

# **MEMORIA**

---

# MEMORIA

---

## 1. ANTECEDENTES

El Ayuntamiento de Peñascosa encarga a la consultora TAMA Estudio (Estudio Territorio, Arquitectura y Medio Ambiente, SLP) la realización del Plan de Delimitación de Suelo Urbano del término municipal de Peñascosa. Esta consultora, encarga a Álvarez Ingenieros la elaboración de un estudio de Inundabilidad para su inclusión en el citado Plan.

Los requerimientos de las Administraciones Competentes en la tramitación y aprobación del citado Plan de Delimitación de Suelo Urbano, exigen que en dicho Plan, se incluya un estudio de inundabilidad de las zonas urbanas, ya que así lo refleja la normativa actual y que será remitido a las correspondientes Administraciones competentes en materia de aguas.

Para el término de Peñascosa, las administraciones competentes en materia de aguas son la Confederación Hidrográfica del Júcar y la Confederación Hidrográfica del Segura, ya que el límite de cuenca de ambas administraciones cruza por este término.

Este estudio engloba el núcleo urbano de Peñascosa y el resto de núcleos (pedanías) del citado término que son: Pesebre, Zorío, Cerroblanco, Burrueco, Fuenlabrada y Arteaga de Arriba

Estos núcleos de población están englobados en 4 cuencas de recepción, correspondientes a los cursos fluviales: río Arquillo, río o arroyo Pesebre, río de Puenteillas y rambla de Pozo.



La precisión de este estudio viene condicionada principalmente por la escasa disponibilidad de datos cartográficos del terreno, ya que no se dispone de una cartografía de detalle de las zonas de estudio, al igual que tampoco se dispone de datos de modelos digital del terreno de precisión tipo LIDAR o similar. Los datos utilizados para el M.D.T. provienen de los datos del modelo digital de elevaciones del P.N.O.A. facilitados por la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha en su página web, cuyo paso de malla es de 5 m.

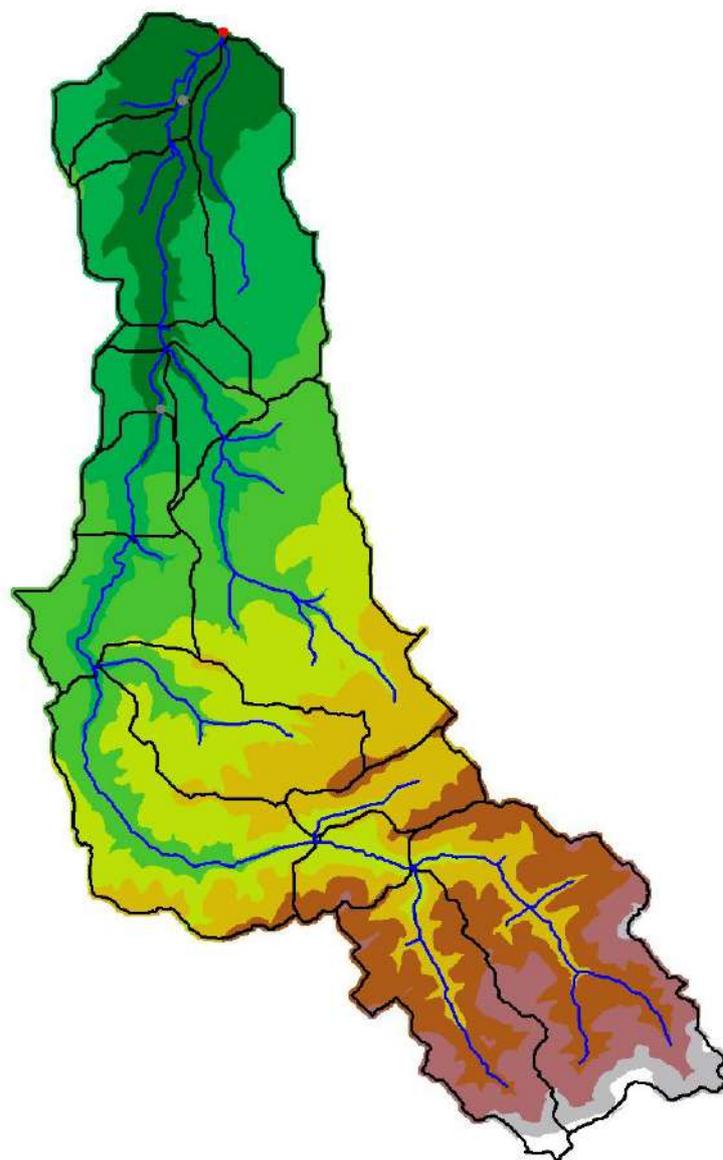
Por tanto en este documento se presenta un estudio que permite la toma de decisiones sobre si una zona es claramente inundable o no, de modo que permita definir los distintos usos del suelo para su adecuada clasificación.

### **3. ESTUDIO HIDROLÓGICO**

El cálculo hidrológico se realizará utilizando el modelo de simulación mediante hidrograma sintético del método de número de curva del SCS (Soil Conservation Service) de los EE.UU.

Para la definición de la cuencas de recepción, así como la obtención de varios parámetros geomorfológicos de la cuenca, se ha utilizado un sistema de información geográfica (S.I.G.), mediante el cual, previa definición del modelo digital del terreno, se obtienen la cuencas y subcuencas de cada zona, así como los datos de pendientes, longitudes de máximo recorrido, etc. Asimismo una vez definidos los usos del suelo por fotointerpretación, es posible calcular los coeficientes de número de curva promedio de cada subcuenta para la aplicación del método del S.C.S.

Una vez obtenidas la subcuencas y la definición de la red de drenaje, se han exportado al modelo H.E.C-H.M.S. (Hydrologic Modelling System, del Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers) donde se ha calculado los caudales de escorrentía para los distintos periodos de retorno.



*Planta de la extracción del modelo digital del terreno las subcuencas y los cauces*

### **- Precipitaciones máximas**

Los datos de las precipitaciones máximas han sido obtenidos con la ayuda de los datos meteorológicos recopilados y tratados por la Dirección General de Carreteras en colaboración con el CEDEX. Estos datos son consultados a través de la aplicación informática denominada Maxplu, la cual proporciona los datos de la pluviometría máxima en 24 h según las coordenadas de ubicación y en base al periodo de retorno

considerado. Estos datos se utilizarán en los dos modelos de cálculo (HMS). Para nuestro caso, se han calculado las lluvias para las distintas cuencas de recepción, dando valores casi idénticos, por lo que los valores de lluvias máximas en 24 h que se han utilizado para los respectivos periodos de retorno son los siguientes.

Periodo de retorno (PR) en años	Precipitación diaria máxima en 24 h (mm)
25	86
50	98
100	111
200	125
<b>500</b>	<b>144</b>

#### **- Modelos de cálculo empleados**

Para el cálculo del caudal de escorrentía total se han utilizado el modelo de simulación mediante hidrograma sintético del método de número de curva del SCS (Soil Conservation Service) calculado mediante la herramienta informática HEC-HMS.

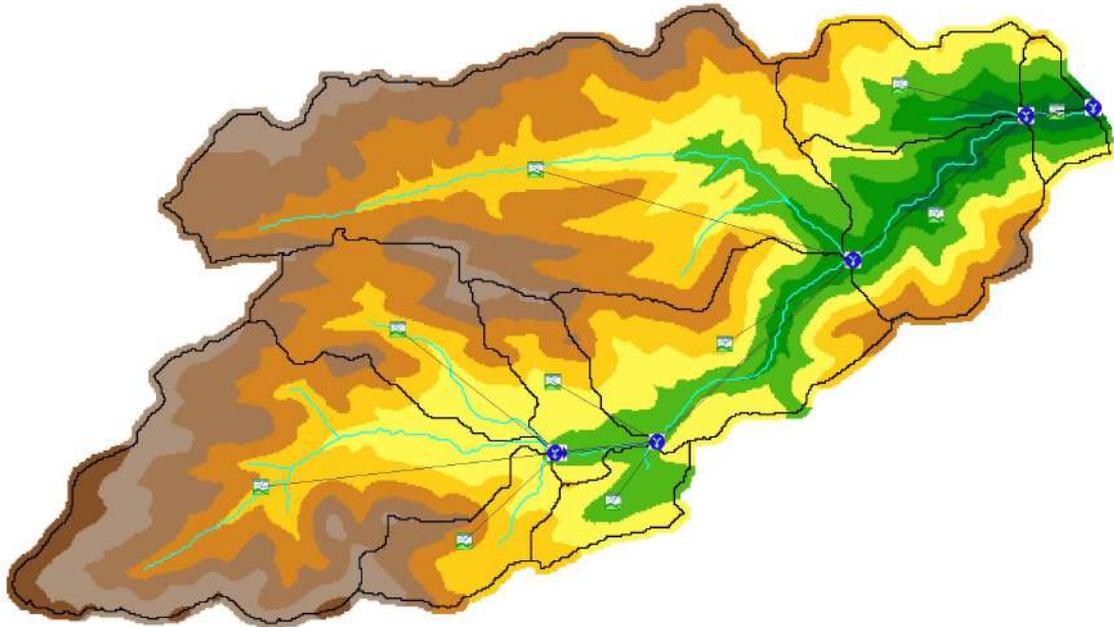
Este modelo es ampliamente utilizado y para el tipo de estudio es el adecuado, realizándose cálculos para los distintos periodos de retorno considerados, en especial para el periodo de retorno (P.R.) 500 años ya que los barrancos estudiados se encuentran en las inmediaciones de áreas urbanas.

#### **- Cálculos realizados**

En el anexo nº1 se incluyen con detalle los resultados obtenidos, así como los hidrogramas para cada periodo de retorno.

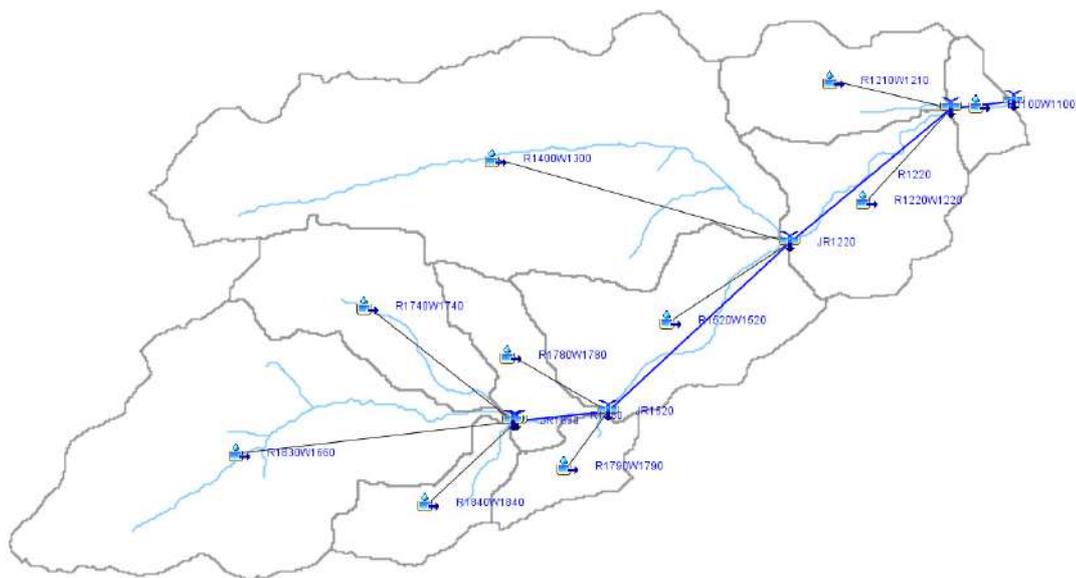
Para el cálculo de toda la cuenca y su red de drenaje natural asociada, se ha utilizado primeramente un S.I.G. junto a los datos del modelo digital de terreno, obtenido a partir del modelo digital de elevaciones del P.N.O.A (proporcionada por la web de la IDE de la Junta de Castilla la Mancha). Mediante la extensión HEC Geo-

HMS (del Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers) se han obtenido la subcuencas de recepción y la red de drenaje, así como sus parámetros geomorfológicos que se aplican posteriormente a los cálculos hidrológicos tal como las superficies, pendientes, longitudes máximas de cuenca, etc.



*Vista del resultado de la extracción de las subcuencas de recepción en el SIG de la cuenca del río de Puenteillas y la parametrización de la red para su exportación al HMS*

Una vez obtenidos los datos se han exportado al sistema de simulación hidrológica H.E.C-H.M.S. v. 3.5 (Hydrologic Modelling System, del Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers) donde se ha calculado los caudales de escorrentía para los distintos periodos de retorno, empleando el algoritmo de cálculo del S.C.S., y cuyos resultados se incluyen en el anexo nº 1.

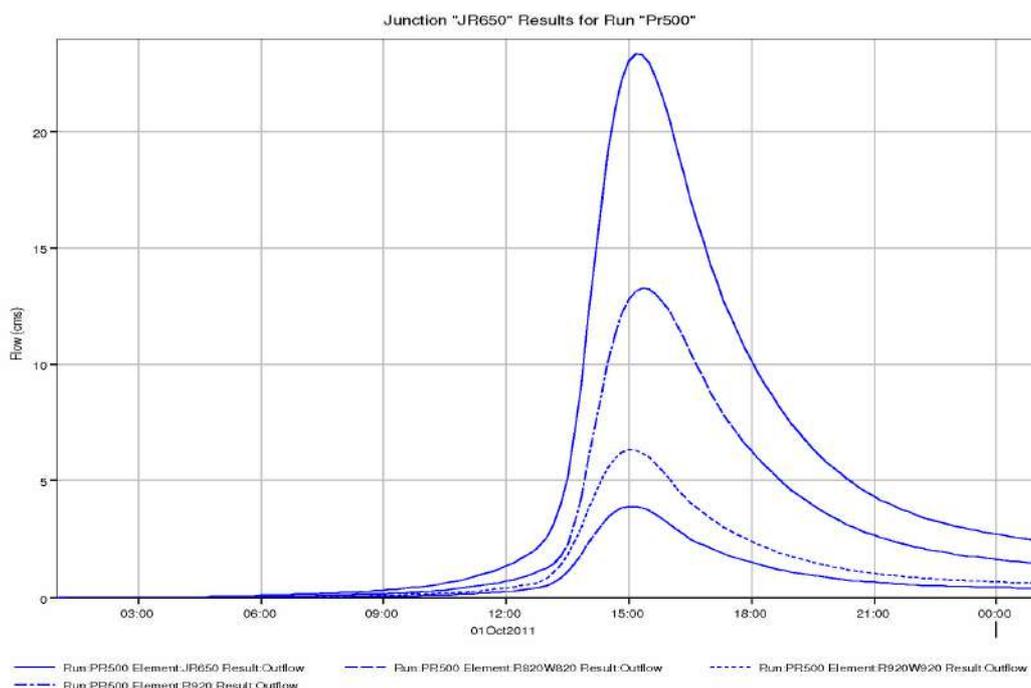


*Esquema de la red de drenaje del río de Puente de Cillas en el programa HEC-HMS*

En dicho modelo de simulación hidrológica se han calculado los caudales de escorrentía de la red natural de drenaje de pluviales y las subcuencas para los distintos periodos de retorno descritos anteriormente, obteniéndose para cada subcuenca el hidrograma y en consecuencia el caudal punta y el volumen de escorrentía. Que sirven posteriormente para utilizarlos en la simulación hidráulica de los distintos cauces, obteniendo así los calados y en consecuencia las zonas de inundación.

Debido a las características del territorio, que en el estado actual es zona boscosa en su mayor parte, y constituido por un grupo hidrológico de suelo tipo A, confieren a esta cuenca una retención e infiltración muy alta, lo que otorga al área actual un número de curva de escorrentía bastante bajo, y como resultado se obtienen unos caudales punta reducidos en comparación con el área de captación.

En el anexo 1 se encuentran los listados completos de los caudales de escorrentía de las distintas subcuencas y elementos del cauce, para los distintos periodos de retorno, así como los hidrogramas producidos en los puntos de cálculo situados aguas arriba de las zonas de estudio



Hidrograma del río Arquillo (Pr 500) aguas arriba del casco urbano de Peñascosa

Se adjunta tabla resumen de caudales resultantes de los distintos cauces estudiados, para los distintos P.R. calculados, después de recoger todos los aportes de los distintos ramales, para el resto de la red de drenaje ver listado anexo.

Cuenca/ Población	PR 25	PR 50	PR 100	PR 200	PR 500
Río Arquillo. Peñascosa	7.45	9.5	12	15	<b>19.4</b>
Río Arquillo. Zorío	10.6	13.6	17.1	21.4	<b>27.8</b>
Río Arquillo. Cerroblanco	15.4	19.7	25	31.1	<b>40.4</b>
Arroyo Pesebre. Pesebre	6.3	8.1	10.3	12.9	<b>16.8</b>
Rambla del Pozo. Fuenlabrada	2.3	2.9	3.7	4.5	<b>5.8</b>
Rambla del Pozo. Burrueco	6.7	8.6	10.8	13.4	<b>17.2</b>
Río de Puenteillas. Arteaga de Ab.	7.1	9.1	11.5	14.4	<b>18.6</b>

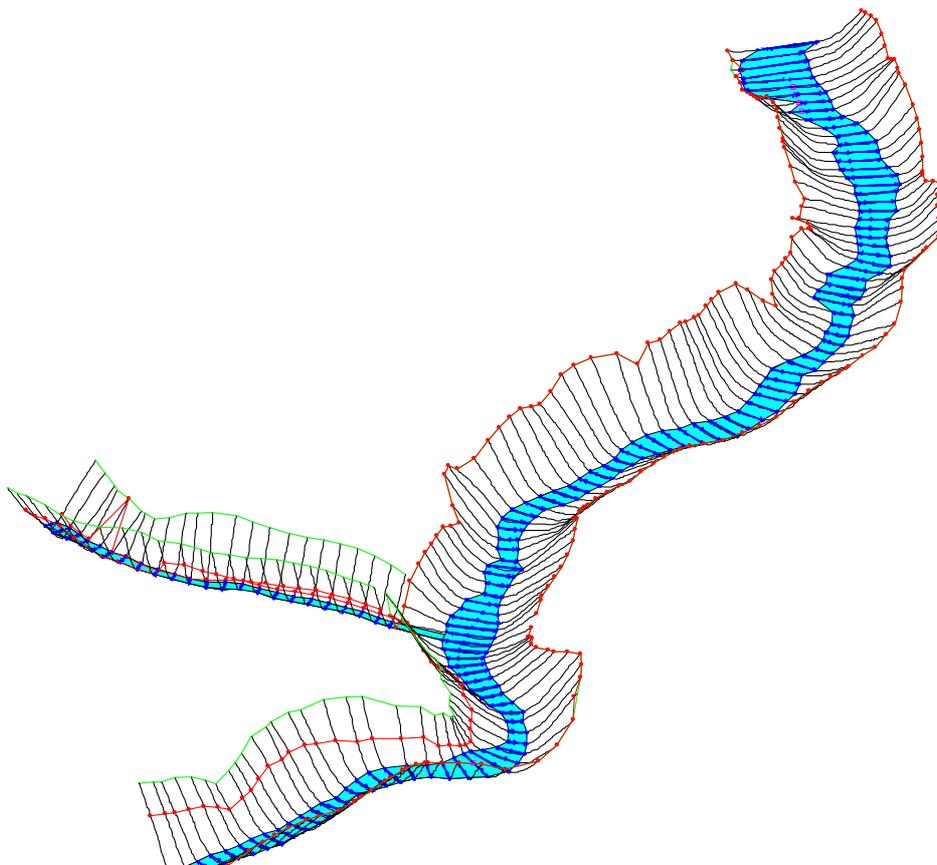
PR : periodo de retorno en años.

Caudales en m<sup>3</sup>/s

#### 4. ESTUDIO HIDRAULICO

Una vez obtenidos los caudales de escorrentía para diferentes períodos de retorno (y por tanto probabilidades de ocurrencia) a partir de la cuenca de drenaje, se procede a extraer las secciones del terreno actuales de los distintos cauces, permitiéndonos conocer en base a las características geométricas e hidráulicas del mismo (pendiente, número de Manning a adoptar, radio hidráulico, etc...) qué cota alcanzará la lámina de agua, y en consecuencia las zonas de inundación afectadas para distintos periodos de retorno.

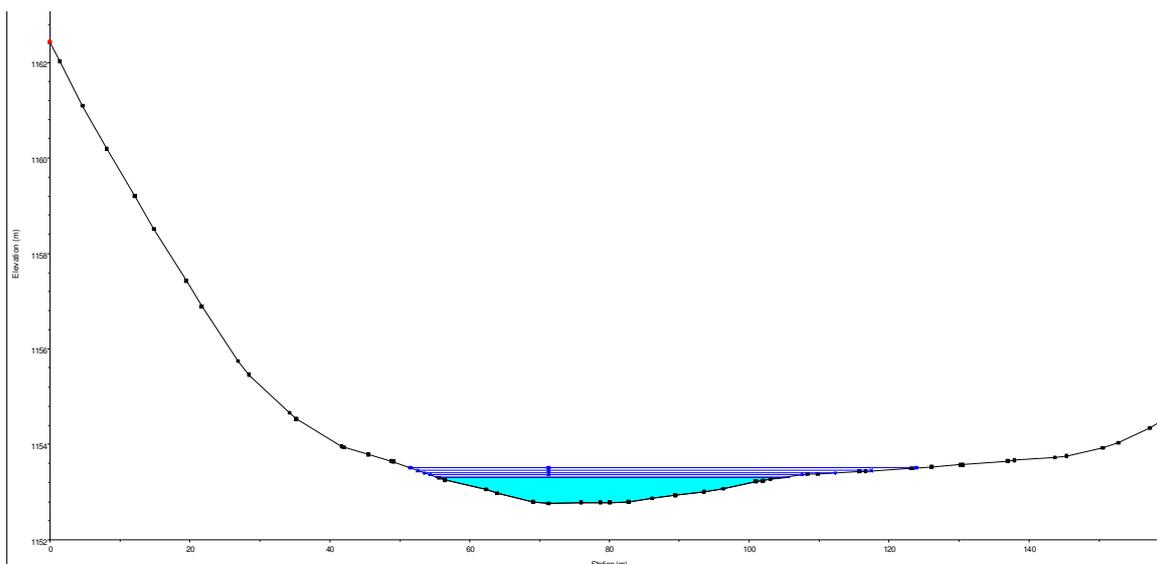
Para llevar a cabo la modelización, se ha empleado el programa informático HEC-RAS, versión 4.1.0, (Hydraulics Engineering Center- River’s Analysis System) del Departamento de Ingeniería hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada los EE.UU.



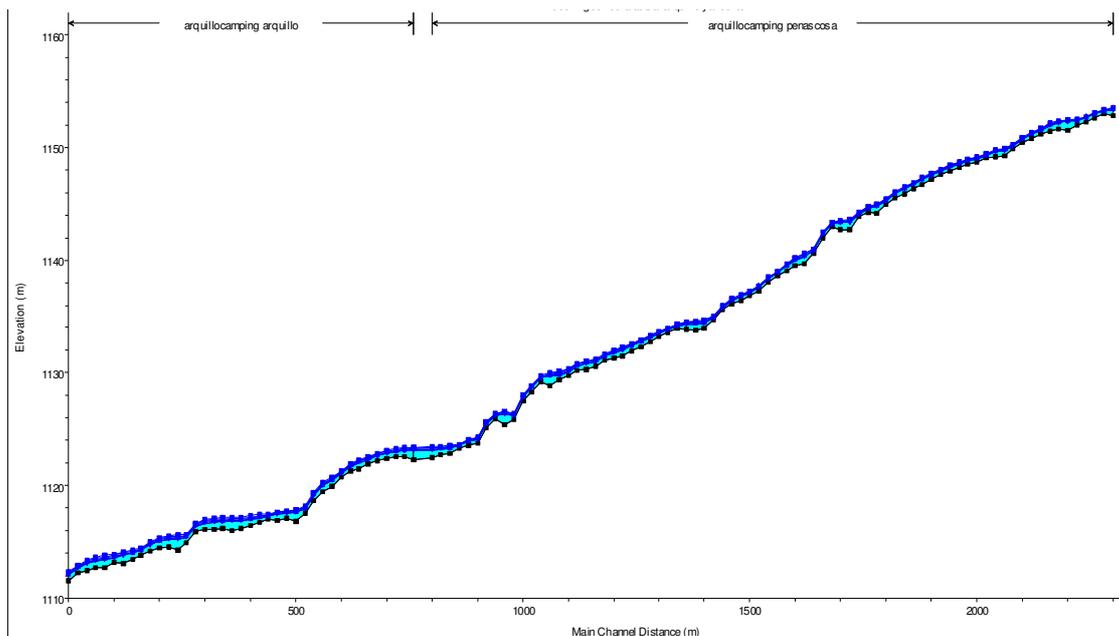
*Vista de modelización en 3D del cauce del río Arquillo en Peñascosa.*

Respecto al régimen función del tiempo, se ha considerado un régimen permanente con caudal máximo frente a uno estacionario, al estar del lado de la seguridad y porque lo que se pretende en este estudio hidráulico es determinar la máxima cota de agua para un período de retorno dado, y en función de ello delimitar las áreas afectadas por desbordamiento e inundabilidad.

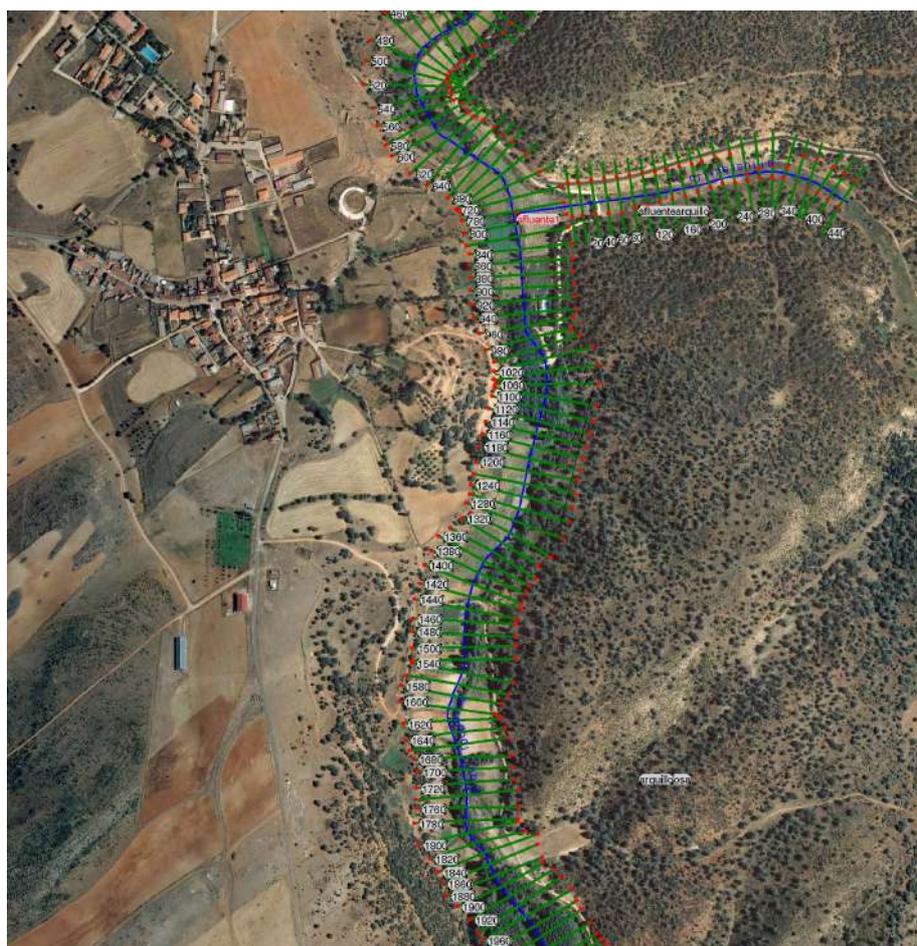
Una vez extraídas las características geométricas del terreno, se introducen los coeficientes de rugosidad de Manning tanto para la margen derecha como izquierda del canal y los coeficientes de contracción y expansión. Dado que la sección de los cauces tienen un estado natural y con una vegetación en algunos casos bastante densa, se ha evaluado que el número de Manning para las secciones del cauce esté en un rango de entre  $n = 0.035$  y  $n = 0.045$ , siendo el número de manning para zonas de llanura de inundación a partir de 0.05 o mayor.



Vista de la sección hidráulica en Hec-Ras en el p.k. 2300 del río Arquillo aguas arriba de Peñascosa



Vista del longitudinal resultante con los calados del agua en los distintos P.R.



Vista de la planta de la modelización hidráulica del río Arquillo en Peñascosa

Los caudales utilizados en la modelización hidráulica proceden del estudio hidrológico, no obstante la configuración de la red de drenaje implica que se tengan que considerar afluentes a los distintos cauces si estos están cerca de la zona de estudio, ya que la incorporación de los mismos implica un mayor caudal, con la consiguiente sobre elevación de la lámina de agua. Por tanto en la tabla anexa se incluyen en aquellos casos que hay aportes de caudal por afluentes los caudales al comienzo del tramo de estudio y al final, siendo la variación el caudal que aporta el tributario, tal es el caso de por ejemplo Peñascosa que se incorpora un afluente aguas arriba del badén de la carretera.

Cuenca/ Población	PR 25	PR 50	PR 100	PR 200	PR 500
Río Arquillo. Peñascosa <i>Inicio</i>	7.45	9.5	12	15	<b>19.4</b>
Río Arquillo. Peñascosa <i>Fin</i>	8.9	11.4	14.4	18	<b>23.3</b>
Río Arquillo. Zorío	10.6	13.6	17.1	21.4	<b>27.8</b>
Río Arquillo. Cerroblanco	15.4	19.7	25	31.1	<b>40.4</b>
Arroyo Pesebre. Pesebre	6.3	8.1	10.3	12.9	<b>16.8</b>
Rambla del Pozo. Fuenlabrada <i>Inicio</i>	2.3	2.9	3.7	4.5	<b>5.8</b>
Rambla del Pozo. Fuenlabrada <i>Fin</i>	2.7	3.4	4.2	5.3	<b>6.8</b>
Rambla del Pozo. Burrueco <i>Inicio</i>	6.7	8.6	10.8	13.4	<b>17.2</b>
Rambla del Pozo. Burrueco <i>Fin</i>	7.7	9.9	12.4	15.4	<b>19.9</b>
Río de Puenteillas. Arteaga de Ab.	7.1	9.1	11.5	14.4	<b>18.6</b>

PR : periodo de retorno en años.

Caudales en m<sup>3</sup>/s.

Al lanzar el modelo en régimen mixto (permite que se produzca tanto régimen lento como rápido, creando resaltos hidráulicos en el paso de un régimen a otro) se obtienen los resultados de velocidad de flujo y calados en cada punto de la sección, adjuntándose en el anexo nº 2 el listado.

## 5. RESULTADOS

Los resultados de la simulación hidráulica se exportan a un sistema de información geográfica (SIG) que permite junto a la extensión Geo-Ras importar los resultados y delimitar las zonas de inundación en base a las cotas de la lámina de agua del cauce y las cotas de terreno existente..

En el apartado planos se pueden ver en detalle las zonas inundables cada una de las poblaciones para los distintos periodos de retorno, grafiándose en una gradación de color azul los distintos calados o profundidades de la inundación, siendo los colores más claros el menor calados y los oscuros los de mayor, tal como se refleja en las leyendas de cada plano.

Igualmente se presentan unos planos donde se grafía con un sombreado el área afectada por la inundación, permitiendo ver sobre la ortofoto si se afecta a viviendas, propiedades o alguna infraestructura.



Planta de calados de inundación para P.R. 500 en el núcleo de Cerroblanco



*Planta área de inundación para P.R. 500 en el núcleo de Zorio.*

Los resultados de todas las zonas de estudio arrojan unos resultados satisfactorios, no afectando a los núcleos urbanos y dejando un margen suficiente de protección ante avenidas de mayor caudal.

Sólo existe una zona donde se presenta riesgo de inundación y que afecta a infraestructuras sensibles, como es el caso del camping situado junto al río Arquillo junto al núcleo urbano de Peñascosa. Este camping, tal como se observa en los planos correspondientes a Peñascosa presenta, al menos en una parte del mismo un riesgo de inundación incluso para periodos de retorno bajos.

Como ya se ha indicado en este estudio, debido al alcance del mismo no representa la delimitación pormenorizada de la inundabilidad, por lo que para delimitar las zonas de exclusión para su uso como camping, o para evaluar la validez de las medidas correctoras, en el caso de que se quiera evitar la inundación del mismo, se deberá

realizar un estudio de inundabilidad de detalle de dicha zona, obteniendo primeramente mediante topografía de precisión las cotas del terreno así como los perfiles transversales al cauce del río Arquillo, para posteriormente utilizar un modelo de inundación bidimensional que pueda reflejar con mayor precisión las zonas inundables resultantes.



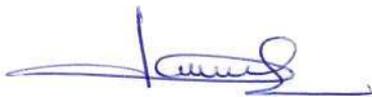
*Planta área de inundación para P.R. 100 en el río Arquillo a la altura del camping de Peñascosa*

## 6. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos, se extraen las siguientes conclusiones:

1. La escorrentía producida en la red de drenaje natural de la zona de estudio, se recoge por varios cauces existentes y claramente identificables, no habiendo zonas donde desaparezca el cauce y se generen amplias áreas de inundación o laminación, tal como se muestran en las simulaciones hidrológicas realizadas con el modelo de HEC-HMS y en las simulaciones hidráulicas con HEC-RAS.
2. Los caudales obtenidos no son excesivamente altos en comparación con las áreas de las cuencas de captación, aspecto normal debido a la cobertura del terreno y el tipo de suelo de la zona, así como al hecho de que las lluvias producidas para distintos periodos de retorno no sean valores excesivamente altos dentro de los registrados en otros puntos de la península Ibérica.
3. Como resultado de los estudios de inundabilidad se extrae que no hay ningún núcleo urbano de los estudiados afectado por riesgo de inundación, incluso para periodos de retorno altos (P.R. 500 años.), siendo las zonas inundables las riberas de los cauces, estando ocupadas por campos de cultivo en su mayoría.
4. De todas las zonas estudiadas, solamente existe un área afectada con riesgo de inundación cuyo uso actual puede poner en riesgo tanto a personas como a propiedades, esta zona es el camping situado junto al río Arquillo a la altura del núcleo urbano de Peñascosa. El riesgo de inundación existe incluso para periodos de retorno bajos (P.R. 25 años) y si bien no afecta a la totalidad del camping, sí a una parte del mismo, incluyendo algunas cabañas o zonas de acampada.
5. Debido al alcance de este estudio, para una detallada delimitación de la zona de inundación del camping, así como para en su caso, un estudio de las medidas correctoras a adoptar para eliminar o minimizar el riesgo de inundación, será necesario elaborar otro estudio de inundabilidad con mayor precisión y utilizando datos topográficos de detalle del terreno, así como modelos de simulación hidráulica bidimensionales.

Valencia, septiembre 2011  
Por ALVAREZ INGENIEROS CONSULTORES

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Álvarez Alvarado', with a long horizontal stroke extending to the left.

Fdo. José Álvarez Alvarado  
(ICCP)

**ANEXO 1. LISTADOS RESULTADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGRAMAS. HMS**

**ANEXO 2. LISTADOS DE RESULTADOS HIDRÁULICOS. HEC-RAS**

## PLANOS

## INDICE

### MEMORIA

1. ANTECEDENTES
2. OBJETO Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS
3. ESTUDIO HIDROLÓGICO
4. ESTUDIO HIDRÁULICO
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

### ANEXO 1. LISTADOS DE RESULTADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGRAMAS. HMS

- Cuenca río Arquillo
  - Peñascosa
  - Zorío
  - Cerroblanco
- Cuenca río Pesebre (Pesebre)
- Cuenca río Puentecillas (Arteaga de arriba)
- Cuenca rambla del Pozo
  - Burrueco
  - Fuenlabrada

### ANEXO 2. LISTADOS DE RESULTADOS HIDRÁULICOS. HEC-RAS

- Peñascosa
- Zorío
- Cerroblanco
- Pesebre
- Arteaga de Arriba
- Burrueco
- Fuenlabrada

### PLANOS

- 0.1 Planta general de cuencas de recepción.
- 0.2 Cuenca río Arquillo
- 0.3 Cuenca río Pesebre
- 0.4 Cuenca río de puentecillas
- 0.5 Cuenca rambla del Pozo

- 1.1 Planta inundación calados P.R. 500 años. Peñascosa
- 1.2 Planta área inundación P.R. 500 años. Peñascosa
- 2.1 Planta inundación calados P.R. 200 años. Peñascosa
- 2.2 Planta área inundación P.R. 200 años. Peñascosa
- 3.1 Planta inundación calados P.R. 100 años. Peñascosa
- 3.2 Planta área inundación P.R. 100 años. Peñascosa
- 4.1 Planta inundación calados P.R. 50 años. Peñascosa
- 4.2 Planta área inundación P.R. 50 años. Peñascosa
- 5.1 Planta inundación calados P.R. 25 años. Peñascosa
- 5.2 Planta área inundación P.R. 25 años. Peñascosa

- 6.1 Planta inundación calados P.R. 500 años. Zorío
- 6.2 Planta área inundación P.R. 500 años. Zorío
- 7.1 Planta inundación calados P.R. 200 años. Zorío
- 7.2 Planta área inundación P.R. 200 años. Zorío
- 8.1 Planta inundación calados P.R. 100 años. Zorío
- 8.2 Planta área inundación P.R. 100 años. Zorío
- 9.1 Planta inundación calados P.R. 50 años. Zorío
- 9.2 Planta área inundación P.R. 50 años. Zorío
- 10.1 Planta inundación calados P.R. 25 años. Zorío
- 10.2 Planta área inundación P.R. 25 años. Zorío

- 11.1 Planta inundación calados P.R. 500 años. Cerroblanco
- 11.2 Planta área inundación P.R. 500 años. Cerroblanco
- 12.1 Planta inundación calados P.R. 200 años. Cerroblanco
- 12.2 Planta área inundación P.R. 200 años. Cerroblanco
- 13.1 Planta inundación calados P.R. 100 años. Cerroblanco
- 13.2 Planta área inundación P.R. 100 años. Cerroblanco
- 14.1 Planta inundación calados P.R. 50 años. Cerroblanco
- 14.2 Planta área inundación P.R. 50 años. Cerroblanco
- 15.1 Planta inundación calados P.R. 25 años. Cerroblanco
- 15.2 Planta área inundación P.R. 25 años. Cerroblanco

- 16.1 Planta inundación calados P.R. 500 años. Pesebre
- 16.2 Planta área inundación P.R. 500 años. Pesebre

17.1 Planta inundación calados P.R. 200 años. Pesebre  
17.2 Planta área inundación P.R. 200 años. Pesebre  
18.1 Planta inundación calados P.R. 100 años. Pesebre  
18.2 Planta área inundación P.R. 100 años. Pesebre  
19.1 Planta inundación calados P.R. 50 años. Pesebre  
19.2 Planta área inundación P.R. 50 años. Pesebre  
20.1 Planta inundación calados P.R. 25 años. Pesebre  
20.2 Planta área inundación P.R. 25 años. Pesebre

21.1 Planta inundación calados P.R. 500 años. Burrueco  
21.2 Planta área inundación P.R. 500 años. Burrueco  
22.1 Planta inundación calados P.R. 200 años. Burrueco  
22.2 Planta área inundación P.R. 200 años. Burrueco  
23.1 Planta inundación calados P.R. 100 años. Burrueco  
23.2 Planta área inundación P.R. 100 años. Burrueco  
24.1 Planta inundación calados P.R. 50 años. Burrueco  
24.2 Planta área inundación P.R. 50 años. Burrueco  
25.1 Planta inundación calados P.R. 25 años. Burrueco  
25.2 Planta área inundación P.R. 25 años. Burrueco

26.1 Planta inundación calados P.R. 500 años. Fuenlabrada  
26.2 Planta área inundación P.R. 500 años. Fuenlabrada  
27.1 Planta inundación calados P.R. 200 años. Fuenlabrada  
27.2 Planta área inundación P.R. 200 años. Fuenlabrada  
28.1 Planta inundación calados P.R. 100 años. Fuenlabrada  
28.2 Planta área inundación P.R. 100 años. Fuenlabrada  
29.1 Planta inundación calados P.R. 50 años. Fuenlabrada  
29.2 Planta área inundación P.R. 50 años. Fuenlabrada  
30.1 Planta inundación calados P.R. 25 años. Fuenlabrada  
30.2 Planta área inundación P.R. 25 años. Fuenlabrada

31.1 Planta inundación calados P.R. 500 años. Arteaga  
31.2 Planta área inundación P.R. 500 años. Arteaga  
32.1 Planta inundación calados P.R. 200 años. Arteaga

- 32.2 Planta área inundación P.R. 200 años. Arteaga
- 33.1 Planta inundación calados P.R. 100 años. Arteaga
- 33.2 Planta área inundación P.R. 100 años. Arteaga
- 34.1 Planta inundación calados P.R. 50 años. Arteaga
- 34.2 Planta área inundación P.R. 50 años. Arteaga
- 35.1 Planta inundación calados P.R. 25 años. Arteaga
- 35.2 Planta área inundación P.R. 25 años. Arteaga