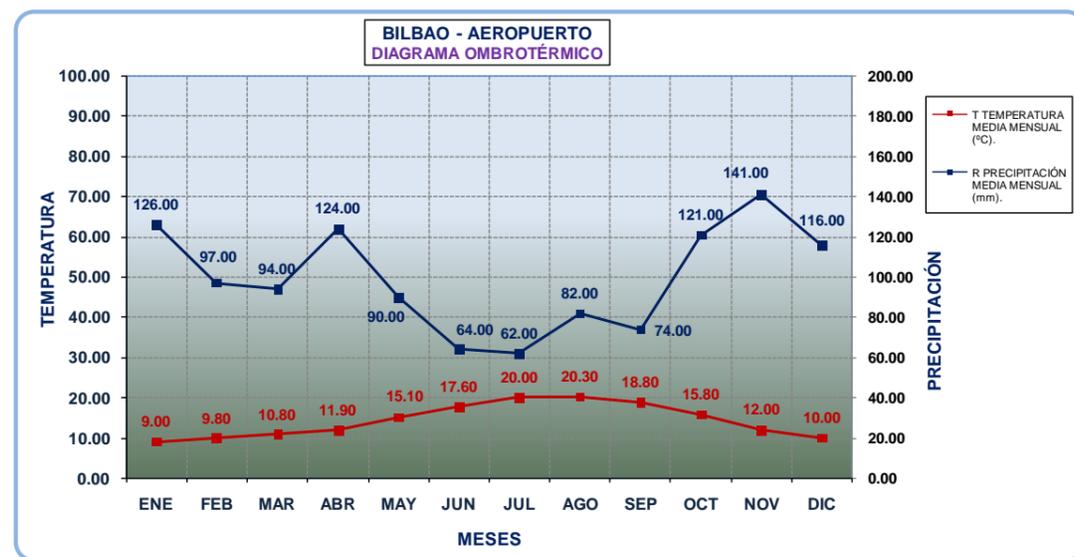


DIAGRAMA OMBROTÉRMICO												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).												
9,00	9,80	10,80	11,90	15,10	17,60	20,00	20,30	18,80	15,80	12,00	10,00	14,3
R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).												TO TAL
126,00	97,00	94,00	124,00	90,00	64,00	62,00	82,00	74,00	121,00	141,00	116,00	1.191,00

Cuando la **curva ómbrica** supera la **curva térmica** ($P_{\text{media mensual}} > 2 \cdot T_{\text{media mensual}}$) se consideran meses húmedos. Por el contrario, cuando la curva ómbrica no supera a la térmica ($P_{\text{media mensual}} < 2 \cdot T_{\text{media mensual}}$) se consideran meses secos.

Gausson toma como índice xerotérmico, el número de días biológicamente secos.

Después de observar el diagrama, deducimos que:

- Del análisis del diagrama anterior se desprende que el período seco se presenta entre los meses de mayo y septiembre, cuando la curva térmica no llega a tocar a la ómbrica.

- Los periodos húmedos comienzan en octubre y finalizan en abril.

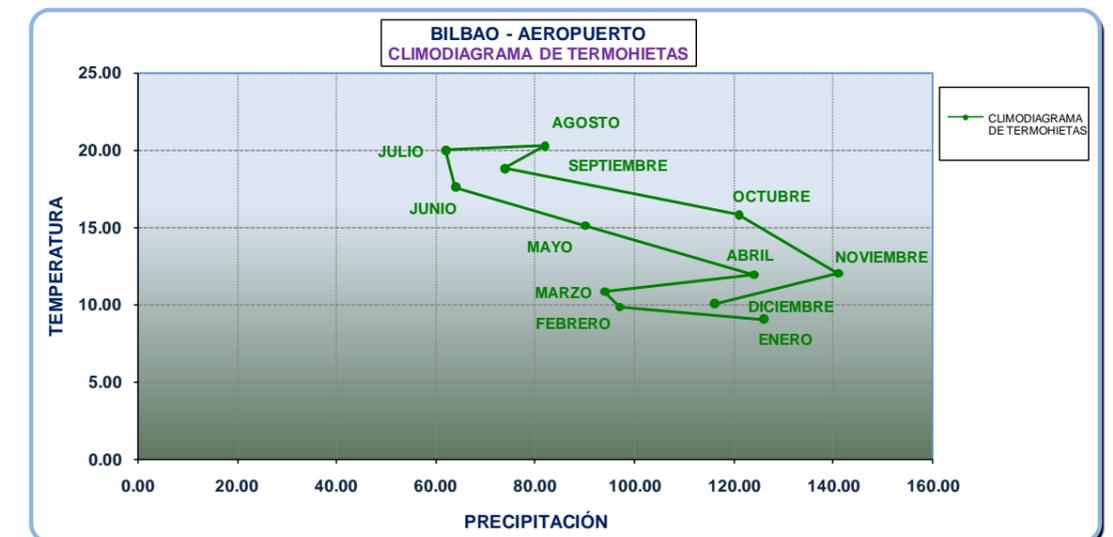
2.3.2.3 Climodiagrama de termohietas

Se utilizan para definir regímenes climáticos de diferentes localidades y establecer comparaciones. Este diagrama está constituido por la precipitación y la temperatura media mensual, utilizando un sistema de coordenadas cartesianas regulares.

La combinación de los valores de precipitación media y temperatura media para cada mes, origina 12 puntos que se unen por líneas que indican el ciclo de medias mensuales de todo el año.

Los datos empleados en el diagrama de termohietas son, en su mayoría, la media de muchos meses de registro y proporcionan así una expresión del régimen característico anual o ciclo climático.

Cuando la rama de verano va por la derecha de la rama de invierno, el entorno disfruta de lluvias de verano. En caso contrario, las precipitaciones dominantes son las de invierno. Si las dos ramas se superponen, más o menos, es que el régimen pluviométrico es sensiblemente uniforme a lo largo del año. Si el polígono es muy alargado en el sentido de las ordenadas, la oscilación termométrica es muy acusada.



CLIMODIAGRAMA DE TERMOHIETAS												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).												
9,00	9,80	10,80	11,90	15,10	17,60	20,00	20,30	18,80	15,80	12,00	10,00	14,3
R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).												TO TAL
126,00	97,00	94,00	124,00	90,00	64,00	62,00	82,00	74,00	121,00	141,00	116,00	1.191,00

En nuestro caso, el climodiagrama de termohietas muestra una curva donde se observa que la rama de los meses de verano se encuentra a la izquierda de la de los meses de invierno, lo que implica que las precipitaciones dominantes son las de los meses de invierno.

2.3.2.4 Clasificación climática de Thornthwaite

El parámetro fundamental para esta clasificación es la Evapotranspiración Potencial (EVP, o E_p) y la precipitación (P).

Para encontrar la E_p , se utiliza la fórmula:

$$E_p = 1,6 \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

Siendo:

- E_p : Evapotranspiración potencial (mm)
- t: temperatura media mensual en grados centígrados
- I: Índice de calor anual
- a: $0,492 + 0,01179 \cdot I - 0,0000771 \cdot I^2 + 0,000000675 \cdot I^3$

El índice de calor anual I se calcula a partir de las temperaturas medias de los doce meses:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1,5}$$

Tratándose de una zona de insolación normal (latitud $<10^\circ$), la E_p calculada no se ha de corregir para ningún coeficiente.

Temperaturas medias mensuales, $^\circ\text{C}$:

T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL ($^\circ\text{C}$).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
9,00	9,80	10,80	11,90	15,10	17,60	20,00	20,30	18,80	15,80	12,00	10,00

La Temperatura media mensual es $15,2^\circ\text{C}$.

Precipitaciones medias mensuales, mm:

R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
126,00	97,00	94,00	124,00	90,00	64,00	62,00	82,00	74,00	121,00	141,00	116,00

La Precipitación media mensual es $30,1\text{ mm}$.

El índice de calor anual resulta:

$$I = 68,90$$

La evapotranspiración potencial:

$$E_p = 55,79\text{ mm}$$

A partir de aquí y para clasificar climáticamente la zona, se definen una serie de índices:

- *Índice de humedad (I_h)*: para un clima húmedo, donde la precipitación de un mes determinado (P) excede la necesidad de agua, expresada como evapotranspiración potencial (E_p).

$$I_h = \frac{P - E_p}{E_p} \cdot 100$$

ÍNDICE DE HUMEDAD (exceso).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
128,26	75,72	70,29	124,63	63,04	15,94	12,32	48,55	34,05	119,20	155,43	110,14

Índice de humedad: $I_h = 79,80$

- *Índice de aridez (I_a)*: aplicable cuando la precipitación, en un mes dado, es inferior a la evapotranspiración potencial.

$$I_a = \frac{E_p - P}{E_p} \cdot 100$$

ÍNDICE DE ARIDEZ (déficit).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Índice de aridez: $I_a = 0,00$

- *Índice hídrico anual (I_m)*: considerando la heterogeneidad de la precipitación en las diferentes épocas del año y, en consecuencia, la influencia desigual de los índices de aridez y humedad, Thornthwaite define un índice hídrico anual.

$$I_m = I_h - 0,6 I_a$$

ÍNDICE HÍDRICO ANUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
128,26	75,72	70,29	124,63	63,04	15,94	12,32	48,55	34,05	119,20	155,43	110,14

Índice hídrico anual: $I_m = -79,80$

Mediante este índice de humedad I_m se establecen los tipos climáticos siguientes:

En función de la humedad	
Tipo de clima	Índice hídrico anual
A Perhúmedo	> 101
B4 Húmedo	80 - 101
B3 Húmedo	60 - 81
B2 Húmedo	40 - 61
B1 Húmedo	20 - 41
C2 Subhúmedo húmedo	0 - 21
C1 Subhúmedo seco	-33 a 1
D Semiárido	-67 a -34
E Árido	-100 a -68

Clasificación climática de Thornthwaite (1948).

Así pues, de acuerdo con esta clasificación, el tipo clima de la zona que nos ocupa resulta ser "HÚMEDO B3" ($60 < I_m < 81$).

2.4 Días aprovechables para la ejecución de las obras

La duración de las obras exteriores viene afectada en gran medida por la situación geográfica y por la época o estación climática en que ha de ejecutarse cada fase de obra. En esta parte del estudio se trata de recopilar los datos estadísticos de clima, de forma que se puedan establecer unas condiciones medias de trabajo para cada uno de los distintos emplazamientos y épocas de ejecución de las obras.

La determinación de los días aprovechables para ejecutar las unidades y tipos de obra más significativos del proyecto se realiza a continuación siguiendo el procedimiento propuesto en la publicación Datos climáticos para carreteras, editada por la Dirección General de Carreteras (1964) y los datos de la estación Bilbao – Aeropuerto 1082.

2.4.1 Coeficiente de reducción por condiciones climáticas durante los trabajos

A fin de facilitar la exposición y justificación del método, se incluyen seguidamente las definiciones básicas, citadas de la mencionada publicación:

- **Día aprovechable:** Para cada clase de obra se entiende por día aprovechable, en cuanto a clima se refiere, el día en que la precipitación y la temperatura del ambiente son inferior y superior, respectivamente, a los límites que se definen más adelante.
- **Temperatura límite del ambiente para la ejecución de unidades bituminosas,** tales como riegos, tratamientos superficiales o por penetración, y mezclas bituminosas. Es aquélla que se acepta normalmente como límite por debajo del cual no pueden ponerse en obra dichas unidades.
- En este estudio se toma como temperatura límite de puesta en obra de riegos, tratamientos superficiales o por penetración, la de 10°C; y para mezclas bituminosas la de 5°C.
- **Temperatura límite del ambiente para la manipulación de materiales naturales húmedos:** Se adopta 0°C.
- **Precipitación límite:** Se establecen dos valores de la precipitación límite diaria: 1 mm por día y 10 mm por día. El primer valor limita el trabajo en ciertas unidades sensibles a una pequeña lluvia; y el segundo valor limita el resto de los trabajos. Se entiende que, en general, con precipitación diaria superior a 10 mm no puede realizarse ningún trabajo sin protecciones especiales.

Para calcular el número de días aprovechables útiles en las distintas clases de obra se establecen unos coeficientes de reducción, que se aplican posteriormente al número de días laborables de cada mes. Se trata de los siguientes:

- Coeficiente de reducción por helada $\eta_m = DH / DM$
- Coeficientes de reducción por lluvia límite de trabajo

$$\lambda_m = DP_{10} / DM$$

$$\lambda'_m = DP_1 / DM$$

donde,

- DH: nº de días mensuales con temperatura mínima mayor de 0°C
- DP₁₀: nº de días mensuales con precipitación menor de 10 mm
- DP₁: nº de días mensuales con precipitación menor de 1 mm

DM: nº de días mensuales

2.4.2 Días aprovechables

Para el cálculo de los días realmente trabajables de cada mes interviene dos factores de reducción:

- Coeficiente reductor por unidad de obra, C_m

A continuación, se indican aquellos factores que se consideran limitantes para la ejecución de las unidades de obra más significativas en este proyecto.

Unidad de obra	Factores				
	T>0°C	P<10 mm	P<1 mm	T _{9h} >10°C	T _{9h} >5°C
Hormigones hidráulicos	SI	SI			
Explanaciones	SI	SI	SI		
Áridos		SI			
Riegos y tratamientos superficiales o por penetración			SI	SI	
Mezclas bituminosas			SI		SI

Como los condicionantes de tipo termométrico y pluviométrico cuentan con una probabilidad independiente de ocurrencia y en caso de producirse cualquiera de ellos debe suspenderse la ejecución de las obras, para aquellas unidades de obra en que concurren ambos se considera como coeficiente de reducción el producto de los coeficientes correspondientes a ambos factores.

Por lo tanto, los coeficientes reductores a aplicar para las principales unidades de obra del proyecto, C_m , son los siguientes:

- Hormigones hidráulicos: $C_m = \eta_m \times \lambda'_m$
- Explanaciones: $C_m = \frac{\lambda_m + \lambda'_m}{2} \times \eta_m$
- Producción de áridos: $C_m = \lambda_m$
- Riegos y tratamientos: $C_m = \tau_m \times \lambda'_m$
- Mezclas bituminosas: $C_m = \tau'_m \times \lambda'_m$

- Coeficiente reductor por días no laborales, C_f

Para el cálculo de los días realmente trabajables de cada mes debe tenerse en cuenta, además, un coeficiente reductor por días no laborales C_f , que son variables según el año y la localidad, pero cuya importancia es notable. Este coeficiente de reducción puede establecerse en cada caso a la vista del calendario laboral y se calcula como el cociente entre el número de días laborables y el número de días totales de cada mes.

$$C_f = d/n$$

siendo:

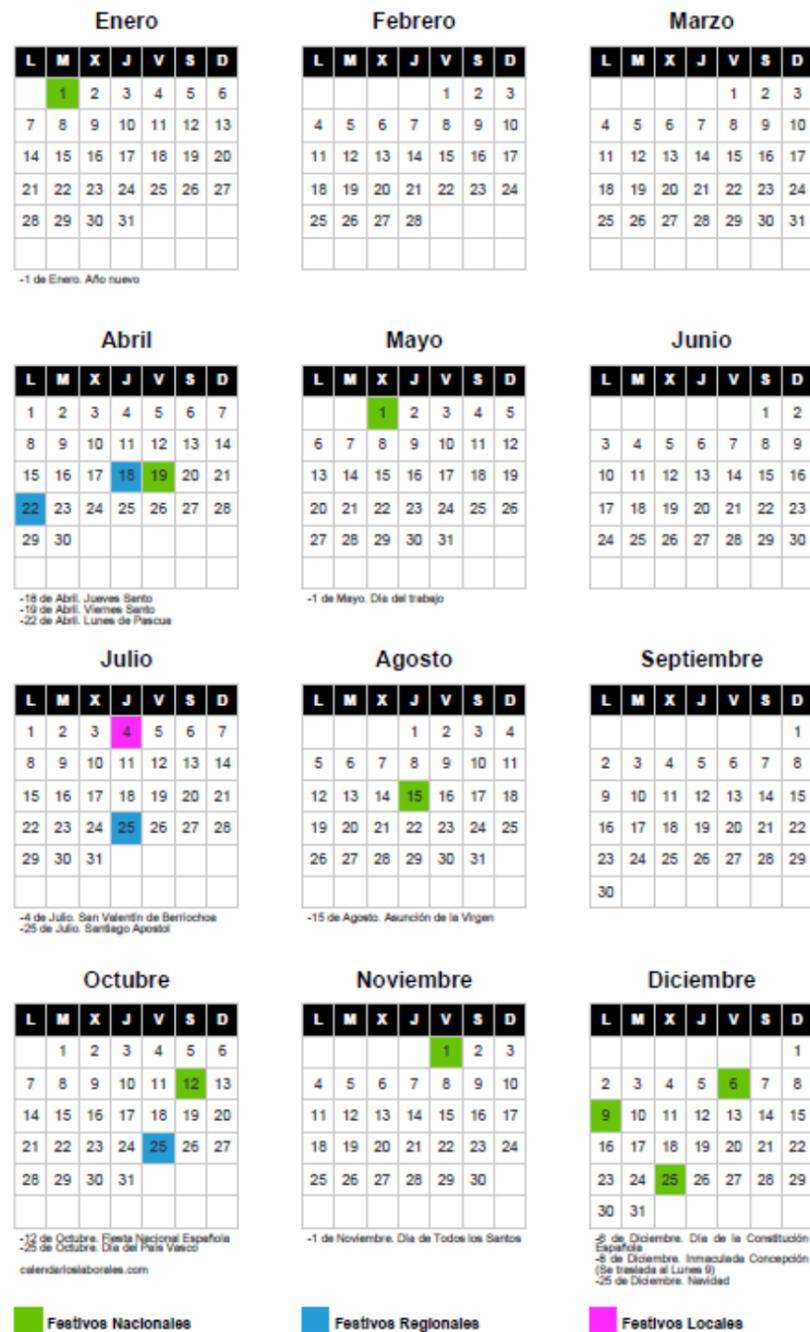
- n: el número de días totales del mes
- d: el número de días laborables

Como puede darse que los días festivos sean de climatología adversa, se admite el siguiente criterio de cálculo el coeficiente total de reducción:

Si para un mes determinado C_f representa el coeficiente de reducción de días festivos, y el C_m el coeficiente de reducción climatológico para una clase de obra determinada

- (1- Cm), representa la probabilidad de que un día cualquiera del mes presente climatología adversa para dicha clase de obra
- (1- Cm) * Cf, representa la probabilidad de que un día laborable presente una climatología adversa.
- El coeficiente de reducción total será por tanto: Ct = 1- (1- Cm) * Cf

Se han considerado los siguientes días laborables por mes según el Calendario Laboral en la provincia de Bizkaia correspondiente al año 2019:



Para el cálculo de los coeficientes, se ha interpolado en los planos de las distintas isólinas mensuales que se obtienen de la publicación "Datos Climáticos para Carreteras" de 1.964.

Coeficiente	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
η_m	0,90	0,90	0,95	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,92	0,92
τ_m	0,28	0,31	0,40	0,49	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,49	0,30
τ'_m	0,75	0,73	0,75	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,89	0,80
λ_m	0,85	0,82	0,92	0,91	0,91	0,93	0,95	0,92	0,91	0,83	0,83	0,84
λ'_m	0,63	0,56	0,71	0,63	0,68	0,72	0,76	0,73	0,70	0,61	0,57	0,56

Los coeficientes de reducción resultantes para unidad de obra son los siguientes:

Unidad de obra	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hormigones	0,77	0,74	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	0,92	0,91	0,08	0,76	0,77
Explanaciones	0,67	0,62	0,77	0,75	0,80	0,83	0,86	0,83	0,81	0,07	0,64	0,64
Áridos	0,85	0,82	0,92	0,91	0,91	0,93	0,95	0,92	0,91	0,83	0,83	0,84
Riegos	0,18	0,17	0,28	0,31	0,61	0,72	0,76	0,73	0,70	0,49	0,28	0,17
M. bitum.	0,47	0,41	0,53	0,51	0,68	0,72	0,76	0,73	0,70	0,06	0,51	0,45

Los coeficientes de reducción Cf por días festivos para cada mes son los siguientes:

DÍAS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Días totales	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Días laborales	22	20	21	19	22	20	21	21	21	22	20	19
Cf	0,71	0,71	0,68	0,63	0,71	0,67	0,68	0,68	0,70	0,71	0,67	0,61

Aplicando la expresión $Ct=1-(1-Cm) \times Cf$ para cada unidad de obra y mes de año, se obtienen los coeficientes reductores mensuales para las distintas unidades de obras susceptibles a las condiciones meteorológicas:

COEF Ct	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HORMIGONES	0,84	0,81	0,91	0,93	0,94	0,95	0,97	0,95	0,94	0,35	0,84	0,86
EXPLANACIONES	0,77	0,73	0,84	0,84	0,86	0,89	0,91	0,88	0,87	0,34	0,76	0,78
PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS	0,89	0,87	0,95	0,94	0,94	0,95	0,97	0,95	0,94	0,88	0,89	0,90
RIEGOS	0,42	0,41	0,51	0,56	0,72	0,81	0,84	0,82	0,79	0,64	0,52	0,49
MEZCLAS BITUMINOSAS	0,62	0,58	0,68	0,69	0,77	0,81	0,84	0,82	0,79	0,33	0,67	0,66

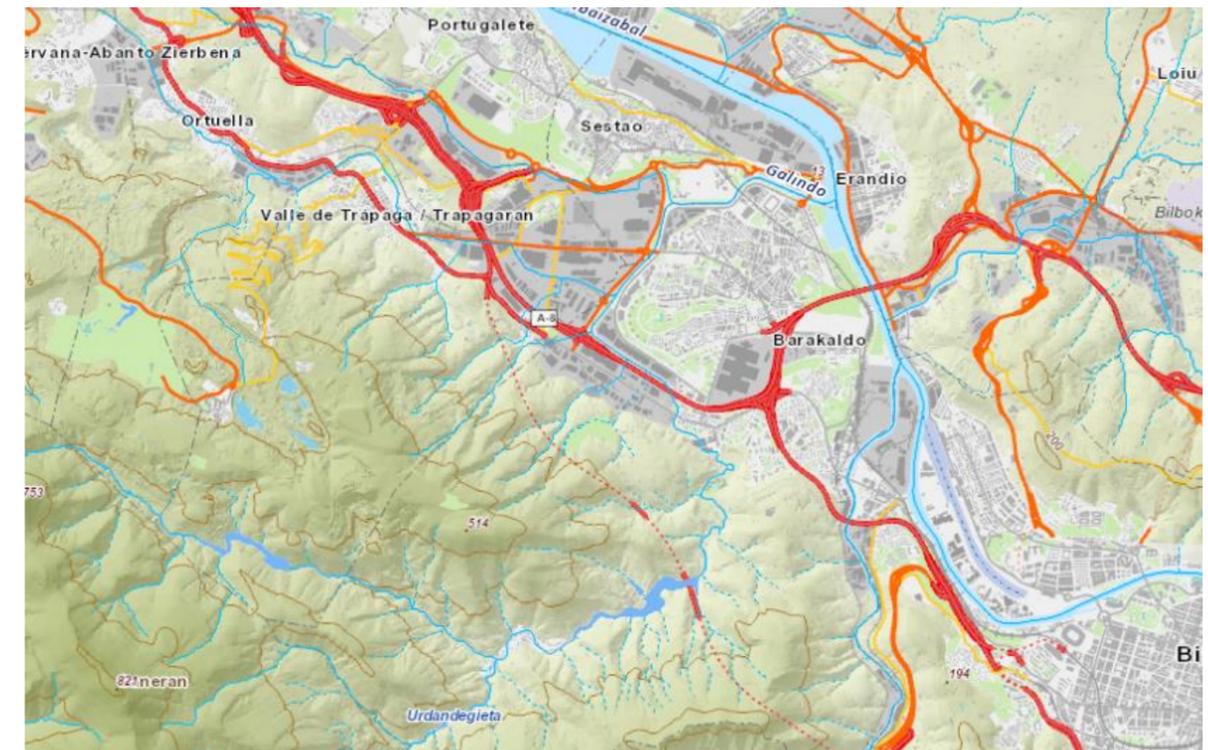
A continuación se reseñan los días trabajables netos para cada actividad.

DÍAS TRABAJABLES NETOS													
ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
HORMIGONES	18	16	19	18	21	19	20	20	20	8	17	16	212
EXPLANACIONES	17	15	18	16	19	18	19	19	18	7	15	15	195
PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS	20	17	20	18	21	19	20	20	20	19	18	17	229
RIEGOS	9	8	11	11	16	16	18	17	17	14	10	9	156
MEZCLAS BITUMINOSAS	14	12	14	13	17	16	18	17	17	7	13	13	171

3 Hidrología

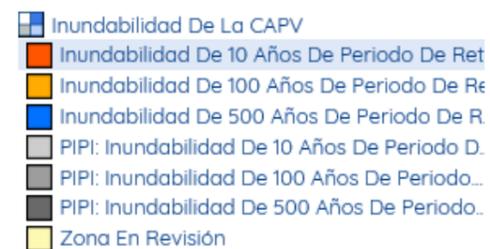
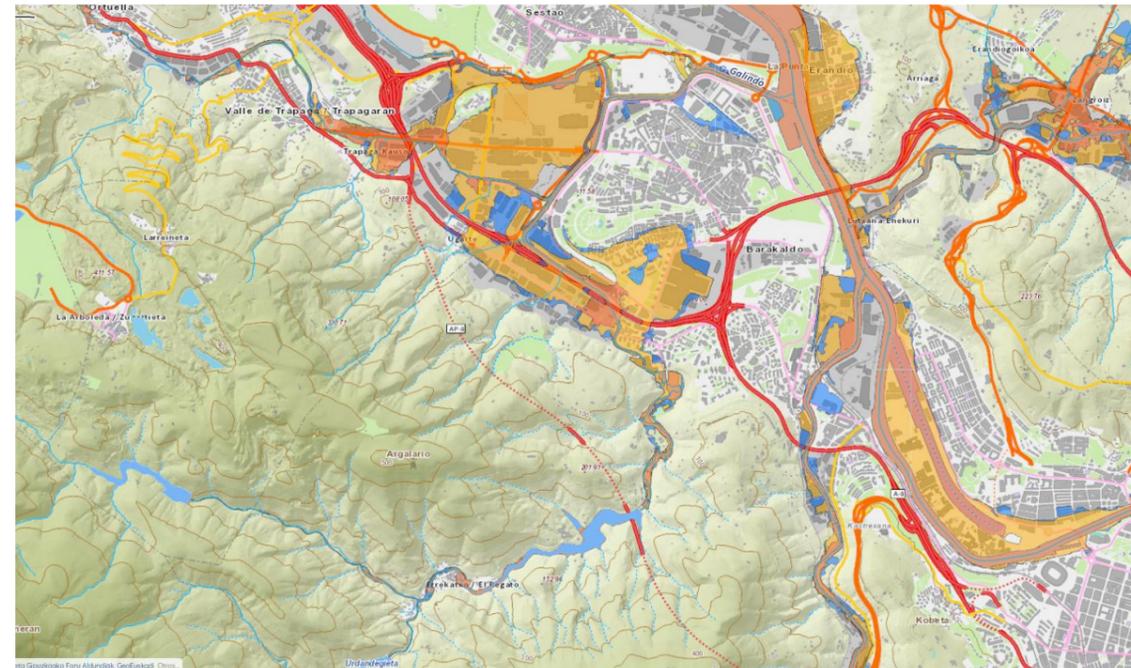
3.1 Introducción

La zona de estudio bordea la ciudad de Bilbao por su margen sur-oeste, presentando una orografía acusada con fuertes desniveles. Por lo que se generan numerosas cuencas vertientes. Los principales cursos fluviales de la zona son el río Galindo y el Kadagua. En la siguiente imagen se pueden apreciar la cantidad de cursos de agua presentes en la zona:



3.2 Inundabilidad

Se han consultado los mapas de inundabilidad de la CAPV disponibles en GeoEuskadi. En fases posteriores de proyecto será necesario analizar en detalle los viaductos propuestos.



3.3 Delimitación de cuencas vertientes y Cálculo de caudales

3.3.1 Introducción

El objeto del estudio hidrológico es obtener las leyes de frecuencia de los caudales máximos correspondientes a las cuencas interceptadas por el trazado de proyecto.

Dichas cuencas, son en general pequeñas, y carecen de registros de caudales por lo que es preciso aplicar métodos hidrológicos de cálculo basados en los datos de precipitaciones máximas y en las características de las cuencas.

De acuerdo con la NAP 1-2-0.3 de la norma de plataforma de ADIF, el método de cálculo a utilizar es una versión modificada del que viene recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial". Dicha versión fue presentada por su autor (J.R. Témez) en el año 1991. Según este método, los valores de

las precipitaciones diarias constituyen datos esenciales en el proceso de cálculo. Se utilizarán dos modelos de cálculo:

- La Dirección General de Carreteras ha publicado (1999) la monografía "Máximas Lluvias diarias en la España peninsular" con una serie de mapas regionales gracias a los cuales se pueden determinar para cualquier período de retorno la máxima precipitación Pd.
- Ajuste estadístico SQRT, donde se deducen las leyes de frecuencia correspondientes a las series de máximas precipitaciones diarias empleando para el ajuste el método de máxima verosimilitud y no el de momentos.

Se compararán ambos los valores obtenidos por ambos modelos, utilizando para el cálculo de drenaje los más desfavorables. Partiendo de los datos de precipitación incluidos en el Estudio Informativo de INECO (año 2015), se realizan los cálculos por los distintos métodos:

3.3.2 Máximas Lluvias diarias en la España peninsular

Los valores extremales de precipitación obtenidos según la distribución SQRT-ETmáx, se compararán con las máximas precipitaciones diarias obtenidas según la publicación "Máximas Lluvias diarias en la España peninsular", seleccionando para cada periodo de retorno el mayor valor de precipitación obtenido, quedando por tanto del lado de la seguridad.

El Ministerio de Fomento publicó en el año 1.997 el "Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España Peninsular", en el cual se calculan dichas precipitaciones en cualquier punto de España siguiendo una distribución estadística SQRT-ET (la cual por su propia definición proporciona siempre resultados más conservadores que la tradicional ley de Gumbel) a partir de los datos obtenidos en 1545 estaciones pluviométricas con más de 30 años de registro, distribuidas por toda la península.

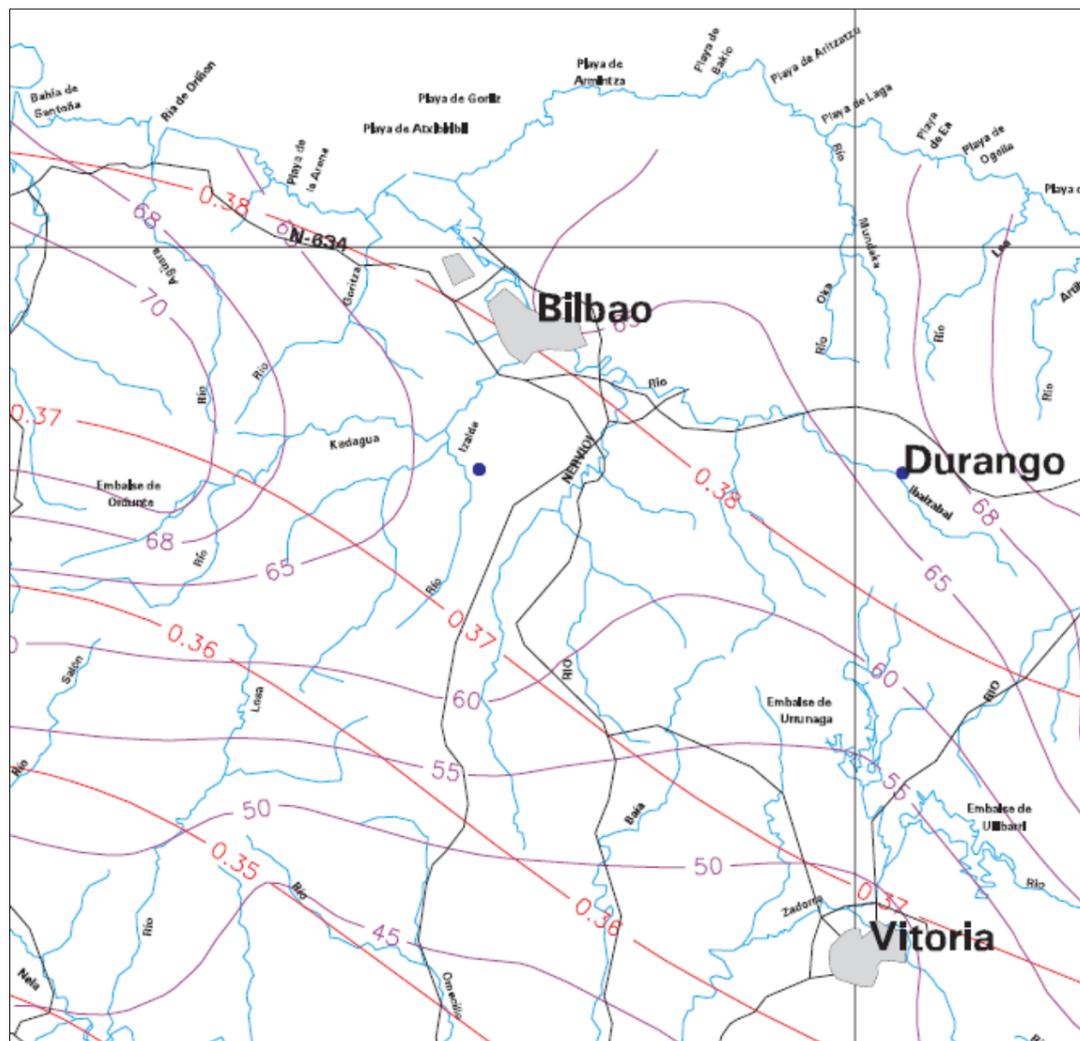
En dicho mapa se representan dos familias de líneas. Una de ellas define el valor medio P de la ley de frecuencia de máximas precipitaciones diarias en cada punto y la otra el coeficiente de variación Cv de dicha ley.

El conocimiento de dicho coeficiente Cv permite determinar el factor YT por el que se debe multiplicar el valor medio P para obtener la lluvia correspondiente a cada período de retorno T, conforme al cuadro que acompaña al mapa y que se reproduce a continuación:

De esta manera, según lo desarrollado en el citado mapa, la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno T, PT, se calcula según la siguiente expresión:

$$P_T = K_T \times P$$

siendo KT el "factor de amplificación", (el cual se obtiene a partir del coeficiente de variación CV y del periodo de retorno T conforme a lo indicado en el propio mapa) y P el valor medio de las precipitaciones diarias máximas anuales.



Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

	Periodo de Retorno (T años)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
Cv: 0,38	0,91	1,24	1,47	1,79	2,05	2,33	2,62	3,01
Pd: 63 mm	57,58	78,12	92,55	112,96	129,28	146,60	164,87	189,88

3.3.3 Distribución SQRY-ETmáx

Para la estación seleccionada, en base a las NAP 1-2-0.3 (Julio 2015), las leyes de frecuencia correspondientes a las series de máximas precipitaciones diarias se deducirán siguiendo el mismo modelo de ley utilizado en el mapa de la Dirección General de Carreteras (SQRT-ETmáx), pero empleándose para el ajuste el método de máxima verosimilitud.

La distribución SQRT-ETmáx es una distribución de reciente implantación, específicamente desarrollada para analizar máximas lluvias diarias. Esta distribución, comparada con las EV-I y EV-III, conduce a resultados que evidencian mayor fiabilidad. La presencia de valores anómalos, denominados "outliers" por

los hidrólogos, es lo más frecuente en la mayor parte de las estaciones pluviométricas nacionales, sea asociados a fenómenos convectivos tipo gota fría, sea por fenómenos extraordinarios asociados a situaciones desconocidas hoy día, por ello esta distribución parece francamente adecuada para su empleo en España.

Para el cálculo de las máximas intensidades de lluvia esperadas, en la zona de actuación, se parte de los datos obtenidos de la estación meteorológica BILBAO/AEROPUERTO cuyos datos de partida se adjuntan en el apéndice correspondiente.

En la siguiente tabla se registran las precipitaciones máximas diarias correspondientes a los años desde 1981 hasta el 2010 de dicha estación:

AÑO	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Precipitación Max (mm)	53,0	55,9	252,6	67,3	48,8	53,7	52,4	48,9	92,4	41,4	83,8	84,6	66,9	55,6	53,5

AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Precipitación Max (mm)	62,0	67,7	65,7	32,1	46,4	42,5	62,6	41,1	43,4	52,6	85,2	41,9	55,4	90,1	108,1

Destaca considerablemente las precipitaciones acontecidas en Agosto de 1983 y que provocaron la inundación de Bilbao.

3.3.4 Análisis estadístico de las precipitaciones máximas

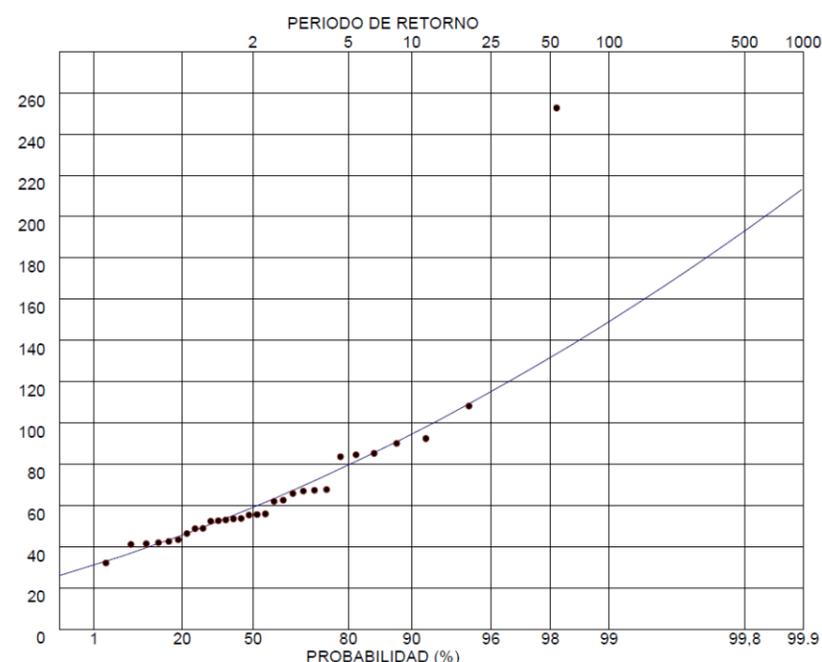
Con estos datos se procede a la obtención de la precipitación asociada para los distintos periodos de retorno, para este estudio se ha realizado el análisis estadístico mediante la función El análisis estadístico se efectúa mediante el tratamiento de los datos con la función SQRT-ET max.

Se aplica el método de la máxima verosimilitud para estimar los parámetros k y α de dicha distribución.

$$F(x) = \exp [-k(1 + \sqrt{\alpha x}) \exp(-\sqrt{\alpha x})]$$

T PERIODO DE RETORNO años	PROBABILIDAD (P<X)	Pd PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA mm/día SQRT-ETmax
2	0,5	59
5	0,8	80
10	0,9	94
25	0,96	115
50	0,98	131
100	0,99	150
200	0,997	168
500	0,998	193

Para el cálculo de caudales se utilizan los resultados de precipitaciones del estudio con estaciones pluviométricas obtenidas mediante el análisis estadístico SQRT-ETmáx, que dan unos resultados de precipitación ligeramente mayor al Mapa de precipitaciones máximas diarias.



3.3.5 Delimitación y evaluación de características físicas de las cuencas

En este apartado se determinan las cuencas interceptadas por la traza. Se han identificado sobre cartografía 5000, delimitándose aquellas cuencas necesarias para definir el drenaje en las secciones a cielo abierto.

La mayoría del trazado discurre en túnel, por lo que tan solo se realiza este estudio de cuencas en las zonas en superficie.

Una vez definidas cartográficamente las cuencas, se procede a la determinación de sus parámetros físicos más significativos que servirán para el desarrollo de los métodos de cálculo de caudales punta. Los parámetros físicos definidos y el método seguido para su obtención han sido:

- Superficie: por medición con programas de CAD sobre la cartografía en la que aparecen representadas todas las cuencas.
- Cota máxima: por identificación sobre la cartografía en la que aparecen las cuencas.
- Cota mínima: por identificación sobre la cartografía en la que aparecen las cuencas.
- Desnivel: diferencia entre cotas máxima y mínima.
- Longitud: por medición con programas de CAD sobre la cartografía en que aparecen las cuencas.
- Pendiente: cociente entre el desnivel y la longitud.
- Tiempo de concentración: por aplicación de la formulación recomendada en la Instrucción 5.2-I.C.

A continuación, se incluye una tabla donde se recogen las características físicas de la cuenca y subcuenca interceptadas por la traza en el ámbito de Ortuella.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS ALTERNATIVA A							
CUENCA	ÁREAS		LONG.	COTAS		PEND.	T _c
	TERRENO (Ha)	CALZADA (Ha)	VAGUADA (Km)	MÁX. (m)	MÍN. (m)		
C-0.75	14,20	0,00	0,70	193,53	63,07	0,19	18,89

CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS ALTERNATIVA B							
CUENCA	ÁREAS		LONG.	COTAS		PEND.	T _c
	TERRENO (Ha)	CALZADA (Ha)	VAGUADA (Km)	MÁX. (m)	MÍN. (m)		
C-0.75	1,74	0,00	0,27	144,23	33,20	0,41	7,88

3.3.6 Obtención de caudales de cálculo

3.3.6.1 Introducción

El caudal máximo anual correspondiente a un determinado período de retorno QT, se debe determinar a partir de la información sobre caudales máximos que proporcione la Administración Hidráulica competente. En caso de no disponer de dicha información, como es el caso, se debe calcular a través de la metodología que se establece en los apartados siguientes.

A los efectos de la nueva Instrucción 5.2-IC se consideran los siguientes métodos de cálculo de caudales:

- **Racional:** Supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie.
- **Estadístico:** Se basa en el análisis de series de datos de caudal medidos en estaciones de aforo u otros puntos. Dichas series se pueden complementar con datos sobre avenidas históricas.
- **Otros métodos hidrológicos:** que deben ser adecuados a las características de cada cuenca.

La elección del método de cálculo más adecuado a cada caso concreto debe seguir el siguiente procedimiento:

En cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados ($A < 50 \text{ km}^2$); caso que nos ocupa:

- Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.
- Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos se debe aplicar el método racional. Dicho método se deberá particularizar cuando las obras se ubiquen en el Levante y Sureste peninsular.

3.3.6.2 Método Racional

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual Qt, correspondiente a un período de retorno T, se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

donde:

- Q_t (m³/s): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
- $I(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.
- C (adimensional): Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A (km²): Área de la cuenca o superficie considerada.
- K_t (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

3.3.6.3 Tiempo de Concentración

Tiempo de concentración t_c , es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe.

- Para cuencas principales, definidas como aquellas cuencas cuyo punto de desagüe es un puente o una obra de drenaje transversal de la obra lineal, el tiempo de concentración se calcula según la fórmula propuesta por J.R. Témez. Esta expresión se completa con un coeficiente reductor que distingue las cuencas urbanas de las no urbanas y, a su vez, diferencia las no urbanas entre las rurales y las urbanizadas.
 - Cuencas no urbanas:
 - Cuencas rurales, con un grado de **urbanización inferior al 4%** del área de la cuenca (que son todas las del proyecto):

$$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

En aquellas cuencas principales de pequeño tamaño en las que el tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno sea apreciable respecto al tiempo de recorrido total no será de aplicación la fórmula anterior, debiendo aplicarse las indicaciones que se proporcionan a continuación para cuencas secundarias. Se considera que se produce esta circunstancia cuando el tiempo de concentración calculado mediante la fórmula anterior sea $t_c \leq 0,25h$. En esta situación se considera un valor del número de Manning de 0.050, suponiendo una cobertura de terreno sin vegetación.

En este caso, el tiempo de concentración se debe determinar dividiendo el recorrido de la escorrentía en tramos de características homogéneas inferiores a trescientos metros de longitud (300 m) y sumando los tiempos parciales obtenidos, distinguiendo entre:

- Flujo canalizado a través de cunetas u otros elementos de drenaje. Se puede considerar régimen uniforme y aplicar la ecuación de Manning.
- Flujo difuso sobre el terreno:

$$t_{dif} = 2 \cdot L_{dif}^{0,408} \cdot n_{dif}^{0,312} \cdot J_{dif}^{-0,209}$$

donde:

t_{dif} (minutos): Tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno.

n_{dif} (adimensional): Coeficiente de flujo difuso según la tabla siguiente.

L_{dif} (m): Longitud de recorrido en flujo difuso

J_{dif} (adimensional): Pendiente media

Cobertura del terreno		n_{dif}
Pavimentado o revestido		0,015
No pavimentado ni revestido	Sin vegetación	0,050
	Con vegetación escasa	0,120
	Con vegetación media	0,320
	Con vegetación densa	1,000

Valores del coeficiente de flujo difuso n_{dif}

El valor del tiempo de concentración t_c , a considerar se obtiene de la tabla siguiente:

t_{dif} (minutos)	t_c (minutos)
≤ 5	5
$5 \leq t_{dif} \leq 40$	t_{dif}
≥ 40	40

Determinación de t_c en condiciones de flujo difuso

3.3.6.4 Intensidad de Precipitación

La intensidad de precipitación $I(T, t)$ correspondiente a un período de retorno T, y a una duración del aguacero t, a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_{dc} \cdot F_{int}$$

donde:

- $I(T, t)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t.
- I_{dc} (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T.
- F_{int} (adimensional): Factor de intensidad

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca Q_t , es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$) de dicha cuenca.

3.3.6.4.1 Intensidad media diaria de precipitación corregida: I_{dc}

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T, se obtiene mediante la fórmula

$$I_{dc} = \frac{P_d}{24} \cdot K_A$$

donde:

- I_{dc} (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T
- P_d (mm): Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T

- KA (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

Para la determinación de la precipitación diaria correspondiente al período de retorno T, Pd, se debe adoptar el mayor valor de los obtenidos a partir de:

- Datos publicados por la Dirección General de Carreteras.
- Estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales, medidas en los pluviómetros existentes en la cuenca, o próximos a ella. Se debe ajustar a la serie de precipitaciones máximas registrada en cada pluviómetro, la función de distribución extremal más apropiada a los datos de la zona, considerando al menos la SQRT ET-max.

Los valores de precipitación adoptados son los indicados en el apartado nº 3.3.4 “Análisis de las precipitaciones máximas”.

3.3.6.4.2 Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca:

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca KA, tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente formula:

$$\begin{aligned} \text{Si } A < 1 \text{ km}^2 & \quad KA = 1 \\ \text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 & \quad KA = 1 - \frac{\log_{10} A}{15} \end{aligned}$$

donde:

KA (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca
 A (km²): Área de la cuenca

3.3.6.4.3 Factor de intensidad Fint:

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero t
- El período de retorno T, si se dispone de curvas intensidad – duración - frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = \max(F_a, F_b)$$

donde:

F_{int} (adimensional): Factor de intensidad
 Fa (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I₁/I_d)
 Fb (adimensional): Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

Obtención de F_a

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3,5287 - 2,5287 \cdot t^{0,1}}$$

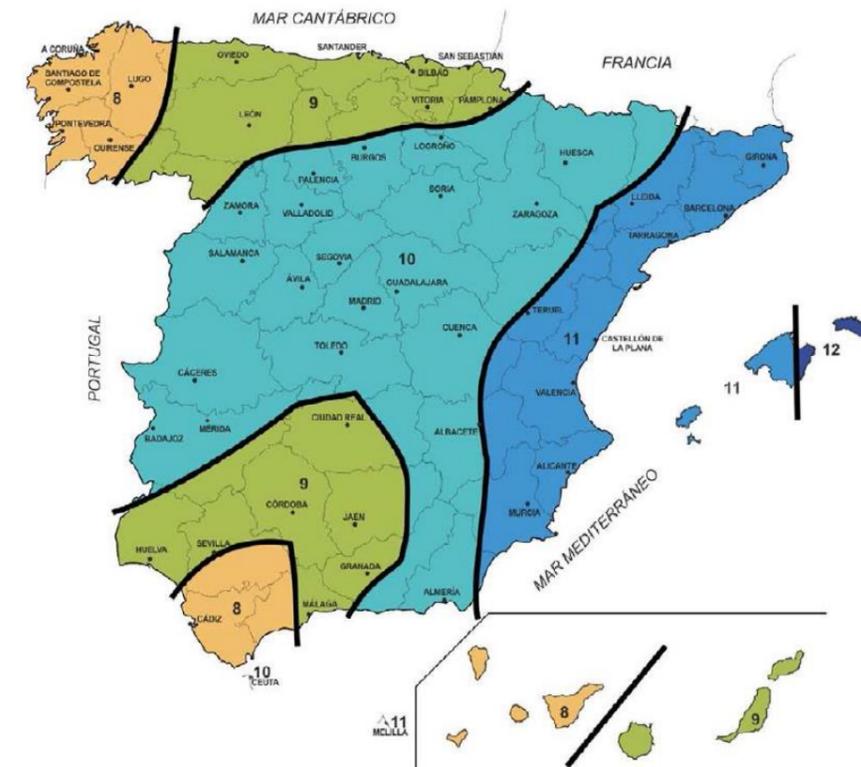
donde:

Fa (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I₁/I_d).

I₁/I_d (adimensional): Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa incluido a continuación. De estas figuras se ha fijado un valor para el índice de torrencialidad de 10.

t (horas): Duración del aguacero.

Para la obtención del factor Fa, se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración (t=tc).



Mapa del índice de torrencialidad (I₁/I_d) incluido en la Instrucción 5.2 IC

Obtención de F_b

$$F_b = k_b \cdot \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

donde:

Fb (adimensional): Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.
 I_{IDF}(T,tc) (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración tc, obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo empleado.
 I_{IDF}(T,24) (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas (t=24h), obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo empleado.

kb (adimensional): Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar $k_b=1,13$

No existen datos de pluviógrafo cercano, así que se va a usar solo Fa.

3.3.6.5 Coeficiente de Escorrentía

3.3.6.5.1 Fórmula de cálculo

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad I(T, tc) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía C, se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Si } Pdc \cdot KA > Po & \quad C = \frac{\left(\frac{Pdc \cdot KA}{Po} - 1\right) \cdot \left(\frac{Pdc \cdot KA}{Po} + 23\right)}{\left(\frac{Pdc \cdot KA}{Po} - 11\right)^2} \\ \text{Si } Pdc \cdot KA \leq Po & \quad C = 0 \end{aligned}$$

donde:

C (adimensional): Coeficiente de escorrentía

Pdc (mm): Precipitación diaria corregida correspondiente al período de retorno T considerado.

KA (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

Po (mm): Umbral de escorrentía

3.3.6.5.2 Umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía Po , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$Po = Po^i \cdot \beta$$

donde:

Po (mm): Umbral de escorrentía

Po^i (mm): Valor inicial del umbral de escorrentía

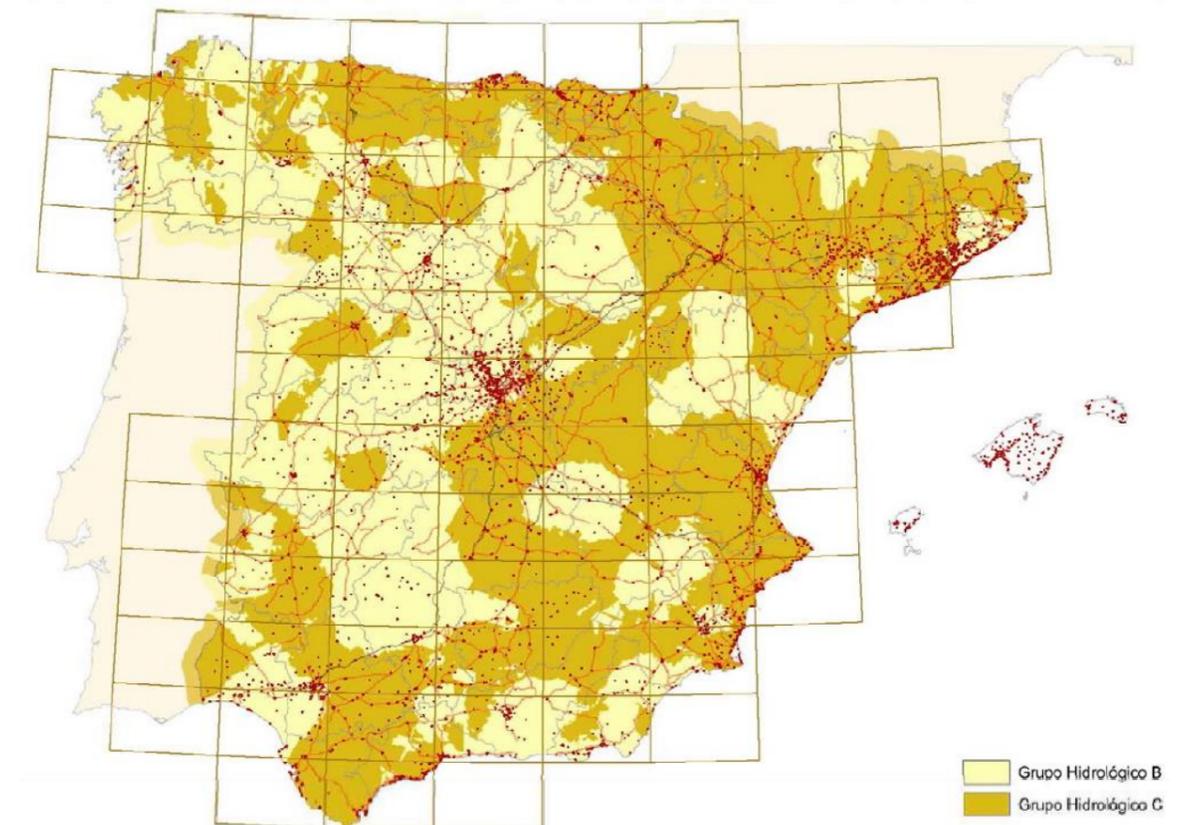
β (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

El valor inicial del umbral de escorrentía Po^i , se determinará como se refiere a continuación, a partir de:

- Series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor de Po^i para una determinada localización geográfica. Normalmente, dicho valor en cada punto se obtendrá como promedio en la cuenca vertiente al punto de cálculo de una determinada discretización espacial llevada a cabo sobre el territorio.
- Tabla de valores iniciales del umbral de escorrentía, incluida a continuación, en las siguientes circunstancias:
 - Cuando la información referida en el párrafo precedente no se encuentre disponible.
 - Cuando el tamaño de la cuenca sea similar (o inferior) al tamaño de la discretización espacial efectuada.
 - En problemas específicos de escorrentía urbana.

- Para la definición del drenaje de plataforma y márgenes
- Cuando se tenga constancia de cambios de uso del suelo con posterioridad a la elaboración de las series de datos o mapas a que se hace referencia en el párrafo anterior.
- Para la realización de cálculos en que se supongan modificaciones de los usos del suelo, respecto a lo reflejado en las mencionadas series de datos o mapas.

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se debe realizar a partir del mapa de la figura siguiente, en la que las cuencas del proyecto se sitúan en zona de Grupo Hidrológico C:



Mapa de grupos hidrológicos de suelo

Como la Norma 5.2-IC especifica que, cuando se disponga de información más detallada, en el proyecto, se puede justificar el cambio del grupo hidrológico de suelo en alguna cuenca concreta, se interpreta el espíritu de este párrafo de la norma en el sentido de que no se debe cambiar el grupo hidrológico salvo casos muy justificados y para cuencas concretas del proyecto, por lo que se prefiere mantener esta elección para todas las cuencas del trazado.

Los valores de umbral de escorrentía Po , asociados a los diferentes tipos de aprovechamientos son los siguientes:

Usos del Suelo	Po^i
Cultivos	16
Urbano continuo	1
Arbustos	22

Prados	18
Bosque de Plantación	31
Bosque	31
Pastizal-Matorral	18
Transportes	1
Urbano discontinuo	8
Otras superficies artificiales	8
Industrial	3
Primario	8

Para el cálculo de caudales del presente proyecto se ha optado por un valor del umbral de escorrentía inicial de 20, excepto para la C-0,75 de la Alternativa A y C-0,60 de la Alternativa B, de carácter más urbano donde se utilizará un valor de 10. Además en las zonas totalmente urbanas el valor de P_{oi} es de 1.

3.3.6.5.3 Coeficiente corrector del umbral de escorrentía: β

La formulación del método racional efectuada en los epígrafes precedentes requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía β . Se pueden distinguir los siguientes casos, en función de los datos disponibles:

- Cuando se disponga de una calibración específica para una cuenca concreta, el valor del coeficiente corrector a aplicar es, directamente, el obtenido en ella.
- Cuando se disponga de datos sobre caudales suficientemente representativos para una cuenca concreta o cuencas próximas similares, se debe efectuar una calibración por comparación entre datos reales y resultados del método racional, de tal forma que los caudales correspondientes a distintos períodos de retorno obtenidos a partir del análisis estadístico de los datos de caudal, coincidan sensiblemente con los obtenidos mediante la aplicación del método.
- Cuando no se disponga de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se puede tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos correspondientes a las regiones de la tabla y figura siguientes. En este último caso, se debe proceder como se indica a continuación:
 - En las cuencas del Levante y Sureste peninsular se debe estar a lo especificado en el “método de cálculo para las cuencas pequeñas del Levante y Sureste Peninsular”.
 - En el resto de las cuencas se debe proceder como sigue, atendiendo al tipo de obra de que en cada caso se trate:
 - Drenaje transversal de vías de servicio, ramales, caminos, accesos a instalaciones y edificaciones auxiliares de la carretera y otros elementos anejos (siempre que el funcionamiento hidráulico de estas obras no afecte a la carretera principal) y drenaje de plataforma y márgenes: Se debe aplicar el producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía por un factor dependiente del período de retorno T, considerado para el caudal de proyecto en el elemento de que en cada caso se trate:

$$\beta^{PM} = \beta \cdot F_T$$
 - Drenaje transversal de la carretera (puentes y obras de drenaje transversal): producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía corregido por el valor correspondiente al intervalo de confianza del cincuenta por ciento, por un factor dependiente del período de retorno T considerado para el caudal de proyecto, es decir:

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) \cdot F_T$$

donde:

- β^{PM} (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares
- β^{DT} (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera
- β_m (adimensional): Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.
- F_T (adimensional): Factor función del período de retorno T
- Δ_{50} (adimensional): Desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al cincuenta por ciento (50 %).



Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía

En el proyecto se puede justificar la conveniencia de adoptar, en algún caso concreto, un intervalo de confianza superior al definido con carácter general en los párrafos precedentes.

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Periodo de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

En Ceuta y Melilla se adoptarán valores similares a los de la región 61.
Pueden obtenerse valores intermedios por interpolación adecuada a partir de los datos de esta tabla
En todos los casos $F_{10}=1,00$

Coefficiente corrector del umbral de escorrentía. Valores correspondientes a calibraciones regionales.

3.3.6.6 Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

El coeficiente K_t tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{tc_c^{1,25}}{tc_c^{1,25} + 14}$$

donde:

- K_t (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
- tc (horas): Tiempo de concentración de la cuenca

3.3.6.7 Caudales de Cálculo

En las tablas que se presentan a continuación figura el resultado del cálculo de los caudales para ambas alternativas según el método descrito hasta ahora para los diferentes períodos de retorno considerados: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500.

ALTERNATIVA A

CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS				Q (m³/s)				
CUENCA	ÁREAS		T_c	PERÍODOS DE RETORNO (años)				
	TERRENO (Ha)	CALZADA (Ha)		2	25	50	100	500
C-0.75	14,20	-	18,89	1,343	2,877	3,218	3,673	4,809

ALTERNATIVA B

CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS				Q (m³/s)				
CUENCA	ÁREAS		T_c	PERÍODOS DE RETORNO (años)				
	TERRENO (Ha)	CALZADA (Ha)		2	25	50	100	500
C-0.75	1,74	-	7,88	0,165	0,353	0,394	0,450	0,589

4 Drenaje

4.1 Introducción

El objeto de este punto es definir las obras de drenaje necesarias para dar continuidad a los cauces asociados a las cuencas interceptadas por la traza. También se definen los sistemas de drenaje longitudinal que se encargarán de la evacuación de las aguas de escorrentía sobre los taludes y sobre la propia plataforma.

La comprobación hidráulica de los sistemas proyectados se hará a partir de los caudales calculados en el apartado 3. Hidrología para los diferentes períodos de retorno.

Para el diseño de los elementos de drenaje se seguirá lo indicado en:

- Norma 5.2- I.C de drenaje superficial editada por Ministerio de Fomento en febrero 2016 (Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 – IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Publicada en el BOE nº 60 de 10 de marzo de 2016.)
- Instrucciones y recomendaciones para la redacción de los proyectos de plataforma de ADIF. En concreto, la NAP 1-2-0.3 (edición Julio 2015).

En las fases posteriores de trabajo deberá comprobarse y actualizarse la información con el objetivo de realizar los ajustes necesarios en las actuaciones proyectadas.

4.2 Drenaje Transversal

Se han dispuesto obras de drenaje transversal para desaguar todas las vaguadas naturales interceptadas por la plataforma ferroviaria.

Para los tramos en superficie se ha realizado un estudio hidrológico, incluido en el apartado de Climatología e Hidrología, para obtener los caudales correspondientes a diferentes periodos de retorno, y se ha comprobado la capacidad de las obras de drenaje.

El predimensionamiento se ha realizado de la forma habitual, fijando unas dimensiones de los conductos en función del caudal máximo que deba conducir en cada caso.

4.2.1 Periodos de retorno

En la determinación de los períodos de retorno para el dimensionamiento de las obras, así como para realizar las pertinentes comprobaciones hidráulicas, se han tenido en cuenta los condicionantes recogidos en la NAP 1-2-0.3 de drenaje de ADIF así como en Norma 5.2- I.C de drenaje superficial editada por Ministerio de Fomento.

En la siguiente tabla se reflejan los períodos de retorno utilizados para los cálculos hidráulicos, que conducen al dimensionamiento de las obras de drenaje correspondientes:

Tipo de elemento	Período de Retorno en años
Obras de drenaje transversal	100
Drenaje longitudinal	25

4.2.2 Criterios de dimensionamiento

Se definen en este apartado los criterios seguidos en el dimensionamiento de las nuevas obras de drenaje.

- El caudal de diseño de las obras de drenaje transversal se realizará para un periodo de retorno de 100 años según la Instrucción 5.2.I-C., la mínima dimensión de una obra de drenaje transversal es función de su longitud. El objeto es conseguir una velocidad mínima adecuada, así como facilitar las labores de limpieza y mantenimiento. A la vista del ancho previsto de la plataforma, en nuestro caso el conducto mínimo que se debe utilizar es el de 1,80 m de diámetro.

L (m)	D _L (m)
L (m) < 3	D _L (m) ≥ 0,6
3 ≤ L (m) < 4	D _L (m) ≥ 0,8
4 ≤ L (m) < 5	D _L (m) ≥ 1,0
5 ≤ L (m) < 10	D _L (m) ≥ 1,2
10 ≤ L (m) < 15	D _L (m) ≥ 1,5
L (m) ≥ 15	D _L (m) ≥ 1,8

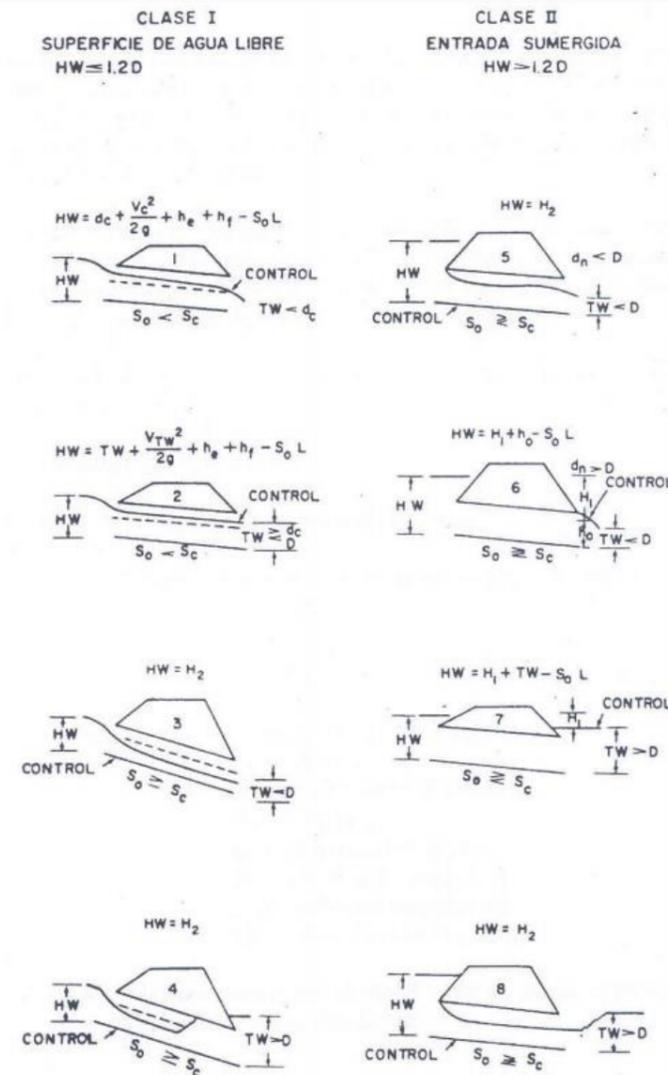
- Las obras transversales que sirven para dar paso a acequias, puesto que poseen un caudal independiente de la escorrentía superficial, no se consideran obras de drenaje transversal y por lo tanto no están sujetas a los criterios de dimensionamiento de la Instrucción 5.2.I-C. Se consideran como un servicio afectado y se analizarán en el anejo correspondiente.
- Conducto de planta lo más recta posible, minimizando las modificaciones del cauce natural, es decir, intentando mantener la dirección y pendientes naturales del cauce.
- Velocidad máxima para el caudal de diseño en el interior de las obras de drenaje de hormigón de 6 m/s.
- Entrada no sumergida. Para ello se suele limitar la cota de energía a la entrada de la OD al 20% de la altura del conducto por encima de la clave, es decir $H_w < 1.2 * D$, siendo; D= Altura del conducto; H_w= altura de la lámina de agua a la entrada.
- Cota de la lámina de agua por debajo de 0,5 metros de la base del balasto para la avenida de 500 años.
- Para evitar los aterramientos el diseño de las obras de drenaje transversal proyectadas cumple las siguientes medidas:
 - El trazado en planta de las obras de drenaje transversal se ha proyectado, teniendo en cuenta que su salida se asienta sobre terreno natural evitando zonas inestables.
 - En los cálculos hidráulicos de las OD se tiene en cuenta el efecto desfavorable que produce la presencia de sedimentos de diferente índole en el interior del conducto. De esta manera se toma un coeficiente de rugosidad del lado de la seguridad de $n=0,015$.
 - Se dispone de aletas a la entrada y salida de las OD, de este modo se adoptan los siguientes coeficientes de pérdidas:

$$K_e = 0,4 \text{ (entrada) en marcos y } K_e = 0.5 \text{ (entrada) en tubos}$$

Con estas directrices se ha realizado el diseño de la obra de drenaje transversal más apropiada en cada uno de los cauces.

Las obras de drenaje transversal basan su cálculo hidráulico en la metodología propuesta por el Bureau of Public Roads de los Estados Unidos de América (U.S.B.R.).

Según esta metodología, se trata de determinar las llamadas "condiciones de funcionamiento" de las obras de desagüe que, sin ser las únicas posibles, se recogen en una figura en la que se presentan 8 condiciones típicas de funcionamiento. Esta figura es la que se muestra continuación:



Condiciones de funcionamiento típicas de obras de desagüe

El proceso de cálculo consiste en determinar cuál de los 8 casos que figuran en la figura anterior es el que determina el funcionamiento de la obra. Para su cálculo, se ha utilizado una hoja de cálculo en la que se ha programado el método propuesto.

Para la determinación del tipo de funcionamiento de cada obra concreta de drenaje proyectada, se han obtenido todos los datos y determinaciones previas necesarias para la aplicación del método. Estos, son:

1. Datos básicos:

Los datos de cálculo necesario para la aplicación del método propuesto por el Bureau of Public Roads son:

- Tipología de la entrada: define el coeficiente "Ke", de pérdidas de carga en la entrada "he".
- Cota de entrada y salida: "Ze" y "Zs" respectivamente, necesarias para obtener el desnivel entre la entrada y la salida, y junto con la longitud de la obra, obtener su pendiente.
- Tipología de la obra: determinará las distintas formulaciones a emplear en los cálculos hidráulicos relativas al tirante, al perímetro y a la superficie mojados que quedan definidas al establecerse la geometría de la sección del desagüe (circular, rectangular, etc.).
- Dimensiones del colector: son las que darán valores concretos a las formulaciones establecidas para las distintas tipologías de obra utilizadas al definir su tamaño. La altura de la sección se denomina "D" para respetar la nomenclatura del Bureau of Public Roads:
 - Para secciones circulares, el parámetro "D" corresponde al diámetro de la obra
 - Para secciones rectangulares, el parámetro "D" corresponde a la altura de la obra.
- Longitud de la obra: "L", es necesaria para calcular la pendiente de la misma, así como las pérdidas de carga producidas en el colector por el rozamiento del agua.
- Pendiente de la obra: "So", será la necesaria para ver si la pendiente de la obra es fuerte o suave en relación con la pendiente crítica determinada exclusivamente por la geometría, dimensiones y el caudal de la sección estudiada.
- Rugosidad del material: el parámetro utilizado es el coeficiente "n" de rugosidad de Manning que depende fundamentalmente del material de la obra y de sus dimensiones. Es necesario para determinar las pérdidas por fricción en el interior de la obra de drenaje, "hf", que después se detallarán.
- Cota de lámina de agua, aguas abajo: "T w", que es la lámina que tiene el cauce de salida y puede ser debida a la circulación por el mismo del caudal desaguado o bien a una lámina impuesta por otros agentes como por ejemplo la lámina del lugar en el que se realiza dicho desagüe (río en avenidas, embalse, etc.).
- Caudal de diseño: "Q", es evidentemente el dato base de partida de todos los cálculos hidráulicos que se van a realizar con objeto de determinar el funcionamiento de la obra de drenaje.

2. Procedimiento de cálculo

El proceso seguido consiste en determinar la altura de agua a la entrada de cada obra de drenaje como si fuera de cada uno de los 8 tipos presentados en la figura anterior. De esta forma, se determinan las condiciones de los parámetros que definen cada tipo de funcionamiento y, si las condiciones son cumplidas, ese tipo de funcionamiento es factible para la obra y en caso contrario queda descartado.

En caso de existir un solo tipo de los 8 que cumpla todas las condiciones necesarias para serlo, esta será la solución. En caso de existir más de un tipo se adoptará como solución aquel que sea más conservador con objeto de aumentar la seguridad en el dimensionamiento de la obra, y no de reducirla.

Finalmente, en caso de que la obra en estudio no tenga un funcionamiento recogido por ninguno de los 8 casos presentados, se estudiará el porqué, determinando a qué tipo pertenecerá en caso de cambiar alguna de las condiciones no cumplidas o se tanteará una nueva obra con diferentes características, tipología, pendiente, cotas de entrada-salida, etc. hasta encontrar una solución.

El proceso seguido para evaluar el funcionamiento de las obras de drenaje es el siguiente:

- A Introducción de los datos básicos indicados anteriormente: dimensiones, cotas, caudal, geometría, coeficientes de pérdidas.
- B Cálculo de la cota de lámina en el cauce de salida "Tw".

Este calado "Tw" en el cauce de salida se puede introducir tras el cálculo de calado, para dicho caudal de diseño y tanto del régimen uniforme como del crítico, en una sección aguas abajo de la salida de la obra de drenaje, ya en dicho cauce. En este caso, se introducen como datos los siguientes de dicha sección:

- Geometría de una sección representativa de dicho cauce y pendiente del mismo.
- Coeficiente de rugosidad

De esta forma, se calculan el régimen uniforme y el crítico en dicha sección y se estima, a raíz de los mismos, el TW a la salida de la obra de drenaje con los siguientes criterios:

- Si el régimen es rápido (calado uniforme inferior al crítico), se asumirá como TW el crítico ya que en un cauce de salida natural nunca se alcanza el régimen rápido debido a las turbulencias y a la sucesión de resaltos que se originan.
- Si el régimen es lento (calado uniforme superior al crítico), se asumirá el uniforme ya que se irá remansando hacia él.

En cualquiera de los dos casos, el criterio es asumir el Tw mayor, quedando del lado de la seguridad.

3. Cálculo de las condiciones hidráulicas de la sección de la obra de drenaje:

- *Régimen uniforme*, que proporciona el calado uniforme "dn" deduciéndolo según la expresión de las pérdidas por la fórmula de Manning:

$$I = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}}$$

Siendo:

- I = pendiente de la obra de drenaje, So
- n = rugosidad de Manning
- V = velocidad en régimen uniforme con Q, el caudal de diseño y S, la superficie mojada para el calado uniforme "dn".

$$V = Vn = Q/S$$

- Rh = radio hidráulico con S, la superficie mojada y P, el perímetro mojado, ambos para el calado uniforme "dn".

$$Rh = S/P$$

- *Régimen crítico*, que nos da el calado crítico "dc" y la pendiente crítica "Sc" deduciéndolos según las siguientes expresiones:

a)

$$F = \frac{V}{\sqrt{g S / T}}$$

Siendo:

- F = número de Froude, que es igual a la unidad en régimen crítico, F=1
- V = velocidad en régimen crítico con Q, el caudal de diseño y S, la superficie mojada para el calado crítico "dc".

$$V = Vc = Q/S$$

- T = tirante de la lámina de agua para el calado crítico "dc".

b)

$$I = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}}$$

con todas las variables iguales que la del régimen uniforme, siendo en este caso para el crítico, con lo que se obtiene la pendiente crítica: I = Sc

Cuando las dimensiones de la obra son insuficientes para conducir el caudal de cálculo en lámina libre, no es posible calcular los valores característicos del régimen crítico, por lo que se fijan tanto el calado crítico como el calado uniforme con un valor igual a la altura máxima de la obra, D.

- *Régimen marcado por un calado TW en la obra*. Se calcula como el uniforme para este calado que en caso de ser superior a la altura de la obra "D", se calculará para un calado igual a dicha altura, es decir, a sección llena.
- *Régimen marcado por un calado 1,1dc*. Se calcula igual para este calado o a sección llena en caso de superar la altura de la obra.
- *Régimen marcado por un calado de 2/3 de la altura "D"*. Se calcula igual que las anteriores para este calado.

4. Determinación de las pérdidas de carga: Una vez realizados estos cálculos, se determinan las pérdidas de carga, tanto continuas como localizadas en la entrada:

- *Pérdidas continuas*: se determinan las pérdidas continuas en el interior de la obra de drenaje, "hf", tomándose estas como las dadas por la fórmula de Manning:

$$h_f = \left(\frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}} \right) \cdot L$$

en la que todos los términos que aparecen ya han sido descritos. Estas pérdidas se determinan para todos los términos que aparecen ya han sido descritos.

Estas pérdidas se determinan para todos los regímenes que se han estudiado (con calados: dn, dc, 1.1dc y D) y se adoptan para el cálculo las siguientes:

- si So < Sc (pendiente suave), se adoptan las dadas por el calado menor entre dn y 1,1dc.
- si So = Sc (pendiente crítica), se adoptan las dadas por el calado crítico dc.
- si So > Sc (pendiente fuerte), se adoptan las dadas por el calado uniforme dn.

En ningún caso, se toma esta pérdida menor a la dada por el calado correspondiente a la sección llena, D, ya que este calado será el mayor que se pueda presentar en la obra.

- **Pérdidas localizadas en la entrada:** para la determinación del coeficiente de pérdidas a la entrada, K_e , se tiene en cuenta lo estipulado en la Instrucción 5.2 IC "Drenaje Superficial", resumido en la siguiente tabla:

Valores de K_e

Tubo de hormigón	
Exento	0,6
Con muro de acompañamiento	0,4
Con aletas	0,3
Otros conductos de hormigón	
Exento	0,6
Con muro de acompañamiento	0,4
Con aletas	0,2
Tubo corrugado	
Exento	0,8
Ataluzado	0,7
Con muro de acompañamiento	0,6
Con aletas	0,3

5. **Cálculo de la altura de agua en la entrada de la obra:** A continuación, se determina la altura de agua en la entrada de la obra para cada caso según las siguientes ecuaciones:

TIPO 1: $HW(I.1) = dc + \frac{V_c^2}{2g} + K_e \cdot \frac{V_e^2}{2g} + h_f - S_o \cdot L$

Siendo:

- h_f y V_e , los correspondientes al menor calado entre dn y $1.1dc$

TIPO 2: $HW(I.2) = TW + \frac{V_{TW}^2}{2g} + K_e \cdot \frac{V_e^2}{2g} + h_f - S_o \cdot L$

Siendo:

- V_{TW} la correspondiente al menor calado entre D y TW

- h_f y V_e , los correspondientes al menor calado entre dn y $1.1dc$

TIPO 3: $HW(I.3) = dc + (1 + K_e) \cdot \frac{V_c^2}{2g}$

TIPO 4: $HW(I.4) = dc + (1 + K_e) \cdot \frac{V_c^2}{2g}$

TIPO 5: $HW(II.5) = D + (1 + K_e) \cdot \frac{V_D^2}{2g}$

TIPO 6: $HW(II.6) = h_o + (1 + K_e) \cdot \frac{V_D^2}{2g} + h_f - S_o \cdot L$

Siendo:

- h_f , las pérdidas correspondientes a sección llena (calado D)

- h_o , el mayor calado entre TW y $\frac{(d_c+D)}{2}$, sin superar el valor de D .

TIPO 7: $HW(II.7) = TW + (1 + K_e) \cdot \frac{V_D^2}{2g} + h_f - S_o \cdot L$

Siendo:

- h_f , las pérdidas correspondientes a sección llena (calado D)

TIPO 8: $HW(II.8) = D + (1 + K_e) \cdot \frac{V_D^2}{2g}$

6. **Determinación del modo de funcionamiento de la obra de drenaje:**

Es ahora cuando se pueden determinar, supuesto cada uno de los 8 casos tipificados en la figura mostrada al principio de este apartado, las condiciones que determinan si es o no el modo de funcionamiento de la obra de drenaje en estudio, y que son, para cada tipo, las que se recogen en el siguiente cuadro

MODELO	I.1	I.2	I.3	I.4	II.5	II.6	II.7	II.8
HW≤1.2·D	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO
S ₀ <S _c	SI	SI	NO	NO				
TW<D	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO
TW<dc	SI	NO						
dn<D					SI	NO		
TW+hf<s ₀ ·L+D				SI			NO	
Control	SAL	SAL	ENT	ENT	ENT	SAL	SAL	ENT

El procedimiento seguido es comprobar si las condiciones establecidas para cada tipo se cumplen de acuerdo con dicho cuadro para la obra en estudio. En caso de cumplirse únicamente las de un tipo, ese será el modo de funcionamiento del desagüe. En caso de que cumpla con las condiciones establecidas para varios tipos, se supone el más desfavorable a efectos de inundación, es decir, la de mayor lámina en la entrada HW.

4.2.3 Actuaciones de drenaje transversal

A nivel de Estudio Informativo se han analizado los trazados propuestos realizando un predimensionamiento de las principales obras de drenaje transversal a implantar.

A continuación se describen las principales obras previstas:

4.2.3.1 Alternativa A

Se han previsto las siguientes obras de drenaje transversal en la Alternativa A de trazado presentado:

Ubicación	PK	Tipo	Dimensiones (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Caudal (l/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)
Ramal Serantes-Tronco	0+700	Colector	1,20	14	0,5	3,670,0	1	2,912

En el pk 0+700 la traza cruza con sección en falso túnel con esta vaguada donde sería necesario un colector de diámetro 1,2 m. Se propone encauzar mediante sección trapecial equivalente la vaguada sobre el falso túnel.

4.2.3.2 Alternativa B

En la alternativa B se repiten las obras de drenaje anteriores.

Ubicación	PK	Tipo	Dimensiones (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Caudal (l/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)
Ramal Serantes-Tronco	o+600	Colector	1,20	14	0,5	270,0	1	2,912

4.3 Drenaje Longitudinal

Es esta fase de Estudio Informativo se describen los principales elementos de drenaje longitudinal proyectados para evacuar el agua de escorrentía que recoge la plataforma y las zonas adyacentes a la misma.

El agua procedente de la plataforma, de los taludes de desmontes o terraplenes, y de algunas aportaciones de pequeñas cuencas es transportada mediante las cunetas y los tubos colectores a los diferentes puntos de desagüe.

Los elementos principales que componen el sistema de drenaje longitudinal proyectado son:

- Cunetas de guarda en desmonte: situadas en la coronación del talud de los desmontes o junto a muros. Su función es recoger el agua de escorrentía del terreno, evitando la erosión del talud o el deterioro de los muros.
- Cunetas de plataforma: situada en los tramos en desmonte, en la parte baja del talud de estos con el fin de recoger las aguas procedentes del mismo y las de la plataforma. Asimismo se proyectan cunetas en la zona de muro-pantallas.
- Bajantes prefabricadas de hormigón con anchura interior de 0.5 m, cuya función es desaguar la escorrentía desde las cunetas de guarda de desmonte. Asimismo se emplean para conducir el agua desde la plataforma hacia el terreno, con el objetivo de que se evacue antes de alcanzar la zona de túnel.
- Colectores bajo cuneta si ésta no tiene capacidad suficiente.
- Colectores para evacuar agua de infiltración de túneles hacia red de saneamiento y de aguas de vertido que se trasladan a depósitos. Habitualmente son colectores de ϕ 40mm.
- Arquetas

Se ha previsto que todas las cunetas para el drenaje sean revestidas ya que, de este modo, se favorece la circulación de las aguas impidiendo el aterramiento de la cuneta con bajas velocidades de circulación a la vez que se reduce la erosión de las mismas en caso de altas velocidades.

Se ha optado por considerar de forma genérica cuneta revestida de hormigón, de forma trapecial de 0.5 m de base, 0.3 m de alto y taludes 2H:1V para las cunetas de plataforma y de guarda en caminos. Las cunetas de guarda de plataforma ferroviaria se diseñan de forma trapecial, con base 0.7 m y altura interior 0.3 m.

Como se ha comentado al tratar los colectores, el agua del túnel procedente de vertidos de zonas de tránsito de trenes de mercancías se acumula en depósitos a la salida de los túneles, en las zonas habilitadas para ellos (ZIAS), para posteriormente ser retirados y gestionados por empresa autorizada. Se estima que

los depósitos de vertido deben tener unas dimensiones de 12mx8m con una profundidad de 2.5 m, en la que ya se incluye resguardo.

El agua proveniente de infiltraciones del túnel se evacúa con la red de saneamiento.

Desde los túneles y galerías de emergencia, que también evacúa agua de vertido del túnel, se proyectan colectores para conectar tanto con la red de saneamiento como con los depósitos de vertido.

4.3.1 Drenaje en túnel

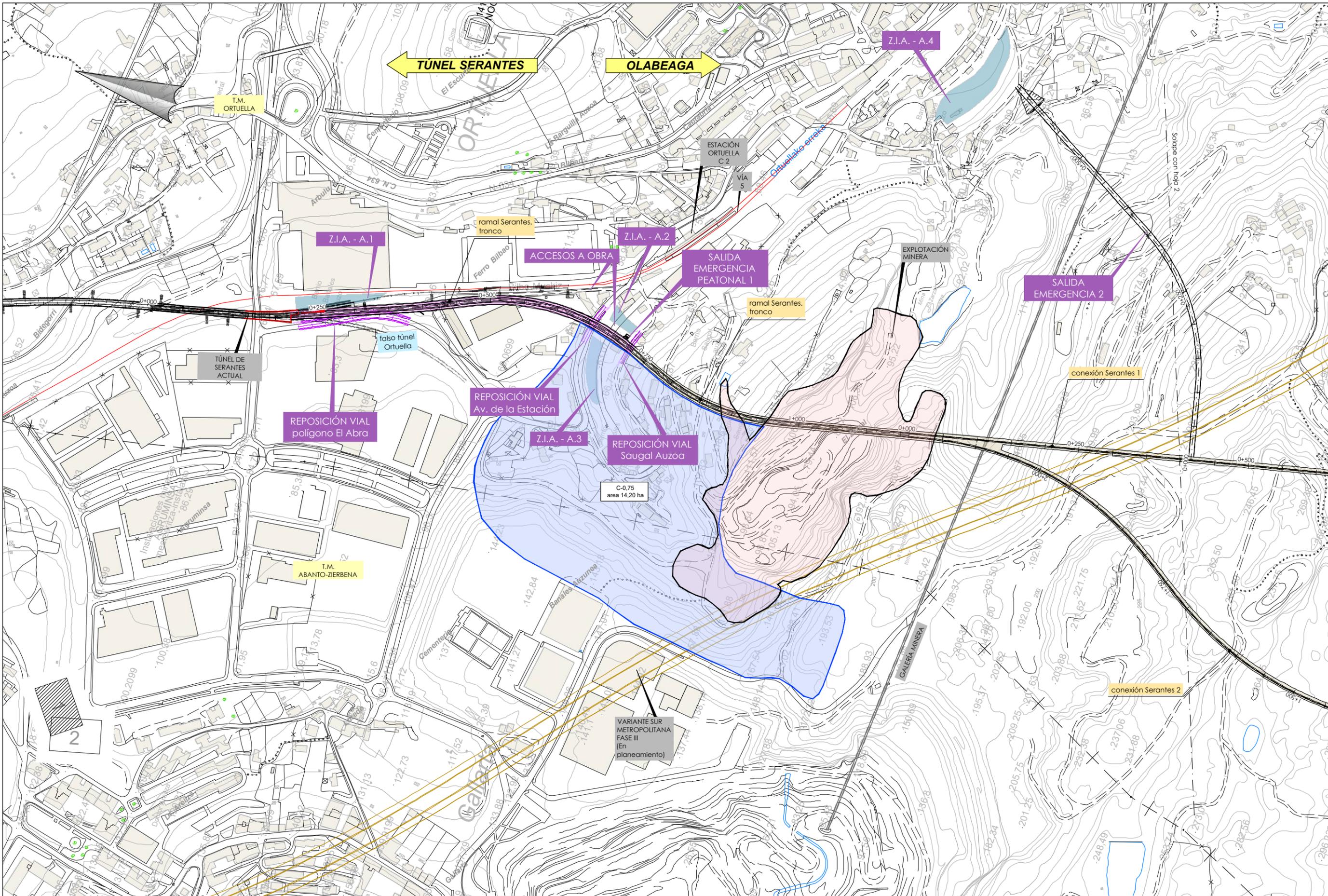
Ambas alternativas tiene la mayor parte de su trazado en túnel, por lo que se trata de forma diferenciada el drenaje del túnel del resto del tramo. El drenaje del túnel se describe de forma detallada en el Anejo nº 9 Túneles y Obras subterráneas, pero se incluye a continuación un breve resumen de las soluciones proyectadas

- Para el túnel de doble vía, en el caso de agua de infiltración se incluye drenes transversales de 110 mm, canaletas laterales en cada acera de 30 cm de ancho con tapa y un colector central de 400 mm para infiltración, con arquetas cada 50 m y conexión a arquetas desde drenes de trasdós y canaletas con tubos de 110 m. En el caso del drenaje de vertidos, se han diseñado una media caña lateral en cada lado para la recogida y canalización de vertidos, cada 50 m se colocan arquetas sifónicas que se conectan con una arqueta central. El colector principal en este caso es de 400 mm, suficiente para evacuar 100 l/s.
- Para el túnel de vía única el drenaje del agua de infiltración es idéntico al de vía doble. Únicamente se ha modificado el drenaje de vertidos, que en este caso sólo incluye una media caña en un lateral, y el colector principal de vertidos es de 300 mm de diámetro interior.

Longitudinalmente, el agua de estos colectores discurre a lo largo del túnel en gravedad hasta las zonas de salida a superficie, es decir, en los viaductos. Existe una zona al inicio del túnel en mina en Ortuella donde se genera un punto bajo en la sección en falso túnel. Se acumula en este punto el agua procedente de ambos ramales (Conexión Serantes 1 y Conexión Serantes 2) y de la Salida de emergencia 1, por lo que será necesario realizar un bombeo desde este punto hasta el río ubicado al norte de la traza a unos 100 de distancia.

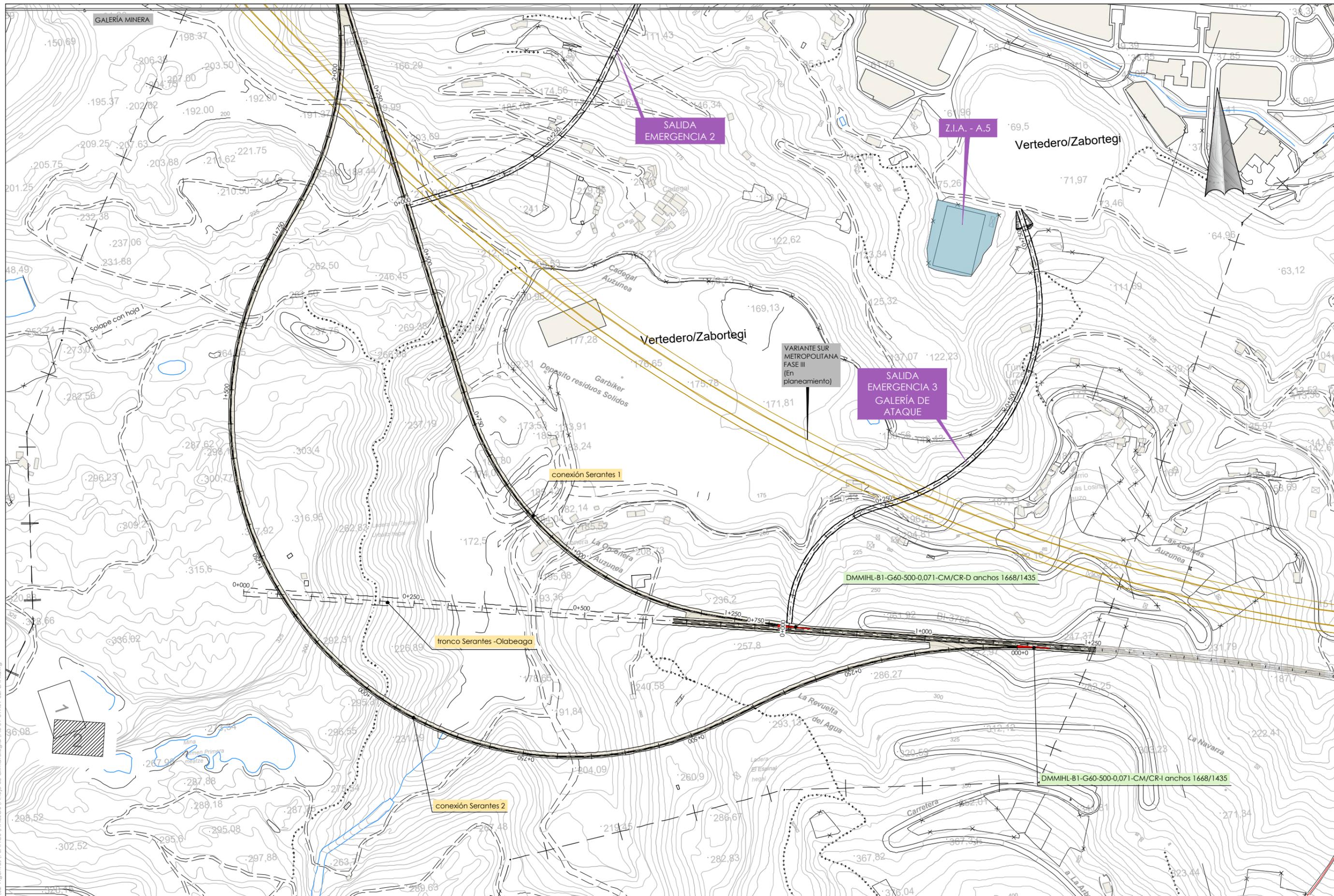
APÉNDICE N°5.1

Planos



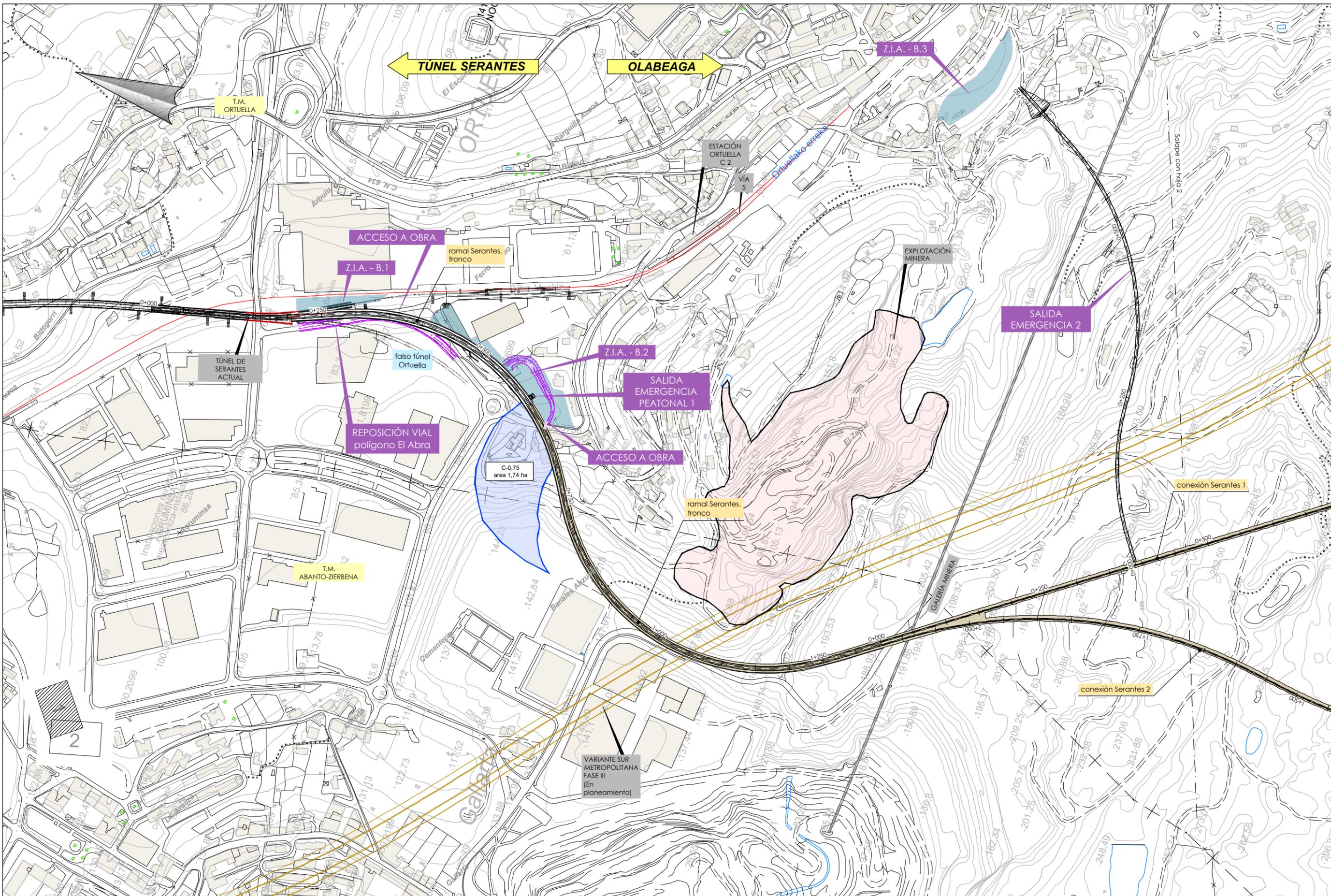
P:\Vivaz\200000\62\02_Vigilancia PLANOS VAN EJEC. Anep\05_Climatologia_VA-01-01\01-02\PLA.indwg

 <p>MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA</p>	 <p>EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO</p> <p>LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTE</p>	título del proyecto: ESTUDIO INFORMATIVO DE LA VARIANTE SUR FERROVIARIA DE BILBAO. FASE I. VARIANTE DE ORTUUELA	autor del proyecto 	 <p>PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA INSPEKCIÓN Y DIRECCIÓN DEL PROYECTO</p>	escala original A3 1/5.000 numérica gráfica	fecha: Septiembre 2021	nº de plano: A5.1.1 hoja: 1 de 2	título de plano: climatología, hidrología y drenaje alternativa A hoja 1
---	--	--	---	---	---	---------------------------	--	---



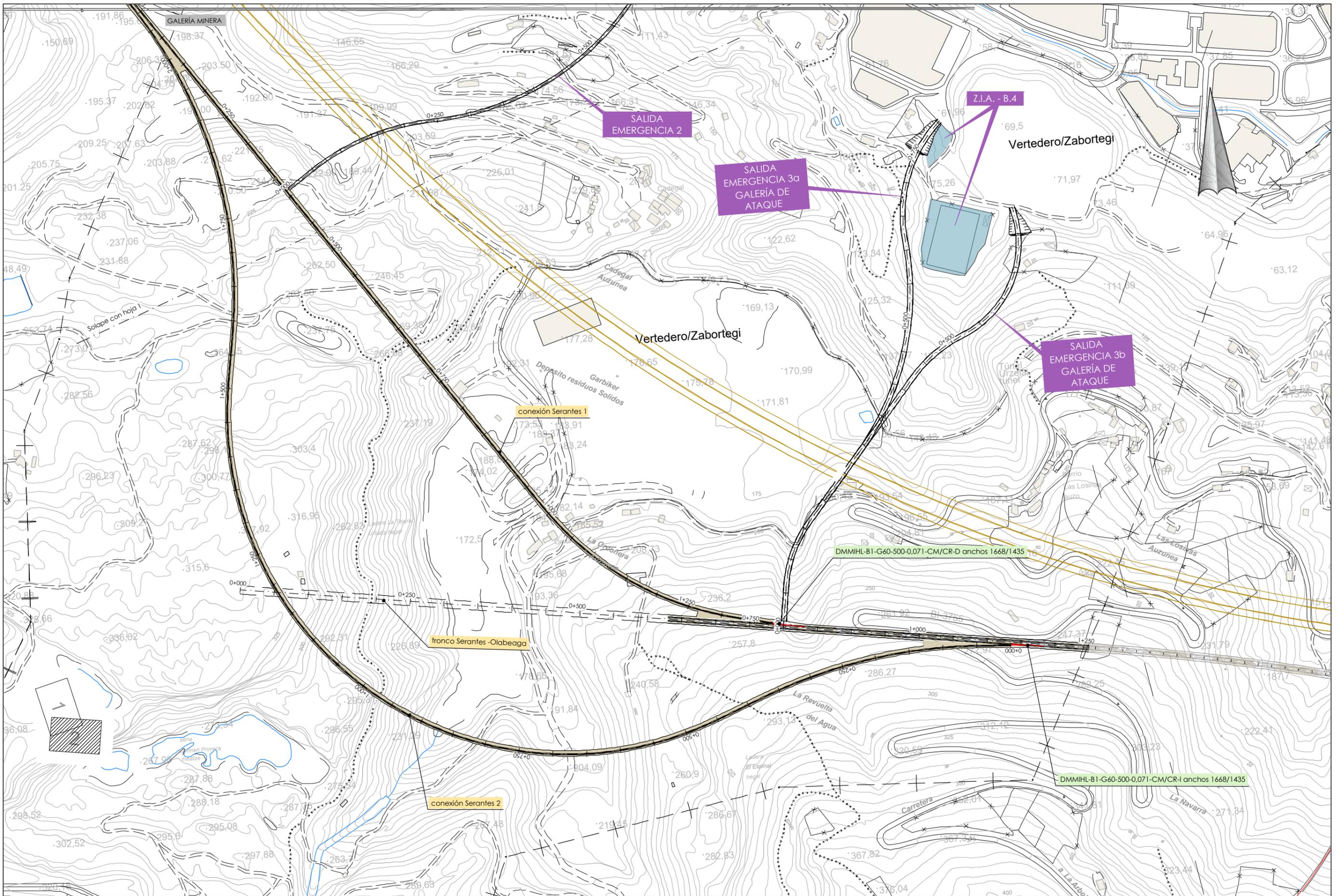
P:\viviadz\X00000\62\02_Vigilancia\PLANOS\VANIEJOS_Anejo_05_Climatologia_VA-01_01\H01_02PLA1.dwg

<p>MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA</p>	<p>EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO</p> <p>LURRALDE PLANGINTZA ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTE</p>	título del proyecto: ESTUDIO INFORMATIVO DE LA VARIANTE SUR FERROVIARIA DE BILBAO. FASE I. VARIANTE DE ORTUELLA	autor del proyecto 	<p>PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA INSPEKSION Y DIRECCION DEL PROYECTO</p>	escala original A3 1/5.000 numérica gráfica	fecha: Septiembre 2021	nº de plano: A5.1.1 hoja: 2 de 2	título de plano: Climatología, hidrología y drenaje Alternativa A Hoja 2



P:\viviad\X00000\62\02_Vigilancia PLANOS VAN EJECUCIÓN, Anexo 05 Climatología, A5-01_021h01_02P1A.inddmg

 <p>MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA</p>	 <p>EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO</p> <p>LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTE</p>	<p>título del proyecto:</p> <p>ESTUDIO INFORMATIVO DE LA VARIANTE SUR FERROVIARIA DE BILBAO. FASE I. VARIANTE DE ORTUUELLA</p>	<p>autor del proyecto</p>   <p>PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA INSPEKCIÓN Y DIRECCIÓN DEL PROYECTO</p>	<p>escala original A3</p> <p>1/5.000</p> <p>numérica gráfica</p> 	<p>fecha:</p> <p>Septiembre 2021</p>	<p>nº de plano:</p> <p>A5.1.2</p> <p>hoja: 1 de 2</p>	<p>título de plano:</p> <p>Climatología, hidrología y drenaje Alternativa B Hoja 1</p>
---	--	--	---	--	--------------------------------------	---	--



P:\Vivroz\X0000162_02_Vigilancia\PLANOS\VA\NEIOS_V\Anexo 05 Climatología\A5-01_02\101_02PLAN.dwg

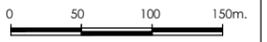
 <p>MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA</p>	<p>SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA</p> <p>SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RED FERROVIARIA</p>	 <p>EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO</p> <p>LURRALDE PLANGINTZA ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTE</p>
	<p>título del proyecto: ESTUDIO INFORMATIVO DE LA VARIANTE SUR FERROVIARIA DE BILBAO. FASE 1. VARIANTE DE ORTUELLA</p>	

autor del proyecto



escala original A3

1/5.000



numérica gráfica

fecha:
Septiembre 2021

nº de plano:
A5.1.2

hoja: 2 de 2

título de plano:
Climatología, hidrología y drenaje Alternativa B Hoja 2

autor del proyecto



PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPEKCIÓN Y DIRECCIÓN DEL PROYECTO

escala original A3

1/5.000



numérica gráfica

fecha:
Septiembre 2021

nº de plano:
A5.1.2

hoja: 2 de 2

título de plano:
Climatología, hidrología y drenaje Alternativa B Hoja 2

APÉNDICE N°5.2

Datos climatología

Índice

1 Datos Estación Bilbao/Aeropuerto

1

1 Datos Estación Bilbao/Aeropuerto

Precipitación máxima diaria mensual (mm), siendo 0p precipitación Inapreciable.

Indicativo	NOMBRE	ALTITUD	NOM_PROV	LONGITUD	LATITUD	Año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	Máximo
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1981	44,1	11,6	53	27,9	19,6	13,2	14	3	19,4	43,7	8,4	22,8	53
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1982	55,9	23,6	18,6	4,6	11	24	23,6	12,6	14,8	29,4	26,6	38,5	55,9
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1983	8	20	17,6	29,7	10,2	13,4	51,4	252,8	10	15,5	14,9	20,1	252,8
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1984	28,1	28,8	6,9	12,7	27,5	15,2	3	67,3	39,4	39,3	54,6	66,2	67,3
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1985	32,4	17	27,7	11,4	47,3	17,5	28,2	16,1	0,3	30	48,8	14,9	48,8
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1986	53,7	18,3	14,6	25,2	9,2	35,9	5,6	16,7	25,3	16,4	22,8	17	53,7
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1987	25,1	16,1	19,9	15,1	9,6	52,4	13,6	14,2	37,8	34,9	30,6	15,1	52,4
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1988	26,7	20,7	18,8	48,9	16,4	35,6	48,7	30,2	23,8	2,6	3,8	26,9	48,9
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1989	30,4	34,3	15,5	92,4	29,4	8,9	4,7	17,9	17,9	12,7	46,4	6,7	92,4
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1990	34,8	14,5	12,4	41,4	11,9	13	21,6	16	14,9	33,5	38,7	34	41,4
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1991	16,7	9,8	83,8	20,4	39,6	7,2	13,7	9,1	64	34,9	33,6	8,8	83,8
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1992	10	13,9	35,4	10	23,4	68,6	15,6	36,5	44,9	84,6	29,7	26,9	84,6
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1993	6,1	21	22,9	66,9	11,4	19,8	20,3	58	16,7	17,2	24,6	56	66,9
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1994	16,5	18,8	14,3	55,6	23	14,8	43,3	15	44,7	43,5	37,1	36,8	55,6
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1995	45,2	26,4	34,1	36,1	30,4	11	12,8	7,2	14,7	12,8	53,5	14,4	53,5
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1996	14,9	34,2	13,6	9,2	23	23,1	37,1	41,4	26,3	24,5	37,4	62	62
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1997	52,4	9,1	8,2	14,6	12,7	23,5	67,7	25,1	21,6	9,4	33,1	22	67,7
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1998	41,3	21,9	9,1	25,3	27,9	9,4	8,7	26,1	26,3	65,7	50,8	9,6	65,7
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	1999	25,5	29,2	25,7	15,5	19,7	10,7	8,7	10,4	18,6	6,4	25,3	32,1	32,1
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2000	25,6	16,6	30,6	29,5	11,6	19,3	46,4	16,3	29,2	38,6	16,5	18,6	46,4
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2001	42,5	12,2	19,1	32,9	18,2	20,4	31,6	12,1	20,1	15,3	28,5	20,8	42,5
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2002	16,9	21,3	6,8	12,2	17,9	11,6	12,3	30,9	20,8	25,4	29,5	62,6	62,6
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2003	26,4	18,6	18,8	14,5	30,7	15,1	11,3	9,9	41,1	22,3	26,3	26,1	41,1
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2004	33,9	29,8	26,7	25,6	10,3	9,9	32,3	6,5	7,2	34,2	43,4	31,4	43,4
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2005	23,1	19,2	22,3	32,2	45,6	10,5	6,3	36,8	30,4	24,7	52,6	35,3	52,6
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2006	19,7	30,2	31,4	16,6	28	22,8	18,8	13,8	23,4	28,2	85,2	32,5	85,2
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2007	36,2	44,1	30,3	12,8	24,4	13,3	7,8	41,9	14,9	13,2	18,5	15,1	41,9
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2008	16,1	14,7	31,4	17,8	92,5	32,8	6	17,7	21,1	47,5	55,4	34,1	55,4
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2009	51,1	18,1	27,8	18,8	15,7	12,2	5,7	10,5	90,1	14,5	37,1	18,9	90,1
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2010	48,2	9,4	14	12,4	21,4	108,1	13,9	7,5	15,9	24,7	24,8	25,4	108,1
1082	BILBAO/AEROPUERTO	42	VIZCAYA	254212	431753	2011	6,3	27	26,3	10,1	8,2								



