

COCHERAS DE KABIEZES DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO

PROYECTO BÁSICO

ANEJO 4 – HIDROLOGÍA Y DRENAJE

OCTUBRE 2025

INDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	HIDROLOGÍA.....	1
2.1.	Precipitación máxima diaria	1
2.2.	Delimitación y características físicas de las cuencas.....	2
2.3.	Cálculo de los caudales máximos	4
2.3.1.	Metodología.....	4
2.3.2.	Caudales de cálculo	7
3.	DRENAJE	14
3.1.	Puntos de vertido.....	14
3.2.	Metodología de cálculo.....	14
3.3.	Periodo de retorno	14
3.4.	Descripción de la red de drenaje	15
3.4.1.	Terreno natural.....	16
3.4.2.	Park&Ride y vial de entrada al mismo	17
3.4.3.	Plataforma de la vía férrea	20
3.4.4.	Apeadero	22
3.4.5.	Vía de lavado.....	22
3.4.6.	Cubiertas	23
3.4.7.	Muros verdes.....	23
3.4.8.	Zona de estacionamiento interior a la Nave de Cocheras	23
3.4.9.	Haz de vías	24
3.4.10.	Vialidad de acceso a las cocheras y aparcamiento asociado	26

INDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE 1. MAPA PARA EL CÁLCULO DE LAS MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR

APÉNDICE 2. PLANO DE CUENCAS HIDROLÓGICAS

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es el estudio de las soluciones adoptadas para la recogida y evacuación de las aguas interceptadas por el acceso ferroviario a las Cocheras del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao en Kabiez, así como por las obras asociadas al mismo.

El presente documento se complementa con el capítulo 11 "Drenaje" de los planos.

2. HIDROLOGÍA

2.1. Precipitación máxima diaria

La determinación de las precipitaciones máximas en 24 horas para los distintos períodos de retorno considerados se ha realizado utilizando la aplicación MAXPLU, del Ministerio de Fomento (actualización del "Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España Peninsular").

A partir de los valores medios de la máxima precipitación diaria anual y los coeficientes de variación de las series de precipitaciones máximas diarias regionalizadas, la aplicación MAXPLU permite obtener las estimas de la precipitación diaria correspondiente a diferentes períodos de retorno para unos puntos determinados cuyas coordenadas se conocen. En este caso, se introducen las coordenadas del centro de gravedad del área que englobará las obras analizadas, obteniendo directamente las precipitaciones máximas diarias para cada periodo de retorno estudiado.

En el apéndice 1 se adjunta el mapa para el cálculo de las máximas precipitaciones diarias en la España peninsular.

Se ha calculado la precipitación máxima diaria para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años, obteniéndose los siguientes resultados:

Periodo (años)	Pd (mm)
5	78
10	93
25	113
50	129
100	147
500	190

El cálculo de caudales de proyecto para cada periodo de retorno se ha realizado mediante el método racional modificado recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2.-I.C. "Drenaje superficial".

Para el establecimiento del umbral de escorrentía se ha partido de la tabla de la citada Instrucción de Carreteras.

2.2. Delimitación y características físicas de las cuencas

El objeto del presente apartado es definir los parámetros físicos representativos de las cuencas afectadas por las obras. Estos parámetros físicos, junto con los datos de precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno, servirán de base para el cálculo de los caudales de diseño en cada una de ellas.

Debido a que el trazado ferroviario discurre en su mayor parte sobre viaducto y a que la explanada para la implantación de las cocheras y el Park&Ride se realiza mediante relleno en su mayoría, las cuencas naturales interceptadas son escasas, siendo, en concreto cinco, todas ellas situadas en la zona sur. La denominación utilizada en el presente estudio para estas cuencas es T-X.

Asimismo, cabe señalar que la traza de la Variante Sur Metropolitana y de la autovía A-8 intercepta cuencas naturales que de no existir dichas infraestructuras, serían interceptadas por las obras aquí analizadas. No obstante, dichas aguas resultan recogidas por la red de drenaje correspondiente a las infraestructuras mencionadas, no afectando su vertido a las obras de las cocheras. Los puntos de vertido de estas infraestructuras en las inmediaciones de las obras se reflejan en los planos.

Además, se incluyen las cuencas que son necesarias para la definición de los elementos del sistema de drenaje. Las cuencas del Park&Ride son las denominadas P-X. Éstas son las correspondientes a cada uno de los elementos del drenaje, considerando una superficie con doble pendiente de 0,5%. Para el diseño del drenaje de los viales y de la plataforma férrea se expone una cuenca tipo asociada a la superficie existente entre dos sumideros, con la pendiente más desfavorable. La cuenca tipo V-1 es la cuenca correspondiente a la vía en placa, la V-2 la del vial de acceso a las cocheras y la V-3 la del vial de acceso al Park&Ride. Las cuencas denominadas D-X son las correspondientes a los desmontes existentes.

Para cada una de las cuencas se ha calculado su superficie, la longitud del cauce principal, la pendiente media del cauce principal y el tiempo de concentración. Este último parámetro se ha evaluado siguiendo la metodología de la Instrucción de Carreteras 5.2.-I.C.

La delimitación de las cuencas se adjunta en el apéndice nº 2 del presente anejo.

A continuación se incluye una tabla en la que se resumen los parámetros característicos de las cuencas hidrológicas analizadas en el presente estudio.

Cuenca	Superficie (m ²)	L (m) cauce principal	Pendiente (%)	Tc (h)
T-1	429	38	18,00	0,08
T-2	128	8	18,00	0,08
T-3	410	39	15,38	0,08
T-4	1.540	39	15,38	0,08
T-5	2.663	50	30,80	0,08
D-1	330	8	100,00	0,08
D-2	735	9	45,00	0,08
D-3	2.445	19	50,00	0,08
D-4	890	16	50,00	0,08
D-5	920	8	100,00	0,08
V-1 (tipo)	500	50	1,65	0,08
V-2 (tipo)	70	10	1,00	0,08
V3 (tipo)	300	40	6,00	0,08
P-1	75	16	0,69	0,08
P-2	908	42	0,69	0,08
P-3	235	22	0,69	0,08
P-4	681	40	0,69	0,08
P-5	150	17	0,69	0,08
P-6	423	37	0,69	0,08
P-7	75	17	0,69	0,08
P-8	312	43	0,69	0,08
P-9	382	43	0,69	0,08
P-10	606	21	0,69	0,08
P-11	650	37	0,69	0,08
P-12	74	16	0,69	0,08
P-13	292	37	0,69	0,08
P-14	612	38	0,69	0,08
P-15	838	42	0,69	0,08
P-16	228	42	0,69	0,08
P-17	113	19	0,69	0,08
P-18	222	30	0,69	0,08
P-19	92	30	0,69	0,08

2.3. Cálculo de los caudales máximos

2.3.1. Metodología

Para la determinación de los caudales de proyecto para cada periodo de retorno se ha utilizado el método hidrometeorológico recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2.-I.C. "Drenaje superficial", modificada por su autor (J.R. Témez) en una comunicación al XXIV Congreso de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (Madrid 1991) y reproducida en lengua castellana en el nº 82 de la revista de "Ingeniería Civil".

Este método es apropiado para cuencas pequeñas, cuyo tiempo de concentración no exceda de 24 horas.

En todas las cuencas del presente proyecto es de aplicación método racional mejorado por Témez.

En el método racional mejorado por Témez, el caudal se rige por la fórmula siguiente:

$$Q = K \cdot \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6}$$

donde:

- Q es el caudal en m³/s
- K es el denominado coeficiente de uniformidad, función del tiempo de concentración
- C es el coeficiente de esorrentía
- A es el área de la cuenca en Km²
- I es la intensidad de un aguacero de duración igual al tiempo de concentración, en mm/h

Para poder obtener los factores necesarios para introducirlos en esta fórmula, se siguieron los pasos que se indican a continuación:

Precipitación máxima diaria corregida

La precipitación máxima diaria obtenida según lo descrito en el apartado 2.1, se corrigió multiplicándola por un factor de corrección, que es función del área de la cuenca, de tal modo que si su superficie es inferior a 1 Km², dicho factor toma el valor unitario, y, si es superior a 1 Km², la precipitación máxima diaria se corrige como sigue:

$$P_d^* = P_d \cdot \left(1 - \frac{\log A}{15}\right)$$

donde:

- Pd*: precipitación máxima diaria corregida, en mm
- Pd: precipitación máxima diaria, en mm
- log A: logaritmo decimal de la superficie de la cuenca en Km²

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se calcula según la fórmula de Témez, que se indica a continuación:

$$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

donde: T_c: tiempo de concentración, en horas

L: longitud máxima de vaguada, en Km

J: pendiente media de la vaguada, en m/m

Umbral de escorrentía

Para la estimación del umbral de escorrentía en cada una de las cuencas analizadas, se ha partido de la Tabla 2.1 de la Instrucción de Drenaje, que supone la adaptación de método del número de curva del Soil Conservation Service efectuada por J.R. Témez en 1987.

Los factores que intervienen en la definición del umbral de escorrentía son:

- Usos del suelo (barbecho, cereal, forestal, etc.)
- Pendiente (mayor igual al 3%, o menores del 3%)
- Condiciones hidrológicas
- Tipo de suelo (según su capacidad de infiltración A, B, C o D)

A los valores incluidos en citada tabla se les deberá aplicar el factor de corrección del umbral de escorrentía descrito en el punto 2.5 "Escorrentía" de la 5.2-IC. El valor estimado para esta zona geográfica de trabajo es de 2.

Para el caso de las cuencas de terreno natural se ha estimado, según la citada tabla, un P₀ inicial de 14, que tras ser multiplicado por el factor de corrección, se obtiene un valor de 28.

Los taludes se asimilarán a rocas impermeables, con un coeficiente de escorrentía corregido de 4.

Para las cuencas correspondientes a suelo pavimentado, se toma un valor del umbral de escorrentía inicial igual a la unidad, que al afectarlo por el coeficiente corrector, resulta P₀ = 2.

Se han asimilado cada uno de los tipos de plataforma a uno de los tipos de terreno contemplados en la Instrucción 5.2-I.C, según se recoge en la siguiente tabla:

Tipo Plataforma	Tipo Terreno
Vía en placa	Pavimentos bituminosos o de hormigón
Banqueta de balasto	Firmes granulares sin pavimento
Vía en cuna	Pavimentos bituminosos o de hormigón
Vía embebida	Pavimentos bituminosos o de hormigón

De este modo, se obtiene un umbral de escorrentía corregido de 2, para las vías en placa, en cuna y embebidas, y de 4, para la vía sobre balasto.

Las cuencas heterogéneas se dividen en áreas parciales, obteniendo su P_0 a partir de la media ponderada con las áreas de las distintas partes en las que se dividan.

Coefficiente de escorrentía

Una vez que se conoce el umbral de escorrentía y la precipitación máxima diaria corregida, el cálculo del coeficiente de escorrentía es inmediato, con la fórmula siguiente:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d^*}{P_o} - 1\right) \cdot \left(\frac{P_d^*}{P_o} + 23\right)}{\left(\frac{P_d^*}{P_o} + 11\right)^2}$$

donde:

C: coeficiente de escorrentía

P_d^* : precipitación máxima diaria corregida, en mm

P_o : umbral de escorrentía, en mm

Intensidad de lluvia para un aguacero de duración igual al tiempo de concentración

La intensidad de lluvia para un aguacero de una duración determinada se calcula según la fórmula que se indica a continuación:

$$I = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

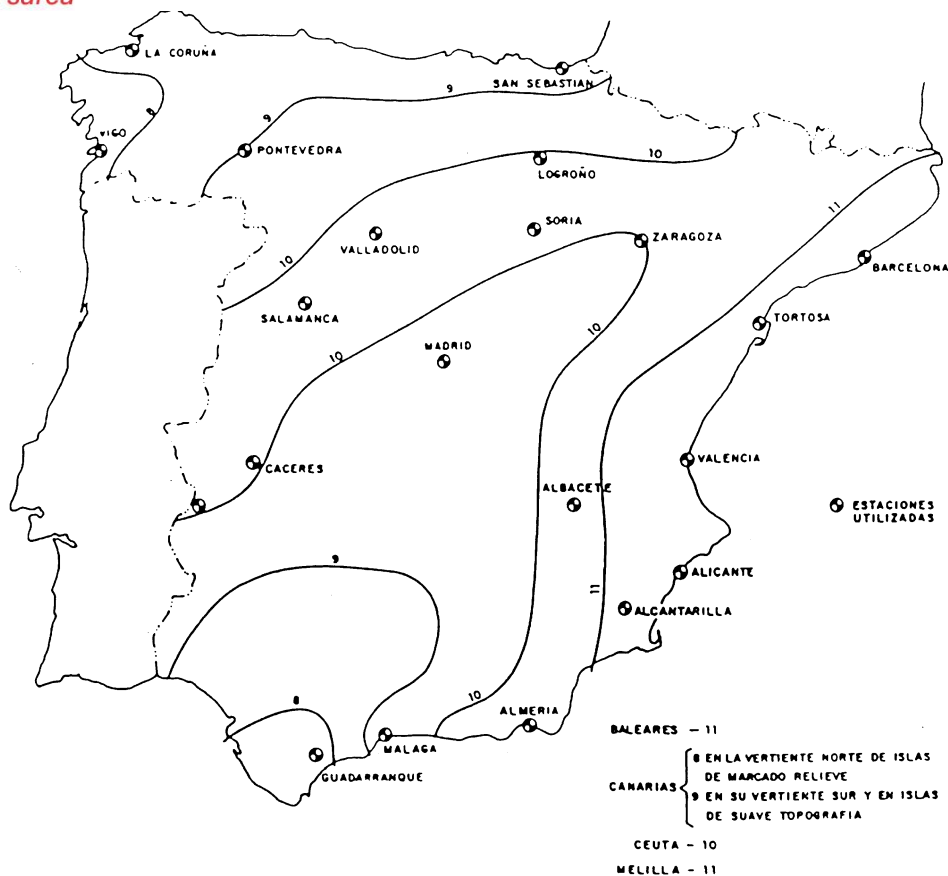
donde:

I: intensidad de lluvia, en mm/h

I_d : intensidad de lluvia diaria ($P_d^*/24$), en mm/h

I_1/I_d : relación entre las intensidades de lluvia horaria y diaria, cuyo valor para la zona de estudio es igual a 9.

t: duración del aguacero, en horas



Aplicando esta fórmula para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración de la cuenca, se obtiene la intensidad de cálculo para cada cuenca y para cada período de retorno.

Coefficiente de Uniformidad

La expresión utilizada para determinar el valor del coeficiente de uniformidad es función del tiempo de concentración de la cuenca:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

donde:

K: coeficiente de uniformidad

Tc: tiempo de concentración, en horas

2.3.2. Caudales de cálculo

Siguiendo el método descrito en el epígrafe anterior se obtiene el caudal asociado a cada una de las cuencas y a cada uno de los periodos de retorno considerados. Los resultados se presentan a continuación.

CUENCA	Superficie (km ²)	Umbral de escorrentía P ₀ (mm)	Tiempo de concentración T _c (h)	Coeficiente de reducción por área	Coeficiente de uniformidad	T= 5 años					
						P _d (mm)	P _d ' (mm)	I _d ' (mm/h)	C	I _{tc} (mm/h)	Q (m ³ /s)
T-1	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,242	101,09	0,003
T-2	0,0001	28,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,242	101,09	0,001
T-3	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,242	101,09	0,003
T-4	0,0015	28,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,242	101,09	0,011
T-5	0,0027	28,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,242	101,09	0,018
D-1	0,0003	4,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,845	101,09	0,008
D-2	0,0007	4,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,845	101,09	0,017
D-3	0,0024	4,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,845	101,09	0,058
D-4	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,845	101,09	0,021
D-5	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,845	101,09	0,022
V-1 (tipo)	0,0005	4,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,845	101,09	0,012
V-2 (tipo)	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,002
V3 (tipo)	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,008
P-1	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,002
P-2	0,0009	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,024
P-3	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,006
P-4	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,018
P-5	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,004
P-6	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,011
P-7	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,002
P-8	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,008
P-9	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,010
P-10	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,016
P-11	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,017
P-12	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,002
P-13	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,008
P-14	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,016
P-15	0,0008	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,022
P-16	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,006
P-17	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,003
P-18	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,006
P-19	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,942	101,09	0,002

CUENCA	Superficie (km ²)	Umbral de escorrentía P ₀ (mm)	Tiempo de concentración T _c (h)	Coeficiente de reducción por área	Coeficiente de uniformidad	T= 10 años					
						P _d (mm)	P _d ' (mm)	I _d ' (mm/h)	C	I _{tc} (mm/h)	Q (m ³ /s)
T-1	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,298	120,53	0,004
T-2	0,0001	28,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,298	120,53	0,001
T-3	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,298	120,53	0,004
T-4	0,0015	28,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,298	120,53	0,015
T-5	0,0027	28,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,298	120,53	0,027
D-1	0,0003	4,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,877	120,53	0,010
D-2	0,0007	4,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,877	120,53	0,022
D-3	0,0024	4,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,877	120,53	0,072
D-4	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,877	120,53	0,026
D-5	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,877	120,53	0,027
V-1 (tipo)	0,0005	4,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,877	120,53	0,015
V-2 (tipo)	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,002
V3 (tipo)	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,010
P-1	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,002
P-2	0,0009	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,029
P-3	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,008
P-4	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,022
P-5	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,005
P-6	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,014
P-7	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,002
P-8	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,010
P-9	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,012
P-10	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,019
P-11	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,021
P-12	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,002
P-13	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,009
P-14	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,020
P-15	0,0008	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,027
P-16	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,007
P-17	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,004
P-18	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,007
P-19	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	93	93	3,88	0,956	120,53	0,003

CUENCA	Superficie (km ²)	Umbral de escorrentía P ₀ (mm)	Tiempo de concentración T _c (h)	Coeficiente de reducción por área	Coeficiente de uniformidad	T= 25 años					
						P _d (mm)	P _d ' (mm)	I _d ' (mm/h)	C	I _{tc} (mm/h)	Q (m ³ /s)
T-1	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,363	146,45	0,006
T-2	0,0001	28,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,363	146,45	0,002
T-3	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,363	146,45	0,006
T-4	0,0015	28,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,363	146,45	0,023
T-5	0,0027	28,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,363	146,45	0,039
D-1	0,0003	4,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,907	146,45	0,012
D-2	0,0007	4,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,907	146,45	0,027
D-3	0,0024	4,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,907	146,45	0,090
D-4	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,907	146,45	0,033
D-5	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,907	146,45	0,034
V-1 (tipo)	0,0005	4,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,907	146,45	0,018
V-2 (tipo)	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,003
V3 (tipo)	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,012
P-1	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,003
P-2	0,0009	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,036
P-3	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,009
P-4	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,027
P-5	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,006
P-6	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,017
P-7	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,003
P-8	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,012
P-9	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,015
P-10	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,024
P-11	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,026
P-12	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,003
P-13	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,012
P-14	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,024
P-15	0,0008	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,033
P-16	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,009
P-17	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,004
P-18	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,009
P-19	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	113	113	4,71	0,968	146,45	0,004

CUENCA	Superficie (km ²)	Umbral de escorrentía P ₀ (mm)	Tiempo de concentración T _c (h)	Coeficiente de reducción por área	Coeficiente de uniformidad	T= 50 años					
						P _d (mm)	P _d ' (mm)	I _d ' (mm/h)	C	I _{tc} (mm/h)	Q (m ³ /s)
T-1	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,409	167,19	0,008
T-2	0,0001	28,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,409	167,19	0,002
T-3	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,409	167,19	0,008
T-4	0,0015	28,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,409	167,19	0,029
T-5	0,0027	28,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,409	167,19	0,051
D-1	0,0003	4,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,923	167,19	0,014
D-2	0,0007	4,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,923	167,19	0,032
D-3	0,0024	4,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,923	167,19	0,105
D-4	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,923	167,19	0,038
D-5	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,923	167,19	0,040
V-1 (tipo)	0,0005	4,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,923	167,19	0,021
V-2 (tipo)	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,003
V3 (tipo)	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,014
P-1	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,003
P-2	0,0009	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,041
P-3	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,011
P-4	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,031
P-5	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,007
P-6	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,019
P-7	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,003
P-8	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,014
P-9	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,017
P-10	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,028
P-11	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,030
P-12	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,003
P-13	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,013
P-14	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,028
P-15	0,0008	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,038
P-16	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,010
P-17	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,005
P-18	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,010
P-19	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	129	129	5,38	0,975	167,19	0,004

CUENCA	Superficie (km ²)	Umbral de escorrentía P ₀ (mm)	Tiempo de concentración T _c (h)	Coeficiente de reducción por área	Coeficiente de uniformidad	T= 100 años					
						P _d (mm)	P _d ' (mm)	I _d ' (mm/h)	C	I _{tc} (mm/h)	Q (m ³ /s)
T-1	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,455	190,52	0,010
T-2	0,0001	28,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,455	190,52	0,003
T-3	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,455	190,52	0,010
T-4	0,0015	28,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,455	190,52	0,037
T-5	0,0027	28,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,455	190,52	0,064
D-1	0,0003	4,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,937	190,52	0,016
D-2	0,0007	4,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,937	190,52	0,037
D-3	0,0024	4,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,937	190,52	0,122
D-4	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,937	190,52	0,044
D-5	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,937	190,52	0,046
V-1 (tipo)	0,0005	4,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,937	190,52	0,025
V-2 (tipo)	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,004
V3 (tipo)	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,016
P-1	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,004
P-2	0,0009	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,047
P-3	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,012
P-4	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,035
P-5	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,008
P-6	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,022
P-7	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,004
P-8	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,016
P-9	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,020
P-10	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,032
P-11	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,034
P-12	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,004
P-13	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,015
P-14	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,032
P-15	0,0008	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,044
P-16	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,012
P-17	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,006
P-18	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,012
P-19	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	147	147	6,13	0,980	190,52	0,005

CUENCA	Superficie (km ²)	Umbral de escorrentía P ₀ (mm)	Tiempo de concentración T _c (h)	Coeficiente de reducción por área	Coeficiente de uniformidad	T= 500 años					
						P _d (mm)	P _d ' (mm)	I _d ' (mm/h)	C	I _{tc} (mm/h)	Q (m ³ /s)
T-1	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,545	246,25	0,016
T-2	0,0001	28,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,545	246,25	0,005
T-3	0,0004	28,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,545	246,25	0,015
T-4	0,0015	28,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,545	246,25	0,058
T-5	0,0027	28,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,545	246,25	0,100
D-1	0,0003	4,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,958	246,25	0,022
D-2	0,0007	4,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,958	246,25	0,048
D-3	0,0024	4,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,958	246,25	0,161
D-4	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,958	246,25	0,058
D-5	0,0009	4,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,958	246,25	0,060
V-1 (tipo)	0,0005	4,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,958	246,25	0,033
V-2 (tipo)	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,005
V3 (tipo)	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,020
P-1	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,005
P-2	0,0009	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,061
P-3	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,016
P-4	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,046
P-5	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,010
P-6	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,029
P-7	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,005
P-8	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,021
P-9	0,0004	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,026
P-10	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,041
P-11	0,0007	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,044
P-12	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,005
P-13	0,0003	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,020
P-14	0,0006	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,041
P-15	0,0008	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,057
P-16	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,015
P-17	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,008
P-18	0,0002	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,015
P-19	0,0001	2,00	0,08	1,00	1,003	190	190	7,92	0,987	246,25	0,006

3. DRENAJE

3.1. Puntos de vertido

En las inmediaciones de las obras contempladas en este estudio se localiza el arroyo Ballonti. El mismo sufrirá varias canalizaciones fruto de las obras de la futura prolongación del eje del Ballonti, el cual discurrirá a pocos metros de las cocheras.

Las aguas recogidas por la red de drenaje aquí expuesta verterán en tres puntos distintos. Todos ellos irán a parar a tramos encauzados del arroyo Ballonti, previo desarenado y desengrasado de las aguas.

Tanto los puntos de vertido, como los encauzamientos del arroyo Ballonti se representan en los planos de drenaje.

3.2. Metodología de cálculo

El cálculo hidráulico para obtener la capacidad de las cunetas y de los tubos se ha realizado aplicando la fórmula de Manning:

$$Q = \sqrt{\frac{i \cdot S^2 \cdot R_H^{4/3}}{n^2}}$$

con:

Q = Caudal, en m³/s

i = Pendiente longitudinal del conducto, en mm.

S = Sección de la corriente de agua, en m²

RH = Radio hidráulico de la sección

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

3.3. Periodo de retorno

Los períodos de retorno para los que deberán diseñarse las distintas obras de drenaje son:

Obras de Drenaje	Valor T	
	Mínimo	Recomendado
Sumideros, cunetas, colectores, caños y obras con sección de drenaje inferior a 0,75 m ²	10 años	25 años
Caños, alcantarillas, tajeas, pontones y obras con sección de desagüe entre 0,75 m ² y 5 m ²	25 años	100 años
Pontones, puentes y obras con sección de desagüe entre 5 m ² y 50 m ²	100 años	250 años
Puentes y obras de desagüe superior a 50 m ²	250 años	500 años

Salvo las excepciones que se justifiquen en cada caso, se tomarán los valores recomendados.

3.4. Descripción de la red de drenaje

La descripción del drenaje se organizará en los siguientes apartados:

- Terreno natural
- Park&Ride y vial de entrada al mismo
- Plataforma de la vía férrea
- Apeadero
- Vía de lavado
- Cubiertas
- Muros verdes
- Zona de estacionamiento interior de la nave
- Haz de vías
- Vialidad de acceso a las cocheras y aparcamiento asociado

En general el agua fluye desde sur hacia el noreste, donde se sitúan los dos puntos de vertido.

El Park&Ride recoge el agua mediante un sistema de drenaje independiente al resto de la obra, que irá variando según vaya variando también la configuración de éste con las distintas fases planteadas para el mismo y que englobará parte del agua de escorrentía del terreno natural.

Por otro lado, el sistema de drenaje del vial de acceso a las cocheras y del aparcamiento asociado a las mismas, irá recogiendo las aguas evacuadas en el resto de las áreas estudiadas: la plataforma de la vía férrea, las cocheras, el apeadero y parte del agua recogida del terreno.

En la parte final del apeadero se produce un punto bajo en el que se concentran tanto las aguas de parte del terreno natural que vierten a él mediante la bajante dispuesta en el talud adyacente a las cocheras, como las aguas recogidas en el propio apeadero. Se resolverá la salida del agua en este punto mediante la disposición de un colector que discurrirá bajo el haz de vías de las cocheras y, a su vez, evacuará tanto el agua recogida por el sistema de drenes y cunetas del haz de vías como el agua proveniente de la superficie del interior de la nave. Finalmente, irá a parar al colector situado en el vial de acceso a las cocheras. Para salvar el desnivel existente entre la plataforma de las cocheras (+32,80) y el vial de entrada (+27,00) se dispondrá un pozo de resalto.

Por último cabe destacar que la red de saneamiento se divide en tres redes independientes: pluviales, industriales y de limpieza de graffitis.

En los apartados que siguen se describe con más profundidad el sistema planteado en cada una de las zonas en las que se ha dividido el estudio.

3.4.1. Terreno natural

En la zona sur del área de implantación de las obras, el terreno vierte hasta los desmontes y los muros de contención diseñados para la realización de la plataforma necesaria para la construcción de las cocheras y del Park&Ride. El agua que discurrirá por el mismo se canalizará mediante cunetas de coronación.

Para el caso de las aguas provenientes directamente del terreno, se adopta un periodo de retorno de 25 años.

La cuneta dispuesta, con pendientes comprendidas entre el 8 y el 16 %, es la que se describe a continuación. Además, se presentan sus características hidráulicas.

Cuneta de coronación (C-5)

Cuneta de hormigón revestida mediante encachado de piedras, de sección triangular simétrica, con taludes 3H/1V y profundidad de 12 cm. El coeficiente de Manning adoptado es de 0,035.

Input Data	
Mannings Coefficient	0,035
Channel Slope	0,100000 m/m
Left Side Slope	3,000000 H : V
Right Side Slope	3,000000 H : V
Discharge	0,023 m³/s

Results	
Depth	0,08 m
Flow Area	0,02 m²
Wetted Perimeter	0,54 m
Top Width	0,51 m
Critical Depth	0,10 m
Critical Slope	0,034604 m/m
Velocity	1,06 m/s
Velocity Head	0,06 m
Specific Energy	0,14 m
Froude Number	1,64
Flow is supercritical.	

Rating Table		
Channel Slope (m/m)	Depth (m)	Velocity (m/s)
0,060000	0,09	0,87
0,080000	0,09	0,97
0,100000	0,08	1,06
0,120000	0,08	1,13
0,140000	0,08	1,20
0,160000	0,08	1,26

Se producen tres puntos bajos en el terreno natural que vierte hacia el área prevista para las instalaciones. El primero de ellos, el situado más al este, evacuará hacia la red de drenaje del Park&Ride. Para salvar el desnivel existente entre el punto bajo localizado en el terreno natural y la

plataforma del Park&Ride será necesaria la colocación de un pozo de resalto (1,5 m de altura) junto al muro de contención.

Otro de los puntos bajos, situado en parte central, se conectará con la red de drenaje del apeadero y de las cocheras mediante la disposición de una bajante sobre el talud adyacente al mismo.

El último de ellos se encuentra a la misma cota que el aparcamiento de las cocheras, por lo que se engloba al sistema de drenaje de la vialidad mediante una arqueta.

3.4.2. Park&Ride y vial de entrada al mismo

El drenaje planteado corresponde a la fase de funcionamiento del Park&Ride en su configuración completa.

Se adopta para el diseño un periodo de retorno $T=10$ años, asociable habitualmente al dimensionamiento de elementos de drenaje longitudinal de calzadas en circunstancias de tráfico medio.

Las distintas cunetas utilizadas se describen brevemente a continuación:

Cuneta C-1

Cuneta con revestimiento de hormigón, de sección triangular, taludes simétricos 3,75H/1V y profundidad de 6 cm. El coeficiente de Manning adoptado es de 0,013.

Constant Data	
Mannings Coefficient	0,013
Depth	0,06 m
Left Side Slope	3,750000 H : V
Right Side Slope	3,750000 H : V

Input Data			
	Minimum	Maximum	Increment
Channel Slope	0,005	0,060	0,005 m/m

Rating Table		
Channel Slope (m/m)	Discharge (m³/s)	Velocity (m/s)
0,005	0,01	0,51
0,010	0,01	0,72
0,015	0,01	0,89
0,020	0,01	1,02
0,025	0,02	1,14
0,030	0,02	1,25
0,035	0,02	1,35
0,040	0,02	1,45
0,045	0,02	1,53
0,050	0,02	1,62
0,055	0,02	1,69
0,060	0,02	1,77

Cuneta C-2

Cuneta con revestimiento de hormigón, de sección triangular, taludes simétricos 6H/1V y profundidad de 3,5 cm. El coeficiente de Manning adoptado es de 0,013. Debido a sus taludes se considera que es apta para ser rebasada por un vehículo.

Input Data	
Mannings Coefficient	0,013
Channel Slope	0,005 m/m
Left Side Slope	6,000000 H : V
Right Side Slope	6,000000 H : V
Discharge	0,27e-2 m³/s

Results	
Depth	0,04 m
Flow Area	0,01 m²
Wetted Perimeter	0,43 m
Top Width	0,42 m
Critical Depth	0,03 m
Critical Slope	0,006604 m/m
Velocity	0,36 m/s
Velocity Head	0,01 m
Specific Energy	0,04 m
Froude Number	0,88
Flow is subcritical.	

Cuneta C-3

Cuneta con revestimiento de hormigón, de sección triangular, con un talud 6H/1V y otro vertical y profundidad de 6 cm. El coeficiente de Manning adoptado es de 0,013.

Input Data	
Mannings Coefficient	0,013
Channel Slope	0,005 m/m
Depth	0,06 m
Left Side Slope	0,000000 H : V
Right Side Slope	6,000000 H : V

Results	
Discharge	0,01 m³/s
Flow Area	0,01 m²
Wetted Perimeter	0,42 m
Top Width	0,36 m
Critical Depth	0,06 m
Critical Slope	0,006781 m/m
Velocity	0,47 m/s
Velocity Head	0,01 m
Specific Energy	0,07 m
Froude Number	0,87
Flow is subcritical.	

Cuneta C-4

Cuneta con revestimiento de hormigón, de sección triangular, con un talud 6H/1V y otro vertical y profundidad de 4,5 cm. El coeficiente de Manning adoptado es de 0,013.

Constant Data	
Mannings Coefficient	0,013
Depth	0,04 m
Left Side Slope	0,000000 H : V
Right Side Slope	6,000000 H : V

Input Data			
	Minimum	Maximum	Increment
Channel Slope	0,005	0,060	0,005 m/m

Rating Table		
Channel Slope (m/m)	Discharge (m³/s)	Velocity (m/s)
0,005	0,24e-2	0,39
0,010	0,33e-2	0,55
0,015	0,41e-2	0,67
0,020	0,47e-2	0,78
0,025	0,01	0,87
0,030	0,01	0,95
0,035	0,01	1,03
0,040	0,01	1,10
0,045	0,01	1,16
0,050	0,01	1,23
0,055	0,01	1,29
0,060	0,01	1,34

Debido a los taludes tendidos de las cunetas C-2, C-3 y C-4 se consideran aptas para ser rebasadas por un vehículo.

Se han dispuesto colectores de PVC de diámetro 300 mm y 400 mm. Se ha adoptado para el diseño un diámetro mínimo de colector de 300 mm, por condiciones mínimas para limpieza y eventual desatascos de los mismos, en atención a la Instrucción 5.2-I.C.

A continuación se presentan los caudales máximos soportados por cada uno de los colectores, así como el calado y la velocidad asociado a los mismos, tomando un valor de rugosidad de $n = 0,009$.

Colector		Caudal máximo (m³/s)	Material	Diámetro (mm)	Pendiente	Calado máximo (m)	Velocidad máxima (m/s)
A	B	0,039	PVC	300	0,5%	0,13	1,320
C	B'	0,039	PVC	300	0,5%	0,13	1,320
D	B'	0,033	PVC	300	0,5%	0,12	1,260
E	F	0,022	PVC	300	0,5%	0,10	1,120
G	F'	0,027	PVC	300	0,5%	0,11	1,190
M	H'	0,034	PVC	300	0,5%	0,12	1,270
H	O	0,214	PVC	500	1,0%	0,22	2,61
K	O	0,010	PVC	300	0,5%	0,06	0,900
I	J	0,054	PVC	300	0,5%	0,16	1,430
L	N	0,013	PVC	300	0,5%	0,07	0,970
O	J	0,234	PVC	500	1,0%	0,23	2,67
J	N	0,288	PVC	500	0,5%	0,32	2,15
N	P	0,330	PVC	500	0,5%	0,36	2,21

El colector L-N, que nace en el pozo de resalto, evacua parte de las aguas recogidas en el terreno adyacente.

Todas las arquetas a disponer serán arquetas-sumidero.

Por razones constructivas, el tapado mínimo de los colectores será de 60 cm en todos los puntos.

Se ha previsto una protección con losa de hormigón con mallazo en su parte superior para protección de los colectores de las cargas de tráfico.

3.4.3. Plataforma de la vía férrea

La plataforma sobre solera de hormigón vierte tanto para la cuneta central (rectangular de 1 m de base x 0,20 m de altura en recta) como para los surcos laterales (rectangulares de 0,15 m de base x 0,05 m de altura en recta). Dichos surcos trasladan el agua definitivamente a la cuneta central mediante canalillos existentes entre traviesas. Bajo la cuneta central discurre un colector de PVC de 300 mm de diámetro. Se disponen pozos de registro cada 25 metros y sumideros cada 50 metros.

En las zonas donde la pendiente de la rasante sea menor que 0,5%, se deberá mantener la pendiente mínima del 0,5% en los elementos del drenaje correspondiente.

A continuación se presentan los cálculos hidráulicos correspondientes a las cunetas y colectores descritos, mediante los cuales se comprueba que los sistemas planteados son capaces de evacuar los caudales de diseño tomados como referencia, que para este caso han sido los correspondientes al periodo de retorno de 25 años.

Se ha supuesto un valor de rugosidad de $n = 0,009$ para los colectores y $n = 0,013$ para las cunetas de hormigón.

Cuneta central en vía en placa (rectangular de 1 m de base x 0,20 m de altura en recta):

Input Data	
Mannings Coefficient	0,013
Channel Slope	0,016500 m/m
Depth	0,20 m
Bottom Width	1,00 m

Results	
Discharge	0,54 m ³ /s
Flow Area	0,20 m ²
Wetted Perimeter	1,40 m
Top Width	1,00 m
Critical Depth	0,31 m
Critical Slope	0,004659 m/m
Velocity	2,70 m/s
Velocity Head	0,37 m
Specific Energy	0,57 m
Froude Number	1,93
Flow is supercritical.	

Colector PVC 300 mm

Input Data	
Mannings Coefficient	0,009
Channel Slope	0,016500 m/m
Depth	0,24 m
Diameter	300,00 mm

Results	
Discharge	0,18 m ³ /s
Flow Area	0,06 m ²
Wetted Perimeter	0,66 m
Top Width	0,24 m
Critical Depth	0,29 m
Percent Full	80,00
Critical Slope	0,013809 m/m
Velocity	2,89 m/s
Velocity Head	0,43 m
Specific Energy	0,67 m
Froude Number	1,84
Maximum Discharge	0,19 m ³ /s
Full Flow Capacity	0,18 m ³ /s
Full Flow Slope	0,015765 m/m
Flow is supercritical.	

Será necesario disponer, además, una cuneta a cada lado de la plataforma, en la zona donde la vía discurre en trinchera, concretamente desde el P.K. 2+400 hasta el P.K. 2+550. Se ha proyectado para ello una cuneta triangular revestida de hormigón de anchura 50 cm y profundidad máxima de 25 cm. El caudal máximo que deberá desaguar, considerando un periodo de retorno de 25 años, será de 0,1 m³/s. A continuación se presentan los cálculos hidráulicos que justifican la sección dispuesta.

Cuneta C-8

Input Data	
Mannings Coefficient	0,013
Channel Slope	0,016500 m/m
Left Side Slope	1,000000 H : V
Right Side Slope	1,000000 H : V
Discharge	0,10 m ³ /s

Results	
Depth	0,23 m
Flow Area	0,05 m ²
Wetted Perimeter	0,65 m
Top Width	0,46 m
Critical Depth	0,29 m
Critical Slope	0,005012 m/m
Velocity	1,86 m/s
Velocity Head	0,18 m
Specific Energy	0,41 m
Froude Number	1,75
Flow is supercritical.	

3.4.4. Apeadero

La rasante de las vías tiene una pendiente del 0,3%. Los elementos de drenaje tendrán una pendiente mínima de 5 mm/m.

En toda el área del apeadero la plataforma corresponde a la tipología de vía en placa. Por ello, la recogida del agua se realiza de forma análoga a la planteada en la sección sobre solera de hormigón para la plataforma de la vía férrea.

Las lluvias caídas sobre las marquesinas del apeadero son evacuadas mediante las bajantes situadas en el interior de las columnas estructurales hasta la parte inferior del andén. Desde ahí son vertidas directamente hacia la plataforma de la vía.

El agua recogida en el apeadero se conectará mediante colector de PVC de 300 mm de diámetro con la red de drenaje de la vialidad de acceso a las cocheras.

3.4.5. Vía de lavado

El agua utilizada para el lavado de las unidades seguirá un proceso de recirculación. Para ello se incluirá, dentro de las instalaciones de las cocheras, una estación de tratamiento de aguas industriales situada bajo la zona de carga y descarga.

El agua recogida en la vía de lavado será conducida hasta el tanque de sedimentación gruesa de la estación de tratamiento.

A este tanque de sedimentación gruesa llegarán las incorporaciones de aguas de la zona de lavado manual y de la zona de lavado automático. El tanque de sedimentación gruesa aliviara al tanque de sedimentación fina. En ambos tanques se producirá el desbaste del agua ya utilizada.

Por otro lado, el tanque de sedimentación fina aliviara al tanque de extracción, y éste al tanque de agua reciclada.

Del tanque de agua reciclada partirá el agua para su nuevo uso. No obstante, se ha previsto que pueda necesitarse agua exterior al circuito, para lo cual se dispondrá el tanque de agua fresca que alivia al tanque de agua reciclada.

Cuando en la zona de lavado se proceda a eliminar graffitis, el circuito que recogerá este agua será distinto del antes descrito. El agua de graffitis, que contendrá disolventes, irá a parar a un depósito para su posterior extracción y tratamiento fuera de las instalaciones de las cocheras.

Para ello, antes del lavado se abrirá y cerrará el acceso a la red de recogida de agua con disolventes (de graffitis) o de industriales, según corresponda. De este modo, las aguas con disolventes se desviarán y almacenarán en un depósito independiente, situado junto a la estación de tratamiento de las aguas industriales, para su posterior transporte, a través de camión cisterna, a una empresa especializada en su tratamiento.

3.4.6. Cubiertas

El edificio de la nave de cocheras tendrá cubierta a dos aguas. Las aguas de escorrentía del tejado se conducirán por veinte bajantes, distribuidas homogéneamente por ambos lados del edificio.

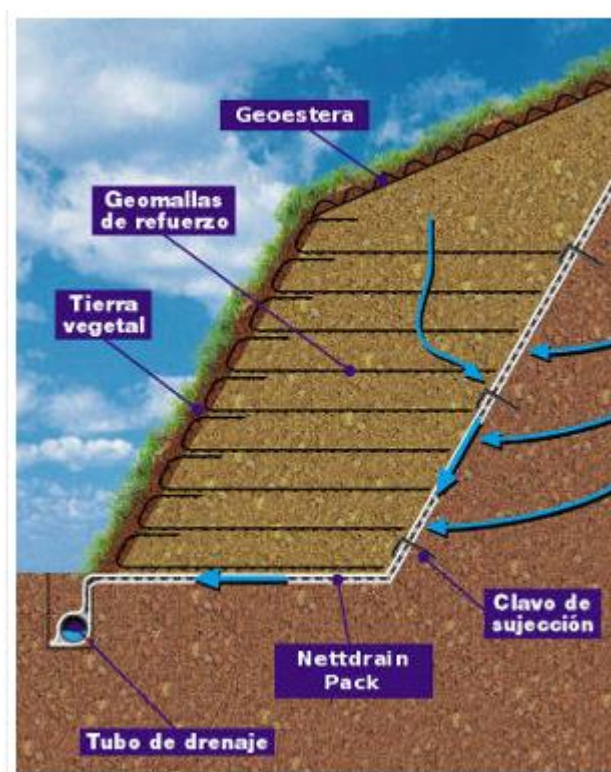
El agua de escorrentía del tejado del edificio multiusos, se recogerá mediante cuatro bajantes embebidas en la estructura del mismo.

El agua recogida se englobará en la red de drenaje de la vialidad.

3.4.7. Muros verdes

Se dispondrán muros con tipología de muro verde en la contención del vial de acceso a las cocheras, hasta la cota 27.

El drenaje de este tipo de muros se resuelve tal y como se esquematiza en la siguiente figura:



Sobre el terreno natural se asienta una georred drenante que encauza el agua a una bolsa de geotextil preparada para albergar un tubo-dren ranurado en su parte interior.

La permeabilidad del paramento externo garantiza el drenaje del terreno.

3.4.8. Zona de estacionamiento interior a la Nave de Cocheras

La red de drenaje en el interior de la nave de cocheras se diseña con el objetivo de evacuar principalmente el agua utilizada para limpiar las instalaciones, si bien, existirá un pequeño caudal fruto del agua que puedan traer las unidades al entrar en las cocheras.

La sección tipo dispuesta para las vías interiores a la nave corresponde a vía en cuna. No se requerirán cunetas adicionales para recoger el agua ya que la configuración propia de la sección de la vía cumple con la función de una cuneta rectangular.

A lo largo de estas cunetas el agua discurre hasta los sumideros, situados cada 5 m, los cuales desaguan en los correspondientes colectores.

Se dota a la superficie acabada de la nave una pendiente mínima de 5 mm/m hacia las zonas de recogida de aguas.

Del mismo modo, y a pesar de que las vías son horizontales, se deberá de dotar a los elementos del drenaje de una pendiente mínima de 5 mm/m.

El drenaje de la nave se organiza de modo que el agua discurre hacia el exterior, por lo que los elementos del drenaje tendrán la pendiente hacia el haz de vías.

Los colectores longitudinales son interceptados por un colector que atraviesa las vías en perpendicular y que, a su vez, recoge el agua del haz de vías (descrito en el epígrafe que sigue).

3.4.9. Haz de vías

El haz de vías se compone de vías sobre balasto. El agua caída sobre la plataforma fluye hacia los laterales debido a la pendiente transversal del 5% dada a la capa de sub-balasto.

Por un lado, se recogerá el agua mediante las cunetas laterales de hormigón rectangulares que se han proyectado (de 0,3 m de base x 0,3 m de altura).

El ensanchamiento de la plataforma ferroviaria en esta zona hace que el drenaje obtenido mediante las cunetas laterales no sea suficiente. Así pues, para recoger el agua de la parte central de la plataforma se han dispuesto drenes longitudinales de PVC Ø160 mm.

Tanto las cunetas como los drenes deben situarse a una cota tal que su parte superior coincida con el límite inferior de la capa de sub-balasto.

La rasante de las vías permanece horizontal. Esto obliga a dotar a los elementos de drenaje de una pendiente mínima de 5 mm/m.

En la zona en la que está permitido el tránsito de vehículos sobre el haz de vías (vías embebidas) las cunetas se cubrirán con rejilla.

Tanto las cunetas como los drenes evacuan el agua a un colector de PVC de 500 mm de diámetro que atraviesa el haz de vías en paralelo al vial que las cruza y que a su vez, lleva el agua recogida en parte de la plataforma de la vía férrea, en el apeadero y en el talud lateral situado al sureste de la nave de las cocheras. El caudal máximo que deberá evacuar este colector será de 0,3 m³/s, con una pendiente del 0,5%.

Para dar continuidad a este colector, se dispondrá un pozo de resalto (de 5,25 m de altura) que lo conectará con el sistema de drenaje del vial de acceso a las cocheras.

A continuación se presentan las características hidráulicas tanto de los drenes y del colector, para un calado igual al 80% de su diámetro, como de la cuneta lateral dispuesta.

Dren PVC Ø 160

Input Data	
Mannings Coefficient	0,009
Channel Slope	0,005000 m/m
Depth	128 mm
Diameter	160,00 mm

Results	
Discharge	0,018 m³/s
Flow Area	0,02 m²
Wetted Perimeter	0,35 m
Top Width	0,13 m
Critical Depth	0,12 m
Percent Full	80,00
Critical Slope	0,005481 m/m
Velocity	1,05 m/s
Velocity Head	0,06 m
Specific Energy	0,18 m
Froude Number	0,91
Maximum Discharge	0,02 m³/s
Full Flow Capacity	0,02 m³/s
Full Flow Slope	0,004777 m/m
Flow is subcritical.	

Colector PVC Ø 500

Input Data	
Mannings Coefficient	0,009
Channel Slope	0,005000 m/m
Depth	0,40 m
Diameter	500,00 mm

Results	
Discharge	0,38 m³/s
Flow Area	0,17 m²
Wetted Perimeter	1,11 m
Top Width	0,40 m
Critical Depth	0,42 m
Percent Full	80,00
Critical Slope	0,004625 m/m
Velocity	2,24 m/s
Velocity Head	0,26 m
Specific Energy	0,66 m
Froude Number	1,10
Maximum Discharge	0,41 m³/s
Full Flow Capacity	0,39 m³/s
Full Flow Slope	0,004777 m/m
Flow is supercritical.	

Cuneta rectangular en vía sobre balasto (0,3 m de base x 0,3 m de altura):

Input Data	
Mannings Coefficient	0,013
Channel Slope	0,005000 m/m
Depth	0,30 m
Bottom Width	0,30 m

Results	
Discharge	0,11 m³/s
Flow Area	0,09 m²
Wetted Perimeter	0,90 m
Top Width	0,30 m
Critical Depth	0,23 m
Critical Slope	0,009394 m/m
Velocity	1,17 m/s
Velocity Head	0,07 m
Specific Energy	0,37 m
Froude Number	0,68
Flow is subcritical.	

3.4.10. Vialidad de acceso a las cocheras y aparcamiento asociado

Se dispone a lo largo del vial de acceso un caz triangular de hormigón (C-6) de profundidad 6 cm y taludes 1H/1V con sumideros cada 20 m en la margen que en cada momento lo requiera. Los cálculos hidráulicos se presentan a continuación:

Caz (C-6)

Input Data	
Mannings Coefficient	0,013
Channel Slope	0,010000 m/m
Left Side Slope	1,000000 H : V
Right Side Slope	1,000000 H : V
Discharge	0,24e-2 m³/s

Results	
Depth	0,06 m
Flow Area	0,39e-2 m²
Wetted Perimeter	0,18 m
Top Width	0,12 m
Critical Depth	0,06 m
Critical Slope	0,008259 m/m
Velocity	0,60 m/s
Velocity Head	0,02 m
Specific Energy	0,08 m
Froude Number	1,09
Flow is supercritical.	

Rating Table		
Channel Slope (m/m)	Depth (m)	Velocity (m/s)
0,010000	0,06	0,60
0,015000	0,06	0,70
0,020000	0,05	0,78
0,025000	0,05	0,85
0,030000	0,05	0,91
0,035000	0,05	0,97
0,040000	0,05	1,02

En las zonas en las que el caz atraviesa zona de tránsito de vehículos, se dispone la cuneta C-2 descrita en el apartado 3.4.2 del presente documento.

Del mismo modo, en las zonas del aparcamiento que lo así lo requiera se coloca la cuneta C-4 descrita en el citado apartado.

Bajo los taludes que vierten al vial, se dispone la cuneta triangular revestida de hormigón C-7, con profundidad de 6 cm y taludes 1H/1V.

La red de colectores diseñada se resuelve con tubos de PVC de 300 y 500 mm que irán recogiendo las aguas recogidas en el resto de las zonas descritas, a excepción del Park&Ride.

El caudal máximo que deberá poder desaguar será de 0,68 m³/s con pendiente del 2%.

La velocidad máxima recomendable para que la corriente no ocasione erosión en la tubería de PVC ni dislocamiento en las juntas, es de 5,0 m/s.

A continuación se presentan los cálculos justificativos del diseño hidráulico del colector en su sección más crítica, así como el caudal máximo que soportará a sección llena para distintas pendientes.

Colector PVC Ø 500

Input Data	
Mannings Coefficient	0,009
Channel Slope	0,020000 m/m
Diameter	500,00 mm
Discharge	0,68 m ³ /s

Results	
Depth	0,36 m
Flow Area	0,15 m ²
Wetted Perimeter	1,02 m
Top Width	0,44 m
Critical Depth	0,49 m
Percent Full	72,91
Critical Slope	0,013780 m/m
Velocity	4,43 m/s
Velocity Head	1,00 m
Specific Energy	1,37 m
Froude Number	2,41
Maximum Discharge	0,83 m ³ /s
Full Flow Capacity	0,77 m ³ /s
Full Flow Slope	0,015544 m/m
Flow is supercritical.	

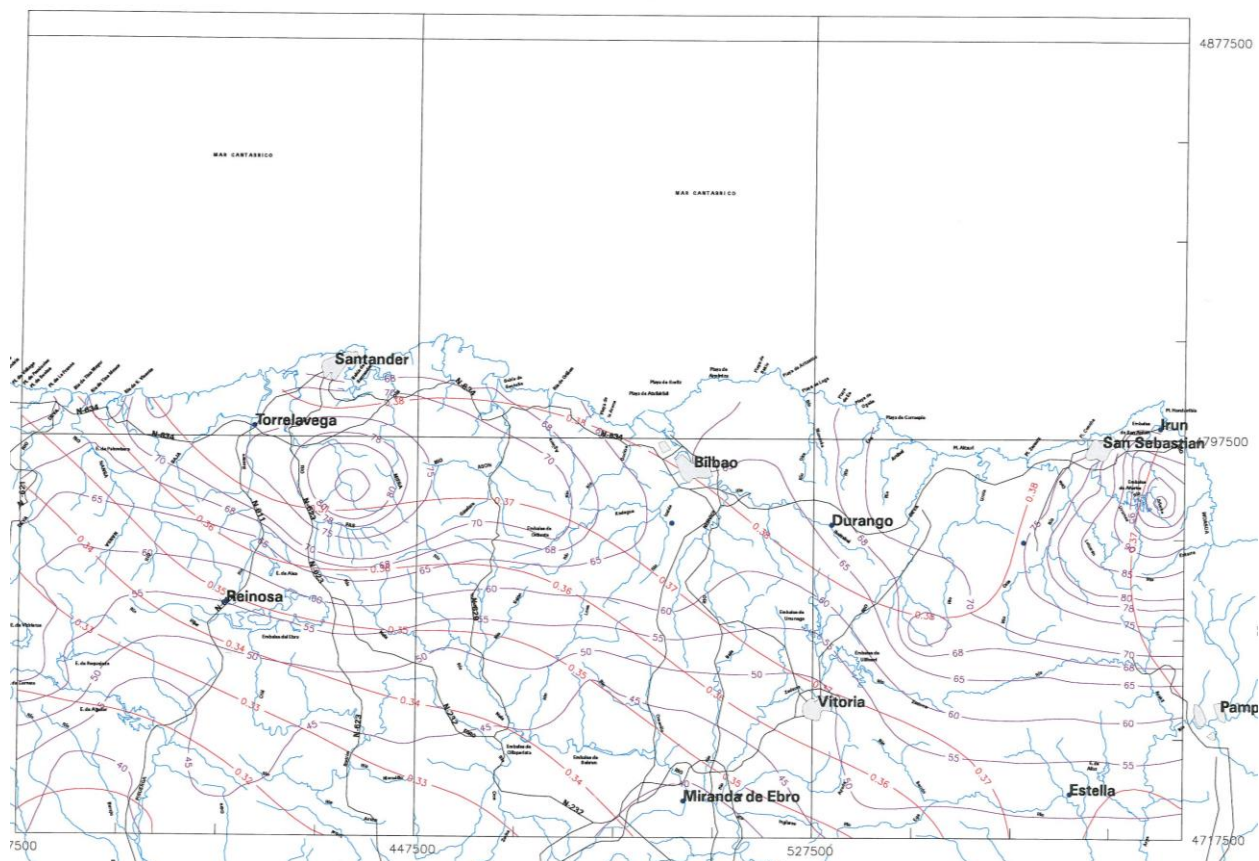
Rating Table			
Channel Slope (m/m)	Depth (mm)	Discharge (m ³ /s)	Velocity (m/s)
0,005000	500	0,39	1,96
0,010000	500	0,55	2,78
0,015000	500	0,67	3,40
0,020000	500	0,77	3,93
0,025000	500	0,86	4,39
0,030000	500	0,94	4,81

Los colectores evacuarán finalmente a un encauzamiento del arroyo Ballonti, previo desarenado y desengrasado de las aguas. Para salvar el desnivel existente entre el punto más bajo de la vialidad y el terreno natural, se dispondrá un pozo de resalto (5 m de altura).

APÉNDICE 1

MAPA PARA EL CÁLCULO DE LAS MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR

HOJA 3-1. BILBAO



APÉNDICE 2
PLANO DE CUENCAS HIDROLÓGICAS

