INGENIO, GESTIÓN Y TÉCNICA, S.L. C.I.F.: [redacted] C/ Lavernia, 23, entlo. 12002 Castelló de la Plana Tlf.: 964 83 00 68 www.ingestec.es

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PLAN PARCIAL MODIFICADO DEL SECTOR INDUSTRIAL "UHI-2" DEL PGMOU DE VILA-REAL (CASTELLÓN)

ingestec



Firmado digitalmente por [redacted] GERARDO MANUEL FERNANDEZ (R[redacted])
Nombre de reconocimiento (DN): 2.5.4.13=Reg:12011 /Hoja:CS-25171 /Tomo:1315 / Folio:68 /Fecha:28/11/2012 /Inscripción:4, serialNumber=IDCES[redacted], givenName=GERARDO MANUEL, sn=FERNANDEZ ALAGARDA, cn[redacted] GERARDO MANUEL FERNANDEZ (R[redacted] 2.5.4.97=VATES-[redacted] c=ES
Fecha: 2026.02.04 14:19:32 +01'00'

URBANIZADOR:

HERARBO-2, S.L

EXPEDIENTE:

Referencia INGESTEC: **21022**

AUTOR:

D. Gerardo M. Fernández Alagarda

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos | Colegiado N.º 17.892

SITUACIÓN:

VILA-REAL (CASTELLÓN)

VERSIÓN:

VERSIÓN 1

FECHA:

ENERO 2026

ingestec
Urbanismo, Ingeniería y Arquitectura

EQUIPO REDACTOR DE INGESTEC:

D. Gerardo Manuel Fernández Alagarda

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos | Colegiado N.º 17.892

Dña. Elena Pascual Marmaneu

Ingeniera Industrial especialidad Medio Ambiente | Colegiada N.º 4.182

D. Manuel Tur Tur

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos | Colegiado N.º 31.283

D. Raül Anglés Sancho

Ingeniero Civil | Colegiado N.º 25.564

Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo

D. Javier Ortuño Gil

Ingeniero Civil | Colegiado N.º 26.853

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCIÓN 1

2 DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO Y CUENCA OBJETO DEL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD 1

2.1 EMPLAZAMIENTO 1

2.2 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS GENERALES 2

2.3 SITUACIÓN URBANÍSTICA DEL SUELO 3

3 OBJETO DEL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD 4

4 NORMATIVA DE APLICACIÓN 5

4.1 NORMATIVA AUTONÓMICA (PATRICOVA) 5

4.2 NORMATIVA ESTATAL 6

4.3 OTRAS NORMATIVAS Y GUÍAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN 6

5 ANTECEDENTES Y ESTUDIOS PREVIOS 7

5.1 PLANEAMIENTO VIGENTE Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA 7

5.2 EVOLUCIÓN DEL MARCO PATRICOVA Y CARTOGRAFÍA AUTONÓMICA 7

5.2.1 PATRICOVA 2003 7

5.2.2 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD VINCULADO AL PGMOU (VERSIÓN PRELIMINAR 2011) 8

5.2.3 PATRICOVA 2015 8

5.3 CARTOGRAFÍA ESTATAL (SNCZI) 9

5.4 ESTUDIOS Y ACTUACIONES RECIENTES CON INFLUENCIA EN LA INUNDABILIDAD DEL ENTORNO 10

5.4.1 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD ASOCIADO A LA RONDA SUDOESTE (EXPEDIENTE 2018/067; APROBADO 18/11/2021) 10

5.4.2 OBRA EJECUTADA DEL VIAL DE BORDE (2019) Y DISPOSITIVOS SUDS 10

5.4.3 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR UHI-8 (EXPEDIENTE 2017/069) 10

5.5 IMPLICACIONES DE LOS ANTECEDENTES SOBRE EL ENFOQUE DEL PRESENTE ESTUDIO 11

6 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO Y ANTECEDENTES DE INUNDACIONES 11

6.1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL ÁMBITO 11

6.2 RED HIDROGRÁFICA Y ELEMENTOS DE DRENAJE NATURAL Y ANTRÓPICO 12

6.3 ANÁLISIS DE LA CARTOGRAFÍA OFICIAL DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN (PATRICOVA) 13

6.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE INUNDACIONES 13

6.5 CONSIDERACIONES GEOMORFOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO 13

7 ANALISIS HIDROLÓGICO 14

7.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO 14

7.2 DELIMITACIÓN DE CUENCAS Y SUBCUENCAS DE APORTACIÓN 14

7.3 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO 14

7.4 DELIMITACIÓN DE CUENCAS VERTIENTES 16

7.4.1 MODELO DIGITAL DEL TERRENO 17

7.4.2 CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOMÉTRICAS 18

7.4.2.1 CUENCAs PP UHI-2 18

7.4.3 UMBRAL DE ESCORRENTÍA Y NUMERO DE CURVA 19

7.4.4 TIEMPO DE CONCENTRACION DE LA CUENCA 22

7.4.5 CARACTERIZACION DE LA CURVA DE INTESIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA. 22

7.5 ESQUEMA HIDROLÓGICO ADOPTADO Y MODELOS UTILIZADOS 24

7.5.1 EL MODELO PSEUDODISTRIBUÍDO HEC-HMS 24

7.5.1.1 HIETOGRAMA SINTETICO: TORMENTAS DE DISEÑO 25

7.5.1.2 MODELO DE INFILTRACION. OBTENCIÓN LLUVIA NETA 26

7.5.1.3 MODELO DE TRANSFORMACIÓN DE LLUVIA NETA EN ESCORRENTÍA 27

7.5.1.4 MODELO DE PROPAGACIÓN EN CAUCES 27

7.5.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MODELO HIDROLÓGICO 28

7.5.2.1 CUENCAS SITUADAS AGUAS ARRIBA DEL AREA URBANIZABLE 28

8 ESTUDIO HIDRÁULICO. 29

8.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO. 30

8.1.1 SOFTWARE EMPLEADO 30

8.2 CONDICIONES DE CONTORNO 30

8.2.1 CONDICIONES DE ENTRADA DEL MODELO 31

8.2.1.1 LLUVIA PROPIA (HIETOGRAMA) 32

8.2.1.2 HIDROGRAMAS DE ENTRADA 32

8.2.2 CONDICIONES DE CONTORNO DE SALIDA DEL MODELO HIDRÁULICO 35
8.2.2.1 CONDICIÓN DE CALADO NORMAL EN EL LÍMITE SUR Y SUROESTE 35
8.2.2.2 CONDICIONES DE CONTORNO ASOCIADAS A LAS ACEQUIAS EXISTENTES 36
8.3 ANALISIS HIDRAULICO SITUACIÓN ACTUAL. 36
8.3.1 MODELO DIGITAL DEL TERRENO. 36
8.3.2 MALLA DE CÁLCULO. 37
8.3.3 INFILTRACION AL SUBSUELO. 37
8.3.4 RUGOSIDAD 38
8.3.5 RESULTADOS OBTENIDOS. 39
8.3.6 ANALISIS RESULTADOS OBTENIDOS 40
8.4 MEDIDAS CORRECTORAS 41
8.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS. 42
8.4.1.1 ELEVACIÓN DE LAS PARCELAS SQM, ZND-IN1 Y ZND- IN3 43
8.4.1.2 RED VIARIA SECUNDARIA SCVT COMO EJE DE CONDUCCIÓN CONTROLADA DESDE VIAL DE BORDE HASTA ROTONDA PROPUESTA 44
8.4.1.3 ROTONDA PROPUESTA COMO NODO HIDRÁULICO DE REPARTO 45
8.4.1.4 CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE ESCORRENTÍA EXTERNA (AGUAS ARRIBA) MEDIANTE MARCO ENTERRADO HACIA ROTONDA Y DESGÜE A ZONA VERDE SVJ-1 46
8.4.1.5 ZONA VERDE SVJ-3 COMO ÁREA DEPRIMIDA DE SACRIFICIO 48
8.4.1.6 APARCAMIENTOS SCA-1 COMO ZONA DE LAMINACIÓN SUPERFICIAL 49
8.4.1.7 ZONAS VERDES SVJ-1 Y SVJ-2 COMO ZONAS DE SACRIFICIO Y DESAGÜE HACIA CAUCES NATURALES 50
8.5 IMPLANTACION MEDIDAS CORRECTORAS Y ANALISIS HIDRAULICO 53
8.5.1 MODELO DIGITAL DEL TERRENO. 53
8.5.2 MALLA DE CÁLCULO. 53
8.5.3 RESULTADOS OBTENIDOS. 54
8.5.4 ANALISIS RESULTADOS OBTENIDOS 54
9 CONCLUSIONES 57
10 ANEXO 1.- PLANOS ESTUDIO INUNDABILIDAD 58
11 ANEXO 2.- ANTECEDENTES 59
12 ANEXO 3.- ORTOFOTOS HISTORICAS 60
12.1 ORTOFOTO 2002 60

12.2 ORTOFOTO 2007 ____ 60
12.3 ORTOFOTO 2009 ____ 61
12.4 ORTOFOTO 2010 ____ 61
12.5 ORTOFOTO 2012 ____ 62
12.6 ORTOFOTO 2014 ____ 62
12.7 ORTOFOTO 2016 ____ 63
12.8 ORTOFOTO 2018 ____ 63
12.9 ORTOFOTO 2020 ____ 64
12.10 ORTOFOTO 2022 ____ 64
12.11 ORTOFOTO 2023 ____ 65
12.12 ORTOFOTO 2025 ____ 65
13 ANEXO 4.- VISITA A CAMPO ____ 66
13.1 CANAL A ODT-01 ____ 67
13.2 ODT-01 ____ 68
13.3 ODT-02 ____ 69
14 ANEXO 5.- HIDROLOGÍA ____ 70

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene por objeto dar cumplimiento al encargo realizado por HERARBO-2, S.L. para la redacción de un Estudio de Inundabilidad para la concreción del riesgo de inundación, en el ámbito del Plan Parcial Modificado del Sector Industrial "UHI-2" del PGMOU de Vila-real (Castellón).

La necesidad de elaboración del presente estudio se deriva de la tramitación del Plan Parcial Modificado del sector UHI-2, que se encuentra sujeto al procedimiento de Evaluación Ambiental y Territorial Estratégica, y de la detección de afecciones por peligrosidad de inundación en la cartografía oficial del PATRICOVA, concretamente una franja longitudinal con peligrosidad de nivel 6 (frecuencia baja, T=500 años, y calado bajo), así como una pequeña superficie con riesgo de inundación muy bajo.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 19 del PATRICOVA, al tratarse de un suelo urbanizable sin Programa de Actuación Integrada aprobado, afectado por peligrosidad de inundación, resulta preceptiva la elaboración de un estudio de inundabilidad que permita:

- Concretar el riesgo real de inundación existente en el ámbito.
- Verificar la compatibilidad de la ordenación pormenorizada propuesta con dicho riesgo.
- Determinar, en su caso, las medidas correctoras necesarias para eliminar o mitigar la peligrosidad.
- Justificar que el desarrollo urbanístico no genera afección negativa a terceros.

El estudio se redacta coordinado con el Plan Parcial Modificado y con el futuro Proyecto de Urbanización del sector, de manera que sus conclusiones y determinaciones puedan integrarse de forma directa en el diseño de la urbanización y en la tramitación administrativa ante los organismos competentes.

2 DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO Y CUENCA OBJETO DEL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

2.1 EMPLAZAMIENTO

El ámbito territorial objeto del presente Estudio de Inundabilidad coincide con el **Sector Industrial UHI-2 del Plan General Municipal de Ordenación Urbana (PGMOU) de Vila-real**, situado en el término municipal de **Vila-real (provincia de Castellón)**.

El sector UHI-2 se localiza en el suroeste del núcleo urbano de Vila-real, en un entorno de carácter predominantemente industrial y logístico, con conexión directa a las principales infraestructuras viarias del municipio y del ámbito supramunicipal.

El ámbito queda delimitado por los siguientes elementos:

- **Al norte**, por el vial estructural apoyado en el actual *Camí de la Carretera*, que lo separa del sector UHI-3.

- **Al sur**, por el vial estructural urbanizado del *Camí Carinyena* (sector UHI-1) y por la **Acequia Mayor**.
- **Al este**, por el vial de borde del suelo urbano industrial y por la parcela ocupada por la **EDAR industrial mancomunada** entre los municipios de Betxí, Onda y Vila-real.
- **Al oeste**, por el vial estructural que lo separa del sector UHI-4 y por la **Ronda Sudoeste de Vila-real**, infraestructura estratégica de conexión entre la N-340 y la CV-20 (carretera de Onda a Vila-real).



La superficie total del sector es de aproximadamente **140.820 m²**, tratándose de un ámbito de extensión reducida a escala municipal, inserto entre suelos urbanos e industriales ya consolidados.

2.2 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS GENERALES

Desde el punto de vista topográfico, el ámbito presenta una morfología suave, propia de la llanura aluvial del río Mijares, con pendientes reducidas y cotas homogéneas, ligeramente condicionadas por la presencia de infraestructuras viarias, acequias históricas y rellenos antrópicos asociados a usos agrícolas e industriales previos.

Hidrológicamente, el sector no se sitúa sobre un cauce fluvial natural de entidad, pero se encuentra influenciado por la red histórica de **acequias de riego**, destacando la **Acequia Mayor** en su límite sur y otras acequias menores, algunas de ellas actualmente inutilizadas o encauzadas.

La evacuación natural de las escorrentías superficiales se ve condicionada por:

- La baja pendiente del terreno.
- La existencia de suelos parcial o totalmente sellados en el entorno.
- La presencia de infraestructuras viarias que actúan como barreras transversales al flujo superficial.
- Zonas de cultivo parcialmente deprimidas que actúan como llanura de inundación

A efectos del presente Estudio de Inundabilidad, se consideran como elementos funcionales principales:

- El **ámbito urbanizable del sector UHI-2**, como área principal de análisis del riesgo de inundación.
- Las **cuencas de aportación local**, generadas por la propia topografía del sector y su entorno inmediato.
- La **red de acequias existentes**, tanto operativas como en desuso, que pueden condicionar la escorrentía superficial.
- Las **infraestructuras viarias perimetrales**, que influyen en la dirección y acumulación de flujos.
- Medidas estructurales propuestas para mitigación de riesgo y peligro de inundación.

2.3 Situación urbanística del suelo

De conformidad con el PGMOU de Vila-real, el ámbito del estudio presenta la siguiente situación urbanística:



- **Clasificación del suelo**: Suelo urbanizable.
- **Calificación urbanística**: Industrial homologado, sector UHI-2.

En este contexto, el presente Estudio de Inundabilidad constituye una pieza clave para garantizar que el futuro desarrollo urbanístico del sector UHI-2 sea compatible con el riesgo de inundación existente y cumpla con las determinaciones del PATRICOVA.

3 OBJETO DEL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

El presente Estudio de Inundabilidad tiene por objeto dar cumplimiento a lo establecido en la normativa del **Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA)**, en particular a lo dispuesto en su **artículo 19**, para suelos urbanizables sin Programa de Actuación Integrada aprobados afectados por peligrosidad de inundación.

El estudio se redacta como **estudio de concreción del riesgo de inundación**, con la finalidad de analizar de forma específica y detallada el comportamiento hidrológico e hidráulico del ámbito del **Sector Industrial UHI-2 del PGMOU de Vila-real**, frente a episodios de lluvia intensa, y determinar la compatibilidad del desarrollo urbanístico previsto con el riesgo existente.

De manera concreta, los objetivos del presente estudio son los siguientes:

- **Caracterizar el régimen de inundabilidad del ámbito**, identificando las zonas potencialmente afectadas por inundación y el origen de los procesos de escorrentía superficial.
- **Concretar el nivel real de peligrosidad y riesgo de inundación**, contrastando la información de la cartografía oficial del PATRICOVA con los resultados obtenidos mediante análisis hidrológico e hidráulico a mayor detalle.
- **Evaluar la incidencia del desarrollo urbanístico propuesto** en el Plan Parcial Modificado sobre el régimen natural de escorrentías, tanto en situación actual como en situación futura urbanizada.
- **Verificar la no afección negativa a terceros**, de acuerdo con los criterios establecidos en el PATRICOVA y en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- **Definir, en su caso, las medidas correctoras necesarias** para eliminar o reducir la peligrosidad de inundación detectada, garantizando la compatibilidad del uso industrial previsto con la seguridad frente a inundaciones.
- **Servir de base técnica para el diseño de la red de drenaje de aguas pluviales del sector**, así como para la integración de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), en coherencia con la ordenación pormenorizada propuesta.

El alcance del estudio se circunscribe al análisis de la **inundación externa de origen pluvial**, asociada a la escorrentía superficial generada por episodios de lluvia intensa sobre el ámbito y su entorno inmediato, sin perjuicio de que sus conclusiones se coordinen posteriormente con el diseño del sistema de drenaje urbano del proyecto de urbanización.

El estudio se plantea conforme a una metodología técnica rigurosa, basada en la modelización hidrológica e hidráulica y en el uso de cartografía de alta resolución, con el nivel de detalle exigido por el PATRICOVA para estudios de concreción del riesgo de inundación.

Para hacer frente a los requerimientos y recomendaciones expuestos se llevan a cabo los siguientes análisis:

1. **Estudio hidrológico de la situación actual**
2. **Estudio hidráulico 2D de la situación actual**
3. **Diseño de medidas correctoras**
4. **Estudio hidráulico 2D de la situación proyectada y medidas correctoras**
5. **análisis de resultados y conclusiones**

4 NORMATIVA DE APLICACIÓN

El presente Estudio de Inundabilidad se ha redactado conforme al marco normativo vigente en materia de prevención del riesgo de inundación, planificación hidrológica y ordenación del territorio, tanto en el ámbito autonómico como estatal, así como a la normativa técnica de referencia aplicable a este tipo de estudios.

4.1 NORMATIVA AUTONÓMICA (PATRICOVA)

La normativa autonómica de aplicación principal es el **Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA)**, aprobado mediante el **Decreto 201/2015, de 29 de octubre, del Consell**.

El ámbito del Sector UHI-2 del PGMOU de Vila-real se encuentra clasificado como **suelo urbanizable sin Programa de Actuación Integrada aprobado**, y presenta afección por peligrosidad de inundación según la cartografía oficial del PATRICOVA, lo que determina la plena aplicación de dicha normativa.

En particular, para la elaboración del presente estudio se han tenido en cuenta los siguientes artículos del PATRICOVA:

- **Artículo 9**. Determinación de la peligrosidad y del riesgo de inundación.
- **Artículo 11**. Estudios de inundabilidad.
- **Artículo 12**. Contenido mínimo de los estudios de inundabilidad.
- **Artículo 13**. Tramitación administrativa de los estudios de inundabilidad.
- **Artículo 16**. Medidas de reducción del riesgo de inundación.
- **Artículo 19**. Condicionantes en suelo urbanizable sin programa de actuación integrada aprobado, afectado por peligrosidad de inundación.

De acuerdo con el artículo 19 del PATRICOVA, en este tipo de suelos resulta obligatorio:

- La elaboración de un estudio de inundabilidad que concrete el riesgo real de inundación.
- La verificación de la compatibilidad del planeamiento con dicho riesgo.
- La determinación de si las zonas afectadas deben incorporarse, total o parcialmente, a la infraestructura verde.

Asimismo, se ha seguido la **Guía de aplicación del PATRICOVA**, que establece los criterios metodológicos para la elaboración de estudios de inundabilidad, destacando los siguientes aspectos:

- Distinción entre inundación externa (objeto del presente estudio) e inundación interna.
- Posibilidad de actualización y concreción de la cartografía del PATRICOVA mediante estudios a mayor escala y con modelización hidráulica justificada.
- Necesidad de justificar la no afección a terceros y la viabilidad técnica de las medidas correctoras propuestas.

4.2 NORMATIVA ESTATAL

A nivel estatal, el presente estudio se ha redactado teniendo en consideración la siguiente normativa básica:

- **Texto Refundido de la Ley de Aguas**, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.
- **Reglamento del Dominio Público Hidráulico**, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, y sus modificaciones posteriores.

En particular, se han considerado los siguientes preceptos del Reglamento del Dominio Público Hidráulico:

- **Artículo 9** y **artículo 9 bis**, relativos a la definición y limitaciones en zonas de flujo preferente.
- **Artículo 14 bis**, relativo a las limitaciones a los usos del suelo en zonas inundables.
- **Artículo 126 ter**, que establece criterios de diseño para obras de drenaje y protección frente a inundaciones, incluyendo la recomendación de incorporar sistemas de drenaje sostenible en nuevos desarrollos urbanísticos.

Estos artículos establecen como principios fundamentales:

- La **no afección negativa a terceros** como consecuencia de actuaciones urbanísticas.
- La **no alteración sustancial del régimen hidráulico natural**.
- La justificación de la **viabilidad técnica y funcional de las medidas de defensa o drenaje** que se propongan.

4.3 OTRAS NORMATIVAS Y GUÍAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Como normativa y documentación técnica de referencia, se han tenido en cuenta:

- **Norma 5.1-IC "Acciones hidrológicas"**, para la determinación de caudales de avenida.
- **Norma 5.2-IC "Drenaje superficial"**, para el análisis de escorrentías y criterios de drenaje.
- **Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)**, en cuanto a criterios hidrológicos e hidráulicos.

- Cartografía LIDAR de alta resolución del Instituto Geográfico Nacional y de la Generalitat Valenciana, empleada para la definición del modelo digital del terreno.

En relación con el **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)**, se deja constancia de que **no existe cartografía oficial de zonas inundables ni estudios de desarrollo del SNCZI que afecten directamente al ámbito del Sector UHI-2**, por lo que no se incorporan mapas del SNCZI al presente estudio. Esta circunstancia refuerza la necesidad de realizar un análisis específico de inundabilidad a escala de detalle, conforme a lo establecido en el PATRICOVA.

5 ANTECEDENTES Y ESTUDIOS PREVIOS

El presente apartado recopila los antecedentes documentales y técnicos relevantes en materia de inundabilidad en el entorno del **Sector UHI-2 de Vila-real**, con el fin de contextualizar el estudio, justificar el marco de referencia adoptado y poner en valor las actuaciones e infraestructuras ejecutadas en el ámbito que pueden condicionar el comportamiento hidráulico actual.

Se hace constar que, conforme a la cartografía oficial del **PATRICOVA 2015**, el ámbito presenta **afección por peligrosidad Nivel 6** en el límite noroeste (asociada a una vaguada correspondiente al antiguo trazado del denominado *barranco de Porcelanosa*), y que existe **riesgo de inundación** en el ámbito, aunque sea **muy bajo** en zonas puntuales próximas al entorno de la EDAR, por lo que procede abordar el análisis con el nivel de detalle requerido por el PATRICOVA.

5.1 PLANEAMIENTO VIGENTE Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

- El suelo del ámbito se clasifica como **suelo urbanizable** y se califica como **industrial** en el PGMOU de Vila-real.
- El sector dispone de **Plan Parcial aprobado el 28/05/2001**, anterior a la aprobación del PATRICOVA de 2003, por lo que el planeamiento original no incorporó condicionantes específicos derivados de inundabilidad.
- El sector se encuentra **sin Programa de Actuación Integrada aprobado** en la actualidad.
- Se tramita en este momento un **Plan Parcial Modificado**, con objeto de ajustar la ordenación pormenorizada, incluyendo la definición de criterios de gestión de aguas pluviales.

La delimitación del ámbito y su contexto se describen en detalle en los capítulos 1 y 2, y se apoyan en la documentación urbanística base del sector.

5.2 EVOLUCIÓN DEL MARCO PATRICOVA Y CARTOGRAFÍA AUTONÓMICA

5.2.1 PATRICOVA 2003

La cartografía del **PATRICOVA 2003** no asignaba peligrosidad de inundación relevante al ámbito del sector UHI-2, por lo que el planeamiento aprobado en 2001 no incorporó condicionantes específicos por riesgo de inundación.

5.2.2 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD VINCULADO AL PGMOU (VERSIÓN PRELIMINAR 2011)

En el marco del PGMOU (versión preliminar, 2011) se elaboró un estudio de inundabilidad basado en el **PATRICOVA 2003**. En dicho estudio:

- No se identifica inundabilidad en el ámbito del sector UHI-2.
- No se estudia ni se menciona de forma específica la posible afección geomorfológica asociada al antiguo barranco de Porcelanosa.

Este antecedente se considera relevante por reflejar la ausencia de condicionantes en el marco de referencia previo a la actualización del PATRICOVA.

5.2.3 PATRICOVA 2015

La cartografía vigente del **PATRICOVA 2015** identifica en el ámbito:

- **Peligrosidad de inundación geomorfológica** en el límite norte del sector, asociada a una vaguada atribuida al antiguo *barranco de Porcelanosa*.
    - En la imagen siguiente se puede observar la llanura de inundación en color azul representando la afección por peligrosidad Nivel 6.



- **Riesgo de inundación muy bajo** en zonas puntuales del entorno oriental próximas a la parcela de la EDAR (fuera del ámbito del Plan Parcial), debiendo en todo caso verificarse la **no afección negativa** del desarrollo del sector sobre dicha instalación y su entorno.

- En la imagen siguiente se puede observar la llanura de inundación en color azul representando la afección por peligrosidad Nivel 6.



Se indica, asimismo, que el elemento denominado "barranco de Porcelanosa" no figura como cauce con delimitación de Dominio Público Hidráulico en la cartografía oficial consultada a escala regional, tratándose de una **traza geomorfológica** sin cauce definido en la actualidad.

5.3 CARTOGRAFÍA ESTATAL (SNCZI)

Se deja constancia de que el **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)** no aporta cartografía oficial aplicable directamente al ámbito del sector UHI-2, por lo que no es posible incorporar mapas SNCZI específicos en este estudio.

Esta circunstancia refuerza la necesidad de realizar el presente estudio de concreción del riesgo, apoyado en modelización hidrológica e hidráulica a escala de detalle.



5.4 ESTUDIOS Y ACTUACIONES RECIENTES CON INFLUENCIA EN LA INUNDABILIDAD DEL ENTORNO

5.4.1 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD ASOCIADO A LA RONDA SUDOESTE (EXPEDIENTE 2018/067; APROBADO 18/11/2021)

Se considera antecedente fundamental el estudio de inundabilidad y drenaje asociado al proyecto y ejecución de la **Ronda Sudoeste**, infraestructura ya ejecutada en el entorno occidental del sector.

En dicho ámbito, la Ronda Sudoeste intercepta el trazado del antiguo barranco de Porcelanosa e incorpora:

- Canalizaciones de drenaje longitudinal.
- Obras de drenaje transversal.
- Soluciones tipo SUDS y tratamientos de encauzamiento/protección

De acuerdo con la documentación técnica del proyecto, se diseñaron dos infraestructuras principales para el tratamiento del flujo asociado a la cuenca del barranco, incluyendo una obra de drenaje transversal principal, dimensionadas para **periodo de retorno T=500 años**. El caudal de máximo trasegado por dichas obras de drenaje transversal es de 5.3 m^3/s. Este dato será empleado como dato de partida en los modelos hidráulicos tanto para la situación actual como propuesta.

Este antecedente resulta clave para el presente estudio, dado que la ejecución de dichas obras puede haber modificado sustancialmente el régimen de escorrentía superficial y, por tanto, la extensión/afección potencial en el entorno del sector UHI-2. En consecuencia, el presente estudio partirá de la **situación actualizada** tras la ejecución de la Ronda Sudoeste, incorporando en la modelización hidráulica los hidrogramas correspondientes a las obras de drenaje transversal y el elemento barrera generado por el vial en si mismo.

5.4.2 OBRA EJECUTADA DEL VIAL DE BORDE (2019) Y DISPOSITIVOS SUDS

En el año 2019 se ejecutó el **vial de borde** entre el entorno de la EDAR y el *Camí de la Carretera*, incorporando en el proyecto **depósitos SUDS / tanques de tormenta** destinados a laminar y gestionar escorrentías.

Desde la ejecución de estas soluciones, se indica que no se han registrado episodios de inundación en la zona inmediata de actuación, constituyendo un antecedente de especial interés para justificar el comportamiento actual del sistema de drenaje y para su integración en el análisis hidráulico.

Estas infraestructuras no serán consideradas en el estudio de concreción ya que son de una escala menor a la analizada en el mismo.

5.4.3 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR UHI-8 (EXPEDIENTE 2017/069)

Como antecedente adicional, se dispone de un **estudio de inundabilidad aprobado** para el sector UHI-8 (expediente 2017/069). Si bien se trata de un ámbito distinto, su análisis puede aportar criterios metodológicos y referencias administrativas de interés.

En el presente estudio se considerará este antecedente en la medida en que resulte útil para contrastar hipótesis y criterios de modelización.

5.5 IMPLICACIONES DE LOS ANTECEDENTES SOBRE EL ENFOQUE DEL PRESENTE ESTUDIO

A la vista de los antecedentes descritos, el presente Estudio de Inundabilidad se plantea con las siguientes premisas:

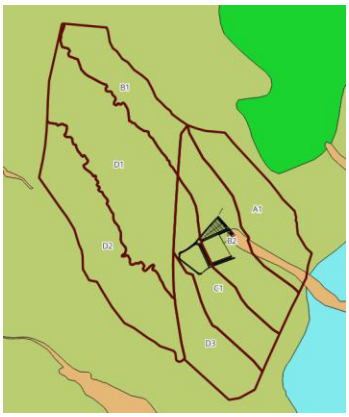
1. El análisis debe realizarse conforme al **PATRICOVA 2015**, al estar actualmente en tramitación una modificación del Plan Parcial (aplicación del PATRICOVA vigente y, en particular, del **artículo 19**).
2. La afección identificada es principalmente de carácter **geomorfológico**, localizada en el límite norte del ámbito, y la ordenación pormenorizada prevista sitúa en dichas zonas usos de menor vulnerabilidad (viales, aparcamientos y zonas verdes), resultando a priori coherente con el criterio del PATRICOVA de evitar usos vulnerables en áreas con mayor peligrosidad.
3. Debe analizarse el comportamiento **en la situación actual**, incorporando las obras ya ejecutadas (Ronda Sudoeste y vial de borde con SUDS), dado que previsiblemente condicionan de forma determinante la inundabilidad del entorno.
4. La EDAR mancomunada afectada por cartografía de peligrosidad/riesgo se sitúa **fuera del ámbito del Plan Parcial**, por lo que el objetivo del estudio no es intervenir sobre dicha instalación, sino **justificar que la actuación no genera afección negativa a terceros**.

6 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO Y ANTECEDENTES DE INUNDACIONES

6.1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL ÁMBITO

El ámbito objeto del presente Estudio de Inundabilidad se sitúa en el término municipal de Vila-real, en un entorno característico de **llanura aluvial litoral**, con pendientes muy reducidas y morfología suavemente ondulada, propia de los sectores bajos de las cuencas mediterráneas de la provincia de Castellón.

Desde el punto de vista **geológico–geomorfológico**, el área de actuación se asienta predominantemente sobre materiales descritos como gravas poligénicas con matriz areno-arcillosa, bloques y pelitas rojas con niveles de arenas. Abanicos aluviales y conos de deyección.



Estos materiales son característicos de **abanicos aluviales y conos de deyección**, formados por la acumulación histórica de sedimentos transportados por flujos de carácter torrencial procedentes de cuencas de escasa entidad, actualmente muy modificadas por la acción antrópica.

Asimismo, en el entorno inmediato se reconocen morfologías asociadas a **fondo de valle o rambla**, vinculadas a antiguas vaguadas de drenaje natural, actualmente sin cauce definido ni funcionalidad hidráulica permanente, pero que justifican la presencia de **peligrosidad de inundación de tipo geomorfológico** en la cartografía del PATRICOVA.

La combinación de estos factores geomorfológicos explica:

- La baja pendiente general del ámbito.
- La tendencia a la **laminación natural de las escorrentías**.
- La ausencia de cauces fluviales definidos en la actualidad.
- La necesidad de gestionar adecuadamente los flujos superficiales en episodios de lluvia intensa.

Estas características refuerzan la idoneidad del enfoque adoptado en el presente estudio, basado en la gestión controlada de la escorrentía mediante zonas de sacrificio, SUDS y conducción superficial compatible con la dinámica natural del terreno.

6.2 RED HIDROGRÁFICA Y ELEMENTOS DE DRENAJE NATURAL Y ANTRÓPICO

El ámbito del sector UHI-2 no está atravesado por cauces fluviales naturales permanentes, si bien se encuentra influenciado por una **red histórica de acequias de riego**, propia de la Plana de Castellón, que ha condicionado tradicionalmente el drenaje superficial del territorio.

Entre los elementos hidráulicos más relevantes destacan:

- **Acequia Mayor**, que discurre por el límite sur del sector y constituye el principal elemento de drenaje histórico del ámbito.
- **Acequia Sequiola**, situada en el entorno inmediato, parcialmente encauzada mediante marcos prefabricados de hormigón en algunos tramos.
- Antiguas acequias secundarias, actualmente inutilizadas o colmatadas, que discurren por zonas de antiguos cultivos abandonados.

La funcionalidad hidráulica de estas infraestructuras tradicionales se ha visto modificada con el paso del tiempo por:

- Procesos de urbanización del entorno.
- Encauzamientos puntuales.
- Pérdida de continuidad hidráulica en algunos tramos.

Asimismo, las infraestructuras viarias perimetrales (viales estructurales, glorietas y ronda sudoeste) influyen de forma significativa en la **dirección y concentración de las escorrentías**, pudiendo generar acumulaciones puntuales de agua si no se dispone de una red de drenaje adecuada.

6.3 ANÁLISIS DE LA CARTOGRAFÍA OFICIAL DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN (PATRICOVA)

Según la cartografía oficial del **PATRICOVA**, el ámbito del sector UHI-2 presenta afección por inundabilidad en una franja longitudinal situada en el sector oriental del ámbito.

Concretamente, se identifican las siguientes afecciones:

- **Peligrosidad por inundación de nivel 6**, correspondiente a episodios de **frecuencia baja (periodo de retorno de 500 años)** y **calado bajo (inferior a 0,80 m)**, que afecta a una franja alargada de norte a sur en el límite este del sector.
- **Riesgo de inundación muy bajo**, localizado en una pequeña superficie próxima a la parcela ocupada por la EDAR industrial mancomunada.

En este sentido, la peligrosidad por inundación se establece en el PATRICOVA en función de la cota alcanzada por el agua y el periodo de retorno de la inundación, estableciéndose los siguientes niveles:

6.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE INUNDACIONES

No se tiene constancia documentada de **episodios históricos de inundación catastrófica** que hayan afectado de forma significativa al ámbito concreto del sector UHI-2.

No obstante, el municipio de Vila-real y su entorno han experimentado históricamente **episodios de lluvias intensas de carácter torrencial**, propios del clima mediterráneo, que han provocado acumulaciones de agua y problemas puntuales de drenaje en zonas de

Altura-Calado	Alto < 25 años	Medio 25-100 años	Bajo 100-500 años
> 15 cm < 80 cm	3	4	6
> 80 cm	1	2	5

baja pendiente, especialmente en ámbitos agrícolas e industriales sin sistemas de evacuación adecuados.

La ausencia de registros históricos de inundaciones graves en el ámbito no implica la inexistencia de riesgo, sino que debe interpretarse en el contexto de:

- La limitada urbanización histórica del sector.
- El carácter disperso y no sistemático de los registros de episodios de inundación menores.
- La evolución reciente del territorio, con incremento de superficies impermeables en el entorno.

6.5 CONSIDERACIONES GEOMORFOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO

A la vista de las características geomorfológicas y del análisis preliminar de la peligrosidad, se consideran relevantes, de cara al desarrollo urbanístico del sector, las siguientes cuestiones:

- La necesidad de **garantizar una adecuada evacuación de las escorrentías superficiales**, evitando acumulaciones en zonas bajas.
- La conveniencia de integrar **zonas verdes, espacios libres y superficies de aparcamiento** en las áreas potencialmente más afectadas por inundabilidad, de acuerdo con los criterios del PATRICOVA.

Estas consideraciones se desarrollarán y cuantificarán en los capítulos posteriores del estudio, dedicados al análisis hidrológico e hidráulico y a la definición de las medidas correctoras.

7 ANALISIS HIDROLÓGICO

El presente capítulo tiene por objeto definir el **comportamiento hidrológico del ámbito del Sector UHI-2**, determinando los caudales de escorrentía generados por episodios de lluvia representativos, que servirán de base para el posterior estudio hidráulico y para la evaluación de la inundabilidad del sector.

El estudio se desarrolla siguiendo **la metodología** específica del ámbito y a las exigencias del PATRICOVA para estudios de concreción del riesgo de inundación.

7.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología adoptada para el estudio hidrológico se basa en los siguientes principios:

- Análisis de la **situación actual** del ámbito, previa al desarrollo urbanístico.
- Análisis de la **situación futura urbanizada**, conforme a la ordenación propuesta en el Plan Parcial Modificado.
- Determinación de caudales de escorrentía para distintos **periodos de retorno**, representativos de los escenarios de riesgo exigidos por el PATRICOVA.
- Aplicación de modelos hidrológicos ampliamente aceptados en la práctica profesional y por los organismos competentes.

La secuencia de trabajo seguida es la siguiente:

1. Delimitación de las cuencas y subcuencas de aportación.
2. Caracterización de las precipitaciones de diseño.
3. Definición de los parámetros hidrológicos del terreno.
4. Modelización hidrológica y obtención de hidrogramas.
5. Obtención de caudales punta para emplear aquellos que fueran necesarios en el análisis hidráulico.

7.2 DELIMITACIÓN DE CUENCAS Y SUBCUENCAS DE APORTACIÓN

7.3 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

La caracterización de la precipitación se ha realizado a partir de información pluviométrica representativa del ámbito, empleando **episodios de lluvia de diseño** coherentes con la normativa vigente y con la metodología del estudio de referencia.

De acuerdo con los criterios establecidos en el **PATRICOVA** para la evaluación del riesgo de inundación y la concreción de la peligrosidad, se han considerado los siguientes **periodos de retorno**:

- **Periodo de retorno T = 25 años**, representativo de episodios frecuentes con capacidad de generar afecciones locales.
- **Periodo de retorno T = 100 años**, representativo de episodios severos.
- **Periodo de retorno T = 500 años**, asociado a escenarios extremos de baja probabilidad y alta severidad.

Las lluvias de diseño se han definido mediante **hietogramas sintéticos**, con una distribución temporal adecuada a la tipología de lluvias torrenciales mediterráneas, garantizando la coherencia entre intensidad, duración y volumen total de precipitación.

En este contexto, es habitual la aparición de eventos de lluvia intensa, con registros puntuales que pueden superar los 70 mm en un solo día, lo que confiere a la zona un comportamiento hidrológico marcadamente torrencial en determinados episodios.

El cálculo de la precipitación diaria máxima para un periodo de retorno determinado se ha considerado según la metodología recogida en la publicación "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" (CEDEX, 1999), elaborada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras, ambos organismos dependientes del Ministerio de Fomento.

Esta metodología proporciona un enfoque operativo y homogéneo para la estimación de las lluvias extremas en ausencia de registros pluviométricos locales suficientes. A partir del valor medio de las precipitaciones máximas diarias anuales (P) y del coeficiente de variación (CV), se obtiene la precipitación diaria máxima (Pd) asociada a un periodo de retorno (T) mediante la siguiente expresión:

$$P_d = P \cdot K_T$$

Donde:

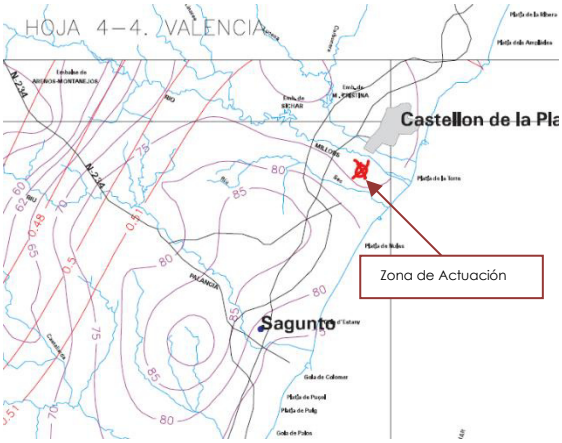
- Pd: valor de la máxima precipitación diaria asociada al periodo de retorno T (mm)
- P: valor medio de las precipitaciones máximas diarias anuales (mm)
- Kt: factor de amplificación o cuantil regional (adimensional), función del CV y del periodo de retorno

La misma publicación ofrece mapas de isolíneas de toda la España peninsular para obtención del coeficiente de variación CV y del valor medio de la precipitación máxima diaria.

Para el ámbito del cauce del río San Miguel, los valores obtenidos de los mapas de isolíneas incluidos en la citada publicación son:

- P=75mm

- Cv =0,51



Como se indica anteriormente, el factor de ampliación Kt se obtiene de la tabla 7.1 de la guía de Máximas lluvias en la España Peninsular a partir del periodo de retorno y el coeficiente de variación Cv.

	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
C_v	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

A partir de estos valores y utilizando los cuantiles regionales correspondientes, se determinan las precipitaciones de diseño necesarias para el cálculo hidrológico de las cuencas vertientes mediante el modelo HEC-HMS.

Periodo de Retorno	T = 25 años	T = 100 años	T = 500 años
Cv	0.51	0.51	0.51
Kt	2.434	2.815	3.799
Pmedia(mm)	75	75	75
Pd (mm)	182.55	211.12	284.92

7.4 DELIMITACIÓN DE CUENCAS VERTIENTES

La delimitación de las cuencas y subcuencas de aportación se ha realizado a partir del **modelo digital del terreno** y del análisis de la topografía existente, teniendo en cuenta tanto las pendientes naturales como las infraestructuras viarias y elementos antrópicos que condicionan la escorrentía superficial.

El ámbito del sector UHI-2 se ve afectado principalmente por:

- Aportaciones generadas dentro del propio ámbito del sector.
- Aportaciones externas procedentes del entorno inmediato, en especial desde zonas colindantes con pendientes suaves y suelos parcialmente impermeabilizados.

Se ha procedido a la delimitación detallada de las cuencas hidrográficas que vierten hacia el ámbito de estudio, empleando la ayuda de cartografía LIDAR de alta resolución, con un tamaño de celda de 0.5x0.5 m para la delimitación de las cuencas.

Como resultado del análisis, se han definido varias **subcuencas hidrológicas homogéneas**, diferenciadas en función de su pendiente, uso del suelo y punto de desagüe de la escorrentía superficial.

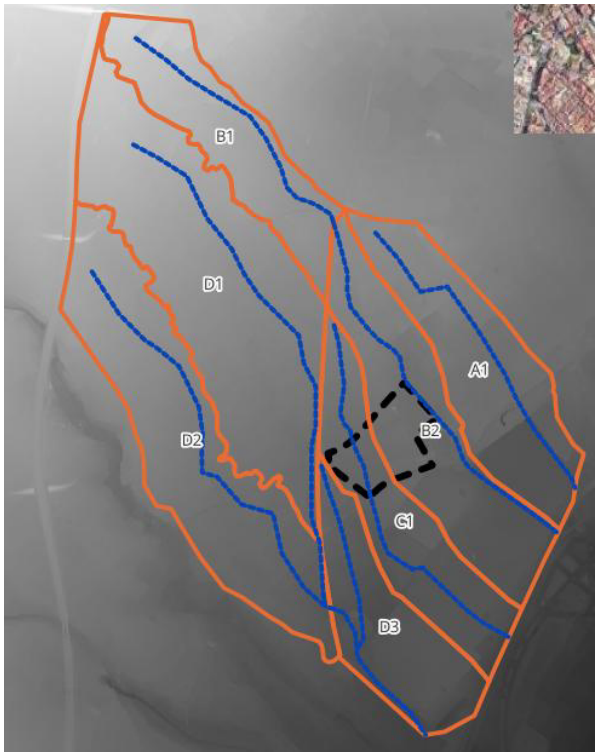
Se han identificado y caracterizado las principales cuencas y subcuencas, asignando identificadores para facilitar la trazabilidad en los modelos hidrológicos.

7.4.1 MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Para la delimitación y caracterización morfológica de las cuencas vertientes se ha empleado un Modelo Digital del Terreno (MDT) obtenido a partir de datos LIDAR suministrados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Se ha utilizado una resolución espacial de 0.5x0.5 metros con el fin de mejorar la precisión en la identificación de divisorias y líneas de flujo.

El MDT ha sido tratado mediante las herramientas propias del software HEC-HMS y GIS, que permiten la delineación automática de cuencas hidrográficas, redes de flujo y la generación de esquemas hidrológicos. Este proceso ha facilitado la identificación de las áreas de aportación, así como la definición de los nodos y elementos hidrológicos que componen el modelo.



El MDT ha sido tratado mediante las herramientas propias del software HEC-HMS y GIS, que permiten la delineación automática de cuencas hidrográficas, redes de flujo y la generación de esquemas hidrológicos. Este proceso ha facilitado la identificación de las

áreas de aportación, así como la definición de los nodos y elementos hidrológicos que componen el modelo.

7.4.2 CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOMÉTRICAS

Las características hidromorfométricas de las cuencas y subcuencas delimitadas se han obtenido a partir del tratamiento del Modelo Digital del Terreno dentro del entorno del software HEC-HMS, que permite calcular automáticamente los principales parámetros morfométricos necesarios para la modelización hidrológica.

Entre los parámetros extraídos destacan:

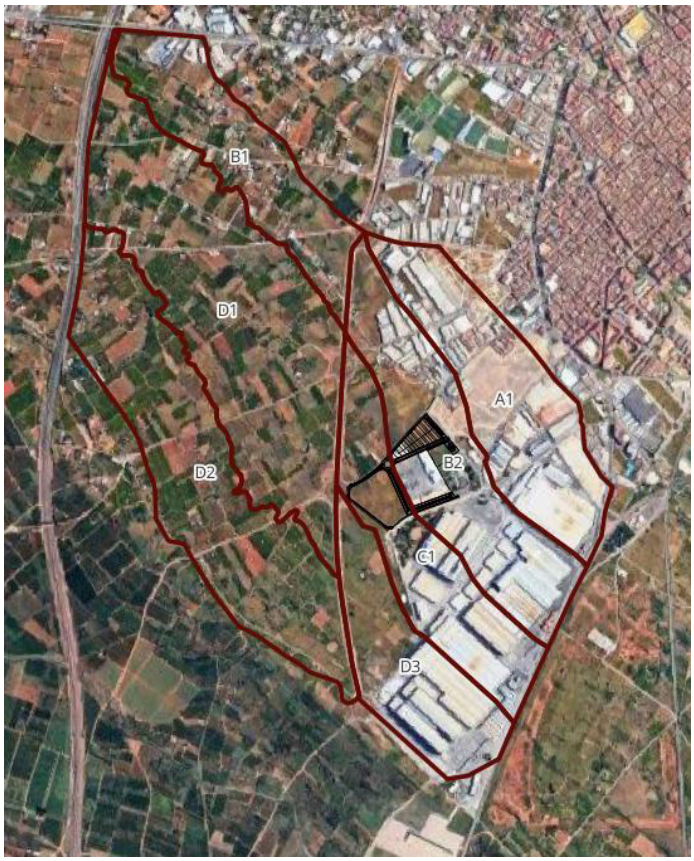
- Superficie de la cuenca (km^2)
- Longitud del cauce principal (km)
- Pendiente media del cauce (m/m)
- Pendiente media de la cuenca (m/m)

Estos parámetros son esenciales para la estimación del tiempo de concentración y para la definición precisa de los elementos hidrológicos del modelo.

La integración directa del MDT en HEC-HMS garantiza la coherencia entre la geometría de las cuencas y los cálculos posteriores de escorrentía.

7.4.2.1 CUENCAS PP UHI-2

A continuación, se ilustran las cuencas hidrológicas que componen el territorio asociado a la ordenación urbana propuesta. Las cuencas, B1, B2 y C1 se encuentran directamente asociadas con la escorrentía superficial de la zona de actuación.



Id	Area (Km²)	Pdte media Cuenca (m/m)	Longitud Cauce(km)	Pdte media Cauce (m/m)
A1	0.605	0.039	1.230	0.004
B1	0.478	0.056	1.344	0.007
B2	0.654	0.045	2.001	0.004
C1	0.487	0.036	1.385	0.005
D3	0.434	0.041	1.288	0.006

7.4.3 UMBRAL DE ESCORRENTÍA Y NUMERO DE CURVA

En el presente capitulo se determinan los parámetros hidrológicos necesarios para caracterizar la generación de escorrentía en el ámbito de los sectores IV, VII, VIII, IX y X de Torreblanca, así como en el barranco de San Miguel (al norte de la zona de actuación). Los parámetros de referencia son el umbral de escorrentía y el número de curva (Curve Number, CN).

La metodología se fundamenta en la Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial (Ministerio de Fomento), en el modelo SCS implementado en HEC-HMS v4.12, y en la Guía del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI).

- El umbral de escorrentía (P_o) se define como la precipitación inicial que debe infiltrarse antes de que se inicie la escorrentía superficial.

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

  - donde:
    - P_o = es el umbral de escorrentía (mm).
    - P_o^i= es el valor inicial del umbral de escorrentía (mm).
    - *B*= coeficiente corrector del umbral de escorrentía

- El número de curva (CN), desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS), sintetiza las características del suelo, su cobertura y condiciones hidrológicas en un valor adimensional comprendido entre 30 (alta infiltración) y 100 (baja infiltración).
  - El parámetro de almacenamiento máximo potencial del suelo (S, en mm) se relaciona con el CN mediante la expresión (SNCZI, SCS, 1972):

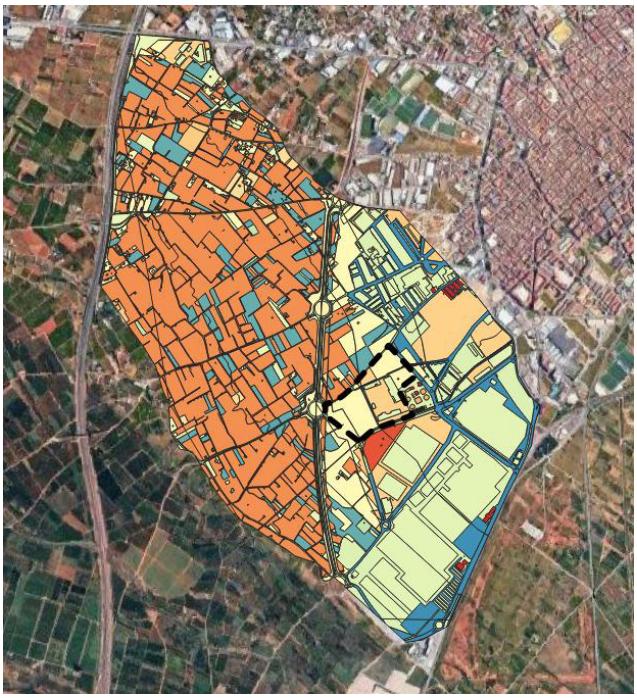
$$CN = \frac{5080}{P_0 + 50{,}8}$$

  - donde:
    - CN = número de curva ($30 \leq CN \leq 100$).
    - S = almacenamiento máximo del suelo (mm).

El cálculo del CN y del umbral de escorrentía en el ámbito de estudio se ha realizado a partir de tres parámetros fundamentales:

a) Usos del suelo: El tipo de cobertura superficial condiciona la capacidad de interceptación y almacenamiento. Superficies naturales o con vegetación densa presentan mayor infiltración, mientras que las superficies urbanizadas o agrícolas intensivas tienden a generar escorrentía con mayor rapidez.

   a. En la siguiente imagen se muestra los usos del suelo asociados a las cuencas situadas aguas arriba de la zona de actuación

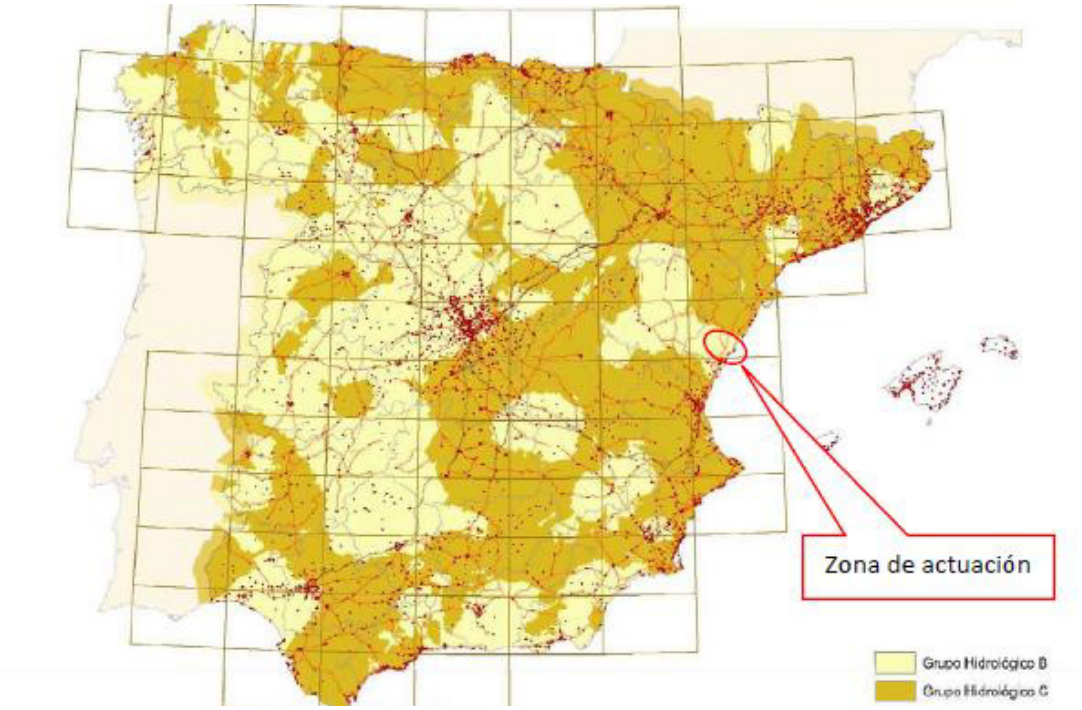


b) Grupo hidrológico del suelo: Clasificación establecida por el SCS en cuatro grupos (A, B, C y D), en función de la permeabilidad y la capacidad de infiltración. Los suelos arenosos (Grupo A) presentan alta infiltración, mientras que los arcillosos o compactados (Grupo D) se asocian a elevados valores de CN.

   a. En la tabla siguiente se muestra las características de los distintos grupos hidrológicos

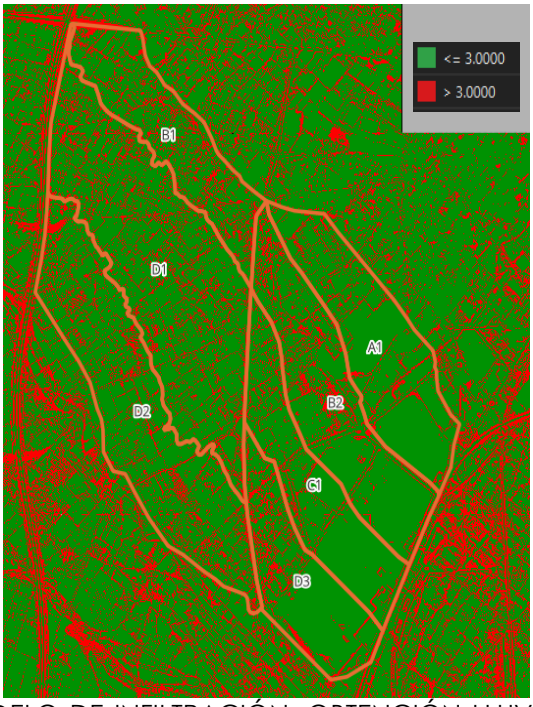
Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

   b. En las cuencas afectadas el grupo hidrológico indicado tipo B. En las siguientes imágenes se muestra la zona de actuación y el grupo hidrológico asociado.



c) Pendiente media del terreno: La pendiente influye en el tiempo de residencia del agua sobre la superficie. Cuencas con pendientes suaves favorecen la infiltración, mientras que en pendientes acusadas predomina la escorrentía superficial.

   a. En la siguiente imagen se muestra el mapa de pendientes. En color verde se encuentran los pendientes cuyos valores son menores al 3% mientras que el color rojo representa las pendientes mayores del 3%.



En el capítulo de "MODELO DE INFILTRACIÓN. OBTENCIÓN LLUVIA NETA" se facilitan los resultados tanto del umbral de escorrentía como de los números de curva.

7.4.4 TIEMPO DE CONCENTRACION DE LA CUENCA

El **tiempo de concentración** (tc) es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe o, en otras palabras, es el tiempo transcurrido desde el final de la lluvia neta hasta el final del hidrograma superficial generado por ella. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe. La fórmula propuesta por la normativa 5.2 IC de drenaje superficial es:

$$t_c = 0{,}3 \cdot L_c^{0{,}76} \cdot J_c^{-0{,}19}$$

donde:

- tc = el tiempo de concentración de la cuenca (horas)
- L = la longitud del cauce principal (kilómetros)
- J = la pendiente media del cauce (tanto por uno)

El cauce es aquel que da lugar a un valor mayor del tiempo de concentración (mayor longitud y menor pendiente). El tiempo de retardo de la punta del hidrograma se corresponde con el valor a introducir en HEC-HMS (lag time) para considerar la propagación de la escorrentía superficial en la cuenca hidrográfica. En este estudio se adopta el valor propuesto en la formulación del SCS de 0,6*tc.

En este caso en concreto, dado que únicamente las cuencas A1, B1, B2, C1 y D3 pertenecen a la zona de influencia hidrológica, se calcula el tiempo de concentración de la cuenca más desfavorable, en este caso, la cuenca B1 y B2 que son las que tienen una longitud de cauce de mayor envergadura.

Las tablas siguientes, muestran los resultados de los tiempos de concentración de las cuencas de la rambla de San Miguel y las cuencas situadas aguas arriba de la zona de actuación.

Cuenca	Longest Flow Path (km)	Longest Flow Slope (m/m)	Tc (h)	Tc (min)	Tlag (min)
B1	1.344	0.007	0.961	57.646	34.588
B2	2.001	0.004	1.426	85.532	51.319
CU-1	3.345	0.008	1.870	112.199	67.319

7.4.5 CARACTERIZACION DE LA CURVA DE INTESIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA.

La conversión de precipitación máxima diaria a distribución temporal de precipitación mediante hietogramas requiere el empleo de una curva de intensidad-duración-frecuencia. La Norma 5.2-I.C. de Drenaje Superficial de Carreteras propone la utilización de la curva de intensidad-duración-frecuencia (IDF) recogida en la publicación "Cálculo hidrometeorológico" del profesor D. José Ramón Témez (1978), que tiene formulación básica aplicada al caso de España.

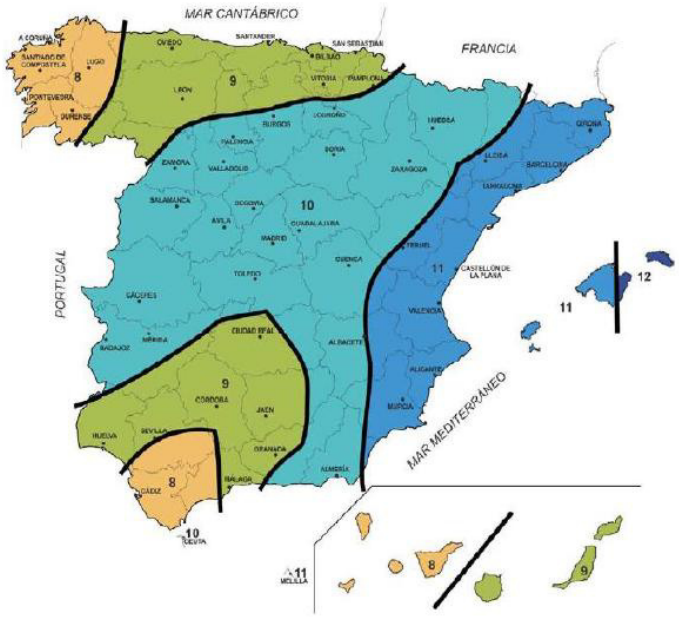
Este método permite considerar explícitamente la situación geográfica de la cuenca objeto del estudio mediante el parámetro del índice de torrencialidad (I1/Id), cociente entre la intensidad horaria y la diaria, que ha sido regionalizado a nivel nacional. La expresión analítica propuesta por Témez para la obtención de las curvas IDF responde a la siguiente formulación:

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

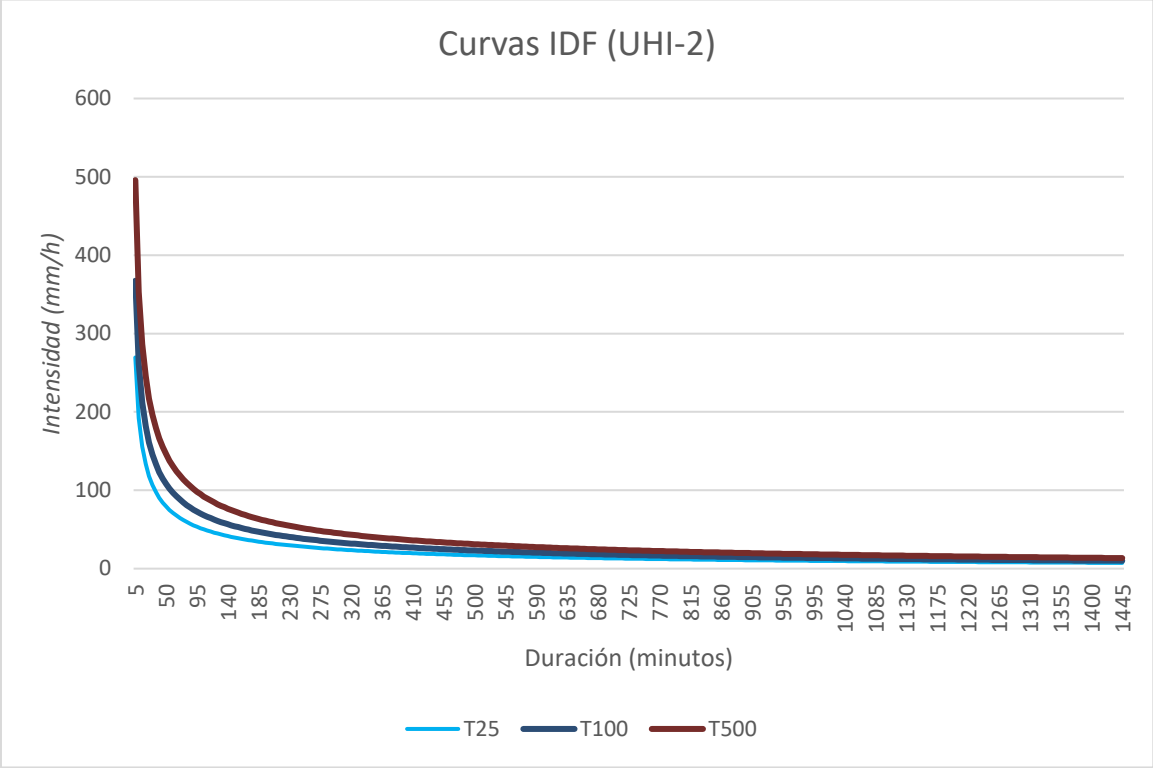
Donde:

- I_t (mm/h) es la intensidad media correspondiente al intervalo de duración t deseado
- I_d (mm/h) es la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al periodo de retorno considerado. Es igual a Pd/24.
- P_d (mm) es la precipitación total diaria correspondiente al período de retorno considerado (calculada en el apartado PRECIPITACION DE DISEÑO)
- t (h) es la duración del intervalo al que se refiere It.
- I1/Id (adimensional) es el índice de torrencialidad y se define como el cociente entre la intensidad horaria y la diaria. Este parámetro es independiente del periodo de retorno y puede obtenerse para el territorio nacional a partir de mapa publicado en la propia instrucción.
    - En la siguiente imagen se muestra el mapa del índice de torrencialidad. En él se indica el valor de índice de torrencialidad a adoptar, en este caso, un valor de 11 para la zona de estudio.

En la imagen siguiente se muestra el mapa de



Por lo tanto, aplicando la formulación de Témez, las curvas IDF resultantes para los diversos períodos de retorno considerados son:



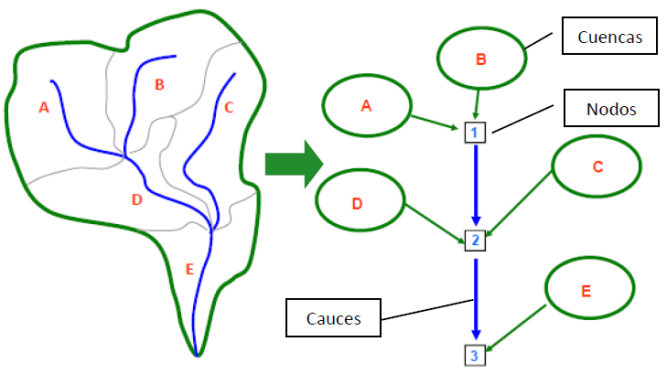
7.5 ESQUEMA HIDROLÓGICO ADOPTADO Y MODELOS UTILIZADOS

El presente estudio adopta una metodología de modelización hidrológica basada en un esquema pseudodistribuido, implementado mediante el software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del US Army Corps of Engineers.

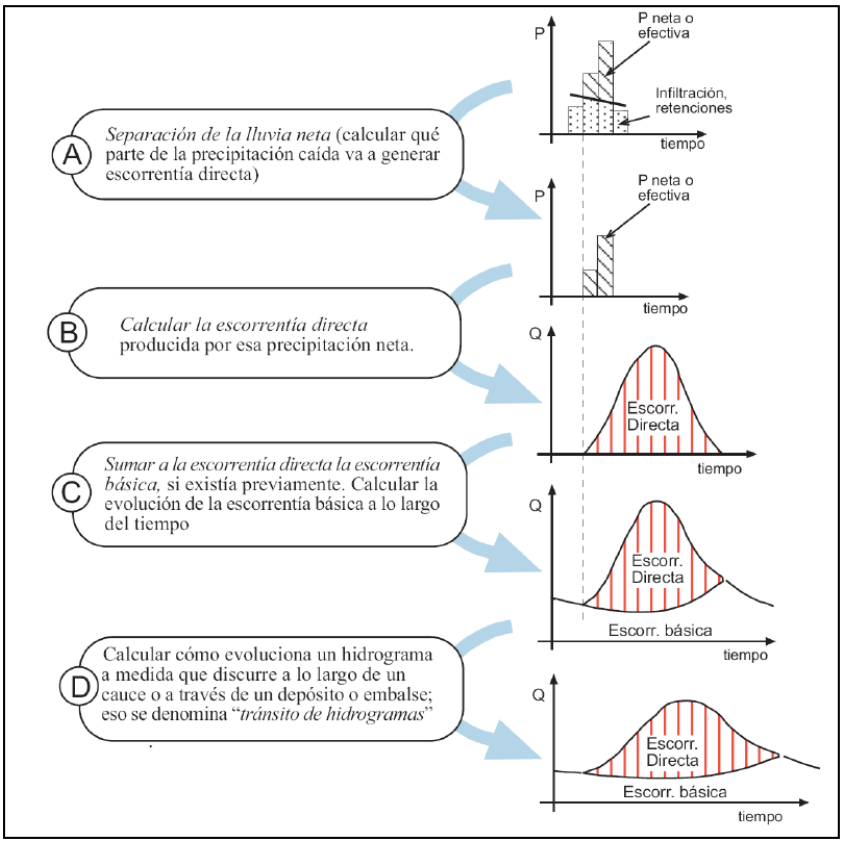
Este enfoque permite simular el comportamiento hidrológico de las distintas cuencas de aportación hacia el ámbito urbanizable, incorporando procesos como la infiltración, la transformación de la lluvia neta en escorrentía y la propagación del caudal en los cauces.

7.5.1 EL MODELO PSEUDODISTRIBUÍDO HEC-HMS

El modelo se ha estructurado dividiendo el territorio en subcuencas homogéneas desde el punto de vista fisiográfico e hidrológico, definidas a partir de la topografía y de la red hidrográfica existente.



A continuación, se muestra un esquema de funcionamiento de los procesos de cálculo que se llevan a cabo en un estudio hidrológico pseudodistribuido



Según la descripción esquemática del proceso, resulta imperativo realizar tres procesos de modelación matemática:

- Modelación de la precipitación: a partir de los datos considerados en el estudio pluviométrico. Será necesario obtener la precipitación de diseño y su distribución en el tiempo. La precipitación será el factor inicial en el que se apoyan los posteriores procesos de cálculo.
- Modelación de la infiltración: este segundo proceso se basa en la morfología y las características físicas de la cuenca y tendrá como resultado la capacidad de infiltración de las cuencas vertientes. Una vez obtenida la infiltración, podemos obtener la lluvia neta, que es aquella que no se infiltra en el terreno y por tanto se convierte en escorrentía superficial.
- Modelación de la escorrentía: Esta modelación se basa en los procesos hidrológicos que tienen lugar en el seno de la cuenca desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de desagüe de la cuenca.

Para cada subcuenca se han asignado parámetros representativos de la precipitación, infiltración, escorrentía y propagación de caudales.

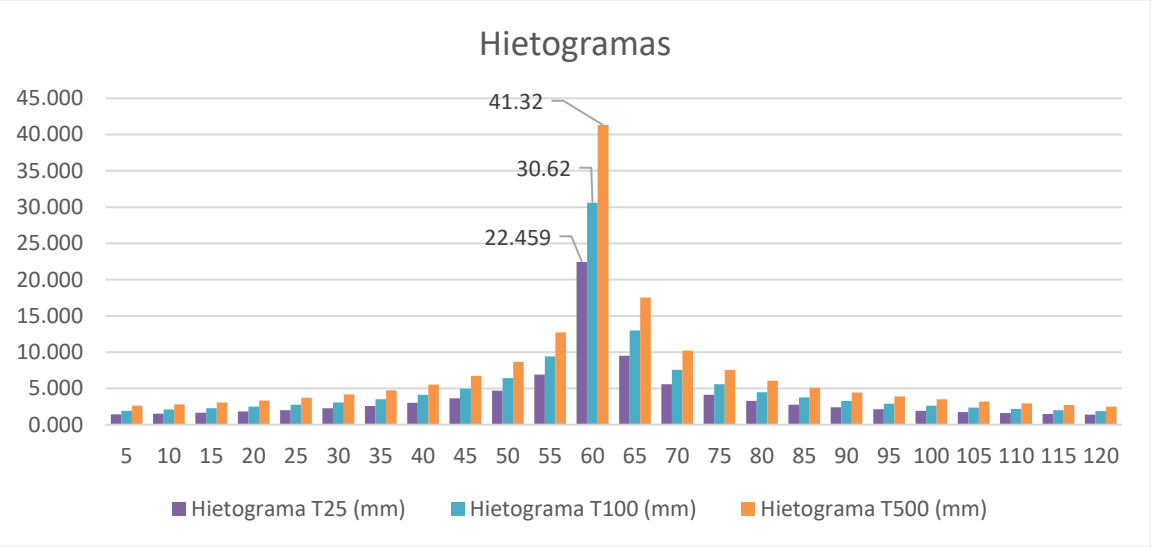
7.5.1.1 HIETOGRAMA SINTETICO: TORMENTAS DE DISEÑO

El modelo hidrológico ha sido alimentado con eventos de lluvia sintéticos correspondientes a tormentas de diseño para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, de acuerdo con la normativa del PATRICOVA.

Estas tormentas se han definido mediante hietogramas de bloques alternos, construidos a partir de la curva IDF del ámbito de estudio, considerando una duración de tormenta de 6 horas y una duración del evento analizado de 24 horas con una discretización temporal de resultados 5 minutal.

Los hietogramas se han aplicado de forma uniforme en todas las subcuencas, simulando un evento de lluvia centrado espacialmente con el máximo de intensidad momento central del evento.

En la gráfica siguiente se muestra el hietograma de las tormentas de diseño de 6 horas para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.



7.5.1.2 MODELO DE INFILTRACION. OBTENCIÓN LLUVIA NETA

El modelo de infiltración que se ha seleccionado es el del Soil Conservation Service (SCS), que permite cuantificar la pérdida de agua que genera escorrentía superficial a partir de un único parámetro adimensional, el número de curva (NC).

El número de curva se obtiene a partir del umbral de escorrentía corregido, el cual se ha determinado según la instrucción de carreteras 5.2-IC de drenaje superficial (ver ANEXO XX) y los valores de umbral de escorrentía indicados en la guía del SNCZI. Los números de curva promediados según áreas, grupos hidrológicos y usos del suelo que se han considerado para las distintas subcuencas hidrográficas y los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.

En las siguientes tablas se muestran los números de curva asociados a cada cuenca:

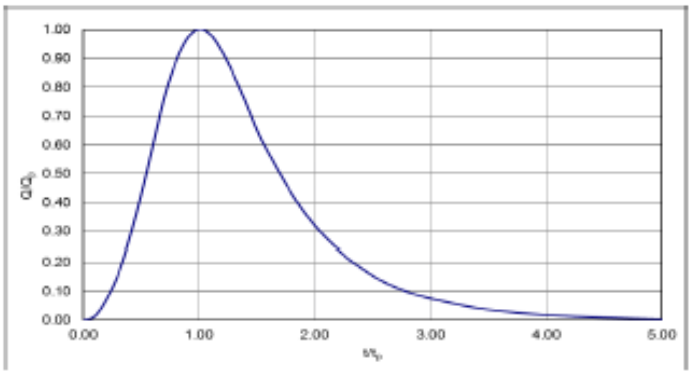
- CUENCAS SITUADAS AGUAS ARRIBA DEL AREA URBANIZABLE

Cuenca	CN T025	CN T100	CN T500
A1	82.67	80.23	80.23
B1	65.40	76.54	76.54
B2	75.71	77.34	77.34
C1	72.40	76.34	76.34
D1	62.83	75.42	75.42
D2	61.88	75.35	75.35
D3	71.60	74.53	74.53

7.5.1.3 MODELO DE TRANSFORMACIÓN DE LLUVIA NETA EN ESCORRENTÍA

La propagación de la escorrentía superficial se produce tanto en las cuencas como en los cauces del modelo hidrológico. Ambas metodologías de cálculo de la propagación están basadas en modelos de tipo empírico o conceptual.

Una vez obtenida la precipitación neta mediante el modelo de infiltración del SCS, resulta necesario transformarla en escorrentía superficial para estimar los caudales generados en cada subcuenca del ámbito de estudio. Para ello se emplea el modelo del hidrograma unitario del SCS, ampliamente implementado en programas como HEC-HMS, que permite convertir los volúmenes de lluvia neta en hidrogramas de caudal en función de las características geomorfológicas e hidrológicas de cada cuenca.



Según la recomendación del SCS, el tiempo al pico se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + T_{dp}$$

Donde:

- t_p = el tiempo al pico (segundos)
- Δt = Intervalo de discretización (segundos)
- T_{dp}= es el tiempo de desfase de la punta (tiempo transcurrido entre el centro de gravedad de la precipitación neta y la punta del hidrograma) y se corresponde con el resultado de tc*0,6. Este tiempo es el que se introduce en HEC-HMS como Tlag (segundos)

De esta manera, el proceso de transformación permite disponer de los hidrogramas de escorrentía generados en cada subcuenca para los distintos periodos de retorno analizados. Estos hidrogramas constituyen la condición de entrada para el siguiente paso del modelo hidrológico, consistente en la propagación de caudales a lo largo de la red de drenaje natural.

7.5.1.4 MODELO DE PROPAGACIÓN EN CAUCES

Para la **propagación de caudales en zonas sin cauces claramente definidos**, característica propia de ámbitos afectados por **peligrosidad de inundación de tipo geomorfológico**, se ha adoptado el **método del retardo o método del *lag***.

Este método se basa en la utilización del **tiempo de propagación o tiempo de retardo de la cuenca**, permitiendo trasladar el hidrograma de entrada hasta el punto de control

aguas abajo sin modificar su forma, pero incorporando el efecto del tiempo necesario para que el flujo superficial atraviese zonas de drenaje difuso, vaguadas y áreas de escorrentía no encauzada.

La elección del método del *lag* resulta especialmente adecuada en el presente estudio por los siguientes motivos:

- La ausencia de cauces fluviales definidos dentro del ámbito.
- El carácter aluvial y de baja pendiente del terreno.
- La presencia de zonas de inundación geomorfológica y drenaje superficial difuso.
- La necesidad de representar de forma simplificada pero conservadora la propagación del flujo en áreas no encauzadas.

El **tiempo de propagación** se ha estimado a partir de las características geométricas y topográficas de cada subcuenca, teniendo en cuenta la longitud de los recorridos de escorrentía y las pendientes medias, de forma coherente con la metodología empleada en el estudio de referencia.

Tlag=60 minutos

Como resultado del proceso de propagación en cauces, se obtienen los hidrogramas ajustados en las distintas secciones de control del ámbito de estudio, incorporando los efectos de atenuación y desfase generados durante el tránsito de la avenida. Estos hidrogramas constituyen la base para la síntesis y análisis de los resultados hidrológicos finales, los cuales se presentan en el apartado siguiente.

7.5.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MODELO HIDROLÓGICO

En este capítulo se exponen los resultados derivados de la modelización hidrológica realizada para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.

Se presentan los hidrogramas de caudal en las secciones de cierre, junto con los valores característicos más relevantes: caudal punta, y volumen de escorrentía generado.

Asimismo, se analizan las implicaciones hidrológicas de los resultados obtenidos, que servirán de base para el posterior estudio hidráulico y diseño de las medidas correctoras.

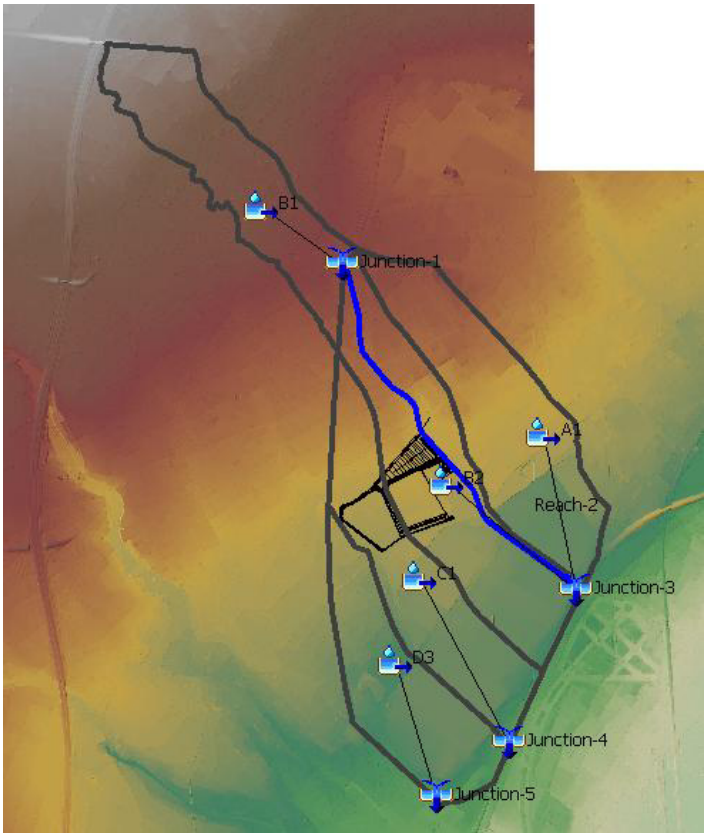
7.5.2.1 CUENCAS SITUADAS AGUAS ARRIBA DEL AREA URBANIZABLE

En el presente estudio hidrológico se han obtenido los hidrogramas de avenida correspondientes a las distintas cuencas que aportan al ámbito de estudio, para los periodos de retorno **T = 25, 100 y 500 años**, conforme a la metodología descrita en apartados anteriores.

A continuación, se ilustran las cuencas hidrológicas que componen el territorio asociado a la ordenación urbana propuesta. Las cuencas, B1, B2 y C1 se encuentran directamente asociadas con la escorrentía superficial de la zona de actuación.

Elementos Hidrológicos		T25		T100		T500	
Id	Area drenaje (km2)	Caudal punta (m3/s)	Vol Escorrentia (x1000m3)	Caudal punta (m3/s)	Volumen Escorrentia (x1000m3)	Caudal punta (m3/s)	Volumen Escorrentia (x1000m3)
A1	0.6045	6.7	33	10.3	50.5	15.3	74.6

Elementos Hidrológicos		T25		T100		T500	
Id	Area drenaje (km2)	Caudal punta (m3/s)	Vol Escorrentia (x1000m3)	Caudal punta (m3/s)	Volumen Escorrentia (x1000m3)	Caudal punta (m3/s)	Volumen Escorrentia (x1000m3)
B1	0.47887	5.8	23.8	9	37	13.6	55.4
B2	0.6541	6.6	33.2	10.3	51.4	15.4	76.8
C1	0.4871	5.6	24.1	8.7	37.5	13.1	56.2
D3	0.4342	4.9	20.5	7.7	32.1	11.7	48.5



No obstante, a efectos del **análisis hidráulico posterior**, únicamente se emplean como condición de contorno los resultados correspondientes a la **cuenca B1**, dado que esta cuenca incorpora infraestructuras existentes que condicionan de forma directa el régimen de caudales concentrados que se pueden propagan aguas abajo.

8 ESTUDIO HIDRÁULICO.

El presente apartado se recoge el análisis empleado para el estudio hidráulico realizado en la zona de estudio, cuyo objetivo, según se indica en el apartado e) del art 12.1 de la Normativa del PATRICOVA, es evaluar la capacidad de desagüe de los cauces, identificar los puntos de desbordamiento y determinar la magnitud y extensión de las inundaciones para distintos escenarios de cálculo.

8.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO.

El estudio contempla la modelización de las avenidas asociadas a los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, lo que permite disponer de un rango de resultados que abarca desde episodios de recurrencia media hasta eventos extremos.

Asimismo, se lleva a cabo un análisis comparativo entre la situación actual y la situación proyectada, con el fin de:

- Comprobar que no se produce afección a terceras, aguas arriba o aguas abajo de la actuación.
- Analizar los calados máximos dentro de la zona de actuación y sus alrededores.
- Mantener los flujos naturales correspondientes a la situación actual, garantizando la continuidad hidráulica del sistema.
- Evaluar la peligrosidad y el riesgo de inundación, considerando la combinación de calados, velocidades y extensión de la lámina de agua.

La modelización se ha realizado en régimen no permanente mediante técnicas de simulación bidimensional (2D), lo que permite representar con detalle la interacción entre el cauce y la llanura de inundación en ambos escenarios.

8.1.1 SOFTWARE EMPLEADO

El modelo hidráulico se ha implementado mediante el software HEC-RAS 2D versión 6.6 (USACE, 2023), que permite la simulación en régimen no permanente de la propagación de caudales sobre un modelo bidimensional del terreno.

Las principales ventajas del empleo de HEC-RAS 2D en este estudio son:

- Representación conjunta de flujos en cauce y llanura de inundación.
- Integración con sistemas GIS para análisis espacial y cartográfico de resultados.
- Modelización bidimensional y análisis de resultados.
- Interacción con modelos digitales de terreno de diferentes fuentes

8.2 CONDICIONES DE CONTORNO

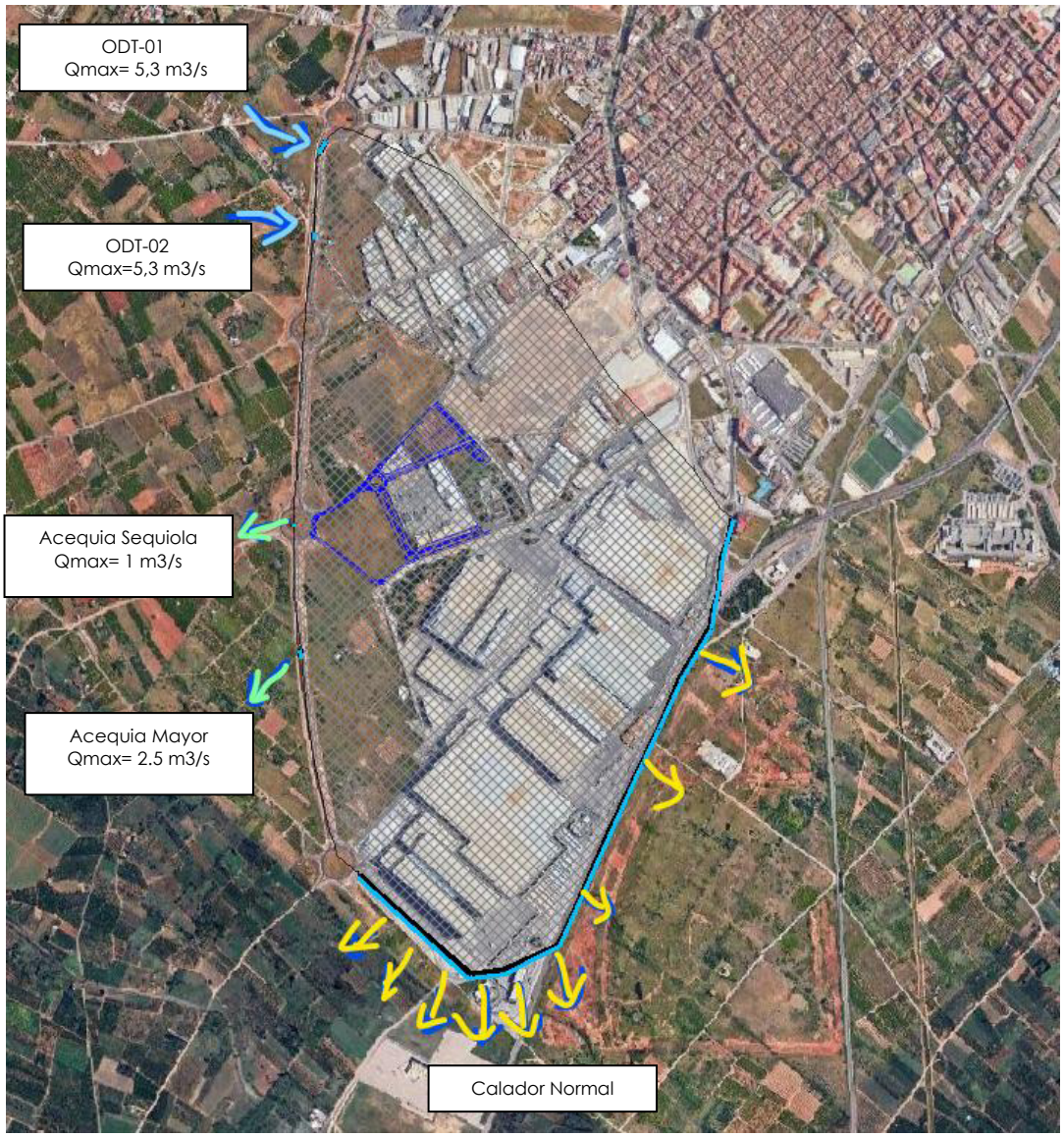
El modelo hidráulico se ha definido a partir de un conjunto de condiciones de contorno que representan de forma coherente los mecanismos de generación, concentración y evacuación de caudales que intervienen en el ámbito de estudio. Estas condiciones permiten reproducir adecuadamente la interacción entre las cuencas aportantes, las infraestructuras de drenaje existentes y la propagación de los flujos dentro y fuera del dominio de cálculo.

En el modelo se han considerado condiciones de contorno de entrada, asociadas tanto a aportaciones concentradas como distribuidas, así como condiciones de contorno de salida, que regulan la evacuación de caudales aguas abajo.

El modelo hidráulico se ha definido a partir de un conjunto de condiciones de contorno que representan de forma coherente el comportamiento hidrológico e hidráulico del sistema, tanto en los puntos de entrada como en los de salida del dominio de cálculo. Estas condiciones permiten reproducir adecuadamente la interacción entre las

infraestructuras existentes, los caudales generados en las cuencas aportantes y los mecanismos de evacuación aguas abajo.

La imagen siguiente muestra la geometría empleada en el modelo hidráulico y las condiciones de contorno empleadas. En azul se puede observar las condiciones de entrada y en verde y amarillo condiciones de salida.



8.2.1 CONDICIONES DE ENTRADA DEL MODELO

La combinación de **hidrogramas de entrada en las ODT** y **lluvia propia sobre el dominio modelizado** permite reproducir de forma coherente:

- Las **aportaciones difusas**, generadas directamente sobre el ámbito de análisis. (Lluvia propia)
- Las **aportaciones concentradas**, procedentes de cuencas externas y reguladas por infraestructuras existentes. (Hidrogramas de entrada)

Este planteamiento asegura una representación realista del funcionamiento hidráulico del sistema en los distintos escenarios de avenida considerados.

8.2.1.1 LLUVIA PROPIA (HIETOGRAMA)

La lluvia propia del modelo representa la precipitación que incide directamente sobre la superficie incluida dentro del dominio hidráulico, generando escorrentía superficial de forma distribuida.

A diferencia de las condiciones de tipo hidrograma, en este caso el modelo hidráulico sí reproduce explícitamente el proceso de transformación lluvia-escorrentía, teniendo en cuenta la intensidad y duración del episodio de lluvia, la geometría del terreno y los parámetros hidráulicos asociados a la rugosidad superficial.

La consideración de la lluvia propia permite simular la generación de caudales en aquellas zonas que no drenan hacia las ODT, pero que contribuyen de forma directa a los niveles de inundación dentro del ámbito de estudio, garantizando una representación completa del comportamiento hidráulico durante episodios de precipitación intensa.

Los hietogramas de entrada vienen definidos en el capítulo 7.5.1.1.

8.2.1.2 HIDROGRAMAS DE ENTRADA

Las condiciones de contorno de tipo hidrograma representan la entrada al modelo de un caudal previamente generado en una cuenca externa al dominio hidráulico, cuya evolución temporal se define mediante un hidrograma obtenido a partir del análisis hidrológico.

En el presente estudio, este tipo de condición de contorno se ha aplicado a las dos obras de drenaje transversal (ODT) situadas en la Ronda Sudoeste de Vila-real, las cuales recogen la escorrentía generada en la cuenca B1 y la introducen de forma concentrada en el ámbito de análisis hidráulico. Dichas obras fueron proyectadas por TYPSA durante el diseño de la citada ronda.

De este modo, el modelo hidráulico no simula el proceso de generación de escorrentía en la cuenca B1, sino que recibe directamente el caudal resultante del estudio hidrológico, ya condicionado por la capacidad de las infraestructuras existentes. Cada ODT se introduce en el modelo como una condición de entrada puntual de caudal variable en el tiempo, definida por su correspondiente hidrograma.

8.2.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL EXISTENTES

Según la documentación del proyecto de la Ronda Sudoeste de Vila-real, las dos obras de drenaje transversal localizadas en la cuenca B1 presentan una **capacidad máxima de desagüe de 5,3 m³/s cada una**.

Estas estructuras fueron dimensionadas para garantizar la funcionalidad hidráulica de la infraestructura viaria, permitiendo el paso controlado de los caudales de avenida asociados a la cuenca interceptada, y derivando los excedentes hacia zonas específicamente previstas para su laminación.

De las visitas realizadas a campo se capturaron imágenes de las estructuras hidráulicas existentes.

En las siguientes imágenes se muestran dichas infraestructuras:

ODT-01 (4 Marcos 2x1m)



ODT-02 (2 Marcos 2x1m)



Si bien las dos obras de drenaje transversal (ODT-01 y ODT-02) presentan geometrías diferentes, los cálculos hidráulicos de diseño recogidos en el estudio llevado a cabo por TYPSA (ANEXO 11. Antecedentes) permiten constatar que ambas soluciones resultan compatibles con el caudal de avenida considerado, del orden de 5,3 m³/s. No obstante, el comportamiento hidráulico aguas arriba de la infraestructura difiere de forma apreciable en función de la geometría adoptada, especialmente en lo relativo a los calados necesarios para trasvasar dicho caudal.

En particular, las soluciones con mayor ancho efectivo de paso, manteniendo un calado máximo similar, permiten evacuar el mismo caudal con menores pérdidas de carga y, por tanto, con calados aguas arriba más reducidos. Este aspecto resulta especialmente relevante desde el punto de vista del PATRICOVA, al minimizar la extensión y profundidad de la lámina de agua en el entorno inmediato de la carretera, reduciendo la peligrosidad asociada a la inundación superficial.

A modo de comprobación hidráulica, se analiza el funcionamiento de una ODT formada por dos marcos rectangulares de hormigón de dimensiones interiores 2,0 m × 1,0 m cada

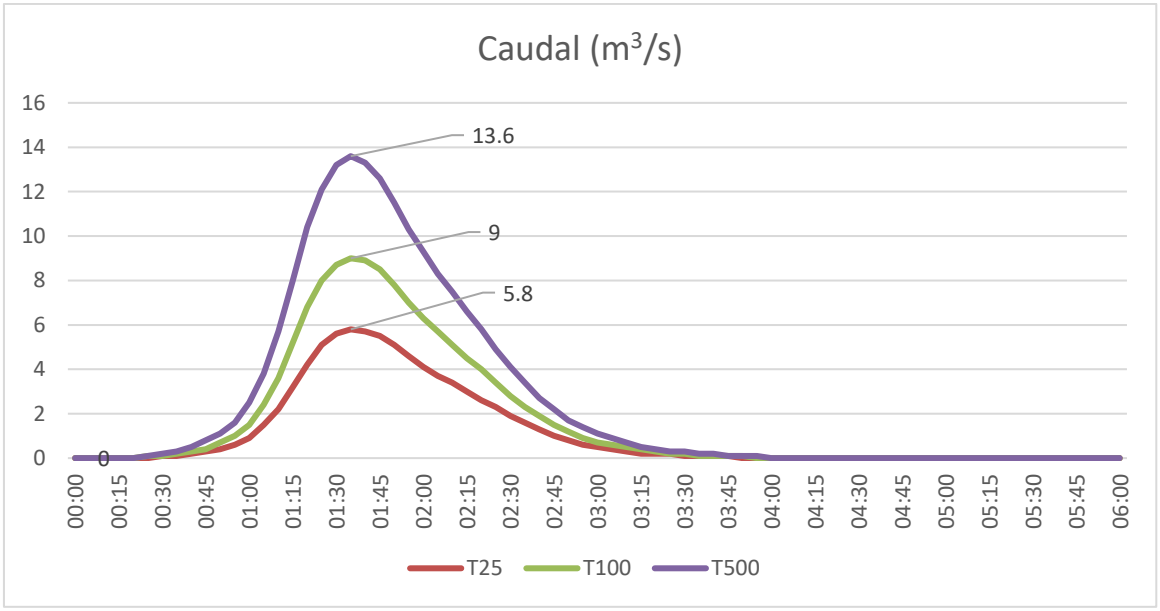
uno. Considerando un régimen de flujo a sección llena como hipótesis conservadora, una pendiente longitudinal representativa del ámbito S = 0,003 y una rugosidad de Manning n = 0,013, la capacidad hidráulica de cada marco es del orden de 4,0 m³/s, resultando una capacidad conjunta aproximada de 8,0 m³/s. Este valor es claramente superior al caudal de proyecto de 5,3 m³/s, por lo que la ODT trasiega dicho caudal sin alcanzar condiciones de sobrevertido.

Por otra parte, el funcionamiento hidráulico aguas abajo de las ODT se ve condicionado favorablemente por la presencia de balsas de laminación y elementos SUDS existentes, dispuestos de forma paralela a la traza de la carretera. En consecuencia, se asume que el flujo evacuado por las ODT no se acumula de manera transversal contra la infraestructura viaria, sino que es conducido longitudinalmente, en paralelo a la carretera, hacia las citadas balsas de laminación, donde se produce la reducción de caudales punta y la laminación del hidrograma. Este esquema de funcionamiento resulta coherente con los principios de gestión del riesgo de inundación establecidos en el PATRICOVA y garantiza la no afección a terceros.

8.2.1.2.2 SELECCIÓN HIDROGRAMAS DE ENTRADA

El análisis hidrológico de la cuenca B1 proporciona los siguientes caudales punta:

- T = 25 años: 5,8 m³/s
- T = 100 años: 9,0 m³/s
- T = 500 años: 13,6 m³/s



Dado que existen dos ODT funcionalmente equivalentes, se adopta un reparto equitativo del hidrograma total, de forma que cada obra recibe el 50 % del caudal generado por la cuenca. Los caudales punta teóricos por obra serían, por tanto:

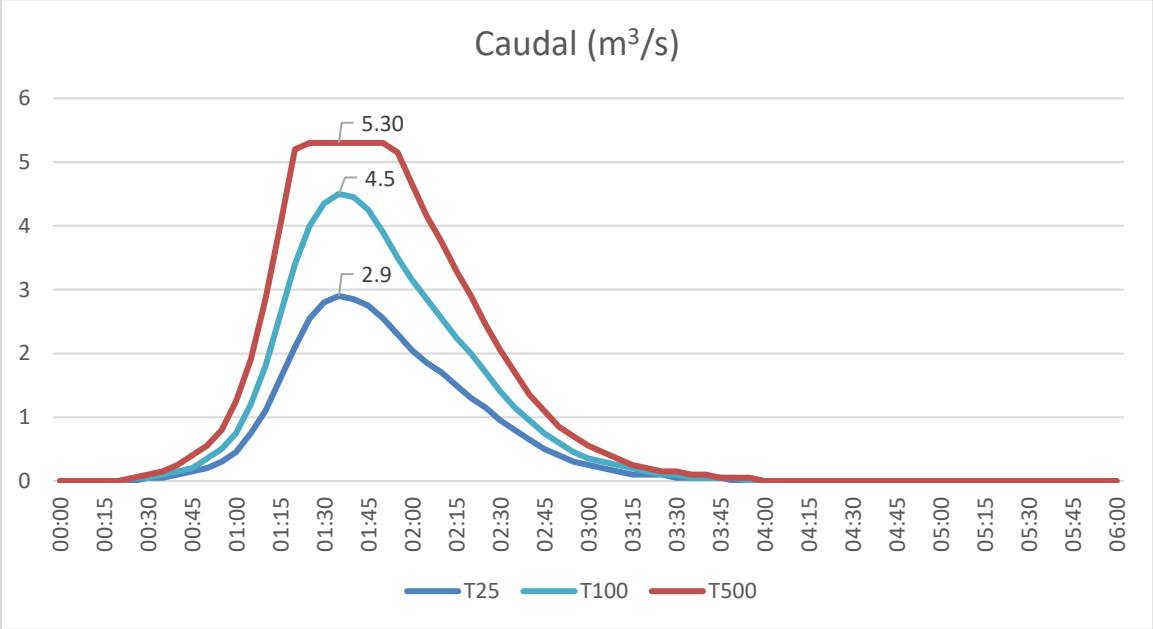
- T = 25 años: 2,9 m³/s
- T = 100 años: 4,5 m³/s
- T = 500 años: 6,8 m³/s

Considerando la capacidad máxima de diseño de las estructuras, los hidrogramas repartidos se modifican de la siguiente manera:

- Para T = 25 y T = 100 años, el caudal repartido es inferior a la capacidad de las ODT, por lo que el hidrograma se transmite íntegramente.
- Para T = 500 años, el caudal repartido supera la capacidad máxima, por lo que el hidrograma se limita a 5,3 m³/s por obra, manteniendo el comportamiento hidráulico conforme al diseño de las infraestructuras.

El excedente de caudal no trasegado por las ODT se considera derivado hacia zonas de sacrificio, materializadas mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) dispuestos de forma paralela a la Ronda Sudoeste, donde se produce la laminación y disipación del caudal excedentario.

A continuación, se muestra la gráfica correspondiente al hidrograma de entrada de las ODT que forman parte de la zona de afección hidrológica de la zona de actuación.



8.2.2 CONDICIONES DE CONTORNO DE SALIDA DEL MODELO HIDRÁULICO

Las condiciones de contorno de entrada y salida del modelo hidráulico se han definido en función de la configuración geométrica del ámbito de estudio y de la presencia de infraestructuras que condicionan la evacuación de caudales aguas abajo.

8.2.2.1 CONDICIÓN DE CALADO NORMAL EN EL LÍMITE SUR Y SUROESTE

En el contorno situado al **sur y suroeste del dominio de cálculo**, que representa la salida natural de los flujos fuera del ámbito de análisis, se ha adoptado una **condición de contorno de tipo calado normal**.

Esta hipótesis resulta adecuada al no existir elementos que impongan un nivel hidráulico fijo aguas abajo y al producirse una evacuación progresiva del flujo fuera del dominio modelizado. La condición de calado normal permite que el modelo calcule de forma automática el nivel del agua en función de la pendiente hidráulica y de la geometría del terreno, garantizando una transición estable del flujo en los límites del modelo.

8.2.2.2 CONDICIONES DE CONTORNO ASOCIADAS A LAS ACEQUIAS EXISTENTES

En la zona intermedia del ámbito de análisis se localizan dos infraestructuras de drenaje de carácter lineal que actúan como elementos de evacuación parcial de caudales:

- **Acequia de la Sequiola**, con una capacidad máxima de desagüe de **1,0 m³/s**.
- **Acequia Mayor**, con una capacidad máxima de desagüe de **2,5 m³/s**.

Estas acequias interceptan parte de los flujos superficiales, funcionando como elementos de alivio dentro del sistema hidráulico. En el modelo se han representado mediante **condiciones de contorno de salida con limitación de caudal**, de modo que el caudal evacuado por cada acequia no supera su capacidad máxima de transporte.

En situaciones en las que el caudal disponible excede dichas capacidades, el flujo sobrante continúa su propagación superficial dentro del dominio modelizado, contribuyendo a los niveles de inundación obtenidos en los resultados del modelo.

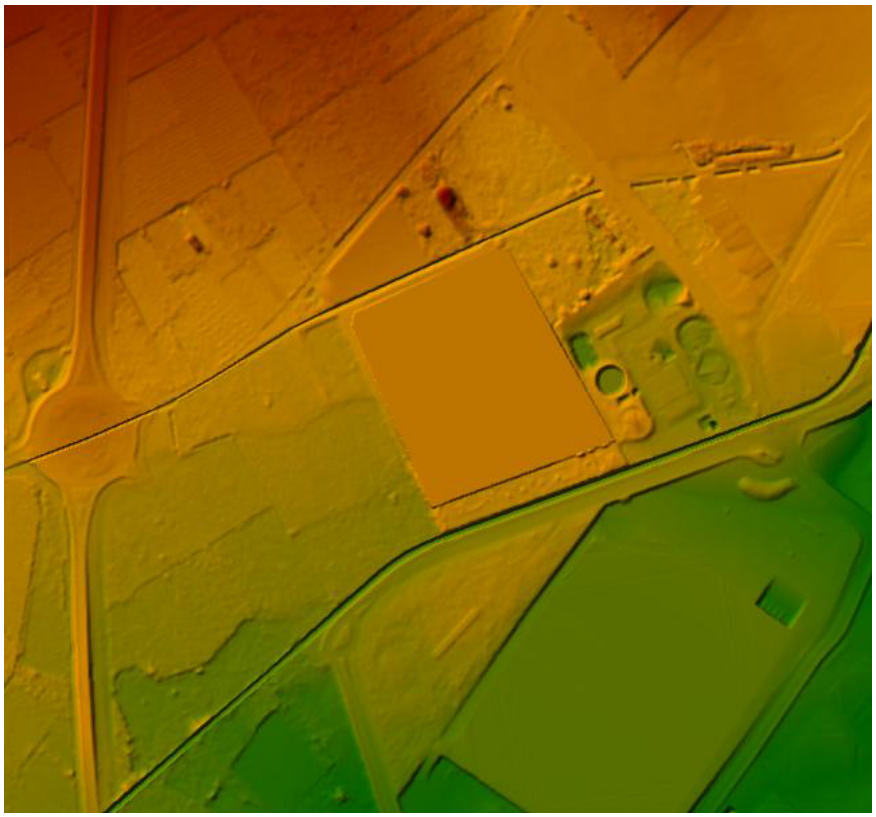
8.3 ANALISIS HIDRAULICO SITUACIÓN ACTUAL.

8.3.1 MODELO DIGITAL DEL TERRENO.

El análisis se ha realizado sobre dos fuentes de información topográfica:

- Modelo Digital del Terreno obtenido a partir de la información LIDAR IGN 2025 obtenido del Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional.

Los MDT empleados han sido depurados eliminando elementos artificiales (edificaciones, arbolado), garantizando una representación fiel de la topografía natural y la geometría de los viales y acequias asegurándose un comportamiento hidraulico similar al de una zona industrial plana.



8.3.2 MALLA DE CÁLCULO.

La discretización espacial se ha efectuado mediante una malla estructurada de elementos hexagonales:

- 8 m de tamaño de celda de forma hexagonal en todo el entorno de estudio.
- 2 m en zonas singulares (infraestructuras y cauces principales), mediante líneas de rotura de malla, para obtener mayor precisión en la representación del flujo entre las celdas. Esta configuración asegura un equilibrio entre detalle y eficiencia computacional.

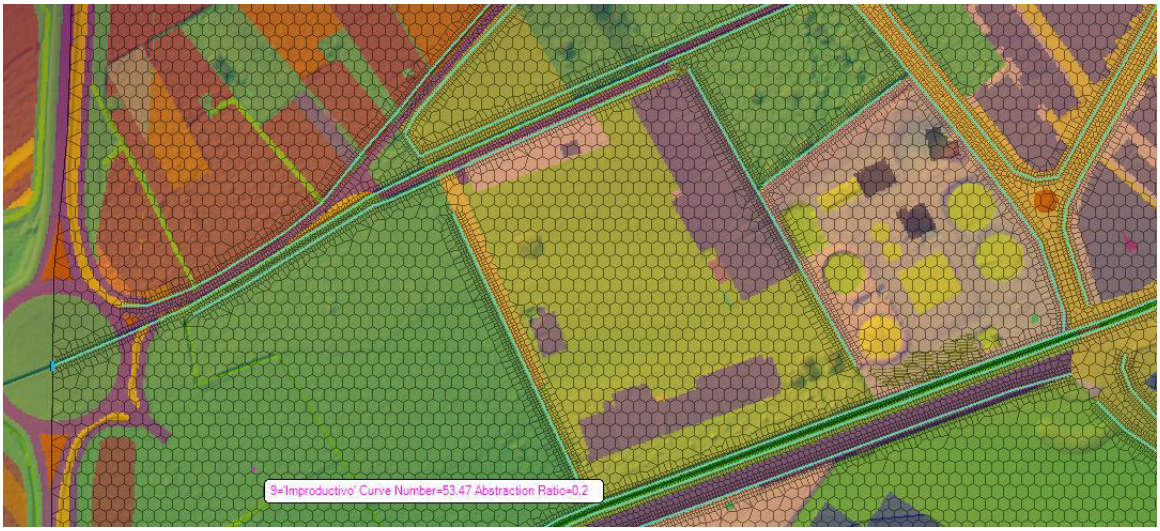
La imagen siguiente corresponde a la situación actual de la zona de estudio y la malla correspondiente:



8.3.3 INFILTRACION AL SUBSUELO.

La infiltración al subsuelo se ha modelizado mediante el método del SCS-CN, en el que se incluye el mapa de número de Curva obtenido durante el análisis hidrológico. Mediante el análisis hidráulico se puede modelizar la infiltración con mayor detalle comparado con un estudio hidrológico pues el tamaño de celda empleado en el modelo hidráulico es menor, incrementando el tiempo computacional, pero asegurando que los resultados asemejan el comportamiento del flujo durante crecidas con mayor detalle y ofreciendo mayor precisión.

En la imagen siguiente se muestra los valores del número de curva empleado en la situación actual.



8.3.4 RUGOSIDAD

La rugosidad se ha representado mediante el coeficiente de Manning (n), diferenciado según ocupación del suelo y tipología de superficie. Estos valores se han asignado a partir de la guía metodológica de SNCZI.



En la tabla siguiente se muestran los valores de Manning empleados en el modelo existente.

Usos del Suelo	Manning	Usos del Suelo	Manning
Acequia	0.015	Frutos secos (regadío)	0.06
Agrupación de edificios	0.09	Frutos secos (secano)	0.06
Autopista o autovía	0.1	Glorieta	0.1
Balsa de riego	0.025	Huerta	0.04

Usos del Suelo	Manning	Usos del Suelo	Manning
Bosque de coníferas	0.07	Huerta (secano)	0.04
Bosque mixto	0.07	Iglesia	0.1
Bosque ralo de coníferas	0.07	Improductivo	0.07
Bosque ralo mixto	0.07	Invernadero	0.1
Camino no asfaltado	0.1	Jardín	0.1
Campo de deportes (genérico)	0.09	Lago o laguna	0.025
Campo de fútbol	0.09	Lecho fluvial	0.015
Caseta	0.1	Marisma	0.04
Cementerio	0.1	Marquesina	0.1
Cítricos	0.06	Matorral	0.07
Cítricos - frutales (regadío)	0.06	Nave agroindustrial o fábrica	0.1
Cítricos (secano)	0.06	No construido	0.1
Depósito (genérico)	0.1	Olivar (regadío)	0.06
Depósito de agua elevado	0.1	Olivar (secano)	0.06
Depósito de agua superficial	0.1	Otras carreteras asfaltadas	0.1
Edificio aislado	0.1	Pastizal	0.035
Edificio en construcción	0.1	Patio	0.1
Edificio en urbanización	0.1	Piscina	0.025
Edificio singular	0.1	Pistas de tenis	0.09
Ermita	0.1	Playa	0.025
Escollera	0.1	Pozo	0.1
Estación de servicio	0.1	Red básica	0.1
Explanada no pavimentada	0.1	Red municipal	0.1
Explanada pavimentada	0.1	Río	0.04
Ferrocarril ancho UIC, ibérico o mixto	0.1	Tierras arables (regadío)	0.04
Frutales (regadío)	0.06	Tierras arables (secano)	0.04
Frutales (secano)	0.06	Transformador	0.1
Frutos secos - olivar (regadío)	0.06	Vegetación de ribera	0.07
Frutos secos - olivar (secano)	0.06	Vía de servicio	0.1
Zona arbolada	0.06	Vial o zona peatonal en área urbana	0.1
Zona húmeda continental	0.06		

8.3.5 RESULTADOS OBTENIDOS.

Los resultados del modelo hidráulico permiten identificar los siguientes aspectos clave:

- Capacidades de desagüe del cauce y localización de las secciones críticas.
- Puntos de desbordamiento, con detalle de las zonas donde la lámina de agua rebasa el cauce. Esto sucede en una pequeña porción del área de actuación en la zona situada al norte cerca del litoral.
- Extensión de la zona inundable, delimitada para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.
- Calados máximos y velocidades de flujo, fundamentales para la evaluación de la peligrosidad y el riesgo de inundación.

Estos resultados se presentan en forma de **cartografía de calados, velocidades y extensión de inundación**, que constituyen la base obtener la **cartografía de peligrosidad y riesgo de inundación**, con la que establecer las medidas correctoras de protección contra inundaciones necesarias.

En concreto en el capítulo 10 se aportan los siguientes mapas resultado del análisis hidraulico:

- Situación y emplazamiento y Mapas Normativos
- Calado máximo T500. Situación actual.
- Velocidad máxima T500. Situación actual.
- Calado máximo T100. Situación actual.
- Velocidad máxima T100. Situación actual.
- Calado máximo T025. Situación actual.
- Velocidad máxima T025. Situación actual.
- Mapa de peligrosidad inundación (T25, T100 y T500). Situación actual.
- Mapa de riesgo inundación. Situación actual.

8.3.6 ANALISIS RESULTADOS OBTENIDOS

Como resultado de las simulaciones hidráulicas realizadas para la **situación actual del ámbito**, se han obtenido los mapas de calados, velocidades y extensión de la inundación correspondientes a los periodos de retorno **T = 25, 100 y 500 años**.



El análisis de dichos resultados pone de manifiesto que la inundabilidad existente responde fundamentalmente a procesos de **escorrentía superficial difusa y acumulaciones locales**, coherentes con la peligrosidad de tipo geomorfológico identificada en la cartografía del PATRICOVA.

De forma específica, se observan las siguientes afecciones en la **situación actual**:

- La **parcela ZND-IN1** se ve afectada en su **totalidad** por inundación para los **periodos de retorno T = 100 y T = 500 años**, presentando calados compatibles con procesos de laminación superficial en ausencia de medidas correctoras.
- La **parcela SQM** se ve afectada en su **totalidad** por inundación para los **periodos de retorno T = 25, 100 y 500 años**, presentando calados incompatibles con procesos de laminación superficial en ausencia de medidas correctoras.
- La **zona este de la parcela ZND-IN3** presenta afección por inundación para los **periodos de retorno T = 25, 100 y 500 años**, asociada a la convergencia de escorrentías procedentes de áreas colindantes y a la baja pendiente del terreno.
- La Parcela ZND-IN2 no se ve afectada por riesgo o peligro de inundación.

Estas afecciones, si bien resultan relevantes desde el punto de vista del análisis hidráulico, se localizan en ámbitos donde el planeamiento propuesto permite la adopción de soluciones de adaptación sin comprometer la ordenación pormenorizada prevista. En las imágenes siguientes se puede observar la afección de las parcelas mencionadas para el periodo de retorno de 500 años.

La imagen siguiente muestra las manchas de inundación que generan riesgo y peligro inundación de carácter bajo asociadas a las parcelas propuestas.

8.4 MEDIDAS CORRECTORAS

Las medidas correctoras se han definido de acuerdo con los criterios establecidos en el PATRICOVA y en la normativa sectorial de drenaje urbano, garantizando que no se produce incremento del riesgo de inundación ni de los niveles de peligrosidad en ámbitos colindantes, tanto aguas arriba como aguas abajo del sector, y manteniendo la compatibilidad hidráulica con el régimen de funcionamiento actual.

A partir de los resultados obtenidos para la situación actual, se concluye que resulta necesario incorporar **medidas correctoras específicas**, orientadas a:

- Eliminar o reducir la afección por inundación sobre las parcelas industriales previstas.
- Disminuir los niveles de peligrosidad y riesgo en el ámbito de estudio y su entorno inmediato.
- Garantizar la compatibilidad del desarrollo urbanístico con el PATRICOVA.

Las medidas correctoras propuestas se diseñan de forma que:

- **No generan afección al diseño urbanístico propuesto**, manteniendo la funcionalidad y geometría general de la ordenación pormenorizada.
- **Apenas modifican las rasantes previstas**, limitándose a ajustes locales y a la incorporación de zonas deprimidas en espacios de baja vulnerabilidad.
- Incorporan **zonas de sacrificio** en áreas colindantes a las parcelas industriales (zonas verdes, aparcamientos y viario), permitiendo la laminación y conducción controlada de las escorrentías.

Estas actuaciones permiten transformar la inundación no controlada existente en un **sistema de gestión hidráulica compatible**, reduciendo el peligro y el riesgo de inundación tanto en el interior del sector como en los ámbitos colindantes, sin provocar **afección negativa a terceros**.

El efecto de dichas medidas se evalúa en el apartado correspondiente a la **situación futura con medidas correctoras**, donde se comprueba la mejora sustancial del comportamiento hidráulico del ámbito.

8.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS.

Las soluciones adoptadas priorizan la gestión del riesgo frente a la eliminación absoluta de la inundación, aceptando la presencia de agua en zonas de baja vulnerabilidad como estrategia de reducción del daño, en coherencia con los principios de adaptación y resiliencia frente a episodios de lluvia extrema.

Las medidas correctoras se plantean con un enfoque **flexible y resiliente**, priorizando soluciones basadas en la naturaleza y en la capacidad del viario y los espacios libres para **conducir, laminar y gestionar** los excedentes de escorrentía en episodios de lluvia intensa, minimizando la vulnerabilidad del ámbito y garantizando la **no afección a terceros**.



En este sentido, se adopta como criterio general:

- Favorecer **zonas de sacrificio** (espacios capaces de admitir inundación controlada sin daños) en áreas de baja vulnerabilidad, tales como **zonas verdes, aparcamientos en superficie y zonas deprimidas**.
- Aprovechar el **flujo superficial natural por la red viaria**, definiendo pendientes, bordillos y puntos bajos de forma que el agua se conduzca hacia las zonas de sacrificio y/o hacia puntos de entrega controlados.
- Reconducir los excedentes, una vez laminados, hacia los **elementos de drenaje naturales y tradicionales** (acequias y llanuras de inundación), manteniendo el régimen hidráulico compatible con la situación existente.

Las soluciones se diseñan de manera que formen parte integrante del **Proyecto de Urbanización**, constituyendo condiciones para su ejecución y, en su caso, para la conexión/puesta en servicio de la actuación.

Las medidas correctoras aplicadas son:

8.4.1.1 ELEVACIÓN DE LAS PARCELAS SQM, ZND-IN1 Y ZND- IN3

Criterios de diseño.

- Transiciones suaves con viales colindantes (Vial Vorde y SCVT).
- No generación de barreras que incrementen el riesgo aguas arriba.
- Evitar riesgo y peligro de inundación en parcelas proyectadas.

Objetivo.

Reducir la exposición al riesgo y peligro de inundación de las parcelas SQM, ZND-IN1 y ZND-IN3 mediante elevación de la plataforma, así como proteger las parcelas frente a inundaciones sin trasladar el riesgo a terceros.

La elevación de las plataformas se ha definido de forma que no se generan efectos barrera ni incrementos significativos de calado o velocidad en ámbitos colindantes, tal y como se comprueba en la modelización hidráulica de la situación futura con medidas correctoras.

Descripción de la solución.

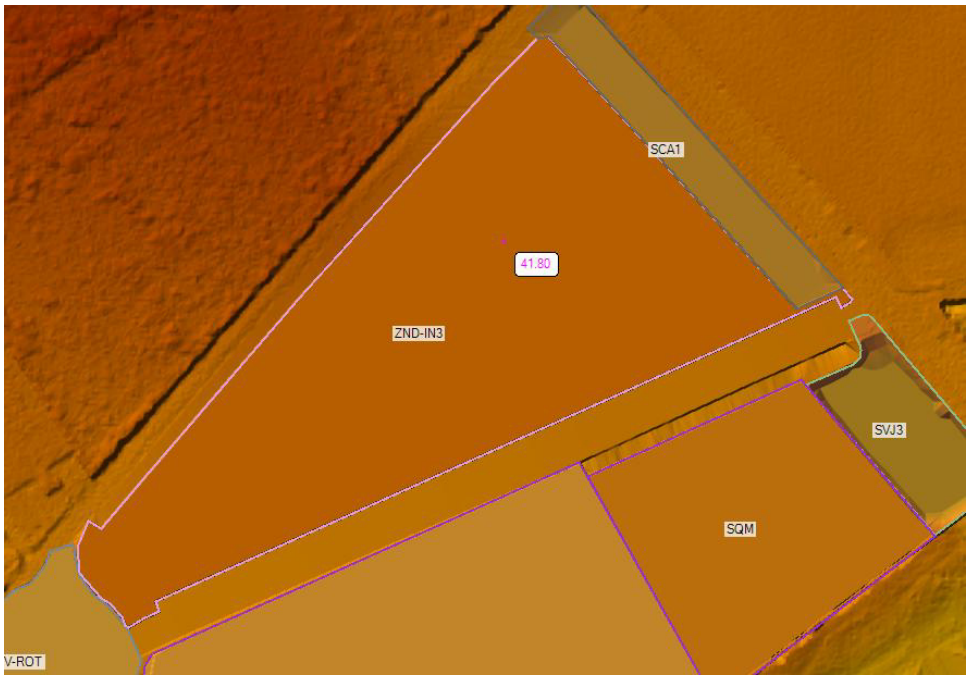
SQM: La plataforma se eleva hasta **cota 41.10 m**, quedando **entre 0,10 y 0,20 m por encima** de los vial SCVT proyectado. Esta solución evita la inundación directa de la parcela y mantiene la compatibilidad hidráulica del conjunto.



ZND-IN1: La plataforma se eleva hasta **cota 40,91 m**, quedando **entre 0,10 y 0,40 m por encima** de los viales colindantes. Esta solución evita la inundación directa de la parcela y mantiene la compatibilidad hidráulica del conjunto.



ZND-IN3: La plataforma se eleva respecto al terreno actual hasta la **cota 41,80 m**, quedando **0,5 m por encima** del vial situado al noroeste. Esta elevación garantiza la protección frente al riesgo y peligro de inundación.



8.4.1.2 RED VIARIA SECUNDARIA SCVT COMO EJE DE CONDUCCIÓN CONTROLADA DESDE VIAL DE BORDE HASTA ROTONDA PROPUESTA

Criterios de diseño.

- Rasantes y pendientes que eviten acumulaciones no deseadas.
- Bordillos y cunetas compatibles con conducción superficial controlada.
- Mantener cotas rasante vial existente (Vial de Borde)

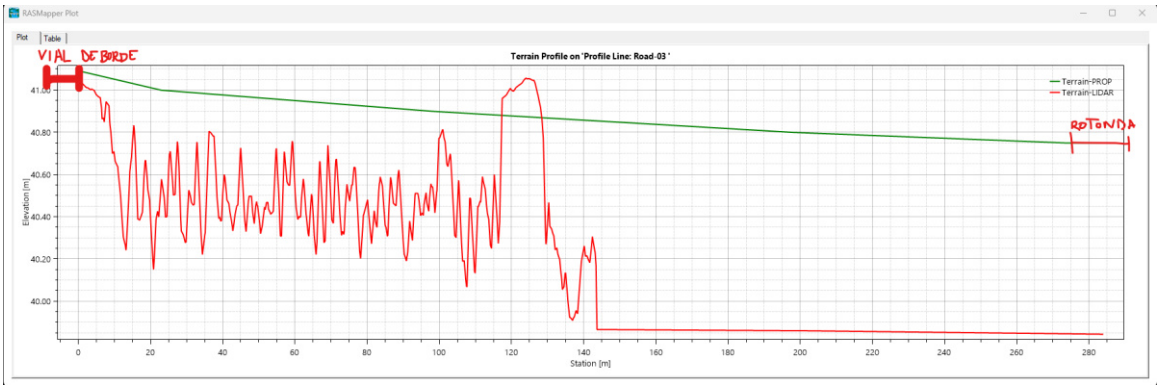
Objetivo.

Utilizar la red viaria secundaria como elemento conductor del flujo superficial hacia puntos de desagüe previstos.

Descripción de la solución.

La rasante de la **red viaria de tránsito secundaria (SCVT)** será ligeramente modifica respecto a su estado actual, manteniendo la cota en la intersección entre el Vial de borde y el vial SCVT disponiendo una **pendiente longitudinal** que conduce el flujo hasta **cota 40,75 m**, coincidente con la elevación propuesta en de la **rotonda (PCVT-ROT)**.

La imagen siguiente muestra en verde la rasante propuesta modelada en HECRAS2D:



El funcionamiento hidráulico de la red viaria se ha concebido para que, una vez finalizado el episodio de lluvia, no se produzcan encharcamientos persistentes, garantizando la rápida evacuación del agua hacia los puntos bajos y zonas de sacrificio.

8.4.1.3 ROTONDA PROPUESTA COMO NODO HIDRÁULICO DE REPARTO

Criterios de diseño.

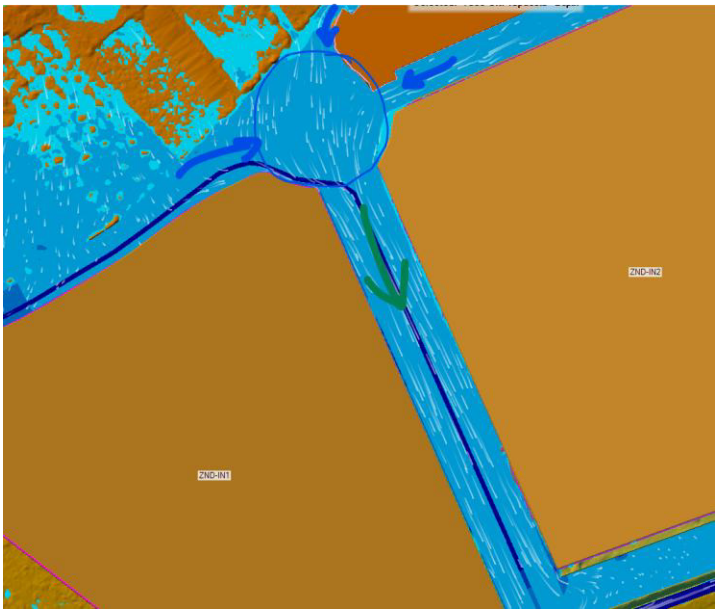
- Nodo de Reparto hidráulico, donde se unen los flujos procedentes de:
  - Al este de la rotonda: Escorrentía superficial proveniente de aguas arriba y reconducida desde vial de borde a través de SCVT hasta zonas verdes.
  - Al oeste de la rotonda: Escorrentía superficial proveniente de aguas arriba y reconducida a través de un marco enterrado bajo aparcamiento en línea situado entre el vial existente PCVT y la parcela IND-IN1.
- Geometría que favorezca el reparto controlado del flujo definida de forma que el flujo superficial circule **de manera controlada**, evitando puntos de acumulación no previstos.
- Evacuación preferente hacia las zonas verdes SVJ-1 y SVJ-2.

Objetivo.

Centralizar y organizar el desagüe de los viales existentes y del SCVT hacia las zonas verdes del sector.

Descripción de la solución.

La **rotonda propuesta** se diseña como **punto de desagüe** de los viales actuales y del SCVT. Su **punto más bajo** se sitúa a **cota 40,75 m**, facilitando el envío del flujo hacia las **zonas verdes situadas al sur**.



La configuración de la rotonda como nodo hidráulico admite un funcionamiento seguro incluso en situaciones de avenida extrema (T500), permitiendo velocidades por debajo de 1m/s en el flujo hasta el desbordamiento controlado hacia las zonas verdes sin afección a parcelas edificables y colindantes.

8.4.1.4 CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE ESCORRENTÍA EXTERNA (AGUAS ARRIBA) MEDIANTE MARCO ENTERRADO HACIA ROTONDA Y DESGÜE A ZONA VERDE SVJ-1

Criterios de diseño.

- El marco se diseña para trasegar un caudal máximo de 4 m^3/s mientras que el caudal restante será trasegado por la acequia la sequiola que puede trasegar 1 m^3/s aproximadamente. El caudal total correspondiente al flujo que atraviesa el tramo del vial (PCVT) situado justo aguas arriba de la zona industrial ZND-IN1 es de 4.6 m^3/s.
- La rasante y geometría del vial PCVT, situado justo aguas arriba de la zona industrial ZND-IN1 serán mantenidas
- El marco será representado en el modelo con un canal a cielo abierto de sección 2 metros de ancho y 1 de alto, equivalente al propuesto.

Objetivo.

Captar y reconducir la escorrentía superficial que cruza la carretera entre ambas rotondas, evitando flujos descontrolados, y organizar su reparto hacia el sistema de gestión del sector (rotonda propuesta y corredor verde SVJ-1), garantizando la **no afección a terceros**.

Descripción de la solución.

Se diseña una obra de drenaje enterrada tipo **marco de hormigón** de dimensiones **2,0 m (ancho) × 1,0 m (alto)** para recoger la escorrentía superficial que atraviesa la carretera entre la **rotonda existente de la Ronda Sudoeste** y la **rotonda propuesta**.

La solución se concibe con doble finalidad:

1. **Derivar el mayor caudal posible hacia la rotonda propuesta**, donde el flujo queda organizado y se reconduce hacia la **zona verde SVJ-1**, que actúa como corredor de transporte y zona de gestión (laminación/trasiego controlado) hasta alcanzar la **Acequia Mayor** y las llanuras de inundación.
2. Mantener la **acequia existente** (sección aproximada **1,0×1,0 m**) como elemento receptor del **caudal sobrante** o excedente en dirección natural del flujo durante episodios de avenida, dentro de su capacidad hidráulica, de modo que el sistema resulte robusto y compatible con el funcionamiento actual.

Cálculos de dimensionamiento hidráulico (capacidad con los criterios adoptados). Se realiza una comprobación de capacidad mediante la ecuación de Manning para conducción **a sección llena** (criterio conservador) con **n = 0,013 (hormigón)**.

a) Capacidad del marco 2,0×1,0 m (pendiente S = 0,30 %).

- Sección: b×h = 2,0×1,0 m → Área **A = 2,00 m²**
- Perímetro mojado: P = 2(b+h) = 2(2,0+1,0) = **6,00 m**
- Radio hidráulico: R = A/P = 2/6 = **0,333 m**
- Pendiente: **S = 0,003 (0,30 %)**

Aplicando Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Se obtiene:

- **Q marco (S=0,30 %) ≈ 4,05 m³/s**
- Velocidad media asociada: **V ≈ Q/A ≈ 2,03 m/s**

Por tanto, el marco proyectado es capaz de transportar del orden de **4,0 m³/s** con los criterios adoptados, permitiendo derivar a la rotonda propuesta una fracción mayoritaria del caudal de avenida previsto.

b) Capacidad de la acequia existente 1,0×1,0 m (pendiente S = 0,10 %).

- Sección: 1,0×1,0 m → Área **A = 1,00 m²**
- Perímetro mojado: P = 2(1,0+1,0) = **4,00 m**
- Radio hidráulico: R = 1/4 = **0,25 m**
- Pendiente: **S = 0,001 (0,10 %)**

Aplicando Manning:

- **Q sequiola (S=0,10 %) ≈ 0,97 m³/s** (≈ **1,0 m³/s**)
- Velocidad media asociada: **V ≈ 0,97 m/s**

En consecuencia, la acequia existente se considera adecuada para trasvasar del orden de **1,0 m³/s** como **caudal excedente/sobrante** en la dirección natural del flujo durante la avenida.

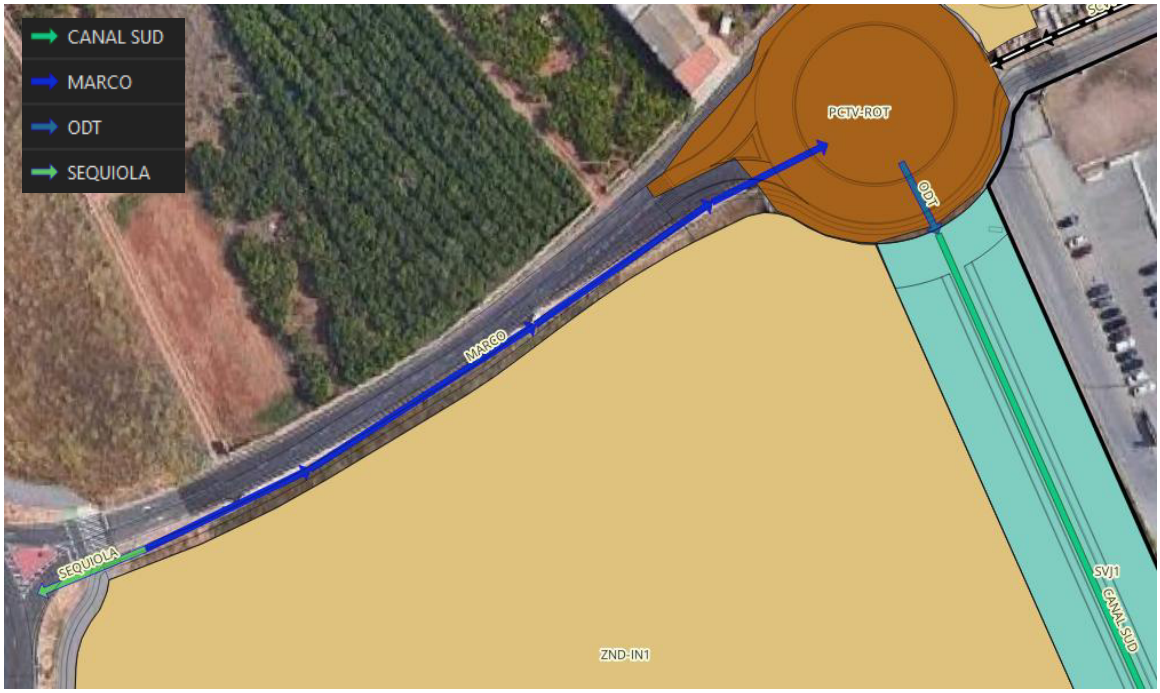
Criterio de reparto adoptado en la solución.

El dimensionamiento se ha realizado con criterios conservadores, considerando conducción a sección llena y valores de rugosidad desfavorables, de modo que la capacidad real del sistema será previsiblemente superior a la calculada.

De acuerdo con las capacidades anteriores, el funcionamiento previsto es:

- El **marco 2×1m** desviará hacia la rotonda propuesta el caudal que pueda transportar (orden de **4 m³/s** con S=0,30 %), desde donde se reconducirá a **SVJ-1** y, finalmente, a **Acequia Mayor/llanuras de inundación**.
- La **acequia la Sequiola 1×1m** se mantiene operativa para conducir el **sobrante** dentro de su capacidad (orden de **1 m³/s**), actuando como vía complementaria de evacuación en el sentido natural del drenaje.

Este esquema es coherente con la estrategia de medidas correctoras basada en conducción superficial controlada, zonas verdes de sacrificio y no afección a terceros.



8.4.1.5 ZONA VERDE SVJ-3 COMO ÁREA DEPRIMIDA DE SACRIFICIO

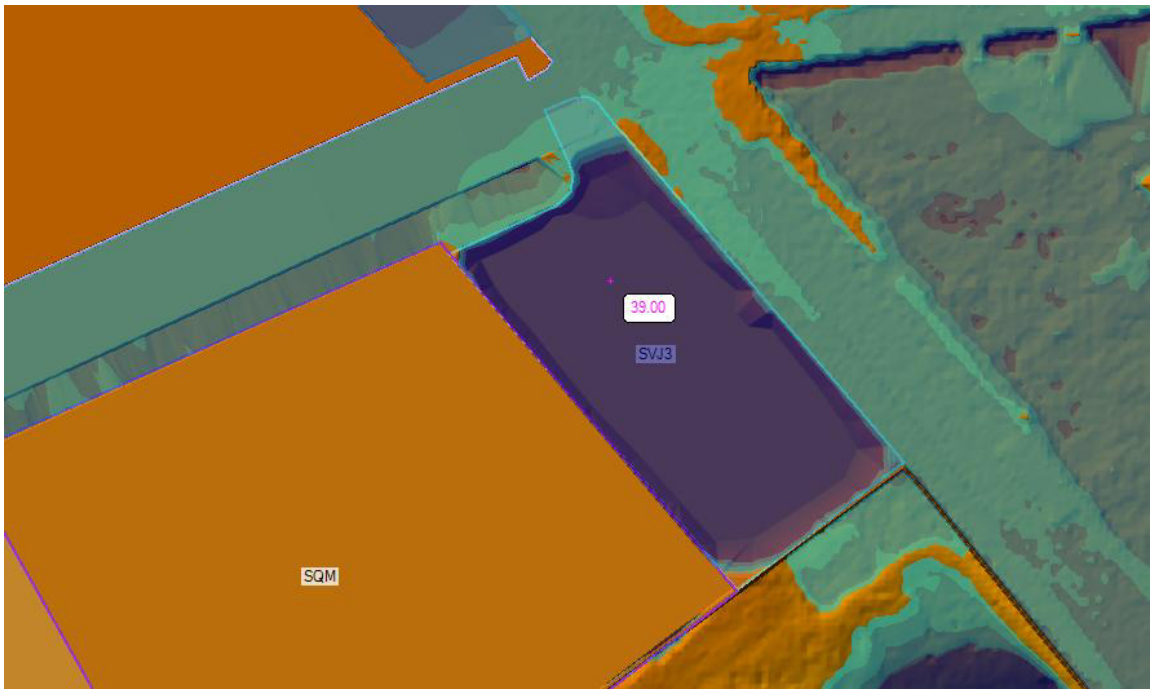
Criterios de diseño.

- Taludes y pendientes suaves compatibles con uso verde.
- Capacidad de almacenamiento temporal sin afección a parcelas colindantes.
- Conexión hidráulica controlada con el sistema de drenaje del sector.

Objetivo. Reducir el riesgo de inundación en el entorno inmediato mediante la habilitación de un espacio de inundación controlada en una zona de baja

vulnerabilidad. Esta zona no alberga usos vulnerables ni infraestructuras críticas, por lo que la inundación temporal prevista no genera daños significativos ni compromete la funcionalidad del sector.

Descripción de la solución. La **zona verde SVJ-3** se proyecta como **zona deprimida** respecto a los viales circundantes, situando su cota característica en **39,00 m**, aproximadamente **2,0 m por debajo** de las rasantes de los viales perimetrales. Esta configuración permite que la SVJ-3 funcione como **zona de sacrificio**, captando y laminando escorrentías en episodios intensos.



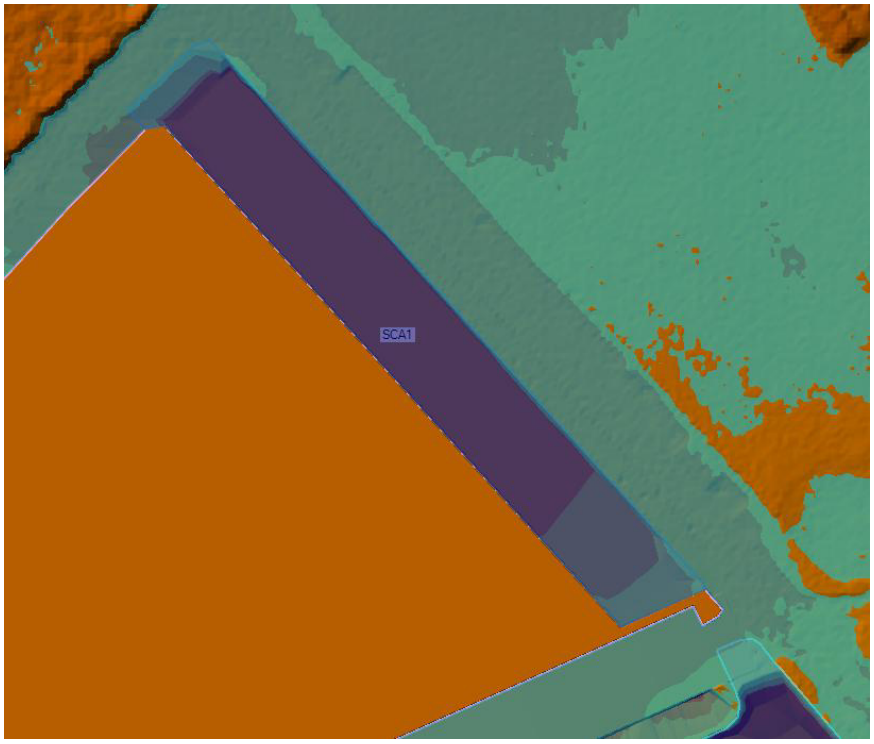
8.4.1.6 APARCAMIENTOS SCA-1 COMO ZONA DE LAMINACIÓN SUPERFICIAL

Criterios de diseño.

- Pendientes compatibles con uso de aparcamiento.
- Bordillos y entradas de agua controladas.
- Salidas hacia zonas verdes/viario conductor sin encharcamientos persistentes.

Objetivo. Aprovechar superficies de aparcamiento como elementos de laminación de baja profundidad, reduciendo caudales punta. Esta zona no alberga usos vulnerables ni infraestructuras críticas, por lo que la inundación temporal prevista no genera daños significativos ni compromete la funcionalidad del sector.

Descripción de la solución. En la **zona SCA-1 (aparcamientos)** se adopta una dinámica similar a la de las zonas verdes, si bien con **menor depresión**. El **punto bajo** del aparcamiento se sitúa a **cota 40,80 m**, entre **0.2 y 0.5 m por debajo** del punto más alto del vial fr Borde.



8.4.1.7 ZONAS VERDES SVJ-1 Y SVJ-2 COMO ZONAS DE SACRIFICIO Y DESAGÜE HACIA CAUCES NATURALES

Criterios de diseño.

- Secciones verdes con capacidad de transporte y laminación.
- Evitar retornos de flujo hacia parcelas aguas arriba.

Objetivo. Garantizar la conducción segura de escorrentías hacia los cauces naturales sin afección a parcelas.

Descripción de la solución. Las **zonas verdes SVJ-1 y SVJ-2** se proyectan como **zonas ajardinadas deprimidas** que transportan la escorrentía procedente de las parcelas de cultivos situadas aguas arriba hasta las **llanuras de inundación,** pasando por la acequia mayor. Los **puntos bajos** de las zonas de sacrificio proyectadas se sitúan entre las **cotas 39,30–39,35 m**, asegurando la continuidad hidráulica. El punto bajo del cauce a cielo abierto que transporta la escorrentía proveniente de la glorieta se sitúa a la 39.10m.

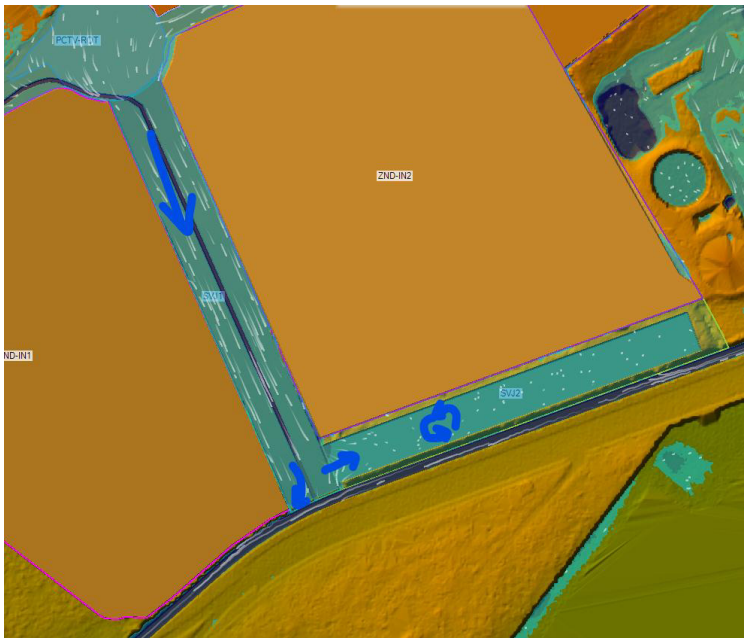
- La zona SVJ-1 recibirá escorrentía en régimen laminar procedente de los viales situados al este de la glorieta, así como el caudal conducido por el marco proyectado en el vial ubicado al oeste de esta. Desde la glorieta, el flujo será canalizado bajo el vial hasta su vertido final en la zona verde desaguando a la cota **39.10 m.** Esta solución se basa en que, para caudales moderados, el flujo circula guiado por la depresión topográfica principal; y para caudales elevados, el agua se desborda de forma controlada y ocupa todo el ancho de la "zona de sacrificio" prevista, generando una inundación laminar de baja energía sobre superficie vegetal. En el tramo final, el canal a cielo abierto proyectado deja de materializarse como una sección confinada (con márgenes y geometría definida) para integrarse paisajística e hidráulicamente con la zona verde, adoptando un funcionamiento tipo cauce superficial extendido.

- Con ello se consigue:
  - Reducir velocidades y tensiones sobre el terreno gracias al aumento de sección efectiva y al efecto disipador de la vegetación.
  - Aumentar la capacidad de almacenamiento temporal y laminar el pico de avenida.
  - Mejorar la integración ambiental, evitando una infraestructura rígida y visible en el tramo de mayor sensibilidad paisajística.
- Cálculos: Se adopta como sección de referencia un canal a cielo abierto trapezoidal, con revestimiento natural de zona verde (vegetación), dimensionado para un caudal de proyecto Q = 4,00 m³/s, pendiente longitudinal S = 0,003 (0,3%) y calado máximo disponible y = 1,00 m.
  - Hipótesis de cálculo
    - Régimen uniforme (Manning).
    - Rugosidad Manning (vegetación): $n = 0{,}040$
    - Sección trapezoidal con taludes:
    - $z = 3$(3H:1V)
    - Calado de cálculo: $y = 1{,}00\ m$
    - Pendiente hidráulica: $S = 0{,}003$
  - **Sección adoptada**
    - **Ancho de solera:** $b = 1{,}28\ m$
    - **Taludes:** $z = 3$(3H:1V)
    - **Calado:** $y = 1{,}00\ m$
    - **Pendiente:** $S = 0{,}003$
    - **Cálculo numérico con $b = 1{,}28$**
  - **Caudal (Manning):**
    - $Q = 4{,}00\ m^3/s$
- Se adopta como sección de referencia un canal a cielo abierto trapezoidal, con revestimiento natural de zona verde (vegetación), coherente con la salida mediante **marco 2,0×1,0 m** desde la glorieta. Se dimensiona con **ancho de solera b = 2,00 m** y **calado máximo y = 1,00 m**, pendiente longitudinal **S = 0,003 (0,3%)**.
  - **Hipótesis de cálculo**
    - Régimen uniforme (Manning).
    - Rugosidad Manning (vegetación): **n = 0,040**
    - Sección trapezoidal con taludes: **z = 3 (3H:1V)**
    - Calado de cálculo: **y = 1,00 m**
    - Pendiente hidráulica: **S = 0,003**

- **Geometría**
  - Ancho de solera: **b = 2,00 m**
  - Taludes: **z = 3**
  - Calado: **y = 1,00 m**
- **Caudal (Manning)**
  - $Q = 4{,}87\ m^3/s$
- Siendo **b = 2,00 m** y **y = 1,00 m**, el canal trapezoidal **transporta ~4,9 m³/s**, con **velocidades medias ~0,97 m/s (por debajo de 1 m/s)**.

o El canal dimensionado con la sección mínima necesaria (ancho de solera b = 1,28 m) resulta suficiente para garantizar el tránsito del caudal de proyecto de 4,0 m³/s con velocidades moderadas, compatibles con un tratamiento en zona verde. No obstante, considerando que el flujo se incorpora desde la glorieta mediante un marco de hormigón de dimensiones 2,0 × 1,0 m, se adopta un ancho de referencia de 2,00 m en el tramo de canal a cielo abierto, asegurando la coherencia hidráulica del sistema, la continuidad de secciones y una adecuada integración paisajística. Esta solución permite además una transición hidráulica progresiva hacia la zona de sacrificio, donde el desagüe se produce mediante un desbordamiento laminar y controlado sobre la totalidad del ancho disponible, del orden de 24 m, dando lugar a una inundación somera de baja energía, con velocidades inferiores a 1 m/s, y manteniendo como condición de contorno la cota de desagüe situada en 39,10 m.

- La zona SVJ-2 se sitúa a la cota **39.30 m** y se usa como zona de sacrificio en caso de avenida extrema. El volumen total de almacenamiento de esta zona es de aproximadamente 2000 m³. La longitud de la zona SVJ-2 es de 192 metros, el ancho es de 21 metros y el calado medio para el evento de 500 años de periodo de retorno es 0.5 metros.



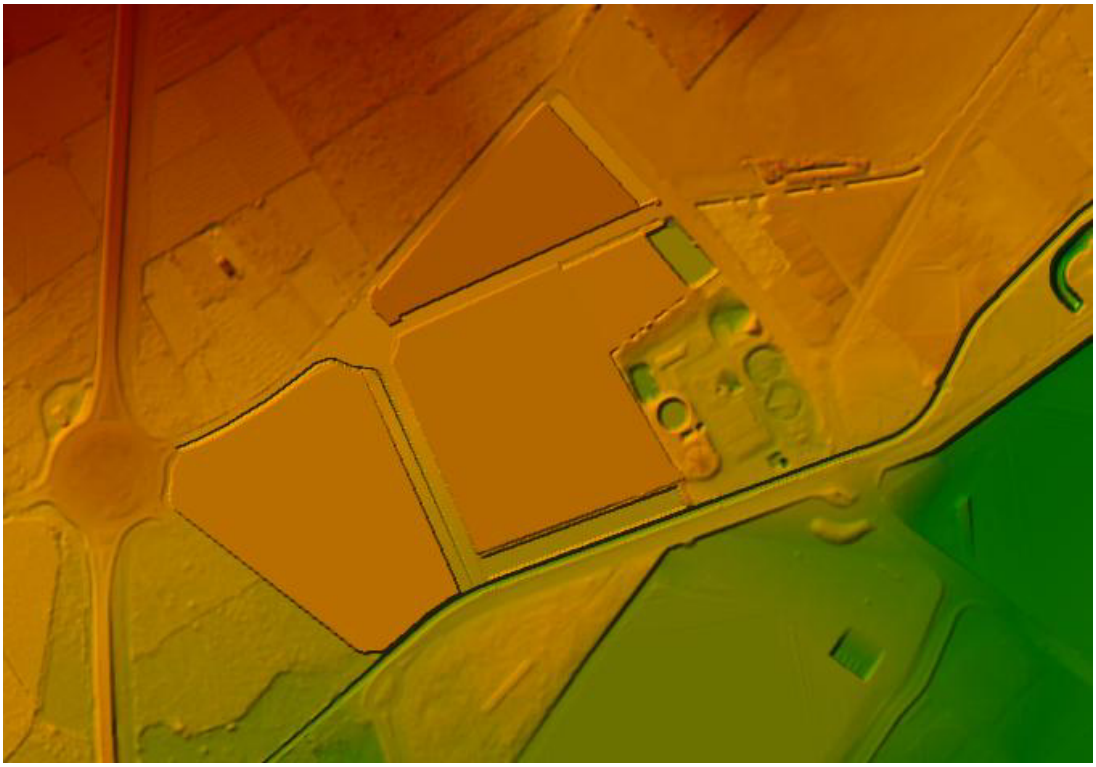
En conjunto, el sistema formado por la red viaria, la rotonda hidráulica, las zonas verdes de sacrificio y los elementos de drenaje proyectados permite gestionar de forma segura las escorrentías asociadas a episodios de lluvia intensa, reduciendo de manera significativa los niveles de peligrosidad y riesgo respecto a la situación actual y garantizando la compatibilidad del desarrollo urbanístico con el PATRICOVA y la normativa vigente.

8.5 IMPLANTACION MEDIDAS CORRECTORAS Y ANALISIS HIDRAULICO

8.5.1 MODELO DIGITAL DEL TERRENO.

El análisis se ha realizado sobre dos fuentes de información topográfica:

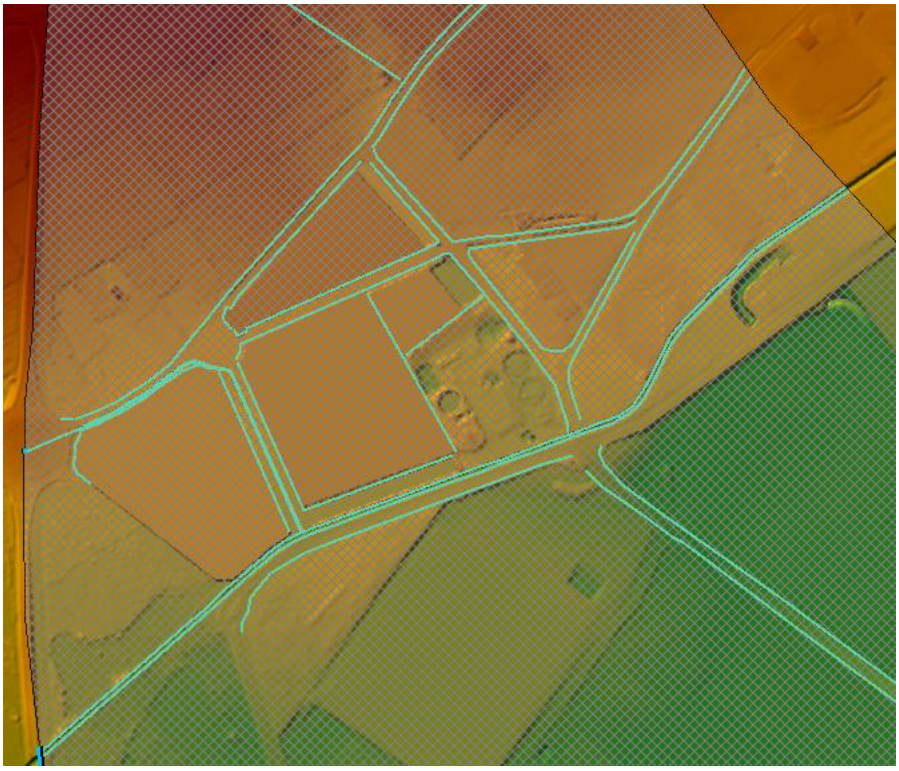
- Modelo Digital del Terreno obtenido a partir de la información LIDAR IGN 2025 obtenido del Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional.
- Modificaciones de la topografía representando las medidas correctoras con respecto al MDT del modelo.



8.5.2 MALLA DE CÁLCULO.

La discretización espacial se ha efectuado siguiendo el mismo criterio que el capítulo 8.2.2 con la excepción de que las líneas de rotura han sido ubicadas en los límites entre parcelas y viales propuestos.

La imagen siguiente corresponde a las medidas correctoras de mitigación propuestas en la zona de estudio y la malla correspondiente:



8.5.3 RESULTADOS OBTENIDOS.

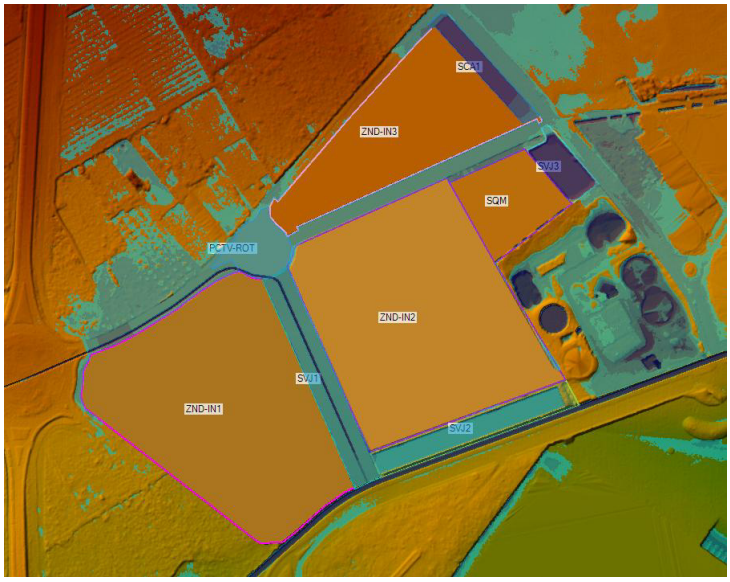
Estos resultados se presentan, el apartado 10 de este estudio, en forma de **cartografía de calados, velocidades y extensión de inundación**, que constituyen la base obtener la **cartografía de peligrosidad y riesgo de inundación**, con la que comprobar si las soluciones cumplen con los requerimientos establecidos por el PATRICOVA.

En concreto en dicho apartado 10, se aportan los siguientes mapas:

- Mapa de medidas correctoras
- Calado máximo T500. Situación propuesta.
- Velocidad máxima T500. Situación propuesta.
- Calado máximo T100. Situación propuesta.
- Velocidad máxima T100. Situación propuesta.
- Calado máximo T025. Situación propuesta.
- Velocidad máxima T025. Situación propuesta.
- Mapa de peligrosidad inundación (T25, T100 y T500). Situación propuesta.
- Mapa de riesgo inundación. Situación propuesta.
- Mapa de afección a terceros. T500. Situación propuesta.
- Mapa de afección a terceros. T100 Situación propuesta.
- Mapa de afección a terceros. T025. Situación propuesta.

8.5.4 ANALISIS RESULTADOS OBTENIDOS

Como resultado de la implantación de las medidas correctoras y de adaptación propuestas, se han realizado nuevas simulaciones hidráulicas para los periodos de retorno T = 25, 100 y 500 años, con el objetivo de evaluar su eficacia frente a las afecciones detectadas en la situación actual.



El análisis de los mapas de calados, velocidades y extensión de la inundación correspondientes a la situación con medidas pone de manifiesto una **mejora sustancial del comportamiento hidráulico del ámbito**, constatándose la **eliminación de las afecciones anteriormente identificadas** y la adecuación del planeamiento propuesto a las condiciones de peligrosidad existentes.

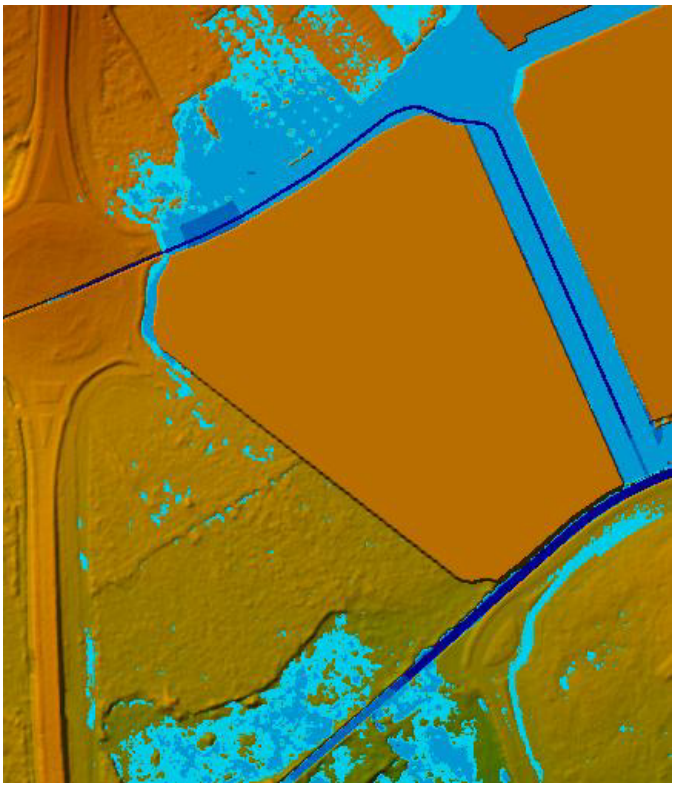
En particular, los resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente:

- La **parcela ZND-IN1**, que en la situación actual presentaba afección generalizada por inundación para los periodos de retorno T = 100 y T = 500 años, queda libre de afección en la situación futura con medidas correctoras, no registrándose calados ni acumulaciones superficiales significativas. El funcionamiento hidráulico resultante es compatible con la ordenación y la funcionalidad prevista, sin generación de nuevos riesgos en su entorno inmediato.
- La **parcela SQM**, La parcela SQM, que en la situación actual se encontraba afectada para los periodos de retorno T = 25, 100 y 500 años, con calados incompatibles con procesos de laminación superficial controlada, queda adecuadamente protegida en la situación futura. El funcionamiento hidráulico resultante es compatible con la ordenación y la funcionalidad prevista, sin generación de nuevos riesgos en su entorno inmediato.
- En la **zona este de la parcela ZND-IN3**, donde en la situación actual se identificaban afecciones asociadas a la convergencia de escorrentías y a la escasa pendiente del terreno, la implantación de las medidas correctoras permite ordenar y conducir adecuadamente los flujos superficiales, eliminando las zonas de acumulación detectadas y evitando la inundación de la parcela incluso para el periodo de retorno T = 500 años.

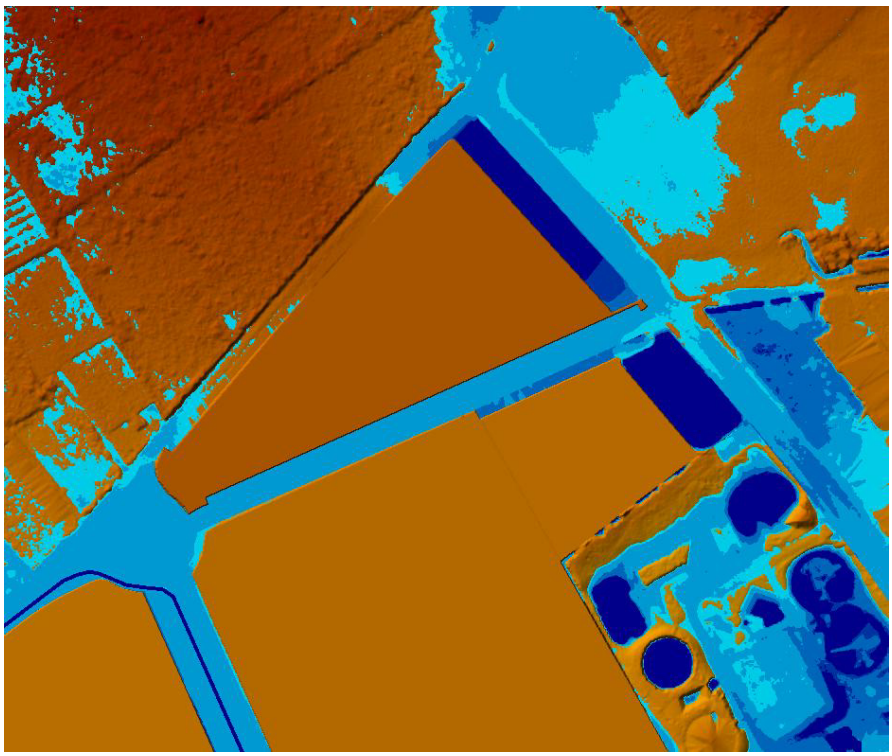
De forma general, la inundabilidad residual del ámbito tras la implantación de las medidas se limita, en su caso, a **escorrentías superficiales de carácter difuso**, sin generación de calados relevantes ni velocidades significativas, y en todo caso

compatibles con la peligrosidad geomorfológica definida en la cartografía del PATRICOVA.

ZND-IN1



ZND-IN3 Y SQM



9 CONCLUSIONES

El ámbito del Sector UHI-2 del municipio de Vila-real se localiza en un entorno afectado por peligrosidad de inundación de carácter geomorfológico, asociada a procesos de drenaje difuso y antiguas vaguadas, sin presencia de cauces fluviales definidos. Según la cartografía oficial, el sector se encuadra mayoritariamente en zona de peligrosidad de inundación nivel 6, correspondiente a escenarios de muy bajo peligro y baja frecuencia de ocurrencia, lo que justifica la elaboración del presente Estudio de Concreción del Riesgo de Inundación conforme al PATRICOVA.

El análisis hidrológico-hidráulico de la situación actual pone de manifiesto afecciones puntuales por inundación superficial, asociadas a bajos calados y a la convergencia de escorrentías en zonas de escasa pendiente, concentradas en ámbitos donde la ordenación pormenorizada permite la implantación de medidas correctoras compatibles con el desarrollo urbanístico, sin generar afecciones aguas abajo.

Las soluciones adoptadas responden a un enfoque flexible y adaptativo, coherente con los principios del PATRICOVA, priorizando la gestión del riesgo mediante la integración de zonas verdes y espacios libres como zonas de sacrificio, el viario como elemento de conducción superficial y obras puntuales de drenaje integradas en la urbanización, permitiendo reconducir y laminar los flujos de avenida de forma ordenada y compatible con la dinámica natural del terreno.

Las medidas correctoras han sido definidas y verificadas mediante modelización hidrológico-hidráulica, comprobándose que la ordenación proyectada no genera incrementos significativos del peligro ni del riesgo de inundación. En particular, para el periodo de retorno T = 500 años, los incrementos de calado son inferiores a 10 cm o al 10 % del calado existente, cumpliendo el criterio de no empeoramiento hidráulico del PATRICOVA, y los incrementos de velocidad resultan puntuales y compatibles con una inundación de baja peligrosidad.

Como resultado, se obtiene una reducción efectiva del peligro y del riesgo de inundación respecto a la situación actual, garantizándose la compatibilidad de la ordenación propuesta, la no afección a terceros y el cumplimiento de los requerimientos del PATRICOVA. En consecuencia, el Sector UHI-2 resulta apto para su desarrollo urbanístico desde el punto de vista del riesgo de inundación, condicionado a la correcta ejecución de las medidas incluidas en el Proyecto de Urbanización.

En Castelló de la Plana, a enero de 2026.

El autor



Gerardo M. Fernández Alagarda

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (N.º colegiado 17.892)