

A N E J O 7

---

H I D R O L O G Í A Y  
D R E N A J E

**ÍNDICE**

1	INTRODUCCIÓN .....	4
2	HIDROLOGÍA.....	5
	2.1 ANÁLISIS DE LAS CUENCAS VERTIENTES .....	5
	2.2 DETERMINACIÓN DEL AGUACERO DE DISEÑO.....	6
	2.2.1 Periodo de retorno .....	6
	2.2.2 Determinación del Aguacero de Diseño .....	6
	2.3 DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN .....	7
	2.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	9
	2.5 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA .....	9
	2.6 DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES RECURRENTES.....	12
3	ESTUDIO DEL DRENAJE ASOCIADO A LOS TÚNELES Y SOTERRAMIENTO DE LAS VÍAS .....	13
	3.1 DATOS DE PARTIDA .....	13
	3.2 ESTIMACIÓN DE CAUDALES .....	14
	3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE ADOPTADO.....	14
	3.4 JUSTIFICACIÓN HIDRÁULICA DE LOS ELEMENTOS DE DRENAJE DE LOS TÚNELES.....	16
4	ESTUDIO DEL DRENAJE EN LAS PLATAFORMAS FERROVIARIAS A CIELO ABIERTO .....	18
	4.1 DATOS DE PARTIDA .....	18
	4.2 DRENAJE TRANSVERSAL.....	18
	4.3 RED DE DRENAJE LONGITUDINAL .....	18
	4.4 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO.....	19
	4.5 JUSTIFICACIÓN HIDRÁULICA .....	20

**APÉNDICES:**

- 6.1 PLANOS DE CUENCAS
- 6.2 CUADROS RESUMEN DE CÁLCULO DE CAUDALES
- 6.3 CÁLCULOS HIDRÁULICOS
- 6.4 BOMBEO DE AGUA EN EL TÚNEL DE ARESTI

# 1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es la descripción del proceso de diseño y dimensionamiento de los elementos de drenaje proyectados en el presente Estudio Informativo de la solución soterrada de acceso al Aeropuerto. Tramo: La Ola-Sondika

El primer paso consiste en la determinación de los caudales de diseño, caudales que han sido calculados en los diversos elementos que componen el drenaje para diferentes periodos de retorno, según la importancia de los daños que ocasionaría una potencial insuficiencia de los mismos durante una avenida. A continuación se prediseñan y dimensionan dichos elementos de drenaje, con criterios de funcionalidad, durabilidad y mantenimiento prácticamente nulo.

El estudio de caudales se ha realizado siguiendo a su vez distintos métodos (Método Racional, Normas BAT) habiendo optado por la consideración posterior de los valores máximos obtenidos por los distintos métodos seguidos.

Como en todo estudio de drenaje, y más en trama urbana o periurbana, se hace necesario analizar en primer lugar la red de drenaje existente en la zona de proyecto, con el fin de comprender mejor las características hidrológicas y el funcionamiento actual del drenaje en la zona de proyecto, así como detectar posibles deficiencias que, con motivo del presente estudio, se pudieran dejar resueltas.

El trazado estudiado en la zona de la Ola se apoya en el terraplén ya existente en la traza actual, ampliándose en lo necesario para albergar la nueva estación y la plataforma con las dos vías, razón por la que el drenaje de esa zona consistirá en la adecuación del existente a la nueva configuración de accesos a la estación proyectada.

Dado el perfil longitudinal de la traza, surge la necesidad de disponer pozos de bombeo en los puntos bajos de éstos (Túnel de Aresti y nueva estación de Sondika), elementos para los que se adjunta su predimensionamiento, tanto de la obra civil como de los equipos de bombeo necesarios.

Los tramos a cielo abierto no implican ninguna especificidad en cuanto al drenaje proyectado en ellos, debiendo únicamente considerar los desagües de las obras de drenaje existentes en el entorno que inciden directamente en la plataforma proyectada y las escorrentías generados en los taludes y el interior de la plataforma.

## 2 HIDROLOGÍA

### 2.1 ANÁLISIS DE LAS CUENCAS VERTIENTES

Para resolver el drenaje de las cuencas principales se utilizarán obras de drenaje de nueva implantación, o prolongación de las ya existentes cuando su proximidad a la traza así lo posibilite.

El drenaje en las vías y caminos actuales se basará en la implantación de cunetas en las márgenes de las plataformas, que desaguan en unos caños que las atraviesan inferiormente, dispuestos cuando la capacidad de las cunetas llega a al límite admitido en su diseño, no coincidiendo necesariamente con puntos bajos del trazado, lo que permitiría asimilar éstos a obras de drenaje transversal.

Los datos de las cuencas analizadas se resumen en el siguiente cuadro:

Nº CUENCA	Area Cuenca		L. cauce L (Km)	Cotas		Pend. media J(%)	T <sub>c</sub> (horas)
	(m2)	(Km2)		Máx.	Mín.		
1	1.240	0,0012	0,110	33,00	29,30	3,36	<b>0,107</b>
2	2.190	0,0022	0,120	41,00	29,30	9,75	<b>0,093</b>
3	4.125	0,0041	0,177	57,47	20,00	21,17	<b>0,108</b>
4	5.912	0,0059	1,282	57,47	10,80	3,64	<b>0,680</b>
5	856	0,0009	0,120	23,50	10,80	10,58	<b>0,092</b>
6	2.110	0,0021	0,150	11,80	7,29	3,01	<b>0,138</b>
7	754	0,0008	0,045	18,00	12,00	13,33	<b>0,042</b>
8	5.500	0,0055	0,200	24,50	4,30	10,10	<b>0,136</b>
9	1.960	0,0020	0,280	8,44	4,30	1,48	<b>0,254</b>
10	2.965	0,0030	0,280	15,00	4,30	3,82	<b>0,212</b>
11	1.520	0,0015	0,153	20,78	17,05	2,44	<b>0,146</b>
12	520	0,0005	0,060	20,78	17,05	6,22	<b>0,060</b>
13	631	0,0006	0,070	21,00	18,30	3,86	<b>0,074</b>

Como se observa en el cuadro anterior, los tiempos de concentración y las superficies de las cuencas afectadas son pequeñas, por lo que no procede estudio adicional alguno a la hora de analizar los caudales generados en ellas, siendo perfectamente aplicable el método racional modificado, habitual en este tipo de estudios.

## 2.2 DETERMINACIÓN DEL AGUACERO DE DISEÑO

### 2.2.1 Periodo de retorno

Si bien se han calculado las precipitaciones máximas y los caudales de avenida en todas las cuencas para los períodos de retorno de 10, 25, 50 100 y 500 años, los periodos de retorno aplicables en cada elemento de drenaje a estudiar dependerán del riesgo que suponga su falta de capacidad o su obstrucción, en función de los daños que ello pudiera ocasionar. Como primera aproximación, se parte de las recomendaciones establecidas al respecto en las Normas BAT de Drenaje para el dimensionamiento de los distintos elementos de drenaje, que se resumen en la siguiente tabla:

OBRA DE DRENAJE	PERÍODO DE RETORNO	
	Mínimo	Recomendado
Sumideros, cunetas, colectores y obras con sección de drenaje inferior a 0.75m <sup>2</sup> .	10 años	25 años
Caños, Alcantarillas, tajeas, pontones y obras con sección de desagüe entre 0.75 m <sup>2</sup> y 5 m <sup>2</sup> .	25 años	100 años
Pontones, viaductos y obras de paso con sección de desagüe entre 5 m <sup>2</sup> y 50 m <sup>2</sup> .	100 años	250 años
Puentes y obras con sección de desagüe superior a 50 m <sup>2</sup> .	250 años	500 años

En el interior del túnel, al no estar provocado directamente el flujo de las infiltraciones a su interior por fenómenos probabilísticos, no procede hablar de período de retorno.

### 2.2.2 Determinación del Aguacero de Diseño

La precipitación máxima se ha calculado por dos métodos: mediante los datos obtenidos de la publicación "Máximas lluvias diarias en la España peninsular", y los deducidos de las curvas IDF de las Normas BAT de la DFB.

La publicación "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" proporciona el valor de la precipitación total diaria, Pd, correspondiente a un periodo de retorno en la localidad deseada. Valor que sirve de base de partida para el cálculo de los caudales a desaguar por las pequeñas cuencas, supliendo así la ausencia de aforos en las mismas.

El proceso operativo de obtención de Pd es el siguiente:

- Localización en los planos contenidos en la publicación del punto geográfico deseado.
- Estimación mediante las Isolíneas representadas del coeficiente de variación Cv y del valor medio P de la máxima precipitación diaria anual.

- Para el periodo de retorno deseado T y el factor Cv, obtención del cuantil regional Yt mediante aplicación de la tabla 7.1.
- Realizar el producto del cuantil regional Yt por el valor medio P obteniéndose la precipitación total diaria Pd.

En la zona objeto de estudio se han estimado los valores medios de la máxima precipitación diaria anual mediante la aplicación informática Maxplu incluida en la citada publicación, obteniendo, para los distintos periodos de retorno, las precipitaciones totales diarias que se muestran en la siguiente tabla:

<b>X</b>	506.384	<b>T (años)</b>	<b>Pt (mm/día)</b>
<b>Y</b>	4.791.542	2	60
<b>Cv</b>	0,381	5	82
<b>Pmed (mm/día)</b>	66	10	97
		25	119
		50	135
		100	154
		200	172
		500	200

En las Normas BAT, la intensidad máxima de precipitación a adoptar depende del tiempo de concentración de la cuenca, caso de no disponer de datos de aforos. A continuación se detallan los valores de la intensidad máxima de precipitación para cada tiempo de concentración y periodo de retorno estudiado.

T (años)	It (mm/h)						
	Tc = 0,107 h	Tc = 0,093 h	Tc = 0,108 h	Tc = 0,68 h	Tc = 0,092 h	Tc = 0,138 h	Tc = 0,042h
10	90	90	90	48	90	90	90
25	110	110	110	58	110	110	110
50	124	124	124	64	124	124	124
100	138	138	138	73	138	138	138
250	147	147	147	83	147	147	147
500	168	168	168	90	168	168	168

T (años)	It (mm/h)					
	Tc = 0,136 h	Tc = 0,254 h	Tc = 0,212 h	Tc = 0,146 h	Tc = 0,060 h	Tc = 0,074 h
10	90	75	74	90	90	90
25	110	90	88	110	110	110
50	124	105	104	124	124	124
100	138	116	115	138	138	116
250	147	125	124	147	147	125
500	168	146	144	168	168	168

### 2.3 DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN

Este proceso se ha seguido con las precipitaciones medias máximas obtenidas de la publicación “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” y de los ajustes estadísticos sobre los datos recopilados en el INM.

Estas curvas relacionan, para un determinado periodo de retorno, la máxima intensidad media de lluvia con su duración y se obtienen, mediante el ajuste de los

valores que corresponden a un mismo periodo de retorno, en las fórmulas de recurrencia obtenidas previamente para cada duración. Los pares de valores intensidad-duración se obtienen, siguiendo la Instrucción 5.2-IC de la Dirección General de Carreteras, que recoge el Método Racional de J.R. Témez, a partir de la siguiente fórmula:

$$I_t = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1-t^{0.1}}}{28^{0.1}-1}} \cdot I_d$$

donde:

- $I_t$  es la intensidad media horaria que corresponde a la precipitación de duración  $t$ , en mm/h.
- $I_d$  es la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al periodo de retorno considerado, en mm/h. Es igual a  $P_d/24$ .
- $P_d$  es la precipitación total diaria correspondiente a dicho periodo de retorno. Viene expresada en mm. Este valor ha sido determinado en el apartado anterior a partir de la publicación “Máximas lluvias diarias en la España peninsular”.
- $I_1$  es la intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno. El valor de la razón  $I_1/I_d$  se obtiene del mapa que se adjunta a continuación. El valor de  $I_1$  vendrá expresado en mm/h.
- $T$  es la duración del intervalo al que se refiere  $I$ , que se tomará igual al tiempo de concentración en horas.



## 2.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración de la cuenca se obtiene aplicando la fórmula:

$$T_c = 0.3 \cdot \left[ \frac{L}{J^{1/4}} \right]^{0.76}$$

donde:

- $T_c$  es el tiempo de concentración en horas.
- $L$  es la longitud de la vaguada de cada cuenca en Km.
- $J$  es la pendiente media de la cuenca en m/m.

A partir de este tiempo de concentración y aplicando la fórmula de la Instrucción de Carreteras, anteriormente indicada, se obtienen las intensidades de precipitación para un periodo de retorno considerado.

## 2.5 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

La expresión que evalúa el coeficiente de escorrentía según el procedimiento de la Instrucción 5.2-IC, que recoge íntegramente el Método Racional Modificado de J.R. Témez, es la siguiente:

$$C = \frac{[(P_d/P_0) - 1] * [(P_d/P_0) + 23]}{[(P_d/P_0) + 11]}$$

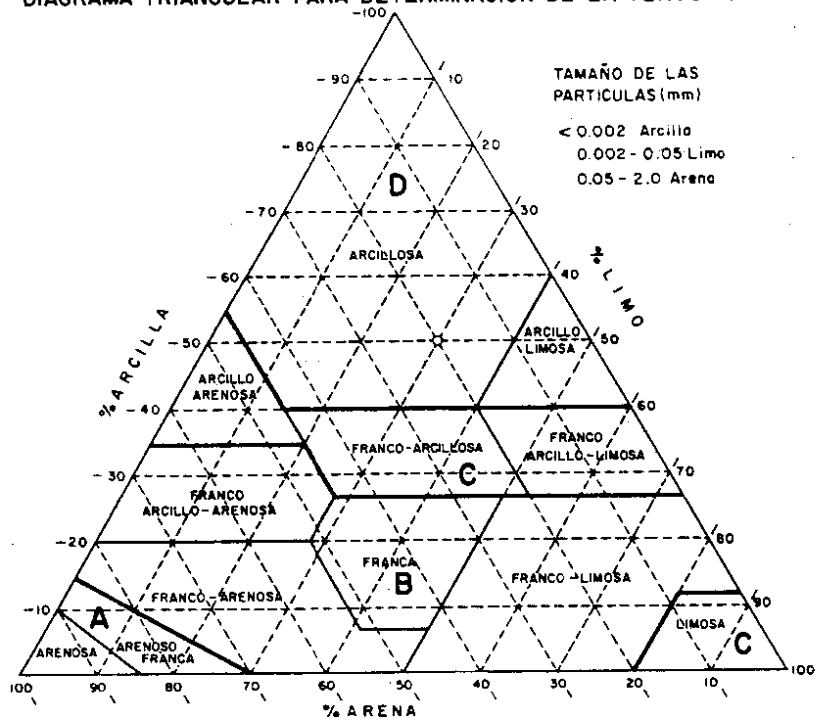
siendo:

C	coeficiente de escorrentía.
Pd(mm)	Precipitación máxima diaria modificada correspondiente al periodo de retorno considerado.
Po(mm)	Umbral de escorrentía.

La estimación del parámetro  $P_0$  se realiza habitualmente en función de una serie de factores, tales como el uso de la tierra, la pendiente del terreno y la clasificación del suelo en cuanto a su permeabilidad.



DIAGRAMA TRIANGULAR PARA DETERMINACION DE LA TEXTURA



El terreno donde se localizan las cuencas se ha establecido como tipo C, al tener una permeabilidad media motivado por el espesor de suelos y roca alterada presente en superficie.

Para la estimación de los umbrales de escorrentía se han consultado los mapas oficiales de cultivos y aprovechamientos, obteniéndose la siguiente tabla de estimación de umbrales iniciales de escorrentía:

Nº CUENCA	USOS (%)			Pte 3%	GRUPO SUELO	Po base			Po(mm)		
	P	MF	F			P	MF	F	P <sub>0</sub> Inicial	Factor regional	P <sub>0</sub> Final
1	0,0	30,0	70,0	>	C	14	22	2	8,0	1,9	15,2
2	0,0	30,0	70,0	>	C	14	22	2	8,0	1,9	15,2
3	25,0	75,0	0,0	>	C	14	22	2	20,0	1,9	38,0
4	25,0	75,0	0,0	>	C	14	22	2	20,0	1,9	38,0
5	0,0	0,0	100,0	>	C	14	22	2	2,0	1,9	3,8
6	0,0	8,0	92,0	>	C	14	22	2	3,6	1,9	6,8
7	0,0	8,0	92,0	>	C	14	22	2	3,6	1,9	6,8
8	25,0	75,0	0,0	>	C	14	22	2	20,0	1,9	38,0
9	25,0	75,0	0,0	>	C	14	22	2	20,0	1,9	38,0
10	0,0	8,0	92,0	>	C	14	22	2	3,6	1,9	6,8
11	0,0	8,0	92,0	>	C	14	22	2	3,6	1,9	6,8
12	0,0	8,0	92,0	>	C	14	22	2	3,6	1,9	6,8
13	0,0	8,0	92,0	>	C	14	22	2	3,6	1,9	6,8

Tal como se observa en la tabla anterior, y siguiendo el Método Racional, los umbrales de escorrentía así obtenidos se deben afectar de un factor corrector función de la posición de las cuencas en estudio, deducido del siguiente mapa:



Como se puede ver en el mapa figura 2.5 de la citada Instrucción, el coeficiente corrector para la zona en estudio resulta ser de valor 1,9.

De esta forma se obtiene el umbral de escorrentía definitivo y, junto con las precipitaciones calculadas anteriormente, se determinan los coeficientes de escorrentía de cada una de las cuencas.

Hay que precisar que, según el Método Racional Modificado, la precipitación máxima diaria  $P_d$ , es afectada de un factor reductor, para considerar la no simultaneidad de las precipitaciones de un mismo periodo de retorno en todos los puntos de la cuenca, función de su área, según la expresión:

$$K_A = 1 \text{ para } A < 1$$

$$K_A = \frac{1 - \log A}{15} \quad \text{para el resto de las cuencas, donde } A \text{ es superficie de la cuenca en Km}^2$$

En nuestro caso, y dada la escasa superficie de las cuencas, este factor no afecta al cálculo del caudal.

## 2.6 DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES RECURRENTES

El Método Racional modificado de J.R. Témez (1991), recogido también por las Normas BAT, consiste en la aplicación de la fórmula:

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

siendo:

- C      coeficiente medio de escorrentía de la superficie drenada.
- A      área en kilómetros cuadrados de la superficie drenada.
- I      intensidad media de la precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual a su tiempo de concentración  $T_c$ .
- K      coeficiente de uniformidad

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

Con los valores y formulaciones antes descritas se han elaborado los cuadros del Apéndice 6.2 a este Anejo.

El resultado del proceso se concreta en la siguiente tabla:

CUENCA	T(10 años)	T(25 años)	T(50 años)	T(100 años)	T(500 años)
1	0,020	0,028	0,034	0,041	0,060
3	0,027	0,043	0,057	0,073	0,119
5	0,025	0,032	0,037	0,042	0,056
7	0,027	0,035	0,041	0,048	0,065
9	0,009	0,014	0,019	0,024	0,038
11	0,032	0,041	0,048	0,057	0,077
13	0,018	0,023	0,027	0,032	0,043

### 3 ESTUDIO DEL DRENAJE ASOCIADO A LOS TÚNELES Y SOTERRAMIENTO DE LAS VÍAS

#### 3.1 DATOS DE PARTIDA

Con respecto al drenaje de los túneles que se definen en el trazado, las filtraciones que se produzcan en el interior de los mismos constituirán el origen de los caudales a desaguar por la red de drenaje.

En el caso del túnel de Aresti, se deberá conducir hacia el pozo de bombeo dispuesto en el punto bajo del túnel (P.K. 4+700) el tramo comprendido entre la boquilla de entrada (P.K. 3+982) y el punto alto situado en la zona de acceso a la estación de Sondika (P.K. 5+140), lo que supone un tramo total de 1.158m. A este pozo de bombeo accederán también las aguas recogidas por un tramo de unos 30 m de sección en trinchera abierta en la boquilla de entrada del túnel de Aresti.

Con respecto al drenaje de la estación de Sondika y de los túneles de los ramales de Lezama y cocheras, las filtraciones que se produzcan en el interior de los mismos constituirán el origen de los caudales a desaguar por la red de drenaje, que se deberán conducir hacia los 2 pozos de bombeo dispuestos en la futura estación de esta población.

En el caso del ramal de Lezama, se recogerán además de las propias infiltraciones de los 300 metros del tramo soterrado, unos 120 metros del tramo a cielo abierto situado entre la salida del túnel y el punto alto del P.K. 0+480. En lo referente al ramal de cocheras, únicamente recogerá las infiltraciones propias del tramo soterrado, de unos 155 metros de longitud.

### **3.2 ESTIMACIÓN DE CAUDALES**

Para la estimación de los caudales a drenar en el interior de los túneles y falsos túneles, se ha partido de los criterios generales establecidos por ETS, que se basan en la consideración de un caudal máximo de filtración de 5 l/s/km en el túnel en servicio, debiéndose sellar las grietas o vías de agua hasta reducir a estos valores de caudal de filtración dentro del túnel.

En fase de ejecución se adopta un valor máximo de 10 l/s/km para las filtraciones que se producirán inicialmente en la excavación, incluyendo un sobrecoste de las excavaciones para valores superiores a éstos, por el incremento de inyecciones y achiques que necesitarán esos tramos de excavación del túnel.

Como la longitud total del túnel de Aresti que recogerá aguas en el punto bajo es de 1.158 m, el caudal total por filtraciones que se estima reciba el pozo de bombeo del propio túnel será de 5,79 l/s. Si a ese caudal se añade el agua de escorrentía que accederá al interior del mismo por la boquilla de entrada (15,00 l/s) el caudal total a bombear será de 20,79 l/s, de los que 18,7 l/s le llegará desde el inicio del tramo y 2,09 l/s desde el final del túnel.

La altura a de impulsión será de unos 17,50 m contados desde el fondo del pozo de bombas, al punto de conexión de la red de drenaje prevista (aun no ejecutado) en la urbanización del sector S.A.P.U.I.-1 Sondika.

En el caso de la estación de Sondika, la longitud total de la estación es de 370 m, por lo que el caudal total por filtraciones que se estima reciban los pozos de bombeo será de 1,85 l/s. Si a ese caudal se añaden las filtraciones del ramal de Lezama (1,50 l/s) y del ramal Cocheras (1,25 l/s), el caudal total a bombear será de 4,60 l/s. La altura a de impulsión será de unos 12 m contados desde el fondo del pozo de bombas a la red de pluviales de la urbanización del entorno.

### **3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE ADOPTADO**

La impermeabilización del túnel se realizará mediante la colocación de una lámina de Polietileno de Alta Densidad (PAD) de 2 milímetros de espesor.

Entre el sostenimiento y la lámina PAD se colocará un geotextil, que tendrá función antipunzonante y drenante (es decir, conducirá el agua). Podría ser de unos 500 gr/m<sup>2</sup>.

La lámina se unirá al sostenimiento mediante arandelas de PET, en al menos 6 puntos por m<sup>2</sup>. Las uniones entre láminas deben ser dobles, dejando un canal entre ambas. Su estanqueidad se comprobará mediante aire a 200 kPa de presión durante 15 minutos, permitiéndose una pérdida del 10 % debido a la flexibilidad de la membrana (UNE 104-424). El solape entre membranas será de al menos 25 cm.

Este tratamiento se dispondrá en el 100 % de la sección en la zona de ventiladores y del centro de transformación, disponiéndose sólo en las juntas transversales de hormigonado en la sección tipo del túnel así como en el resto de zonas que marque la Dirección Facultativa.

Si hubiera surgencias puntuales de agua, durante la obra se inyectarían y eliminarían, tal como se ha comentado anteriormente. En las zonas donde se hayan realizado inyecciones no se colocará la banda drenante antes descrita.

El sistema de impermeabilización expuesto se conectará con el drenaje longitudinal del túnel atravesando el hormigón del revestimiento con un tubo de 70 mm dispuesto cada 10 m, desaguando sobre la acera o pasillo de seguridad, donde se dispondrá una acanaladura para verter el caudal de las filtraciones a las cunetas laterales del sistema vía en placa.

Desde estas cunetas, se hará llagar el caudal de infiltración al colector central de la sección a través de pares de tubos de PVC de 75 mm de diámetro dispuestos en espina de pez cada 25 m.

En el centro de la sección, y sobre la contrabóveda se dispone un colector de 200 mm de diámetro hormigonando su sección para configurar el pasillo central, en el que sólo se interpondrán arquetas de registro cada 25 m, coincidiendo con las acometidas de los colectores en espina de pez.

En el túnel de Aresti, como se ha comentado anteriormente, se dispone un pozo de recogida de filtraciones en el punto bajo. El pozo de bombeo tiene unas dimensiones interiores de 4x4 m<sup>2</sup> libres en planta y una altura total de 4,79 m, necesarios para mantener un volumen de embalsamiento de unos 26 m<sup>3</sup> desde la cota de llegada del colector de entrada (200 PVC) y la parte superior de la bomba sumergida. El pozo está dotado de 2 bombas (una de ellas de reserva) capaces de impulsar los 20,79 l/s estimados como caudal máximo a recoger por el drenaje del túnel. El pozo de bombeo se conectará al encauzamiento del Arroyo Sangorriz.

En la estación de Sondika, se disponen dos pozos de recogida de filtraciones, uno en cada extremo de la estación, conectando ambos mediante un colector Ø 200 mm bajo el andén central con pendiente de 0,5 %, suficiente para el caudal a desaguar. El pozo de bombeo situado en el P.K. 5+180 se conectará la red de pluviales existente en la

calle Iturrikosolo. El otro pozo de bombeo de la estación se conectará a la red existente de la calle Lehendakari Agirre

En el Apéndice 6.6 de este Anejo se incluye la justificación hidráulica de las bombas.

### 3.4 JUSTIFICACIÓN HIDRÁULICA DE LOS ELEMENTOS DE DRENAJE DE LOS TÚNELES

Aparte de la justificación hidráulica de las bombas de impulsión que se incluyen en el Apéndice 6.4 de este Anejo, en este apartado se justificará la capacidad hidráulica de los distintos elementos de drenaje dispuestos en la sección de los túneles.

Comenzando por las cunetas laterales, y a la vista de los longitudinales del trazado, las más desfavorables son las cunetas laterales de la sección del túnel de Aresti en el P.K. 4+700 (punto bajo del trazado soterrado), pues la pendiente de las mismas no supera el 0,5%. Dado que el caudal unitario que se ha definido en el apartado 3.2 es de 5 l/s/km de túnel, y que estas cunetas desaguan en la cuneta central de la sección cada 25 m, a cada una de ellas le llegará un caudal  $Q = 5 \times 25 / 2000 = 0.06$  l/s. En esas condiciones, el funcionamiento hidráulico arroja un resultado de un calado que no llega a los 2 cm y una velocidad de 0,26 m/s, tal como se observa en el siguiente cuadro:

CUNETAS LATERALES VIA EN PLACA TÚNEL ARESTI				Ancho de la base:	0,15 m
Taludes costeros (H:V) :	0,000	Radio H. :	0,004	Area:	0,001
Caudal:	0,00006	Calado:	0,004	Perímetro M.:	0,157
Pendiente longitudinal (m/m):	0,005	Velocidad:	0,109	Caudal result:	<b>0,00006 m<sup>3</sup>/s</b>
Coef. Manning:	0,015	Nº Froude:	0,573		<b>0,06 l/s</b>

En cuanto a los colectores, el que tiene unas condiciones hidráulicas más desfavorables es también el que transporta el caudal desde la boquilla de entrada del túnel de Aresti hacia el punto bajo del mismo, que aparte de recoger todas las filtraciones del túnel principal, recoge también las que se produzcan en la zona de la boquilla de entrada. La pendiente de llegada al pozo de bombeo no superará el 0,5% y el caudal que transporta, según el apartado 3.2 anterior, es de 18,7 l/s.

En estas condiciones, y considerando un colector de PVC de 200 mm de diámetro, el funcionamiento hidráulico del mismo en la sección más desfavorable es:

#### COLECTOR CENTRAL EN TÚNEL ARESTI

SECCION CIRCULAR:

DIAMETRO= 0,20 m Caudal= 0,019 m<sup>3</sup>/s  
 i= 0,0050 m/m  
 K= 125

h/D	S (m <sup>2</sup> )	R <sup>2/3</sup> (m)	T (m)	D.H. (m)	V (m/s)	Q (l/s)	h (m)	F
0,018	0,00	0,02	0,05	0,00	0,15	0,02	0,00	1,02

A la vista de los resultados anteriores, realizadas en los tramos más desfavorables, no procede mayor justificación de los elementos del drenaje de los túneles.



## **4 ESTUDIO DEL DRENAJE EN LAS PLATAFORMAS FERROVIARIAS A CIELO ABIERTO**

### **4.1 DATOS DE PARTIDA**

Como datos de partida para el estudio y diseño del drenaje en la zona de proyecto se tiene la definición de las cuencas vertientes y la estimación de los caudales máximos generados en ellas, ambos puntos tratados en el apartado 2 anterior.

### **4.2 DRENAJE TRANSVERSAL**

En el tramo en estudio, existen diversas obras de drenaje transversal existentes en la zona de acceso a la futura estación de la Ola, que todas son afectadas en diferente grado por las obras definidas en el Proyecto Constructivo del túnel de Artxanda. La solución definida en el presente estudio informativo en esta no supone afecciones a las ODT proyectadas y únicamente será necesaria la adaptación puntual de las cunetas existentes en este ámbito.

En el P.K. 0+400 del ramal de cocheras, existe una obra de drenaje transversal ya existente en la traza actual de Euskotren, de la que sólo se deben prolongar su longitud y retocar las boquillas.

### **4.3 RED DE DRENAJE LONGITUDINAL**

Se proyecta la implantación de una red de drenaje sencilla, formada por cunetas guarda-balasto, típicas de plataformas ferroviarias, en los márgenes de la nueva plataforma ferroviaria y cunetas triangulares revestidas de hormigón, de 0,50 m de ancho total y taludes simétricos de 2(H):1(V) en las reposiciones de los caminos afectados y los de nueva implantación.

Estos elementos primarios desaguarán en obras transversales de drenaje longitudinal (en adelante OTDL) formadas por caños de hormigón del diámetro apropiado a las necesidades hidráulicas, dispuestas en los puntos bajos de los elementos antes descritos o cuando se agote la capacidad hidráulica de aquéllos.

Así mismo, se repondrán los elementos de drenaje existentes afectados por las obras, en aquellas zonas en las que la plataforma del camino o del ferrocarril proyectado incida en ellas, de forma que el sistema de drenaje actual se mantenga.

Los elementos de drenaje anteriores se complementan con las cunetas trapeziales con anchura inferior de 0,5 m y taludes 1(H):2(V) revestidas de hormigón, dispuestas en coronación de desmontes y/o pies de talud, necesarias para evitar que la escorrentía de lluvia en las laderas anexas afecte a la estabilidad de los taludes. El desagüe de estas cunetas de protección se realizará preferentemente de forma directa al terreno circundante, directamente a la entrada de las obras de drenaje transversal o, si no es

posible ninguna de las dos anteriores, a las cunetas del drenaje longitudinal mediante bajantes escalonadas.

#### 4.4 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

En cuanto a los criterios de dimensionamiento de las cunetas y colectores dispuestos para el drenaje longitudinal, se pueden citar:

- Los períodos de retorno aplicados en el cálculo de caudales serán de 25 años, como corresponde a los elementos de drenaje longitudinal de una obra lineal.
- Todos los colectores tendrán registros cada 50 m aproximadamente para facilitar el mantenimiento de los mismos, así como en todos aquellos puntos en los que se produzca un cambio de dirección de los mismos.
- La capacidad de los sumideros será el doble como mínimo del caudal que circula por el cazo o la cuneta que vierte en él.
- El funcionamiento de los colectores se producirá en régimen de lámina libre, con un factor de llenado de la sección que en ningún caso superará el 80%, para asegurar un correcto funcionamiento hidráulico y tener en cuenta posibles acarrees o depósitos entre operaciones de limpieza y mantenimiento.
- El diámetro mínimo a emplear en colectores será de 400 mm, empleándose tubos de 300 mm de diámetro sólo para algunas conexiones de sumideros con los colectores principales.
- El material de los colectores será hormigón centrifugado, por lo que se adoptará un coeficiente de rugosidad en la fórmula de Manning de 0,015.
- Se propone el revestimiento continuo de las cunetas proyectadas al tratarse de un drenaje proyectado en trama perirubana y facilitar de ese modo su mantenimiento.
- Los colectores de pluviales quedarán enterrados a una profundidad mínima de 1 m desde la cota de urbanización hasta la generatriz superior del mismo, con el fin de posibilitar cruzamientos con otros servicios (red de hidrantes, canalizaciones eléctricas, etc..)
- Todos los elementos de drenaje dispondrán de una pendiente longitudinal mínima de 0,5%, incluso los dispuestos en contrapendiente.

Para la obtención de los caudales que recogerán los elementos del drenaje longitudinal se parte de los valores obtenidos en el apartado 2. Las cuencas vertientes al elemento en análisis serán la suma del terreno externo vertiente hacia el mismo y la parte de plataforma ferroviaria que desagüe el mismo.

## 4.5 JUSTIFICACIÓN HIDRÁULICA

Con los criterios antes expuestos, y teniendo en cuenta el procedimiento para el cálculo de caudales descrito en el estudio hidrológico de este proyecto, se comprueban a continuación los elementos de drenaje dispuestos en las zonas de plataforma a cielo abierto. Para una mayor claridad, las comprobaciones hidráulicas se presentan por tipo de elemento, analizando la capacidad máxima del elemento en cuestión y comprobando posteriormente que los caudales recogidos por el mismo son inferiores a estos valores.

Comenzando con las cunetas de protección en coronación de desmontes o pie de terraplén, la capacidad máxima de la misma en las condiciones más desfavorables (pendiente longitudinal de 0,5%) es de 588,5 l/s tal como se refleja en la siguiente tabla:

<b>CUNETA DE GUARDA</b>				Ancho de la base = 0,50 m	
Taludes costeros (H:V) :	0,500	Radio H. :	0,232	Area:	0,375
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	0,589	Calado:	0,500	Perímetro M.:	1,618
Pendiente longitudinal (m/m):	0,0050	Velocidad:	1,569	Caudal result:	<b>0,589 m<sup>3</sup>/s</b>
Coef. Manning:	0,017	Nº Froude:	0,709		<b>588,52 l/s</b>

De las cunetas de protección, las más solicitadas es la dispuesta en el ramal de cocheras, que recoge la escorrentía de la ladera entre la carretera BI-737 y el trazado del ferrocarril con un caudal total de 82 l/s. La pendiente longitudinal es de un 1,0%, por lo que las condiciones hidráulicas de la misma serán:

<b>CUNETA DE GUARDA RAMAL COCHERAS</b>				Ancho de la base = 0,50 m	
Taludes costeros (H:V) :	0,500	Radio H. :	0,056	Area:	0,031
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	0,082	Calado:	0,249	Perímetro M.:	0,557
Pendiente longitudinal (m/m):	0,0100	Velocidad:	0,858	Caudal result:	<b>0,027 m<sup>3</sup>/s</b>
Coef. Manning:	0,017	Nº Froude:	0,549		<b>26,62 l/s</b>

Con respecto a las cunetas guarda balasto dispuestas en ambos márgenes de la plataforma ferroviaria, los tramos más solicitados son los que, aparte de recibir el caudal de la propia plataforma reciben también el de parte de las cuencas vertientes a través de las cunetas de protección. Dado que éste es un elemento tipificado que no admite incrementos de sección, se dispondrán las salidas al entorno en cuanto se agote su capacidad hidráulica. Analizando la capacidad máxima de la cuneta en las condiciones más desfavorables (pendiente longitudinal del 0,5%), el caudal máximo a transportar será de:

<b>CUNETA GUARDA BALASTO</b>				Ancho de la base = 0,26 m	
Taludes costeros (H:V) :	0,300	Radio H. :	0,144	Area:	0,167
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	0,192	Calado:	0,430	Perímetro M.:	1,158
Pendiente longitudinal (m/m):	0,0050	Velocidad:	1,145	Caudal result:	<b>0,192 m<sup>3</sup>/s</b>
Coef. Manning:	0,017	Nº Froude:	0,558		<b>191,56 l/s</b>



Al haber ajustado convenientemente el trazado de los caminos al terreno, los taludes son escasos, por lo que el caudal proviene fundamentalmente de la propia plataforma del camino. Si no recibieran aportación externa, las cunetas en tierras de los caminos tendrían capacidad suficiente para desaguar la escorrentía de 1,15 km de camino. Las cunetas de las carreteras no agotarían su capacidad hidráulica en 920 m y las de los accesos y caminos de servicio en 1,69 km, por lo que en principio no es de esperar faltas de capacidad en estos elementos.

APÉNDICE 7.1

---

PLANOS DE CUENCAS

---

APÉNDICE 7.2

---

CUADROS RESUMEN DE  
CÁLCULO DE CAUDALES

CÁLCULOS HIDRAULICOS



APÉNDICE 7.4

---

JUSTIFICACIÓN DE LOS  
EQUIPOS DE BOMBEO

