

ANEJO N°6

## **Climatología e Hidrología**

## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Metodología para la Obtención de Caudales</b>	<b>1</b>
2.1 Tramos a Cielo Abierto	1
2.1.1 Cálculo de IT	1
2.1.2 Coeficiente de Escorrentía	2
2.1.3 determinación de los caudales de Proyecto	3
2.2 Túnel en Mina	3
2.3 Falso Túnel	3
2.4 Estación de Rekalde	3
2.5 Estación de Irala	3
2.6 Estación de Zabalburu	4
2.7 Estación de Moyua	4
2.8 Estación Parque	4
2.9 Estación Deusto-Universidad	4
<b>3. Descripción de las Redes de Drenaje</b>	<b>4</b>
3.1 Túnel de Línea	4
3.1.1 Drenaje Transversal	4
3.1.2 Drenaje Longitudinal	5
3.2 Estación de Deusto-Universidad	6
3.3 Estación de Parque	6
3.4 Estación de Moyua	7
3.5 Estación de Zabalburu	7
3.6 Estación de Irala	7
3.7 Estación de Rekalde	8
3.8 Salida de emergencia	8
3.8.1 Agua que accede directamente al pozo	8
3.8.2 Agua procedente de la Infiltración Freática	9
3.9 Dimensionamiento de los pozos de bombeo	9

## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es la descripción del proceso de diseño y dimensionamiento de los elementos de drenaje que contempla el presente “Estudio informativo de la línea 4 del ferrocarril metropolitano de Bilbao”.

El trazado propuesto en el Estudio discurre en túnel en todo su trazado, por lo que las principales afluencias de agua provienen de las infiltraciones que puedan producirse desde el terreno al interior de los túneles y estaciones y desde la superficie de la calle a través de las rejillas de ventilación.

## 2. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE CAUDALES

Previo a la realización de las comprobaciones y cálculo de los elementos que componen la Red de Drenaje es necesario la obtención de los caudales de partida y que componen la base del cálculo.

Así, se expone a continuación la metodología empleada para la obtención de dichos caudales, diferenciándose, por un lado, los tramos de trazado que se configuran a cielo abierto y en los que serán de aplicación las Normas BAT de Drenaje y por otro, los tramos subterráneos excavados en mina, con una metodología específica y que también se describe.

### 2.1 TRAMOS A CIELO ABIERTO

Para la determinación de los caudales de cálculo es necesario establecer diferentes parámetros, como el coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración, la intensidad de lluvia o los periodos de retorno a considerar.

Al tratarse de Cuencas de extensión menor a 1 Km<sup>2</sup>, no existen en los Organismos de Cuenca correspondientes datos de estos caudales. Con lo que se procede a la estimación de estos caudales mediante el método hidrometeorológico basado en el denominado Método Racional. En este método, los caudales se evalúan a partir de la fórmula:

$$Q_e = \frac{CIA}{360}$$

donde:

$Q_e$  es el caudal estimado en la sección de desagüe en estudio en m<sup>3</sup>/s.

$C$  es el coeficiente de escorrentía de la cuenca.

$A$  es la superficie de la cuenca de aportación en Ha

$I$  es la intensidad de lluvia máxima correspondiente al periodo de retorno de diseño para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en mm/hora.

#### 2.1.1 CÁLCULO DE IT

La aplicación de las normas BAT simplifica el cálculo de la intensidad de lluvia a considerar. Estas normas tienen ya en cuenta las características del territorio y las series de datos recogidos por los Servicios de Meteorología de la zona, por lo que la intensidad de lluvia pasa a depender de dos únicos factores que son el Periodo de retorno (Tr) y el Tiempo de concentración (Tc).

El tiempo de concentración se calcula mediante la fórmula:

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

Siendo:

- Tc Tiempo de concentración en horas.
- L Longitud de cuenca interceptada en Km.
- J Pendiente media de la cuenca en tanto por uno.

Se considera que el tiempo de concentración mínimo es de 10 minutos, por lo que cuando el resultado de la fórmula anterior sea menor al indicado, se tomará Tc = 10 min.

Los periodos de retorno recomendados en las normas BAT a efectos del presente proyecto son:

- 25 años para sumideros y cunetas.
- 100 años para caños y bajantes escalonadas.

Una vez fijado el tiempo de concentración de las cuencas, la obtención de la intensidad de lluvia correspondiente se realiza utilizando la tabla intensidad-duración que se adjunta a continuación. Esta tabla se ha obtenido a partir de los datos recogidos en la estación meteorológica de Sondika. Dada la proximidad de dicha estación a la zona de actuación del presente Proyecto se considera que dicha gráfica es perfectamente aplicable.

Tabla nº1. Intensidad-Duración de la Estación Meteorológica de Sondika.

INTENSIDAD MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN						
Tiempo de concentración	PERIODO DE RETORNO Tr (Años)					
	10	25	50	100	250	500
24 h	6	7	8	9	10	11
12 h	9	11	12	14	16	17
9 h	11	13	15	17	19	21
6 h	14	17	19	22	24	27
5 h	16	19	22	24	27	30
4 h	18	22	25	28	31	34
3 h	21	26	29	33	37	41
2 h 30 min	23	29	32	36	41	45
2 h	27	32	37	41	47	51
1 h 45 min	29	35	40	44	50	55
1 h 30 min	31	38	43	48	55	60
1 h 20 min	33	40	46	51	58	64
1 h 10 min	36	43	49	55	63	68
1 h	40	47	53	60	68	74
50 min	42	52	59	66	75	81
40 min	47	58	66	73	84	91
30 min	55	67	76	85	96	105
25 min	60	73	83	92	105	115
20 min	66	81	92	103	117	127
15 min	76	92	105	117	133	145
10 min	91	111	125	140	159	174

2.1.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Para la obtención del Coeficiente de escorrentía y si se dispone de datos fiables, se utilizarán éstos, acudiéndose en caso contrario a la siguiente tabla contenida a tal efecto en las Normas BAT:

TIPO DE SUELO	C
Pavimentos y zonas urbanas intensivas	0,8 – 1,0
Zonas urbanas residenciales. Terrenos impermeables, vegetación escasa.	0,7 – 0,9
Terrenos permeables, vegetación escasa. Terrenos impermeables vegetación densa.	0,6 – 0,8
Terrenos permeables, vegetación densa. Terrenos impermeables, bosque frondoso.	0,5 – 0,7
Terrenos permeables, bosque frondoso.	0,4 – 0,6

En el presente proyecto se tomarán los valores de 1,0 para superficies pavimentadas y 0,6 cuando el agua es recogida por el terreno.

### 2.1.3 DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE PROYECTO

La determinación de los caudales de proyecto se obtiene como el producto del caudal obtenido por el método racional, y un coeficiente de mayoración,  $k_p$ , que no depende de parámetros hidrológicos, sino de los posibles daños que una avenida pueda ocasionar en el entorno.

El parámetro  $k_p$  se halla en función del elemento y el daño a partir de las siguientes tablas:

CLASIFICACIÓN DE LOS DAÑOS POSIBLES	
A	Inundación de vegas agrícolas por elevación de la lámina de agua con la velocidad de la corriente < 1 m/seg.
B	Inundación de granjas, instalaciones industriales y viviendas aisladas, por la elevación de la lámina de agua con velocidad de la corriente > 1 m/sg.
C	Inundación de áreas urbanas y suburbanas con arrastre de vehículos y corte de las vías de comunicación.
D	Inundación catastrófica con arrastre de árboles y animales, importantes daños materiales y peligro de vidas humanas

COEFICIENTE DE MAYORACIÓN $K_p$				
OBRA DE DRENAJE	Daños A	Daños B	Daños C	Daños D
Sumideros, cunetas, colectores, caños y obras con sección de desagüe inferior a 0,75 m <sup>2</sup>	1 - 1,2	1 - 1,2	—	—
Caños, alcantarillas, tajeas, pontones y obras con sección de desagüe entre 0,75 y 5 m <sup>2</sup>	1 - 1,2	1 - 1,2	1,1 - 1,3	1,2 - 1,4
Pontones, puentes y obras de drenaje con sección de desagüe entre 5 y 50 m <sup>2</sup>	1 - 1,2	1,1 - 1,3	1,2 - 1,4	1,3 - 1,5

En todos los cálculos se mayorará el caudal con un coeficiente de seguridad de 1,1.

### 2.2 TÚNEL EN MINA

Los túneles se diseñan como drenados, es decir, sin contar con posibles cargas hidráulicas desde el punto de vista estructural. Este tipo de solución exige, por tanto, la configuración de una sección permeable de túnel, permitiendo la infiltración de las aguas, que son recogidas y reconducidas al exterior.

Se ha registrado en la práctica valores de filtración, a lo largo de túneles ya construidos, en el rango de 0,2 a 5 l/m<sup>2</sup>/día con casos extremos que llegan hasta los 32. La experiencia recogida durante los trabajos de construcción de Línea 1, indica que los caudales son del orden de los 5 l/s/km.

Con las secciones de excavación del presente proyecto, la relación entre l/m<sup>2</sup>/día y l/s/km es aproximadamente 1/0.4. A la vista de todos estos datos, se estima prudente adoptar un caudal de diseño de 10 l/s/km, teniéndose entonces que:

En vista de los resultados obtenidos se estima como valor del caudal de infiltración medio para todo el tramo de estudio, del orden de **10 litros/s por kilómetro de túnel**.

### 2.3 FALSO TÚNEL

Los caudales a drenar en los falsos túneles se han estimado mediante el método de Darcy, cuya expresión analítica es la que sigue:

$$Q = k \cdot h \cdot i$$

Siendo:

- Q Caudal
- k Coeficiente de permeabilidad del terreno
- h Espesor saturado
- i gradiente hidráulico

Así, los caudales estimados son de 2 l/s km en la zona rocosa y 6 l/s en la zona de rellenos, que supone aproximadamente la mitad de la excavación.

Se toma, por tanto, un valor de **4 l/s por kilómetro** como caudal de infiltración medio para los tramos en falso túnel.

### 2.4 ESTACIÓN DE REKALDE

La estación de Rekalde se configura en túnel, siendo de aplicación, por tanto, lo mencionado en el apartado anterior 2.2. Túnel en mina.

Además, en el diseño del drenaje de la estación habrá que tener en cuenta, el caudal procedente del servicio de la estación, así como de las labores de la limpieza y que se ha estimado en 6 l/s por una lado y de los pozos de ventilación por otro, para lo cual se sigue lo indicado en el apartado 2.1 tramos a Cielo Abierto.

### 2.5 ESTACIÓN DE IRLA

Igual que en el caso de la estación de Rekalde, la estación de Irala se configura en túnel siendo de aplicación, por tanto, lo establecido en el apartado 2.2. Túnel en mina para la determinación del caudal de infiltración,

Además del agua de infiltración freática se tendrá en cuenta el agua procedente del servicio de la estación y de las labores de limpieza y el agua que acceda directamente a la estación a través de los pozos de ventilación. En este último caso será de aplicación lo establecido en el apartado 2.1. Tramos a Cielo Abierto.

## 2.6 ESTACIÓN DE ZABALBURU

Igual que en el caso de la estación de Irala, la estación de Zabalburu se configura en túnel siendo de aplicación, por tanto, lo establecido en el apartado 2.2. Túnel en mina para la determinación del caudal de infiltración,

Además del agua de infiltración freática se tendrá en cuenta el agua procedente del servicio de la estación y de las labores de limpieza y el agua que acceda directamente a la estación a través de los pozos de ventilación. En este último caso será de aplicación lo establecido en el apartado 2.1. Tramos a Cielo Abierto.

## 2.7 ESTACIÓN DE MOYUA

Igual que en el caso de la estación de Zabalburu, la estación de Moyua se configura en túnel siendo de aplicación, por tanto, lo establecido en el apartado 2.2. Túnel en mina para la determinación del caudal de infiltración,

Además del agua de infiltración freática se tendrá en cuenta el agua procedente del servicio de la estación y de las labores de limpieza y el agua que acceda directamente a la estación a través de los pozos de ventilación. En este último caso será de aplicación lo establecido en el apartado 2.1. Tramos a Cielo Abierto.

## 2.8 ESTACIÓN PARQUE

Igual que en el caso de la estación de Moyua, la estación de Parque se configura en túnel siendo de aplicación, por tanto, lo establecido en el apartado 2.2. Túnel en mina para la determinación del caudal de infiltración,

Además del agua de infiltración freática se tendrá en cuenta el agua procedente del servicio de la estación y de las labores de limpieza y el agua que acceda directamente a la estación a través de los pozos de ventilación. En este último caso será de aplicación lo establecido en el apartado 2.1. Tramos a Cielo Abierto.

## 2.9 ESTACIÓN DEUSTO-UNIVERSIDAD

Igual que en el caso de la estación de Parque, la estación de Deusto-Universidad se configura en túnel siendo de aplicación, por tanto, lo establecido en el apartado 2.2. Túnel en mina para la determinación del caudal de infiltración,

Además del agua de infiltración freática se tendrá en cuenta el agua procedente del servicio de la estación y de las labores de limpieza y el agua que acceda directamente a la estación a través de los pozos de ventilación. En este último caso será de aplicación lo establecido en el apartado 2.1. Tramos a Cielo Abierto.

## 3. DESCRIPCIÓN DE LAS REDES DE DRENAJE

Una vez obtenidos los caudales de referencia, se describe en los apartados que siguen la red de drenaje diseñada, habiéndose analizado por separado las diferentes tipologías: túnel en mina, falso túnel, estación de Rekalde y estación de Irala.

En apartados posteriores se analiza la conexión entre tramos de diferente tipología.

### 3.1 TÚNEL DE LÍNEA

El presente Proyecto contempla la ejecución de un túnel en mina de vía doble en los tramos comprendidos entre los P.P.K.K. 0+077 – 6+220.

El agua que habrá que drenar será la procedente de la infiltración y dependerá de la permeabilidad del macizo rocoso.

El drenaje del túnel comprende dos aspectos claramente diferenciados: el drenaje transversal de la sección y el drenaje longitudinal.

A continuación se van a comentar las principales características de ambos aspectos.

#### 3.1.1 DRENAJE TRANSVERSAL

Para recoger el agua que se infiltre a través del sostenimiento se dispondrán bandas drenantes entre dicho sostenimiento y el hormigón de revestimiento, abarcando los hastiales y la bóveda.

Estas bandas drenantes tendrán una anchura de 0,5 metros y la separación entre los ejes de dos bandas sucesivas será de 3 metros.

Estarán constituidas por un núcleo de alta permeabilidad formado por un geotextil drenante de 500 g/m<sup>2</sup> de peso, el cual estará rodeado por una lámina de polietileno de alta densidad de 650 g/m<sup>2</sup> de peso.

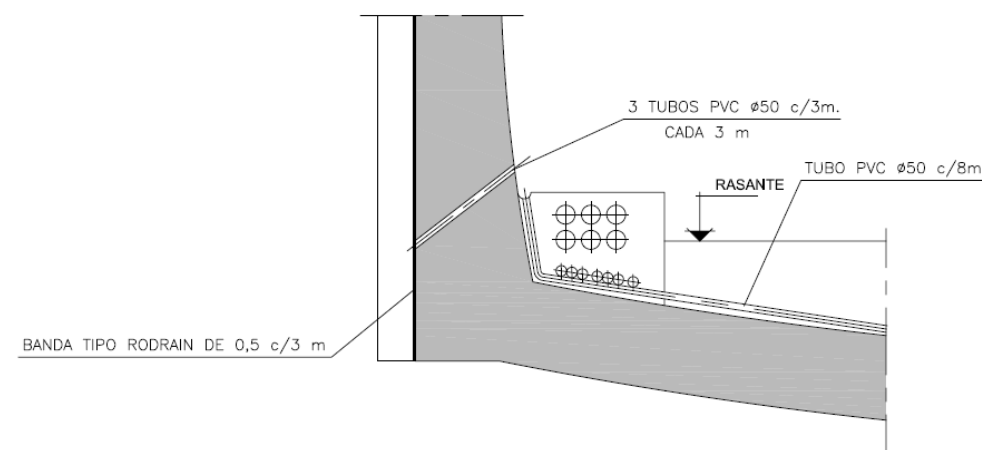
En la base de los hastiales, las bandas drenantes terminan en prolongación recta, siendo interceptadas por 3 tubos de 50 mm. de diámetro de PVC cada 3 metros. Estos tubos se disponen con inclinación hacia el exterior de la sección.

Estos tubos llevarán el agua a un canalillo longitudinal de sección semicircular de 50 milímetros de radio que discurre junto al hastial, en los dos pasillos laterales de servicio.

Cada 8 metros una tubería flexible transversal de 50 mm. de diámetro se encargará de servir de desagüe del mencionado canalillo por su fondo. Se situarán también dichos tubos a los lados de las arquetas que es preciso ubicar en los pasillos laterales.

Dichos tubos verterán el agua al canal de 0,30 metros de anchura formado por la plataforma de asiento de la doble vía y los pasillos laterales.

Para desaguar este canal se dispondrán a ambos lados del túnel dos tubos de P.V.C. de 75 milímetros de diámetro que conducirán el caudal que discurre por el canal anteriormente mencionado a las arquetas del túnel situadas cada 25 metros y dicho caudal, además del procedente del posible agua que pueda acceder a la plataforma de asiento de la doble vía, del cual irá parte hacia el exterior y el resto, que es el considerado en este Proyecto, hacia los pozos de bombeo de la estación. Según sean las pendientes de la rasante en el túnel, se conducirá el agua a través de un tubo de P.V.C. de 250 milímetros de diámetro intercalado con las arquetas mencionadas anteriormente, cada 25 metros, para posteriormente desaguar en los pozos de bombeo.



**DRENAJE HASTIALES DE TUNELES**  
ESCALA 1:20

El agua que pueda acceder a la plataforma de asiento mencionada en el párrafo anterior también será desaguada por el canal de 0,30 metros de anchura, formado entre la plataforma y los pasillos laterales.

### 3.1.2 DRENAJE LONGITUDINAL

Para la conducción del agua en sentido longitudinal se dispone de un colector de 250 mm. de diámetro situado en el eje del túnel, entre las dos vías, que ya se ha mencionado al final del apartado anterior.

A lo largo del recorrido de esta tubería se disponen los correspondientes pozos de registro cada 25 metros.

Dada la permeabilidad del macizo atravesado por el túnel de vía doble, estimada en 10 l/s por kilómetro de túnel y 4 l/s en el falso túnel, los caudales resultantes de los distintos tramos son:

- El primer tramo considerado es el que discurre desde el falso túnel (0+000 al 0+077) y el inicio del túnel de línea (P.K. 0+077) hasta el punto bajo ubicado en el P.K. 0+315. El mencionado tramo discurre con una pendiente del 42‰ siendo su longitud de 238 metros y el caudal procedente de la filtración:

$$\text{Infiltración en Falso Túnel: } 4,00 \cdot 0,077 = 0,31 \text{ l/s}$$

$$\text{Infiltración en Túnel de Línea: } 10,00 \cdot 0,238 = 2,38 \text{ l/s}$$

$$\text{Total} = 2,69 \text{ l/s}$$

- El segundo tramo va desde el punto alto del trazado situado en el P.K. 0+519 hasta el punto bajo ubicado en el P.K. 0+315, el tramo discurre con una pendiente del 20‰. La longitud de dicho tramo es de 204 metros aproximadamente siendo el caudal de:

$$10,00 \cdot 0,204 = 2,04 \text{ l/s}$$

- El tercer tramo considerado va desde el punto alto donde comenzaba el tramo anterior, en el P.K. 0+519 hasta el comienzo de la Estación de Deusto – Universidad, en el P.K. 1+347. El tramo discurre con una pendiente máxima del 40‰ y cuenta con una longitud de 828 metros aproximadamente. El caudal procedente de la infiltración será:

$$10,00 \cdot 0,828 = 8,28 \text{ l/s}$$

- El punto alto del siguiente tramo coincide con el testero posterior de la Estación Deusto – Universidad, en el P.K. 1+454, y se extiende hasta encontrar el siguiente punto bajo, donde se instalará un pozo de bombeo, en el P.K. 1+982. Este tramo tendrá una longitud de aproximadamente 528 metros y una pendiente máxima de 35‰. El caudal por infiltración será:

$$10,00 \cdot 0,528 = 5,28 \text{ l/s}$$

- El siguiente tramo transcurre desde su punto alto, que coincide con el testero anterior de la Estación Parque, en el P.K. 2+220, hasta el punto bajo, que será el mismo pozo de bombeo en el que acaba el tramo anterior, en el P.K. 1+982. Este tramo contará aproximadamente con 238 metros de longitud y una pendiente máxima de 40‰. El caudal procedente de infiltración se calcula a continuación:

$$10,00 \cdot 0,238 = 2,38 \text{ l/s}$$



- El sexto tramo está comprendido entre el testero anterior de la Estación de Moyua, en el P.K. 2+923, que será su punto alto, y el testero posterior de la Estación Parque, en el P.K. 2+323, su punto bajo. Este tramo contará aproximadamente con 600 metros de longitud y con una pendiente máxima de 45‰. El caudal causado por infiltración será:

$$10,00 * 0,600 = 6,00 \text{ l/s}$$

- El séptimo tramo está comprendido entre el testero anterior de la Estación de Zabalburu, en el P.K. 3+478, que será su punto alto, y el testero posterior de la Estación Moyua, en el P.K. 3+025, su punto bajo. Este tramo contará aproximadamente con 453 metros de longitud y con una pendiente máxima de 45‰. El caudal causado por infiltración será:

$$10,00 * 0,453 = 4,53 \text{ l/s}$$

- El siguiente tramo está comprendido entre el testero anterior de la Estación de Irala, en el P.K. 4+180, que será su punto alto, y el testero posterior de la Estación Zabalburu, en el P.K. 3+588, su punto bajo. Este tramo contará aproximadamente con 592 metros de longitud y con una pendiente máxima de 33‰. El caudal causado por infiltración será:

$$10,00 * 0,592 = 5,92 \text{ l/s}$$

- El punto alto del siguiente tramo se encuentra en el P.K. 4+600 y concluye en el testero posterior de la Estación de Irala, en el P.K. 4+288, su punto bajo. La longitud de este tramo será aproximadamente de 312 metros y tendrá una pendiente máxima de 25‰. El caudal de infiltración será:

$$10,00 * 0,312 = 3,12 \text{ l/s}$$

- El punto alto del siguiente tramo es el mismo que el del tramo anterior, que se encuentra en el P.K. 4+600 y concluye en el testero anterior de la Estación de Rekalde, en el P.K. 5+347, su punto bajo. La longitud de este tramo será aproximadamente de 767 metros y tendrá una pendiente máxima de 11,30‰. El caudal de infiltración será:

$$10,00 * 0,767 = 7,67 \text{ l/s}$$

- El siguiente tramo comienza en el testero posterior de la Estación de Rekalde, en el P.K. 5+455, que será su punto alto, y llega hasta el P.K. 5+646, un acuerdo cóncavo en el trazado en el que va situado un pozo de bombeo. La longitud de este tramo será aproximadamente de 191 metros y contará con una pendiente máxima de 45‰. El caudal de infiltración será:

$$10,00 * 0,191 = 1,91 \text{ l/s}$$

- El último tramo a considerar comienza en el final del trazado de este Estudio Informativo, donde se encuentra su punto más alto, en el P.K. 6+220 y concluye en el mismo punto en el que lo hace el tramo anterior, en el pozo de bombeo del P.K. 5+646. La longitud de este tramo será aproximadamente de 574 metros y tendrá una pendiente máxima de 45‰. El caudal de infiltración será:

$$10,00 * 0,574 = 5,74 \text{ l/s}$$

### 3.2 ESTACIÓN DE DEUSTO-UNIVERSIDAD

En la estación de Deusto - Universidad el caudal de agua a desaguar provendrá de tres orígenes distintos. Por un lado se tendrá el agua procedente de la infiltración del agua freática.

Relativo al segundo origen de aguas, se ha estimado que el caudal máximo a desaguar procedente del servicio de la estación así como de las labores de limpieza será de 6 l/s.

Por último, el agua procedente del exterior que accede por las rejillas de ventilación.

De esta manera el caudal que cabe esperar en cada testero de estación es el siguiente:

- Agua procedente de la infiltración del terreno que accederá a la estación desde el lado Norte y el lado Sur, siendo el caudal a evacuar, por tanto, el que se muestra a continuación:

$$10,00 * 0,055 = 0,55 \text{ l/s (por testero)}$$

- Agua procedente de la limpieza de estación, cuyo caudal por testero se estima en 3 l/s.
- Agua procedente del exterior a través de los diferentes pozos de ventilación:

- 400 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia c/ Torre Heliodoro

$$140 * 1 * 1,1 * 400 / 3600 = 17,11 \text{ l/s} \rightarrow \text{Pozo de Bombeo}$$

- 400 m<sup>2</sup> de ventilación EBA Avda. Madariaga

$$140 * 1 * 1,1 * 400 / 3600 = 17,11 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Sur}$$

- 250 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia Avda. Ramón y Cajal

$$140 * 1 * 1,1 * 250 / 3600 = 10,69 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Norte}$$

### 3.3 ESTACIÓN DE PARQUE

En la estación Parque el caudal de agua a desaguar provendrá de tres orígenes distintos. Por un lado se tendrá el agua procedente de la infiltración del agua freática.

Relativo al segundo origen de aguas, se ha estimado que el caudal máximo a desaguar procedente del servicio de la estación así como de las labores de limpieza será de 6 l/s.



Por último el agua procedente del exterior que accede por las rejillas de ventilación.

De esta manera el caudal que cabe esperar en cada testero de estación es el siguiente:

- Agua procedente de la infiltración del terreno que accederá a la estación desde el lado Norte y el lado Sur, siendo el caudal a evacuar, por tanto, el que se muestra a continuación:

$$10,00 * 0,055 = 0,55 \text{ l/s (por testero)}$$

- Agua procedente de la limpieza de estación, cuyo caudal por testero se estima en 3 l/s.
- Agua procedente del exterior a través de los diferentes pozos de ventilación

- 300 m<sup>2</sup> de ventilación Emergencia Museo Bellas Artes

$$140 * 1 * 1,1 * 300 / 3600 = 12,83 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Norte}$$

- 400 m<sup>2</sup> de ventilación EBA Estación Parque

$$140 * 1 * 1,1 * 400 / 3600 = 17,11 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Sur}$$

- 300 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia Abandoibarra

$$140 * 1 * 1,1 * 300 / 3600 = 12,83 \text{ l/s} \rightarrow \text{Pozo de Bombeo}$$

### 3.4 ESTACIÓN DE MOYUA

En la estación de Irala el caudal de agua a desaguar provendrá de tres orígenes distintos. Por un lado se tendrá el agua procedente de la infiltración del agua freática.

Relativo al segundo origen de aguas, se ha estimado que el caudal máximo a desaguar procedente del servicio de la estación así como de las labores de limpieza será de 6 l/s.

Por último el agua procedente del exterior que accede por las rejillas de ventilación.

De esta manera el caudal que cabe esperar en cada testero de estación es el siguiente:

- Agua procedente de la infiltración del terreno que accederá a la estación desde el lado Norte y el lado Sur, siendo el caudal a evacuar, por tanto, el que se muestra a continuación:

$$10,00 * 0,055 = 0,55 \text{ l/s (por testero)}$$

- Agua procedente de la limpieza de estación, cuyo caudal por testero se estima en 3 l/s.
- Agua procedente del exterior a través de los diferentes pozos de ventilación

- 300 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia c/ Rodríguez Arias

$$140 * 1 * 1,1 * 300 / 3600 = 12,83 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Sur}$$

- 200 m<sup>2</sup> de ventilación EBA c/ Marques del Puerto

$$140 * 1 * 1,1 * 200 / 3600 = 8,55 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Norte}$$

- 200 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia c/ Marques del Puerto

$$140 * 1 * 1,1 * 200 / 3600 = 8,55 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Este Parque}$$

### 3.5 ESTACIÓN DE ZABALBURU

En la estación de Zabalburu el caudal de agua a desaguar provendrá de tres orígenes distintos. Por un lado se tendrá el agua procedente de la infiltración del agua freática.

Relativo al segundo origen de aguas, se ha estimado que el caudal máximo a desaguar procedente del servicio de la estación así como de las labores de limpieza será de 6 l/s.

Por último el agua procedente del exterior que accede por las rejillas de ventilación.

De esta manera el caudal que cabe esperar en cada testero de estación es el siguiente:

- Agua procedente de la infiltración del terreno que accederá a la estación desde el lado Norte y el lado Sur, siendo el caudal a evacuar, por tanto, el que se muestra a continuación:

$$10,00 * 0,055 = 0,55 \text{ l/s (por testero)}$$

- Agua procedente de la limpieza de estación, cuyo caudal por testero se estima en 3 l/s.

- Agua procedente del exterior a través de los diferentes pozos de ventilación

- 250 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia Fernández del Campo

$$140 * 1 * 1,1 * 250 / 3600 = 10,69 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Sur Moyua}$$

- 400 m<sup>2</sup> de ventilación EBA Plaza Zabalburu

$$140 * 1 * 1,1 * 400 / 3600 = 17,11 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Sur}$$

- 300 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia c/ Autonomía

$$140 * 1 * 1,1 * 300 / 3600 = 12,83 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Sur}$$

### 3.6 ESTACIÓN DE IRALA

En la estación de Irala el caudal de agua a desaguar provendrá de tres orígenes distintos. Por un lado se tendrá el agua procedente de la infiltración del agua freática.

Relativo al segundo origen de aguas, se ha estimado que el caudal máximo a desaguar procedente del servicio de la estación así como de las labores de limpieza será de 6 l/s.

Por último el agua procedente del exterior que accede por las rejillas de ventilación.

De esta manera el caudal que cabe esperar en cada testero de estación es el siguiente:

- Agua procedente de la infiltración del terreno que accederá a la estación desde el lado Norte y el lado Sur, siendo el caudal a evacuar, por tanto, el que se muestra a continuación:

$$10,00 * 0,055 = 0,55 \text{ l/s (por testero)}$$

- Agua procedente de la limpieza de estación, cuyo caudal por testero se estima en 3 l/s.
- Agua procedente del exterior a través de los diferentes pozos de ventilación

- 400 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia Avda. Bergara.

$$140 * 1 * 1,1 * 400 / 3600 = 17,11 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Sur Zabalburu}$$

- 600 m<sup>2</sup> de ventilación EBA Avda. Kirikiño

$$140 * 1 * 1,1 * 600 / 3600 = 25,67 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Norte}$$

- 400 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia Avda. Kirikiño

$$140 * 1 * 1,1 * 400 / 3600 = 17,11 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Sur}$$

### 3.7 ESTACIÓN DE REKALDE

En la estación de Rekalde el caudal de agua a desaguar provendrá de tres orígenes distintos. Por un lado se tendrá el agua procedente de la infiltración del agua freática, del tramo de la estación y del túnel de línea.

Los otros dos orígenes es el agua procedente de las labores de limpieza 6 l/s y del exterior por las rejillas de ventilación.

De esta manera el caudal que cabe esperar en cada testero de estación es el siguiente:

El agua a drenar de la estación de Rekalde tendrá tres orígenes distintos:

- Infiltración procedente del agua freática

$$10,00 * 0,055 = 0,55 \text{ l/s (por testero)}$$

- Agua procedente de la limpieza de estación, cuyo caudal por testero se estima en 3 l/s.
- 550 m<sup>2</sup> de ventilación de Emergencia Plaza Rekalde.

$$140 * 1 * 1,1 * 550 / 3600 = 23,53 \text{ l/s} \rightarrow \text{Pozo de Bombeo}$$

- 500 m<sup>2</sup> de ventilación EBA c/ Bizkargi.

$$140 * 1 * 1,1 * 500 / 3600 = 21,39 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Norte}$$

- 600 m<sup>2</sup> de ventilación Emergencia c/ Xalbador.

$$140 * 1 * 1,1 * 600 / 3600 = 25,67 \text{ l/s} \rightarrow \text{Testero Sur}$$

### 3.8 SALIDA DE EMERGENCIA

Para el cálculo de las filtraciones que se producirán en las salidas de emergencia se ha considerado una filtración igual a la del túnel de línea, debido a la semejanza en cuanto a posición dentro del macizo y de dimensiones, es decir 10 l/s por kilómetro de la citada obra.

En el diseño del drenaje también se tendrá en cuenta el agua de lluvia que cae directamente sobre la rejilla y que deberá ser desaguada.

Tal y como se ha comentado en apartados anteriores, el agua que acceda a la salida de emergencia tendrá dos orígenes distintos:

- Agua procedente de la infiltración freática
- Agua que acceda directamente al interior del recinto a través del pozo de ventilación.

En los apartados que siguen se determina el caudal que es necesario evacuar atendiendo a los diferentes orígenes.

#### 3.8.1 AGUA QUE ACCEDE DIRECTAMENTE AL POZO

Respecto al agua de lluvia, caerá directamente sobre la rejilla y dicha agua será drenada por medio de los elementos de drenaje dispuestos a tal efecto.

Dado que las longitudes a recorrer por el agua desde el exterior son reducidas se tomará el valor de la intensidad correspondiente a un tiempo de concentración de 10 minutos por ser el más desfavorable (140 mm/h).

Aplicando lo establecido en el apartado 2.1. Tramos a Cielo Abierto y considerando que la superficie a drenar tiene 3250 m<sup>2</sup> aproximadamente, se establece que el caudal a drenar en la salida de emergencia del Parque Eskurtze es de 75,83 l/s, la salida de emergencia de Masustegi tiene una superficie a drenar de 150 m<sup>2</sup>, por tanto el caudal a drenar es de 6,42 l/s.

Con respecto a la ventilación de emergencia Ugasko – La Salve, su superficie de captación de agua se estima que ronda los 400 m<sup>2</sup>, por lo que el caudal a drenar por esta salida se establece en 17,11 l/s.

El agua de lluvia que acceda directamente a través de la rejilla se recogerá por medio de un canal semicircular de 0,15 metros de radio existente en el fondo del conducto de ventilación. El agua caída en la solera accederá al canal debido a la pendiente de 1,5 % transversal a la misma.

Una vez que el agua esté en el canal semicircular de 0,15 metros se recoge por una arqueta-canaleta y llega al entronque con el túnel por medio de un tubo de P.V.C. de 200 milímetros de diámetro donde también se recogerá el agua que llega de la impermeabilización de la cámara.

El agua recogida se vierte finalmente en la arqueta de túnel por un tubo de P.V.C. de 200 milímetros de diámetro, entroncando así con el dren de 250 milímetros de diámetro que finalmente desaguarán en la estación de Rekalde, la salida de emergencia de Eskurtze, en el P.K. 4+740, y en el pozo de bombeo del P.K. 5+646 la salida de Masustegi, en el PK 6+180.

3.8.2 AGUA PROCEDENTE DE LA INFILTRACIÓN FREÁTICA

La salida de emergencia de Artxanda tiene tres ramales que acceden a la obra. El acceso a obra en la fase 1 tiene un desarrollo de 162 metros de longitud, la salida de emergencia peatonal tiene un desarrollo de 51 metros y el acceso a obra de la fase 3 tiene un desarrollo de 102 metros, por lo que el caudal a evacuar es el que se muestra a continuación:

Acceso Fase 1:  $10,00 \cdot 0,162 = 1,62 \text{ l/s}$

Salida peatonal:  $10,00 \cdot 0,051 = 0,51 \text{ l/s}$

Acceso Fase 3:  $10,00 \cdot 0,102 = 1,02 \text{ l/s}$

Total Salida de emergencia Artxanda =  $3,15 \text{ l/s}$

La salida de emergencia del Parque Eskurtze tiene un desarrollo de 255 metros de longitud, por lo que el caudal a evacuar es el que se muestra a continuación:

$10,00 \cdot 0,255 = 2,55 \text{ l/s}$

El desarrollo de la salida de emergencia de Masustegi es de 268 metros de longitud, por lo que el caudal a evacuar es el que se muestra a continuación:

$10,00 \cdot 0,268 = 2,68 \text{ l/s}$

Este caudal se recoge por medio de dos tubos de 150 milímetros de diámetro situados uno a cada lado de la cámara.

Estos tubos desaguan a su vez, en el tubo de 200 milímetros que entronca con el drenaje del túnel.

3.9 DIMENSIONAMIENTO DE LOS POZOS DE BOMBEO

El tramo considerado en el presente Proyecto Constructivo cuenta con 15 pozos de bombeo, a saber:

- 2 pozos de bombeo en testeros de estación de Rekalde

- 2 pozos de bombeo en testeros de estación de Irala
- 2 pozos de bombeo en testeros de estación de Zabaltzu
- 2 pozos de bombeo en testeros de estación de Moyua
- 2 pozos de bombeo en testeros de estación de Parque
- 2 pozos de bombeo en testeros de estación de Deusto-Universidad
- 3 pozos de bombeo intermedios ubicados en los puntos bajos de trazado (PK 0+315, PK 1+982 y 5+646)

Se muestran a continuación los caudales totales de agua que será necesario evacuar por cada pozo de bombeo considerado en el presente proyecto:

- Pozo de Bombeo P.K. 0+315

Pozo de Bombeo P.K. 0+315	
Falso Túnel	0,31 l/s
Túnel de línea	4,42 l/s
Ventilación Emergencia Ugasko – La Salve	17,11 l/s
TOTAL	21,84 l/s

- Pozo de Bombeo Deusto-Universidad Testero lado Ugasko-La Salve

Pozo de Bombeo Deusto – Universidad Testero Ugasko-La Salve	
Túnel de línea	8,28 l/s
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación de Emergencia Avda. Ramón y Cajal	10,69 l/s
Salida de emergencia Artxanda	3,15 l/s
TOTAL	25,67 l/s

- Pozo de Bombeo Deusto-Universidad Testero lado El Parque

Pozo de Bombeo Deusto – Universidad Testero El Parque	
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación EBA Avda. Madariaga	17,11 l/s
TOTAL	20,66 l/s

- Pozo de Bombeo P.K. 1+982

Pozo de Bombeo P.K. 1+982	
Túnel de Línea	7,66 l/s
Ventilación de emergencia c/ Torre Heliodoro	17,11 l/s
Ventilación de emergencia Abandoibarra	12,83 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>37,60 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Parque Testero lado Deusto – Universidad

Pozo de Bombeo Parque Deusto – Universidad	
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación EBA Estación Parque	17,11 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>20,66 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Parque Testero lado Moyua

Pozo de Bombeo Parque Testero Moyua	
Túnel de línea	6,00 l/s
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación Emergencia Museo Bellas Artes	12,83 l/s
Ventilación Emergencia c/ Marqués del Puerto	8,55 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>30,93 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Moyua Testero lado El Parque

Pozo de Bombeo Moyua Testero El Parque	
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación EBA c/ Marques del Puerto	8,55 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>12,10 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Moyua Testero lado Zabalburu

Pozo de Bombeo Moyua Testero Zabalburu	
Túnel de línea	4,53 l/s
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación Emergencia c/ Rodríguez Arias	12,83 l/s
Ventilación Emergencia c/ Fernández del Campo	10,69 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>31,60 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Zabalburu Testero lado Moyua

Pozo de Bombeo Zabalburu Testero Moyua	
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>3,55 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Zabalburu Testero lado Irala

Pozo de Bombeo Zabalburu Testero Irala	
Túnel de línea	5,92 l/s
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación EBA Plaza Zabalburu	17,11 l/s
Ventilación Emergencia c/ Autonomía	12,83 l/s
Ventilación Emergencia Avda. Bergara	17,11 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>56,52 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Irala Testero lado Zabalburu

Pozo de Bombeo Irala Testero Zabalburu	
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación EBA Avda. Kirikiño	25,67 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>29,22 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Irala Testero lado Rekalde

Pozo de Bombeo Irala Testero Rekalde	
Túnel de línea	3,12 l/s
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación Emergencia Avda. Kirikiño	17,11 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>23,78 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Rekalde Testero lado Irala

Pozo de Bombeo Rekalde Testero Irala	
Túnel de línea	7,67 l/s
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación Emergencia c/ Xalbador	25,67 l/s
Salida Emergencia Parque Eskurtze	78,38 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>115,27 l/s</b>

- Pozo de Bombeo Estación Rekalde Testero lado Masustegi

Pozo de Bombeo Rekalde Testero Masustegi	
Infiltración en la estación	0,55 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación E.B.A c/ Bizkardi	21,39 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>24,94 l/s</b>

- Pozo de Bombeo P.K. 5+646

Pozo de Bombeo P.K. 5+646	
Túnel de línea	7,65 l/s
Actividades de limpieza	3,00 l/s
Ventilación Emergencia Plaza Rekalde	23,53 l/s
Salida de emergencia Masustegi	9,10 l/s
<b>TOTAL</b>	<b>43,53 l/s</b>

Para el caudal de cálculo definido será suficiente con un grupo de dos bombas de hasta 37 KW cada una para el drenaje superficial en todos los puntos a excepción del:

- Pozo de Bombeo Zababuru Testero Irala: **56,52 l/s**
- Pozo de Bombeo Rekalde Testero Irala: **115,27 l/s**
- Pozo de Bombeo P.K. 5+646: **43,53 l/s**

En estos pozos será necesario disponer de un grupo de tres bombas y/o de bombas de una potencia superior.