



**REORDENACIÓN DE LOS EJES 1 Y 2 (CALLES MARÍA DE LUNA Y  
MARIANO ESQUILLOR) DEL PLAN ESPECIAL DE EQUIPAMIENTOS DEL  
ÁREA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO E I+D UNIVERSIDAD DE  
ZARAGOZA (ACTUR ÁREA 5)**

**PROYECTO DE URBANIZACIÓN**  
**B. ANEJOS A LA MEMORIA**  
**B10. ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO**  
**105017**

**IDOM**

**NOVIEMBRE 2025**  
**REVISIÓN A**

## Índice

1	INTRODUCCIÓN	3
2	SITUACIÓN ACTUAL	3
2.1	Abastecimiento	3
2.2	Saneamiento y drenaje	5
3	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	5
3.1	Abastecimiento	5
3.2	Saneamiento y drenaje	7
4	CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE DISEÑO	7
4.1	Intensidad Media Diaria de Precipitación	8
4.2	Coeficiente de escorrentía	10
4.3	Área de las cuencas	12
4.4	Volumen de las balsas	12
4.5	Caudal de escorrentía	13
4.5.1	Bosque norte	13
4.5.2	Bosque sur	14
5	COMPROBACIÓN DE LA RED DE DRENAJE	15
6	RESULTADOS DEL MODELO	18
7	CONCLUSIÓN	19

## **1 INTRODUCCIÓN**

En el presente anejo se realiza el dimensionamiento de las redes de abastecimiento y drenaje del proyecto. El proyecto no incluye nuevas redes de saneamiento debido a que las actuales tienen capacidad suficiente y, por tanto, se mantiene el trazado y conducciones actuales. Lo mismo ocurre con el abastecimiento, las conducciones tienen capacidad suficiente para el servicio requerido, sin embargo, las numerosas roturas y fallos de la red motiva la sustitución de la actual red por una nueva, manteniendo los diámetros, pero adaptando el trazado al nuevo proyecto.

La red de abastecimiento actual que distribuye agua potable a las instalaciones de la Universidad de Zaragoza se diseñó en forma de malla con tuberías de 150 y 300 mm de diámetro. Esta red también es la encargada de suministrar agua a los sistemas de protección contra incendios implantados mediante hidrantes distribuidos a lo largo de la red. Debido a los problemas que presenta comentados anteriormente, se va a renovar la parte central de la red, ubicada dentro del alcance del proyecto.

Esta renovación se va a llevar a cabo con un diseño en forma de malla que replica el actual, con ligeras modificaciones entre las que se destaca la prolongación de la red actual para facilitar su ampliación en futuros desarrollos urbanísticos previstos en la zona.

El material empleado en los conductos de la red será polietileno de alta densidad (PEAD), contemplado por el Ayuntamiento para su uso en la red municipal, y con propiedades idóneas en cuanto a durabilidad, resistencia, además de su bajo coste de mantenimiento. Los diámetros escogidos para estos conductos son 150 y 300 mm, dado que son los que tiene la red actual.

La red de drenaje diseñada es separativa, recogiendo únicamente a aguas pluviales sin conectarse a la red actual en el entorno del proyecto, la cual transporta las fecales y parte de las pluviales, sin mezclarse en ningún punto. Las tuberías se situarán en las bandas definidas para instalaciones, a una profundidad mínima de 1,00 m. Los pozos se colocarán con una distancia media aproximada de 50 m y en los cambios de dirección, pendiente o diámetro que sean necesarios, teniendo un diámetro mínimo de 1 m en la base de modo que puedan ser visitables. El material escogido para las conducciones es PVC SN8 corrugado siendo las razones evaluadas para esta decisión las siguientes:

- Dadas las características del agua freática, con agresividad frente al hormigón, se opta por colocar tuberías plásticas.
- La menor rugosidad permite transportar más cantidad de agua con menor diámetro, mejorando las condiciones de transporte y limpieza de las mismas.
- Similar coste de las conducciones de este material a pie de obra frente a otras tuberías similares, siendo menor el de colocación en obra.

El diámetro nominal mínimo de diseño considerado es 315 mm en pluviales con el objetivo de asegurar un buen funcionamiento de frente al atasco asegurando un mejor mantenimiento, pero la realidad del cálculo ha exigido un diámetro de 400 mm.

El drenaje está caracterizado por la presencia de múltiples pequeñas balsas de laminación que retendrán la escorrentía. La configuración de las balsas se determina más por criterios arquitectónicos que hidráulicos por lo que tienen una efectividad diversa. En cualquier caso, las balsas serán capaces de capturar la precipitación de 10 años de periodo de retorno. En aras de la seguridad, la red se ha diseñado para esa lluvia de periodo de retorno 10 años considerando posibles fallas en el mantenimiento de las balsas o la conexión de superficies mayores debido al desarrollo del DAT.

## **2 SITUACIÓN ACTUAL**

En este apartado se muestra la situación actual de las redes de aguas.

### **2.1 Abastecimiento**

La actual red de abastecimiento se muestra en la siguiente figura:



Actualmente, la red de abastecimiento distribuye agua potable a las parcelas edificadas mediante una red de tuberías de distintos diámetros. Esta infraestructura hidráulica se alimenta desde un punto de suministro situado en la esquina suroeste, en la calle Luciano Gracia, dentro del viario oeste.

Además de abastecer los edificios, esta red también se utiliza en muchos casos para cubrir necesidades de riego y para garantizar la protección contra incendios, ya que los hidrantes instalados están conectados directamente a esta red de agua potable.

Las tuberías que componen la red tienen diámetros comprendidos entre 150 y 500 mm, siendo las cuantías de cada tipo las que se indican a continuación:

- 1.730 metros de tubería de  $\varnothing 300$  mm.
- 1.120 metros de tubería de  $\varnothing 150$  mm.
- 730 metros<sup>(1)</sup> de tubería de  $\varnothing 150$  mm para PCI.

*(1) Esta medición es estimada debido a falta de información acerca del trazado de la red (ver anejo de Incendios).*

En la red se incluyen 24 arquetas que contienen el equipamiento y las conexiones de la red, como los codos, las uniones en "T", las válvulas de corte, bridas ciegas y de espiga y, ocasionalmente, mecanismos de reducción de diámetro.

Por otro lado, la Universidad cuenta con varios puntos de captación de agua subterránea, destinados específicamente al riego de las zonas verdes del campus, lo que permite una gestión más eficiente de los recursos hídricos.



Como se ha mencionado en la Introducción, el sistema de abastecimiento actual tiene capacidad suficiente para la demanda establecida, pero su estado de conservación es deficiente presentando gran cantidad roturas y fallos en los elementos de la red. Por ello, se va a proceder a renovar aquella parte de la misma que está incluida dentro del ámbito de actuación del proyecto.

## 2.2 Saneamiento y drenaje

La actual red de saneamiento y drenaje se muestra en la siguiente figura:

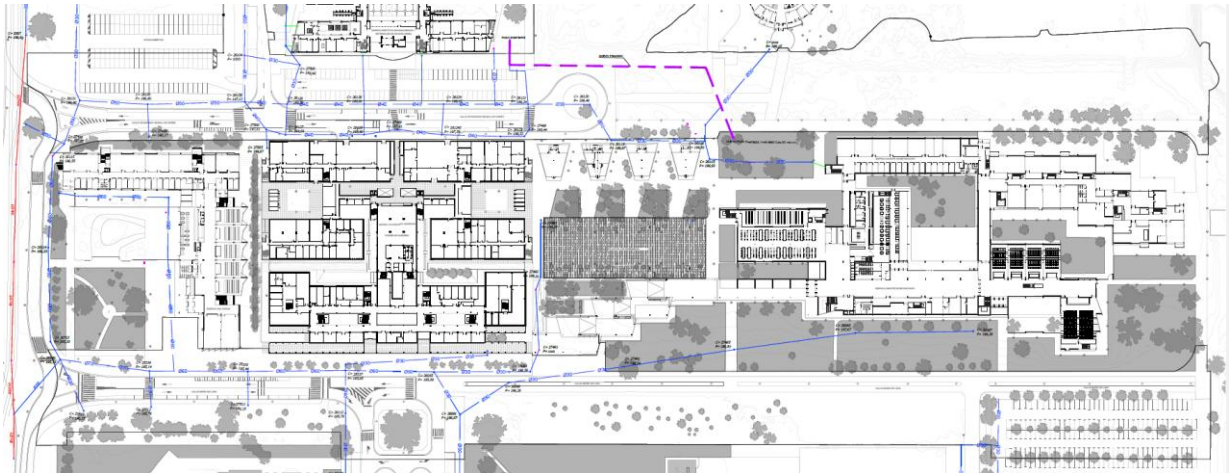


Figura 1. Red de saneamiento y drenaje actual

Los diámetros de la red varían entre 300 y 600 mm. La información recibida respecto a su capacidad es que es suficiente para el actual desarrollo de la urbanización, sin inundaciones ni problemas detectados desde que se actualizó la red municipal.

El principal hecho destacado es la falta de drenaje en la mitad este de la zona de proyecto en situación actual, en el bosque norte porque se encuentra sin urbanizar y en el bosque sur porque, como muestra la imagen anterior o el plano de situación actual, el vial no está equipado con infraestructura de drenaje. Se aprecia una banda permeable entre las dos calzadas de las que consta el vial, pero dado la baja permeabilidad del sustrato su capacidad está muy lejos de alcanzar los volúmenes de escorrentía que puede producir de forma habitual.

La nueva red de drenaje se conecta a la red de Ecociudad en la calle de Luciano Gracia, donde discurre un ovoide de hormigón 90 – 135.

## 3 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En este apartado se describen las actuaciones y los elementos que forman las redes del ciclo del agua incluidos en el proyecto.

### 3.1 Abastecimiento

A la vista de la información disponible acerca de la red de abastecimiento actual, el diseño de la renovación se ha planteado desde la premisa de que, replicando el trazado en planta y manteniendo el diámetro de los conductos originales, el buen funcionamiento hidráulico de la red queda garantizado. Por otro lado, la renovación de los conductos, las conexiones y demás equipamientos mejora dicho funcionamiento, reduciendo pérdidas de energía y fugas de agua.



Figura 2. Vial actual en bosque sur sin sistema de recogida de agua de escorrentía

Por circunstancias del diseño del proyecto, el trazado en planta de la red de abastecimiento renovada difiere ligeramente del de la actual, dado que se modifican los trazados de otras instalaciones afectadas, se incluyen nuevos puntos de consumo, como fuentes, y se cancelan otros, además de las modificaciones de los hidrantes previstas en el proyecto.

#### 3.1.1. Configuración de la Red

La red de abastecimiento interior al ámbito de actuación se proyecta como una red mallada, ejecutada en polietileno de alta densidad (PEAD), material que ya forma parte de la red municipal y que destaca por sus propiedades de durabilidad, resistencia y bajo mantenimiento.

La red mallada también contribuye a la reducción de pérdidas en las conducciones, optimizando el rendimiento hidráulico, especialmente teniendo en cuenta que la presión disponible en la zona, según los servicios municipales, no supera los 2 kg/cm<sup>2</sup>.

La renovación de la red se va a llevar a cabo con la instalación de 1.632,16 metros de tubería de Ø150 mm y 340,45 metros de tubería de Ø300 mm. El aumento de medición de la tubería de menor diámetro es debido a que en este caso el abastecimiento de agua potable y de los sistemas PCI comparten conductos.

#### 3.1.2. Dispositivos de la Red

Para la formación de la red mallada compuesta por los conductos descritos en el apartado anterior se disponen 18 arquetas que contienen todos los elementos necesarios para la conexión de los ramales de la red, como los codos o las uniones en "T", así como las válvulas, bridas, conos reductores y demás elementos que integran el equipamiento.

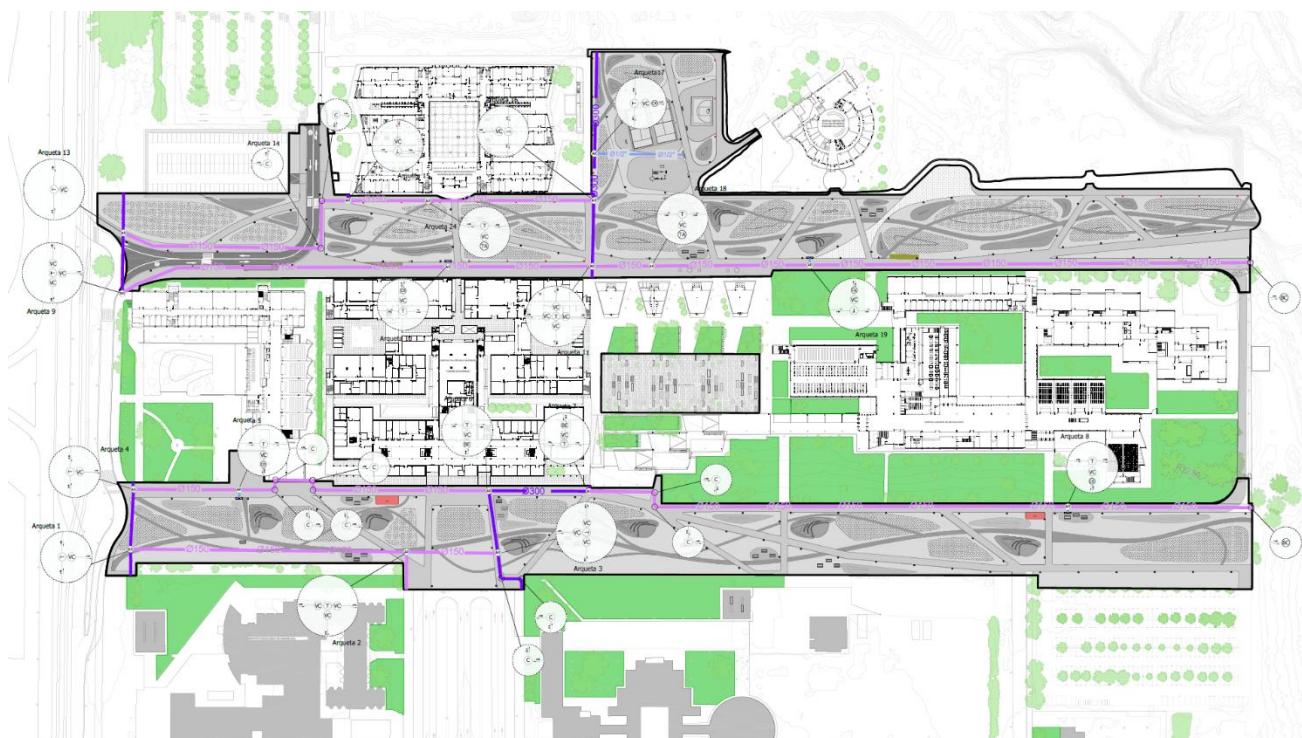
En los puntos de conexión y en las intersecciones interiores se instalarán un total de 25 válvulas de compuerta, permitiendo aislar sectores en caso de avería sin afectar al suministro del resto de la unidad. Esta configuración mejora la fiabilidad operativa y la comodidad de los usuarios, al permitir la continuidad del servicio en situaciones de mantenimiento o reparación.

Otros elementos incluidos en la nueva red son 18 uniones en "T" para distribución del agua en confluencias de tres tuberías, 10 codos para la materialización de los ángulos rectos de la red donde se encuentran dos tuberías, 5 conos reductores para acometidas de media pulgada (½"), 2 bridas tipo espiga para tuberías de Ø300 mm y 2 bridas ciegas para tuberías de Ø150 mm ubicadas en los extremos de los dos ramales prolongados para la conexión con la futura urbanización prevista en la zona.

El sistema de protección contra incendios (PCI) queda integrado en la red, actuando en 6 hidrantes que ya pertenecen a la red actual pero su ubicación interfiere con otros elementos, o su conexión con la red renovada no se puede materializar. En el Anejo de Incendios se incluye el detalle incluido en el modelario del Ayuntamiento de Zaragoza, que define las prescripciones a cumplir por los hidrantes.

#### 3.1.3. Planta de la Red

A continuación, se incluye la planta de la red renovada objeto del proyecto:



### 3.2 Saneamiento y drenaje

La red de saneamiento mantiene la configuración actual, no se modifica ni se traslada, siendo la nueva red de drenaje la que se encarga de esquivar la existente para evitar colisiones.

La red de drenaje de ambos bosques conecta con el ovoide 90 – 135 de la red de Ecociudad que discurre por la calle de Luciano Gracia. Tanto la red del bosque norte como la red del bosque sur está desarrollada en PVC corrugado SN8, con diámetros que varían entre 400 y 600 mm. Las conducciones tienen 31 pozos de diámetro mínimo un metro, situados a una distancia aproximada de 50 metros o en los cambios de dirección, diámetro o pendiente.

La tubería tiene una pendiente mínima para conectar con los pozos existentes y esquivar la tubería de saneamiento existente, variando entre los 0,4% y 0,5%.

Los bosques tienen una configuración geométrica que forma unas balsas de pequeña profundidad. Estas balsas detendrán completamente la lluvia de 10 años de periodo de retorno, si la lluvia supera la capacidad de la balsa, una arqueta aliviadero dotará de conexión a las balsas con el colector. La arqueta tiene un aliviadero de 3 metros para que la capacidad de descarga de la arqueta se adecue a la escorrentía estimada, para ello dispone de una apertura lateral en tres de sus lados, de 10 cm de apertura para el paso del agua.

## 4 CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE DISEÑO

El método empleado para el cálculo de los caudales de drenaje es el recogido en la Instrucción 5.2- IC de Drenaje superficial, adecuado en los casos de cuencas pequeñas, situación en la que nos encontramos.

Según el método hidrometeorológico propuesto por la Instrucción 5.2-IC, el caudal Q en el punto de desagüe es:

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

Donde:

- $I(T, T_c)$  (mm/h): Intensidad de Precipitación correspondiente al Período de Retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al Tiempo de Concentración  $T_c$ .

- C: Coeficiente de Escorrentía.
- A (km<sup>2</sup>): Área de la Cuenca o superficie considerada en km<sup>2</sup>.
- K<sub>t</sub>: Coeficiente de Uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

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

No se puede hacer una estimación cabal del tiempo de concentración debido a la configuración de la red, pero mediante la modelización de la red se ha estimado un tiempo de concentración de 15 minutos para cada uno de los “bosques”.

#### 4.1 Intensidad Media Diaria de Precipitación

La Intensidad de Precipitación se calcula mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

- I<sub>d</sub>: Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T en mm/h.
- F<sub>int</sub>: Factor de Intensidad.

El valor de la intensidad media diaria corregida se calcula mediante:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde:

- P<sub>d</sub> (mm): Precipitación Diaria correspondiente al Período de Retorno T.
- K<sub>A</sub> (adm): Factor Reductor de la Precipitación por área de la cuenca.

El valor del Factor Reductor K<sub>A</sub> será igual a la unidad debido a que la superficie de cuenca de aportación es menor de 1 km<sup>2</sup>.

La precipitación máxima diaria ha sido estimada a través del “Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular” del Ministerio de Fomento.

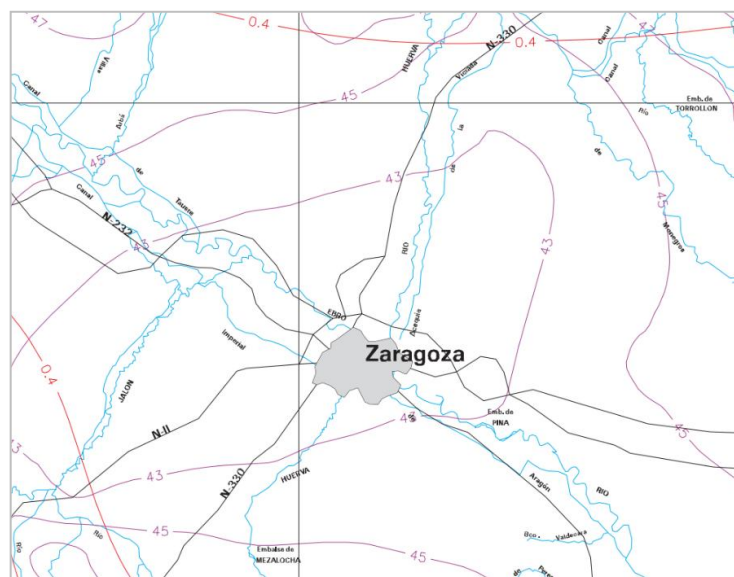


Figura 3. Hoja 4.2.- Zaragoza del Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular



Del mencionado mapa se estima el coeficiente de variación  $C_v$  y el valor medio de la máxima precipitación diaria anual  $P$ . Sus valores en el ámbito de estudio son:  $C_v=0,4$  y  $P=43$  mm/día. A partir del valor  $C_v$  se tabula el cuantil regional  $Y_t$ , de la Ley SQRT-ETmax, también denominado Factor de ampliación  $K_t$ . El producto de dicho cuantil y la precipitación máxima diaria anual interfiere la precipitación de cálculo  $P_d$  para los distintos periodos de retorno, mostrando a continuación.

$C_v$	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128

Coefficiente de variación  $C_v$  0,40

Valor medio de la máxima precipitación diaria anual  $P$  43 mm/día

Factor de ampliación  $K_t$  1,492

Precipitación diaria máxima  $P_d$  64,156 mm/día

Los resultados de Precipitación diaria ( $P_d$ ) y de intensidad media diaria corregida ( $I_d$ ) se presentan en la siguiente tabla:

T	Periodo de retorno (años)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
$P_d$ (mm/h)	39,087	53,62	64,16	79,08	90,8590	103,329	116,444	134,50
$I_d$ (mm/h)	1,629	2,23	2,67	3,30	3,7860	4,305	4,852	5,60

Por otro lado, el Factor de Intensidad se obtiene a través de:

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

Obtención de  $F_a$ :

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

Donde  $t$ , es la Duración del Aguacero, igual al Tiempo de Concentración.

El cociente entre  $I_1/I_d$  es la relación entre la intensidad horaria y la diaria, denominado Índice de Torrencialidad. Este coeficiente es regional, determinándose en base al mapa de isolíneas que se muestra a continuación. Su valor, particularizado para la zona objeto del proyecto tal y como se puede ver en la imagen a continuación, es 10.

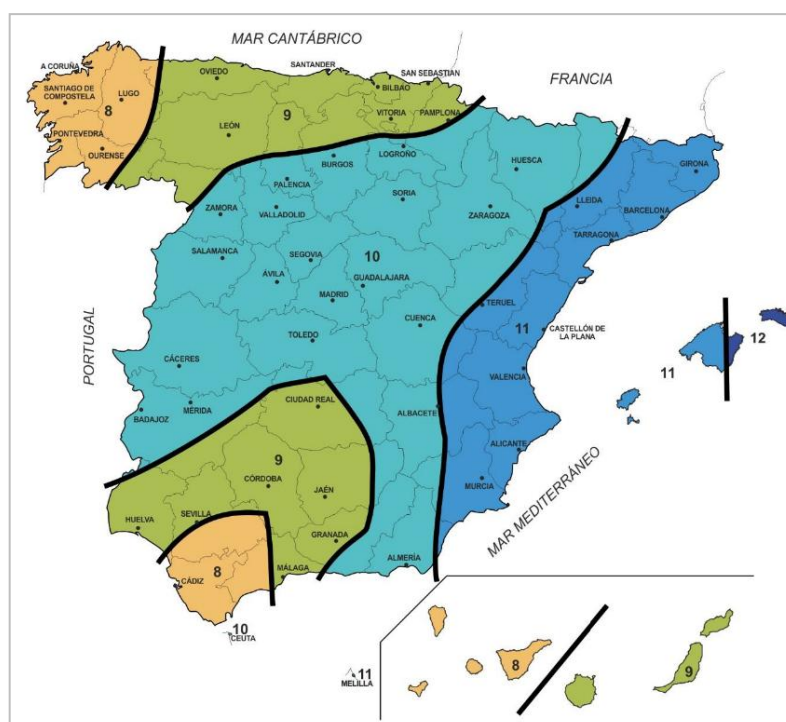


Figura 4. Mapa de Isolíneas I1/I<sub>d</sub> de la Instrucción 5.2.-IC

#### 4.2 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente medio de escorrentía  $C$  depende de la razón entre la precipitación máxima diaria  $P_d$ , correspondiente al periodo de retorno considerado, y el umbral de escorrentía  $P_0$ . La estimación de este último valor depende de la naturaleza del terreno, de la presencia de vegetación y de otros factores que intervengan en la retención superficial del agua. El Coeficiente de Escorrentía define, en definitiva, la parte de la precipitación que genera caudal de avenida en el punto de desagüe.

El Coeficiente de Escorrentía se determina mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \cdot \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

Donde:

- $P_d$ : Precipitación Diaria correspondiente al Período de Retorno considerado, en mm.
- $P_0$ : Umbral de Escorrentía Corregido, en mm.
- $K_A$ : Factor Reductor de la Precipitación.

El valor de  $P_d$  y  $K_A$  ya se ha definido con anterioridad, por lo que únicamente queda por determinar el Umbral de Escorrentía Corregido,  $P_0$ , que será el producto del Umbral de Escorrentía Inicial,  $P_0^i$ , y el Coeficiente Corrector,  $\beta$ , como se muestra en la siguiente expresión:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

El Umbral de Escorrentía Inicial,  $P_0^i$ , se determina mediante la tabla 2.3 de la Instrucción 5.2-IC, cuyos valores se han citado anteriormente. El coeficiente corrector del umbral de escorrentía se calcula con la siguiente fórmula:

$$\beta^{PM} = \beta_m \cdot F_T$$

Para hallar estos valores hay que determinar, en primer lugar, a qué región pertenece el DAT en base a su ubicación. De la figura 2.9 de la Instrucción 5.2-IC, figura 5, se deduce que la región es la 92.

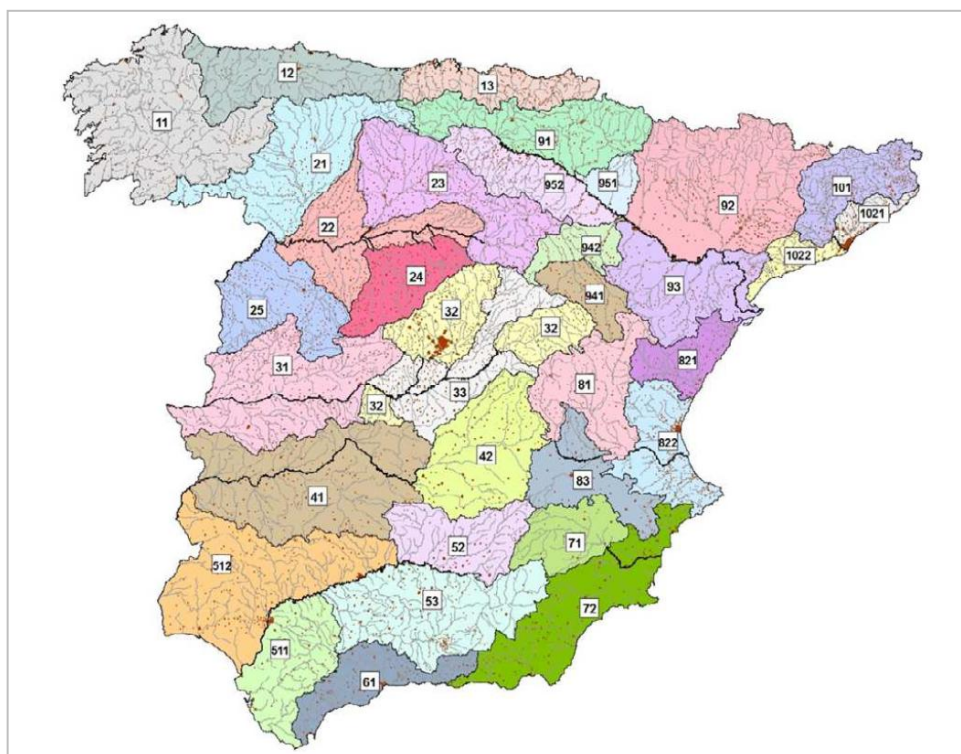


Figura 5. Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía Instrucción 5.2-IC.

Una vez definida la región, en la tabla 2.5 de la Instrucción se pueden obtener los valores de  $\beta_m$  y  $F_T$ , correspondientes a la Región 92:

Región	Valor medio	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza								
		Periodo de Retorno T (años), FT								
		$\beta_m$	50%	67%	90%	2	5	10	25	100
		( $\Delta_{50}$ )	( $\Delta_{67}$ )	( $\Delta_{90}$ )						
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00

A través de esta tabla, se definen los valores del Coeficiente Corrector  $\beta^{PM}$  para cada Periodo de Retorno considerado, que se reúnen en la siguiente tabla:

Periodo de Retorno, T (años)	2	5	10	25	100	500
Coeficiente Corrector, $\beta$	1,189	1,363	1,45	1,45	1,45	1,45

Una vez obtenidos los valores necesarios para la aplicación de la fórmula que se presenta al inicio de este apartado, ya se puede determinar el Coeficiente de Escorrentía correspondiente a las cuencas de las áreas a urbanizar para el periodo de retorno considerado.

El  $P_0^i$  considerado ha sido 14, correspondiente a zonas verdes urbanas, que es un valor del lado de la seguridad teniendo en cuenta la magnitud de las zonas verdes desarrolladas sobre terreno natural que ha sido terreno agrícola no hace mucho tiempo. Las zonas impermeables de nueva construcción son residuales comparadas con las zonas verdes, mientras que las existentes tienen su propio sistema de drenaje que se va a mantener por ser una red unitaria y se afectaría a la descarga de fecales.

### 4.3 Área de las cuencas

Las superficies de las cuencas de los bosques se muestran en la siguiente tabla:

Bosque Norte										
Cuenca	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
m <sup>2</sup>	8.100	2.113	8.602	10.649	5.832	4.250	2.821	3.125	3.414	10.317

Bosque Sur								
Cuenca	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
m <sup>2</sup>	10.150	3.950	7.298	4.577	2.036	1.919	1.198	8.534

Las cuencas se han obtenido mediante el análisis de la futura configuración del DAT Alierta para tener en cuenta, no solo la escorrentía generada dentro del área del proyecto, sino también la escorrentía futura que se vaya a generar fuera de los bosques pero que discurra hacia los mismos.

### 4.4 Volumen de las balsas

Las pequeñas balsas generadas por la urbanización están distribuidas a lo largo de toda la zona verde y servirán para reducir la escorrentía generada por el área del proyecto y las zonas aledañas. La ubicación de las balsas en la zona verde se debe más a razones arquitectónicas y estéticas que a razones hidrológicas o hidráulicas, por eso su funcionamiento es dispar pero efectivo. Las balsas tienen una profundidad de solo 30 cm para no destacar sobre la jardinería general y se conectan a la red de drenaje mediante una arqueta que solo permiten que pase el agua cuando la balsa está llena.

Las tablas siguientes muestran el volumen de las balsas y su capacidad total.

Bosque Norte		
	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
b1	488,70	97,74
b2	284,71	56,94
b3	866,69	173,34
b4	421,07	84,21
b5	171,56	34,31
b6	312,03	62,41
b7	441,75	88,35
b8	190,93	38,19
b9	262,24	52,45
b10	185,84	37,17
b11	483,79	96,76
b12	309,42	61,88
b13	207,59	41,52
b14	83,65	16,73
b15	297,07	59,41
b16	109,76	21,95
b17	209,70	41,94
b18	404,11	80,82
b19	417,39	83,48
<b>Total</b>		<b>1.229,60</b>

Bosque sur		
	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
b1	862,72	172,54
b2	302,47	60,49
b3	551,29	110,26
b4	258,00	51,60
b5	308,16	61,63
b6	378,50	75,70
b7	236,06	47,21
b8	487,37	97,47
b9	263,72	52,74
b10	372,64	74,53
<b>Total</b>		<b>804,19</b>



El volumen de las balsas es de 1.229,60 m<sup>3</sup> en el bosque norte y 804,19 m<sup>3</sup> en el bosque sur. Este volumen es capaz de retener completamente la escorrentía generada por una precipitación de 30 minutos de duración y 10 años de periodo de retorno, y solo 3 de las balsas generan caudal para una lluvia de la misma duración y 50 años de periodo de retorno, mientras que una lluvia de 500 años de periodo de retorno genera escorrentía en el 55% de las balsas.

#### 4.5 Caudal de escorrentía

Mediante la metodología comentada con anterioridad se ha calculado la escorrentía generada por cada una de las cuencas en dirección a las balsas, el resultado es el siguiente:

##### 4.5.1 Bosque norte

Caudal T 10 (l/s)							
Duración	5	10	15	30	60	120	180
Cuenca							
C1	78.2	56.7	46.6	32.9	23.1	16.3	13.4
C2	20.4	14.8	12.2	8.6	6.0	4.3	3.5
C3	83.1	60.2	49.5	35.0	24.5	17.3	14.3
C4	102.8	74.5	61.2	43.3	30.4	21.5	17.7
C5	56.3	40.8	33.5	23.7	16.6	11.8	9.7
C6	41.0	29.7	24.4	17.3	12.1	8.6	7.0
C7	27.2	19.7	16.2	11.5	8.0	5.7	4.7
C8	30.2	21.9	18.0	12.7	8.9	6.3	5.2
C9	33.0	23.9	19.6	13.9	9.7	6.9	5.7
C10	99.6	72.2	59.3	41.9	29.4	20.8	17.1

Caudal T 50 (l/s)							
Duración	5	10	15	30	60	120	180
Cuenca							
C1	147.7	107.1	88.0	62.1	43.6	30.8	25.4
C2	38.5	27.9	22.9	16.2	11.4	8.0	6.6
C3	156.8	113.7	93.4	66.0	46.3	32.7	26.9
C4	194.2	140.8	115.6	81.7	57.3	40.5	33.4
C5	106.3	77.1	63.3	44.7	31.4	22.2	18.3
C6	77.5	56.2	46.1	32.6	22.9	16.2	13.3
C7	51.4	37.3	30.6	21.6	15.2	10.7	8.8
C8	57.0	41.3	33.9	24.0	16.8	11.9	9.8
C9	62.2	45.1	37.1	26.2	18.4	13.0	10.7
C10	188.1	136.4	112.0	79.2	55.5	39.3	32.3

Caudal T 100 (l/s)							
Duración	5	10	15	30	60	120	180
Cuenca							
C1	185.4	134.4	110.5	78.0	54.8	38.7	31.9
C2	48.4	35.1	28.8	20.4	14.3	10.1	8.3
C3	196.9	142.8	117.3	82.9	58.2	41.1	33.8
C4	243.8	176.8	145.2	102.6	72.0	50.9	41.9
C5	133.5	96.8	79.5	56.2	39.4	27.9	22.9
C6	97.3	70.5	58.0	40.9	28.7	20.3	16.7
C7	64.6	46.8	38.5	27.2	19.1	13.5	11.1
C8	71.5	51.9	42.6	30.1	21.1	14.9	12.3
C9	78.2	56.7	46.6	32.9	23.1	16.3	13.4
C10	236.2	171.2	140.7	99.4	69.8	49.3	40.6

Caudal T 500 (l/s)							
Duración	5	10	15	30	60	120	180
Cuenca							
C1	277.8	201.4	165.5	116.9	82.0	58.0	47.7
C2	42.8	31.0	25.5	18.0	12.6	8.9	7.3
C3	295.1	213.9	175.7	124.2	87.1	61.6	50.7
C4	365.3	264.8	217.6	153.7	107.9	76.3	62.7
C5	200.1	145.0	119.2	84.2	59.1	41.8	34.4
C6	145.8	105.7	86.8	61.3	43.0	30.4	25.0
C7	96.8	70.1	57.6	40.7	28.6	20.2	16.6
C8	107.2	77.7	63.8	45.1	31.7	22.4	18.4
C9	117.1	84.9	69.7	49.3	34.6	24.4	20.1
C10	353.9	256.5	210.8	148.9	104.5	73.9	60.8

#### 4.5.2 Bosque sur

Caudal T 10 (l/s)							
Duración	5	10	15	30	60	120	180
Cuenca							
C1	98.0	71.1	58.4	41.2	28.9	20.5	16.8
C2	38.1	27.7	22.7	16.1	11.3	8.0	6.6
C3	70.5	51.1	42.0	29.7	20.8	14.7	12.1
C4	44.2	32.0	26.3	18.6	13.0	9.2	7.6
C5	19.7	14.3	11.7	8.3	5.8	4.1	3.4
C6	18.5	13.4	11.0	7.8	5.5	3.9	3.2
C7	11.6	8.4	6.9	4.9	3.4	2.4	2.0
C8	82.4	59.7	49.1	34.7	24.3	17.2	14.2

Caudal T 50 (l/s)							
Duración	5	10	15	30	60	120	180
Cuenca							
C1	185.1	134.2	110.2	77.9	54.7	38.6	31.8
C2	72.0	52.2	42.9	30.3	21.3	15.0	12.4
C3	133.1	96.5	79.3	56.0	39.3	27.8	22.9
C4	83.4	60.5	49.7	35.1	24.6	17.4	14.3
C5	37.1	26.9	22.1	15.6	11.0	7.7	6.4
C6	35.0	25.4	20.8	14.7	10.3	7.3	6.0
C7	21.8	15.8	13.0	9.2	6.4	4.6	3.8
C8	155.6	112.8	92.7	65.5	45.9	32.5	26.7

Caudal T 100 (l/s)							
Duración	5	10	15	30	60	120	180
Cuenca							
C1	232.4	168.5	138.4	97.8	68.6	48.5	39.9
C2	90.4	65.6	53.9	38.1	26.7	18.9	15.5
C3	167.1	121.1	99.5	70.3	49.3	34.9	28.7
C4	104.8	76.0	62.4	44.1	30.9	21.9	18.0
C5	46.6	33.8	27.8	19.6	13.8	9.7	8.0
C6	43.9	31.9	26.2	18.5	13.0	9.2	7.5
C7	27.4	19.9	16.3	11.5	8.1	5.7	4.7
C8	195.4	141.6	116.4	82.2	57.7	40.8	33.6

Caudal T 500 (l/s)							
Duración	5	10	15	30	60	120	180
Cuenca							
C1	348.2	252.4	207.4	146.5	102.8	72.7	59.8
C2	80.0	58.0	47.6	33.7	23.6	16.7	13.7
C3	250.3	181.5	149.1	105.3	73.9	52.3	43.0
C4	157.0	113.8	93.5	66.1	46.4	32.8	27.0
C5	69.8	50.6	41.6	29.4	20.6	14.6	12.0
C6	65.8	47.7	39.2	27.7	19.4	13.7	11.3
C7	41.1	29.8	24.5	17.3	12.1	8.6	7.1
C8	292.7	212.2	174.3	123.2	86.4	61.1	50.3

## 5 COMPROBACIÓN DE LA RED DE DRENAJE

Se ha comentado anteriormente que las balsas tienen capacidad para retener el caudal de escorrentía generado por una tormenta de 10 años de periodo de retorno y 30 minutos de duración, sin embargo, para el cálculo de las tuberías se ha utilizado el caudal de escorrentía generado por una tormenta de 10 años de periodo de retorno y 15 minutos de duración, que se corresponde con el tiempo de concentración de los bosques. Se han diseñado las tuberías para este caudal, el que le correspondería en un diseño convencional, considerando que en el futuro puedan anularse las balsas por fallos en el mantenimiento o por cambios en la gestión de la escorrentía.

El sistema de drenaje se ha calculado mediante el software EPA SWMM. El EPA SWMM, Storm Water Management Model, Modelo de Gestión de Aguas Pluviales en español, es una herramienta de simulación hidrológica e hidráulica que permite analizar el comportamiento del agua en entornos urbanos. En su componente hidrológico, SWMM representa detalladamente el ciclo del agua desde que ocurre la precipitación hasta que se convierte en

escorrentía superficial. El modelo considera procesos como la infiltración en el suelo, la evaporación, el almacenamiento en depresiones superficiales y el flujo hacia los sistemas de drenaje. Cada área de la cuenca puede definirse con características específicas como el tipo de suelo, el uso del terreno, la pendiente y el porcentaje de superficie impermeable, lo que permite simular con precisión cómo responde cada zona ante un evento de lluvia.

En cuanto al componente hidráulico, SWMM simula el transporte del agua a través de redes de conductos, canales abiertos, estructuras de control como compuertas, bombas y aliviaderos. Utiliza ecuaciones de flujo unidimensionales basadas en el método de Saint-Venant para calcular el movimiento del agua dentro de los elementos del sistema. Esto permite analizar fenómenos como el retroceso del flujo, el almacenamiento temporal en conducciones, el desbordamiento de alcantarillas y la interacción entre distintos elementos del sistema de drenaje. Además, el modelo puede operar en condiciones de flujo libre o presurizado, lo que lo hace adecuado para simular tanto sistemas pluviales como combinados.

La integración de estos dos componentes permite a SWMM ofrecer una visión completa del comportamiento del agua en entornos urbanos, facilitando el diseño, evaluación y optimización de infraestructuras de drenaje, así como la planificación de medidas de mitigación ante inundaciones.

La siguiente figura muestra las tuberías modelizadas en el software SWMM, las tuberías recogen el caudal que llega a los puntos bajos de la urbanización, la ubicación de las balsas. La figura muestra que ninguno de los pozos produce inundaciones y todos los tramos de los colectores están por debajo del 75% de capacidad.

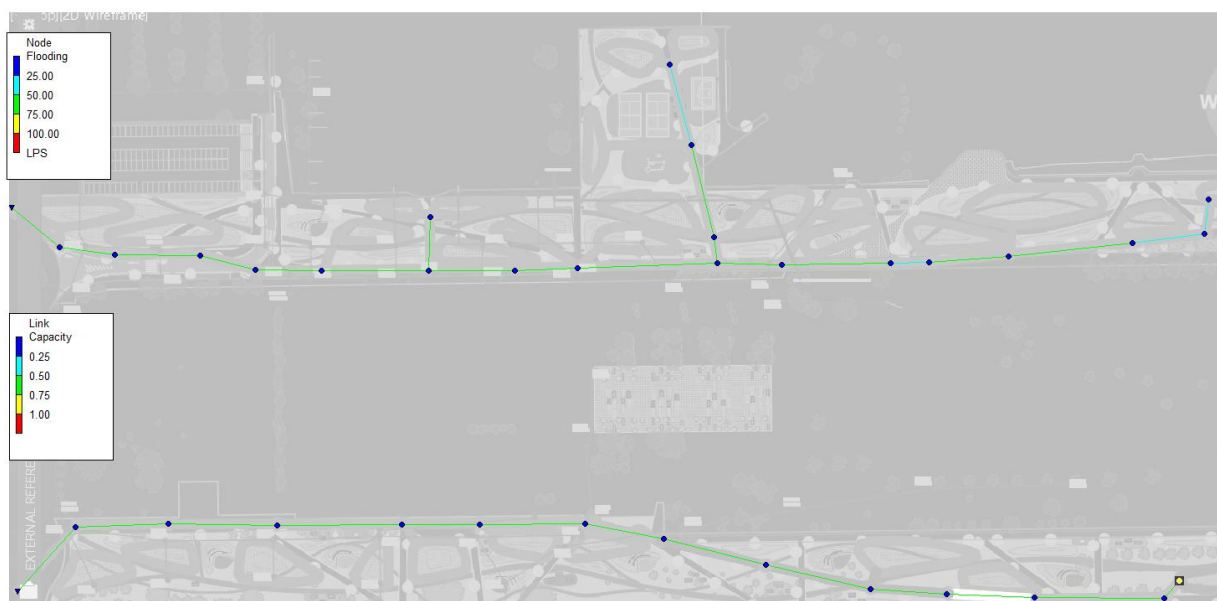


Figura 6. Planta SWMM de la red

El perfil longitudinal muestra también que las conducciones están correctamente dimensionadas para el caudal de diseño. Se ha considerado que el ovoide 90 – 135 al que se conectan ambos colectores tiene 50 cm de calado en el momento de la tormenta para tener en cuenta la dificultad de descarga de estos colectores debido a precipitaciones en el entorno de la urbanización.

En el modelo se ha verificado que la máxima sección mojada de las tuberías se corresponde con aquella que responde a la relación  $D_{\text{mojado}}/D_{\text{interior}}$  igual a 0,8. Esta medida asegura siempre la adecuada aireación de los conductos y la inexistencia de rechupes y perturbaciones en la lámina de agua. También que la velocidad máxima a caudal de diseño no supera los 4,00 m/s, obteniéndose 2,06 m/s en el colector del bosque norte y 2,07 m/s en el colector del bosque sur, muy alejado del límite fijado.



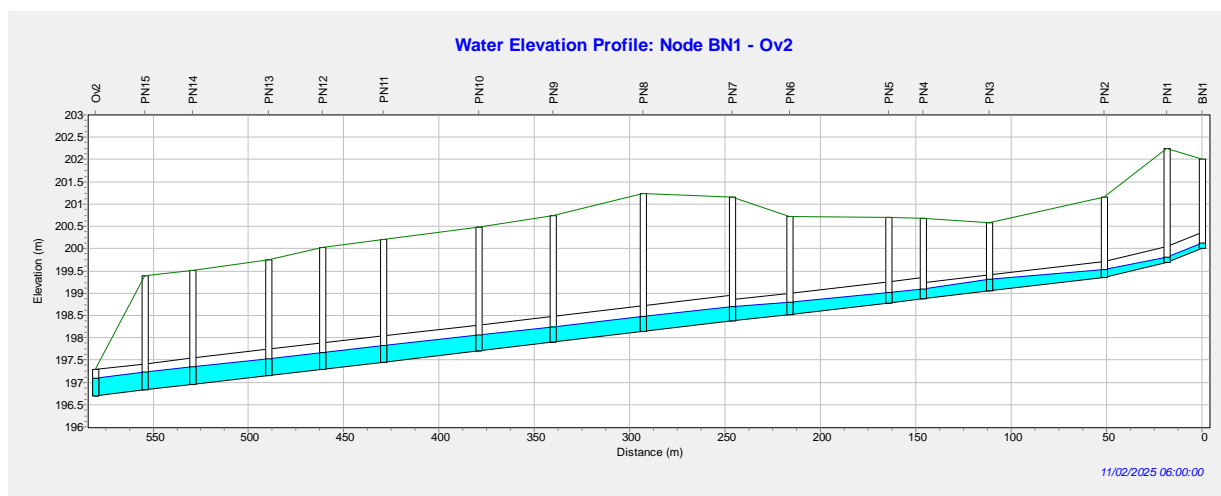


Figura 7. Perfil longitudinal colector bosque norte en caudal máximo

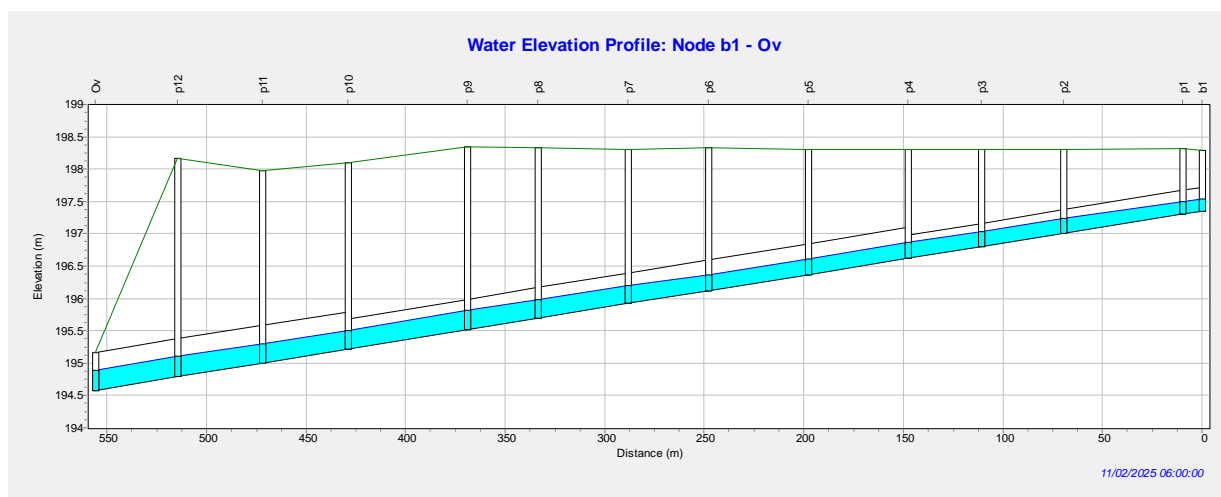


Figura 8. Perfil longitudinal colector bosque norte en caudal máximo

La descarga de las balsas está definida por una arqueta abierta lateralmente que funciona como un aliviadero.

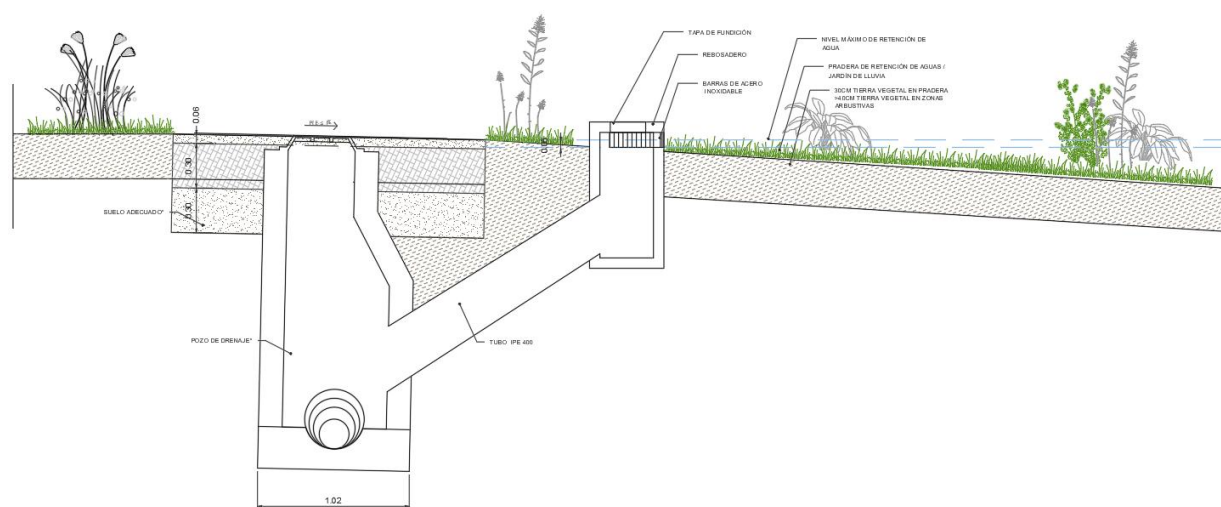


Figura 9. Arqueta aliviadero de las balsas

El aliviadero de la arqueta se ha calculado mediante la fórmula de vertedero de pared delgada.

$$Q = m \cdot b \cdot h^2 \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Donde:

- m: coeficiente 0,4
- b: longitud del vertedero
- h: calado del agua por encima del aliviadero
- g: aceleración de la gravedad

Fijando un calado de 0,05 metros para la descarga del caudal máximo de las balsas para la tormenta de 15 minutos y 10 años de periodo de retorno y 0,10 metros para 500 años de periodo de retorno, se obtiene una longitud de vertedero de 3 metros. Para lograr este vertedero, se ha definido una arqueta de 1,00 x 1,20 metros de dimensión en planta, donde 3 de los lados de un metro quedan abiertos para la entrada del agua con una apertura de 10 cm de alto.

## 6 RESULTADOS DEL MODELO

### Calado en nodos

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth	Maximum Reported Depth Meters
b1	JUNCTION	0.19	0.20	197.55	0	00:00	0.19
p1	JUNCTION	0.18	0.19	197.50	0	00:01	0.19
p2	JUNCTION	0.23	0.23	197.24	0	00:03	0.23
p4	JUNCTION	0.24	0.25	196.87	0	00:03	0.25
p5	JUNCTION	0.24	0.25	196.62	0	00:03	0.25
p6	JUNCTION	0.25	0.25	196.37	0	00:04	0.25
p7	JUNCTION	0.27	0.28	196.20	0	00:04	0.28
p8	JUNCTION	0.29	0.29	195.98	0	00:05	0.29
p9	JUNCTION	0.31	0.31	195.82	0	00:05	0.31
p10	JUNCTION	0.29	0.29	195.50	0	00:05	0.29
p11	JUNCTION	0.30	0.31	195.31	0	00:06	0.31
p12	JUNCTION	0.31	0.32	195.11	0	00:06	0.31
BN1	JUNCTION	0.12	0.14	200.14	0	00:00	0.12
PN1	JUNCTION	0.13	0.14	199.82	0	00:00	0.13
PN2	JUNCTION	0.18	0.19	199.54	0	00:44	0.19
PN3	JUNCTION	0.27	0.27	199.32	0	03:11	0.27
PN4	JUNCTION	0.23	0.23	199.10	0	00:17	0.23
PN5	JUNCTION	0.23	0.23	199.01	0	02:01	0.23
PN6	JUNCTION	0.27	0.27	198.80	0	00:10	0.27
PN7	JUNCTION	0.32	0.32	198.70	0	00:04	0.32
PN8	JUNCTION	0.33	0.33	198.47	0	00:04	0.33
PN19	JUNCTION	0.26	0.26	198.70	0	00:04	0.26
PN18	JUNCTION	0.18	0.18	198.85	0	00:19	0.18
PN17	JUNCTION	0.14	0.15	199.01	0	00:00	0.14
PN9	JUNCTION	0.34	0.34	198.24	0	00:05	0.34
PN20	JUNCTION	0.06	0.07	199.07	0	00:00	0.06
PN10	JUNCTION	0.35	0.35	198.06	0	00:05	0.35
PN11	JUNCTION	0.36	0.36	197.82	0	00:05	0.36
PN12	JUNCTION	0.36	0.36	197.66	0	00:06	0.36
PN13	JUNCTION	0.36	0.37	197.52	0	00:06	0.37

PN14	JUNCTION	0.39	0.39	197.35	0	00:06	0.39
PN15	JUNCTION	0.40	0.40	197.23	0	00:06	0.40
p3	JUNCTION	0.23	0.23	197.03	0	00:02	0.23
Ov	OUTFALL	0.31	0.32	194.90	0	00:06	0.31
Ov2	OUTFALL	0.38	0.39	197.09	0	00:06	0.38

#### Caudal en conducciones

Link	Type	Maximum  Flow  LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum  Velocity  m/sec	Max/ Full Flow	Max/ Full Depth
1	CONDUIT	66.59	0	00:00	2.07	0.65	0.53
2	CONDUIT	61.13	0	00:01	1.10	0.54	0.57
4	CONDUIT	123.96	0	00:03	1.36	0.53	0.52
5	CONDUIT	123.84	0	00:04	1.34	0.53	0.52
6	CONDUIT	124.39	0	00:04	1.23	0.53	0.55
7	CONDUIT	151.35	0	00:04	1.36	0.64	0.60
8	CONDUIT	162.90	0	00:05	1.36	0.69	0.64
9	CONDUIT	181.70	0	00:05	1.52	0.78	0.64
10	CONDUIT	198.88	0	00:06	1.43	0.50	0.51
11	CONDUIT	216.19	0	00:06	1.48	0.54	0.54
12	CONDUIT	234.53	0	00:06	1.58	0.58	0.54
13	CONDUIT	54.84	0	00:00	2.06	0.26	0.36
14	CONDUIT	50.33	0	00:01	1.52	0.32	0.44
15	CONDUIT	58.73	0	00:15	0.86	0.52	0.63
16	CONDUIT	108.20	0	00:17	1.43	0.96	0.69
17	CONDUIT	108.20	0	00:17	1.44	0.46	0.48
18	CONDUIT	108.20	0	00:17	1.17	0.46	0.52
19	CONDUIT	138.82	0	00:09	1.19	0.59	0.62
20	CONDUIT	235.53	0	00:08	1.53	0.58	0.56
21	CONDUIT	249.77	0	00:05	1.57	0.61	0.58
22	CONDUIT	255.88	0	00:05	1.55	0.63	0.59
23	CONDUIT	272.15	0	00:05	1.59	0.67	0.61
24	CONDUIT	282.23	0	00:06	1.62	0.70	0.62
25	CONDUIT	282.50	0	00:06	1.61	0.70	0.62
26	CONDUIT	283.16	0	00:06	1.54	0.70	0.65
27	CONDUIT	313.28	0	00:06	1.62	0.78	0.68
28	CONDUIT	343.35	0	00:06	1.79	0.85	0.67
29	CONDUIT	36.52	0	00:00	0.99	0.32	0.44
30	CONDUIT	57.98	0	00:13	0.99	0.51	0.62
31	CONDUIT	96.86	0	00:05	1.47	0.41	0.62
32	CONDUIT	16.79	0	00:00	1.55	0.20	0.65
33	CONDUIT	81.12	0	00:04	1.35	0.72	0.63
34	CONDUIT	81.14	0	00:03	1.14	0.73	0.66

## 7 CONCLUSIÓN

Se ha realizado el dimensionamiento de las redes de drenaje y abastecimiento. La red de drenaje tiene unos diámetros que varían entre los 400 mm y 600 mm. El material seleccionado para la tubería es PVC.

La red diseñada es separativa, discurriendo por conducciones distintas las aguas pluviales y las fecales, sin mezclarse en ningún punto. Estas últimas se mantienen en la red actual que no se modifica, diseñando la nueva red de pluviales para que no se colisione con la actual.

Las nuevas tuberías se sitúan bajo una banda de servicios que evita los numerosos árboles que se plantarán en los bosques, a una profundidad mínima de 1,00 m. Los pozos se colocan con una distancia media aproximada de 50 m y en los cambios de dirección, diámetro o pendiente, teniendo un diámetro mínimo de 1 m en la base de modo que puedan ser visitables.

En cuanto a la red de abastecimiento, las actuaciones contempladas en el proyecto consisten en la renovación de la red dentro del ámbito de actuación del proyecto, que corresponde con la parte central de la red.

Con la información de partida y el conocimiento del resto de la red, se ha previsto que la renovación se realice con elementos similares a los actualmente instalados, con tuberías de Ø150 y Ø300 mm de diámetro de polietileno de alta densidad (PEAD). El trazado difiere ligeramente del actual debido a la interferencia con otros sistemas y elementos constructivos contemplados en el proyecto. Por otro lado, en la renovación se ha tenido en cuenta que la red abastece los sistemas de protección contra incendios, por lo que se han dispuesto una serie de hidrantes a lo largo de la red equivalentes a los actualmente instalados.

Esta renovación va a mejorar considerablemente el funcionamiento de la red, ya que la situación de conservación actual de la misma hace que ésta tenga fugas y pérdidas que afectan a la calidad del servicio.