

ANEXO 4

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLE A LA URBANIZACIÓN

MODIFICACIÓN PUNTUAL DEL PLAN PARCIAL SUP-5 "EL RAYO" SAN FERNANDO DE HENARES (MADRID) PARA ALTERACIÓN DE SU ORDENACIÓN Y SU NORMATIVA URBANÍSTICAS

DICIEMBRE 2024

APROBACIÓN INICIAL

Paloma M^a Batanero Akerman
Dr. Ingeniero de Caminos

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLE A LA URBANIZACIÓN DEL SECTOR SUP-I5 (SAN FERNANDO DE HENARES, MADRID)



DICIEMBRE DE 2023

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
2.	ESTUDIO DE LA RED HIDROGRÁFICA	2
2.1.	DATOS DE PARTIDA.....	2
2.2.	DELIMITACIÓN Y SUPERFICIE	2
2.3.	TOPOGRAFÍA.....	2
2.4.	RED HIDROGRÁFICA.....	4
3.	ESTUDIO HIDROLÓGICO. DETERMINACIÓN DE CAUDALES PUNTA DE AVENIDA DE ESCORRENTÍA DENTRO DEL ÁMBITO	8
3.1.	METODOLOGÍA	8
3.2.	PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS	8
3.3.	CARTOGRAFÍA DISPONIBLE.....	9
3.4.	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL PLAN PARCIAL SUP-15	9
3.5.	SOLUCIONES DE DRENAJE SOSTENIBLE DISPUESTAS	13
3.6.	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, DE DRENAJE E INFILTRACIÓN DEL ÁMBITO	15
3.7.	CÁLCULO DE CAUDALES.....	16
3.8.	HIDROGRAMAS TRIANGULARES	26
4.	CONCLUSIONES	31

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En el presente informe se lleva a cabo un diseño preliminar de soluciones de drenaje sostenible aplicadas al proyecto de la urbanización del sector SUP-I5, además de la comprobación hidrológica de su eficiencia.

Este ámbito, perteneciente a San Fernando de Henares, se halla prácticamente al límite norte del término municipal, entre la carretera M-115, que lo delimita por el sureste, y la autovía M-50, al norte, siendo el enlace entre esta última y la A-2, su delimitación al oeste.



Situación del Sector SUP-I5 relativa al término municipal de San Fernando de Henares (límite del TM marcado con trazo rojo-blanco)

Para este estudio, se ha partido del estudio hidrológico inicial del sector, así como de su proyecto de urbanización, para plantear un nuevo análisis hidrológico del sector. Los trabajos en este sentido han incluido:

- ✓ Disposición y definición de sistemas de drenaje sostenible compatibles con los usos de suelo del sector.
- ✓ Cálculo de los caudales de avenida y los hidrogramas-volúmenes totales para cada uno de los períodos de retorno habituales: 2-5-10-15-50-200-100 y 500 años resultantes de la aplicación de los anteriores.
- ✓ Comparación de resultados obtenidos.

2. ESTUDIO DE LA RED HIDROGRÁFICA

2.1. DATOS DE PARTIDA

Para el estudio de la red hidrográfica se han empleado los siguientes datos de partida:

- Modelo digital del terreno de la zona de estudio con precisión de 2x2 disponible en el Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Levantamiento topográfico de la parcela.
- Ortofoto del PNOA e históricas de la zona de estudio.
- Precipitaciones máximas diarias La precipitación de referencia se obtiene de la publicación “*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*” de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Usos de suelo de las zonas de estudio del Corine Land Cover.
- Cálculo de caudales por método de la Instrucción de Carreteras 5.2 I.C. 2016.

2.2. DELIMITACIÓN Y SUPERFICIE

El área del Sector SUP-15, está situada al Norte del consolidado industrial/logístico del término municipal, accediéndose a este desde la carretera M-115. El límite Sur lo constituye dicha carretera, al Norte limita con la autovía M-50, al Suroeste con los enlaces de la autovía M-50 y la A-2, sin tener lindero Este, ya que tiene forma sensiblemente triangular con vértice orientado al noreste.

La parcela, tiene una superficie total de $52172.81 + 309779.80 = 361,951.61 \text{ m}^2$.

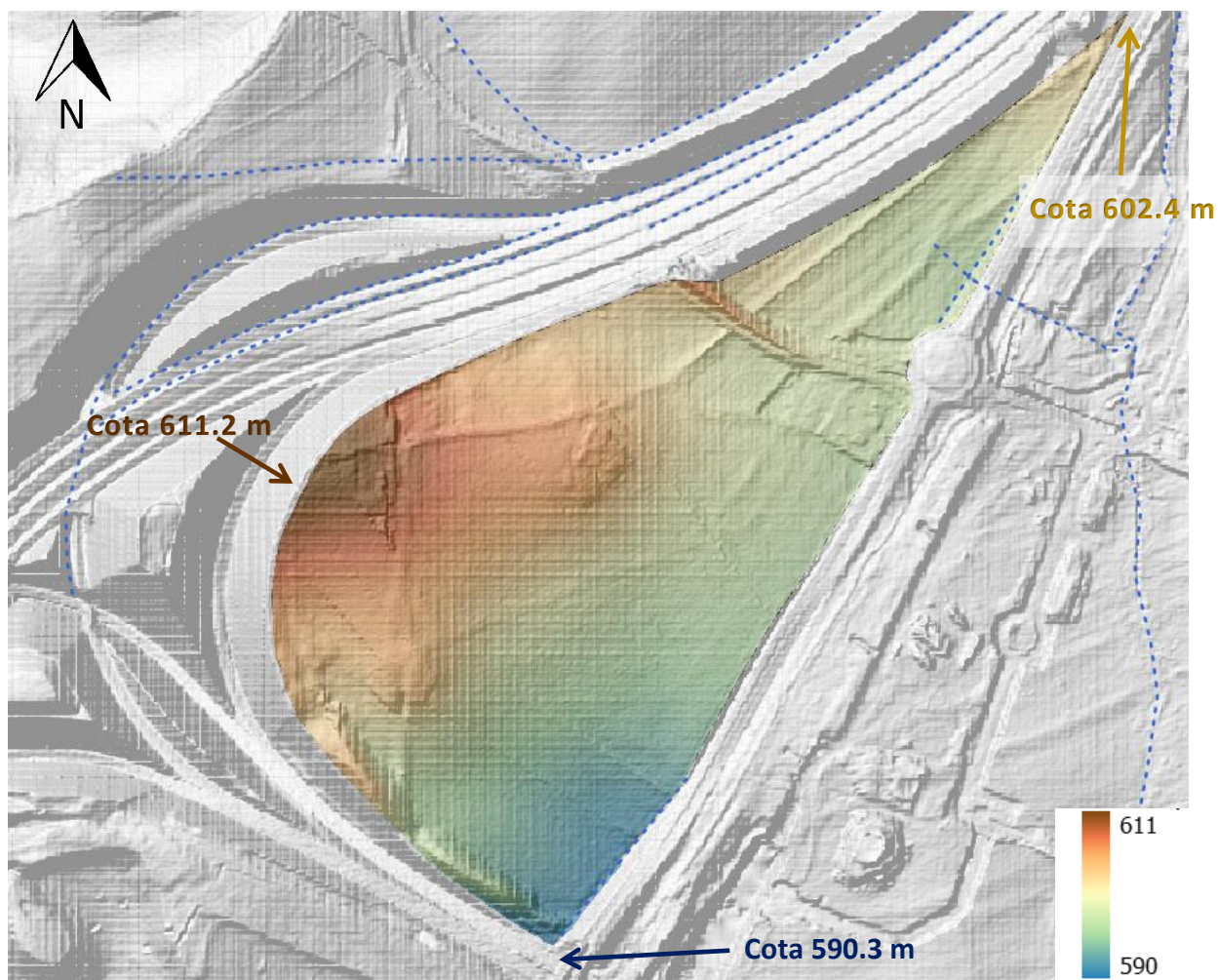
2.3. TOPOGRAFÍA

En general el terreno desciende desde el Noreste hacia el Suroeste (con cotas comprendidas entre la 605.9 y la 586.9, teniendo un punto bajo absoluto al Oeste del sector, cota 590.3 m):



Vista 3D de la parcela del ámbito desde el sur. Se aprecia que la parcela desciende de noreste a suroeste

El terreno tiene una pendiente media del noroeste a sur, con un desnivel relativamente importante, con una distancia entre la cota más alta (611.2 m) y la cota mínima (590.3 m, suroeste), de 540 m, lo cual supone una pendiente del 4%.

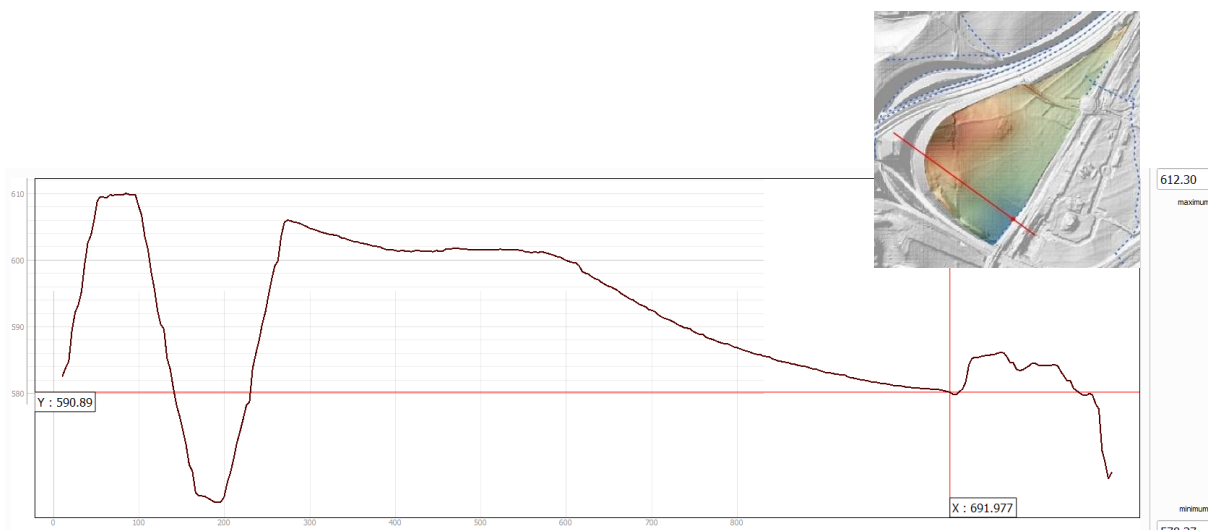


Parcela Sector SUP-15. Elevaciones del terreno

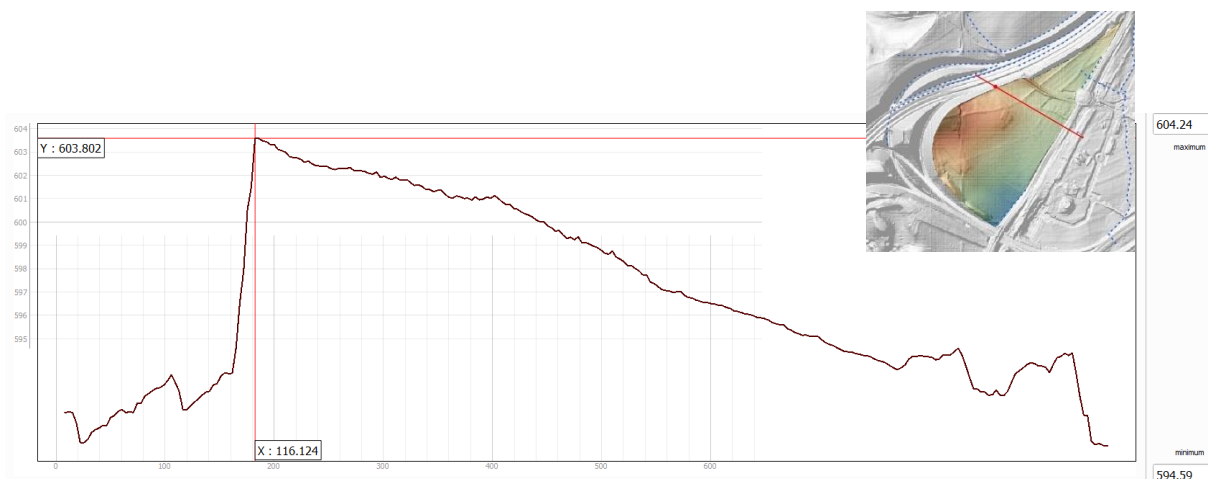
Si se realizan cortes transversales a lo largo de la parcela se puede ver que la pendiente es prácticamente uniforme:



Perfil longitudinal Sector SUP-15 de noreste a suroeste a lo largo del borde contiguo a la M-115



Perfil longitudinal Sector SUP-15 de noreste a suroeste en la zona más ancha del sector

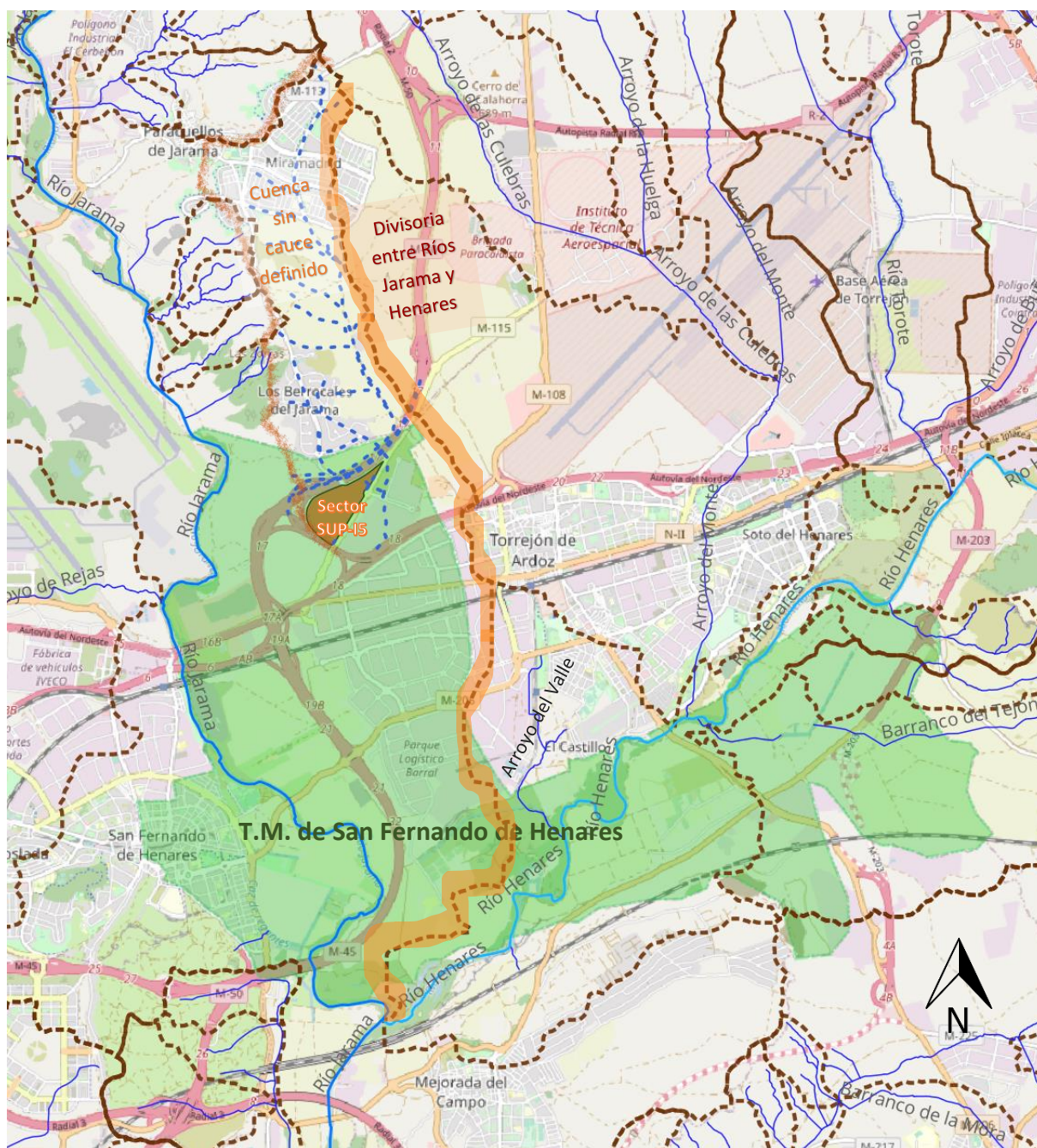


Perfil longitudinal Sector SUP-15 de noreste a suroeste en la zona media del sector

2.4. RED HIDROGRÁFICA

En la siguiente imagen se muestra la ubicación del Sector SUP-15 dentro del término municipal de San Fernando de Henares, así como la red hidrográfica de dicho municipio, que de oeste a este son:

- **Río Jarama**, que constituye el límite oeste del término municipal antes de llegar al casco urbano residencial.
- **Arroyo del Valle**, que nace en vecino Torrejón de Ardoz, afluente del Río Henares por la margen derecha.
- **Río Henares**, al sureste del municipio.
- **Barranco del Tejón**, afluente del Río Henares por la margen izquierda.
- **Cauce sin nombre**, al extremo este del término municipal.

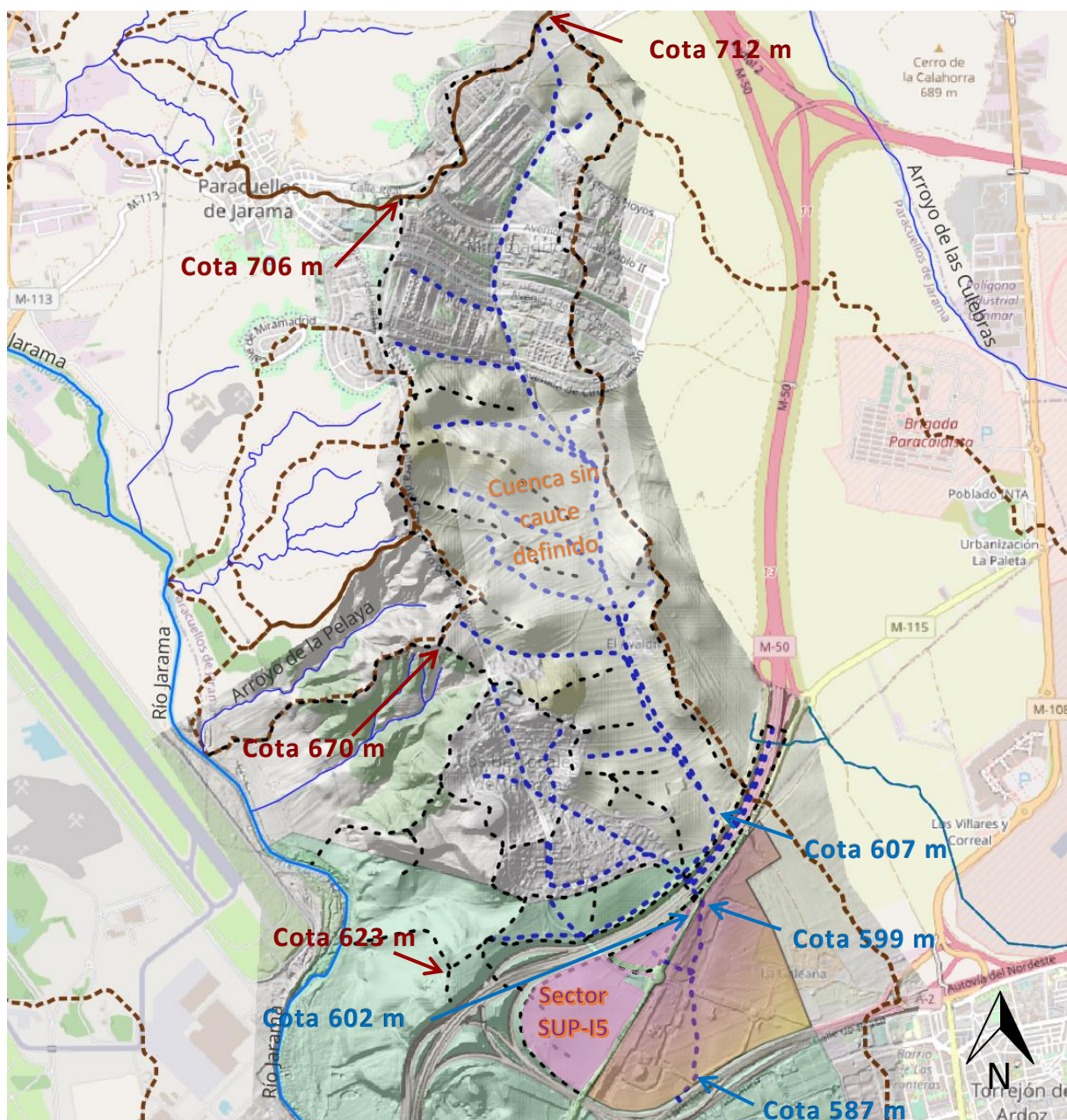


Situación del Sector SUP-15 dentro del término municipal de San Fernando de Henares con red de cauces inventariados. La divisoria entre las cuencas de los ríos Jarama y Henares se halla muy cercana al sector, es una de las razones por las que no existen arroyos ni cuencas externas que lo afecten

Como se aprecia en la planta adjunta anterior, el Sector se halla en una zona en la que no hay cauces inventariados, o los existentes están lejos y no lo afectan, especialmente tras la construcción de la M-50.

Esta vía de comunicación desvió la escorrentía de la cuenca sin cauce definido que se halla entre las urbanizaciones de Miramadrid y los Berrocales del Jarama hacia el vecino sector SUP-14, como se ve en la planta adjunta.

En esta, se trazan todas las cunetas (en negro) y líneas divisorias (en azul) de la escorrentía superficial de la zona:



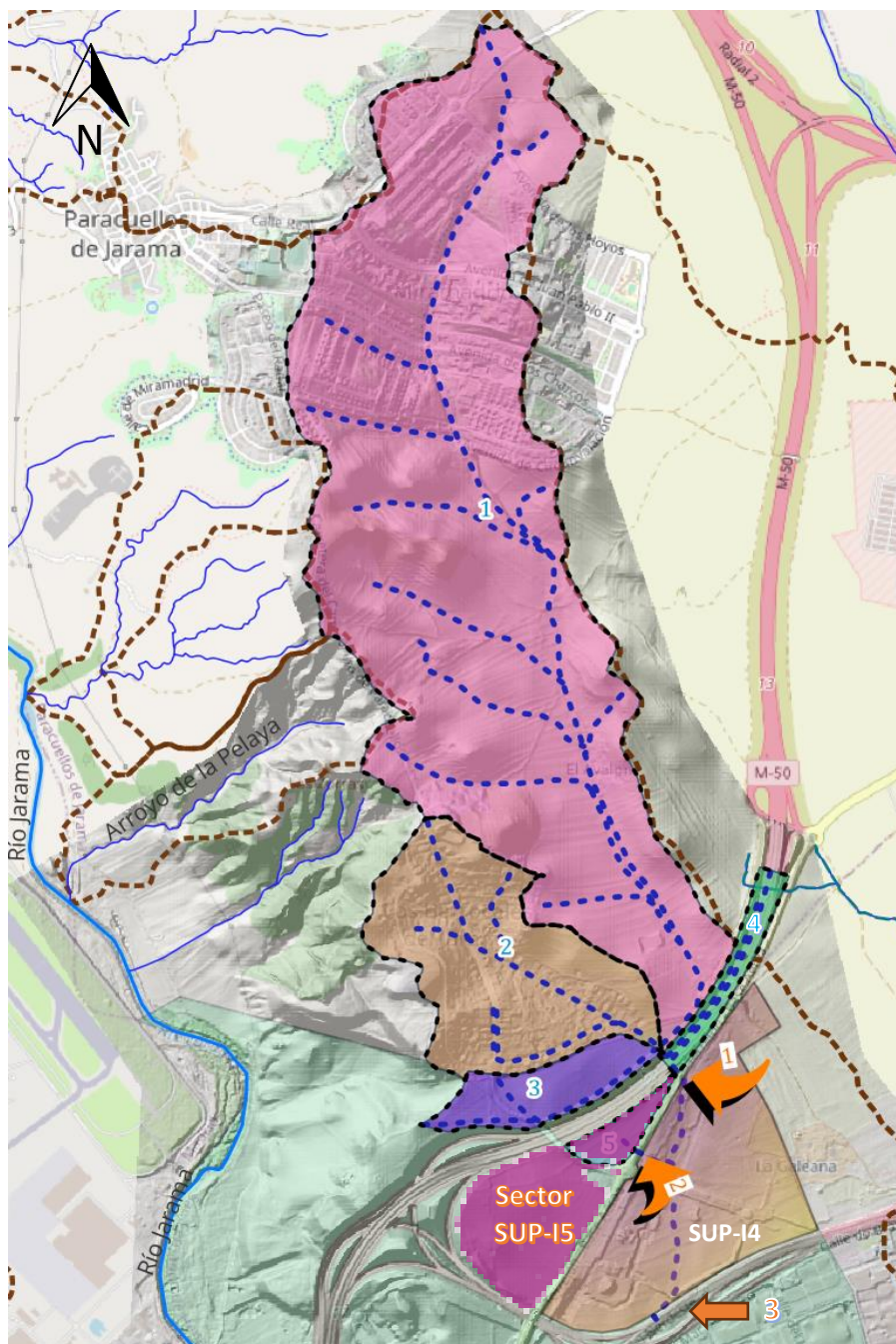
Planta de las parcelas al norte del sector SUP-15, más elevadas altimétricamente, con especificación de cotas en puntos altos y bajos

Revisando los caminos del agua de escorrentía pluvial, se comprueba que, con la construcción de la M-50, se alteró la escorrentía natural del terreno en:

1. Una franja de apenas 600-700 m de anchura, de limitada extensión y cercana al río Jarama, sin ningún cauce definido – Cuenca 1.
2. La urbanización de los Berrocales del Jarama – Cuenca 2.
3. El terreno entre esta urbanización y la M-50; 200 m dirigido por las cunetas de guarda de la autovía hacia la obra de paso nº 1 – Cuenca 3.
4. El propio drenaje longitudinal de la M-50 en una longitud de 150 m – Cuenca 4.
5. Un pequeño triángulo, norte del Sector SUP-15 – Cuenca 5.

Las cuencas 1 a 4 se concentran en la obra de paso nº1 señalada con una flecha en la parte norte del sector.

La cuenca 5, perteneciente únicamente a la escorrentía producida en el SUP-15, cruza hacia el SUP-14 a través de la obra de paso nº 2, señalada con otra flecha.



Dichos puntos coinciden con sendas obras de paso bajo la M-115.

Toda esta escorrentía superficial se concentra en el contiguo Sector SUP-14, atravesándolo de norte a sur hasta llegar a una obra de paso bajo la A-2 (punto 3).

Pero en realidad, no se trata de ningún cauce inventariado o histórico, sino de la concentración de la escorrentía superficial a causa de la construcción de la M-50.

Detalle del Sector SUP-15 con delimitación de las áreas que drenaban hacia éste desde el norte y del vecino SUP-14, al que drenan las superficies señaladas

Ninguno de estos arroyos o cauces está lo suficientemente próximo al ámbito como para provocar afecciones al Plan Parcial.

3. ESTUDIO HIDROLÓGICO. DETERMINACIÓN DE CAUDALES PUNTA DE AVENIDA DE ESCORRENTÍA DENTRO DEL ÁMBITO

El estudio hidrológico tiene por objeto determinar los caudales máximos para las distintas precipitaciones de diseño del ámbito, en las siguientes situaciones:

- Situación actual de urbanización de la parcela.
- Situación futura ámbito SUP-I5, teniendo en cuenta el efecto del Cambio Climático.
- Situación futura ámbito SUP-I5, con el efecto del Cambio Climático e inclusión de Sistemas de Drenaje Sostenible.

3.1. METODOLOGÍA

Partiendo de la información morfológica y pluviométrica de las cuencas se han calculado los caudales superficiales siguiendo el método aplicado según la Normativa 5.2-I.C. de la Instrucción de Carreteras (2016), con el fin de obtener los caudales punta en la cuenca que considera el estudio.

Las precipitaciones máximas empleadas en los cálculos son las obtenidas a través de MAXPLUWIN.

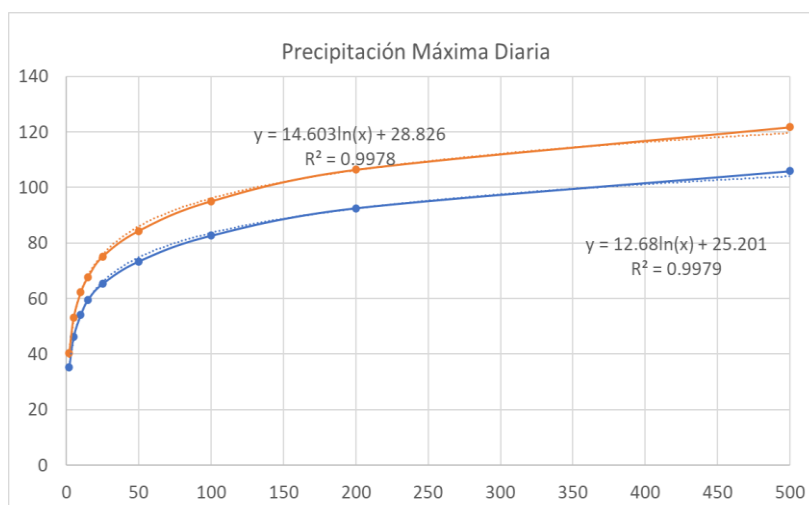
Las características de las cuencas se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Modelo digital del terreno obtenido
- Vistas aéreas actuales provenientes del PNOA (Instituto Geográfico Nacional)

3.2. PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

A través de la aplicación MAXPUWIN con las coordenadas del centro de gravedad de la cuenca del sector (X= 456900 Y= 4479000) se han obtenidos las precipitaciones máximas diarias:

T(años)	Kt	P diaria (mm)	P diaria CC (mm)
2	0.924	35.1	40.4
5	1.213	46.1	53.0
10	1.423	54.1	62.2
15*		59.5	62.6
25	1.717	65.2	75.0
50	1.93	73.3	84.3
100	2.174	82.6	95.0
200	2.434	92.5	106.4
500	2.785	105.8	121.7

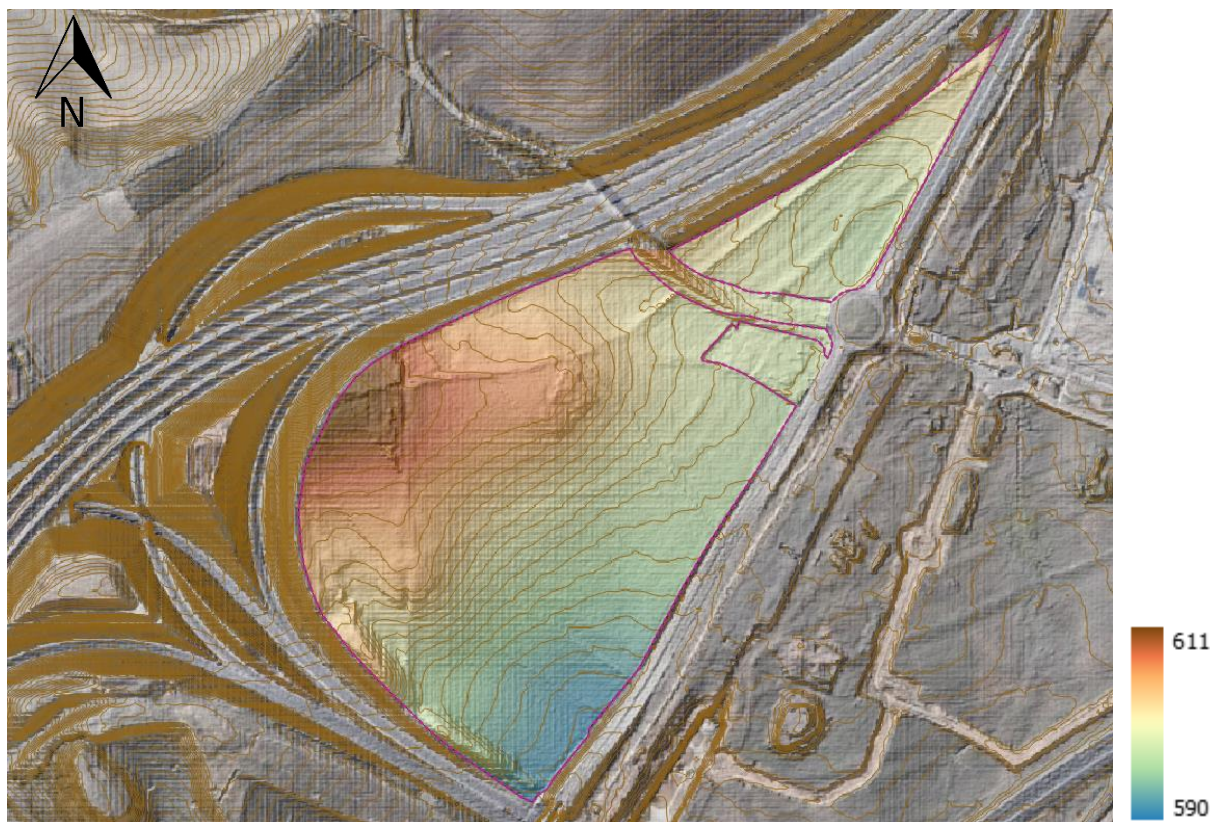


Precipitaciones máximas diarias en la zona de estudio obtenidas y precipitaciones teniendo en cuenta la variación por Cambio Climático de +15%

*La precipitación de 15 años se ha interpolado

3.3. CARTOGRAFÍA DISPONIBLE

Se parte de la cartografía general de la zona de estudio (en magenta), así como del levantamiento realizado para caracterizar la cuenca de la parcela:



Curvas de nivel de la zona de estudio con delimitación de la parcela del ámbito SUP-15

3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL PLAN PARCIAL SUP-15

La situación actual del ámbito SUP-15 es de suelos sin urbanizar con usos agrícola o improductivo.



Ortofoto con situación actual y usos de la parcela del ámbito

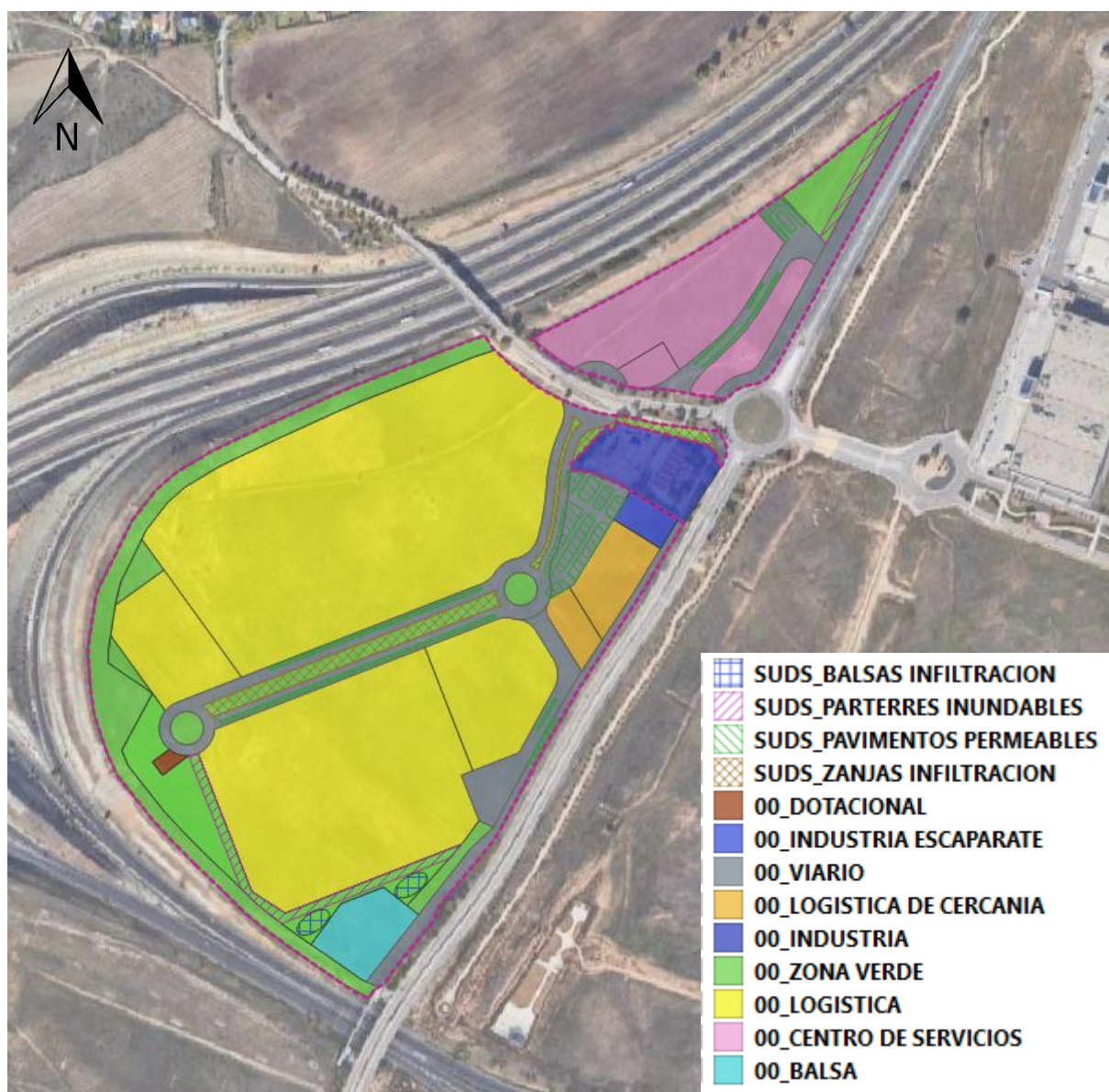
Hay dos cuencas diferenciadas, separadas por el enlace a la M-115:

- La norte aparece como uso 122 (redes viarias y terrenos asociados).
- La sur aparece como uso 231 (pastos en tierras abandonadas), lo cual resulta más acorde con el uso de suelo general.

Para el cálculo de los caudales de escorrentía hay que tener en cuenta a efectos hidrológicos el pequeño polígono que no pertenece al sector registradamente.

Por tanto, se consideran ambas cuencas como uso actual pastos en tierras abandonadas.

Respecto a los usos futuros, se pueden revisar en la planta adjunta, en la que además de los usos lucrativos, de equipamiento o zonas verdes, se incluye la disposición de las soluciones de drenaje sostenible dispuestas y las balsas de infiltración propuestas, que se dispondrán en el extremo sur de la parcela, a ambos lados de la balsa de laminación del ámbito.



Disposición de usos futuros y soluciones de drenaje sostenible planteadas

En la tabla adjunta se detallan las superficies de cada uso de suelo, así como las edificabilidades.

ORDENACIÓN LUCRATIVA DEL SUP-15				
Calificación	Identificación de Parcela	Superficie [m ² s]	Edificabilidad unitaria Asignada [m ² c/m ² s]	Edificabilidad Asignada [m ² c]
uso de industria logística	ILg1	104,228.01	0.6480	67,539.75
uso de industria logística	ILg2	12,700.15	0.6480	8,229.70
uso de industria logística	ILg3	62,135.15	0.6480	40,263.58
uso de industria logística	ILg4	16,974.70	0.6480	10,999.61
uso de industria logística de cercanía	ILgC1	3,051.18	0.6700	2,044.29
uso de industria logística de cercanía	ILgC2	6,869.90	0.6700	4,602.83
uso de industria escaparate	IEc1	2,397.94	0.7740	1,856.01
uso de centro de servicios	CSv1	22,360.48	0.9141	20,439.33
uso de centro de servicios	CSv2	2,151.13	0.9303	2,001.20
uso de centro de servicios	CSv3	5,928.95	0.4194544	2,486.92
uso dotacional privado	DPv1	546.05	0.2500000	136.51
TOTAL SUELO LUCRATIVO		239,343.64		160,599.73

REDES PLAN PARCIAL SUP-5		
Tipología uso	Parcela	Superficie (m ² s)
REDES SUPRAMUNICIPALES		
Influencia Carretera CM		
	C1	7,554.59
	C2	443.40
	C3	6,627.30
Total Ctra SUPRA		14,625.29
REDES GENERALES		
Espacios libres y zonas verdes		
	AV1	23,802.37
	AV2	1,134.11
	AV3	6,058.71
	AV4	1,134.11
	AV5	836.72
Total ZV GENERALES		32,966.02
Infraestructuras viarias		
	AI1- MOD	18,837.39
	AI2	905.61
	AI3- MOD	6,572.96
Total Infra GENERALES		26,315.96
TOTAL GENERALES		59,281.98
REDES LOCALES		
Espacios libres y zonas verdes		
	LV1 - MODIFICADA	15,333.15
	LV2	457.39
	LV3	1,346.14
	LV4- MODIFICADA	6,700.99
	LV5- MODIFICADA	861.69
	LV6- NUEVA	1,652.39
	LV7- NUEVA	1,798.79
Total ZV LOCALES		28,150.24

REDES PLAN PARCIAL SUP-5		
Tipología uso	Parcela	Superficie (m ² s)
Equipamientos y Servicios		
	LC1 - MODIFICADA	6,780.40
	LC2- MODIFICADA	6,570.06
Balsa	LC3 - NUEVA	7,200.00
Total Equip_Serv LOCALES		20,550.46
TOTAL LOCALES		48,700.70
TOTAL REDES		122,607.97

En la tabla adjunta se incluyen los usos de suelo actuales y futuras del ámbito, así como los resultados de umbrales de escorrentía para el cálculo de caudales por método de la Instrucción de Carreteras 5.2 I.C. 2016.

Cuenca ámbito SUP-I5 Norte		Situación Inicial			Urbanización original		
Código Corine	Tipo de suelo	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%
121	Zonas industriales	7	0	0%	7	0	0%
121	Equipamiento y servicios	4	0	0%	4	30441	58%
122	Redes viarias	1	0	0%	1	15030	29%
141	Zonas verdes	23	0	0%	23	6701	13%
211	Tierras abandonadas	10	52172	100%	10	0	0%
		10	52172	100%	5.6	52172	100%
Cuenca ámbito SUP-I5 Sur		Situación Inicial			Urbanización original		
Código Corine	Tipo de suelo	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%
121	Zonas industriales	7	10744	3%	7	208357	67%
121	Equipamiento y servicios	4	0	0%	4	7746	3%
122	Redes viarias	1	0	0%	1	39261	13%
141	Zonas verdes urbanas	23	0	0%	23	54415	18%
211	Tierras abandonadas	10	309780	100%	10	0	0%
		10	309780	100%	9.0	309780	100%

Tabla de usos del suelo y P₀ actuales y futuros y tras la construcción del proyecto de la urbanización

3.5. SOLUCIONES DE DRENAJE SOSTENIBLE DISPUESTAS

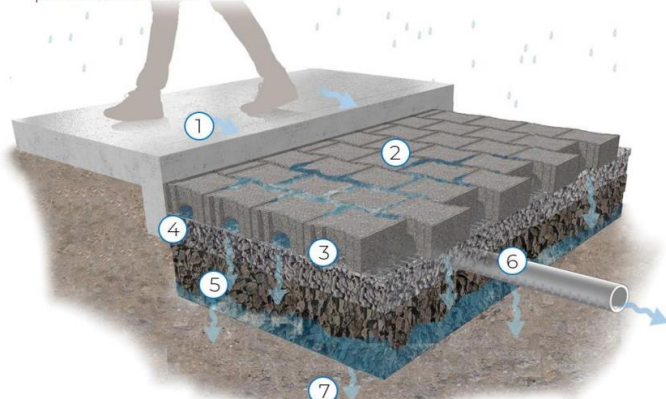
Resumen de las características de los sistemas de drenaje sostenible planteados:

Tipología	Norte	Sur	Superficie Total (m ²)
Pavimentos permeables en aparcamientos	1250.0	6574.0	7824.0
Parterres Inundables en Zonas verdes	1771.0	4322.0	6093.0
Zanjas de infiltración en zonas verdes, contiguo a viario		8708.0	8708.0
Balsas de retención		1374.0	1374.0
SUMA TOTAL	3021.0	20978.0	23999.0

PAVIMENTOS PERMEABLES

Los pavimentos permeables permiten la filtración de la escorrentía a zonas de almacenamiento temporal subterráneo, a la vez que permiten el paso de personas o vehículos sobre ellos. Este almacenamiento puede proporcionarse mediante gravas, celdas o cajas reticulares, desde donde la escorrentía puede infiltrarse al terreno o descargarse de manera controlada. Los pavimentos se clasifican en función del tipo de superficie permeable:

- **Pavimentos permeables por junta:** son aquellos que están formados por un material impermeable, pero cuya geometría y/o instalación permite dejar juntas que se rellenan con vegetación, gravas u otros materiales que permitan el paso del agua. Las unidades estructurales de este tipo de pavimentos son habitualmente adoquines de distintos materiales, normalmente hormigón o cerámica.
- **Pavimentos porosos:** son aquellos cuya superficie está cubierta enteramente por un material poroso que permite la filtración de la escorrentía en toda su superficie. Esta puede estar formada por materiales como asfalto permeable, hormigón permeable o sistemas de mallas y geoceldas rellenas de terreno vegetado o grava que permiten el paso de la escorrentía.



Fuente: Alameda County Flood Control & Water Conservation District (2021).

1. Escorrentía de áreas impermeables adyacentes
2. Pavimento de adoquín permeable por junta
3. Capa de apoyo
4. Capa de transición con gravas medianas
5. Capa de almacenamiento con gravas gruesas
6. Conducto drenante
7. Infiltración al terreno

BENEFICIOS

Control de caudal pico	●	●	●
Control del volumen de escorrentía	●	●	●
Mitigación de la contaminación	●	●	●
Valor ecológico	●	●	●
Valor estético	●	●	●
Multifuncionalidad de la actuación	●	●	●

FUNCIONES

Infiltración	Detención

ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES

Sólidos en suspensión totales	0,7
Metales	0,6
Hidrocarburos	0,7

POSIBLES LOCALIZACIONES

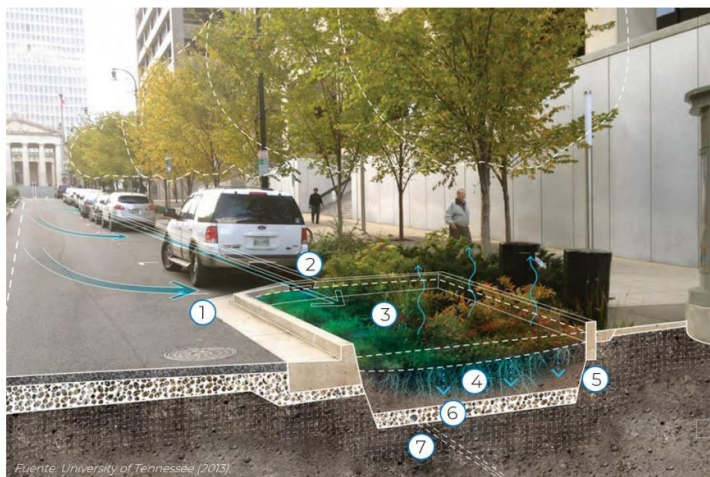
Centros históricos protegidos	●	Ensanche	●
Edificación Abierta	●	Unifamiliar	●
Industrial	●	Terciario	●
Red de viario	●	Parques y jardines	●
Óptimo	●	Posible	●
Desaconsejable	●	Incompatible	●

PARTERRES INUNDABLES

Los parterres inundables son zonas con vegetación que se encuentran rebajadas con respecto a las superficies adyacentes. Están pensadas para recibir escorrentías de áreas impermeables próximas, y favorecer su tratamiento y laminación. También pueden permitir la infiltración del agua al terreno natural, tras ser tratada, o incorporar un drenaje subsuperficial que evacue de manera controlada el volumen almacenado.

Según la calidad de las aguas que reciben y el espesor del medio filtrante, se clasifican en:

- **Jardines de lluvia.** Reciben escorrentías con niveles de contaminación bajos (cubiertas, zonas peatonales...). El espesor del medio filtrante suele estar entre 0,3-0,5 m.
- **Áreas de biorretención.** Reciben escorrentías con altos niveles de contaminación (zonas con tráfico rodado). La capa del medio filtrante está entre 0,8 y 1,0 m.



1. Escorrentía procedente de zonas impermeables adyacentes 2. Dispositivo de entrada de escorrentía 3. Vegetación y capa de mantillo o suelo acolchado 4. Medio filtrante 5. Geotextil o geomembrana (si fuese necesaria) 6. Capa drenante 7. Tubo dren (si fuese necesario)

BENEFICIOS

Control de caudal pico	●	●	●
Control del volumen de escorrentía	●	●	●
Mitigación de la contaminación	●	●	●
Valor ecológico	●	●	●
Valor estético	●	●	●
Multifuncionalidad de la actuación	●	●	●

FUNCIONES



ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES

Sólidos en suspensión totales	0,6 – 0,8
Metales	0,5 – 0,8
Hidrocarburos	0,6 – 0,8

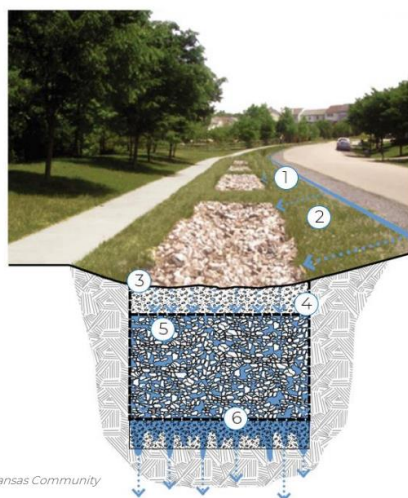
POSIBLES LOCALIZACIONES

Centros históricos protegidos	●	Ensanche	●
Edificación Abierta	●	Unifamiliar	●
Industrial	●	Terciario	●
Red de viario	●	Parques y jardines	●
Óptimo	●	Posible	●
Desaconsejable	●	Incompatible	●

ZANJAS Y POZOS DE INFILTRACIÓN

Las zanjas y pozos de infiltración son sistemas de drenaje que permiten la captación, filtrado y almacenamiento temporal de la escorrentía, para su posterior infiltración al terreno. Esta capacidad de almacenamiento la logran al estar rellenas de un material con un alto porcentaje de huecos. También deben incluir un geotextil superficial que facilite su mantenimiento. Según su forma geométrica se dividen en:

- **Zanjas:** técnicas lineales poco profundas que pueden estar recubiertas de vegetación, grava o arena.
- **Pozos:** perforaciones verticales profundas. Pueden instalarse sin revestir, donde la excavación se rellena de material drenante; o revestidos, donde la estructura del pozo se refuerza mediante ladrillo panal o anillos de hormigón perforados.



Fuente: University of Arkansas Community Design Center (2010).

1. Entrada lateral de escorrentía 2. Franja vegetada de pretratamiento 3. Capa de gravas 4. Capa de geotextil 5. Gravitas o material drenante sintético 6. Infiltración al terreno

BENEFICIOS

Control de caudal pico	●	●	●
Control del volumen de escorrentía	●	●	●
Mitigación de la contaminación	●	●	●
Valor ecológico	●	●	●
Valor estético	●	●	●
Multifuncionalidad de la actuación	●	●	●

FUNCIONES



ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES

Sólidos en suspensión totales	0,4
Metales	0,4
Hidrocarburos	0,4

POSIBLES LOCALIZACIONES

Centros históricos protegidos	●	Ensanche	●
Edificación Abierta	●	Unifamiliar	●
Industrial	●	Terciario	●
Red de viario	●	Parques y jardines	●
Óptimo	●	Posible	●
Desaconsejable	●	Incompatible	●

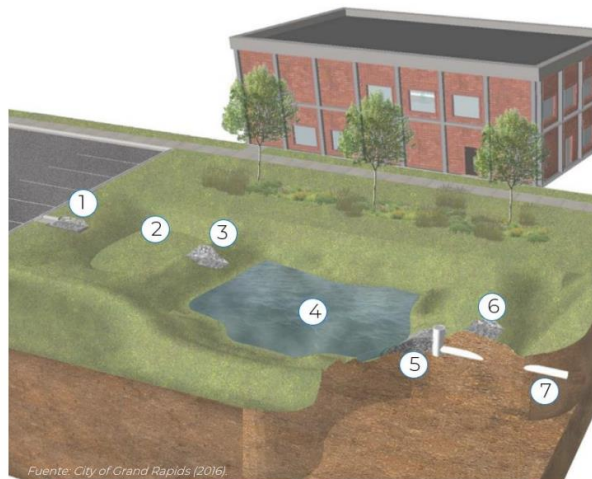
BALSAS DE DETENCIÓN E INFILTRACIÓN

Son depresiones del terreno que permiten el almacenamiento temporal de agua de lluvia, permitiendo laminar la escorrentía y, en su caso, infiltrarla. La detención de la escorrentía favorece la precipitación de los sedimentos arrastrados. En la mayoría de los casos estas depresiones se vegetan, aumentando el valor paisajístico además de favorecer la precipitación de sedimentos y el tratamiento de la escorrentía. Existen dos tipos de balsas según su función principal:

































- **Balsas de detención:** son aquellas construidas sobre materiales impermeables y que evacúan la escorrentía laminada a través de un desagüe controlado.

- **Balsas de infiltración:** se ubican en terrenos permeables, y posibilitan la infiltración de las escorrentías recibidas.

Las balsas están diseñadas para drenar completamente entre 24 y 48 horas, evitando así la cría de mosquitos y permitiendo su funcionalidad en eventos de lluvia recurrentes.

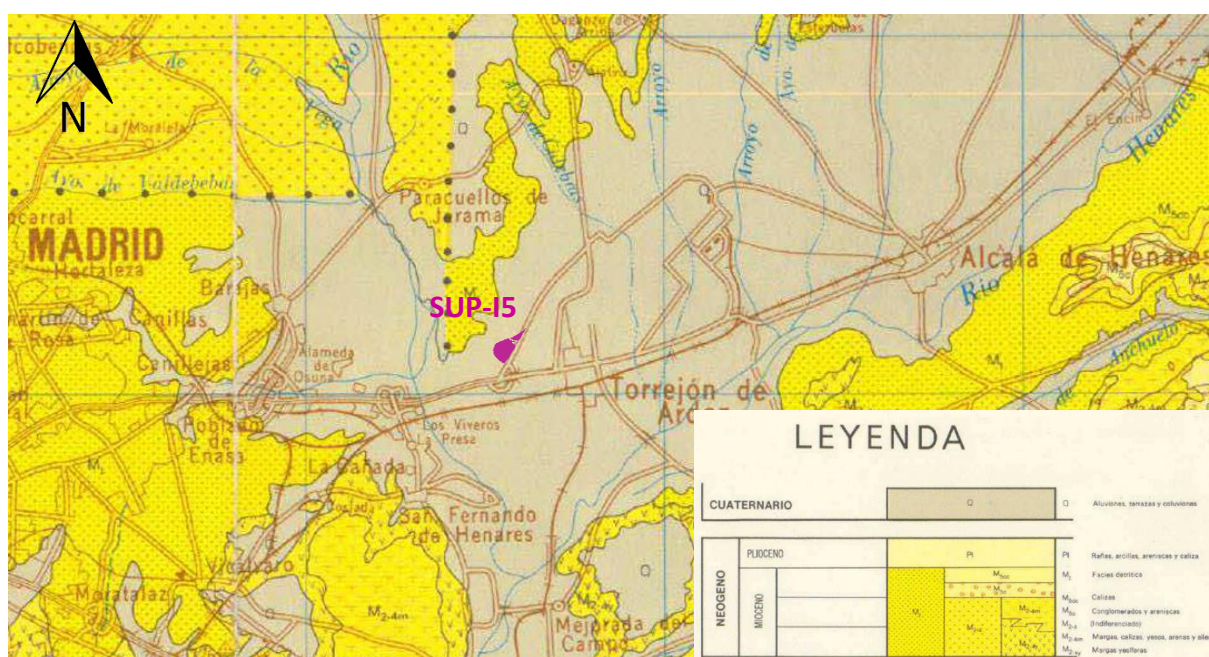


1. Entrada protegida con dissipador de energía 2. Vaso de sedimentación 3. Conexión entre vasos protegida con escollera 4. Lámina de agua temporal 5. Elemento de control de salida 6. Aliviadero de emergencia. 7. Conexión a la red de drenaje

BENEFICIOS			
Control de caudal pico			
Control del volumen de escorrentía			
Mitigación de la contaminación			
Valor ecológico			
Valor estético			
Multifuncionalidad de la actuación			
FUNCIONES			
Detención			
Infiltración			
ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES			
Sólidos en suspensión totales	0,5 - 0,6		
Metales	0,5 - 0,5		
Hidrocarburos	0,6 - 0,6		
POSIBLES LOCALIZACIONES			
Centros históricos protegidos		Ensanche	
Edificación Abierta		Unifamiliar	
Industrial		Terciario	
Red de viario		Parques y jardines	
Óptimo		Posible	
Desaconsejable		Incompatible	

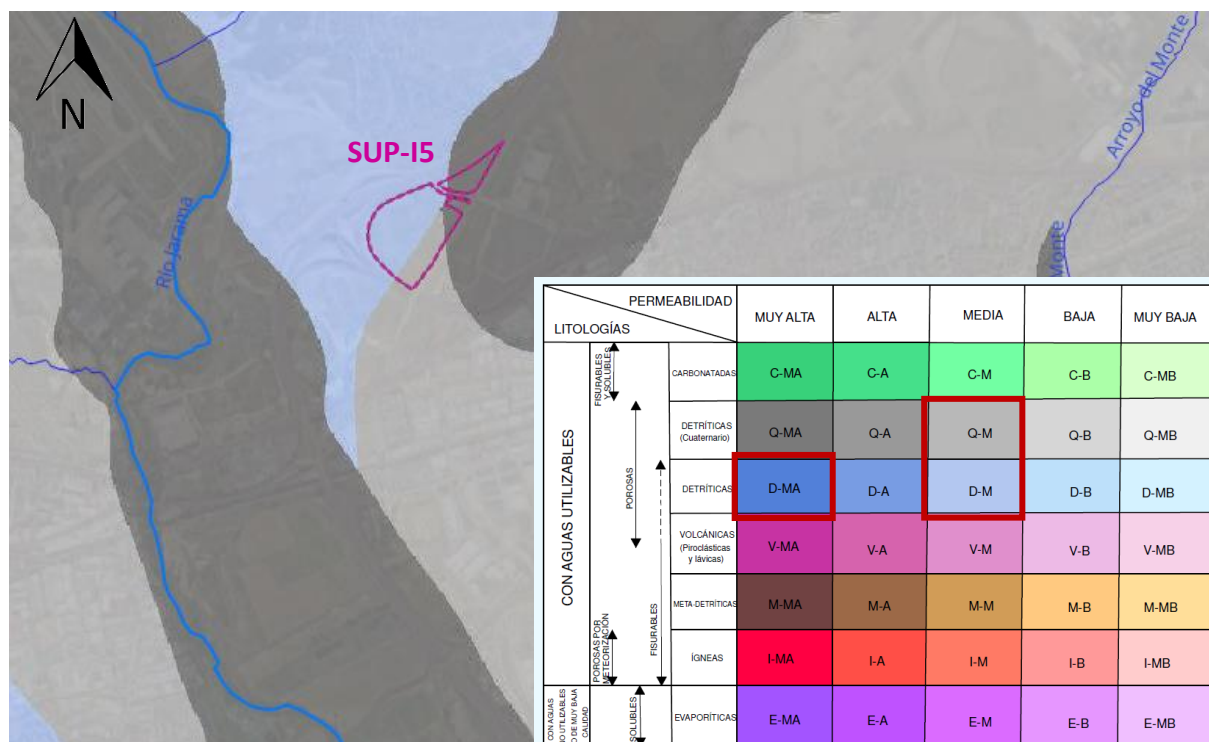
3.6. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, DE DRENAJE E INFILTRACIÓN DEL AMBITO

Según el mapa geológico, el sustrato del sector está formado por aluviones, terrazas y coluviones del cuaternario.



Extracto del mapa geológico escala 1:200.000 de la Comunidad de Madrid, San Fernando de Henares

Según el mapa de permeabilidad, el Plan Parcial de SUP-I5 presenta permeabilidades altas (zona norte) y medias (zona sur), lo cual resulta adecuado para la disposición de elementos de drenaje sostenible que reduzcan y atenúen la escorrentía superficial.



Extracto del mapa de permeabilidad escala 1:200.000 de la Comunidad de Madrid, San Fernando de Henares

3.7. CÁLCULO DE CAUDALES

Las características geométricas de las cuencas del ámbito SUP-I5 son las siguientes:

Nombre cuenca	Área (m ²)	Cota superior	Cota Inferior	Longitud del cauce (km)	Pendiente
Norte	52172	602.4	597	0.41	0.0132
Sur	320523	612	590.4	0.649	0.0333

La parcela, tiene una superficie total de $52172.17 + 309779.81 = 361,951.98 \text{ m}^2$.

Sin embargo, en la cuenca sur se ha añadido la superficie de la parcela urbanizada de Enagás (10744 m^2), que no pertenece al ámbito pero que se cuenta a efectos hidrológicos.

A partir de estos parámetros se ha determinado el tiempo de concentración de la cuenca según la Instrucción de Carreteras de 2016:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0.76} \cdot J_c^{-0.19}$$

t_c (horas) Tiempo de concentración

L_c (km) Longitud del cauce

J_c (adimensional) Pendiente media del cauce

Para el cálculo de caudales punta de avenida se ha empleado la norma 5.2-IC actualizada. Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual Q_T (m³/s), correspondiente a un período de retorno T , se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3.6}$$

I (T, tc) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.

C (adimensional) Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.

A (km²) Área de la cuenca o superficie considerada

Kt (adimensional) Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

En este caso aplicando la fórmula siguiente se obtiene un valor de 1.19:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14}$$

I (T, tc) (mm/h)

La intensidad de precipitación $I (T, t)$ correspondiente a un período de retorno T , y a una duración del aguacero es:

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

donde:

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

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

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

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

Donde;

- I_d (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T
- P_d (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T
- K_A (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca que tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda la superficie

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1$$

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

En este caso K_A es 1 para las dos parcelas del ámbito y 0.88 para la cuenca del Arroyo del Culebro.

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

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

A los efectos de esta norma, para la aplicación del método racional se toma como precipitación diaria P_d , la correspondiente al valor medio en la superficie de la cuenca (media Área), que se obtiene en este caso con la aplicación MAXPLUWIN. También se obtiene la Intensidad Diaria, I_d , y las mismas variables aplicando la variación por Cambio Climático:

	2 a	5 a	10 a	15 a	25 a	50 a	100 a	200 a	500 a
P_d	35.1	46.1	54.1	59.5	65.2	73.3	82.6	92.5	105.8
P_{acc}	40.4	53.0	62.2	67.7	75.0	84.3	95.0	106.4	121.7
I_d	1.5	1.9	2.3	2.5	2.7	3.1	3.4	3.9	4.4
I_{acc}	1.6	2.1	2.5	2.8	3.0	3.3	3.8	4.2	4.8

B. Factor de intensidad Fint.

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de y será el mayor de los dos valores F_a y F_b .

F_a :

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3.5287 - 2.5287 \cdot t^{0.1}}$$

donde:

- F_a (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d).
- I_1/I_d (adimensional) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa siguiente. En este caso 10.
- t (horas) Duración del aguacero.

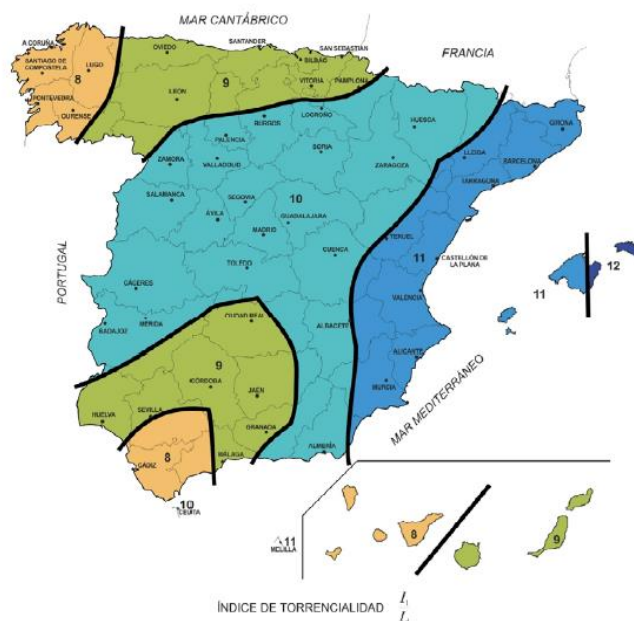
Para la obtención del factor F_a , se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$).

F_b :

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

donde:

- F_b (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo. Se toma por cercanía el pluviógrafo de Getafe Base Área
- k_b (adimensional). Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar $k_b = 1.13$.
- $I_{IDF}(T, t_c)$ (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración t_c , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo.
- $I_{IDF}(T, 24)$ (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ($t = 24$ h), obtenido a través de curvas IDF.



Índice de torrencialidad

A continuación, se recogen los datos del pluviógrafo de Getafe con las intensidades máximas en mm/h:

Intervalo (minutos)	Periodos de retorno (años)/Intensidades mm/h							
	2	5	10	25	50	100	200	500
5 min	40	62	79	103	123	144	167	198
10 min	32	48	59	76	89	103	119	139
15 min	27	40	49	62	72	83	95	112
20 min	23	33	40	51	59	69	78	92
30 min	18	27	33	42	50	57	66	77
60 (1 h.)	12.2	17.5	21.6	27.1	31.7	36.4	41.6	48.6
120 (2 h.)	7.7	10.7	12.9	16.1	18.5	21.2	23.9	27.8
180 (3 h.)	5.8	7.9	9.5	11.7	13.4	15.3	17.2	20
360 (6 h.)	3.6	4.9	5.8	7.1	8.1	9.3	10.4	12
720 (12 h.)	2	2.7	3.3	4	4.7	5.3	5.9	6.9
18 h	1.5	2	2.33	2.89	3.28	3.67	4.11	4.78
24 h	1.21	1.62	1.96	2.38	2.71	3.08	3.46	4
36 h	0.89	1.19	1.44	1.75	2	2.28	2.56	2.97
48 h	0.71	0.96	1.15	1.42	1.62	1.85	2.08	2.42
72 h	0.54	0.75	0.92	1.14	1.31	1.5	1.71	1.97

Se interpolan los valores para la duración del tiempo de concentración:

Duración (h)	Intensidades mm/h								
	2	5	10	15	25	50	100	200	500
20 min	19.0	20.4	20.4	20.8	21.4	21.8	22.4	22.5	23.0

Con esos valores se obtienen los factores de intensidad:

Fa	Fb 2 a	Fb 5 a	Fb 10 a	Fb 15 a	Fb 25 a	Fb 50 a	Fb 100 a	Fb 200 a	Fb 500 a
21.5	23.0	23.1	23.5	24.2	24.6	25.3	25.5	26.0	21.5

Las intensidades de precipitación $I(T, t)$ en mm/h correspondientes a los distintos periodos de retorno resultan:

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

Cuenca	Itc 2 a	Itc 5 a	Itc 10 a	Itc 15 a	Itc 25 a	Itc 50 a	Itc 100 a	Itc 200 a	Itc 500 a
Actual	31.4	44.2	52.0	58.3	65.8	75.2	87.1	98.2	114.6
Cambio Climático	36.1	50.8	59.8	61.3	75.7	86.5	100.2	112.9	131.8

Coeficiente de escorrentía

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

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 \quad C = 0$$

Donde:

C (adimensional) Coeficiente de escorrentía

P_d (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado

K_A (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

P_0 (mm) Umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía P_0 , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

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

donde:

P_0 (mm) Umbral de escorrentía

P_0^i (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía

β Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

El valor inicial del umbral de escorrentía lo obtenemos a partir de la diferenciación de las proporciones de los distintos tipos y usos del suelo realizados en la fotointerpretación de la imagen del PNOA

Valores de P_0^i aplicados a la clasificación de usos del suelo de la cuenca, teniendo en cuenta que por la ubicación del área de estudio se trata de una zona con grupo hidrológico B.

Cuenca ámbito SUP-15 Norte		Situación Inicial			Urbanización original			Urbanización con SUDS		
Código Corine	Tipo de suelo	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%
121	Zonas industriales	7	0	0%	7	0	0%	7	0	0%
121	Equipamiento y servicios	4	0	0%	4	30441	58%	4	30441	58%
122	Redes viarias	1	0	0%	1	15030	29%	1	13780	26%
141	Zonas verdes urbanas	23	0	0%	23	6701	13%	23	4930	9%
211	Tierras abandonadas	10	52172	100%	10	0	0%	10	0	0%
412	SUDS	90	0	0%	90	0	0%	90	3021	6%
		10.0	52172	100%	5.6	52172	100%	10.0	52172	100%
Cuenca ámbito SUP-15 Sur		Situación Inicial			Urbanización original			Urbanización con SUDS		
Código Corine	Tipo de suelo	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%
121	Zonas industriales	7	0	0%	7	208357	67%	7	208357	67%
121	Equipamiento y servicios	4	0	0%	4	7746	3%	4	7746	3%
122	Redes viarias	1	0	0%	1	39261	13%	1	34083	11%
141	Zonas verdes urbanas	23	0	0%	23	54415	18%	23	38615	12%
211	Tierras abandonadas	10	309780	100%	10	0	0%	10	0	0%
412	SUDS	90	0	0%	90	0	0%	90	20978	7%
		10.0	309780	100%	9.0	309780	100%	13.9	309780	100%

Tabla de usos del suelo y P₀ actuales, futuros y tras la aplicación de soluciones de Sistemas de Drenaje Sostenible al proyecto de la urbanización

A este valor es necesario aplicar un factor corrector que se obtiene a partir de la identificación inicial de la región del área de cálculo, en este caso **región 32** según imagen siguiente:



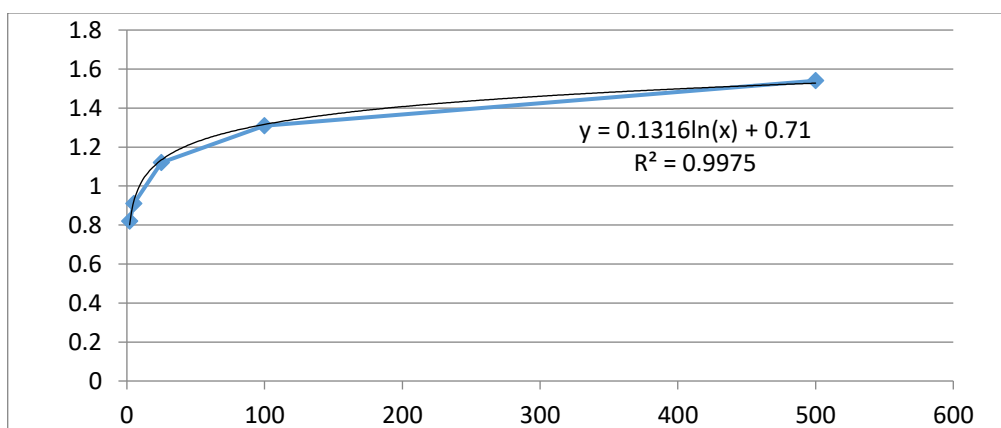
Regiones del coeficiente corrector

La región 32 se corresponde con los siguientes valores según la norma:

Región	β_m	F_T				
		2	5	25	100	500
32	1	0.82	0.91	1.12	1.31	1.54

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

En la Instrucción de Carreteras no se tiene el valor de F_T para 10, 15 y 50 años, por lo que se ha realizado un ajuste logarítmico con los valores existentes:



Ajuste logarítmico de los valores de F_T

Los coeficientes correctores obtenidos para cada período de retorno son:

	2	5	10	25	50	100	500
β_m	1	1	1	1	1	1	1
F_T	0.82	0.91	1.01	1.12	1.22	1.31	1.54
β^{PM}	0.82	0.91	1.01	1.12	1.22	1.31	1.54

Para calcular el coeficiente de escorrentía, C , que define la parte de la precipitación de intensidad I (T , t_c), que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca, se emplea la siguiente fórmula:

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

Con los valores anteriores aplicados al umbral de escorrentía inicial se obtienen los valores de umbrales de escorrentías y los coeficientes de escorrentía siguientes para la cuenca del ámbito SUP-15:

Cuenca	P_{i0}	P_0 2 a	P_0 5 a	P_0 10 a	P_0 15 a	P_0 25 a	P_0 50 a	P_0 100 a	P_0 200 a	P_0 500 a
Norte	10.0	8.2	9.1	9.4	10.0	11.2	12.0	13.1	13.7	15.4
Sur	10.0	8.2	9.1	9.4	10.0	11.2	12.0	13.1	13.7	15.4
Tras la urbanización:										
Norte	5.6	4.6	5.1	5.3	5.6	6.2	6.7	7.3	7.6	8.6
Sur	9.0	7.4	8.2	8.5	9.0	10.1	10.8	11.8	12.3	13.8
Tras la urbanización + SUDS:										
Norte	10.0	8.2	9.1	9.4	10.0	11.2	12.0	13.1	13.7	15.4
Sur	13.9	11.4	12.6	13.1	13.9	15.5	16.7	18.2	19.0	21.4

Valores de P_0 inicial y P_0 por periodos de retorno

Cuenca	C2	C5	C10	C15	C25	C50	C100	C200	C500
Norte	0.3834	0.4421	0.4861	0.4990	0.4913	0.5082	0.5192	0.5436	0.5492
Sur	0.3834	0.4421	0.4861	0.4990	0.4913	0.5082	0.5192	0.5436	0.5492
Tras la urbanización:									
Norte	0.6338	0.6869	0.7239	0.7311	0.7281	0.7416	0.7501	0.7687	0.7728
Sur	0.4702	0.5293	0.5725	0.5813	0.5776	0.5939	0.6045	0.6277	0.6329
Tras la urbanización + SUDS:									
Norte	0.4327	0.4919	0.5357	0.5446	0.5409	0.5575	0.5683	0.5922	0.5976
Sur	0.3196	0.3765	0.4199	0.4288	0.4251	0.4420	0.4530	0.4777	0.4833

Valores de C de escorrentía

Finalmente, introduciendo todos los parámetros calculados en la fórmula del caudal se obtienen los siguientes caudales punta para los periodos de retorno estudiados, en situación actual y en la futura, teniendo en cuenta un coeficiente de variación de las intensidades máximas de precipitación de +15%, siguiendo las recomendaciones de la publicación “Escenarios de Cambio Climático para Eventos pluviométricos severos en la Comunidad de Madrid”, de 2018.

FIGURA 3. COEFICIENTES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA HORIZONTE 2006-2036

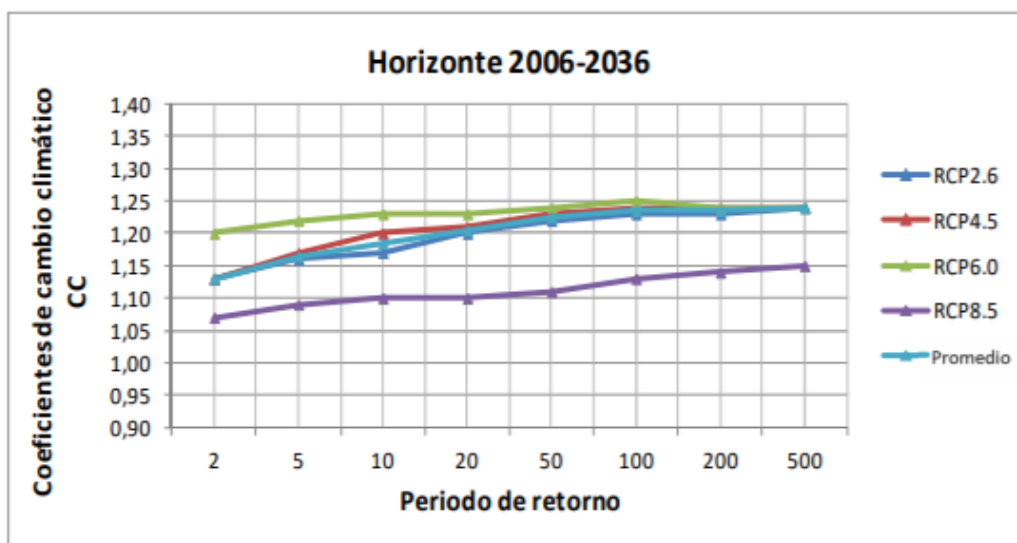
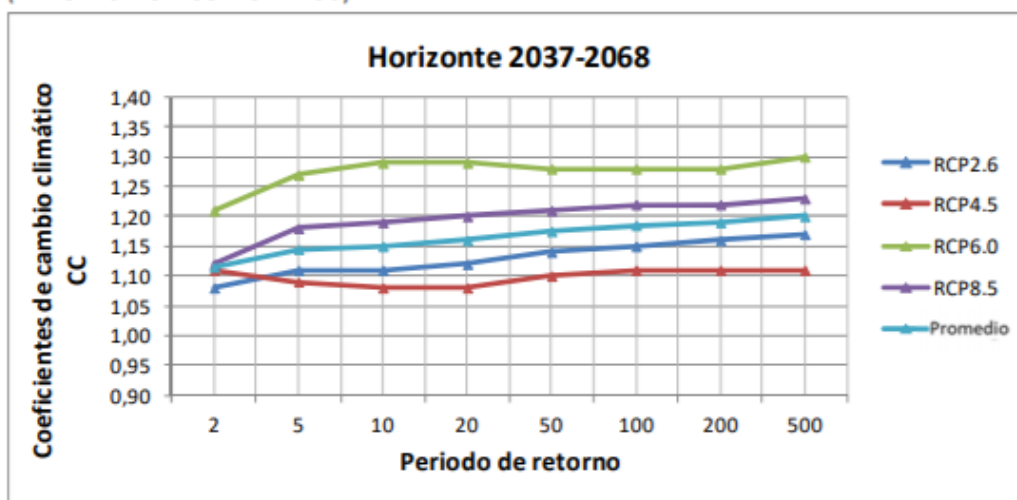


FIGURA 4. COEFICIENTES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA HORIZONTE 2037-2068
(VALORES NO ACUMULADOS)



Coeficientes de cambio climático en intensidades de precipitación en Madrid para los horizontes 2006 a 2068. Escenarios de Cambio Climático para Eventos pluviométricos severos en la Comunidad de Madrid, Canal de Isabel II

CAUDALES PUNTA (m³/s)	2 a	5 a	10 a	15 a	25 a	50 a	100 a	200 a	500 a
Q_{actual} Cuenca Norte SUP-I5	0.178	0.289	0.373	0.429	0.477	0.564	0.668	0.788	0.929
Q_{actual} Cuenca Norte SUP-I5	1.107	1.794	2.317	2.668	2.967	3.504	4.149	4.893	5.769
Q_{futuro} C. Norte SUP-I5 (+15% CC)	0.305	0.472	0.590	0.662	0.753	0.879	1.032	1.198	1.407
Q_{futuro} C. Sur SUP-I5 (+15% CC)	1.568	2.480	3.149	3.546	4.025	4.724	5.571	6.514	7.667
Q_{futuro} C. Norte SUP-I5 (+15% CC + SUDS)	0.222	0.356	0.458	0.517	0.586	0.690	0.816	0.960	1.131
Q_{futuro} C. Sur SUP-I5 (+15% CC+ SUDS)	1.028	1.709	2.244	2.543	2.879	3.420	4.065	4.833	5.709

Gracias a la aplicación de las técnicas de drenaje sostenible, los valores punta de escorrentía del sector se mantienen equivalentes a los actuales, a pesar de la gran superficie que se urbaniza y al viario que se tiene que disponer. Estos caudales se verán aún más reducidos con las dos balsa de laminación e infiltración en la parte baja de la urbanización, en la zona verde y la balsa de decantación de aguas pluviales prevista antes de su vertido a la red de saneamiento existente.

3.8. HIDROGRAMAS TRIANGULARES

A fin de poder incluir la dimensión temporal de los caudales punta a modelizar en el estudio hidráulico de la amortiguación de la balsa de infiltración y retención, se procede a aplicar a los valores obtenidos en los apartados anteriores. De esta forma, se obtienen los hidrogramas (caudales variables en el tiempo) correspondientes a las avenidas sintéticas para los períodos de retorno considerados en las tres situaciones hidrológicas descritas:

Hidrograma triangular Cuenca Norte SUP-I5 (l/s) Situación actual										
T. (h)	T.(min)	Q2	Q5	Q10	Q15	Q25	Q50	Q100	Q200	Q500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	6	77	123	158	178	202	237	280	329	388
0.2	12	154	246	315	355	403	474	561	658	775
0.3	18	231	369	473	533	605	712	841	987	1163
0.4	24	192	308	394	444	504	593	701	823	969
0.5	30	154	246	315	355	403	474	561	658	775
0.6	36	115	185	236	266	302	356	420	494	581
0.7	42	77	123	158	178	202	237	280	329	388
0.8	48	38	62	79	89	101	119	140	165	194
0.9	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V. (m³)	22440	35887	45932	51804	58760	69167	81723	95938	113012
Hidrograma triangular Cuenca Sur SUP-I5 (l/s) Situación actual										
T. (h)	T.(min)	Q2	Q5	Q10	Q15	Q25	Q50	Q100	Q200	Q500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	6	254	421	552	626	708	841	999	1187	1402
0.2	12	508	842	1104	1251	1417	1682	1998	2374	2804
0.3	18	763	1264	1656	1877	2125	2523	2997	3561	4205
0.4	24	1017	1685	2209	2503	2833	3364	3996	4747	5607
0.5	30	871	1444	1893	2145	2428	2883	3425	4069	4806
0.6	36	726	1204	1578	1788	2024	2403	2854	3391	4005
0.7	42	581	963	1262	1430	1619	1922	2284	2713	3204
0.8	48	436	722	947	1073	1214	1442	1713	2035	2403
0.9	54	290	481	631	715	809	961	1142	1356	1602
1	60	145	241	316	358	405	481	571	678	801
1.1	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V. (m³)	120786	200169	262380	297298	336572	399603	474742	564001	666139

**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLE A LA URBANIZACIÓN DEL
SECTOR SUP-I5 (SAN FERNANDO DE HENARES, MADRID)**

Hidrograma triangular Cuenca Norte SUP-I5 (l/s) Situación futura tras la urbanización										
T. (h)	T.(min)	Q2	Q5	Q10	Q15	Q25	Q50	Q100	Q200	Q500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	6	113	172	213	238	271	315	370	427	501
0.2	12	225	344	426	477	542	631	740	854	1002
0.3	18	338	516	639	715	814	946	1110	1281	1504
0.4	24	282	430	532	596	678	789	925	1068	1253
0.5	30	225	344	426	477	542	631	740	854	1002
0.6	36	169	258	319	358	407	473	555	641	752
0.7	42	113	172	213	238	271	315	370	427	501
0.8	48	56	86	106	119	136	158	185	214	251
0.9	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V. (m³)	32868	50112	62064	69545	79095	91994	107862	124523	146141

Hidrograma triangular Cuenca Sur SUP-I5 (l/s) Situación futura tras la urbanización										
T. (h)	T.(min)	Q2	Q5	Q10	Q15	Q25	Q50	Q100	Q200	Q500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	6	374	592	753	848	962	1130	1333	1560	1836
0.2	12	748	1184	1506	1696	1925	2260	2666	3119	3672
0.3	18	1122	1777	2259	2544	2887	3390	3999	4679	5507
0.4	24	1496	2369	3012	3392	3850	4520	5332	6238	7343
0.5	30	1282	2030	2581	2907	3300	3875	4571	5347	6294
0.6	36	1069	1692	2151	2423	2750	3229	3809	4456	5245
0.7	42	855	1354	1721	1938	2200	2583	3047	3565	4196
0.8	48	641	1015	1291	1454	1650	1937	2285	2674	3147
0.9	54	427	677	860	969	1100	1292	1524	1782	2098
1	60	214	338	430	485	550	646	762	891	1049
1.1	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V. (m³)	177714	281418	357772	402966	457328	537006	633490	741125	872357

Hidrograma triangular Cuenca Norte SUP-I5 (l/s) Situación futura con aplicación de SUDS										
T. (h)	T.(min)	Q2	Q5	Q10	Q15	Q25	Q50	Q100	Q200	Q500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	6	59	96	124	143	159	188	223	263	310
0.2	12	119	192	249	286	318	376	445	525	619
0.3	18	178	289	373	429	477	564	668	788	929
0.4	24	148	240	311	358	398	470	557	657	774
0.5	30	119	192	249	286	318	376	445	525	619
0.6	36	89	144	186	215	239	282	334	394	465
0.7	42	59	96	124	143	159	188	223	263	310
0.8	48	30	48	62	72	80	94	111	131	155
0.9	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V. (m³)	17288	28043	36240	41739	46412	54823	64920	76584	90311

Hidrograma triangular Cuenca Sur SUP-15 (l/s) Situación futura con aplicación de SUDS										
T. (h)	T.(min)	Q2	Q5	Q10	Q15	Q25	Q50	Q100	Q200	Q500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	6	265	430	556	640	712	841	996	1175	1385
0.2	12	530	860	1112	1280	1424	1682	1991	2349	2770
0.3	18	795	1290	1668	1921	2136	2523	2987	3524	4155
0.4	24	1061	1720	2223	2561	2847	3363	3983	4698	5541
0.5	30	909	1475	1906	2195	2441	2883	3414	4027	4749
0.6	36	758	1229	1588	1829	2034	2402	2845	3356	3958
0.7	42	606	983	1270	1463	1627	1922	2276	2685	3166
0.8	48	455	737	953	1097	1220	1441	1707	2014	2375
0.9	54	303	492	635	732	814	961	1138	1342	1583
1	60	152	246	318	366	407	480	569	671	792
1.1	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V. (m ³)	126003	204389	264133	304215	338270	399577	473168	558176	658227

Para poder superponer ambos hidrogramas, de la Cuenca Norte y Sur, y obtener el hidrograma y volumen total de la escorrentía dentro del sector, hay que considerar el tiempo de recorrido de la cuenca Norte hasta el punto de recogida de la cuenca sur. Aproximadamente 680 m a una pendiente del 1%, habitual en redes de saneamiento.



Camino previsto del caudal de pluviales cuenca norte hasta punto de recogida en cuenca sur

Según la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Suponiendo:

Datos de Entrada	
diámetro =	1.0000
n =	0.0150
Q (T=?) =	1.1310
i (m/m) =	0.0100

$$V = 2.7 \text{ m/s}$$

$$T \approx 5 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta 5 minutos adicionales al considerar las entradas y salidas de pozos, se puede considerar que los 2 hidrogramas se sumen en T=+10 para la cuenca norte, y T=0 para la sur, obteniendo las siguientes tablas en cada una de las tres situaciones:

Hidrograma triangular de avenida de pluviales Cuenca Completa SUP-15 (l/s)										
Situación actual										
T. (h)	T.(min)	Q2	Q5	Q10	Q15	Q25	Q50	Q100	Q200	Q500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	6	254	421	552	626	708	841	999	1187	1402
0.2	12	585	966	1262	1429	1618	1919	2278	2703	3191
0.3	18	916	1510	1971	2232	2528	2997	3558	4219	4981
0.4	24	1248	2054	2681	3035	3438	4075	4837	5734	6770
0.5	30	1064	1752	2287	2589	2932	3476	4126	4892	5775
0.6	36	880	1450	1893	2143	2427	2877	3415	4049	4780
0.7	42	696	1147	1498	1696	1921	2278	2704	3206	3785
0.8	48	513	845	1104	1250	1416	1679	1993	2364	2791
0.9	54	329	543	710	804	910	1080	1282	1521	1796
1	60	145	241	316	358	405	481	571	678	801
	V. (m³)	143226	236055	308313	349102	395331	468771	556466	659939	779151

Hidrograma triangular de avenida de pluviales Cuenca Completa SUP-15 (l/s)										
Situación futura tras la urbanización										
T. (h)	T.(min)	Q2	Q5	Q10	Q15	Q25	Q50	Q100	Q200	Q500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	6	374	592	753	848	962	1130	1333	1560	1836
0.2	12	861	1356	1719	1934	2196	2576	3036	3546	4173
0.3	18	1347	2120	2684	3021	3430	4021	4739	5533	6510
0.4	24	1834	2884	3650	4107	4663	5467	6442	7520	8847
0.5	30	1564	2460	3113	3504	3978	4663	5495	6415	7547
0.6	36	1294	2036	2577	2900	3292	3860	4549	5310	6247
0.7	42	1024	1611	2040	2296	2607	3056	3602	4205	4948
0.8	48	754	1187	1504	1692	1921	2253	2655	3101	3648
0.9	54	484	763	967	1088	1235	1449	1708	1996	2349
1	60	214	338	430	485	550	646	762	891	1049
	V. (m³)	210582	331531	419836	472511	536423	629001	741352	865648	1018498

Hidrograma triangular de avenida de pluviales Cuenca Completa SUP-15 (l/s)										
Situación futura con aplicación de SUDS										
T. (h)	T. (min)	Q2	Q5	Q10	Q15	Q25	Q50	Q100	Q200	Q500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	6	265	430	556	640	712	841	996	1175	1385
0.2	12	590	956	1236	1424	1583	1870	2214	2612	3080
0.3	18	914	1483	1916	2207	2454	2899	3432	4049	4775
0.4	24	1238	2009	2596	2990	3325	3927	4651	5486	6470
0.5	30	1057	1715	2216	2553	2839	3353	3971	4684	5523
0.6	36	876	1421	1837	2115	2352	2778	3290	3881	4577
0.7	42	695	1127	1457	1678	1866	2204	2610	3079	3631
0.8	48	514	834	1077	1241	1379	1629	1930	2276	2684
0.9	54	333	540	697	803	893	1055	1249	1474	1738
1	60	152	246	318	366	407	480	569	671	792
	V. (m³)	143291	232432	300373	345954	384682	454400	538089	634759	748538

Y la tabla resumen siguiente, en la que se pueden consultar los volúmenes totales, así como la reducción o aumento de éstos en porcentaje para cada una de las situaciones contempladas:

	T2	T5	T10	T15	T25	T50	T100	T200	T500
V (m³) SITUACIÓN ACTUAL	143291	232432	300373	345954	384682	454400	538089	634759	748538
V (m³) SITUACIÓN FUTURA	210582	331531	419836	472511	536423	629001	741352	865648	1018498
V (m³) SITUACION FUTURA + SUDS	143226	236055	308313	349102	395331	468771	556466	659939	779151
ΔV SITUACIÓN FUTURA	47%	43%	40%	37%	39%	38%	38%	36%	36%
ΔV SITUACION FUTURA + SUDS	0%	2%	3%	1%	3%	3%	3%	4%	4%
DISMINUCIÓN V. SUDS	-32%	-29%	-27%	-26%	-26%	-25%	-25%	-24%	-23%

4. CONCLUSIONES

Se ha realizado el estudio pluviométrico y de afección ante inundaciones del Plan Parcial SUP-I5 de San Fernando de Henares.

Se trata de un área en el que se pasa de un uso prácticamente de terrenos abandonados o arables, a una zona de nueva urbanización de carácter eminentemente industrial, en la cual se integran zonas verdes y soluciones de drenaje sostenible, además de dos balsas para el almacenamiento e infiltración y otra para la laminación de las aguas de lluvia antes de su entrega a la red de saneamiento existente.

Con la aplicación de dichas soluciones de drenaje sostenible, se disminuyen tanto los caudales punta como los volúmenes totales de escorrentía superficial del ámbito, lo cual hace más sencillo su incorporación de manera constante y reducida en la red unitaria de Canal de Isabel II a través de la balsa, que se diseñará en detalle en el proyecto de urbanización.

Externamente, no existen cauces fluviales que afecten al ámbito:

- Por una parte, la construcción de la vecina M-50 alteró los cauces existentes desviando varias cuencas hacia el noreste, al sector SUP-I4.
- El cauce deslindado más cercano es el Río Jarama, cuyo límite de la llanura de inundación de 500 años se halla a más de 900 m del límite del sector, y con una diferencia altimétrica de más de 27 m.

Internamente, el sector está dividido en dos zonas diferenciadas, que se han denominado Cuenca Norte y Cuenca Sur:

Las características geométricas de las cuencas del ámbito SUP-I5 son las siguientes:

Nombre cuenca	Área (m ²)	Cota superior	Cota inferior	Longitud del cauce (km)	Pendiente
Norte	52172	602.4	597	0.41	0.0132
Sur	320523	612	590.4	0.649	0.0333

La parcela, tiene una superficie total de $52172.17 + 309779.81 = 361,951.98 \text{ m}^2$.

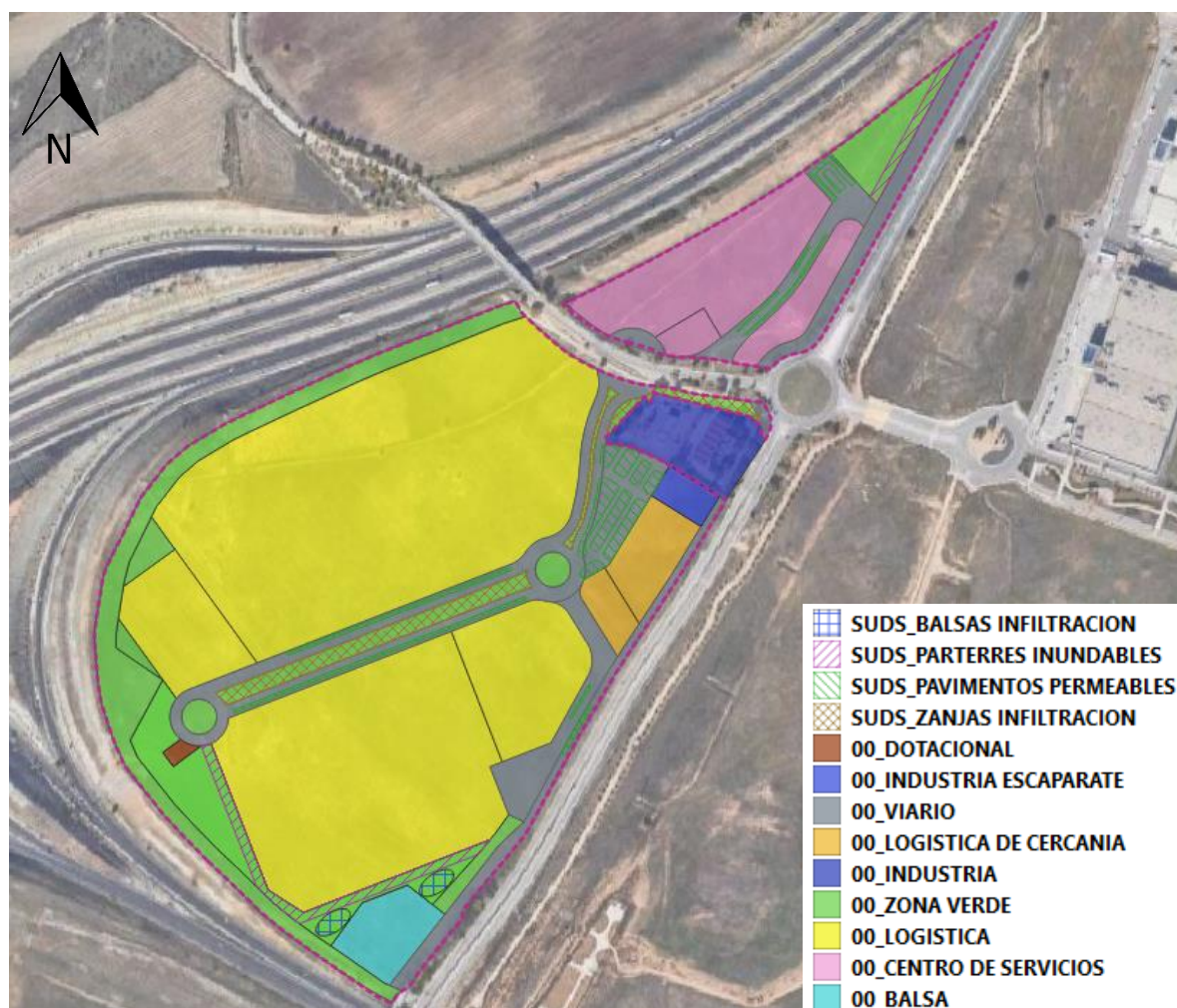
A la cuenca sur se ha añadido la superficie de la parcela urbanizada de Enagás (10744 m²), que no pertenece al ámbito pero que se cuenta a efectos hidrológicos.

La situación actual del ámbito SUP-I5 es de suelos sin urbanizar con usos agrícola o improductivo.



Ortofoto con situación actual y usos de la parcela del ámbito

La situación futura urbanizada consta de varias parcelas de uso logístico, industrial, dotacional, sus correspondientes zonas verdes, de servicios, y una balsa de decantación de aguas pluviales:



Disposición de usos futuros y soluciones de drenaje sostenible planteadas

Adicionalmente, se ha planteado una distribución de soluciones de drenaje sostenible, compatible con la capacidad de infiltración del sector, que es media en la zona sur y alta en la zona norte, y con la altimetría del sector, que constan de:

- pavimentos permeables en aparcamientos,
- parterres inundables en la zona verdes más extensas,
- zanjas de infiltración en todas las alineaciones contiguas a viales de las zonas verdes,
- dos balsas de retención, laminación e infiltración (en tierras, ajardinadas) como zona deprimida en la parte baja de la zona verde al sureste, con una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 2000 m³.

Con las soluciones de drenaje sostenible planteadas, se consiguen aumentar los umbrales de escorrentía, por lo que los caudales de pluviales generados dentro del ámbito se reducen, como puede verse en las dos tablas adjuntas:

Cuenca ámbito SUP-15 Norte		Situación Inicial			Urbanización original			Urbanización con SUDS		
Código Corine	Tipo de suelo	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%
121	Zonas industriales	7	0	0%	7	0	0%	7	0	0%
121	Equipamiento y servicios	4	0	0%	4	30441	58%	4	30441	58%
122	Redes viarias	1	0	0%	1	15030	29%	1	13780	26%
141	Zonas verdes urbanas	23	0	0%	23	6701	13%	23	4930	9%
211	Tierras abandonadas	10	52172	100%	10	0	0%	10	0	0%
412	SUDS	90	0	0%	90	0	0%	90	3021	6%
		10.0	52172	100%	5.6	52172	100%	10.0	52172	100%
Cuenca ámbito SUP-15 Sur		Situación Inicial			Urbanización original			Urbanización con SUDS		
Código Corine	Tipo de suelo	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%	P ₀	Área (m ²)	%
121	Zonas industriales	7	0	0%	7	208357	67%	7	208357	67%
121	Equipamiento y servicios	4	0	0%	4	7746	3%	4	7746	3%
122	Redes viarias	1	0	0%	1	39261	13%	1	34083	11%
141	Zonas verdes urbanas	23	0	0%	23	54415	18%	23	38615	12%
211	Tierras abandonadas	10	309780	100%	10	0	0%	10	0	0%
412	SUDS	90	0	0%	90	0	0%	90	20978	7%
		10.0	309780	100%	9.0	309780	100%	13.9	309780	100%

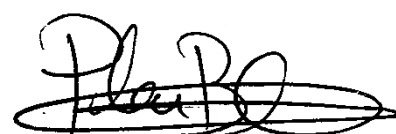
Tabla de usos del suelo y P₀ actuales, futuros y tras la aplicación de soluciones de Sistemas de Drenaje Sostenible al proyecto de la urbanización

CAUDALES PUNTA (m³/s)	2 a	5 a	10 a	15 a	25 a	50 a	100 a	200 a	500 a
Q_{actual} Cuenca Norte SUP-I5	0.178	0.289	0.373	0.429	0.477	0.564	0.668	0.788	0.929
Q_{actual} Cuenca Sur SUP-I5	1.061	1.720	2.223	2.561	2.847	3.363	3.983	4.698	5.541
Q_{futuro} C. Norte SUP-I5 (+15% CC)	0.338	0.516	0.639	0.715	0.814	0.946	1.110	1.281	1.504
Q_{futuro} C. Sur SUP-I5 (+15% CC)	1.496	2.369	3.012	3.392	3.850	4.520	5.332	6.238	7.343
Q_{futuro} C. Norte SUP-I5 (+15% CC + SUDS)	0.231	0.369	0.473	0.533	0.605	0.712	0.841	0.987	1.163
Q_{futuro} C. Sur SUP-I5 (+15% CC+ SUDS)	1.017	1.685	2.209	2.503	2.833	3.364	3.996	4.747	5.607

Una vez calculados los hidrogramas de avenida combinando las cuencas Norte y Sur, y teniendo en cuenta los tiempos de concentración, de punta y de tránsito de la norte hasta la sur, en la tabla resumen siguiente, se pueden consultar los volúmenes totales de escorrentía pluvial generados y la reducción o aumento de éstos en porcentaje para cada una de las situaciones contempladas.

	T2	T5	T10	T15	T25	T50	T100	T200	T500
V (m³) SITUACIÓN ACTUAL	143291	232432	300373	345954	384682	454400	538089	634759	748538
V (m³) SITUACIÓN FUTURA	210582	331531	419836	472511	536423	629001	741352	865648	1018498
V (m³) SITUACION FUTURA + SUDS	143226	236055	308313	349102	395331	468771	556466	659939	779151
ΔV SITUACIÓN FUTURA	47%	43%	40%	37%	39%	38%	38%	36%	36%
ΔV SITUACION FUTURA + SUDS	0%	2%	3%	1%	3%	3%	3%	4%	4%
DISMINUCIÓN V. SUDS	-32%	-29%	-27%	-26%	-26%	-25%	-25%	-24%	-23%

Por tanto, se concluye que las soluciones de Drenaje Sostenible planteadas el presente Plan Parcial, son adecuadas, dado que mitigan tanto los efectos de la urbanización como los del aumento de precipitación por cambio climático.



Paloma Mª Batanero Akerman
Dr. ICCP Colegiado Nº: 18975
Madrid, 30 de diciembre de 2023