



Ayuntamiento de
Hondón de los Frailes

PLAN GENERAL ESTRUCTURAL DE HONDÓN DE LOS FRAILES

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

modificado sep.2022



PAISAJE

y desarrollo urbano

SEPTIEMBRE 2022

ÍNDICE

ESTUDIO INUNDABILIDAD

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.- Justificación.	3
1.2.- Metodología.	5
1.3.- Objetivos.....	7
1.4.- Encuadre geográfico.	8
2. ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO.	9
2.1.- Análisis estructural y geológico del ámbito de estudio.	9
2.2.- Análisis geomorfológico y fisiográfico del ámbito de estudio.	11
2.2.1.- Sistema fluvial y sistema morfogenético semiárido. Análisis de la red de drenaje y de las cuencas vertientes.	11
2.3.- Análisis morfológico	13
2.4.- Características litológicas de la cuenca vertiente.	15
3. ANÁLISIS DE LAS INUNDACIONES HISTÓRICAS ACAECIDAS EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO.....	16
4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO	18
4.1.- Caracterización del régimen de precipitaciones máximas.	19
4.1.1.- Cálculo del tiempo de concentración de las cuencas.	19
4.1.2.- Cálculo de la intensidad media de precipitaciones para los tiempos de concentración calculados.....	20
4.2.- Cálculo de caudales	21
4.3.- Hidrograma resultante.	¡Error! Marcador no definido.

5.- ANÁLISIS HIDRÁULICO.....	28
6.- CONCLUSIONES, VIABILIDAD DEL PROYECTO Y MEDIDAS.	36
ANEXO 1.- FOTOGRAFIAS	42
ANEXO 2: CARTOGRAFIA	44

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- Justificación.

El presente Estudio de Inundabilidad se redacta con objeto de analizar la peligrosidad de inundación existente en aquellos ámbitos del término municipal de Hondón de los Frailes propuestos para el desarrollo urbanístico a partir de la aprobación del Plan General Estructural (PGE) es decir, las zonas urbanizadas y las de nuevos desarrollos.

La cartografía del PATRICOVA (Decreto 201/2015, de 29 de octubre, del Consell, por el que se aprueba el Plan de acción territorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunitat Valenciana) establece que se localiza en el término municipal de Hondón de los Frailes una zona de peligrosidad de inundación identificada como de riesgo 6 (frecuencia baja, 500 años, con calado entre 15 y 80 cm), que se prolonga al sur del Camí Vell del Fondó de les Neus hacia el este. Al sur de este sector se identifica otra zona con peligrosidad de inundación de tipo geomorfológico, como consecuencia de la eventual acumulación de aguas procedentes de los barrancos en este fondo del valle. En el paraje de La Fondura se conforma un espacio semiendorreico, con difícil drenaje hacia el vecino municipio de Hondón de los Nieves por las Casas de Galiana. Existen evidencias históricas de este riesgo con citas en los años 1793 y 1797, cuando el agua llegó a penetrar incluso al nivel de la iglesia del pueblo.

La cartografía del PATRICOVA define la peligrosidad geomorfológica a aquella que identifica “diferentes procesos geomorfológicos, que, por sus características, actúan como un indicador de la presencia de inundaciones históricas, no necesariamente catalogadas, debiéndose identificar la probabilidad de reactivación de los fenómenos geomorfológicos y, en su caso, los efectos susceptibles de generarse”.

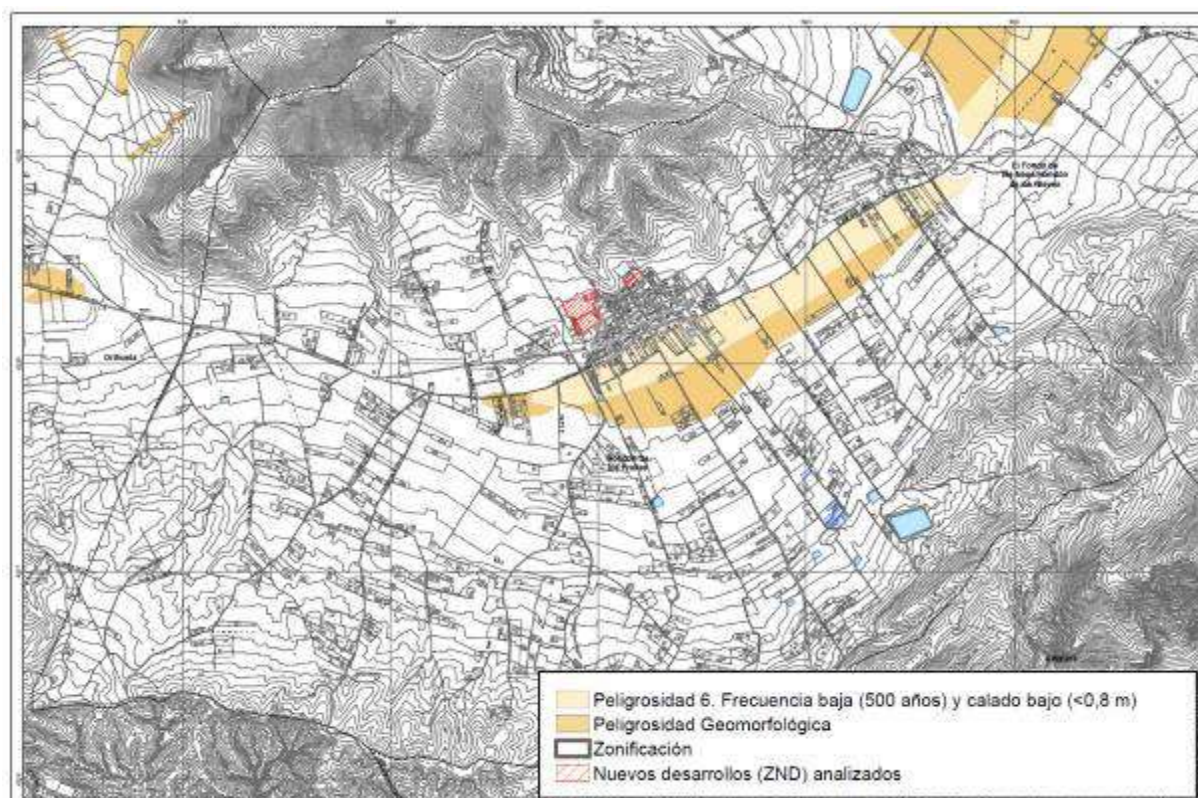


Figura 1: imagen de Hondón de los Frailes del Plan de acción Territorial contra el Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA).

La cartografía del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (en adelante SNCZI) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente no tiene estudiado ningún ámbito inundable en el termino municipal de Hondón de los Frailes.

Por consiguiente, según el artículo 11 de la Norma Urbanística del PATRICOVA, al tratarse de un estudio regional realizado en origen a escala 1:25.000, es susceptible de ser concretado, ampliado e incluso modificado mediante estudios de inundabilidad más precisos, que, en todo caso, se realizarán de acuerdo con lo establecido en esta Normativa. Además, en la tramitación del PGE de Hondón de los Frailes, el Ayuntamiento ha recibido un informe sobre el riesgo de inundación emitido por el Servicio de Ordenación del Territorio de la Generalitat Valenciana, fechado en junio de 2018. En el mismo, los técnicos que suscriben consideran compatible la continuación de la tramitación del PGE, con el cumplimiento de una serie de consideraciones, en función de las determinaciones normativas del PATRICOVA, que serán incorporadas en la parte de eficacia normativa del PGE (fichas de gestión y planificación incluidas):

- Averiguar y aclarar las afecciones sobre el suelo urbanizado (al sur del núcleo urbano) y prever las condiciones a implantar, sui procede, tomando como referencia lo que se establece en el Anexo I de la Normativa del PATRICOVA.
- Evaluar la posible incidencia de los flujos que se vehiculan desde el paraje del Rincón de Maleno sobre el ámbito previsto como suelo urbanizable al NO del pueblo, recogiendo los condicionantes para minimizarla.
- En las dos zonas planteadas como minimización de impactos (camino de Casas de Galiana y camino del Xerec o Senda dels Moros) deberá justificarse la no incidencia de inundabilidad o eliminarse la propuesta de minimización.

1.2.- Metodología.

Para la determinación de la peligrosidad de inundación en el área de estudio se ha tenido en cuenta las determinaciones del PATRICOVA y, más específicamente el artículo 12 de su Normativa, que versa sobre la documentación de los estudios de inundabilidad. Así, se indica que documentación mínima exigible debe incluir:

- Delimitación precisa de la cuenca (o cuencas).
- Estudio geomorfológico de las zonas inundables.
- Estudio de las inundaciones históricas.
- Estudio hidrológico de la cuenca vertiente a la zona inundable.
- Estudio hidráulico de la zona inundable.
- Cartografía de peligrosidad de inundación y de riesgo de inundación, en el estado inicial y estado final.
- Determinación y explicación de las medidas correctoras, cuando estas se prevean.

En cumplimiento del epígrafe 2 del referido artículo 12, la metodología utilizada se adapta a las condiciones existentes y determinadas previamente en las propuestas de crecimiento urbanístico del PGE de Hondón de los Frailes, en torno al núcleo urbano.

En este sentido, el método incluye cada uno de los apartados necesarios en la documentación exigida para los estudios de inundabilidad, pero, con especial énfasis en el análisis geomorfológico, topográfico y de cuencas vertientes, con su correspondiente red de drenaje para determinar la afección o no de cauces o

arroyada hacia las áreas propuestas para el crecimiento urbanístico. El análisis geomorfológico determina las cuencas vertientes existentes, a partir de los sistemas morfogenéticos identificados, los cauces, las formas o huellas geomorfológicas propias del sistema de arroyada de un sistema morfogenético semiárido (conos de deyección, braileados, canales, etc.).

El apoyo de bibliografía y documentación previa para la observancia de la fenomenología geomorfológica, pero también para el análisis de las inundaciones históricas, ha sido fundamental para el presente estudio. En este punto, es necesario señalar las escasas reseñas localizadas, aunque sí se han constatado referencias orales de habitantes de la localidad, con especial significación de la acumulación de aguas en el paraje de La Fondura (topónimo geomorfológico evidente, como también lo es el del pueblo).

Los factores físicos o geomorfológicos identificados y priorizados en las cuencas vertientes analizadas han pasado a formar parte de datos para utilización y tratamiento e información cartográfica, con valores de escurrimiento (usos del suelo, pendiente y litología) fundamentales en la estimación del umbral de escurrimiento, mediante la utilización de herramientas SIG (también usadas para la implementación de los datos básicos en la aplicación IBER).

Por otro lado, la cartografía utilizada para la identificación hidráulica final procede del Proyecto LiDAR. La tecnología LiDAR (Light Detection And Ranging) se corresponde con un sistema telemático activo de captura de datos, recomendada por la administración para la realización de estudios de inundabilidad. Las ventajas de la tecnología LiDAR frente a la tradicional son importantes, destacando una mayor precisión en los puntos obtenidos. Del mismo modo, puesto que se calcula directamente en modelo digital de elevaciones, no es necesario interpolarlo a partir de la cartografía tradicional, con lo que mejora notablemente la precisión de los resultados.

El previo Modelo Digital del Terreno (MDT) generado a partir de esta cartografía LiDAR ha generado líneas de puntos de menor cota altitudinal, que están adaptadas a las necesidades de representatividad con una topología correcta y una resolución adecuada. Estas líneas de menor altitud se han utilizado como referencia fundamental, ante la ausencia de red de drenaje, que no ha podido ser identificada ni en las cartografías oficiales ni el trabajo de campo debido, básicamente a la alteración de los terrenos por la agricultura desde la década de 1950, cuando se inician las transformaciones masivas de secanos a regadíos en las comarcas del

Vinalopó, con el aterrazamiento generalizado en los glacis que descienden desde las sierras que cierran la depresión tectónica por todos sus lados, generando un espacio prácticamente endorreico.

Finalmente, en aquellas áreas con identificación final de cuencas vertientes con cauces o sin ellos (vaguadas o línea de puntos de cota más baja) se ha procedido a un análisis hidrológico y, posteriormente, hidráulico basado en la utilización del software IBER que es un modelo 2D para el cálculo de las zonas inundables. Este programa permite la simulación de eventos de lluvia torrencial con coeficiente de escurrimiento variable, la producción de las direcciones de flujo para un análisis de la trayectoria de flujo, etc. Todo ello teniendo en cuenta los obstáculos de flujo (diques, terraplenes, etc.), no incluidos en el MDT y que han ayudado a determinar final el flujo de lámina libre.

1.3.- Objetivos.

Los objetivos que contempla este estudio son los siguientes, en relación a las determinaciones del PATRICOVA y la legislación vigente:

- Caracterización de los cauces y de las cuencas de recepción que afectan tanto las zonas urbanizadas consolidadas como a las zonas de nuevos desarrollos propuestas y a la áreas de minimización de impactos territoriales identificadas en zonas rurales.
- Análisis geomorfológico del contexto territorial, con identificación de las huellas geomorfológicas que entrevén potencial de inundación.
- Realización de un análisis hidrometeorológico para las cuencas existentes, con el fin de estimar los caudales de avenida y sus periodos de retorno, en aquellas zonas identificadas como cuencas con red de drenaje (o vaguadas o línea de puntos de cota más baja, en su defecto) que suponen un peligro teórico por su proximidad a las áreas analizadas.
- Determinación de las zonas inundables, estableciendo el tipo de frecuencia a través del análisis hidráulico, mediante la utilización de programas adecuados al modelo.
- Elaboración de cartografía lo más precisa posible que sintetiza lo expuesto anteriormente.
- Evaluación de la necesidad de la adopción de medidas correctoras y, en su caso, descripción de las mismas.

1.4.- Encuadre geográfico.

El territorio analizado para este Estudio de Inundabilidad es el término municipal de Hondón de los Frailes, dentro de la comarca del Vinalopó Mitjà, situada al interior meridional de la Comunitat Valenciana, prácticamente en el límite con la Región de Murcia. Está separado del municipio de Abanilla por una estrecha franja de terreno que oscila entre los 600 y los 1.000 m de anchura, donde se localiza la pedanía oriolana de Barbarroja. Esta situación administrativa tan singular se debe a la sucesiva segregación de municipios de la matriz de Orihuela desde el siglo XV. De hecho, el pueblo de Hondón de los Frailes se funda en 1698 por unos agricultores procedentes del municipio de Novelda que cultivaban tierras propiedad de los Padres Dominicos de Redován, municipio segregado a su vez de Orihuela. Con la desamortización de Mendizábal en 1836, los frailes pierden sus tierras, y el Hondón se conforma como una pedanía de Redován hasta que, en 1839, uniéndose al municipio de Hondón de las Nieves, segregado de Aspe ese mismo año. Posteriormente, en 1926 se produce la segregación definitiva de Hondón de los Frailes, constituyéndose como municipio independiente. En 1930 tenía 876 habitantes, descendiendo progresivamente en las décadas sucesivas hasta los 528 habitantes de 1981. A partir de esa fecha, se produce un crecimiento poblacional, acentuado en la primera década del siglo XXI, cuando alcanza los 1.109 habitantes en 2011, debido a la llegada de residentes europeos a las tierras del interior alicantino que se asientan en buena parte de los municipios rurales de las comarcas del Vinalopó. Así, en 2018 alcanzó la cifra de 1.132 habitantes empadronados, la mitad de los cuales es de origen extranjero, con una importante colonia británica que ocupa buena parte de las viviendas rurales diseminadas.

El ámbito concreto de análisis para la determinación de la peligrosidad de inundación se centran en torno a los nuevos desarrollos (ZND) al NO del núcleo del pueblo de Hondón de los Frailes, así como las vaguadas que descienden tanto de la Serra dels Flares al norte (por el paraje del Rincón de Maleno) como de la Sierra de Murada al sur .

2. ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO.

En el desarrollo de un estudio de inundabilidad resulta esencial el análisis y comprensión de las características geológicas y geomorfológicas del entorno de actuación, que serán influyentes en el régimen hídrico. Así, el análisis de los rasgos geológicos y geotécnicos de los materiales, junto a otros parámetros como la morfología, litología, edafología, erosionabilidad, estratificación, etc., serán cuestiones de gran relevancia a la hora de detectar los procesos y comportamiento del agua en este territorio, objetivo final del presente estudio de inundabilidad.

Las respuestas geológicas y geomorfológicas del terreno natural ante un episodio de inundaciones son muy variada y depende de diversos factores, de ahí la importancia de no pasar por alto ningún detalle al analizar la "efectividad geomorfológica" de las avenidas.

2.1.- Análisis estructural y geológico del ámbito de estudio.

El municipio se localiza en una depresión tectónica que forma valle endorreico de materiales cuaternarios aptos para el cultivo. Este valle se encuentra inserto en una fosa tectónica dentro de uno de los corredores occidentales que secciona la Fosa Estructural Triásica del río Vinalopó, quedando encajado entre las sierras subbética, al sur (Serra de Crevillent y Cerro del Agudo) y prebéticas, al norte (Serra de Cofer y Serra dels Flares). Así, se produce un cabalgamiento de materiales de las segundas sobre las primeras. Ambas alineaciones montañosas están compuestas por materiales mesozoicos (dolomías, calizas y margas), cuya explotación tiene cierta relevancia económica, como lo demuestra la cantera del Duende, situada en el vecino término de Hondón de las Nieves, pero justo en el límite Hondón de los Frailes, entre el Collado del Xiquet, al norte, y el Racó de Maties, al sur; a escasos 500 m de Casas de Galiana y a unos 750 m lineales del pueblo de Hondón.

La geomorfología del sector está condicionada por las alineaciones serranas de rocas carbonatadas del Subbético y del Prebético Alicantino que presentan una clara disposición general SSE-NNO, con altitudes que oscilan entre los 729 m de la cima de la Serra dels Flares y los 633 m en la Serra del Sastre, en el límite meridional con el término de Hondón de las Nieves. Desde estas zonas montañosas, los cauces de barrancos

y ramblizos se encajan hasta deslizarse por los glacis de los piedemontes (ahora ocupados por cultivos y viviendas) hasta llegar a las zonas más bajas del valle donde se localiza el pueblo de Hondón de los Frailes, sobre materiales cuaternarios, formando un cierre endorreico entre el paraje de La Mineta, al oeste, y la Casa de la Campa, al este.

El término de Hondón de los Frailes se localiza en el límite de las confederaciones hidrográficas del Segura (en la que queda el sector más occidental, con los parajes de La Vereda, Lo Serrano, La Canyadeta, Canalis, Los Tasio, Les Saleres y l'Ombria de la Murada) y del Júcar (a la que pertenece el resto de las zonas centro-occidentales del término). En su territorio no existe ningún curso de agua permanente debido al clima semiárido y a la permeabilidad de los materiales litológicos que componen sus suelos. Sin embargo, existen numerosos barrancos y ramblizos en las sierras circundantes que presentan caudales de forma esporádica, asociados a precipitaciones de alta intensidad horaria. En la vertiente sur de la Serra dels Flares descenden, de este a oeste, los barrancos de la Cova del Santander, de la Campana, de Pepe Navarro, del Pi y de Plausides; mientras que en el sector oriental de la umbría de la Serra de Crevillent se localizan los barrancos dels Tesos y de l'Ombria. Se trata, por lo general, de colectores que apenas superan los 500 m lineales de recorrido hasta formar pequeños conos de deyección en el valle, cayendo sobre la zona endorreica de La Fondura.



*Figura 2: Límites de las demarcaciones hidrográficas del Júcar (NO) y Segura (E y S).
Fuente: Geoportal (<https://sig.mapama.gob.es/geoportal/>)*

2.2.- Análisis geomorfológico y fisiográfico del ámbito de estudio.

En la identificación de la red de drenaje y de las cuencas vertientes con afección directa e indirecta al área de estudio se ha tenido en cuenta la cartografía oficial del Instituto Geográfico Nacional, la consulta de fotografía aérea actual, la consulta de fotografía aérea del año 1956 del denominado “vuelo americano” y fotografía aérea de 1973 facilitadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el trabajo de campo realizado por el equipo redactor del presente estudio de inundabilidad, así como de herramientas generadas para el mismo como el Modelo Digital del Terreno (MDT) con cartografía de detalle del proyecto LiDAR.

2.2.1.- Sistema fluvial y sistema morfogénético semiárido. Análisis de la red de drenaje y de las cuencas vertientes.

Acompañando al trabajo de campo, la revisión bibliográfica, la fotointerpretación de ortofotos históricas y otras fuentes; se ha generado un Modelo Digital del Terreno (MDT) o Mapa de Sombras sobre cartografía de

detalle del proyecto LIDAR, pero también del IGN. Este MDT generado ha permitido la delimitación de cuencas vertientes, corroborada a través de las fuentes ya citadas y que han terminado por redelimitar las cuencas hidrográficas.

- Identificación de los cauces.

La definición de cauce según el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas es la del *“álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinaria”*. El Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales atiende a la modificación del artículo 4 sobre la consideración de cauce. Atendiendo a la modificación del artículo 4 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico queda la definición de máxima crecida ordinaria considerando que *“en los tramos de cauce donde exista información hidrológica suficiente, se considerará caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales instantáneos anuales en su régimen natural, calculada a partir de las series de datos existentes y seleccionando un período que incluirá el máximo número de años posible y será superior a diez años consecutivos. Dicho periodo será representativo del comportamiento hidráulico de la corriente y en su definición se tendrá en cuenta las características geomorfológicas, ecológicas y referencias históricas disponibles”*. A continuación, sigue textualmente *“en los tramos de cauce en los que no haya información hidrológica suficiente para aplicar el párrafo anterior, el caudal de la máxima crecida ordinaria se establecerá a partir de métodos hidrológicos e hidráulicos alternativos, y, en especial, a partir de la simulación hidrológica e hidráulica de la determinación del álveo o cauce natural y teniendo en cuenta el comportamiento hidráulico de la corriente, las características geomorfológicas, ecológicas y referencias históricas disponibles”*.

Para estos casos, conforme al comportamiento de la escorrentía en el área de estudio para determinación de la peligrosidad, las determinaciones del cauce se fundamentan en la búsqueda las líneas o puntos unidos y continuos de menor cota altitudinal. Así, se determina el aspecto morfométrico necesario para el cálculo hidrológico y determinaciones hidráulicas finales. Para ello, previamente se requiere la generación de un Modelo Digital del Terreno (MDT). El fondo plano en cubetas o cañadas de corta y escasa pendiente media

se concentran o unen su línea de puntos de cota más baja. Para la determinación de la peligrosidad de inundación inherente a dichas vaguadas tipificadas con peligrosidad de inundación geomorfológica y ante la falta de cauce evidente se ha tenido únicamente en cuenta la línea de puntos de menor cota altitudinal existente generado por el MDT o Mapa de Sombras.

El término municipal de Hondón de los Frailes supone el 90% de la superficie de una depresión tectónica que conforma un espacio endorreico entre las alineaciones subbéticas de la Serra de Crevillent y el Cerro del Agudo (al Sur) y las sierras prebéticas de Cofer y dels Flares al norte. Desde las montañas descienden numerosos ramblizos y vaguadas abancaladas que tienen un recorrido muy reducido de apenas 1500 m. en el mejor de los casos. En la práctica, los cauces de los escasos barrancos han desaparecido con el aterrazamiento de las superficies de glacis para el cultivo. Así, únicamente es posible identificar los cauces del barranc de la Umbria, que desciende desde el Monte Alto (Sierra de Albaterra) por los parajes del Raco de Favaniller, l'Algepsar y el Rossat hasta alcanzar el camí d'Oriola, que hace las veces de cauce de este barranco en episodio de lluvias torrenciales. El tramo bajo de Barranc de l'Umbria desagua en el paraje del Derramador que ya conecta con el área endorreica de La Fondura, compuesto por materiales arcillosos impermeables con una ligera pendiente hacia el noreste, hasta las inmediaciones de la Lloma de l'Altet y la Casa de la Campa, ya en término de Hondón de las Nieves donde se cierra la depresión tectónica.

2.3.- Análisis morfológico

Para este análisis se ha procedido a delimitar las cuencas vertientes que indiquen directamente o indirectamente en los espacios urbanísticos propuestos. Las mismas son las tipificadas con riesgo geomorfológico en el PATRICOVA en relación al tamaño de sus cuencas vertientes para su modelación hidrológica e hidráulica y así prever su influencia en el área de estudio. El eje utilizado para el cálculo hidráulico será la línea que une puntos de menor cota altitudinal. El punto de control para el cálculo hidrológico será el área de contacto entre el final de los glacis y el principio de la zona endorreica de La Fondura, reflejado en relación a las cotas altitudinales generadas por el MDT, a la cartografía del PATRICOVA y a la relación de análisis de ortofotografías históricas. La morfometría resultante es la siguiente.

MORFOMETRÍA	CUENCA 1	CUENCA 2	CUENCA 3	CUENCA 4	CUENCA 5
Área vertiente	0,88 km ²	0,08 km ²	0,73 km ²	3,97 km ²	0,08 km ²
Longitud del cauce principal*	1.916 m	443 m	2.629 m	3.061 m	448 m
Pendiente media	0,219 %	0,049 %	0,096 %	0,036 %	0,15 %
Cota máxima	612,28 msnm	442,61 msnm	676,37 msnm	531,73 msnm	492 msnm
Cota mínima	420,64 msnm	420,64 msnm	420,64 msnm	420,64 msnm	424 msnm

Fuente: Elaboración Propia

* En los tramos donde no existe cauce toma en consideración el eje que une la línea de puntos de menor cota altitudinal obtenida a partir del Análisis Hidrológico Básico (AHB).

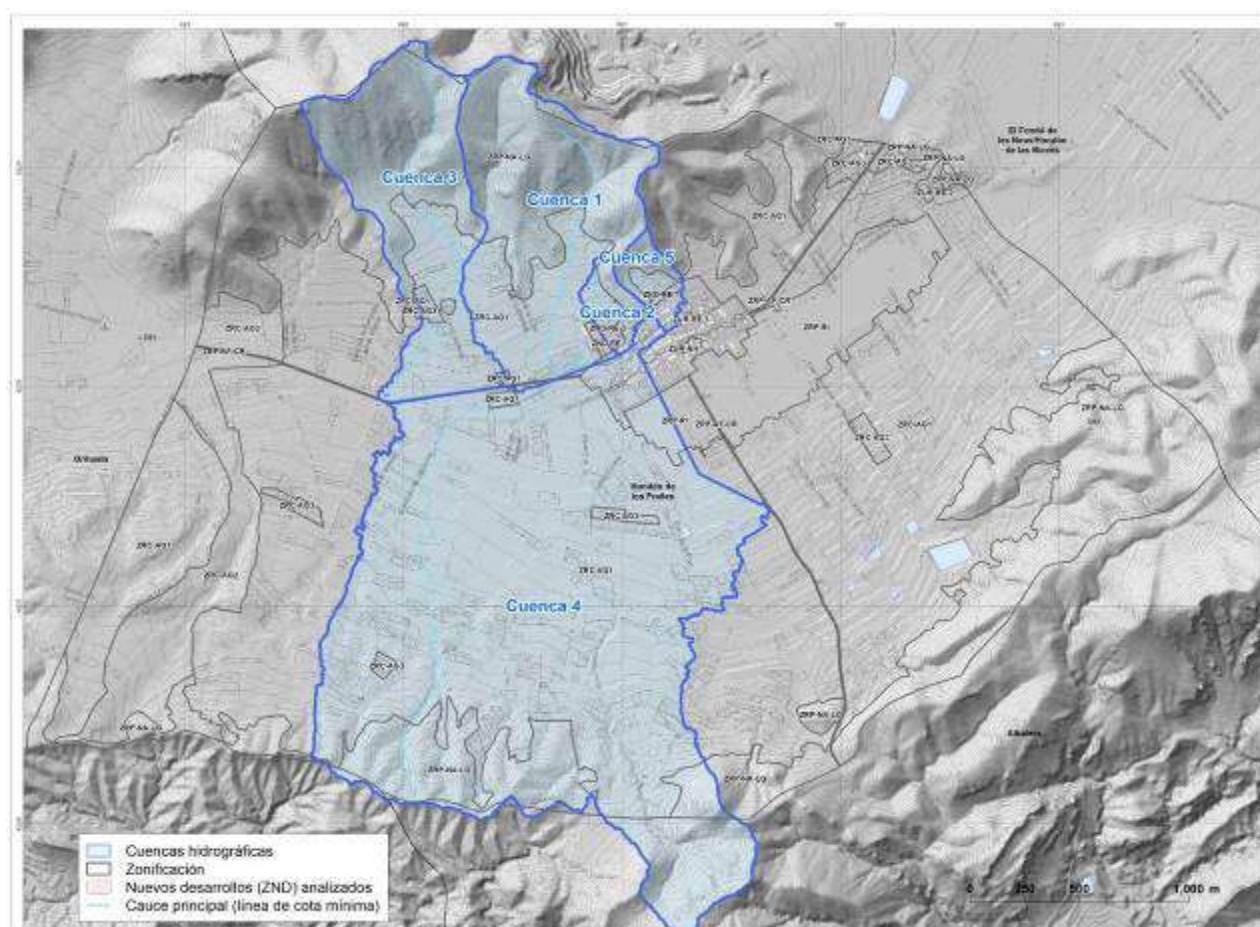


Figura 3: Detalle de las cuencas de drenaje analizadas que vierten al sector noroccidental del núcleo urbanos de Hondón de los Frailes desde la Serra de la Murada, al sur, y la vertiente de la Serra del Flares, al norte, sobre el modelo de sombras con una precisión de 1 m. Fuente: Elaboración propia a partir de datos LiDAR (segunda cobertura) del IGN.

2.4.- Características litológicas de la cuenca vertiente.

El término municipal de Hondón de los Frailes, a pesar de sus reducidas dimensiones, presenta una variedad litológica fruto de su disposición estructural. Del análisis litológico realizado en las cuencas vertientes se expone que, mientras que las sierras son de naturaleza calcárea (muy permeables), la litología dominante en la depresión tectónica es la permeable o semipermeable con cantos, gravas, arenas y arcillas. Sin embargo, la zona central endorreica de La Fondura está dominada por materiales arcillosos totalmente impermeables, facilitando la acumulación sucesiva de las aguas en episodios de precipitaciones torrenciales de alta intensidad horaria.

3. ANÁLISIS DE LAS INUNDACIONES HISTÓRICAS ACAECIDAS EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO

La recopilación de información referente a inundaciones históricas sufridas en el área de estudio es otra forma de identificar la peligrosidad de inundación.

Los reiterados episodios de lluvias intensas o torrenciales con consecuencias catastróficas a los que se ve sometida la franja mediterránea, y con muy alta frecuencia en la provincia de Alicante, han motivado numerosas líneas de investigación en la búsqueda de causas y consecuencias, con enfoques climáticos, hidrológicos, de riesgos, geomorfológicos, descriptivos y analíticos.

La labor de reconstrucción de las riadas pasadas resulta fundamental para comprender y poder prever el paso del agua por el municipio de Hondón de los Frailes, si bien muchas veces este seguimiento se vuelve difícil por la falta de información.

Debido a la falta de información concreta sobre el área que analizamos, hacemos referencia a acontecimientos de lluvias torrenciales e inundaciones acaecidas en la comarca del Medio Vinalopó en municipios cercanos a Hondón de los Frailes.

La segunda mitad del siglo XVIII fue convulsa en cuanto a episodios de crecida del río y barrancos en toda la comarca del Vinalopó. En los siguientes años hay constatadas fuertes crecidas 1751, 1767, 1785, 1793, 1797, destacan por su particular virulencia las acaecidas en el año 1751 y 1793, por los grandes daños ocasionados. La noche del 8 de septiembre y la madrugada del 9 de septiembre en el año 1793, los chubascos de fuerte intensidad horaria ocasionaron enormes destrozos en toda la comarca. (MARTINEZ, 2007). Existen evidencias históricas de este riesgo con citas en los años 1793 y 1797, cuando el agua llegó a penetrar incluso al nivel de la iglesia del pueblo de Hondón de los Frailes.

De las inundaciones producidas en el siglo XIX, se enumeran como más relevantes, las acaecidas en 1831, 1832, 1834, 1854, 1855, 1869, 1872, 1878, 1880, 1884, 1888 y 1892 (SANTONJA, 1998), pero no disponemos de información sobre los efectos producidos por las mismas. El periódico El Heraldo el 25 de noviembre

comenta las fuertes lluvias que tuvieron lugar el 11 de noviembre de 1853, en varios municipios de la provincia de Alicante.

En el siglo XX destacan los episodios de inundación registrados en toda la red de ramblas y barrancos del Medio Vinalopó en los años ochenta, sobre todo de los ocurridos el 19-20 de octubre de 1982. En dicho año se instalaron los registros pluviométricos, registrándose en los municipios cercanos a Hondón de los Frailes, 240 l/m². El 4 de octubre de 1987, una fuerte precipitación descargó 70 mm y ocasionó grandes pérdidas en la agricultura. El 3 y 4 de noviembre de 1987 en el se registraron 191,2 l/m². En el año 1988, de nuevo tienen lugar fuertes chubascos los días 4, 10 y 25 de junio y 14 de octubre (SÁNCHEZ, 2017). Los episodios del 4 al 7 de septiembre de 1989, tuvieron repercusiones catastróficas en infraestructuras agrarias, equipamientos industriales y zonas residenciales situadas en zonas de riesgo. En el observatorio de La Romana se registraron cuatro episodios con volumen de precipitación superior a 100 l/m² en 24 horas durante la década de los ochenta, destacando el del 4 de septiembre de 1989 con 149 mm.

4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Para el cálculo de avenidas realizado en el análisis hidrológico se ha utilizado métodos hidrometeorológicos que simulan el proceso lluvia-escorrentía, es decir, estima la cantidad de lluvia que tras precipitarse no se infiltra y pasa a ser escorrentía directa, y permiten obtener la crecida para determinados periodos de retorno. De esta forma, esta metodología convierte los datos meteorológicos (lluvia) en datos hidrológicos (caudal), tratando la cuenca como unitaria, es decir, la cantidad de precipitación caída que tras no ser infiltrada pasa a ser escorrentía directa (“lluvia neta”) a través de su traslación por laderas y red de drenaje hasta el punto de desagüe.

La metodología elegida es la conocida como Método Racional. Dicha metodología pasa por la consideración de las cuencas de estudio como cuencas unitarias ya que presentan bastante homogeneidad en cuanto a las características de la escorrentía y las tormentas de la zona en cuanto a su distribución espacial y temporal.

En este sentido, el método S.C.S. (Soil Conservation Service) (NRCS, 1972) recogido en las diferentes versiones de la norma 5.2-IC, presenta facilidades para la estimación de parámetros a partir exclusivamente de características físicas de la cuenca y de estados globales de humedad previa del complejo suelo-vegetación (seco, medio o húmedo).

En la concreción del caudal máximo probable a partir del Método Racional en la península ibérica, se utiliza la propuesta de (Témez, 1978), que es una adaptación a las condiciones climáticas de nuestro país del método del Número de Curva (NC) (Camarasa, 1991) desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) de E.E.U.U. (SCS, 1972 a 2019) en constante actualización. Revisada y modificada en diversas ocasiones, se ha convertido en el método empírico de mayor uso (Ferrer, 1993) y constituye la base de la Norma de Drenaje de Carreteras (I.C.5.2.), desde su primera versión de 1987 hasta su última revisión de 2018 (García, 2021).

4.1.- Caracterización del régimen de precipitaciones máximas.

Las precipitaciones de carácter extraordinario, es decir, los aguaceros de gran intensidad horaria (flash flood), son una de las principales causas de inundación en toda el área mediterránea, de ahí la importancia de su estudio. Desde el punto de vista hidrológico es necesario diferenciar las distintas escalas temporales que condicionará la respuesta de cada sistema en función de un período de tiempo determinado.

El método de estimación de los caudales asociados a distintos períodos de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante. Para cuencas pequeñas es necesario utilizar estos métodos hidrometeorológicos ya que no existen datos reales. Aunque su uso equivale a admitir que la única componente de esta precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente.

4.1.1.- Cálculo del tiempo de concentración de las cuencas.

Según la metodología del Método Racional, el tiempo de concentración de la cuenca estudiada se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$T_c = 0,3 (L/J^{0,25})^{0,76}$$

T_c: tiempo de concentración (horas)

L: Longitud del cauce (Km).

J: Pendiente media (m/m) = (cota máx. – cota mín.)/ L

CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN CUENCA ANALIZADA					
	CUENCA 1	CUENCA 2	CUENCA 3	CUENCA 4	CUENCA 5
Longitud del cauce principal*	1.916 m	443 m	2.629 m	3.061 m	448 m
Pendiente media	0,219 m/m	0,049 m/m	0,096 m/m	0,036 m/m	0,15 m/m
Cota máxima	612,28 msnm	442,61 msnm	676,37 msnm	531,73 msnm	492 msnm
Cota mínima	420,64 msnm	420,64 msnm	420,64 msnm	420,64 msnm	424 msnm
T_c (horas)	0,655 h	0,285 h	0,9755 h	1,317 h	0,233 h

Fuente: Elaboración propia

Este tiempo de concentración equivale al tiempo que tardaría una gota de lluvia en recorrer el espacio entre la cabecera y la desembocadura del cauce (o el fondo endorreico del valle en este caso).

4.1.2.- Cálculo de la intensidad media de precipitaciones para los tiempos de concentración calculados.

La estimación de la lluvia con un determinado período de retorno suele abordarse a partir de los valores de lluvias diarias debido a la mayor densidad de estaciones con medida diaria. Los datos de máximos pluviométricos diarios se han obtenido mediante la aplicación del programa de software CAUMAX, adjunto a la publicación “Máximas Lluvias en la España Peninsular”, dependiente del Ministerio de Fomento.

Cálculo de la intensidad máxima de precipitación	
T (años)	P _d (mm)
10	76
25	97
100	116
500	178

Fuente: Elaboración Propia a partir del programa MAXPLU. Ministerio de Fomento.

T: Período de retorno (años)

P_m: Precipitación media de las máximas diarias (mm)

C_v: Coeficiente de variación

P_d: Cuantil de precipitación máxima diaria (mm)

En el anterior cuadro se expresan los períodos de retorno estimados para los intervalos temporales de 10, 25, 100 y 500 años. La elección de los tres últimos (los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años) obedece a tipificación de riesgos según los seis tipos que contempla el PATRICOVA resultado de combinar diferentes calados con estos períodos de retorno. En cambio, el período de retorno de 10 años es el que sirve para el cálculo de los períodos de retorno de 100 y 500 años a partir de revisión del método, realizado en la revisiones de la Norma de Drenaje de Carreteras (I.C.5.2.) a partir de 2016 para pequeñas cuencas del levante peninsular.

La intensidad media I_t (mm/h) de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por métodos hidrometeorológicos se podrá obtener por medio de la siguiente fórmula:

$$I_t/I_d = I_1/I_d \frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}$$

Id (mm\h): Intensidad media diaria de precipitación.
I1 (mm/h): Intensidad horaria de precipitación.
t (h): Tiempo de concentración.

El valor de la razón $I1/Id$, es decir, el factor de torrencialidad (relación entre la intensidad horaria y diaria), se obtiene a partir de un estudio regional. Para el área de estudio analizada se ha utilizado el valor 11. A continuación, aparece el mapa de isolinias establecidas por un factor de torrencialidad aplicada a escala regional y el mapa del coeficiente corrector regional:

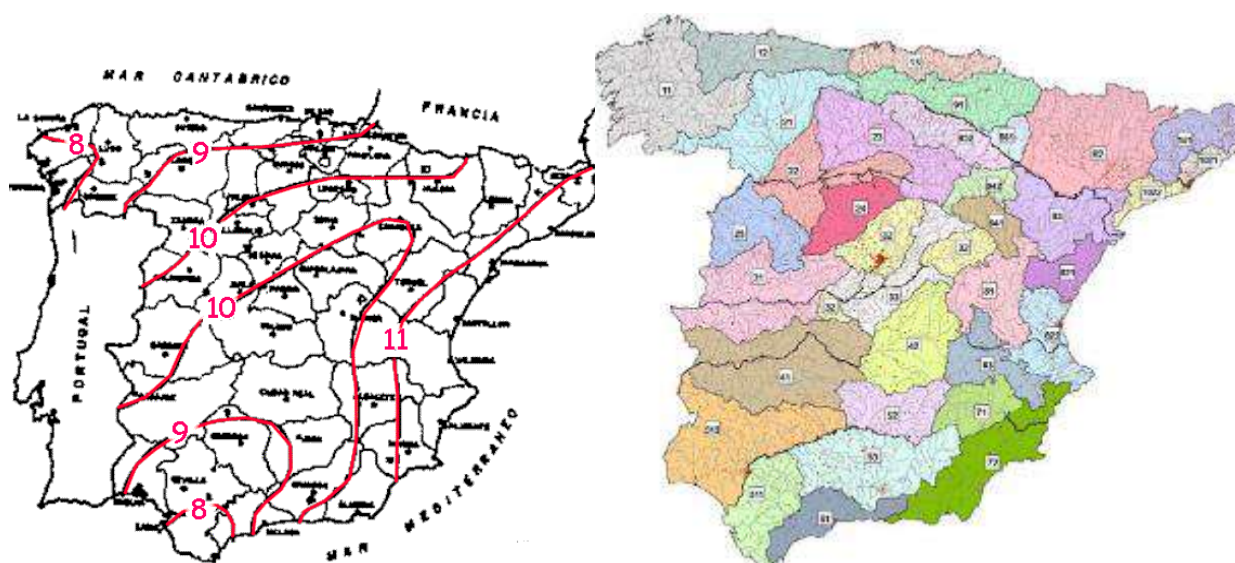


Figura 4: mapas para el cálculo de la torrencialidad y el coeficiente corrector regional. Fuente: CEDEX Datos de umbral de escorrentía (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2014).

El valor de la razón $I1/Id$ que es la relación entre la intensidad horaria y diaria (factor de torrencialidad) se obtiene a partir de un estudio regional cuyo resultado para la Comunidad Valenciana tiene valor 11.

4.2. Cálculo de caudales: aplicación del método racional

- Cálculo del coeficiente de escorrentía:

El coeficiente de escorrentía “C” define la proporción de la intensidad de lluvia “I” que genera escorrentía superficial y obviamente está relacionado con el concepto de lluvia neta expuesto en apartados anteriores. El método racional expuesto obtiene dicho dato basándose en la formulación del *Soil Conservation Service* (S.C.S.) y la determinación del umbral de escorrentía “Po” en una determinada cuenca según sus características edafológicas, de vegetación, etc. El umbral de escorrentía para cada la cuenca estudiada

estará sujeto a variables según el uso de su suelo. Si la razón P_d/P_o fuera inferior a la unidad, el coeficiente C de escorrentía podrá considerarse nulo. En caso contrario, el valor de C podrá obtenerse de la fórmula. A partir de ello, el coeficiente instantáneo de escorrentía C se halla a través de la siguiente formulación:

$$C = \frac{(P_d/P_o - 1) ((P_d/P_o) + 23)}{((P_d/P_o) + 11)^2}$$

P_d (mm): la precipitación total diaria

P_o : umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía es el parámetro del modelo de infiltración. Este parámetro se encuentra tabulado y es función de la vegetación (o uso de suelo), la pendiente y del tipo de suelo edáfico. Aparece, por consiguiente, tabulada para unas condiciones medias de humedad inicial (S.C.S y MOPU, 1990). Además, el umbral de escorrentía debe afectarse por un coeficiente corrector que tiene en cuenta la humedad antecedente y otras correcciones experimentales. Este coeficiente regionalizado toma el valor de 2,1 en el área de estudio, correspondiente a la zona 72 en la que se encuentra el área objeto de este análisis. Esta área se ubica en un espacio dominado litológicamente por materiales cuaternarios que le confiere al terreno una aceptable capacidad de infiltración siempre y cuando no estén encostrados.

El valor del umbral de escorrentía para las cuencas analizadas se ha obtenido a partir del programa CAUMAX.

CÁLCULO DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA DE LA CUENCA 1			
P_o (mm)	Área (m ²)	%	P_o ponderado (mm)
6	595,7	0,06	0,004
14	6608,3	0,744	0,104
15	367516,6	41,43	6,2148
22	512306,9	57,75	12,706
	887027,07	100	19,029

Fuente: elaboración propia

CÁLCULO DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA DE LA CUENCA 2			
P_0 (mm)	Área (m ²)	%	P_0 ponderado (mm)
1	3055,05	3,84	0,0384
15	56836,78	71,47	10,721
22	19630,01	24,68	5,430
	79521,86	100	16,190

Fuente: elaboración propia

CÁLCULO DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA DE LA CUENCA 3			
P_0 (mm)	Área (m ²)	%	P_0 ponderado (mm)
14	210239,79	28,95	4,053
15	403057,62	55,51	8,326
19	797,01	0,119	0,020
22	111980,45	15,42	3,393
	726074,88	100	15,794

Fuente: elaboración propia

CÁLCULO DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA DE LA CUENCA 4			
P_0 (mm)	Área (m ²)	%	P_0 ponderado (mm)
1	22415,78	0,654	0,006
14	405418,58	11,843	1,658
15	2046211,71	59,778	8,966
19	624480,71	18,243	3,466
22	324488,51	9,479	2,085
	3423015,30	100	16,190

Fuente: elaboración propia

CÁLCULO DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA DE LA CUENCA 5			
P_0 (mm)	Área (m ²)	%	P_0 ponderado (mm)
1	29788,59	36,81	0,37
15	34001,75	42,01	6,30
22	17141,63	21,18	4,66
	80931,97	100	11,33

Fuente: elaboración propia

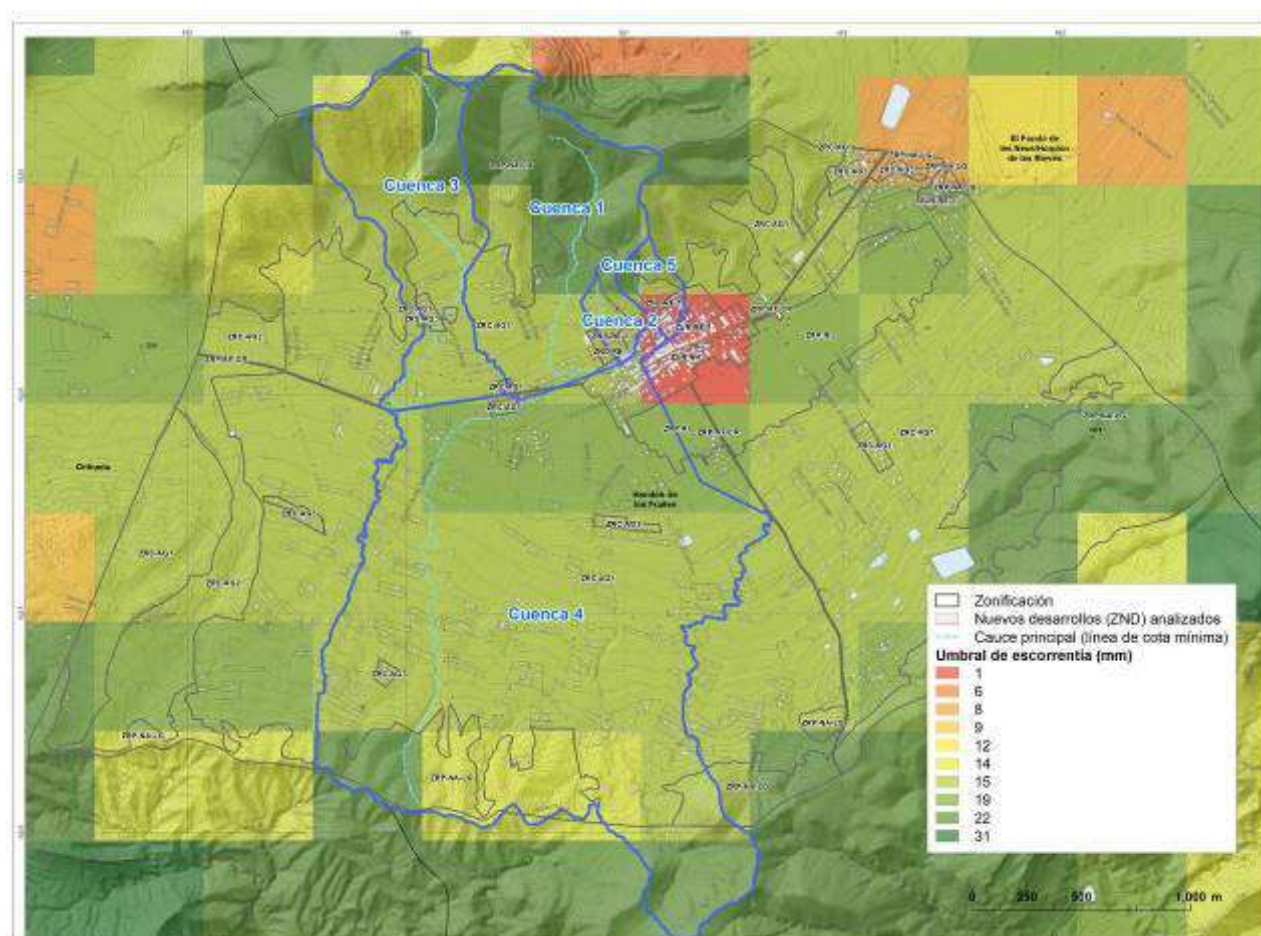


Figura 5: Mapa de caudales máximos en régimen natural para toda la España Peninsular. Fuente: CEDEX Datos de umbral de escorrentía (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2014).

- Aplicación de la fórmula básica:

El caudal de referencia Q en el punto en el que desagüe una cuenca o superficie se obtendrá mediante el método de Témez, que se basa en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q = CIA K$$

3,6

Q = caudal punta para un determinado período de retorno (en m³/seg.).

I = máxima intensidad horaria de precipitación para dicho periodo de retorno (en mm/hora).

A = superficie de la cuenca.

C = coeficiente de escorrentía.

K = coeficiente de uniformidad.

3,6 = cambio de unidades.

El coeficiente de uniformidad “K” varía de unos episodios a otros, pero su valor medio en una cuenca concreta depende fundamentalmente del valor de su tiempo de concentración, y de forma tan prevalente que, a efectos prácticos, puede despreciarse la influencia de las restantes variables tales como la torrencialidad del clima, etc. Para su estimación, en valores medios, se efectúa la siguiente expresión:

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

T_c: tiempo de concentración en horas.

El valor finalmente obtenido es:

Coeficiente de Uniformidad “K”	
Cuenca 1	1.04
Cuenca 2	1.01
Cuenca 3	1.06
Cuenca 4	1.09
Cuenca 5	1.01

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se aplica la fórmula básica para los períodos de retorno de 10 y 25 años.

CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDA PARA T.10 Y T.25						
	<i>T (años)</i>	<i>A (km²)</i>	<i>I (mm/h)</i>	<i>C</i>	<i>K</i>	<i>Q (m³/s)</i>
Cuenca 1	10	0,88	44,743	0,134	1,04	1,535
	25	0,88	57,106	0,201	1,04	2,924
Cuenca 2	10	0,08	71,098	0,177	1,01	0,284
	25	0,08	90,743	0,249	1,01	0,508
Cuenca 3	10	0,73	35,358	0,184	1,06	1,403
	25	0,73	45,128	0,257	1,06	2,493
Cuenca 4	10	3,97	29,405	0,175	1,09	6,208
	25	3,97	37,530	0,246	1,09	11,147
Cuenca 5	10	0,08	79,214	0,285	1,01	0,514
	25	0,08	101,102	0,366	1,01	0,843

Fuente: Elaboración propia

Para los periodos de retorno de 100 y 500 años se aplica la siguiente formula:

$$Q_T = \varphi \cdot Q_{10}^{\lambda}$$

ϕ (adimensional) Coeficiente propio de la región y del período de retorno considerado

λ (adimensional) Exponente propio de la región y del período de retorno considerado

Región 72

Periodo de retorno, T (años)	50	100	200	500
φ	3,0	4,0	7,6	13,3
λ	1,08	1,18	1,13	1,08

Fuente: Cuadro para el cálculo de caudales en cuencas pequeñas del levante y sureste peninsular ($t > 25$ años), región 72. Corrección del 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualiza la norma 5.2 I.C. sobre drenaje superficial de la instrucción de carreteras de 2016.

CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDA PARA T.100 Y T.500						
	Q	Q_{10}	φ	λ	Q_{10}^{λ}	$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$
Cuenca 1	100	1,535	4,00	1,18	1,66	0,805
	500	1,535	13,30	1,08	1,59	6,683
Cuenca 2	100	0,284	4,00	1,18	0,23	0,904
	500	0,284	13,30	1,08	0,26	3,410
Cuenca 3	100	1,403	4,00	1,18	1,49	5,964
	500	1,403	13,30	1,08	1,44	19,172
Cuenca 4	100	6,208	4,00	1,18	8,62	34,492
	500	6,208	13,30	1,08	7,18	95,548
Cuenca 5	100	0,27	4,00	1,18	0,22	0,860
	500	0,27	13,30	1,08	0,24	3,258

Fuente: Elaboración propia

Se ha seguido la recomendación de la publicación del CEDEX (Ferrer Polo, 1993) y se ha utilizado el caudal punta de forma constante a lo largo de la simulación hidráulica.

5.- ANÁLISIS HIDRÁULICO.

El análisis hidráulico nace de la necesidad de estudiar el funcionamiento de las escorrentías vertientes de las cuencas delimitadas. Estas cuencas con su aportación de caudal son las obtenidas en el estudio hidrológico para estimar la zona inundable de los cauces y sus márgenes.

Para el análisis hidráulico de la situación de partida y futura se ha tomado la consideración de su análisis a través de la utilización del software IBER que es un modelo 2D para el cálculo de las zonas inundables.

- Modelo de simulación a través del IBER

La modelación a través del IBER consigue modelar la hidrodinámica de las áreas inundadas y las profundidades de inundación, la simulación de represas y diques de brechas, la simulación de eventos de lluvia torrencial con coeficiente de escurrimiento variable (riesgo de escorrentía pendiente), la producción de las direcciones de flujo para un análisis de la trayectoria de flujo, etc.; todo ello teniendo en cuenta los obstáculos de flujo (diques, terraplenes de ferrocarril, etc.), no incluidos en el modelo de terreno.

Este modelo puede generar automáticamente videos de recreación de episodios de flujo y escorrentía.

El cálculo de las áreas de inundación se basa en un enfoque hidrodinámico. Todos sus módulos trabajan sobre una malla, de volúmenes finitos (formada por elementos triangulares o cuadrados).

La fuente utilizada para el modelado del terreno se ha obtenido a partir de datos LiDAR del IGN segunda cobertura (2016) a partir de la cual se ha creado un MDT con una precisión de 0,5 metros.

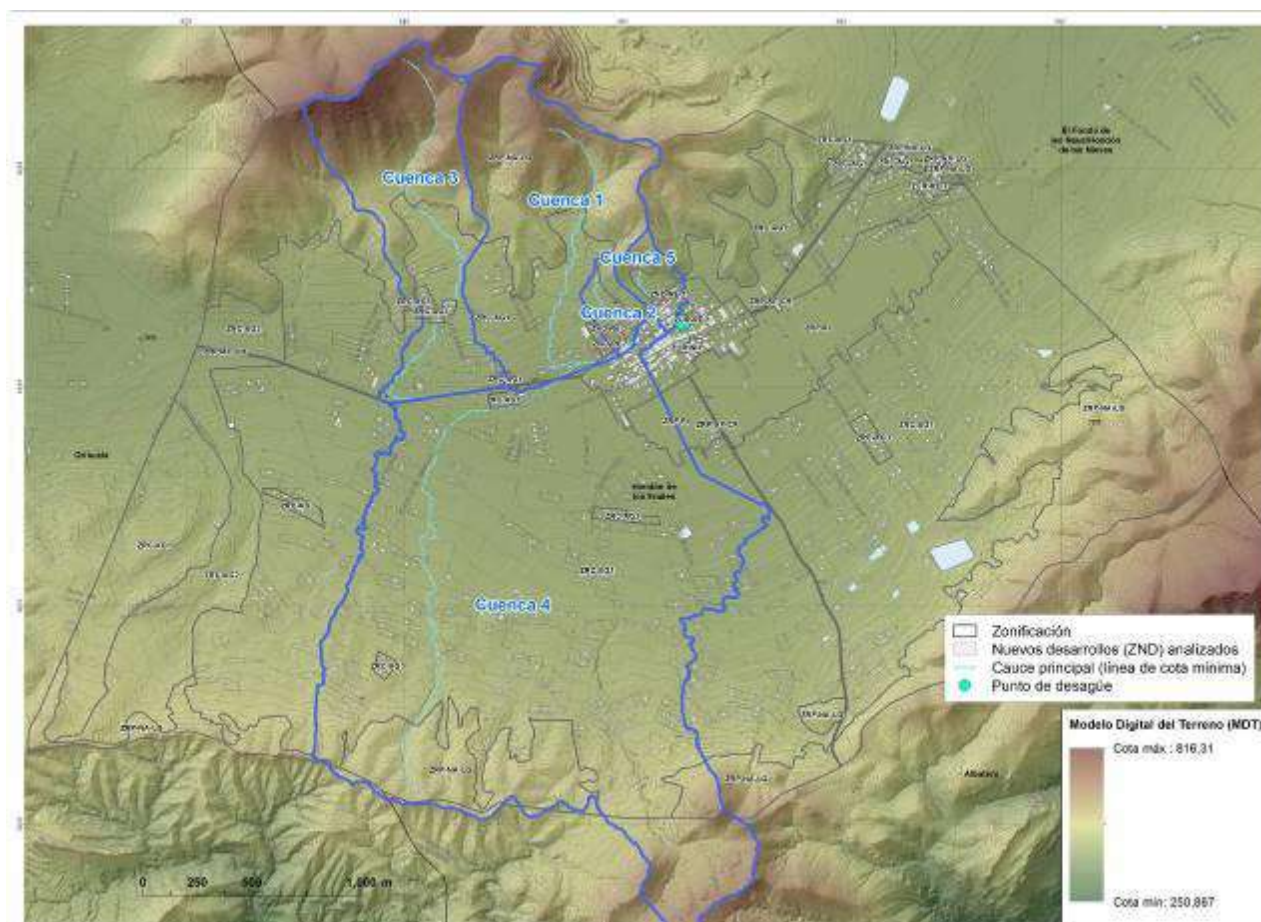


Figura 6: MDT de detalle utilizado para la modelización incluido en el programa de modelización hidráulica IBER y punto de desagüe.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos LiDAR segunda cobertura del IGN.

Se han incluido en la modelización todos los pasos de agua con el fin de comprobar el comportamiento del agua a su paso por la vía de comunicación de primer orden al sur del sector analizado. Las conducciones de agua, que se puede apreciar en la imagen (siguiente figura), se han incluido directamente en el módulo para tal fin del que dispone el programa IBER.



Figura 7: detalle de las conducciones incluidas en la modelización hidráulica IBER

- Malla de cálculo en IBER

Todas estas fuentes descritas han sido implementadas en la malla NURBS (acrónimo inglés de non-uniform rational B-spline) que sirve como base para el cálculo hidráulico en el programa IBER, creadas a partir de la geometría es de tipo ‘no estructurada’, por lo que el único parámetro a definir por el modelador es el tamaño de los elementos.

A la malla utilizada para el cálculo en la aplicación IBER se le ha asignado un tamaño de 2 m, debido a que no solo se necesitaba una mayor precisión en el área analizada sino en todo el recinto incluido en IBER, por ser una zona altamente urbanizada.

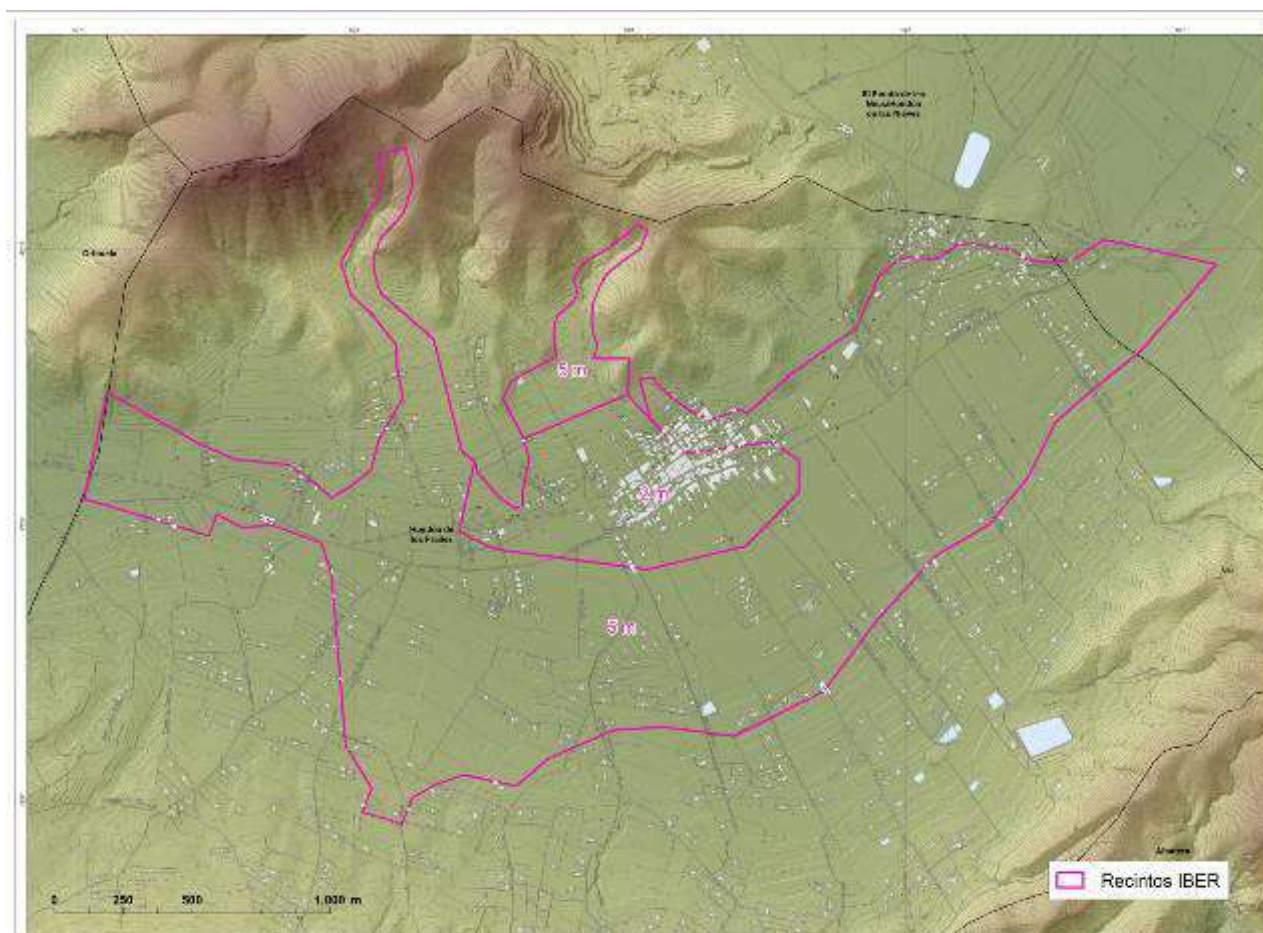


Figura 8: Detalle de la precisión de la malla incluida en el programa de modelización hidráulica IBER. Fuente: elaboración propia.

- Punto de desagüe

La modelización se extendió a un punto del núcleo urbano que recoge el caudal de todo el sector occidental del término municipal que puedan tener incidencia en los nuevos desarrollos (ZND), con el fin de contemplar las posibles implicaciones del flujo aguas abajo y comprobar que el agua se comportaba como una lámina libre (figura 6).

- Condiciones de contorno

Como condición inicial del modelo, se ha especificado un calado de valor cero en todas las celdas del mismo (inicio en seco).

En la modelizado se ha asignado unas condiciones de contorno subcríticas de entrada (caudal punta constante) y críticas para las condiciones de salida, ya que se ha modelizado más de 350 m lineales aguas abajo de la parcela (al este).

- Índice de rugosidad de Manning

El volumen de descarga a las células vecinas se calcula utilizando la fórmula de Manning-Strickler.

$$V = k_{st} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}, \text{ with } r_{hy} \text{ being the hydraulic radius and } I \text{ the gradient.}$$

La calidad de los resultados de simulación depende en gran medida del uso de valores de rugosidad adecuados desde la velocidad del flujo está relacionada linealmente con rugosidad.

La profundidad de flujo durante un intervalo de iteración se toma de la diferencia entre el nivel de agua y la elevación máxima del terreno a lo largo de la trayectoria de flujo.

$$flow_depth = water_level_a - \max(elevation_a, elevation_b)$$

La inclinación y la dirección de la tabla de agua se vuelven a calcular en cada paso de iteración y la pendiente más pronunciada utilizado como la inclinación en la fórmula de Manning-Strickler.

$$\text{slope} = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2}$$

$$\text{aspect} = 270 - \frac{360}{2\pi} \cdot \arctan 2 \left[\frac{\partial z}{\partial y}, \frac{\partial z}{\partial x} \right]$$

La velocidad de flujo como se deriva por la fórmula se multiplica por la sección transversal de flujo y la etapa de iteración tiempo con el fin de obtener el volumen de agua intercambiada entre las células para la iteración actual.

La fórmula de Manning-Strickler fórmula es generalmente válida sólo para descarga normal, donde la pérdida por fricción es igual a la ganancia en energía potencial.

- Resultado hidráulico y del comportamiento de la escorrentía

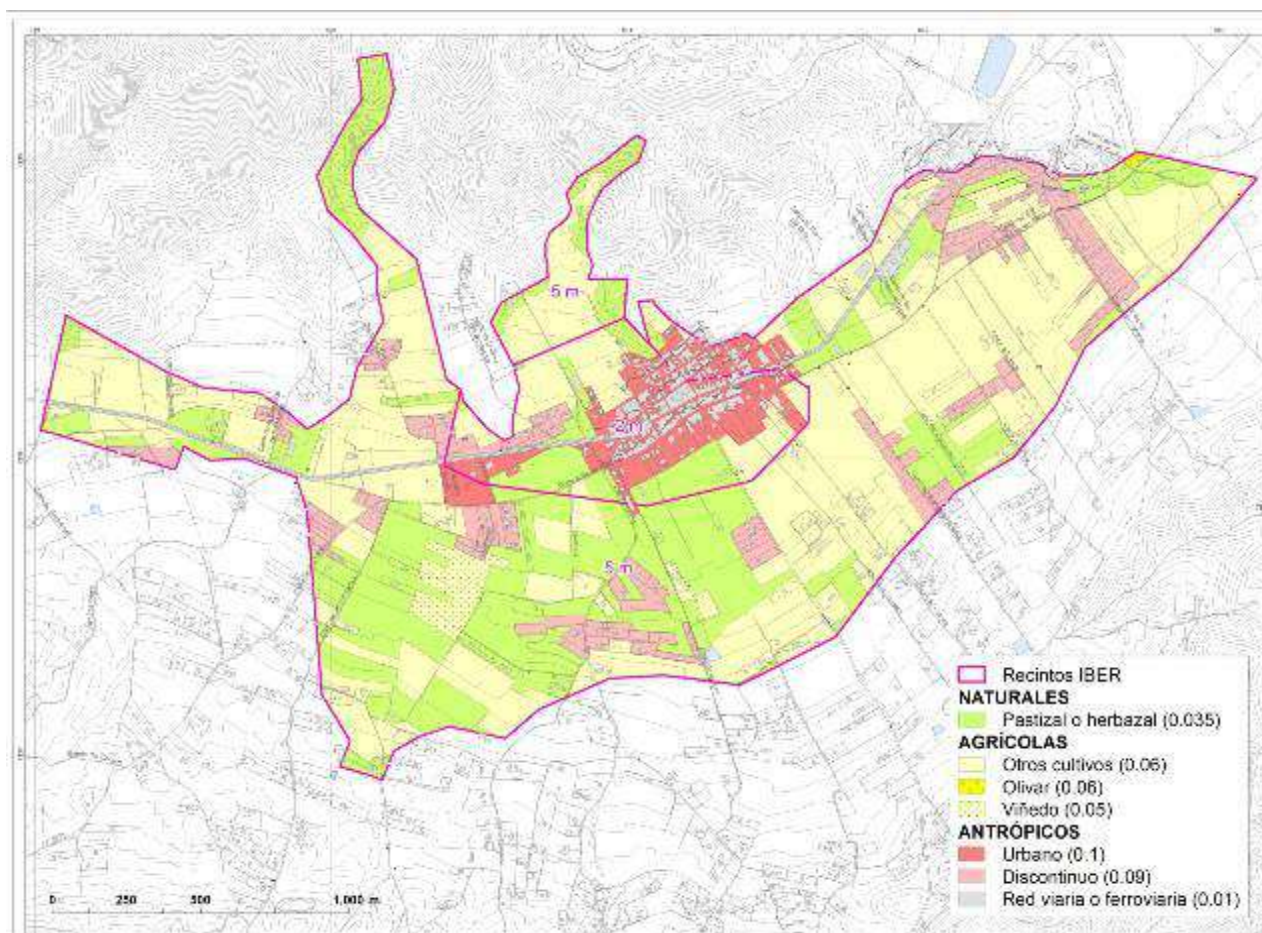
La asignación del valor de rugosidad de Manning se han basado en los usos de suelo del SIOSE (SIOSE 2015 del IGN), a partir de la tabla de la Guía metodológica del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) que aparece en su anejo V (Sánchez Martínez et al., 2011).

Clasificación de usos del suelo del SIOSE			n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)		
Artificial compuesto	Urbano mixto	Casco	0,1	Tejido urbano continuo		Tejido urbano
Cobertura artificial	Edificación					
	Otras construcciones					
	Urbano mixto	Ensanche	0,09	Estructura urbana abierta	Tejido urbano discontinuo (urbanizaciones)	
		Discontinuo		Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas		
	Industrial	Polígono industrial ordenado				
		Polígono industrial sin ordenar				
		Industria aislada				

Figura 9: Tabla original del anexo de los valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos de suelo del SIOSE y CLC2000. Guía metodológica del Sistema nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI).

Se han agrupado en 3 categorías de usos de suelo, a las que se han asignado la rugosidad dentro del programa IBER de forma automática. La información de usos de suelo de la cartografía del SIOSE, se caracteriza por una serie de coberturas simples o compuestas.

Estas últimas expresan el diferente grado de ocupación de una cobertura dentro de un recinto, a partir de un porcentaje. Pese a no tener un descriptor único, la caracterización de los valores de Manning a partir del SIOSE nos asegura una caracterización más rica, actualizada y precisa (Ramón et al., 2019). Los valores de rugosidad de Manning utilizados en la modelización son los siguientes:



- Resultado hidráulico y del comportamiento de la escorrentía

La serie de **planos del 4 al 5** del anexo cartográfico muestran el resultado de las modelizaciones propuestas para las pequeñas cuencas vertientes analizadas.

En el **planos 4** se representa de forma conjunta la peligrosidad, según la categorización del PATRICOVA. En este mapa queda reflejado que Zonas de Nuevos Desarrollos (ZND) se ve afectada por diferentes niveles de peligrosidad (figura 11).

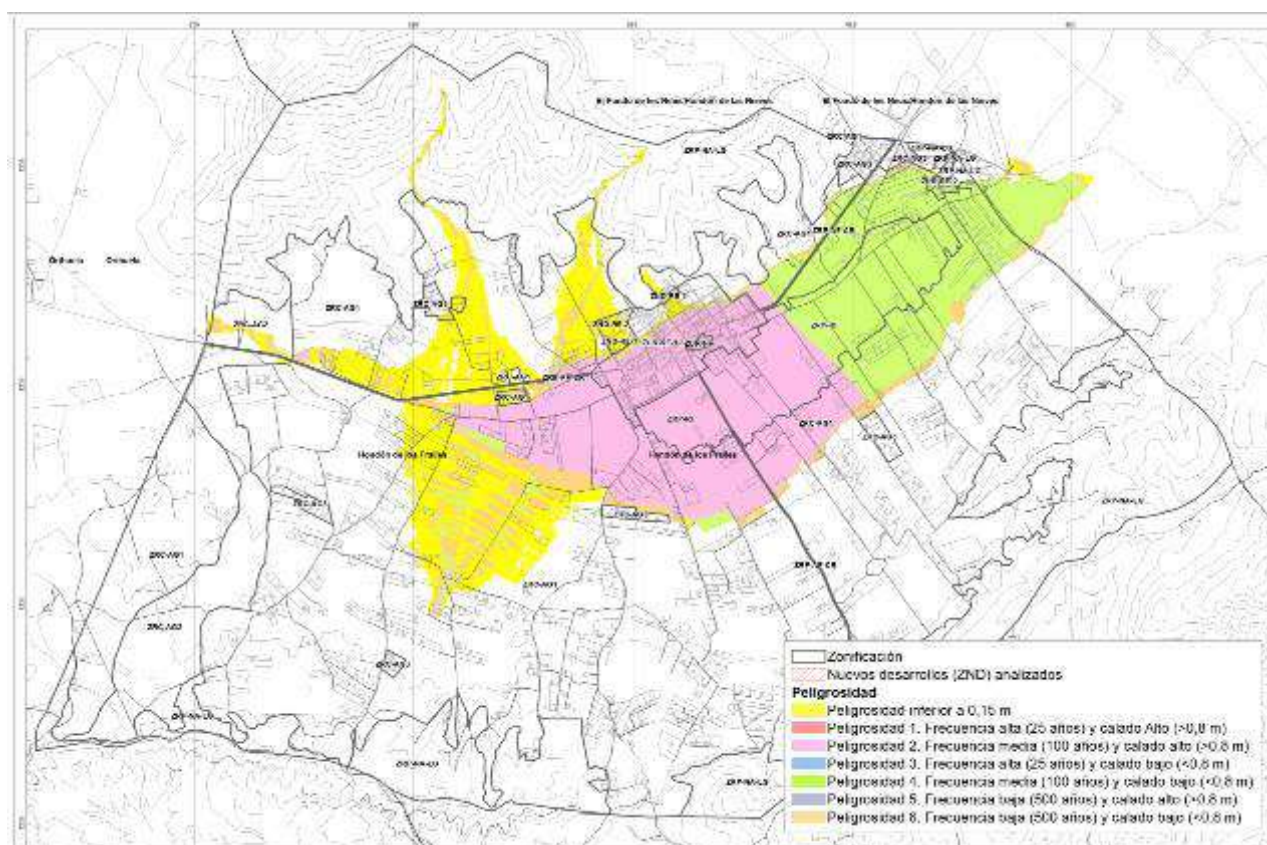


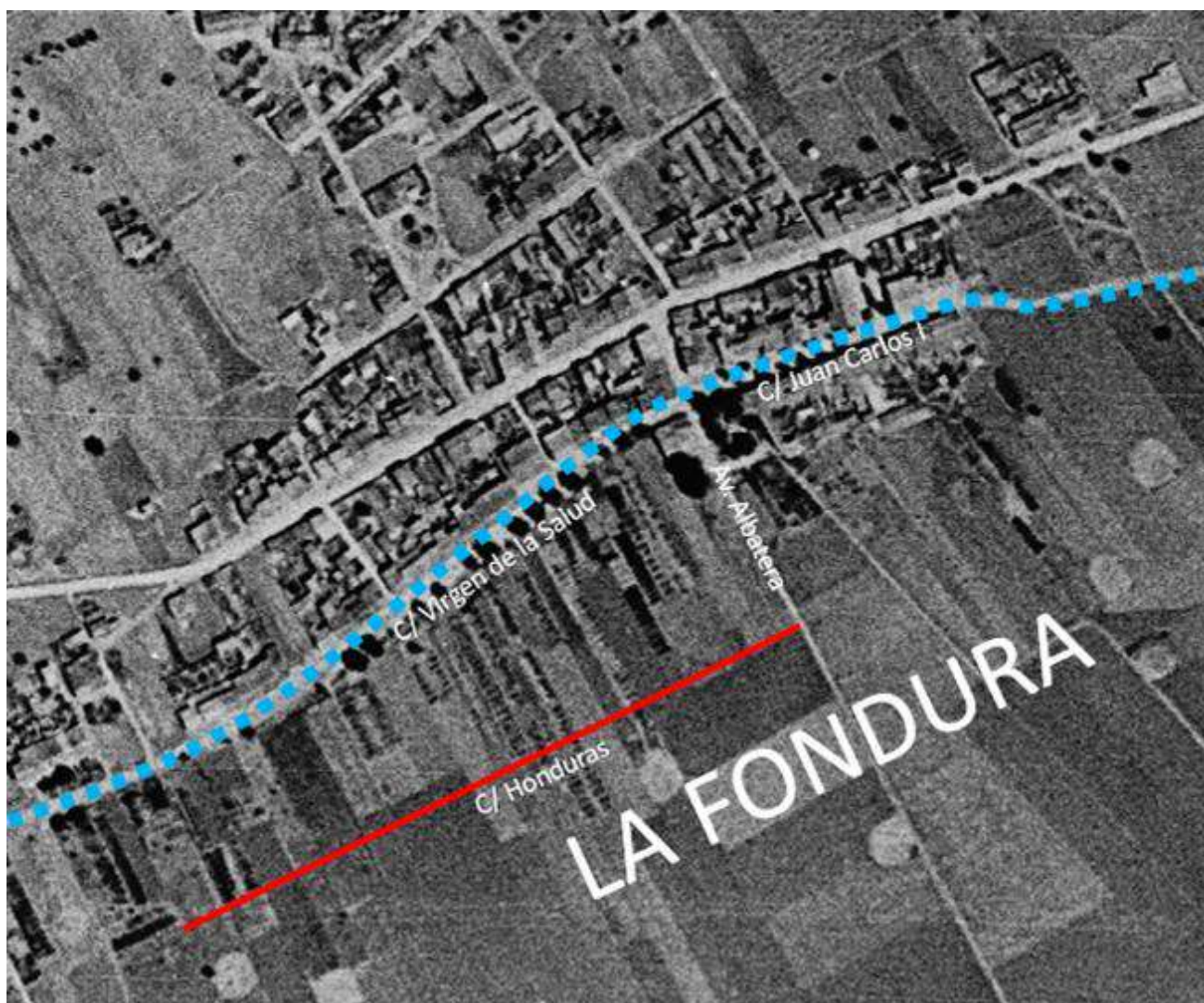
Figura 11: Mapa de peligrosidad (plano 4 del anexo cartográfico) con 6 niveles del PATRICOVA.

La aplicación del modelo teórico ofrece unos resultados más restrictivos que los existentes en la cartografía del vigente PATRICOVA.

Por consiguiente, la peligrosidad de inundación resultante para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, muestra que el flujo de caudal generado por las cuencas vertientes analizadas se acumula en la zona endorreica de la depresión tectónica de Hondón de los Frailes.

De esta forma, la peligrosidad de inundación que se deriva de la aplicación de dicho modelo muestra que los niveles de peligrosidad resultantes van desde el nivel 2, nivel 4 y nivel 6. En los dos últimos niveles, con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua entre 0.15 m y 80 cm, se producen escasas diferencias superficiales y afectan directamente al paraje de La Fondura, compuesto por materiales impermeables arcillosos en el fondo del valle endorreico que coincide con el término municipal, prácticamente en su totalidad.

El nivel 2 se concentra en el entorno del núcleo urbano, ya que como evidencia la trama histórica del pueblo, las primeras zonas afectadas del núcleo urbano se sitúan inmediatamente al sur de las actuales calles Virgen de la Salud, Juan Carlos I y Padre Claret, afectando las edificaciones ya consolidadas en las calles de la Fuente, Honduras, San Isidro, Avenida de Albatera y el camino Colorado.



Localización de los viales sobre la fotografía aérea de 1956 (vuelo americano)

Fuente: ICV (<https://visor.gva.es/visor/>)

Por otro lado la peligrosidad resultante en la ladera de la Sierra de los Flares, al norte del núcleo de Hondón de los Frailes, donde se localizan los Nuevos Desarrollos (ZND), únicamente se encuentra el nivel de peligrosidad 6, y calados inferiores a 0.15 m.

La mancha de las Zonas de Flujo Preferente (ZFP)), que proceden de la suma de las Vías de Intenso Desagüe (VID) y las zonas de peligrosidad para las personas y bienes o Zonas de Inundación Peligrosa (ZIP), queda de la siguiente forma:

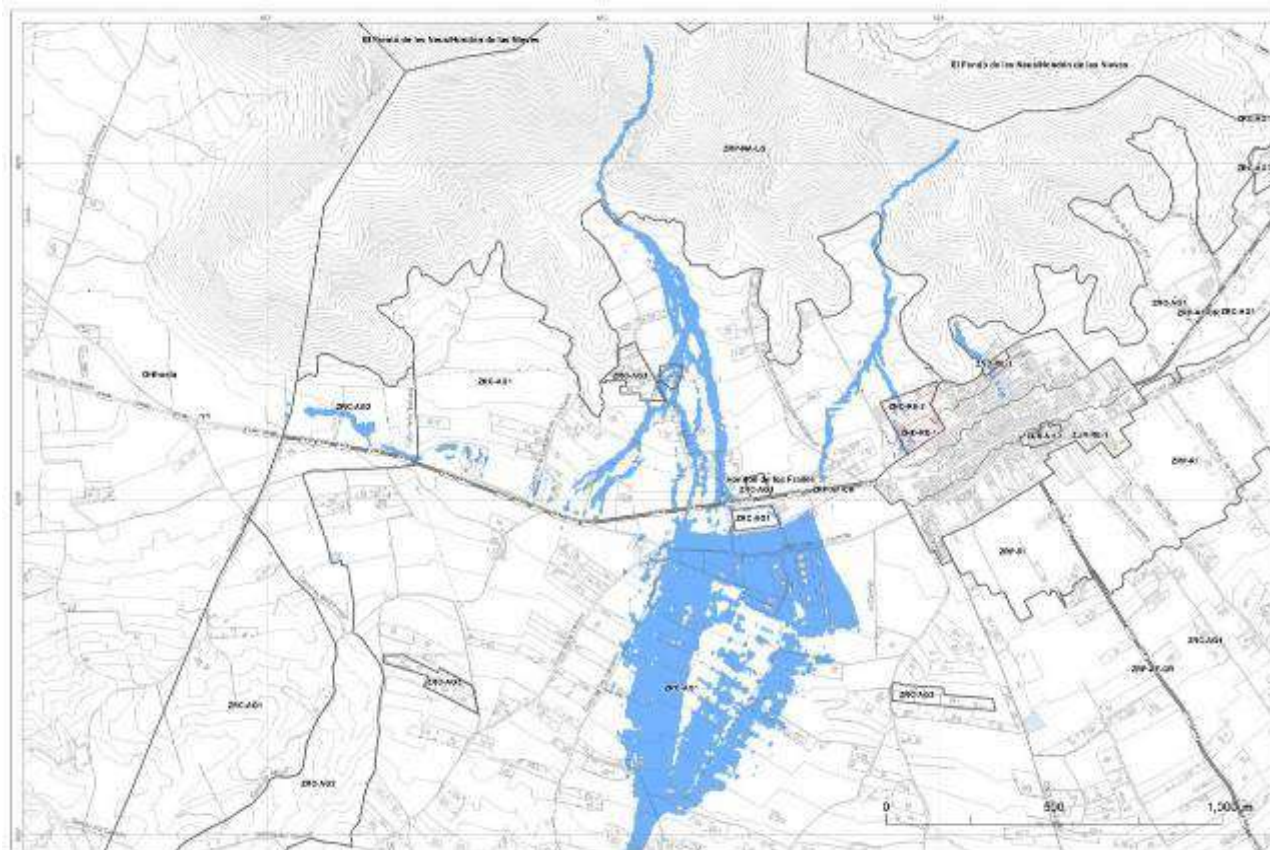


Figura XXXX: Detalle del mapa de peligrosidad (plano 5 del anexo cartográfico) con las Zonas de Flujo Preferente (ZFP).

No se proponen medidas correctoras concretas para la reducción o alteración de la peligrosidad en las zonas de Nuevos Desarrollos (ZND), únicamente se estima que las manchas de la ZFP, que quedan incluidas en su interior, no sean ocupadas y permanezcan inalteradas.

6.- CONCLUSIONES, VIABILIDAD DEL PROYECTO Y MEDIDAS.

Una vez realizados los cálculos, con los resultados obtenidos expuestos en el apartado anterior, el equipo redactor ha propuesto al Ayuntamiento de Hondón de los Frailes una serie de medida para ser incorporadas en la ordenación y la normativa del PGE:

- **MEDIDAS PREVENTIVAS**

- Redelimitación de las zonas urbanizadas en el frente meridional del pueblo, ajustándose únicamente a los sectores efectivamente urbanizados, edificados y consolidados, donde será de aplicación directa lo dispuesto en el Anexo I de la Normativa del PATRICOVA sobre Condiciones de Adecuación de las Edificaciones y la Urbanización
- Redelimitación de las zonas de nuevos desarrollos al oeste del pueblo (La Llometa y Cases Altes), por la afección de las vaguadas del Racó del Maleno (peligrosidad de inundación de nivel 4), atendiendo a las consideraciones de la Normativa del PATRICOVA, en función de la afección de los diferentes niveles de peligrosidad de inundación.
- En ordenación de las zonas de nuevos desarrollos de La Llometa y Cases Altes, las zonas verdes se localizarán en el área más occidental de ambos sectores, con el fin de favorecer la infiltración de las aguas y no incrementar los posibles efectos de las escorrentías, además de establecer una zona de transición en la interfaz urbano-rural.
- Supresión de las dos zonas planteadas como minimización de impactos territoriales de núcleos consolidados de viviendas en zona rural del camino de las Casas de Galiana (peligrosidad de inundación de nivel 4) y del camino del Xerec (o Senda de los Moros).

- **MEDIDAS PROTECTORAS**

- Mantenimiento expedito de las zonas inundables tanto de edificación y usos intensivos reflejadas por la cartografía de peligrosidad del PATRICOVA, así como las diagnosticadas para la peligrosidad de inundación resultante del análisis de mayor detalle del presente estudio de inundabilidad.
- Incorporación a la Infraestructura Verde municipal las zonas afectadas por peligrosidad de inundación de niveles 1 a 4 en el fondo de valle endorreico de la depresión tectónica:

parajes de La Fondura, La Mineta, El Vergeret, l'Olivar y El Derramador. En estas zonas no se autorizarán nuevas edificaciones.

- Cualquier licencia municipal en las zonas afectadas por peligrosidad geomorfológica delimitada en la cartografía del PATRICOVA, deberá incorporar un estudio de inundabilidad específico.
- Los caminos que transiten por zonas inundables de peligrosidad de niveles 1 a 4 deberán estar convenientemente señalizados como zonas de riesgo para las personas en episodios de fuertes precipitaciones mediante la colocación de señales de advertencia.

- **MEDIDAS CORRECTORAS**

- Como norma general se atenderá a lo dispuesto en el Anexo I de la Normativa del PATRICOVA sobre Condiciones de Adecuación de las Edificaciones y la Urbanización.
- Como medida particular se atenderá a la corrección de las condiciones hidráulicas fruto de la existencia del depósito incontrolado de vertidos y residuos inertes que se definen en unos calados altos (peligrosidad de inundación preferentemente de tipo 1 y 2). El planteamiento de la minimización de la peligrosidad de inundación a asumir por el plan general correrá a cargo de la limpieza de los vertidos incontrolados y redefinición de motas.

Referencias

- Camarasa Belmonte, A. M. (1991) Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: barranc de Carraixet y Rambla de Poyo. Universidad de Valencia.
- Ferrer Polo, F. J. (1993) Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas. CEDEX. mon. Edited by CEDEX. Madrid: CEDEX. Centro de Estudios Hidrográficos.
- García Botella, E. (2021) Variables de información geográfica en Estudios de Inundabilidad en pequeñas cuencas alteradas del sureste peninsular. Universidad de Alicante.
- NRCS (1972) 'Hydrologic Soil-Cover Complexes', in U.S. Department of Agriculture (USDA) (ed.) Hydrology National Engineering Handbook. Natural Re, p. 20.
- NRCS (2019) 'Storm Rainfall Depth and Distribution', in US Soil Conservation Service (SCS) (ed.) National Engineering Handbook, sec 4. Washington, D.C, p. 79.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA (2014) Mapa de caudales máximos en régimen natural para toda la España Peninsular, CEDEX.
- MINISTERIO DE FOMENTO. (2016) 'Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.', Boletín Oficial del Estado (BOE), (60, de 10 de marzo), pp. 18882–19023.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2018) Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre drenaje superficial de la instrucción de carreteras, Boletín Oficial del Estado (BOE).
- MIRÓ PÉREZ. J. (2004): "La montaña alicantina: riesgos derivados de fuertes lluvias en los principales municipios de la Vall d' Alcoi y la Foia de Castalla", en GIL OLCINA, A., OLCINA CANTOS, J. y RICOAMORÓS, A. M. (Eds.). Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas", Universidad de Alicante, pp. 387-434
- RAMÓN MORTE, A., NAVARRO CARRIÓN, J. T. y GARCÍA BOTELLA, E. (2019) 'Objective assessment of land use in hydrographical studies'. WIT Press.
- SÁNCHEZ MARTÍNEZ, F. J. (2011) Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Ministerio. Edited by Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Témez Peláez, J. R. (1978) 'Calculo Hidrometeorológico Caudales Máximos pequeñas cuencas', MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO DIRECCION DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, p. 113.

En Hondón de Los Frailes a 12 de septiembre de 2022

IRENE CAMPILLO LÓPEZ



Arquitecta

SANDRA GALVAÑ CORTÉS



Ingeniera Geóloga

IGNACIO QUESADA LLEDÓ



Abogado

ESTELA GARCÍA BOTELLA



Geógrafa

ANEXO 1.- FOTOGRAFIAS



Panorámica general del fondo de la depresión tectónica de Hondón de los Frailes. En el centro de la imagen se observa la zona inundable de La Fondura (marcada con flecha azul), compuesta por arcillas impermeables, entre el pueblo y la pedanía de Casas de Galiana, que quedaría a la derecha de la imagen.



Aspecto de la zona central de la depresión tectónica de La Fondura (marcada en azul). Las tonalidades rojizas de los suelos muestran los materiales arcillosos impermeables. Al fondo se aprecian las Casas de Galiana, cuya elevación cierra la zona inundable por el este.



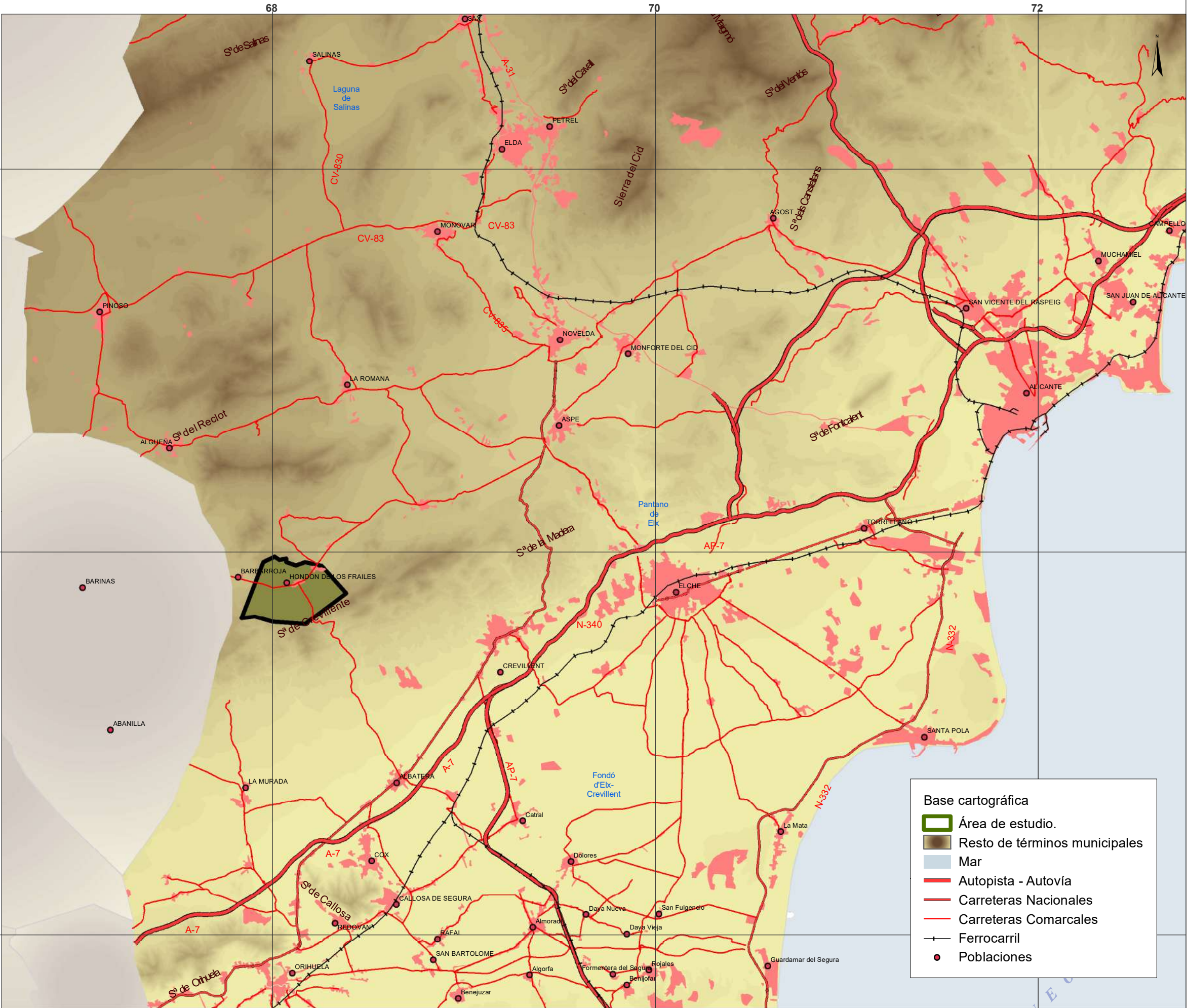
Vista del tramo bajo de la vaguada que desciende desde el Racó de Maleno (en el centro al fondo) hasta alcanzar el sector oriental del pueblo. Se trata de una vaguada abancalada con almendros y eriales.



Vista de la vaguada que desciende desde la Serra de Crevillent por el camino de las Casas de Galiana, salvando un desnivel importante en apenas 1 km de recorrido.

ANEXO 2: CARTOGRAFIA

- EI.01.- LOCALIZACIÓN
- EI.02.- PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN PATRICOVA
- EI.03.- CUENCA HIDROGRÁFICA
- EI.04.- PELIGROSIDAD: PERIODO RETORNO 25 AÑOS
- EI.05.- PELIGROSIDAD: PERIODO RETORNO 100 AÑOS
- EI.06.- PELIGROSIDAD: PERIODO RETORNO 500 AÑOS
- EI.07.- PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN.



Base cartográfica

- Área de estudio.
- Resto de términos municipales
- Mar
- Autopista - Autovía
- Carreteras Nacionales
- Carreteras Comarcales
- Ferrocarril
- Poblaciones

LOCALIZACIÓN

E 1/200.000 - JULIO 2022

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PLAN GENERAL ESTRUCTURAL DEL T.M. HONDON DE LOS FRAILES (ALICANTE)

