



Título del Trabajo Fin de Máster:

***ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE  
DESAGÜE DE LOS BARRANCOS DEL  
POU ROIG Y DE QUISI EN EL CASCO  
URBANO DE CALP (ALICANTE).***

Intensificación:

***ORDENACIÓN, RESTURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS***

Autor:

***ORDÓÑEZ GARCÍA, JOSUÉ PELAYO***

Director/es:

***DR. TORRENT BRAVO, JOSÉ ANDRÉS***

***DRA. LÓPEZ SARDÁ, LETICIA***

Fecha: **SEPTIEMBRE, 2012**

Título del Trabajo Fin de Máster:  
**ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DE LOS BARRANCOS DEL  
POU ROIG Y DE QUISI EN EL CASCO URBANO DE CALP (ALICANTE).**

Autor: **ORDÓÑEZ GARCÍA, JOSUÉ PELAYO**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	<b>JOSÉ ANDRÉS TORRENT BRAVO</b>	Fecha de Lectura	<b>SEPT 2012</b>
Codirector1	<b>LETICIA LÓPEZ SARDÁ,</b>		
Codirector2			
Tutor	<b>JOSÉ ANDRÉS TORRENT BRAVO</b>		

**Resumen:**

*Para el Trabajo de Fin de Máster se ha elegido la cuenca vertiente a la ciudad de Calp, formada por los barrancos de El Quisi y el Pou Roig, que tienen su unión y desembocadura en el casco urbano de dicha población.*

*La elección de esta cuenca se justifica porque representa muy bien la problemática de riesgo de inundación en la comarca de la Marina Alta, la cual ha sufrido numerosos eventos catastróficos en distintas ocasiones.*

*Concretamente en Calp, una de las riadas más significativas se produjo los días 11 y 12 de octubre de 2007, desbordándose los barrancos de El Quisi y el Pou Roig, principalmente desde su punto de unión hasta la desembocadura en el mar, afectando en especial a la zona de las salinas de El Saladar y alrededores y provocando que tres kilómetros cuadrados del término municipal quedaran inundados por el agua, lo que conllevó importantes pérdidas económicas .*

**Objetivo:**

*El objetivo general del presente Trabajo de Fin de Máster es analizar la capacidad de desagüe y la idoneidad de los trabajos de encauzamiento realizados en el tramo final de la cuenca formada por los barrancos de El Quisi y el Pou Roig, dentro del casco urbano de Calp.*

*El trabajo se estructurará de la siguiente manera:*

- I. Introducción**
- II. Antecedentes y Objetivos**
- III. Caracterización de las cuencas**
- IV. Determinación del umbral de escorrentía**
- V. Cálculo de las precipitaciones máximas diarias**
- VI. Cálculo de caudales punta**
- VII. Modelización de los datos obtenidos mediante HEC-RAS**
- VIII. Ordenación del territorio**
- IX. Conclusiones**
- X. Bibliografía**

**Abstract:**

*For this Master's thesis, the drainage basin for the city of Calp was studied. This basin is formed by the gullies of Quisi and Pou Roig, which converge in the city centre where their mouth is also formed.*

*This basin was chosen as it clearly represents the problems of flood risk in the region of the Marina Alta, which has suffered many catastrophic events on several occasions.*

*Specifically in Calp, some of the most significant flooding occurred on 11th and 12th October 2007, when the gullies of Quisi and Pou Roig burst their banks, mainly at their point of confluence down to the gully mouth. The flooding particularly affected the area of the El Saladar salt marsh and approximately three square kilometres of the municipality will remain underwater. This has in turn caused heavy economic losses.*

**Objective:**

*The overall objective of this Master's thesis is to analyse the basin drainage capacity and the suitability of channelling works carried out in the final section of the basin formed by the gullies of Quisi and Pou Roig, within the town of Calp.*

*The paper is structured as follows:*

- I. Introduction*
- II. Background and Objectives*
- III. Characterization of basin*
- IV. Determination of runoff threshold*
- V. Calculation of maximum daily rainfall*
- VI. Calculation of peak flows*
- VII. Modelling of the data obtained by HEC-RAS*
- VIII. Territorial planning*
- IX. Conclusions*
- X. Bibliography*

**Resum:**

*Per al Treball de Fi de Máster s'ha elegit la conca vessant a la ciutat de Calp, formada pels barrancs de Quisi i Pou Roig, que tenen la seua unió i desembocadura al casc urbà de dita població.*

*L'elecció d'aquesta conca es justifica perquè representa molt bé la problemàtica de risc de inundació en la comarca de la Marina Alta, que ha patit nombrosos esdeveniments catastròfics en diferents ocasions.*

*Concretament a Calp, una de les riades més significatives es va produir els dies 11 i 12 d'octubre de 2007, desbordant-se els barrancs de Quisi i Pou Roig, principalment des del seu punt d'unió fins la desembocadura al mar, afectant especialment a la zona de les salines d'El Saladar i els seus voltants i provocant que tres quilòmetres quadrats del termini municipal quedaren inundats per l'aigua, el que va produir importants pèrdues econòmiques.*

**Objectiu:**

***L'objectiu general del present Treball de Fi de Màster es analitzar la capacitat de desguàs i la idoneïtat dels treballs de canalització realitzats al tram final de la conca formada pels barrancs de Quisi i Pou Roig, dins del casc urbà de Calp.***

***El treball s'estructurarà de la següent forma:***

***I. Introducció***

***II. Antecedents i objectius***

***III. Caracterització de les conques***

***IV. Determinació del llindar d'escorrentia***

***V. Càlcul de les precipitacions màximes diàries***

***VI. Càlcul dels caudals punta***

***VII. Modelització de les dades obtingudes per mig d'HEC-RAS***

***VIII. Ordenació del territori***

***IX. Conclusions***

***X. Bibliografia***

**Palabras clave:**

***CAPACIDAD / DESAGÜE / CALP / BARRANCOS / INUNDACIONES***

# Índice:

## **I. Introducción** **Página 12**

### **A. MARCO GEOGRÁFICO**

### **B. MARCO GEOLÓGICO**

### **C. CONCEPTO DE RIESGO E INUNDACIONES**

1. Las inundaciones, riesgo natural, aspectos económico-sociales
2. Las inundaciones y la geodinámica externa (y/o la geomorfología)
3. Influencia de la urbanización
4. Las inundaciones y la climatología

### **D. CONCEPTO DE “GOTA FRÍA” O DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos).**

## **II. Antecedentes y Objetivos** **Página 31**

### **A. INUNDACIONES HISTÓRICAS – ANTECEDENTES.**

1. INUNDACIONES HISTÓRICAS EN LAS CUENCAS MEDITERRÁNEAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA.
2. INUNDACIONES EN LA COMUNIDAD VALENCIANA
3. GRANDES EPISODIOS DE INUNDACIÓN EN LA MARINA ALTA
4. INUNDACIONES HISTÓRICAS EN LA CIUDAD DE CALP.

### **B. PROBLEMÁTICA EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE CALP.**

1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.
2. ZONIFICACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN, CLASIFICACIÓN DE SUELO Y ACTUACIONES ESTRUCTURALES SEGÚN EL PATRICOVA.

### **C. OBJETIVOS.**

## **III. Caracterización de las cuencas** **Página 56**

### **A. METODOLOGÍA**

1. Parámetros de forma
2. Características del relieve
3. Características de la red de drenaje
4. Características del cauce principal

## **B. RESULTADOS**

# **IV. Determinación del umbral de escorrentía**

**Página 69**

## **A. INTRODUCCIÓN**

## **B. METODOLOGÍA**

1. Usos del suelo (o uso de la tierra)
2. Tipo de suelo (o grupos de suelo)
3. Pendientes
4. Características hidrológicas

## **C. SUPERPOSICIÓN DE CARTOGRAFÍAS**

## **D. RESULTADOS**

# **V. Cálculo de las precipitaciones máximas diarias**

**Página 88**

## **A. INTRODUCCIÓN**

## **B. METODOLOGÍA**

1. Mediante el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" editado por el Ministerio de Fomento
2. Mediante los registros de las estaciones pluviométricas más próximas a la zona de estudio

## **C. RESULTADOS**

# **VI. Cálculo de caudales punta**

**Página 108**

## **A. INTRODUCCIÓN**

## **B. METODOLOGÍA**

## **C. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA CALCULADOS MEDIANTE EL DOCUMENTO "MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR"**

## **D. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE JALÓN**

**E. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECITACIÓN MÁXIMA EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE BENISSA-CONVENTO.**

**F. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECITACIÓN MÁXIMA EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE CALP PENYÓ D'IFACH**

**G. CONCLUSIONES**

**VII. Modelización de los datos obtenidos** **Página 120**

**A. INTRODUCCIÓN**

**B. METODOLOGÍA**

**C. RESULTADOS**

**VIII. Ordenación del territorio** **Página 139**

**A. PATRICOVA.**

**B. PGOU DE CALP**

**IX. Conclusiones** **Página 145**

**A. CONCLUSIONES DEL CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS.**

**B. CONCLUSIONES DEL CÁLCULO DE CAUDALES PUNTA.**

**C. CONCLUSIONES DE LA MODELIZACIÓN REALIZADA CON HEC-RAS.**

**D. CONCLUSIONES DE LA MASIVA CONSTRUCCIÓN EN CALP.**

**E. CONCLUSIONES DE LAS OBRAS DE EMERGENCIA EN LOS BARRANCOS DE QUISI Y POU ROIG EN CALPE (ALICANTE).**

**X. Bibliografía** **Página 155**

## **Índice de figuras:**

*Figura I-1. Situación geográfica de la Marina Alta y municipios que la componen.*

*Figura I-2. Fotografía desde el mar de la Sierra de Oltà.*

*Figura I-3. corte geológico de la Sierra de Oltà.*

*Figura I-4. Imagen del Mapa Geológico de España, hoja 848 Altea, según Ríos García et al. 1966.*

*Figura I-4. Imagen de la leyenda del Mapa Geológico de España, hoja 848 Altea, según Ríos García et al. 1966.*

*Figura I-5. Imagen del corte geológico número XIX del Mapa Geológico de España, hoja 848 Altea, según Ríos García et al. 1966.*

*Figura I-6. Imagen del corte geológico número XIX del Mapa Geológico de España, hoja 848 Altea, según Ríos García et al. 1966.*

*Figura I-7. Panorámica del Penyal d'Ifac. A la derecha y culminando la Sierra de Oltà se observa el gran olistolito de calizas paleógenas situado sobre las margas miocenas.*

*Figuras I-8. A. Fotografía aérea del Penyal d'Ifac. B. Mapa geológico esquemático. C. Corte geológico*

*Figura I-9. Buzamientos subverticales de las calizas oligocenas en el extremo oriental del Penyal d'Ifac.*

*Figura I-10. Evolución del Penyal d'Ifac durante el Cuaternario (modificado de Alfaro et al., 1999; esquema realizado por J.M. Soria).*

*Figura I-11. Sistema para la clasificación de inundaciones históricas (datos no instrumentales) sobre las bases del daño y los niveles registrados: (a) ordinaria, (b) extraordinaria, (c) catastrófica. Llasat et al. 2005.*

*Figura I-12. Esquema de formación de una gota fría.*

*Figura II-1. Evolución de la frecuencia de crecidas extraordinarias y catastróficas de los ríos Segre, Llobregat y Ter (según Llasat et al., 2005).*

*Figura II-2. Sectores más afectados por inundaciones en la Comunidad Valenciana hasta 1993. Fuente: Consellería de Agricultura. Elaboración Olcina Cantos 1995.*

*Figura II -3. Mapa de precipitaciones del 10 al 12 de octubre de 2007 de la Comunidad Valenciana.*

*Figura II -4a. Artículo del Diario Información referente a las inundaciones producidas en la Marina Alta el 2 de octubre de 1957.*

*Figura II -4b. Artículo del Diario Información referente a las inundaciones producidas en la Marina Alta el 2 de octubre de 1957.*

*Figura II-5. Mapa de causas de inundación en los municipios costeros de la Marina Alta. Libro “Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas”*

*Figura II-6. Mapa de áreas de riesgo de inundación en los municipios costeros de la Marina Alta. Libro “Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas”*

*Figura II -7. Artículo del Diario El País referente a las inundaciones producidas en Calpe del 11-12 de octubre de 2007.*

*Figura II -8. Riada de Calpe de octubre de 2007. Muestra como los aledaños y calles de la localidad alicantina de Calpe siguen inundadas dos días después de las lluvias torrenciales que cayeron en la provincia el pasado viernes. Autor: EFE/Morell*

*Figura II-9. Riada de Calpe de octubre de 2007. La fuerza del agua hizo estragos en Calp. Comienzo del encauzamiento de los barrancos de Quisi y Pou Roig en la Avenida de los Ejércitos Españoles. Autor: Toni Calvo*

*Figura II-10. Riada de Calpe de octubre de 2007. Una turista fotografía, días después, los destrozos en el paseo marítimo de Calp producidos por las lluvias torrenciales que cayeron en la provincia el viernes 12 de octubre de 2007. Autor: EFE/Morell*

*Figura II-11. Fotografía de la Avenida de los Ejércitos Españoles el 12 de octubre de 2007.*

*Figura II-12. Plano de las cuencas estudiadas donde se pueden observar los barrancos de Pou Roig, Quisi y las salinas de El Saladar.*

*Figura II-13. Plano 848 de zonificación de riesgo de inundación, clasificación de suelo y actuaciones estructurales.*

*Figura II-14. Leyenda de los planos de zonificación de riesgo de inundación, clasificación de suelo y actuaciones estructurales.*

*Figura IV-1. Captura de la ventana de entrada a la aplicación GESPLAN.*

*Figura IV-2. Captura de la ventana de usos de suelo de GESPLAN, para nuestra área de estudio.*

*Figura IV-3. Diagrama triangular de la clasificación de grupos de suelo.*

*Figura IV-4. Captura de la ventana de litologías de suelo de Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana de nuestro área de estudio.*

*Figura IV-5. Mapa de isolíneas de coeficiente corrector de umbral de escorrentía de la Instrucción 5.2-IC.*

*Figura V-1. Planos en los que se divide el mapa de Máximas lluvias diarias en la España Peninsular.*

*Figura V-2. Parte del Mapa de Isolíneas de Precipitaciones máximas diarias de la España peninsular 4-4 "Valencia".*

*Figura V-3. Mapa de España donde vienen representadas las isolíneas que marcan el valor de coeficiente de variación  $C_v$ .*

*Figura V-4. Área correspondiente a nuestra zona de estudio del "Mapa Hidrológico Provincial de Alicante".*

*Figura VI-1. Reproducción del mapa de la figura 2.2 de la Instrucción 5.2-IC de donde se extrae el factor regional  $I_1 / I_d$ .*

*Figura VII-1. Imagen vía satélite del tramo donde confluyen los barrancos de Pou Roig y Quisi en la calle La Niña de Calp.*

*Figura VII-2. Sección transversal esquemática, donde podemos observar el antiguo cauce (derecha) y el nuevo realizado con prefabricados (izquierda).*

*Figura VII-3. Imagen virtual de la solución de encauzamiento con marcos prefabricados de 6,75 x 1,75 m (interior) en paralelo con el encauzamiento a cielo abierto de la confluencia de los barrancos Quisi y Pou Roig en la C/ La Niña.*

*Figura VII-4. Fotografía de la colocación de los marcos prefabricados, extraída del libro "Lluvias Octubre 2007" de la Confederación Hidrográfica del Júcar.*

*Figura VII-5. Fotografía del canal desde el interior del mismo, tomada cuando se realizaron las mediciones a día 2 de agosto 2012.*

*Figura VII-6. Captura de pantalla del programa HEC-RAS, que muestra la introducción de los datos de la primera sección aguas abajo, sección 0.*

*Figura VII-7. Captura de pantalla del programa HEC-RAS, que muestra la introducción de caudales y periodos de retorno.*

*Figura VII-8. Representación en perspectiva del cauce estudiado y de la superficie de agua para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.*

*Figura VII-9. Sección transversal número 36 para un periodo de retorno de 25 años.*

*Figura VII-10. Sección transversal número 36 para un periodo de retorno de 100 años.*

*Figura VII-11. Sección transversal número 36 para un periodo de retorno de 500 años.*

*Figura VII-12. Sección transversal número 19 para un periodo de retorno de 25 años.*

*Figura VII-13. Sección transversal número 19 para un periodo de retorno de 100 años.*

*Figura VII-14. Sección transversal número 19 para un periodo de retorno de 500 años.*

*Figura VII-15. Sección transversal número 0 para un periodo de retorno de 25 años.*

*Figura VII-16. Sección transversal número 0 para un periodo de retorno de 100 años.*

*Figura VII-17. Sección transversal número 0 para un periodo de retorno de 500 años.*

*Figura VII-18. Perfil longitudinal del tramo estudiado para un periodo de retorno de 25 años.*

*Figura VII-19. Perfil longitudinal del tramo estudiado para un periodo de retorno de 100 años.*

*Figura VII-20. Perfil longitudinal del tramo estudiado para un periodo de retorno de 500 años.*

*Figura VIII-1. Plano 848 de zonificación de riesgo de inundación, clasificación de suelo y actuaciones estructurales.*

*Figura IX-1. Representación en perspectiva del cauce estudiado y de la superficie de agua para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.*

*Figura IX-2. Mapas de situación meteorológica a diferentes horas del día 30 de marzo de 2009.*

*Figura IX-3. Captura de datos de precipitación diaria de la estación agroclimática de Altea, del día 28 de marzo de 2009 al 6 de Abril de 2009.*

*Figura IX-4. Tramo del principio de la ampliación del canal la tarde del 30 de marzo del 2009.*

*Figura IX-5. Tramo medio de la ampliación del canal la tarde del 30 de marzo del 2009.*

*Figura IX-6. Tramo final de la ampliación del canal la tarde del 30 de marzo del 2009.*

*Figura IX-7. Efectos de la desembocadura al mar de la canalización la tarde del 30 de marzo del 2009.*

*Figura IX-8. Fotografía aérea oblicua tomada en 2001 donde puede observarse el conjunto de edificios que actúa como barrera entre las salinas y el mar.*

*Figura IX-9. Agua acumulada en la zona de El Saladar y conjunto de edificios que la separan del mar en octubre del 2007.*

*Figura IX-10. Fotografía realizada desde el Penyó d'Ifach donde puede observarse el conjunto de edificios que actúa como barrera entre las salinas y el mar.*

## **Índice de tablas:**

**Tabla nº 1. Evolución de la población de hecho en el término de Calp, de 1900 a 1991.**

**Tabla nº 2. Evolución de la población de derecho en el término de Calp, de 1986 a 1991.**

**Tabla nº 3. Evolución de la población en el término de Calp, de 1996 a 2011.**

**Tabla nº 4. Episodios destacados de lluvia torrencial en la Comunidad Valenciana.**

**Tabla nº 5. Episodios de lluvias torrenciales en la Marina Alta durante el periodo 1950-1969.**

**Tabla nº 6. Episodios de lluvias torrenciales en la Marina Alta durante el periodo 1970-1989.**

**Tabla nº 7. Episodios de lluvias torrenciales en la Marina Alta durante el periodo 1990-2004**

**Tabla nº 8. Resultados de la caracterización de la cuenca del Barranco del Pou Roig.**

**Tabla nº 9. Resultados de la caracterización de la cuenca del Barranco de Quisi.**

**Tabla nº 10. Resultados de la caracterización de la cuenca formada por la unión de los barrancos del Pou Roig y de Quisi.**

**Tabla nº 11. Resultados de la caracterización de la cuenca de las salinas del Saladar.**

**Tabla nº 12. Tabla de equivalencia entre la clasificación de usos de suelo de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial" y la clasificación de GESPLAN.**

**Tabla nº 13. Clasificación de grupos de suelos a efectos del umbral de escorrentía.**

**Tabla nº 14. Tabla de equivalencia entre la clasificación de usos de suelo de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial" y la Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana.**

**Tabla nº 15. Estimación inicial del umbral de escorrentía (P0) según Instrucción 5.2-IC.**

**Tabla nº 16. Resultados del umbral de escorrentía (P0) de la cuenca del Barranco del Pou Roig.**

**Tabla nº 17. Resultados del umbral de escorrentía (P0) de la cuenca del Barranco de Quisi.**

**Tabla nº 18. Resultados del umbral de escorrentía (P0) de la cuenca formada por la unión de los barrancos del Pou Roig y de Quisi.**

**Tabla nº 19. Resultados del umbral de escorrentía (P0) de la cuenca vertiente a la salina del Saladar.**

**Tabla nº 20. Resultados finales del umbral de escorrentía (P0) y P0 corregido del de las diferentes cuencas.**

**Tabla nº 21. Valores del cuantil regional  $Y_t$  según periodo de retorno y coeficiente de variación  $C_v$ .**

**Tabla nº 22. Valor medio de la precipitación máxima (P) para las diferentes cuencas.**

**Tabla nº 23. Valor del coeficiente de variación ( $C_v$ ) para las diferentes cuencas.**

**Tabla nº 24. Valor del coeficiente de variación ( $C_v$ ) y del cuantil regional  $Y_t$  para periodos de retorno 25, 100 y 500 años.**

**Tabla nº 25. Valor de la precipitación máxima diaria ( $X_t$ ) en mm según periodo de retorno para una precipitación máxima diaria anual (P) de 90 mm.**

**Tabla nº 26. Valor de la precipitación máxima diaria ( $X_t$ ) en mm según periodo de retorno para una precipitación máxima diaria anual (P) de 85 mm.**

**Tabla nº 27. Valor de la precipitación máxima diaria ( $X_t$ ) en mm según periodo de retorno para una precipitación máxima diaria anual (P) de 80 mm.**

**Tabla nº 28. Valor de la precipitación máxima diaria ( $X_t$ ) en mm según periodo de retorno para cada una de las cuencas.**

**Tabla nº 29. Descripción de la estación pluviométrica de Benissa-Convento.**

**Tabla nº 30. Descripción de la estación pluviométrica de Calp Penyó de Ifach.**

**Tabla nº 31. Descripción de la estación pluviométrica de Jalón Solana**

**Tabla nº 32. Descripción de la estación pluviométrica de Jalón.**

**Tabla nº 33. Relación de los valores de  $y$  según el número de muestras.**

**Tabla nº 34. Aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) para cálculos hidrológicos de la estación pluviométrica de Jalón.**

**Tabla nº 35. Resultados finales para la estación pluviométrica de Jalón.**

**Tabla nº 36. Aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) para cálculos hidrológicos de la estación pluviométrica de Benissa-Convento.**

**Tabla nº 37. Resultados finales para la estación pluviométrica de Benissa-Convento.**

**Tabla nº 38. Aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) para cálculos hidrológicos de la estación pluviométrica de Calp Penyó de Ifach**

**Tabla nº 39. Resultados finales para la estación pluviométrica de Benissa-Convento.**

**Tabla nº 40. Resultados finales de precipitación máxima en los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las estaciones pluviométricas.**

**Tabla nº 41. Resultados finales de precipitación máxima en mm según los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las cuencas.**

**Tabla nº 42. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECITACIÓN MÁXIMA CALCULADOS MEDIANTE EL DOCUMENTO "MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR"**

**Tabla nº 43. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECITACIÓN MÁXIMA EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE JALÓN**

**Tabla nº 44. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECITACIÓN MÁXIMA EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE BENISSA-CONVENTO**

**Tabla nº 45. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECITACIÓN MÁXIMA EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE CALP PENYÓ D'IFACH**

**Tabla nº 46. Resultados finales de caudales punta en m<sup>3</sup>/s para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las cuencas.**

**Tabla nº 47. Coordenadas de los puntos que definen el cauce del estudio.**

**Tabla nº 48. Tablas de valores del coeficiente de Manning que contiene el programa HEC-RAS.**

**Tabla nº 49. Cuadro de síntesis de los niveles de riesgo según el PATRICOVA.**

**Tabla nº 50. Resultados finales de precipitación máxima en los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las estaciones pluviométricas y el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular".**

**Tabla nº 51. Resultados finales de caudales punta en m<sup>3</sup>/s para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las cuencas.**

## **Índice de planos:**

- 1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA**
- 2. DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS**
- 3. RED DE DRENAJE**
- 4. ORDENES DE CAUCES**
- 5. USOS DE SUELOS**
- 6. LITOLOGÍA**

# **CAPÍTULO I**

## **Introducción**

# I. Introducción

## A. MARCO GEOGRÁFICO

Las cuencas que vamos a estudiar se encuentran en la Marina y dentro de ella en la Marina Alta, que es una comarca de la provincia de Alicante (España), que forma parte de la Comunidad Valenciana. Su capital, como centro administrativo, es el municipio de Denia.

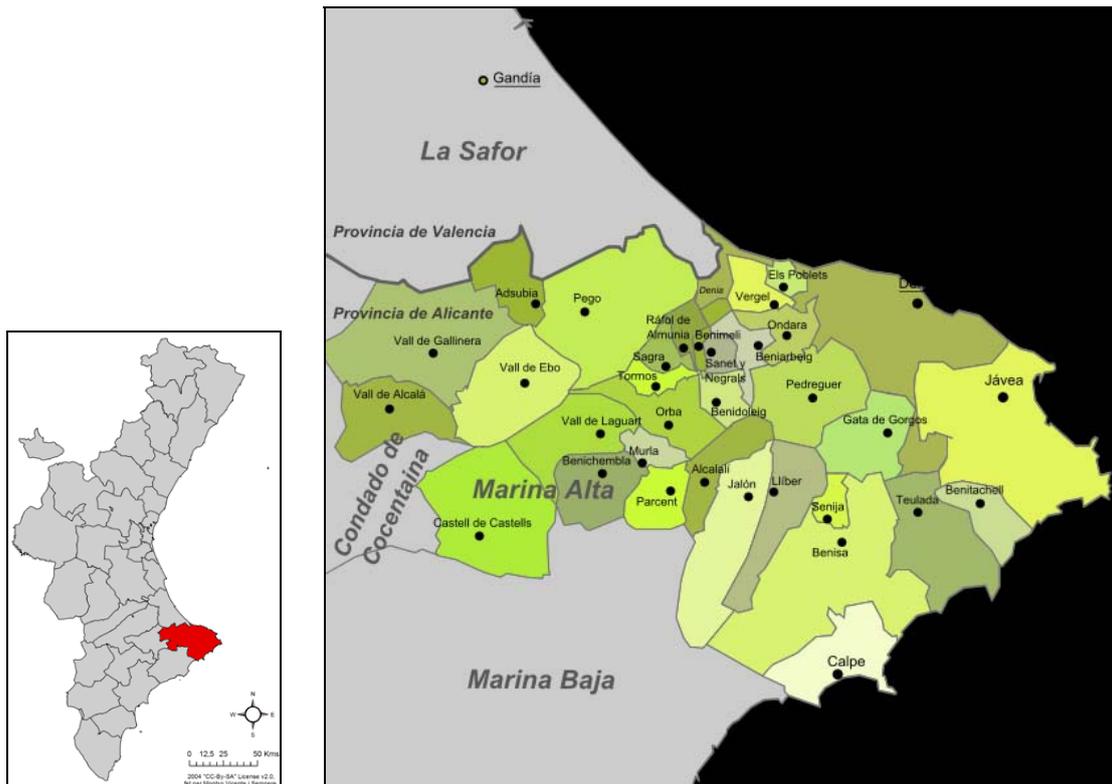


Figura I-1. Situación geográfica de la Marina Alta y municipios que la componen.

La Marina es un conjunto comarcal situado al NE de la provincia de Alicante, su relieve corresponde al último eslabón de la Cordillera Bética en forma de gran promontorio montañoso que avanza hacia el mar formando un saliente que cierra por el Sur el Golfo de Valencia. A nivel interno se distingue entre el Marquesat, llamado Marina Alta (Marina Septentrional) y la Marina Meridional aunque la división entre ambas no es muy convincente según la Gran Enciclopedia de la Comunidad Valenciana (2005). Desde el punto de vista físico todo el conjunto puede definirse como una sucesión de estrechos valles enmarcados entre altas montañas cuya orientación varía desde la SO-NE de los valles septentrionales (Gallinera y Girona) a la NO-SE de los meridionales (Guadalest y Amadorio), marcando la transición en la zona central el valle del Xaló o Gorgos, que sigue una línea casi recta de Oeste a Este. Las lineaciones montañosas son las responsables de estas direcciones. La parte mas septentrional pertenece todavía al dominio prebético, que en las zonas interiores se presenta formando largas sierras paralelas de calizas cretácicas con los flancos

septentrionales volcados o fallados. En su parte alta los valles son estrechos, pero en su parte baja se abren en abanico, dando lugar a llanuras costeras de cierta magnitud (Pego, Denia, Jávea).

Al Sur del Montgó se abre la amplia llanura de Jávea, cerrada al otro extremo por el Cabo de San Antonio y el promontorio de La Nau. La mitad meridional, a partir de La Serrella, es dominio del subbético. Aquí los pliegues se curvan con la parte convexa mirando al Norte.

La Marina Alta es la comarca situada más al norte de la provincia de Alicante. Tiene una orografía bastante compleja, ya que la surcan numerosas montañas y valles, y tiene una costa muy accidentada.

Entre los valles se encuentran los correspondientes a los barrancos de El Quisi y el Pou Roig objeto de este estudio.

La Marina Alta es una comarca costera con numerosos acantilados, calas y cabos. La costa de esta comarca tiene algunos de los accidentes más emblemáticos de la provincia, como son el Cabo de San Antonio, Cabo de San Martín y Cabo de la Nao (los tres forman la peculiar "punta" de la provincia). Así como el conocido Peñón de Ifach, en la localidad de Calpe.

Hay importantes formaciones montañosas, como la Sierra de Bernia o el Montgó. También cabe destacar la importancia del marjal de Pego-Oliva, marisma interior.

En la comarca destacan algunos cursos de agua como los ríos Bullent, Racons, Girona y Gorgos. Entre los valles presentes se encuentran los correspondientes a los barrancos de El Quisi y el Pou Roig.

Más concretamente las cuencas objeto de nuestro estudio se hallan en los términos municipales de Calp y Benissa.

Los suelos están en general poco desarrollados, frecuentemente no presentan desarrollo definido de perfiles (suelos de tipo entisol) otras presentan sólo horizonte A, superficial y/o C, roca madre (aridisoles).

Los diferentes usos de suelos, grupos de suelo y pendientes están descritos más profundamente en el capítulo IV (Determinación del umbral de escorrentía) y en los mapas correspondientes.

Las especies arbóreas silvestres son el pino y el algarrobo, siendo notables las repoblaciones espontáneas de pino carrasco.

## **Climatología**

La climatología de la comarca de la Marina Alta es producto de su enclave dentro de las circunstancias genéricas del litoral mediterráneo español. A grandes rasgos, la dinámica estacional se sucede según el siguiente ciclo: En otoño y primavera las borrascas del frente polar penetran más fácilmente hacia el Mediterráneo occidental; los ciclones atlánticos que afectan a nuestras costas proceden del golfo de León, a través de la ruta de Aquitania, o bien entran por el estrecho de Gibraltar; en cambio, son menos importantes los que cruzan la meseta. La mayor incidencia pluviométrica

procede de las depresiones del estrecho, las cuales, al girar en torno a una baja, se traducen en vientos del NE, húmedos e inestables, sobre el Marquesat; los temporales violentos que elevan la pluviometría otoñal se achacan a la acción de una gota de aire frío en altura sobre la parte oriental de la meseta.

En invierno el juego de las borrascas atlánticas y del alta de las Azores viene alterado por la frecuencia con que se presentan los tipos de tiempo Vw de Kunow y VIIIn y Vilt de Müller, esto es, las borrascas de Gibraltar y las perturbaciones localizadas en el área de las Baleares, aportan abundantes precipitaciones. La posición más meridional del Marquesat, respecto al golfo de Valencia, la acerca a los flujos del estrecho, mientras que su configuración en espolón saledizo hacia el mar la vincula mejor con la masa de aire mediterránea y, a todo ello, se une el efecto orográfico de las cadenas prebélicas de orientación N 70 E, que se alinean paralelas en dirección normal a la costa, con lo que los valles constituyen pasillos abiertos, más o menos ampliamente, hacia las influencias marítimas húmedas; el valle de Pegó, con su elevada pluviosidad, sería buen exponente de la conjunción de los dos factores, el marítimo y el orográfico.

En verano el área de altas presiones se generaliza sin excepción y determina la fuerte sequía de la estación; en la segunda mitad de ella el recalentamiento provoca bajas localizadas y aparatosas lluvias de convección con carácter tormentoso, pero son muy esporádicas y no alteran la tónica general de aridez.

En resumen: el clima comarcal es, en cuanto a temperaturas, el típico mediterráneo marítimo, con veranos calurosos dentro de una pauta de moderación, e inviernos templados, muy suaves; no hay extremosidad en el régimen térmico. Respecto a la pluviosidad se rompe con el patrón acuñado para esta fachada mediterránea, contrastando en primer lugar la cuantía que alcanza la misma, sobre todo si se piensa en que el árido sudeste español le sucede a poca distancia; la disposición en punta salediza y las alineaciones montañosas casi normales a los vientos húmedos de componente septentrional contribuyen a aumentar la altura de las precipitaciones.

También se rompe con la clásica disposición alternante de las estaciones; el invierno presenta el máximo pluviométrico secundario, relegando a la primavera a tercer lugar; de hecho, varía respecto a la Serranía de Alcoy, cuyos límites se extienden por el interior del Marquesat, en la que aparece una única época de lluvias, de modo que, si en ciertos años se da algún mes seco en invierno, esto no se refleja en los promedios.

## **Termino municipal de Calp**

Cuenta con 29.228 habitantes (INE 2008), de los cuales más de la mitad es de nacionalidad extranjera. Dicha localidad destaca por la mayor densidad de población de toda la comarca 1.243,22 hab./km<sup>2</sup>, ya que tiene una superficie de 23,5 Km<sup>2</sup>.

La ciudad de Calp se encuentra en la parte baja de cuenca, con lo cual es la población sometida a más riesgo de inundación.

La referencia más evidente de la geografía calpina es el Peñón de Ifach, declarado Parque Natural por la Generalidad Valenciana en 1987. El término municipal presenta muchas playas y calas de muy buena calidad. Otro lugar reseñable lo constituye el Parque Natural de Las Salinas, de las que antiguamente se ha extraído sal desde la época romana.

Tradicionalmente, fue una población agrícola, que producía almendras, pasas y algarrobos; su economía también se apoyaba en la pesca y la extracción de sal de sus salinas, hoy en día Parque Natural. Sin embargo, desde el siglo pasado (ya en los años treinta veraneó aquí Ernest Hemingway), sobre todo a partir de los años 60, se ha convertido en un municipio turístico, transformando su economía, su urbanismo y, en gran medida, su propia población.

Esta transformación produjo una masiva construcción que conllevó un aumento de la población muy significativo sobretodo en los últimos años, como bien se puede observar en los datos obtenidos de la Diputación de Alicante.

Tabla nº 1. Evolución de la población de hecho en el término de Calp, de 1900 a 1991.

Población de hecho									
1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981	1991
2.415	2.306	2.480	2.241	1.922	1.970	2.177	3.399	8.000	10.962
Los datos proceden de los censos de población. Fuente: INE - Series históricas de población.									

Tabla nº 2. Evolución de la población de derecho en el término de Calp, de 1986 a 1991.

Población de derecho									
1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
10.032	10.266	10.732	11.210	11.896	10.683	11.525	11.185	11.251	11.698
Los datos corresponden a población de derecho, son anuales y derivan de las renovaciones y rectificaciones padronales. Fuente: INE - Series históricas de población.									

Tabla nº 3. Evolución de la población en el término de Calp, de 1996 a 2011.

Evolución de la población							
1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
14.216	...	14.819	15.605	16.733	18.037	20.103	22.446
2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
23.653	25.19	26.382	27.768	29.228	29.666	29.909	29.718
A partir de 1996 se produce un cambio legislativo que elimina la distinción de poblaciones de hecho y derecho. Fuente: INE - Instituto Nacional de Estadística.							

Lo más significativo de este aumento de población, es que desde 1995 hasta 2008 casi se triplica la población, con el aumento constructivo que conlleva, al que además hay que sumarle la enorme cantidad de gente que ha adquirido una segunda vivienda aquí, sin contar así como habitante de Calp en el padrón.

## **Termino municipal de Benissa**

Su término municipal, de 69,7 km<sup>2</sup> es el más grande de la Marina Alta, cuenta con 12.690 habitantes y presenta 4 km de costa.

El término municipal de Benissa tiene una superficie que presenta una forma muy irregular y con orografía muy heterogénea. Desde la costa, formada en su mayor parte por pequeñas calas y acantilados, hasta las zonas montañosas, formadas por las sierras de Oltá, La Solana, la Malla Verda y la más destacada, la sierra de Bernia, con sus casi 1.200 metros de altura. El núcleo urbano está situado alrededor de unos 200 metros de altura sobre el nivel del mar.

## **B. MARCO GEOLÓGICO**

La zona donde se sitúan las cuencas de los barrancos de El Quisi y el Pou Roig se encuentra en la Zona Externa de la Cordillera Bética y más concretamente en el Prebético, el cual está caracterizado por una tectónica de cobertera.

Los materiales del Triásico con facies Keuper actúan como nivel de despegue entre una cobertera sedimentaria de edad Mesozoico-Terciario (dominio Prebético) y un basamento (probablemente hercínico) que no llega a aflorar. Esta cobertera está estructurada en pliegues y fallas de dirección ENE (dirección estructural principal del orógeno bético). Los pliegues, con longitudes de onda de varios kilómetros, son principalmente vergentes al Norte, y están afectados por fallas normales de dirección NW o ENE (Alfaro et al. 1999). En los sinclinales de estos pliegues se localizan cuencas sedimentarias de edad Neógeno-Cuaternario. Los depósitos cuaternarios subhorizontales, en general altamente erosionables, cubren estas depresiones, mientras que los sedimentos más antiguos que rellenan estas cuencas (de edad Mioceno Superior) afloran en los flancos de los sinclinales con un dispositivo de abanico de capas. Localmente los sedimentos triásicos con facies Keuper forman estructuras diapíricas, en asociación con fallas de dirección. En la zona destaca el diapiro de Altea de varias decenas de kilómetros cuadrados de extensión.

En este sector del Prebético, la actuación de esfuerzos compresivos, entre los que destacan los de dirección N120°E, combinados con los efectos halocinéticos de los materiales triásicos, ha dado lugar a la formación de cuencas subparalelas a los accidentes más importantes. Estas cuencas fueron rellenadas por materiales marinos miocenos entre los que se intercalaron grandes bloques caídos (olistolitos) procedentes de la parte superior de los pliegues diapíricos.

La estructura principal de la zona es el sinclinal de Benissa, estando la zona estudiada en el flanco oriental de dicho sinclinal, que corresponde a una de aquellas cuencas. En los extremos de este flanco (Toix y Punta de Moraira) los estratos se disponen verticalmente, mientras que en la parte central (Penyal d'Ifac) llegan a invertirse. Todo el flanco se encuentra afectado por grandes fallas de orientación N10E y N120E responsables del hundimiento bajo el mar de los sectores situados entre el Morro de Toix y el Penyal d'Ifac y entre este último y la Punta de Moraira. La parte superior de la Sierra de Oltà está constituida por uno de los grandes olistolitos caído a la cuenca de Benisa desde la estructura diapírica de Altea.

El carácter alóctono de las calizas eocenas que forman los relieves de la Sierra de Oltà y el Penyo d'Ifach ya aparece definido en el Mapa Geológico 1:50.000 (Ríos García et al 1960) (ver mapa).

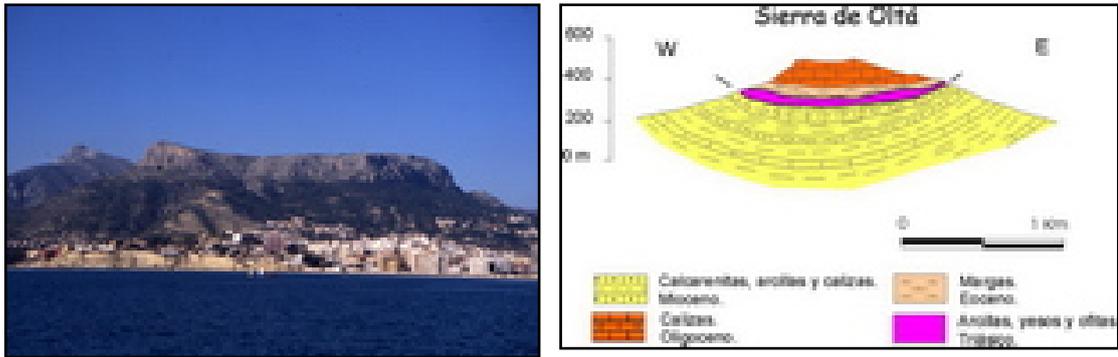


Figura I-2. Fotografía desde el mar de la Sierra de Oltà.  
Figura I-3. Corte geológico de la Sierra de Oltà.

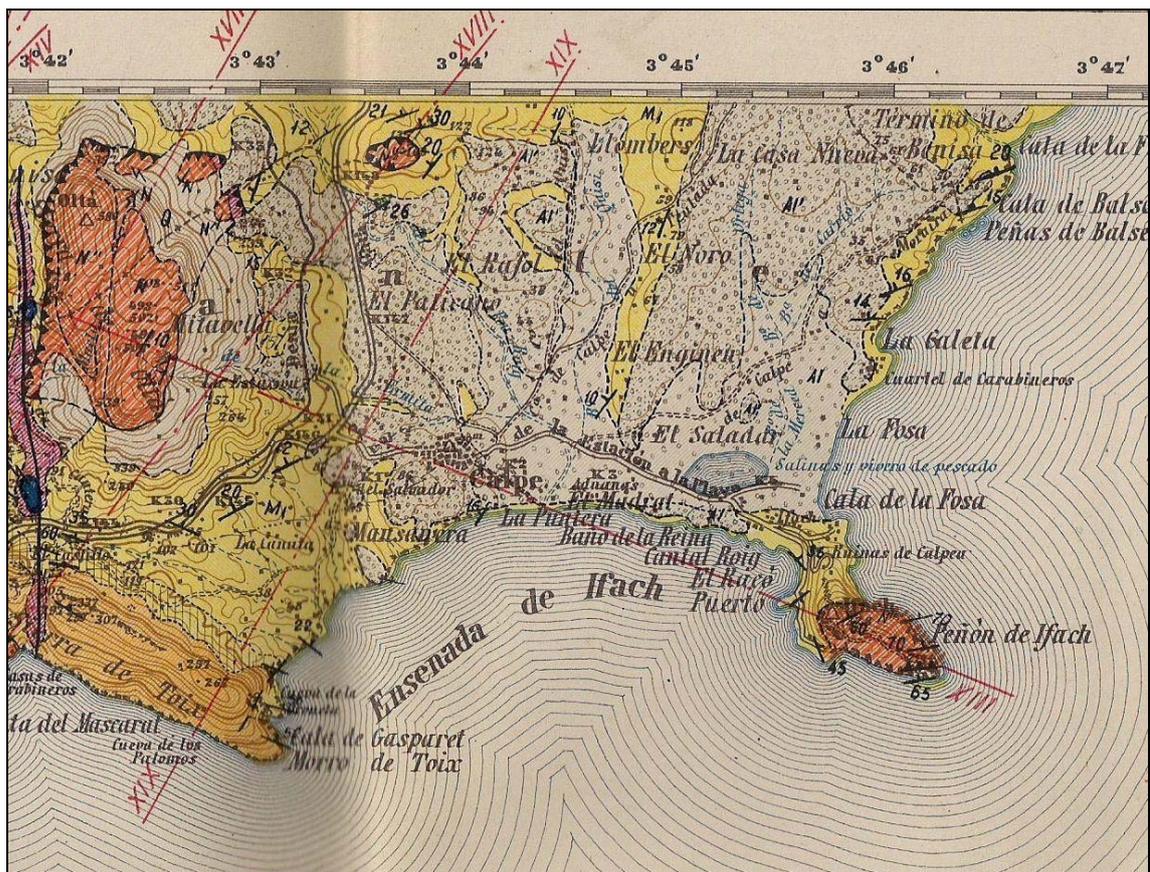


Figura I-4. Imagen del Mapa Geológico de España, hoja 848 Altea, según Ríos García et al. 1966.

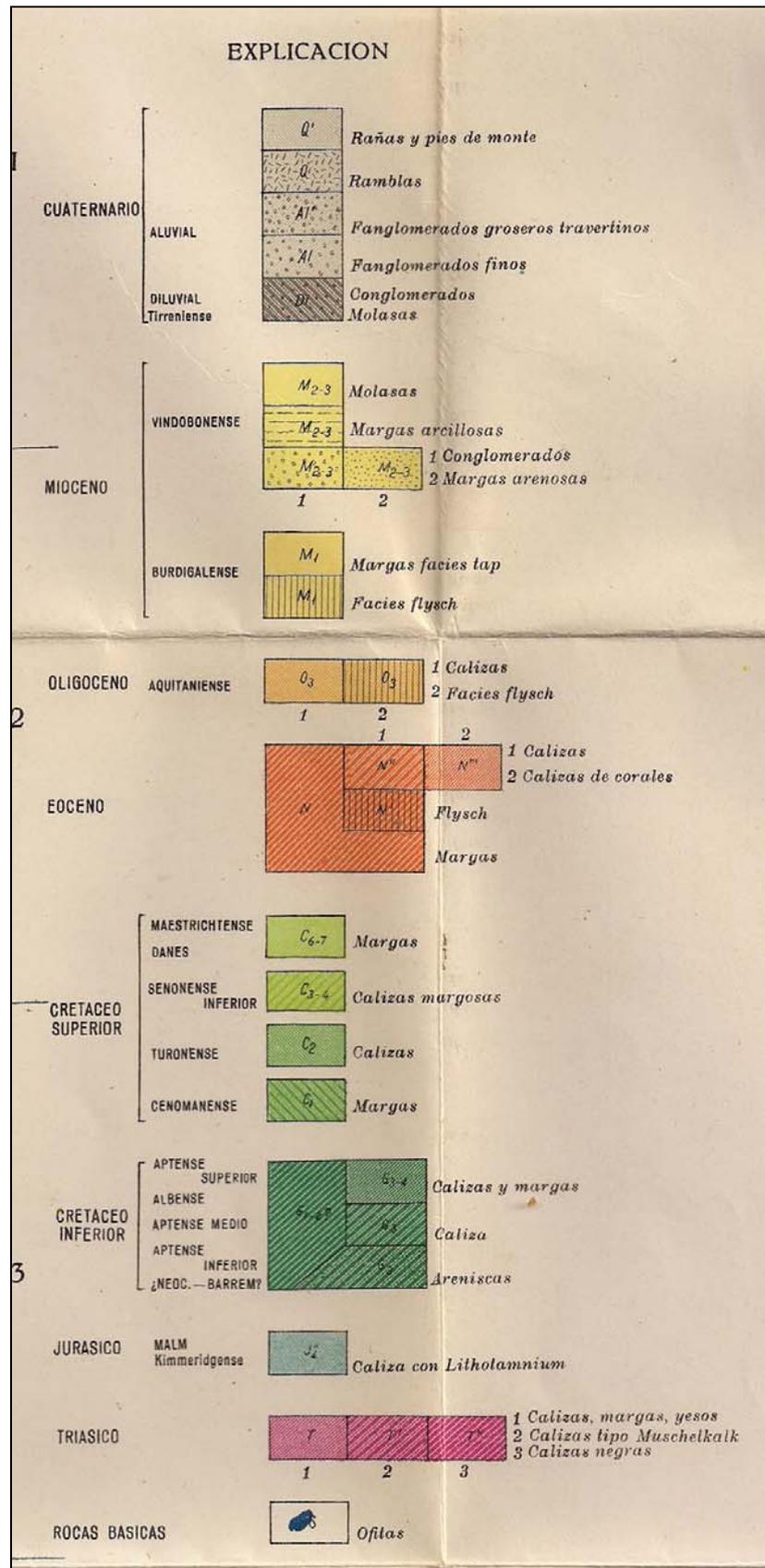
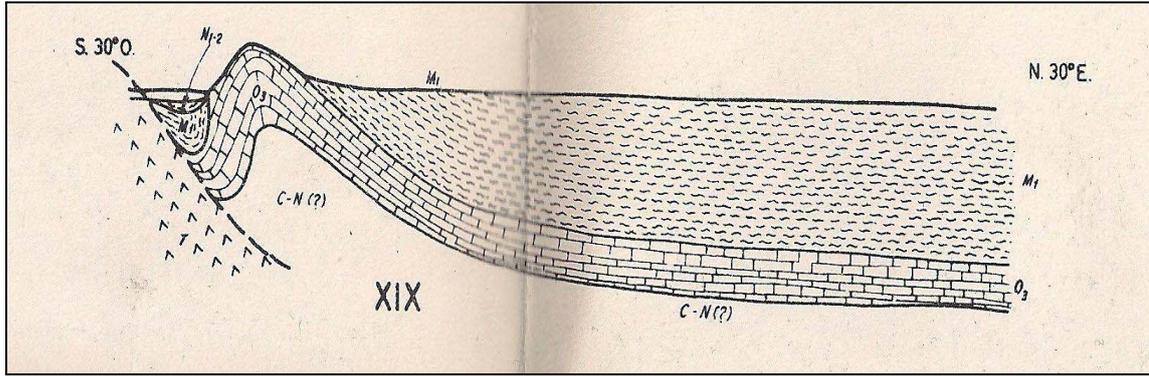
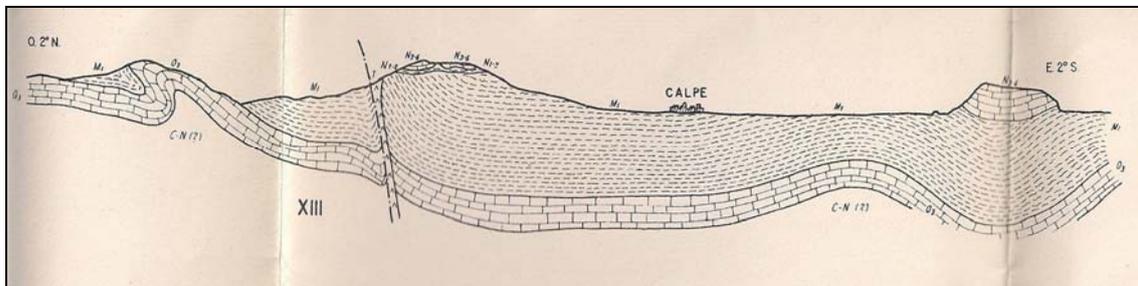


Figura I-4. Imagen de la leyenda del Mapa Geológico de España, hoja 848 Altea, según Ríos García et al. 1966.

*Estudio de la capacidad de desagüe de los barrancos del Pou Roig y de Quisi en el casco urbano de Calp (Alicante).*



*Figura I-5. Imagen del corte geológico número XIX del Mapa Geológico de España, hoja 848 Altea, según Ríos García et al. 1966.*



*Figura I-6. Imagen del corte geológico número XIX del Mapa Geológico de España, hoja 848 Altea, según Ríos García et al. 1966.*



*Figura I-7. Panorámica del Penyal d'Ifac. A la derecha y culminando la Sierra de Oltà se observa el gran olistolito de calizas paleógenas situado sobre las margas miocenas.*

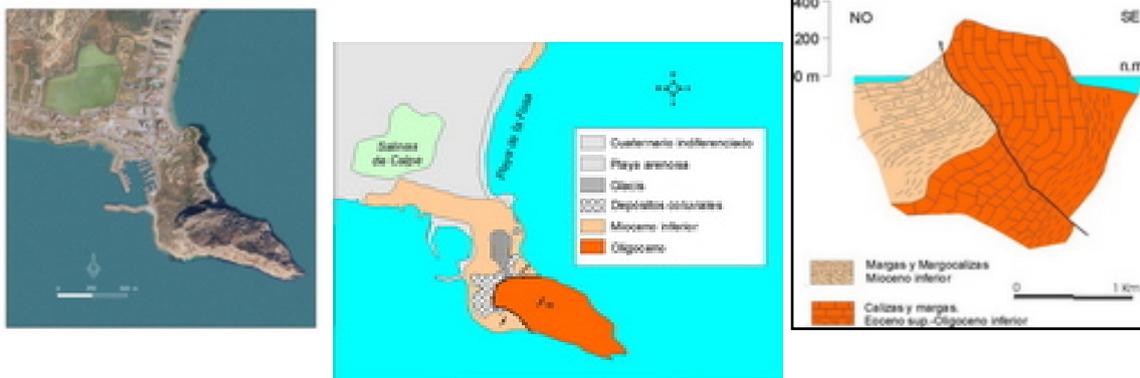
La sierra de Oltà se halla en las cercanías de Calpe ocupando el núcleo del denominado sinclinal de Benissa

Su cumbre corresponde a un gran olistolito, es decir a una masa de calizas del Eoceno Superior-Oligoceno Inferior y margas eocenas deslizadas gravitacionalmente, desde la cúspide de la estructura diapírica de Altea, sobre la cuenca marina miocena. El resto de la sierra está constituida por depósitos turbidíticos del Mioceno Medio. Ambos conjuntos están separados por una delgada capa de material Triásico que incluye rocas ofíticas, similares a las de Cap Negret.

Desde el punto de vista geomorfológico los materiales miocenos coronados por el olistolito constituyen un buen ejemplo de relieve invertido (no concordante), ya que a pesar de tener una estructura sinforme ocupan un relieve positivo.

### **PENYAL D'IFACH**

Constituye un afloramiento de calizas eoceno-oligocenas aisladas del Morro de Toix por razones de carácter tectónico.



A

B

C

*Figuras 1-8. A. Fotografía aérea del Penyal d'Ifac. B. Mapa geológico esquemático. C. Corte geológico*

Los carbonatos aquí presentes corresponderían al nivel superior del Eoceno en la región (calizas grises muy fosilíferas), según García Rosell y Fontboté 1973.

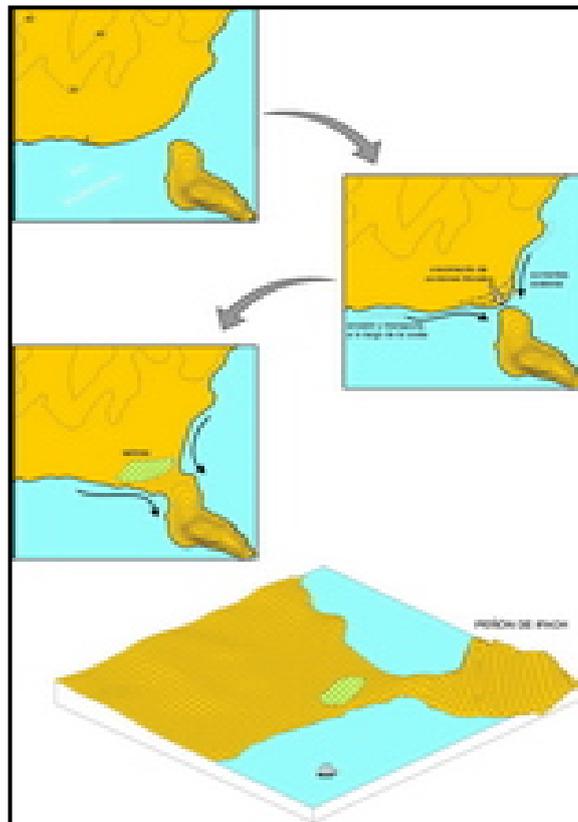
Desde el punto de vista geomorfológico, el Penyal d'Ifac inicialmente formaba un islote próximo a la costa durante el Cuaternario antiguo, dicho islote quedó unido a tierra firme, probablemente durante el Tirreniense por dos barras arenosas (ahora areniscas cementadas), dando origen así a un ejemplo típico de tómbolo.

Estructuralmente formaría parte del flanco sudeste del sinclinal de Benissa que en este punto se encuentra volcado hacia el noroeste. En el tómbolo se han desarrollado las

playas de La Ensenada al sur y la playa de La Fossa al norte, así como una pequeña laguna litoral conocida como El Saladar por su antigua utilización como salina. Estos depósitos de edad Tirreniense están cubiertos actualmente por sedimentos arenosos actuales.



*Figura I-9. Buzamientos subverticales de las calizas oligocenas en el extremo oriental del Penyal d'Ifac.*



*Figura I-10. Evolución del Penyal d'Ifac durante el Cuaternario (modificado de Alfaro et al., 1999; esquema realizado por J.M. Soria).*

## C. CONCEPTO DE RIESGO E INUNDACIONES

### A. Las inundaciones, riesgo natural, aspectos económico-sociales:

Las inundaciones son la catástrofe natural de mayor impacto en España. Son el proceso que en un corto espacio de tiempo (horas o días) genera el mayor volumen de pérdidas económicas y un mayor número de víctimas. Aunque si consideramos las pérdidas económicas medias anuales, los daños meteorológicos a la agricultura o las pérdidas de generación hidráulica por sequía pueden presentar un mayor coste económico (Pujadas Ferrer 2002).

Las inundaciones han sido el riesgo natural que ha originado más víctimas: más de 1525 en las últimas cinco décadas (según Olcina y Ayala, 2002), incluyendo las 794 víctimas de las inundaciones de 1962 en Cataluña).

Desde que en 1957 se produjo la inundación de Valencia, se ha producido una media de una avenida grave cada 5 años, habiendo ocurrido los 10 eventos más importantes en cuanto a indemnizaciones pagadas por el Consorcio de Compensación de Seguros, 6 en la década de los 80 y 4 en la década de los 90.

En EEUU las inundaciones fueron el desastre principal en el siglo XX perdiéndose un promedio de 100 vidas cada año por causa de las inundaciones. Los países en desarrollo sufren pérdidas mucho mayores debido a la falta de instalaciones de seguimiento, sistemas de alerta, sistemas de transporte e infraestructuras adecuados y una ayuda efectiva para los desastres.

El valor económico de los daños (Riesgo) se define por la ecuación general del riesgo:

$$R = \Sigma P * E * V$$

Es decir el riesgo o pérdida esperada (R), es el producto de la probabilidad de fenómeno catastrófico (P), por el valor económico de los bienes expuestos al riesgo (E), por la vulnerabilidad (V) expresada como tanto por uno de pérdidas ante un fenómeno catastrófico.

Las inundaciones tienen efectos *primarios*, que son causados directamente por la inundación, como heridos, pérdidas de vidas y daños originados por la erosión y el depósito de materiales en viviendas, explotaciones agrarias, instalaciones industriales e infraestructuras, principalmente del transporte.

También tienen *efectos secundarios*, entre los que se encuentran la contaminación a corto plazo de los ríos, hambre, enfermedades y desplazamiento de personas. También causan fallos del sistema de eliminación de aguas residuales, plantas de tratamiento y alcantarillado, así como contaminación de acuíferos.

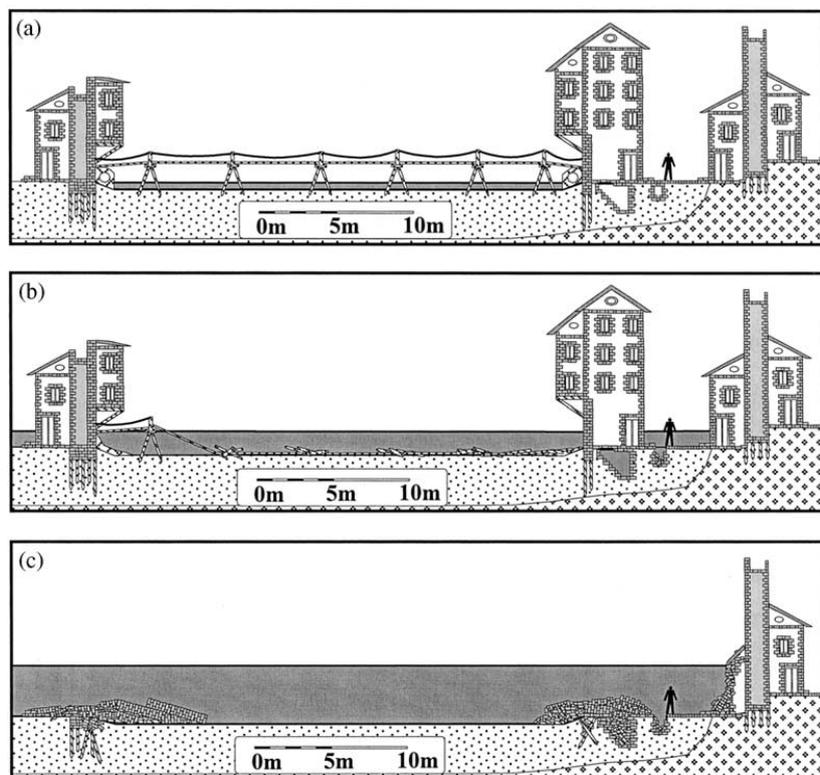
**Intervalo de recurrencia de una inundación** es el tiempo medio entre sucesos de inundación que son de la misma, o mayor, magnitud.

Si las inundaciones son repentinas y de gran volumen pueden denominarse *riadas*, *flash flood* en inglés.

Para gestionar el riesgo de las inundaciones se desarrollan políticas de control del fenómeno natural y de prevención del fenómeno y gestión del espacio fluvial. En España se han evaluado 541 casos de tramos fluviales con invasión del espacio fluvial, 398 casos de degradación, 185 casos de usurpación y 313 de uso inadecuado.

Hay que destacar que la Comunitat Valenciana cuenta con un instrumento de planificación territorial como el PATRICOVA desde el año 2003 que, a pesar de la escala 1:50.000 a la que está hecho, es muy versátil y potencialmente útil para corregir nuevas situaciones urbanísticas

Se impone la necesidad de realizar estudios previos como el que pretendemos hacer en este trabajo y que en general no se han realizado en cuencas pequeñas.



### **B. Las inundaciones y la geodinámica externa (y/o la geomorfología):**

El sistema fluvial convierte la lluvia en caudal y la vehicula hasta el mar. Cuando las puntas de crecida superan la capacidad de evacuación de los talwegs se producen desbordamientos hacia los espacios adyacentes que constituyen las inundaciones. Puede ocurrir también que las aguas, debido a su gran poder erosivo, en momentos de crecida, produzcan roturas transversales en los márgenes de los canales y se derramen

por las llanuras laterales. Otro hecho común, en los ríos torrenciales mediterráneos, es que los cauces pierdan su morfología como consecuencia de bruscos cambios de pendiente, intervenciones antrópicas o redes de drenaje mal organizadas. Geomorfológicamente los espacios inundables corresponden al lecho mayor del río, terrazas, llanuras de inundación y abanicos aluviales

Si no hubiese entradas o salidas de flujo a lo largo de una longitud de un río su caudal no cambiaría. Cuando el área de la sección disminuye la velocidad del agua debe aumentar para que la descarga permanezca constante lo que aumenta mucho su capacidad erosiva y efectos perniciosos relacionados.

El peligro de inundación asociado con abanicos aluviales y deltas tiene unas características particulares. En esos casos el río principal se divide en varios canales que llevan crecidas a diferentes partes del abanico aluvial o delta. Estos canales pueden cambiar de posición rápidamente durante una única inundación o en un periodo entre inundaciones creando un peligro difícil de predecir, como ocurrió en el río Ventura, en el sur de California en la década de 1990, donde se construyó un parque recreativo en un canal poco activo, que volvió a ser funcional en inundaciones en 1992, cuando, pese a ser una inundación diurna, hubo un muerto, y en tres riadas posteriores (1993, 1995 y 1998) (Keller y Blodgett, 2007).

Las crecidas fluviales pueden verse agravadas como consecuencia de una subida transitoria del nivel del mar que dificulte el desagüe fluvial. En la zona mediterránea este hecho no es muy importante y se suele producir como consecuencia de los temporales de levante, sin embargo puede tener importancia en los ríos atlánticos en cuya zona puede haber tres metros de diferencia entre bajamar y pleamar.

Las inundaciones pueden clasificarse por el sitio en el que tienen lugar dentro de la cuenca de drenaje, tenemos así las *inundaciones de cabecera* y las *inundaciones de valle*. Esta clasificación no sería muy aplicable a ríos cortos estacionales mediterráneos como el caso que nos ocupa.

### ***C. Influencia de la urbanización:***

Según Keller y Blodgett, 2007 la actividad humana aumenta tanto la magnitud como la frecuencia de las inundaciones en cuencas hidrográficas urbanas pequeñas de unos pocos kilómetros cuadrados. El ritmo de aumento está determinado por el porcentaje de tierra cubierto por edificios y pavimento, es decir por la cubierta impermeable y el porcentaje del área abastecida por alcantarillas. En casi todas las Zonas urbanas, las alcantarillas empiezan en sumideros a los lados de las calles y llevan la escorrentía a los cauces de los arroyos con mucha mayor rapidez que en entornos naturales. Una zona urbana, con un 40% de cubierta impermeable y un 40% de su área abastecida por alcantarillas puede esperarse que tenga unas tres veces más inundaciones de una magnitud determinada que antes de la urbanización. Esta proporción se aplica a inundaciones de frecuencia pequeña e intermedia. Según estos autores, al aumentar el tamaño de la cuenca hidrográfica, las inundaciones grandes con una frecuencia de aproximadamente 50 años, están menos afectadas por la urbanización.

#### ***D. Las inundaciones y la climatología:***

La mayoría de las inundaciones de un río están relacionadas con la cantidad y distribución de las precipitaciones en la cuenca de drenaje, la velocidad a la que las precipitaciones empapan el suelo y la rapidez con la que las escorrentías superficiales asociadas llegan al río. La cantidad de humedad del suelo en el momento en el que la precipitación comienza tiene también gran importancia ya que si el suelo está seco y puede absorber agua ayuda a evitar la inundación, por otra parte la eliminación de la capacidad del suelo de absorber agua, que tiene lugar con los procesos de urbanización, que crean una *cubierta impermeable*, ayuda a incrementar el riesgo de inundación.

El estudio de las relaciones entre clima y eventos hidrológicos extremos se puede establecer a partir del análisis de registros instrumentales, documentales y sedimentarios

En el ámbito mediterráneo las inundaciones se consideran relacionadas con las características climáticas definidas como “*gota fría*”.

Se llama gota fría a un fenómeno meteorológico que se da en el clima mediterráneo a finales del verano y en el otoño, y que se caracteriza por las grandes precipitaciones que caen en muy pocos minutos y en un lugar muy concreto. El término gota fría es muy popular, pero en meteorología se conoce como DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos).

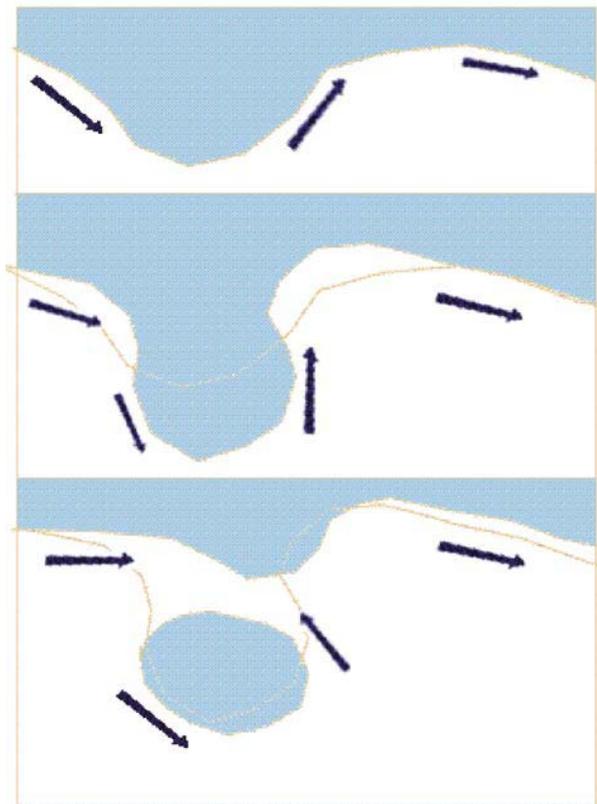
## **D. CONCEPTO DE “GOTA FRÍA” O DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos).**

Gota fría, técnicamente hablando, es una depresión (o borrasca) aislada en niveles atmosféricos altos, formada por aire frío. En su sentido más estricto la denominación está reservada a esas depresiones frías aisladas cuando todavía no repercuten en ningún tipo de perturbación en los niveles atmosféricos más bajos. La literatura inglesa se refiere a la gota fría con la denominación de cut-off low, que tal vez podríamos traducir literalmente como depresión desgajada (en el sentido de separada de la circulación general).

El término “gota” puede sugerir “pequeñez”, pero la gota fría no es una estructura pequeña. Es corriente que su diámetro alcance o supere los 2.000 km. Depresión desgajada, DANA o gota fría, que para nosotros va a ser lo mismo, no es necesariamente sinónimo de muy mal tiempo; es simplemente lo que es, el tipo de perturbación descrita.

El proceso normal de formación de esas depresiones frías aisladas de nivel alto o gotas frías se esquematiza en la figura I-12.

En la figura 1-12 se muestra un esquema de formación de una gota fría, por estrangulamiento de un meandro de la corriente en chorro polar (flechas azul oscuro). El aire polar se representa en azul celeste. Tomado de Jansá Clar (2004).



*Figura I-12. Esquema de formación de una gota fría.*

La circulación general atmosférica lleva a que a latitudes medias-altas se establezca una superficie definida de separación entre el aire frío polar y el aire cálido subtropical, que es el llamado frente polar, al que se asocia, en niveles altos, la corriente en chorro polar.

El frente y la corriente en chorro polares tienden a circunvalar el globo terrestre, pero no son rectilíneos, sino que sufren ondulaciones más o menos pronunciadas. Cuando una de esas ondulaciones o meandros (vaguadas, en el argot meteorológico) se amplifica mucho puede llegar a estrangularse y cortarse, quedando formada la depresión aislada fría o gota fría. Nótese que la gota fría es aire polar flotando sobre latitudes inferiores a las que normalmente ocupa ese aire frío.

Una ondulación, meandro o vaguada del chorro polar supone un giro ciclónico (en el sentido contrario al de las agujas del reloj) del viento, si bien es un giro incompleto. En meteorología se dice, para referirse a ello, que las vaguadas llevan asociado un centro de vorticidad ciclónica. Cuando se desgaja la gota fría ésta se lleva consigo la vorticidad ciclónica, el giro ciclónico, ahora sí completo.

En el entorno de la Península Ibérica se forman una media de dos gotas frías cada mes, lo que, teniendo en cuenta las duraciones de dichas perturbaciones, da un promedio de, al menos, cinco o seis días cada mes con gota fría. Además, esa frecuencia relativamente alta se da todo el año, no sólo en otoño, salvo en abril, que marca un mínimo acusado. El principal máximo anual es en junio, si bien octubre presenta un máximo relativo secundario. En cuanto a localización, lo más frecuente es que el centro de las gotas frías se encuentre en torno a Gibraltar, sobre todo al oeste del Estrecho. En este sentido la localización de la gota fría asociada a las inundaciones de octubre de 1982 fue bastante típica.

Gota fría no debe entenderse como sinónimo de desastre meteorológico, ni siquiera en el Mediterráneo. Ahora bien la formación y presencia de una gota fría no es, en general, inocua respecto del tiempo.

Un primer aspecto a tener en cuenta es una cierta inestabilización vertical de la atmósfera bajo la gota fría, en toda su extensión. La presencia de la gota fría puede suponer aire demasiado frío por encima de aire relativamente cálido. Si el contraste es suficiente, el aire cálido tiende a elevarse espontánea y verticalmente, formando nubes de desarrollo vertical, chubascos y tormentas, es decir, convección. Pero, si no hay otros factores, se trata de una situación de chubascos y tormentas aislados, de corta duración y, en conjunto, no muy importantes. Si la gota fría es simétrica, con flujo constante alrededor de toda ella, se hace estacionaria y no tiene que haber más consecuencias.

Pero si hay asimetría y los vientos son más fuertes en un lado que en otro, alrededor de la gota, entonces el panorama puede complicarse. Hacia la salida del máximo de viento es hacia donde la gota fría tiende a propagarse, hacia donde la vorticidad es advectada o conducida, y, además, tiende a producirse una succión del aire inferior, que adquiere un movimiento ascendente forzado y masivo, al tiempo que la presión tiende a bajar en el nivel bajo, formándose una depresión superficial. Ello produce grandes masas de nubes y lluvias extensas, dentro de las cuales, además, se favorecen los ascensos verticales y espontáneos, la inestabilidad convectiva, formándose zonas de lluvias intensa embebidos en la lluvia extensa. Así, en una gota fría asimétrica, la

zona de peor tiempo se corresponde con el borde de ataque de dicho sistema. Pero el peor tiempo no tiene por qué llegar a ser eso que solemos llamar tiempo adverso. Una gota fría no lleva necesariamente asociado tiempo adverso, fenómenos peligrosos o riesgo meteorológico grave, ni siquiera si es asimétrica. Faltan factores adicionales.

Una gota fría, incluso asimétrica, no basta para formar una situación favorable en niveles bajos. Eso es lo que ocurre con la mayoría de las gotas frías. Por otra parte, el tiempo adverso y peligroso puede formarse aunque no haya gota fría, por ejemplo con vaguada en niveles altos, siempre que el resto de condiciones sean favorables. Cualquier mecanismo que redistribuya adecuadamente las presiones en superficie, muy en particular, una depresión superficial más o menos estacionaria, puede organizar y mantener la corriente de alimentación mediterránea hacia el lugar dónde se está produciendo lluvia intensa.

Gota fría no es sinónimo de desastre meteorológico y no es ni condición necesaria, ni condición suficiente para un desastre meteorológico, pero, en condiciones apropiadas, es un buen mecanismo para desencadenarlo, aunque no el único.

El Mediterráneo, especialmente su cuenca occidental, es una cubeta casi cerrada por un borde montañoso elevado, cuyo fondo ocupa el mar. Al final del verano ese mar ha acumulado gran cantidad de calor, que puede transmitirse al aire, junto con la humedad, de modo que la cubeta mediterránea fácilmente se encuentra llena de aire cálido y húmedo, con gran potencial energético. Todavía es mayor el potencial energético si recientemente ha entrado aire africano, que es aún más cálido que el mediterráneo y que también se humedece fácilmente desde el mar. Si ese aire cálido y húmedo es lanzado bajo aire relativamente frío se produce una inestabilización convectiva muy importante. La inestabilidad es liberada, formándose grandes chubascos y tormentas, allí donde cualquier mecanismo proporcione una elevación inicial. Esa elevación inicial puede proporcionarla el choque con los relieves que cierran la cubeta o con relieves interiores, el choque con otra masa de aire o la succión desde niveles altos.

## **CAPÍTULO II**

### **Antecedentes y Objetivos**

## **II. Antecedentes y Objetivos**

### **B. ANTECEDENTES - INUNDACIONES HISTÓRICAS**

#### **1. INUNDACIONES HISTÓRICAS EN LAS CUENCAS MEDITERRÁNEAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA**

En España la mayoría de las inundaciones se deben a causas climáticas: precipitaciones extraordinarias de alta intensidad.

Las lluvias que originan avenidas pueden ser de tipo frontal: de varios días de duración y de gran extensión superficial, ligadas a frentes atlánticos y de tipo convectivo a media o gran escala, superando raramente las 24 horas, o de tipo convectivo a pequeña escala, de unas horas de duración pero intensidades muy importantes que superan los 100 mm/h.

Las lluvias convectivas, ya sean de escala regional o local son más torrenciales que las frontales originando crecidas mucho más espasmódicas y con menor tiempo de reacción para afrontar el riesgo. En la fachada levantina el otoño es la estación que entraña mayor riesgo, por la concurrencia de varios factores: la inercia geotérmica del mar Mediterráneo, recalentado durante el verano y proclive a la transferencia de calor y agua a la atmósfera, el efecto de “disparo orográfico” que producen los relieves que orlan las costas mediterráneas y el notable aumento del gradiente térmico vertical, consecuencia de columnas de aire muy recalentadas en la base y con una ”gota fría” en la altura. (Camarasa Belmonte, 2002). Esta autora cita cuatro categorías en la escala de superficies de lluvias: la de mayor superficie y menor intensidad se ha denominado *área sinóptica*, las siguientes *áreas de mesoescala* y *pequeñas áreas de mesoescala*, siendo las de menor superficie y mayor intensidad las “células convectivas”

En las células convectivas se alcanzan intensidades muy importantes superiores a los 100 mm/h y son las que provocan crecidas de tipo flash-flood o avenida súbita, concentrando un gran caudal punta en un corto espacio de tiempo.

Barriados Vallve y Javier Martín Vide 1998 exponen datos históricos, extraídos de fuentes documentales, sobre Cataluña: cuencas del Ter, Besós, Llobregat y Francolí, y rieras litorales catalanas así como Ebro, Turia, Júcar y Segura y algunas rieras litorales de la Ciudad de Palma.

En estas zonas el otoño es la época en que preferentemente han tenido lugar las avenidas o inundaciones catastróficas, especialmente en las zonas más al sur, lo que demuestra la influencia del Mediterráneo como factor que propicia la generación de intensas precipitaciones cuando el aire frío encuentra el aire caliente y húmedo situado sobre el mar. Muchas riadas ocurren en verano, con valores similares en todos los puntos de observación. Son el resultado de la convección atmosférica que afecta a áreas geográficas limitadas, pero que puede provocar precipitaciones breves pero muy intensas que tienen como consecuencias riadas catastróficas.

Las frecuencias para las zonas estudiadas por estos autores (Barriandos Vallve y Javier Martin Vide 1998) pueden verse en la siguiente figura:

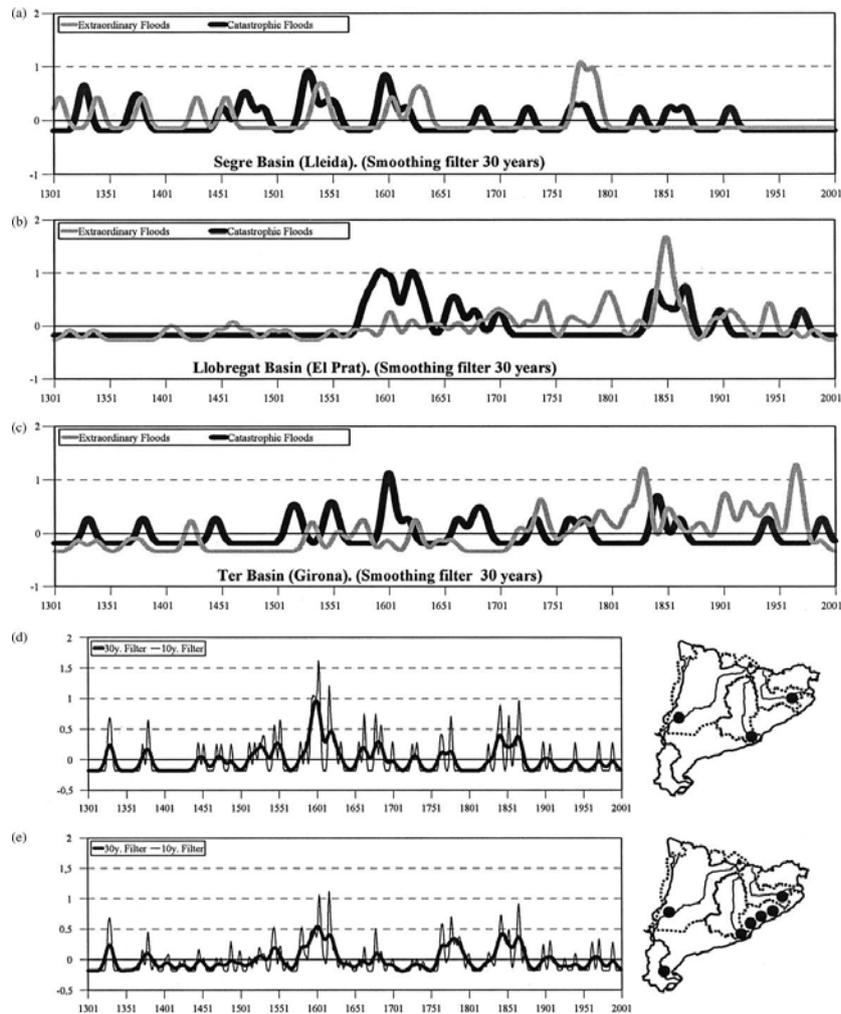


Figura II-1. Evolución de la frecuencia de crecidas extraordinarias y catastróficas de los ríos Segre, Llobregat y Ter (según Llasat et al., 2005).

Un estudio de las frecuencias de cada serie de inundaciones confirma la impresión inicial de que no son homogéneas en el tiempo: Cada serie muestra ritmos e intensidades particulares que son consecuencia de la combinación de los factores geográficos que definen cada punto de observación y cada cuenca hidrográfica. Sin embargo las características que definen el comportamiento de cada serie muestran cierta similitud entre ellas.

A periodos de bajas frecuencias (valores por debajo de 0) son numerosos y muestran una distribución regular a lo largo del periodo de tiempo cubierto por ese estudio. Pueden identificarse tres periodos prolongados a pesar de las interrupciones ocasionales, en las que más del 75% de las series muestran valores menores de 0. Esos periodos son:

*1<sup>er</sup> periodo:* la segunda mitad del siglo XIV.

*2<sup>o</sup> periodo:* los dos primeros tercios del siglo XVI.

*3<sup>er</sup> periodo:* las ultimas dos décadas del siglo XIX y la primera década del siglo XX.

Las anomalías positivas que muestran un gran incremento en frecuencia de las inundaciones catastróficas tienen un número limitado. Son periodos durante los que más del 75% de las series muestran valores mayores de cero independientemente de una manifestación puntual.

Los resultados de su investigación revelan tres oscilaciones o periodos de máximas inundaciones: La “Pequeña Edad del Hielo” en los siglos XVI - XVII y otro periodo en el siglo XIX que sería el comienzo y el fin respectivamente de un episodio climático en la región estudiada, otra oscilación en el siglo XVIII requeriría un estudio más detallado para relacionarla con otros elementos paleoclimáticos.

## **2. INUNDACIONES EN LA COMUNIDAD VALENCIANA**

En la costa levantina española todos los años se producen gotas frías más o menos importantes. Son tanto más fuertes cuanto más cálido haya sido el verano. Su carácter esporádico y puntual hace que muchos de los cauces de las ramblas por donde se descarga el agua se encuentren atorados por suciedad, cuando no construidos y hasta habitados, lo que multiplica el poder catastrófico de las gotas frías.

Posiblemente relacionadas con “gotas frías” son las inundaciones importantes en la región de las que se tiene noticia, gracias al trabajo de historiadores como A. Alberola (2004):

*En el siglo XVIII tuvieron lugar importantes inundaciones en la hoy denominada Comunidad Valenciana, entre las que hay que destacar una gran inundación que tuvo lugar en Valencia el 16 de septiembre de 1731, que anegó prácticamente la ciudad y las tierras de labor destruyendo las cosechas, especialmente de vid. Por esas mismas fechas el río Segura se desbordó y originó una riada de grandes proporciones conocida como de Riada de San Nicomedes que ocasionó numerosas víctimas y acabó con todas las cosechas. Los volúmenes de esta riada fue superado por la de 1733 (denominada Riada de la Virgen de los Reyes) que ocasionó víctimas mortales y grandes daños en las cosechas y los animales de granja.*

*En 1734-35 se iniciaron las obras de encauzamiento aguas arriba de Orihuela, no obstante entre el 20 y el 25 de abril se produjo una gran crecida del río Segura que anegó la ciudad de Orihuela, entrando el agua en casi todos los edificios y en su huerta (a esta riada se la denominó la de San Lino Papa y Mártir).*

*En octubre de 1757 inundaciones en Orihuela originaron fiebres tercianas paludismo, 1778 inundaciones Alcira - Játiva, 1783 inundaciones en Jijona rompen el puente dirección Alicante. Otras inundaciones fueron: 1788 desbordamiento del río Mijares. 1789 rotura de azudes en Mutxamiel y San Juan, cauce del río Montnegre, en 1793 una nueva riada destruye el azud de Mutxamiel.*

La *Riada de Santa Teresa* fue otra importante inundación que tuvo lugar el 15 de octubre de 1879 en la cuenca del río Segura, la que hasta la fecha cuenta con los registros más altos de caudal en las ciudades de Murcia y Orihuela; llegaron a caer 600 mm en una sola hora en la cabecera del Río Guadalentín, arrasando el valle del Guadalentín y toda la Vega Baja del Segura, causando más de 1.000 muertos: 761 en Murcia, 300 en Orihuela, 13 en Lorca, 2 en Librilla y 1 en Cieza.



Entre las mayores y más recientes gotas frías de las que se tiene registro destacan:

- Alicante 2 de octubre de 1957 (1.000 litros por metro cuadrado en un día)
- Valencia 14 de Octubre de 1957, que inunda la ciudad de Valencia y tras la cual se desvía el cauce del río Turia, causó más de 80 muertos habiendo estimaciones de hasta 450 muertos y grandísimas pérdidas materiales.
- Alicante 4 de septiembre de 1961 afectó especialmente al Camping de La Albufereta y Puente del río Seco en Campello.
- Alicante 1962, dos muertos en el barranco de las Ovejas
- Alicante 8 de octubre 1966. Otras menores en 1971, 1973, 1978 y 20 de septiembre de 1979.
- Alcira (Valencia) 1982. Del 19 al 21 de octubre de 1982 se desató un fuerte temporal de lluvia sobre el Levante español. Cayeron más de 400 mm de lluvia en 24 horas en algunos puntos, lo que provocó crecidas y desbordamientos de ríos y torrentes y la rotura de la presa de Tous. Hubo que lamentar la muerte de 38 personas e inmensos daños materiales, que se evaluaron en 50.000 millones de las pesetas de entonces.
- Oliva (Valencia) 1987, donde se llegaron a recoger 817 litros en 24 horas.
- Alicante noche del 19-20 de octubre de 1982; 200,7 litros por metro cuadrado, importante inundación en el barranco de las Ovejas.
- Alicante 1997: 30 de septiembre: 286 litros por metro cuadrado en seis horas, cuatro muertos.
- Marina Alta días 12-13 de octubre de 2007 con 253 litros por metro cuadrado de precipitación en Calpe desbordándose los barrancos de El Quisi y el Pou Roig, así como el río Girona.

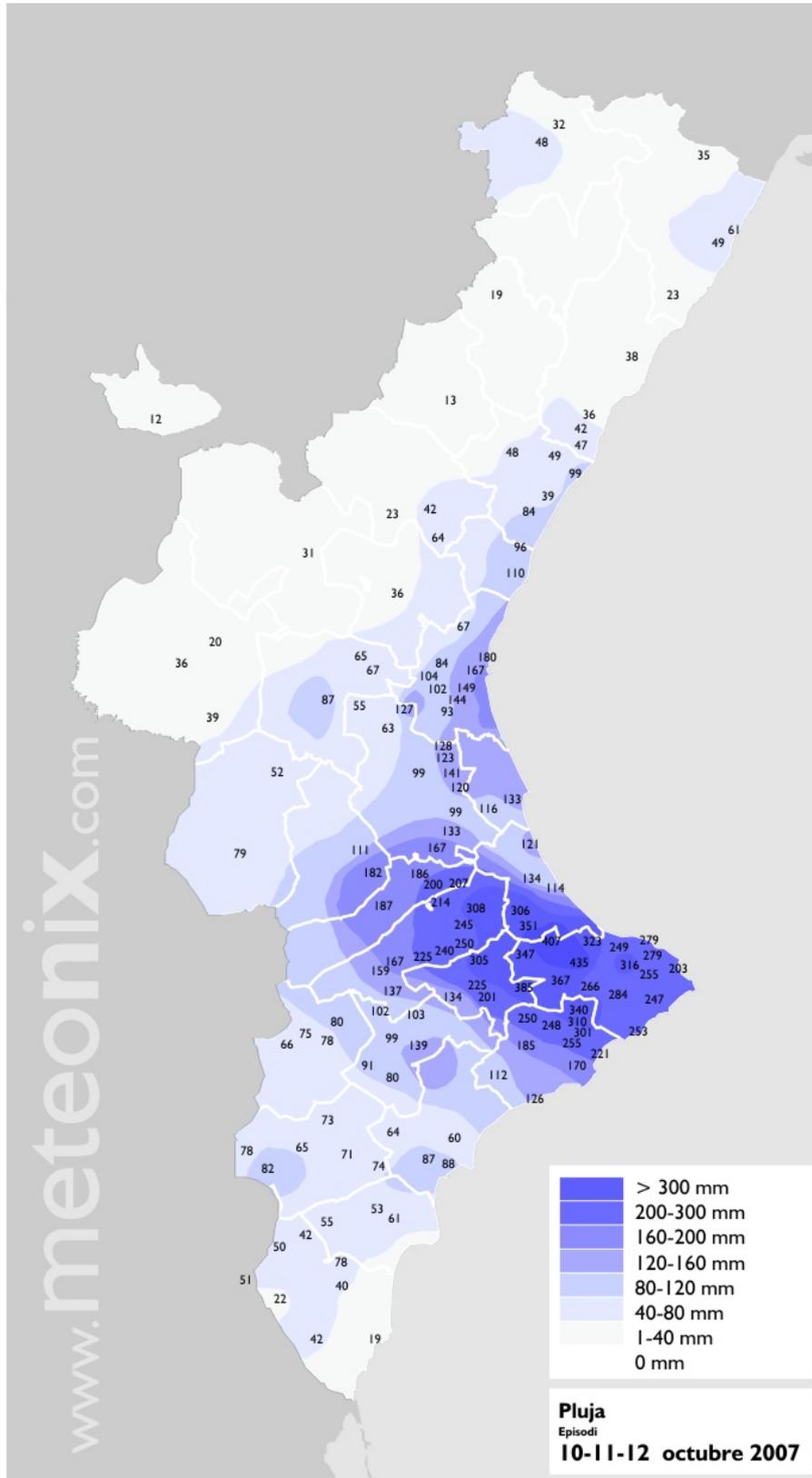


Figura II -3. Mapa de precipitaciones del 10 al 12 de octubre de 2007 de la Comunidad Valenciana.

**EPISODIOS DESTACADOS DE LLUVIA TORRENCIAL CON EFECTOS DE INUNDACIÓN EN LAS TIERRAS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.**

**Tabla nº 4. Episodios destacados de lluvia torrencial en la Comunidad Valenciana.**

Fuente : Olcina Cantos, J.: «Episodios meteorológicos de consecuencias catastróficas en las tierras alicantinas (1900-1990). Tesis doctoral. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante, 1993.

<b>Fecha</b>	<b>Área afectada</b>	<b>Repercusiones</b>
4 y 5 de noviembre de 1864	«Riada del Júcar». La Ribera del Júcar	69.975.745 reales de vellón
19 de octubre de 1879	«Riada de Santa Teresa» en la cuenca del Segura	777 víctimas y 24.000 Ha. de cultivo afectadas en la cuenca del Segura (7.922 Ha en la Vega Baja alicantina).
21-24 de abril de 1946	«Riada del Viernes Santo» en la cuenca de Segura.	23.600 Ha inundadas en la Vega Baja alicantina
2 y 3 de octubre de 1957	Inundaciones en la Marina Alta	45.000.000 pts.
14 y 15 de octubre de 1957	Avenida del Turia en Valencia	4.000.000.000 pts.
19-21 octubre de 1973	Inundaciones en la cuenca del Segura (Vega Baja alicantina)	1.000.000.000 pts.
19-21 octubre de 1982	Inundaciones en la Comunidad Valenciana «Pantanada» del Júcar por rotura de la presa de Tous en La Ribera Inundaciones en el Campo de Alicante	7.000.000.000 pts. daños agrícolas 76.000.000.000 pts. pérdidas totales evaluadas
21-22 agosto de 1983	Valle del riu Xaló (Alicante)	15.000.000 pts. daños agrícolas

14-15 noviembre de 1985	Marina Alta (Alicante)	2.000.000.000 pts
27 sept-7 octub. de 1986	Valles de Alcoy, Marina Alta y Marina Baja (Alicante)	3.000.000.000 pts.
3-5 de noviembre de 1987	La Safor (Valencia), Marina Alta y Bajo Segura (Alicante)	39.000.000.000 pts. pérdidas agrícolas 150.000.000.000 pts. daños globales
4-5 septiembre de 1989	Marina Alta (Alicante) y La Safor (Valencia)	40.000.000.000 pts. daños agrícolas
9 -15 junio de 1992	Marina Baja y Alta y Valles de Alcoy (Alicante)	545.000.000 pts. daños en cereza, y níspero (temporal de lluvia y viento)

## 50 años de un diluvio

«Ahora el nublado se rebulta, se raja y camina cayéndose»  
Gabriel Miró, «Años y Leguas»



JORGE OLCINA CANTOS

Hace ahora 50 años el cielo alicantino se abrió en la Marina Alta como nunca antes lo había hecho –al menos que tengamos noticia– y como no lo ha hecho desde entonces. Casi 1.000 litros por metro cuadrado en un solo día; el 2 de octubre de 1957. Un registro récord en España y en Europa. El dato quedó, sin embargo, oculto bajo las aguas de un Turia que se salía de madre doce días después, causando desolación y muerte en la capital valenciana.

Las crónicas de este diluvio del 2 de octubre nos hablan de una Dénia anegada y de un barrio de Les Duanes, en Xàbia, destrozado. En el barrio dienesense de El Saladar el agua alcanzó un metro de altura y se repartían los víveres con pequeñas barcas. Campos de cultivos bajo el agua, in-

fraestructuras de comunicación interrumpidas, y, en general, de un litoral norte alicantino atónito con esta monzónica tromba. Se habilitaron ayudas especiales, dentro de la debilidad económica del momento; la Junta Provincial de Reparto distribuyó carné de compras entre los afectados para regular los repartos de alimentos y el Gobierno Civil abrió una suscripción provincial «pro-zona norte».

Desde entonces, sólo un episodio ha tenido una magnitud parecida. El ocurrido el 4 de noviembre de 1987, cuando la cercana localidad de Oliva acumuló 817 litros por metro cuadrado en 24 horas, confirmando que este

sector del litoral mediterráneo español es el más expuesto a trombas casi-tropicales de toda España. Los efectos de este nuevo chaparrón fueron también notables. Lo chocante es que el relato de daños y zonas afectadas volvía a ser un calco de lo sucedido treinta años antes. Y no se había hecho nada para remediar el problema.

Hace diez días hemos padecido un nuevo episodio de lluvias intensas en la provincia. Nada que ver con aquel diluvio. Una lluvia muy intensa, pero de moderada cuantía, ha provocado el caos en muchas zonas de Alicante, sobre todo en la capital, y estuvo a punto de causar alguna víctima. A las pocas horas, los políticos prometen soluciones, como suele ocurrir en estos casos. Se invierten importantes sumas de dinero para ofrecernos seguridad. Y sin duda todo este montaje es necesario cuando se han hecho, a priori, las cosas

mal.

Ahora habrá que solucionar el problema de los residentes en el campo de golf de Alicante cuanto antes. Y de la mejor manera posible. Es una obligación de nues-

Hace 50 años el cielo se abrió en la Marina Alta y nos dejó un diluvio impresionante.

Desde entonces, con mucha menos agua, tenemos problemas de inundaciones de forma recurrente...

tros políticos, si se dicen defensores de nuestra Constitución y de su artículo 15. Porque a veces se olvida que cuando se programan actuaciones urbanísticas en territorios de riesgo, como el nuestro, se debería ser especialmente escrupuloso a la hora de acompañar estos proyectos con estudios detallados del medio físico. Porque se pueden ver afectadas vidas humanas. Pero esto no parece preocupar mucho. Lo realmente importante es saber cuántas viviendas se van a poder meter en una parcela para ingresar más dinero por las licencias de obra. Si luego viene la inundación y las anega, ya vendrá el seguro para pagar los daños. Y si muere alguna persona, se proclama lo mala que es la Naturaleza con nosotros que de vez en cuando nos maltrata...

El diluvio de 1957 en la Marina Alta nos debe hacer reflexionar sobre la enorme violencia que

(Sigue en la página 26) →

Figura II -4a. Artículo del Diario Información referente a las inundaciones producidas en la Marina Alta el 2 de octubre de 1957.

## 50 años de un diluvio

→ (Viene de la página 25)

pueden alcanzar las tormentas en nuestras tierras y la urgente necesidad de acomodar las actuaciones sobre el territorio a estas cantidades de agua. Nuestros colectores de agua pluvial –allí donde existen–, ¿están capacitados para absorber cantidades de lluvia de más de 300 litros por metro cuadrado en pocas horas? El plan antiirriadas de Alicante ha funcionado bien; es un plan excelente, pero ¿cuántas localidades de la provincia disponen de colectores de estas características para poder hacer frente a estas trombas de agua?

Llevamos años reclamando la necesidad de que los municipios de riesgo –casi todos en nuestra región– se doten de personal capacitado para informar sobre el medio físico en los procesos de planificación urbana y territorial. Vemos cómo nuestras administraciones pagan elevados sueldos a asesores de lo divino y lo humano, que sin duda serán necesarios para el funcionamiento de nuestras entidades, pero ¿por qué no se asesoran nuestros ayuntamientos con profesionales entendidos sobre la oportunidad

o no de llevar a cabo una actuación urbanística, cuando ello pueda poner en peligro la vida de una sola persona?

En los últimos cincuenta años –desde aquel diluvio– el riesgo ante inundaciones se ha multiplicado enormemente en nuestras tierras. El crecimiento urbano casi sin control trae estas consecuencias. Y no se trata de limitar el desarrollo, sino de hacerlo racionalmente. Con un simple mapa de riesgo antes de tomar las decisiones territoriales, se pueden ahorrar muchos daños y vidas humanas. En la Comunidad Valenciana disponemos de esta cartografía desde hace años, pero ¿se está respetando? Por cierto, el último episodio ha demostrado que hay que actualizar estos mapas oficiales de



El barrio del Saladar de Dénia, en la riada de 1957

riesgo de inundación, porque, por ejemplo, el sector del Hoyo 1 no aparece como área potencialmente inundable. Afortunadamente la nueva Ley del Suelo obliga desde el pasado mes de junio a incluir este tipo de mapas en las futuras actuaciones urbanísticas. Y desde Europa una directiva sobre gestión de zonas inundables ha entendido que la ordenación del territorio es la he-

rramienta más eficaz para evitar catástrofes en el futuro.

En nuestro territorio el problema de las inundaciones no es ya una cuestión de predicción meteorológica –que ha mejorado enormemente–, ni de avisos a la población –tenemos una de las mejores protecciones civiles de Europa–, es la falta de consideración del riesgo en la planificación territorial. Y esto debe acabarse.

Un reciente estudio del Observatorio Europeo de Ordenación del Territorio sitúa nuestra provincia como una de las de más alto grado de riesgo frente a fenómenos naturales extraordinarios de España y de Europa. El Consorcio de Compensación de Seguros ha calculado ya los millones de euros que vamos a perder a causa de las inundaciones: más de 800 millones de euros en los próximos veinticinco años. Y ello siempre que se mantenga el actual estado de ocupación del territorio, aspecto más que improbable.

Hace 50 años el cielo se abrió en la Marina Alta y nos dejó un diluvio impresionante. Desde entonces, con mucha menos agua, tenemos problemas de inundaciones de forma recurrente... No me atrevo a decir lo que ocurriría en muchas áreas litorales de nuestra provincia si cayesen de nuevo aquellos 871 litros en un solo día. Mejor que no vuelva a ocurrir. □

Jorge Olcina Cantos es catedrático de Geografía Regional en la Universidad de Alicante y experto en clima.

*Figura II -4b. Artículo del Diario Información referente a las inundaciones producidas en la Marina Alta el 2 de octubre de 1957.*

Respecto a las inundaciones del 30 de septiembre de 1997, que tuvieron efectos catastróficos sobre la ciudad de Alicante el diario EL MUNDO, publica lo siguiente el día 1 de octubre de 1997:

**“Las consecuencias de la «gota fría»”:**

*La gota fría es una de las causantes de la tragedia de ayer en Alicante, según el Instituto Nacional de Meteorología. La jefa de turno del Centro de Predicción, Ana Casals, explicó ayer que se trata del fenómeno que sucede cuando una borrasca se ve potenciada por condiciones como los vientos húmedos del Mediterráneo y las corrientes del Mare Nostrum.*

*El fenómeno consiste en formaciones nubosas con alturas que alcanzan las capas más altas de la atmósfera, entre 11 y 12 kilómetros, y que son muy inestables por estar cargadas con muchísima energía eléctrica, informa Europa Press.*

*Así, la parte delantera de la borrasca, que es la que provoca las mayores precipitaciones, confluyó ayer con los vientos húmedos de Levante dando lugar a las precipitaciones torrenciales.*

*Una situación que persistirá durante las próximas horas en toda la Comunidad Valenciana, salvo Castellón y norte de Valencia, provocando precipitaciones fuertes a muy fuertes de carácter tormentoso que podrían superar el umbral de los 30 litros por metro cuadrado y hora.*

*Por ello, Casals recomendó «mantener una atención especial» a la evolución meteorológica.*

*La propia experta española aseguró que la borrasca que provocó las precipitaciones de ayer en Alicante se desplazará en las próximas horas hacia el oeste-suroeste y comenzará a debilitarse hasta que comience a remitir a partir del mediodía de mañana.*

*El Centro de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología comunicó a Protección Civil el lunes la previsión de precipitaciones fuertes a muy fuertes de carácter tormentoso, más copiosas en el litoral de la Comunidad Valenciana.*

*Pero esta gota fría podría no ser la única causante del fenómeno meteorológico de ayer, informa Alfredo Merino.*

*Aunque ningún científico se ha aventurado a certificar con seguridad cuáles son las causas de los actuales cambios que registra el clima, cada vez son más los que los achacan a El Niño.*

*Este fenómeno es una anomalía oceánica y atmosférica que aparece en el Pacífico tropical y se caracteriza por un aumento de las temperaturas del océano, debido a la acción de las corrientes de los vientos y de las aguas marinas.*

*Las consecuencias inmediatas se dejan sentir en todo el continente americano, de Chile a California, pero también se ha detectado su influencia en Australia, sudeste asiático, África austral e incluso en España.*

*Por otra parte conviene recordar que el informe El cambio climático y la salud de la Organización Mundial de la Salud, publicado el pasado mes de julio, advertía de que junto con los cambios de temperatura y aparición de fenómenos atmosféricos extremos, la variación de las precipitaciones es uno de los principales componentes más notables del cambio climático.*

*Organismos internacionales de la entidad de la Organización Mundial de la Salud o el Programa de la ONU para el Medio Ambiente ya han advertido de esas consecuencias.*

### **3. GRANDES EPISODIOS DE INUNDACIÓN EN LA MARINA ALTA**

Por su posición geográfica respecto de la costa y la presencia de relieves montañosos próximos al mar, en la comarca de la Marina Alta se han producido frecuentes episodios de lluvias torrenciales, entre los que hay que citar el máximo de precipitaciones en 24 horas (en realidad fue en seis o nueve horas) registrado en España, que corresponde al observatorio de Jávea el 2 de octubre de 1957, donde se registraron 871 mm. En noviembre de 1987 se recogieron 409 mm en un día en el Cabo de San Antonio y 377 mm en Denia.

Los abundantes episodios de lluvia torrencial registrados en la Comarca de la Marina Alta han sido recopilados por Zamora Pastor (2004) (ver cuadros adjuntos). El término municipal de Denia es el que se ha visto más afectado por las inundaciones consecuencia de dichas lluvias torrenciales y los de Jávea y Benissa también se han visto notablemente afectados, ya que según dicha autora, las numerosas obras de defensa contra inundaciones realizadas en el marco de los planes generales de ordenación urbana, aunque han disminuido los efectos de las lluvias torrenciales, en la mayoría de los casos han resultado insuficientes para lluvias extraordinarias.

A causa de las inundaciones provocadas por el episodio de lluvias torrenciales de 1957 en Denia pereció una persona y tuvieron lugar unas pérdidas económicas calculadas en más de 20 millones de pesetas, con cuantiosas pérdidas agrícolas. La zona más afectada fue la de El Saladar, donde las aguas alcanzaron más de dos metros en algunos puntos.

**Tabla nº 5. Episodios de lluvias torrenciales en la Marina Alta durante el periodo 1950-1969**

<b>Fecha</b>	<b>Municipios Afectados</b>	<b>Precipitación (l/m<sup>2</sup>)</b>
3,4,5/15,16 octubre 1957	Jávea Denia	871 343 (3 octubre)/326,2(14 - 15 oct)
30 septiembre 1958	Denia	----- no disponible --
15 octubre 1960	Denia	45
8 diciembre 1965	Denia Benissa	52 63
15 septiembre 1966	Denia	10
11 febrero 1967	Denia	67
30 enero 1968	Denia	63

El temporal de lluvias de octubre de 1971 causó numerosos daños en muchos municipios de la Marina Alta: la playa de Moraira se vio completamente anegada por el desbordamiento del Barranco Rojo y en Denia se inundó El Saladar.

El episodio de lluvias de octubre de 1985 causó numerosos daños en carreteras de la región que quedaron cortadas al tráfico, perdiendo la vida seis personas por el arrastre de sus vehículos. En Jávea se desbordaron el río Gorgos y sus afluentes, inundando el casco antiguo y la zona costera de El Arenal, donde al agua alcanzó más de medio metro de altura. Los daños económicos más importantes se produjeron en las viviendas próximas a las torrenteras que descienden por las laderas del Mongó.

En el episodio de lluvias de septiembre de 1986, las mayores precipitaciones tuvieron lugar en Denia la madrugada del día 29, inundando los campos y varias calles del centro urbano. Estas precipitaciones también causaron daños en Benissa, especialmente en las vías de comunicación.

Las lluvias que tuvieron lugar a principios de octubre de 1987 afectaron a unas 400 Hectáreas de cultivo de cítricos, causando unos daños calculados en 57 millones de pesetas, también causaron daños a muchas vías de comunicación. Las lluvias del mes de noviembre de los años 1987 y 1988 y de septiembre de 1989 causaron daños en la

agricultura y las comunicaciones y como consecuencia de estas últimas el Ayuntamiento de Denia sufrió graves desperfectos, especialmente en el Salón de Plenos.

**Tabla nº 6. Episodios de lluvias torrenciales en la Marina Alta durante el periodo 1970-1989.**

<b>Fecha</b>	<b>Municipios Afectados</b>	<b>Precipitación (l/m<sup>2</sup>)</b>
5 a 8 octubre 1971	Benissa Denia	297 279
19 octubre 1972	Benissa Denia	41 42
18 octubre 1973	Benissa	20
19 y 20 octubre 1982	Benissa Denia	53 36,7
30 octubre 1982	Benissa	32
23 octubre 1983	Denia	53
26,27 y 28 octubre 1985	Denia	167
15 noviembre 1985	Denia Benissa	155,5 81
29 y 30 septiembre 1 octubre 1986	Denia Benissa	318,5 176
4 y 5 octubre 1987	Denia	90
3 y 4 noviembre 1987	Denia Benissa Jávea	382 120 280
1 y 2 octubre 1988	Benissa	110
11 y 12 noviembre 1988	Jávea	102
5,6 y 7 septiembre 1989	Denia Benissa	314,15 88

Los episodios de lluvias torrenciales de la década de los 90 del siglo XX provocaron cortes en el suministro eléctrico y daños en las comunicaciones, principalmente debidos a los corrimientos de tierra que originaron y las lluvias torrenciales que tuvieron lugar en el verano inundaron zonas de acampada que fue preciso desalojar. La inundación de septiembre de 1996 fue la peor inundación registrada en Denia desde la de 1957, además de las zonas de acampada hubo que evacuar varios chalets y se produjeron notables desperfectos en el casco urbano.

El temporal de abril del 2002 afectó a toda la Marina Alta, provocando cortes en muchas carreteras. Los daños más cuantiosos se produjeron en Denia y Jávea, en esta última los daños ocurridos se valoraron en 360.600 euros y también hubo dos víctimas mortales.

El 6 y 7 de mayo de 2002, tubo lugar otro episodio de lluvias intensas que afectó entre otras ciudades a Calpe, anegando la Avenida de los Ejércitos Españoles y en la Avenida de la Marina sólo se pudo circular por un carril.

**Tabla nº 7. Episodios de lluvias torrenciales en la Marina Alta durante el periodo 1990-2004**

<b>Fecha</b>	<b>Municipios Afectados</b>	<b>Precipitación (l/m<sup>2</sup>)</b>
23 marzo 1971	Denia	78
6 septiembre 1991	Denia	20
4 octubre 1991	Denia	78
22 a 25 octubre 1991	Denia	116
2 a 4 mayo 1992	Denia Benissa	142 252,8
25 y 26 octubre 1993	Denia Benissa	136 101,2
4 septiembre 1994	Jávea	55
21,22 y 23 septiembre 1994	Denia Benissa	76 50,4
20 agosto 1995	Denia Jávea	37,5 ?
11 al 13 octubre 1995	Denia	140
7 al 9 diciembre 1995	Denia Benissa Jávea	158 148,1 44,5
28, 19 y 30 agosto 1996	Denia Jávea Benissa	170 70 98,5
9,10 y 11 septiembre 1996	Denia	447
8 y 9 abril 1997	Denia	91
29 septiembre 1997	Denia Jávea	30 163
4 y 5 diciembre 1997	Denia Benissa	69 160,9
2 diciembre 1998	Benissa	76,1
2 y 3 abril 2002	Jávea Benissa Calpe	350 67,21 23,4

En la Marina Alta los días 12 al 13 de octubre de 2007 se recogieron 253 litros por metro cuadrado de precipitación en Calpe, según el Instituto Nacional de Meteorología, donde se desbordaron los barrancos de El Quisi y el Pou Roig, su unión y desembocadura en el mar, afectando especialmente a la zona de las salinas de El Saladar. Se habló de 400 mm de precipitación en el interior. El río Girona se desbordó en El Verger, donde causó una víctima, en Denia y en Beniarbeig, donde arrastró un puente hacia las 15,30 horas. Se calcularon unos destrozos en carreteras y caminos rurales de la comarca del orden de cuatro millones de euros.

Estudio de la capacidad de desagüe de los barrancos del Pou Roig y de Quisi en el casco urbano de Calp (Alicante).

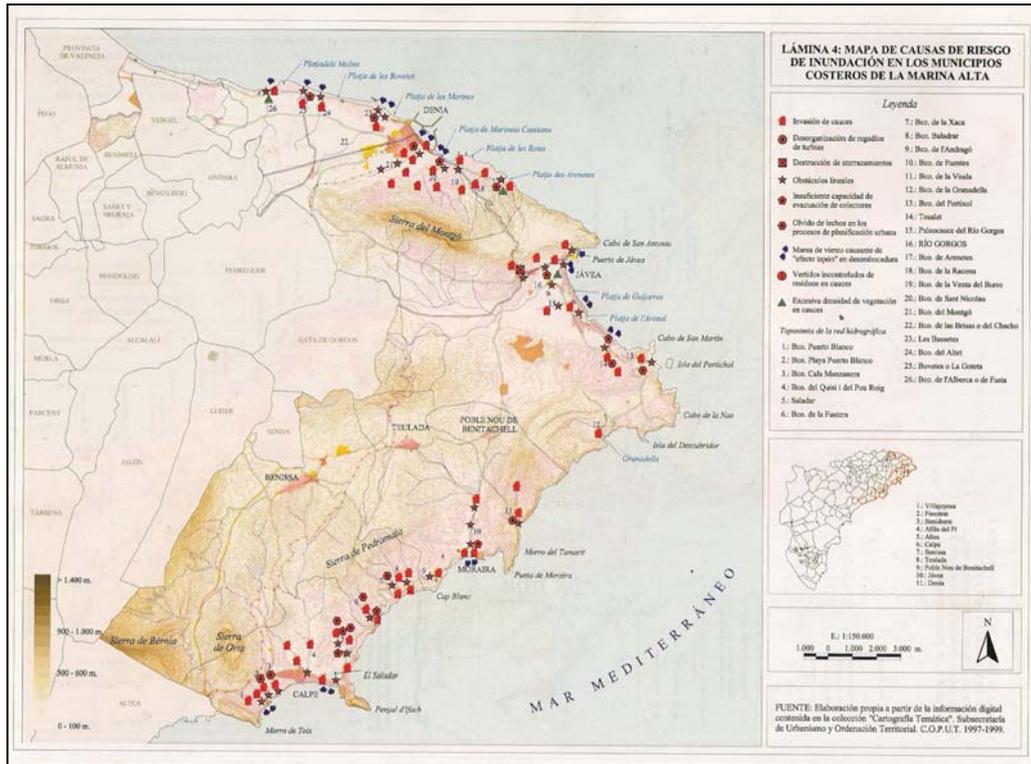


Figura II-5. Mapa de causas de inundación en los municipios costeros de la Marina Alta. Libro "Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas" Gil Olcina, A., Olcina Cantos, J y Rico Amorós, A.M. Eds. 2004.

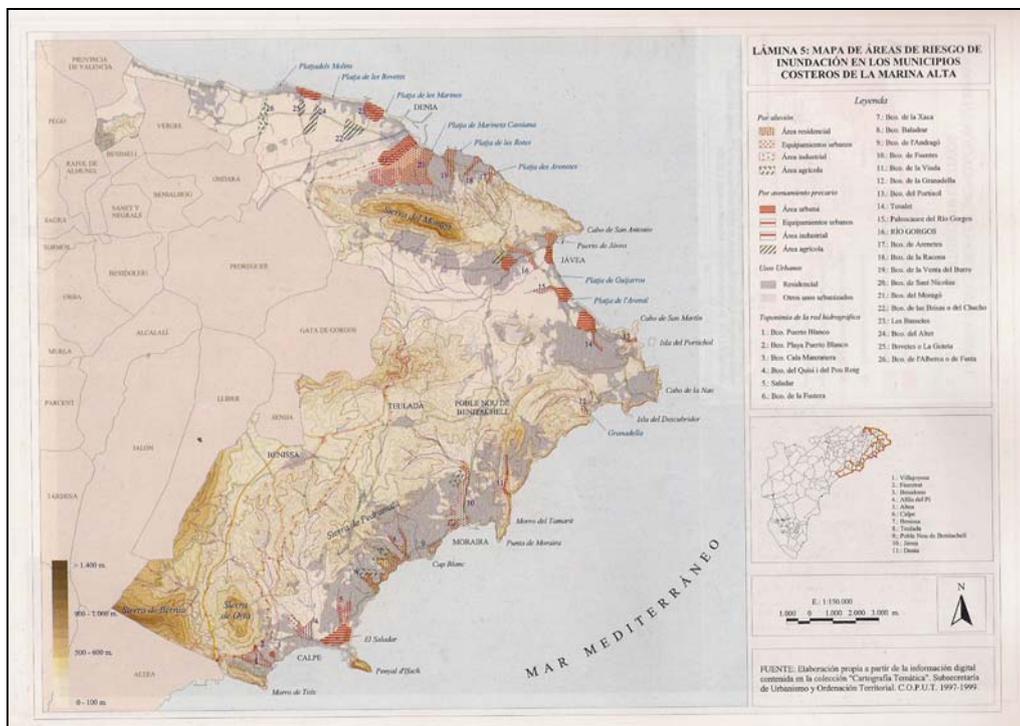


Figura II-6. Mapa de áreas de riesgo de inundación en los municipios costeros de la Marina Alta. Libro "Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas" Gil Olcina, A., Olcina Cantos, J y Rico Amorós, A.M. Eds. 2004.

#### **4. INUNDACIONES HISTÓRICAS EN LA CIUDAD DE CALP**

Sin duda alguna la inundación más significativa de la ciudad de Calp fue la sucedida entre los días 11 y 12 de octubre de 2007. Previamente a ésta no había acontecido ningún evento de magnitud similar y con tales consecuencias, motivo por el cual se decidió la realización de este estudio.

##### **Riada de Calpe 11-12 de octubre de 2007:**

Desde las cuatro de la madrugada hasta la tarde del viernes la lluvia calló sin cesar anegando barrancos y urbanizaciones, así como locales comerciales

Se recogieron 253 litros por metro cuadrado en Calpe, según el Instituto Nacional de Meteorología, y se habló de 407 mm de precipitación en el interior.

En Calpe se desbordaron los barrancos de El Quisi y el Pou Roig, su unión y desembocadura en el mar afectando especialmente a la zona de las salinas de El Saladar, provocando que tres km<sup>2</sup> de todo el término municipal quedaran sepultados por el lodo, las cañas y el agua que vino arrastrándolo desde el interior de la comarca.

Las inundaciones de Calpe hicieron grandes daños en el parque móvil, cuantificándose 1.200 reclamaciones por daños en vehículos y 1 200 casas de 800 vecinos dañadas por la acumulación hídrica en la zona de Las Salinas. Pasados varios días desde de las lluvias, la acumulación de agua persistía en zonas como la Avenida de los Ejércitos Españoles, lo que impidió reubicar en su residencia a los 43 ancianos desalojados así como tasar todos los daños.

El cierre de la conexión de las salinas con el mar (motivado en gran parte por la urbanización de la zona) dificultó el desagüe haciendo que las aguas se acumularan y permanecieran más tiempo aumentando el daño. Así todo el viernes estuvo Calpe anegada con 8.000 personas aisladas en sus viviendas. La Generalitat envió el domingo motobombas para empezar con las tareas de achique de agua en las inmediaciones de Las Salinas.

Durante el día 12 de octubre fue cuando se vivieron las horas más críticas pues el agua se acumulaba en las calles de la parte baja de la población. Por ello, ese día, las autoridades locales decidieron romper con palas varios tramos del paseo marítimo ya que el cemento hacía de dique impidiendo que el agua llegase al mar. Todo el viernes estuvo Calpe anegada, con 8.000 personas aisladas en sus viviendas. La fotografía de estos días fue la de bajos comerciales anegados, coches amontonados por las calles y unas playas que habían sido engullidas por el agua del mar.

Según los periódicos La Verdad y Las Provincias del día 13 de Octubre: *“La mitad del municipio situado en la zona de Las Salinas quedó anegado tras desbordarse dos barrancos. El alcalde ordenó derribar parte del paseo marítimo para que la riada desembocara al mar”* Continúan describiendo la inundación en los siguientes términos:

*La gota fría pasó ayer por la ciudad del peñón dejando un sin fin de daños materiales y destrozando parte de este municipio de la comarca de la Marina Alta.*

*Las imágenes recordaban a la riada de la década de los cincuenta que asoló parte de este municipio y su puerto pesquero. Desde las cuatro de la madrugada hasta la tarde del viernes, la lluvia no cesó de caer, anegando barrancos y urbanizaciones, además de locales comerciales.*

*La zona cero de esta tragedia se situó en las inmediaciones del Plan Parcial número 4. Un área ubicada en las inmediaciones de Las Salinas, en donde se prevé la construcción de más de dos mil viviendas en bloque y que impulsó durante años el gobierno local del PP, que lideraba el ex alcalde Javier Morató.*

*En concreto, según confirmaron fuentes municipales, las lluvias provocaron que el barranco que baja del interior de la comarca y que desemboca en Calpe se desbordara, cediendo los muros que le rodean.*

*Así pues, las inmediaciones del PP4, como son las calles la Niña, Santa María, la Pinta o Doctor Fleming, quedaron anegadas, llegando el agua a sobrepasar el metro de altura en las horas más críticas.*

*La avenida de los Ejércitos Españoles y Jaume I tampoco se libraron de la tromba de agua. De hecho, en esta parte de la localidad que es la que más cerca se encuentra del mar, la estampa que deja la gota fría es la de semáforos doblados, palmeras en el suelo y coches flotando por el agua, justo en el cauce del barranco.*

## ***Daños***

*Igualmente, las naves industriales que rodean este núcleo urbano fueron víctimas de la catástrofe. Y es que, un concesionario de vehículos que se sitúa en la avenida Juan Carlos I quedó totalmente inundado por el agua.*

*Algunos edificios públicos que se sitúan en el plan parcial número 4, como es el caso de la guardería pública Silene d'Ifach, también sufrieron cuantiosos daños.*

*Estas instalaciones se encuentran anegadas debido a que el anterior ejecutivo del PP levantó este edificio prefabricado sobre el cauce del barranco y sin «disponer del obligado estudio geotécnico del terreno», según el PSPV. Ahora, el nuevo Gobierno en coalición del PSPV, BNV-Els Verds y PSD tendrá que hacer frente a estos desperfectos dado que la guardería ha sido despedazada.*

*Otra zona cero de la tragedia, se ubicó en la urbanización de Marivilla. Allí, las numerosas piscinas de los chalets quedaron sostenidas en el aire después de que la fuerza de la lluvia torrencial destrozara los muros que las sostenían.*

*Además, según comentaron vecinos de la zona, en el puerto deportivo de Puerto*

*Blanco, algunas de las embarcaciones que allí se encuentran se dieron la vuelta debido a la fuerza del mar.*

*El área de la Casanova y el Rafol también se vieron afectadas. Es más, en este punto de la ciudad las autoridades impidieron durante toda la mañana de ayer y parte de la tarde que los vecinos salieran de sus casas debido al riesgo de derrumbe de los márgenes o farolas.*

### ***Camping desalojado***

*El camping de la partida de la Merced o Fandix también fue arrasado. Los dos accesos a Calpe, como son el de la Generalitat Valenciana y el de la zona Sur, quedaron cerrados a los peatones y al tráfico rodado debido a que el agua llegó a superar, sobretodo en el segundo, el metro y medio de altura.*

*Ante esta situación, el Ayuntamiento de Calpe pidió ayuda a los parques comarcales de bomberos de la provincia de Alicante, además de a los efectivos de emergencia del 112 de la Generalitat, con el fin de proceder a rescates y evacuaciones en todo el término municipal.*

*El alcalde también se vio obligado a ordenar el derribo de parte del paseo marítimo, con el fin de que el agua pudiera desembocar en el mar «lo más rápido posible» y que permitiese bajar el nivel del casco urbano.*

*Así pues, los operarios destrozaron parte del litoral calpino pues estos muros hacían de dique, según reiteraron desde el equipo de Gobierno, impidiendo que el agua que bajaba de los barrancos pudiese acceder al mar.*

*Otro de los puntos a destacar, es que se habilitó el pabellón de deportes el municipio, para que pudiesen pasar la noche allí, unas cuarenta personas que fueron desalojadas de diversas casas. La subdelegada del Gobierno, Encarna Llinares, visitó ayer la villa del peñón, para comprobar los daños.*

Los efectos del temporal



Tras las inundaciones, la zona edificada de la playa de Calp hace de barrera e impide que el agua acumulada en el Saladar alcance el mar (al fondo). / ROSA FUSTER

**E. MOLTÓ / S. NAVARRO.** Alicante La inundación que el viernes afectó a la comarca alicantina de La Marina Alta debido al desbordamiento de ríos y barrancos ha puesto al descubierto los efectos del urbanismo salvaje. Expertos universitarios e ingenieros cuestionan la planificación del territorio en la Comunidad Valenciana, permisiva con la construcción de edificaciones en zonas inundables, en los márgenes de cauces y en paisajes expuestos a ser arrasados cuando se producen crecidas excepcionales debidas a lluvias torrenciales.

Esta realidad la experimentaron en carne propia los vecinos de las calles paralelas al cauce del río Girona a su paso por El Verger y

### Un catedrático subraya que no se han realizado las infraestructuras complementarias

El Pobleto. El desbordamiento del Girona arrasó un millar de casas en ambos pueblos. La riada también anegó las urbanizaciones levantadas en la desembocadura del Girona y en la playa de Dénia. Mientras, en Calp, el desbordamiento de los dos barrancos que atraviesan el municipio acabó por inundar la parte baja del pueblo. Aquí, el muro del paseo marítimo actuó como barrera e alimentó el nivel de la riada.

► **"Intensa ocupación del territorio".** El catedrático de Geografía de la Universidad de Alicante Jorge Olcina apunta a la masiva edificación del territorio como causa del desastre. El profesor, además, subraya que esa edificación descontrolada no ha ido acompañada de las medidas estructurales que recoge el Plan de Acción Territorial de Comunidad Valenciana (Patrioiva). "El Patrioiva no sólo es la cartografía de riesgo, sino que incluye una lista de obras estructurales que hasta el momento no se han realizado, tampoco en el ámbito de La Marina Alta", explica el catedrático.

## La riada de Alicante pone en evidencia el urbanismo salvaje

Expertos cuestionan la planificación del territorio, permisiva con la edificación en zonas inundables junto a ríos y barrancos

Olcina vincula directamente lo ocurrido estos días con el urbanismo desahogado que se ha venido ejecutando en la comarca. "El problema es la falta de respeto al medio físico", asegura. Por eso advierte que "tarde o temprano la gente exigirá responsabilidades jurídicas a los mandatarios, en los Ayuntamientos o en las comunidades autónomas, que han permitido que se construya en zonas inundables".

► **"Los puentes modifican el flujo hidráulico".** José Miguel Saval, ingeniero Civil, de Obra Pública y de

Caminos Canales y Puertos, aborda otra cuestión en la base de la polémica entre los dueños de las casas asediadas por el alud de barro, lodo y cañas y la Administración. Los afectados, especialmente los vecinos de El Verger y Els Poblets, sostienen que el taponamiento de los puentes por el cañizo que arrastró el caudal acentuó el nivel de la crecida del río. En un tramo de 1,5 kilómetros cinco puentes salvaron el río, dos de ellos son centenarios y los tres restantes fueron levantados en los sesenta. Saval explica que los proyectos de construc-

ción de puentes deben disponer de un documento "fundamental" que detalle los efectos hidráulicos de la cuenca con un estudio que contemple en los últimos 500 años las avenidas máximas y mínimas. "El problema es que cuando se construyeron esos puentes esos datos eran casi imposibles de calcular", señala el ingeniero. Afirma que la concentración de puentes a lo largo del cauce, como en el caso de El Verger y Els Poblets, "modifica el flujo hidráulico". Saval señala que es conveniente calcular la distancia entre puentes para mitigar el efecto de una riada.

► **"La urbanización no ha respetado los ríos".** El comisario de Aguas de la Confederación del Júcar, Manuel Alcalde, admite que los procesos de urbanización "han sido poco respetuosos con los ríos". Alcalde recuerda que no se trata sólo de construir cerca de las cuencas, sino que cuando se autorizan macrourbanizaciones, la tierra se convierte en cemento y asfalto, lo que "modifica hidrológicamente el terreno" y, cuando se registran fuertes precipitaciones, en vez de absorber el agua la escupe a los barrancos. El cargo de la Confederación del Júcar rechaza las críticas de los vecinos sobre el efecto multiplicador de las cañas en la riada: "Sin cañas hubiera sido un auténtico desastre, porque el cañizo minimiza el efecto de la riada al frenar la velocidad del caudal".

► **"La responsabilidad es de la Administración y los compradores".** Por su parte, el profesor de Climatología de la Universidad de Alicante Enrique Moltó asegura que todo el territorio del norte de Alicante es una zona "intensamente urbanizada". "Los responsables son los políticos que autorizaron la construcción y los compradores a partir de los sesenta. Entonces todo valía, pero también hoy se sigue construyendo en zonas de riesgo de inundación". Moltó subraya que las lluvias del viernes, con más de 400 litros por metro cuadrado, son un episodio "extraordinario" pero "no insólito" en estas comarcas, donde en más de 800 ocasiones en los últimos 30 años se han superado los cien litros en 24 horas.

## Barrancos edificados

El informe *Aguaceiros e inundaciones en áreas urbanas alicantinas*, coordinado por el catedrático Jorge Olcina y publicado en 2004, es contundente respecto a la localización de Calp ante avenidas por lluvias torrenciales al identificar tres sectores de "alto riesgo".

El primer sector se extiende hacia el norte del Morro de Toix y ocupa las zonas de desagüe de tres barrancos comprendidos entre Puerto Blanco y Cala Manzanera, que "soportan una elevada

densidad de ocupación de sus llanos de inundación por urbanizaciones". Junto a uno de estos barrancos se ubica un restaurante. El segundo, de riesgo "bajo", comprende los barrancos de Quisi y Pou Roig, cuyo entcauzamiento se ha reanulado hasta su desembocadura en la playa del Arenal-Bol. El sector con riesgo mayor está en el Saladar. "Aguas arriba se aprecian varios cauces cuyo grado de ocupación es tal que resulta casi imposible seguirlos".

Juan Morató, coordinador del equipo de gobierno de Calp (tripartito formado por PSPV, Bloc y un grupo independiente), reconoce que ha heredado una gran proliferación de viviendas en zonas inundables: "Nuestro objetivo ahora es mejorar las infraestructuras en esas áreas en previsión de futuras riadas", asegura.

Sobre la desembocadura del río Girona en la playa de Dénia, el estudio destaca la elevada densidad de la edificación.

## Narbonna afirma que la construcción excesiva concentra las inundaciones

**S. N. / E. M.** Alicante Los devastadores efectos de las inundaciones que afectaron al norte de Alicante (1.200 casas inundadas y 1.500 coches dañados) han desatado una nueva polémica entre el Ejecutivo de Francisco Camps, del PP; y el Gobierno socialista de José Luis Zapatero, en este caso a costa del urbanismo depredador y salvaje.

La ministra de Medio Ambiente, Cristina Narbonna, se sumó ayer desde China, donde está de viaje oficial, a las críticas de expertos universitarios y técnicos que cuestionan el frenético desarrollo urbanístico experimentado en la Comunidad Valenciana en los últimos años. "Si las Administraciones responsables de la ordenación del territorio y de urbanismo siguen colmando el territorio, dificultan la absorción de la lluvia y la obligan a buscar los cauces fluviales", dijo Narbonna.

Mientras, en Alicante, el vicepresidente económico del Consell, Gerardo Camps, del PP, desvinculó el urbanismo de los efectos de las pasadas lluvias. "El problema no ha sido eso, sino la gran cantidad de agua recogida y si los barrancos y cauces, responsabilidad de la Confederación Hidrográfica del Júcar, estaban debidamente limpios", señaló. El PP mantiene su defensa del urbanismo aplicado durante los últimos años—los populares ocupan el Gobierno autonómico desde 1995—y minimiza los efectos de la riada. En paralelo, intenta traspasar la responsabilidad al Gobierno, titular de las Confederaciones. "No ha habido un problema especialmente de edificaciones en zona inundable", señaló ayer Gerardo Camps, que atribuyó "muchas" de esas viviendas en zonas de riesgo a "gobiernos predemocráticos".

Además de la construcción y sus consecuencias, la polémica surgió por las denuncias de los vecinos de gran acumulación de cañizo y vegetación en el cauce del río. La ministra, de viaje en China, echó mano de las cifras y aseguró que la media gastada en la anterior legislatura por parte del Gobierno central en limpieza y conservación de cauces en la Comunidad Valenciana fue de 450.000 euros anuales. En esta, han sido 5,8 millones de euros anuales", concretó Narbonna, que vinculó al desarrollo urbanístico el incremento de los efectos de las lluvias. "Estamos concentrando en grandes riadas lo que antes se esparcía por todo el territorio", apuntó.

Por su parte, el director general del Agua del ministerio, Jaime Palop, que acompaña en su viaje a Narbonna, subrayó que el actual Gobierno es el primero que ha puesto en marcha un plan de limpieza y acondicionamiento de cauces, en el que invierte 22 millones de euros anuales en toda España. El comisario de Aguas de la confederación, Manuel Alcalde, rechazó de plano las acusaciones del PP y aseguró que "en los últimos tres años" el cauce del Girona se ha limpiado "las veces que ha sido necesario".

Figura II -7. Artículo del Diario El País referente a las inundaciones producidas en Calpe del 11-12 de octubre de 2007.

**Fotos obtenidas de la prensa sobre la riada de Calpe del 11-12 de octubre de 2007**



*Figura II -8. Riada de Calpe de octubre de 2007. Muestra como los aledaños y calles de la localidad alicantina de Calpe siguen inundadas dos días después de las lluvias torrenciales que cayeron en la provincia el pasado viernes.  
Autor: EFE/Morell*



*Figura II-9. Riada de Calpe de octubre de 2007. La fuerza del agua hizo estragos en Calp. Comienzo del encauzamiento de los barrancos de Quisi y Pou Roig en la Avenida de los Ejércitos Españoles.  
Autor: Toni Calvo*



*Figura II-10. Riada de Calpe de octubre de 2007. Una turista fotografía, días después, los destrozos en el paseo marítimo de Calp producidos por las lluvias torrenciales que cayeron en la provincia el viernes 12 de octubre de 2007.  
Autor: EFE/Morell*

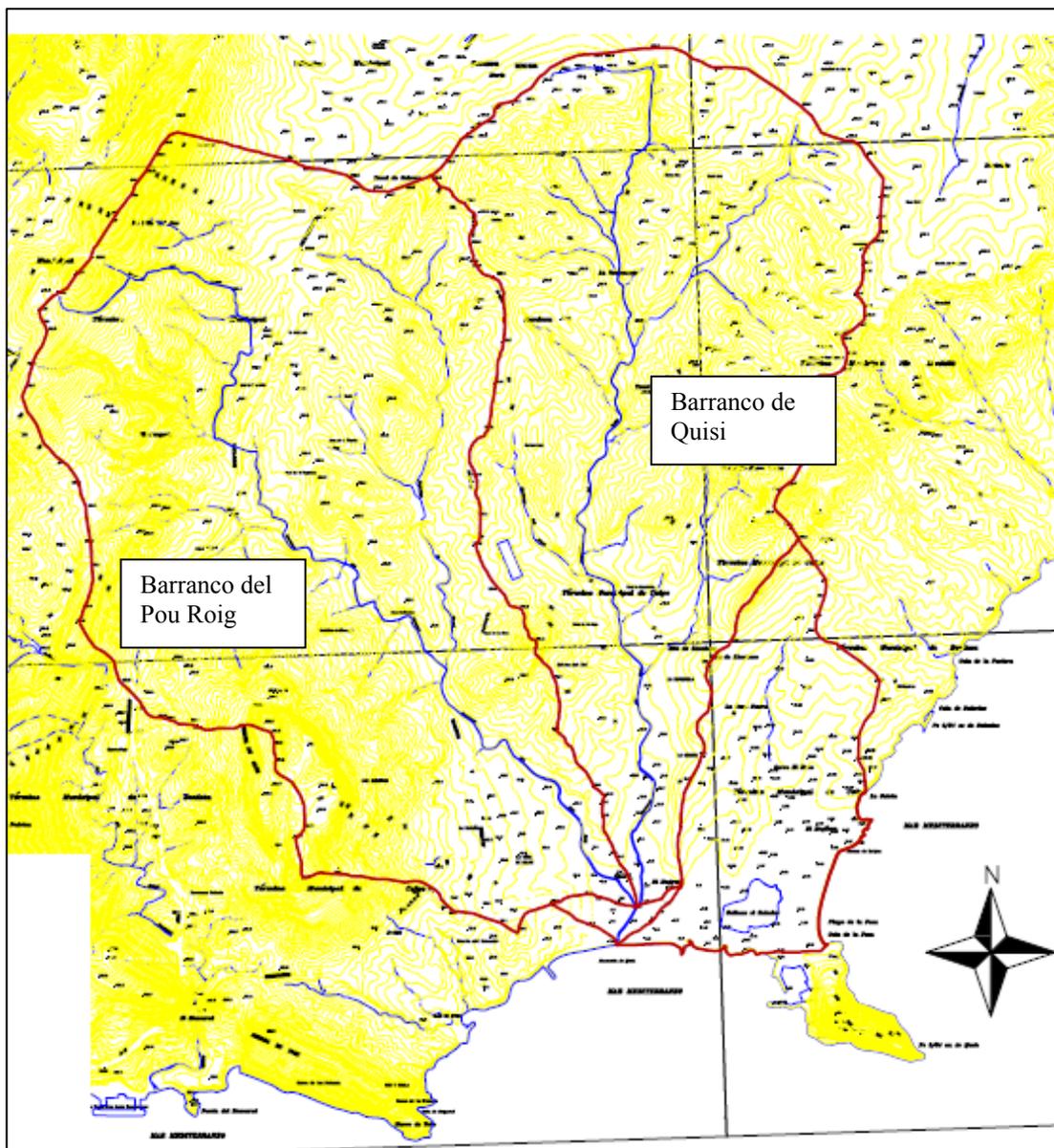


*Figura II-11. Fotografía de la Avenida de los Ejércitos Españoles el 12 de octubre de 2007.*

## **C. PROBLEMÁTICA EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE CALP.**

### **1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.**

El riesgo principal de inundación en la ciudad de Calp tiene lugar en el área de confluencia de los barrancos del Pou Roig y de Quisi. Estos dos barrancos se unen a 353 metros de la costa en pleno casco urbano de dicha población. Históricamente, la canalización existente se ha desbordado anegando las inmediaciones, así como aportando una gran cantidad de agua a la cuenca contigua, donde se encuentran las salinas de El Saladar. Debido a las características de la cuenca de El Saladar el agua no ha podido ser evacuada normalmente al mar, quedando atrapada y generando una amplia zona de inundación la cual ha reportado numerosos problemas.



*Figura II-12. Plano de las cuencas estudiadas donde se pueden observar los barrancos de Pou Roig, Quisi y las salinas de El Saladar.*

## 2. ZONIFICACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN, CLASIFICACIÓN DE SUELO Y ACTUACIONES ESTRUCTURALES SEGÚN EL PATRICOVA.

La única zona de inundación considerada por el PATRICOVA dentro del municipio de Calp es la marjal de Calp (las salinas de El Saladar) de código AC10, a la cual le atorga un **nivel de riesgo 3**. Esta zona de riesgo tiene una superficie de 242.468 m<sup>2</sup>. Sin embargo, el PATRICOVA no menciona nada sobre la unión de los barrancos de Quisi y Pou Roig, que como se ha podido observar, históricamente se desbordan, creando una serie de problemas muy graves en el casco urbano de esta ciudad.

Además de esto, el término de Calp NO posee ninguna propuesta de actuación; ni actuaciones estructurales, ni actuaciones de restauración hidrológica forestal.

En capítulos posteriores se hablará más extensamente del PATRICOVA, así como del PGOU de Calp.

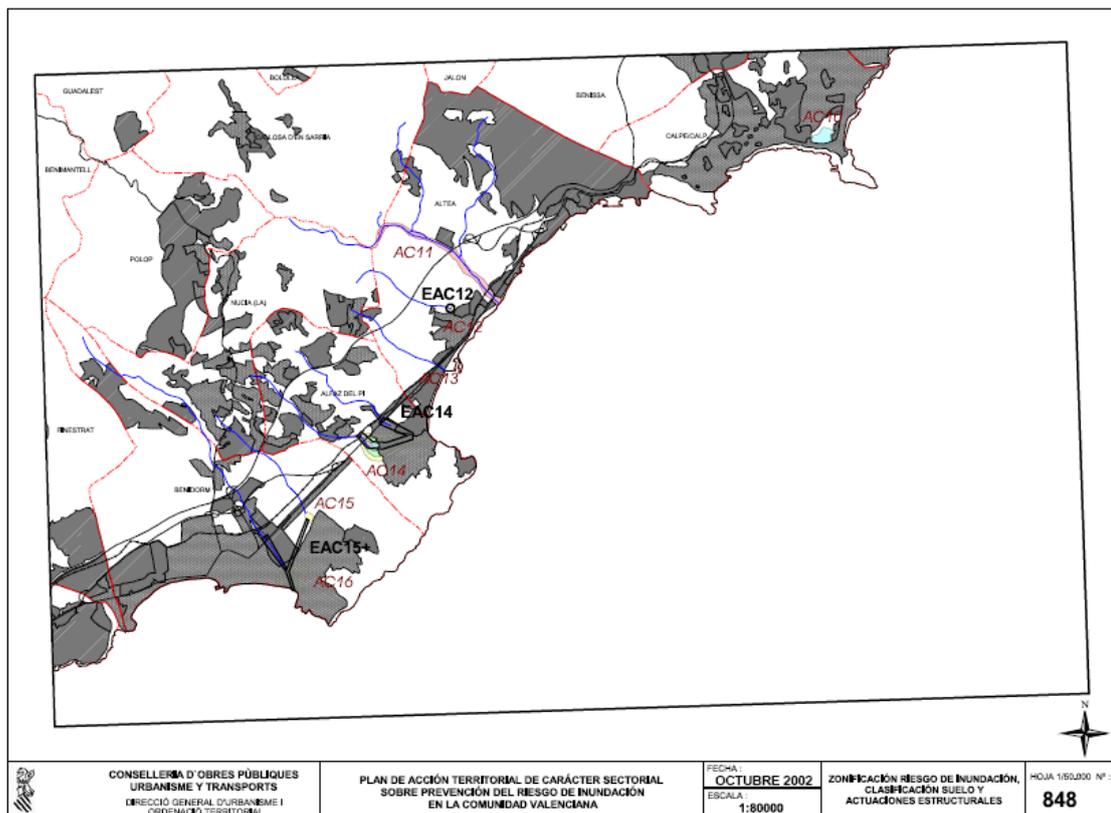


Figura II-13. Plano 848 de zonificación de riesgo de inundación, clasificación de suelo y actuaciones estructurales.

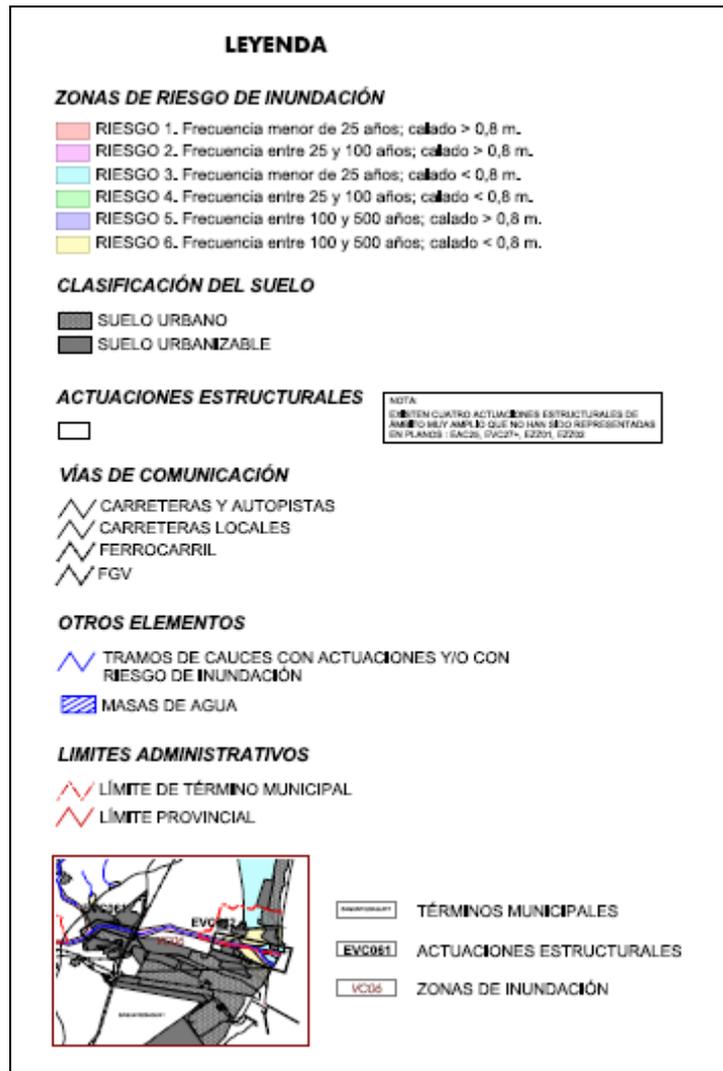


Figura II-14. Leyenda de los planos de zonificación de riesgo de inundación, clasificación de suelo y actuaciones estructurales.

## **D. OBJETIVOS**

El objetivo primordial de este estudio es hallar la capacidad de desagüe de los barrancos del Pou Roig y de Quisi, los cuales, como se ha explicado previamente, se encuentran en una zona muy conflictiva históricamente, ya que la unión de ambos se produce a 353 metros de la costa, dentro del casco urbano de Calp (Alicante), lo que ha ocasionado numerosos problemas de inundación dentro del mismo, el más reciente y significativo el producido el 12 octubre de 2007.

Posteriormente a este evento catastrófico se realizaron unas obras de emergencia, que tuvieron como objetivo duplicar la capacidad de desagüe del cauce en el tramo final de 353 metros lineales desde la confluencia de los barrancos de Quisi y Pou Roig hasta la desembocadura en el mar. Para ello se construyó un nuevo cauce soterrado paralelo al existente que amplió en  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  la capacidad de desagüe. Dichas obras de emergencia se estudiarán también para poder averiguar si serán suficientes en caso de un nuevo evento catastrófico.

## **CAPÍTULO III**

# **CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS**

### **III. Caracterización de las cuencas**

#### **A. METODOLOGÍA**

Primeramente, hemos conseguido varios mapas de diferentes zonas de nuestra área de estudio en formato digital. Más concretamente estos mapas poseen una extensión *.dwg*, es decir, son archivos de Autocad. Con dicho programa hemos juntado las diferentes hojas, consiguiendo una cartografía topográfica completa del lugar donde se encuentran las cuencas hidrográficas donde se realizará el estudio.

Esta cartografía es de una escala 1:10.000, con lo cual disponemos de curvas de nivel cada 10 m. Dicha cartografía ha sido realizada por el COPUT (la antigua Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes). Además de contener la topografía del lugar, incluye información adicional como zonas urbanizadas, carreteras, etc.

Una vez que hemos dispuesto de la topografía donde se haya nuestra cuenca se ha trabajado sobre ella, realizando las siguientes actividades:

1. Delimitar las diferentes cuencas.
2. Dibujar todas las vaguadas y barrancos de cada una de las cuencas
3. Dibujar todas las curvas maestras (curvas de 100, 200, 300, 400, 500, 600 y 700 m) para la realización de futuras consultas.

En el momento que hemos terminado ésto hemos comenzado a realizar, con la ayuda de las herramientas del programa Autocad, las diferentes consultas sobre nuestro mapa, obteniendo datos fidedignos de los siguientes parámetros:

- Área de cada una de las cuencas (A).
- Perímetro de cada una de las cuencas (P).
- Longitud del curso de agua más largo de cada cuenca, que es la distancia entre el tramo más bajo de cada barranco y cabecera más distante (La).

Una vez hallados estos parámetros hemos pasado a calcular aquellos otros parámetros que nos describirán ciertas características de las cuencas, pudiendo en algunos casos describirlas cualitativamente.

Los parámetros y características obtenidos son los siguientes:

1. Parámetros de forma
2. Características del relieve
3. Características de la red de drenaje
4. Características del cauce principal

## 1. Parámetros de forma

- **Coefficiente de compacidad (Kc):**

Este coeficiente viene dado por la expresión:

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

A.- Superficie de la cuenca.

P.- Perímetro de la cuenca.

Este coeficiente nos da una idea de la irregularidad de la cuenca, ya que cuanto mayor sea Kc más irregular es la cuenca. En función de este parámetro tenemos:

- Cuenca circular.- El coeficiente de compacidad está comprendido entre los valores de 1 y 1.25.

- Cuenca ovalada.- El valor obtenido para el parámetro pertenece al intervalo delimitado por 1.25 y 1.5.

- Cuenca oblonga.- El coeficiente de compacidad tiene un valor superior a 1.5.

- **Coefficiente de forma (Kf):**

Este coeficiente viene dado por la expresión:

$$Kf = \frac{Bm}{La}$$

Siendo:

La.- Longitud del curso de agua más largo entre la desembocadura y cabecera más distante.

Bm.- Anchura media, que a su vez viene dada por la expresión:

$$Bm = \frac{A}{La}$$

Donde A es la superficie de la cuenca.

- **Factor de forma (Rf):**

Este factor viene dado por la expresión:

$$Rf = A / Lm^2$$

Donde:

A.- Superficie de la cuenca.

Lm.- Longitud máxima de la cuenca.

La longitud máxima (Lm) de la cuenca es la máxima dimensión de la cuenca en línea recta. La consulta de su longitud se realiza del mismo modo que se ha realizado para otros parámetros como el curso de agua más largo (La), el perímetro (P)...

- **Radio de elongación (Re):**

Este parámetro se define como:

$$Re = D / Lm = 1.128 * \sqrt{A} / Lm$$

Donde:

D.- Diámetro del círculo de igual superficie de la cuenca.

Lm.- Longitud máxima de la cuenca.

A.- Superficie de la cuenca.

- **Radio de circularidad (Rci):**

Este parámetro viene dado por la expresión:

$$Rci = 4\pi A / Lm^2$$

Donde:

A.- Superficie de la cuenca.

Lm.- Longitud máxima de la cuenca.

## 2. Características del relieve.

- **Altitud media de la cuenca (H<sub>med</sub>):**

Este parámetro viene dado por la expresión:

$$H_{med} = \sum (A_i * H_i) / A$$

Donde:

- A.- Superficie de la cuenca.
- A<sub>i</sub>.- Superficie entre dos curvas de nivel.
- H<sub>i</sub>.- Altitud media entre ambas curvas

Para el cálculo de este parámetro, tomaremos la equidistancia entre las curvas de nivel maestras, las cuales dibujamos previamente, es decir una equidistancia de 100 m. Una vez realizado esto calcularemos la superficie entre dos curvas de nivel consecutivas (A<sub>i</sub>) al igual que consultamos el área de cada cuenca con anterioridad.

- ***Rectángulo equivalente:***

Se define el rectángulo equivalente de una cuenca como un rectángulo que tiene la misma superficie y perímetro que la cuenca en estudio e igual distribución hipsométrica. En consecuencia, poseerá también el mismo coeficiente de compacidad.

Los lados del rectángulo equivalente se obtienen mediante la siguiente fórmula

$$L_2, L_1 = Kc * \sqrt{A} / 1.12 * \left( 1 \pm \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right)$$

Siendo:

- L<sub>1</sub>.- Lado menor del rectángulo equivalente.
- L<sub>2</sub>.- Lado mayor del rectángulo equivalente.
- Kc.- Coeficiente de compacidad.

- ***Pendiente media (J)***

Es el modo más directo de calcular la pendiente de la cuenca, ya que se considera como la media ponderada de todas las superficies elementales en las que la línea de máxima pendiente es constante, llegándose a la siguiente expresión:

$$J = D * Lt / A$$

Siendo:

- D.- Equidistancia entre curvas de nivel.
- Lt.- Longitud de todas las curvas de nivel.
- A.- Superficie de la cuenca.

Recordemos que la equidistancia entre curvas de nivel (D) que hemos considerado para el cálculo de los parámetros es de 100 m y la longitud de todas las curvas es la longitud de curvas de nivel maestras.

- ***Pendiente media (Im)***

Esta forma de calcular la pendiente media es muy sencilla, lo que ocurre es que es más imprecisa. Este parámetro se obtiene mediante la expresión:

$$I_m = 2 * H / P$$

Siendo:

H.- Diferencia entre la altitud máxima y mínima de la cuenca.  
P.- Perímetro de la cuenca.

La altitud máxima y mínima de la cuenca se obtiene directamente del mapa topográfico. Finalmente, conviene destacar que este valor de pendiente es el menos exacto de todos los establecidos con el resto de parámetros relacionados con ella.

- ***Índice de pendiente relativo (Jr)***

El índice de pendiente relativo es una sencilla aproximación de la pendiente media de la cuenca. Se halla aplicando la expresión:

$$J_r = \sqrt{H / L}$$

Siendo:

H.- Diferencia entre la altitud máxima y mínima de la cuenca.  
L.- Lado mayor del rectángulo equivalente.

- ***Coefficiente orográfico (Co):***

Este coeficiente se define como el producto de la altura media por el coeficiente de Martonne:

$$C_o = H_{med} * tg \alpha$$

Donde:

H<sub>med</sub>.- Altura media de la cuenca.  
tg  $\alpha$  .- Coeficiente de Martonne, viene dado por:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H_{med}}{A}$$

A.- Superficie de la cuenca.

Según el valor de coeficiente orográfico se distinguen:

- Cuencas con relieve acentuado.- Son aquellas cuyo coeficiente orográfico es superior a 6 m<sup>2</sup>/ha.
- Cuencas con relieve poco pronunciado.- En éstas, su coeficiente orográfico es inferior a 6 m<sup>2</sup>/ha.

### 3. Características de la red de drenaje

Primeramente, sobre la red de drenaje dibujada en Autocad se han numerado y ordenado todas las vaguadas y barrancos de las diferentes cuencas, es decir, todos los cauces, y se han agrupado en cauces de orden 1, cauces de orden 2... y así hasta cauces de orden 6.

- **Relación de bifurcación (Rb):**

Esta relación se halla mediante la expresión:

$$Rb = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Siendo:

N<sub>u</sub>.- Numero de cauces de orden "u".

N<sub>u+1</sub>.- Numero de cauces de orden "u+1".

- **Alejamiento medio (a<sub>m</sub>)**

El alejamiento se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$a_m = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

Donde:

L.- Longitud del cauce más largo.

A.- Superficie de la cuenca.

#### **4. Características del cauce principal**

- ***Pendiente media del cauce principal*** ( $J_{\text{río}}$ )

Esta pendiente se determina aplicando la expresión:

$$J_{\text{río}} = H/L$$

Donde:

H.- Diferencia de altitud entre la cabecera y la desembocadura.

L.- Longitud del río o cauce principal.

Es un parámetro interesante para estimar el tiempo que tarda el agua precipitada en llegar a la sección de control.

#### **Coefficiente de sinuosidad (S)**

Este coeficiente viene dado por:

$$S = L/L_T$$

Donde:

L.- Longitud del curso del río medida en su cauce desde la cabecera a la desembocadura, es decir, la longitud del cauce más largo.

L<sub>T</sub>.- Longitud medida en línea recta desde la cabecera a la desembocadura del cauce principal.

## B. RESULTADOS

Tabla nº 8. Resultados de la caracterización de la cuenca del Barranco del Pou Roig.

<b>Barranco del Pou Roig</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Unidades</b>
<b><i>Parámetros básicos de la cuenca</i></b>		
Área (A)	24.787	km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	23.018	km
Longitud cauce máximo (La)	10.82	km
Longitud máxima de la cuenca (Lm)	8.425	km
Altura máxima de cuenca	726	m
Altura mínima de la cuenca	1.9	m
Anchura media (Bm)	2.291	km
<b><i>Parámetros de forma</i></b>		
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.295	adimensional
Tipo de cuenca según Kc	Cuenca ovalada	
Coefficiente de forma (Kf)	0.212	adimensional
Factor forma (Rf)	0.349	adimensional
Radio de elongación (Re)	0.667	adimensional
Radio de circularidad (Rci)	0.588	adimensional
<b><i>Características del relieve</i></b>		
Altura media de cuenca	149.117	m
Longitud de todas las curvas de nivel (LT)	71.071	km
Lado menor del rectángulo equivalente (L1)	2.869	km
Lado mayor del rectángulo equivalente (L2)	7.893	km
Pendiente media (J)	0.287	adimensional
Pendiente media (Im)	0.063	adimensional
Índice de pendiente relativo (Jr)	0.289	adimensional
Coefficiente orográfico (Co)	8.971	m <sup>2</sup> /ha
Relieve de la cuenca	acentuado	
<b><i>Características de la red de drenaje</i></b>		
Alejamamiento medio	2.173	adimensional
Relación de bifurcación (Rb)		
Rb 1-2	4.5	adimensional

Rb 2-3	7	adimensional
Rb 3-4	4	adimensional
Rb 4-5		adimensional
<b><i>Características del cauce principal</i></b>		
Altura de cabecera del cauce principal	620	m
Longitud en línea recta del cauce principal	7.771	km
Pendiente media del cauce principal	0.057	adimensional
Coefficiente de sinuosidad	1.392	adimensional

**Tabla n° 9. Resultados de la caracterización de la cuenca del Barranco de Quisi.**

<b>Barranco de Quisi</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Unidades</b>
<b><i>Parámetros básicos de la cuenca</i></b>		
Área (A)	19.201	km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	21.212	km
Longitud cauce máximo (La)	9.923	km
Longitud máxima de la cuenca (Lm)	8.051	km
Altura máxima de cuenca	322	m
Altura mínima de la cuenca	1.6	m
Anchura media (Bm)	1.935	km
<b><i>Parámetros de forma</i></b>		
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.355	adimensional
Tipo de cuenca según Kc	Cuenca ovalada	
Coefficiente de forma (Kf)	0.195	adimensional
Factor forma (Rf)	0.296	adimensional
Radio de elongación (Re)	0.614	adimensional
Radio de circularidad (Rci)	0.536	adimensional
<b><i>Características del relieve</i></b>		
Altura media de cuenca	135.627	m
Longitud de todas las curvas de nivel (LT)	28.869	km
Lado menor del rectángulo equivalente (L1)	2.316	km
Lado mayor del rectángulo equivalente (L2)	8.29	km
Pendiente media (J)	0.15	adimensional
Pendiente media (Im)	0.03	adimensional

Índice de pendiente relativo (Jr)	0.197	adimensional
Coefficiente orográfico (Co)	9.58	m <sup>2</sup> /ha
Relieve de la cuenca	acentuado	
<b>Características de la red de drenaje</b>		
Alejamamiento medio	2.265	adimensional
Relación de bifurcación (Rb)		
Rb 1-2	4.556	adimensional
Rb 2-3	3.375	adimensional
Rb 3-4	4	adimensional
Rb 4-5	2	adimensional
<b>Características del cauce principal</b>		
Altura de cabecera del cauce principal	260	m
Longitud en línea recta del cauce principal	7.815	km
Pendiente media del cauce principal	0.026	adimensional
Coefficiente de sinuosidad	1.27	adimensional

Tabla nº 10. Resultados de la caracterización de la cuenca formada por la unión de los barrancos del Pou Roig y de Quisi.

<b>Unión de Quisi y Pou Roig</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Unidades</b>
<b>Parámetros básicos de la cuenca</b>		
Área (A)	44.242	km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	28.658	km
Longitud cauce máximo (La)	11.173	km
Longitud máxima de la cuenca (Lm)	8.646	km
Altura máxima de cuenca	726	m
Altura mínima de la cuenca	0	m
Anchura media (Bm)	3.96	km
<b>Parámetros de forma</b>		
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.206	adimensional
Tipo de cuenca según Kc	Cuenca circular	
Coefficiente de forma (Kf)	0.354	adimensional
Factor forma (Rf)	0.592	adimensional
Radio de elongación (Re)	0.868	adimensional
Radio de circularidad (Rci)	0.677	adimensional

<b><i>Características del relieve</i></b>		
Altura media de cuenca	127.488	m
Longitud de todas las curvas de nivel (LT)	99.94	km
Lado menor del rectángulo equivalente (L1)	4.502	km
Lado mayor del rectángulo equivalente (L2)	9.827	km
Pendiente media (J)	0.226	adimensional
Pendiente media (Im)	0.051	adimensional
Índice de pendiente relativo (Jr)	0.26	adimensional
Coefficiente orográfico (Co)	3.674	m <sup>2</sup> /ha
Relieve de la cuenca	poco pronunciado	
<b><i>Características de la red de drenaje</i></b>		
Alejamiento medio	1.68	adimensional
Relación de bifurcación (Rb)		
Rb 1-2	4.527	adimensional
Rb 2-3	4.583	adimensional
Rb 3-4	4	adimensional
Rb 4-5	3	adimensional
<b><i>Características del cauce principal</i></b>		
Altura de cabecera del cauce principal	620	m
Longitud en línea recta del cauce principal	7.979	km
Pendiente media del cauce principal	0.055	adimensional
Coefficiente de sinuosidad	1.4	adimensional

**Tabla nº 11. Resultados de la caracterización de la cuenca de las salinas del Saladar.**

<b>Cuenca del Saladar</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Unidades</b>
<b><i>Parámetros básicos de la cuenca</i></b>		
Área (A)	4.619	km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	11.932	km
Longitud cauce máximo (La)	2.41	km
Longitud máxima de la cuenca (Lm)	4.163	km
Altura máxima de cuenca	177	m
Altura mínima de la cuenca	0	m
Anchura media (Bm)	2.065	km

<b><i>Parámetros de forma</i></b>		
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.554	adimensional
Tipo de cuenca según Kc	Cuenca oblonga	
Coefficiente de forma (Kf)	0.795	adimensional
Factor forma (Rf)	0.267	adimensional
Radio de elongación (Re)	0.582	adimensional
Radio de circularidad (Rci)	0.408	adimensional
<b><i>Características del relieve</i></b>		
Altura media de cuenca	52.987	m
Longitud de todas las curvas de nivel (LT)	0.98	km
Lado menor del rectángulo equivalente (L1)	1.003	km
Lado mayor del rectángulo equivalente (L2)	4.963	km
Pendiente media (J)	0.02	adimensional
Pendiente media (Im)	0.03	adimensional
Índice de pendiente relativo (Jr)	0.189	adimensional
Coefficiente orográfico (Co)	6.078	m <sup>2</sup> /ha
Relieve de la cuenca	acentuado	
<b><i>Características de la red de drenaje</i></b>		
Alejamamiento medio	1.121	adimensional
Relación de bifurcación (Rb)		
Rb 1-2	3.5	adimensional
Rb 2-3		adimensional
Rb 3-4		adimensional
Rb 4-5		adimensional
<b><i>Características del cauce principal</i></b>		
Altura de cabecera del cauce principal	90	m
Longitud en línea recta del cauce principal	2.237	km
Pendiente media del cauce principal	0.037	adimensional
Coefficiente de sinuosidad	1.078	adimensional

## **CAPÍTULO IV**

### **Determinación del umbral de escorrentía**

## **IV. Determinación del umbral de escorrentía**

### **INTRODUCCIÓN**

El umbral de escorrentía ( $P_o$ ) es la altura mínima de lluvia necesaria para que se produzca escorrentía superficial. Para su cálculo se han seguido las indicaciones seguidas por la Instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial".

Este umbral es muy importante para el cálculo de caudales, no obstante se ha preferido explicar en un punto independiente dentro de la memoria, separado de los caudales, debido a la complejidad de su determinación.

#### 4.1: Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial"

La Instrucción 5.2-IC entró en vigor el 14 de mayo de 1990 y en ella se recogen una serie de recomendaciones y disposiciones a seguir para proyectar, construir y conservar adecuadamente los elementos de drenaje superficial de una carretera.

En lo referente al umbral de escorrentía, éste se halla básicamente en función de cuatro parámetros:

1. Usos del suelo (o uso de la tierra)
2. Tipo de suelo (o grupo de suelo)
3. Pendiente
4. Características hidrológicas

### **METODOLOGÍA**

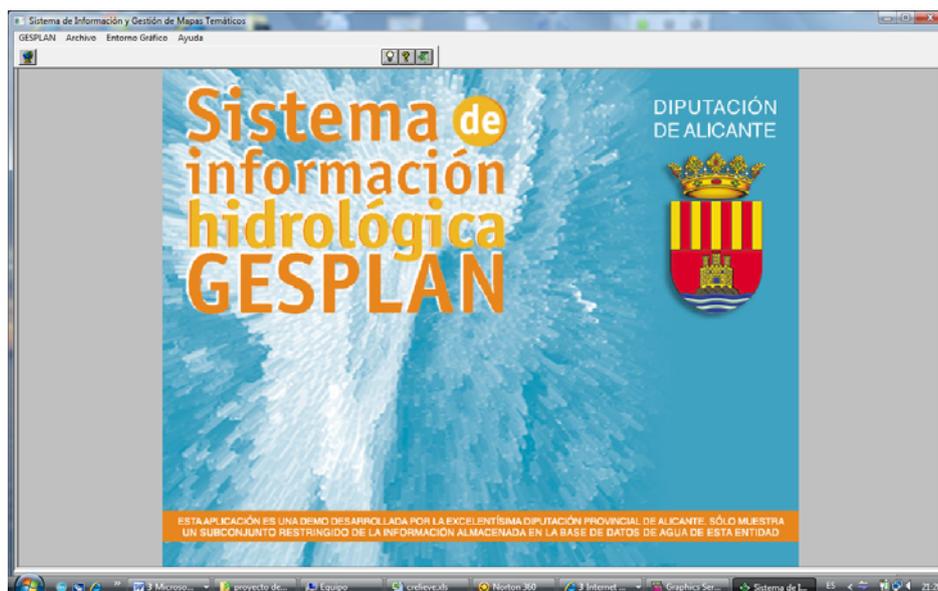
#### **1. Usos del suelo (o uso de la tierra).**

La Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial" distingue varios tipos de suelo según los usos que estos tengan, clasificándolos de la siguiente manera:

- Barbecho.- Tierra de cultivo que no se siembra, generalmente presentan un grado de escorrentía elevado debido a la escasa vegetación.
- Cultivos en hilera.- Tierras sembradas de cultivos plantados formando hileras, lo que permite realizar entre ellas determinadas labores agrícolas. En este grupo se incluyen las plantaciones de frutales, el olivar, los almendros y la vid.
- Cereales de invierno.- Corresponde a los cereales cuyo ciclo vegetativo puede desarrollarse durante el invierno como sucede con el trigo, la cebada, la avena y el centeno.

- Rotación de cultivos.- Se refiere a cultivos de secuencia cíclica en una parcela determinada de una explotación agrícola. Su duración frecuentemente está comprendida entre dos y siete años. Se distingue entre rotación pobre (se refiere a las diferentes combinaciones de cultivos en hilera, cereales de invierno y barbecho) y rotación densa (incluye una importante proporción de alfalfa, trébol u otras siembras de alta densidad junto con cultivos en hilera o cereales de invierno).
- Praderas, prados y pastizales.- Conjunto de cultivos cuyo aprovechamiento constituye la base de la alimentación del ganado.
- Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal.- Se refiere a cultivos forestales como los chopos, eucaliptos, etc.
- Masa forestales.- Corresponden al monte bajo y el monte alto.
- Rocas- Se distinguen dos grupos: las impermeables, como pizarras, cuarcitas y granitos, y las permeables, como las calizas, dolomías y conglomerados.
- Otros usos.- Se refiere a aquellas zonas donde la superficie del terreno está cubierta por firmes granulares sin pavimento, adoquinados y pavimentos bituminosos o de hormigón (núcleos urbanos, edificaciones rurales, carreteras, caminos, autopistas...)

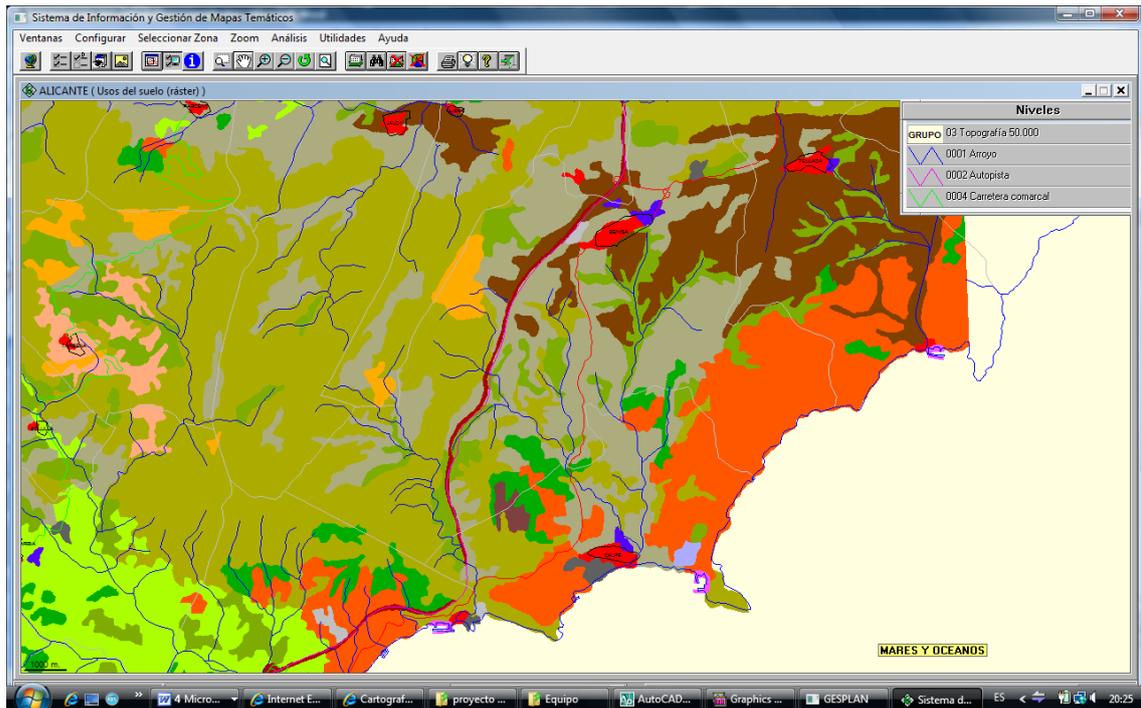
Para la realización de este estudio no contábamos con una cartografía de usos de suelo con la misma clasificación que posee la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial", que fuera a una escala representativa para las dimensiones de las áreas de las cuencas analizadas, ya que eran demasiado pequeñas. Con lo cual decidimos emplear la cartografía de usos del suelo de la provincia de Alicante recogida en la aplicación informática GESPLAN.



*Figura IV-1. Captura de la ventana de entrada a la aplicación GESPLAN.*

El sistema de información hidrológica GESPLAN es una aplicación desarrollada por la Excma. Diputación Provincial de Alicante, que recoge parte de la información almacenada en la base de datos del Departamento de Ciclo Hídrico perteneciente a dicho organismo.

Esta aplicación nos permite obtener de forma interactiva diferentes cartografías de la provincia de Alicante como las de usos del suelo, unidades hidrogeológicas, acuíferos, conducciones, depósitos de agua, sistemas de explotación, etc.



*Figura IV-2. Captura de la ventana de usos de suelo de GESPLAN, para nuestra área de estudio.*

Una vez obtenida la imagen de la cartografía de usos de suelo de GESPLAN, la hemos importado a Autocad, donde posteriormente la hemos hecho coincidir con nuestra cartografía topográfica, superponiéndolas a igual escala y pasando toda la información de usos de suelo de GESPLAN a nuestro archivo de Autocad, el cual podremos usar más tarde para la realización de futuras consultas y superposiciones de las distintas cartografías.

El único problema que hemos encontrado con la cartografía de usos de suelos de GESPLAN ha sido que no coinciden con las clasificaciones de usos de suelos de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial", por lo cual hemos debido de crear una tabla de equivalencias entre ambas clasificaciones para poder realizar nuestro trabajo.

**Tabla nº 12. Tabla de equivalencia entre la clasificación de usos de suelo de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial" y la clasificación de GESPLAN.**

<b>CLASIFICACIÓN DE USOS DE SUELO DE LA APLICACIÓN GESPLAN</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE USOS DE SUELO DE LA INSTRUCCIÓN 5.2-IC</b>
TEJIDO URBANO CONTINUO	Pavimentos bituminosos o de hormigón
ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES	Pavimentos bituminosos o de hormigón
ZONAS QUEMADAS	Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)
URBANIZACIONES EXTENSAS O AJARDINADAS	Firmes granulares sin pavimento
VIÑEDOS	Cultivos en hilera
MOSAICO DE CULTIVOS PERMANENTES	Rotación de cultivos pobres
MATORRAL BOSCOZO DE TRANSICIÓN	Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)
TERRENOS AGRÍCOLAS CON ESPACIO DE VEGETACIÓN NATURAL	Plantaciones regulares aprovechamiento forestal
PINACEAS	Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)
ESPACIOS ORÓFILOS ALTITUDINALES CON VEGETACIÓN ESCASA	Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)

## **2. Tipo de suelo (o grupo de suelo)**

La Instrucción 5.2-IC establece la siguiente clasificación de tipos de suelo según su textura:

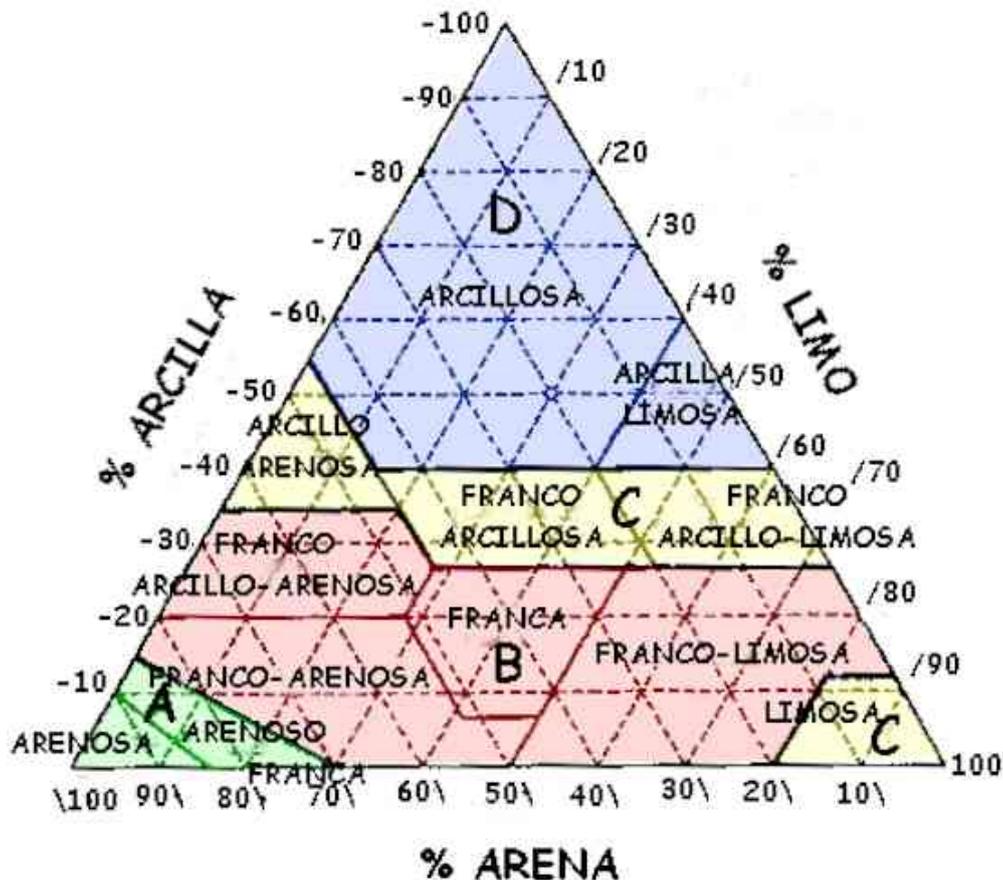
- Grupo A.- Son suelos profundos y de texturas gruesas (arenosos o arenolimosos). En ellos el agua se infiltra rápidamente aun cuando estén muy húmedos. Poseen una elevada capacidad de infiltración.

- Grupo B.- Son suelos francos y profundos, suelos franco-arenosos de mediana profundidad, y suelos arenosos de escaso espesor. Presentan una moderada permeabilidad cuando están saturados.
- Grupo C.- Consisten en suelos franco-arcillosos e incluso arcillosos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados; también se incluyen aquí suelos que presentan horizontes someros bastante impermeables. Los suelos de este grupo poseen un bajo contenido en materia orgánica.
- Grupo D.- Se trata de suelos muy arcillosos y profundos. También se incluyen aquí los terrenos que presentan una capa de arcilla somera y muy impermeable, así como suelos jóvenes de escaso espesor sobre una roca impermeable, ciertos suelos salinos y suelos con nivel freático alto.

La Instrucción nos ofrece la tabla 11.25 para la clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía:

También, como ayuda para clasificar los suelos, la Instrucción contiene el diagrama triangular de la siguiente figura para la determinación de la textura. Además, en ese diagrama se establece una correspondencia entre ella y el tipo de suelo.

"En la Instrucción también se denomina a los tipos de suelo como "grupos de suelo".



*Figura IV-3. Diagrama triangular de la clasificación de grupos de suelo.*

**Tabla nº 13. Clasificación de grupos de suelos a efectos del umbral de escorrentía.**

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

La obtención de una cartografía de tipos de suelo o grupos de suelo supuso un problema en el primer momento, ya que la hoja 848 “Altea” de la segunda edición del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 no está editada. Sin embargo, se obtuvo la hoja de Altea de la primera edición del Mapa Geológico de España de 1966, pero la información de ésta era de escasa utilidad, en lo referente a este tema.

Finalmente, se decidió optar por LA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. ESCALA 1:50.000.

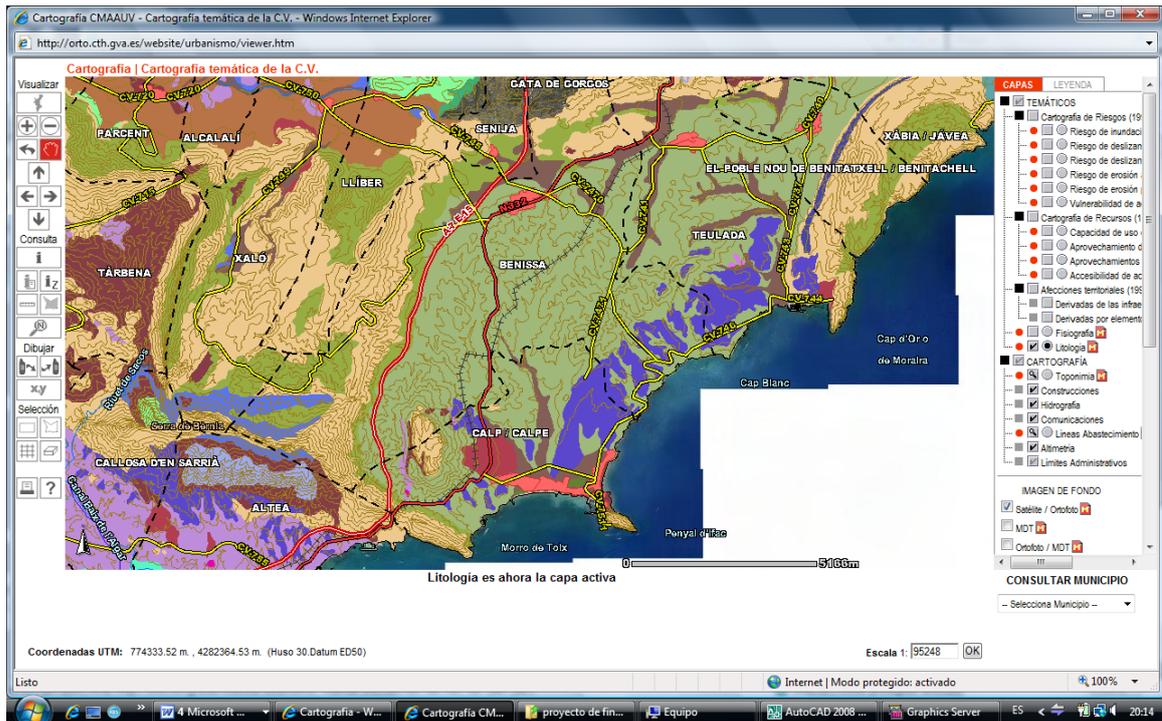


Figura IV-4. Captura de la ventana de litologías de suelo de Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana de nuestro área de estudio.

Esta cartografía nos aportó mucha más información, esto es debido a que uno de los temas de la misma es la litología de suelos de la Comunidad Valenciana y dicha cartografía de litología de suelos era mucho más completa que todas las vistas hasta el momento.

Cuando se ha obtenido la imagen de la zona de estudio de la litología de suelos de la Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana, la hemos importado a Autocad donde posteriormente la hemos hecho coincidir con nuestra cartografía topográfica, superponiéndolas a igual escala y pasando toda la información de tipos de suelo de Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana a nuestro archivo de Autocad, el cual podremos usar más adelante para la realización de futuras consultas y superposiciones de las distintas cartografías.

No obstante, se ha estado en una situación parecida a la que tuvimos en la realización del apartado anterior, por lo que se ha creado una nueva tabla de equivalencias entre los datos aportados por la Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana y la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial" para los tipos de suelo o grupos de suelo.

**Tabla nº 14. Tabla de equivalencia entre la clasificación de usos de suelo de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial" y la Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana.**

<b>LA CARTOGRAFIA TEMÁTICA DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. ESCALA 1:50.000.</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE SUELO O GRUPOS DE SUELO DE LA INSTRUCCIÓN 5.2-IC</b>
MARGAS Y ARENISCAS	Tipo B
CONGLOMERADOS	Tipo A
CALCÁREAS	Tipo A
CANTOS, GRAVAS Y ARCILLAS	Tipo C
ARENAS Y ARCILLAS	Tipo C
ARENAS Y ARCILLAS	Tipo C
CALCÁREAS Y MARGAS	Tipo B
ARCILLAS, MARGAS Y YESOS	Tipo D
LIMOS Y ARCILLAS	Tipo D

### **3. Pendientes**

Con respecto a las pendientes, la Instrucción 5.2-IC únicamente distingue entre pendientes menores al 3 % y pendientes mayores o igual al 3 % a efectos de cálculo del umbral de escorrentía.

La cartografía de pendientes se ha realizado a partir del Mapa Topográfico digital a escala 1:10.000 editado por el COPUT, el cual ha sido utilizado anteriormente para la caracterización de las cuencas.

Para la creación de esta cartografía de pendientes de cada una de las cuenca se ha hallado la distancia entre curvas de nivel consecutivas determinando a partir de ésta la pendiente, una vez hecho ésto se ha señalando el límite de las zonas con pendiente superior e inferior al 3 %.

De esta forma, hemos obtenido un mapa de pendientes en formato “.dwg” (Autocad) con el que podremos trabajar posteriormente.

### **4. Características hidrológicas**

La Instrucción 5.2- IC establece dos clasificaciones diferentes de características hidrológicas según el uso del suelo.

1. La primera de ellas abarca los usos del suelo: barbecho, cultivos en hilera, cereales de invierno, rotación de cultivos pobres y densos. En esta clasificación se distingue:
  - Característica hidrológica "R".- En los cultivos se distingue con la Letra R cuando el laboreo del suelo, la siembra y las labores de cultivo se realizan siguiendo la línea de máxima pendiente o a media ladera.
  - Característica hidrológica "N".- La letra N sirve para designar los cultivos cuando se realizan siguiendo las curvas de nivel del terreno.

En este trabajo, al no disponer de información suficiente, hemos tomado la característica hidrológica más desfavorable, es decir, aquella cuyo umbral de escorrentía es menor, que generalmente es la R.

2. La segunda clasificación hidrológica se refiere a la densidad de la cobertura vegetal y afecta a los usos del suelo: praderas, plantaciones regulares de aprovechamiento forestal y masas forestales. Para cada uso, distingue las siguientes características hidrológicas:
  - Praderas, prados y pastizales:
    - Pobres.- Aquellos con intenso régimen de pastoreo o cuya cubierta vegetal ocupa menos del 50 % de la superficie (pastizales y eriales).
    - Medias.- Aquellas cuyo régimen de pastoreo es moderado o la cobertura vegetal comprende entre el 50 y el 75 % de la superficie.
    - Buenas.- El pastoreo es ligero o la cubierta vegetal ocupa más del 75 % de la superficie.
    - Muy buenas.- Poseen una vegetación alta y densa, abundante y homogénea.
  - Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal:
    - Pobres.- Poseen cubierta vegetal esencialmente arbórea.
    - Medias.- Además de la cubierta arbórea se aprecia algo de matorral, herbáceas, materia orgánica sin descomponer, aunque una buena parte del terreno carece de protección.
    - Buenas.- El estrato subarbustivo y herbáceo, así como la materia orgánica no descompuesta, cubren todo el terreno.
  - Mesas forestales.- Se clasifican en muy espesas, espesas, claras y muy claras.

Esta segunda clasificación hidrológica se ha integrado en la clasificación según usos del suelo a la hora de realizar la superposición de cartografías de las cuales hemos tomado los datos para el cálculo del umbral de escorrentía.

## **SUPERPOSICIÓN DE CARTOGRAFÍAS**

Una vez hemos realizado las cuatro cartografías necesarias para poder hallar el umbral de escorrentía, las hemos superpuesto en Autocad y hemos hallado las diferentes áreas que delimitan los diferentes usos del suelo (o uso de la tierra) con distintos tipos de suelo (o grupo de suelo) con la pendiente y con las características hidrológicas.

En el momento que tenemos halladas las dimensiones de cada área con sus características concretas, únicamente tenemos que darles un valor. Este valor lo sacamos de la tabla de estimación inicial del umbral de escorrentía ( $P_0$ ) de la Instrucción 5.2-IC

**Tabla nº 15. Estimación inicial del umbral de escorrentía ( $P_0$ ) según Instrucción 5.2-IC.**

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	>3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
Cultivos en hilera	<3	R/N	20	14	11	8
		R	23	13	8	6
	>3	N	25	16	11	8
		R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	>3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
Rotación de cultivos pobres	<3	R/N	34	21	14	12
		R	26	15	9	6
	>3	N	28	17	11	8
		R/N	30	19	13	8
Rotación de cultivos densos	>3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	<3	R/N	47	25	16	13

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Praderas	>3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	<3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	>3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	<3	Pobre	*	34	19	14
		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33

**1. N: denota cultivo según las curvas de nivel.**

**R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.**

**2. \*: denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida.**

**3. Las zonas abancaladas se incluirán entre las de pendiente menor del 3%.**

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE (%)	UMBRAL DE ESCORRENTÍA (mm)
Rocas permeables	>3	3
	<3	5
Rocas impermeables	>3	2
	<3	4
Firmes granulares sin pavimento		2
Adoquinados		1,5
Pavimentos bituminosos o de hormigón		1

Finalmente, el umbral de escorrentía que se ha obtenido con la media ponderada de los umbrales de las combinaciones de los cuatro parámetros recogidos en la Instrucción 5.2-IC, hay que multiplicarlo por un coeficiente corrector que depende de dónde esté situada geográficamente la zona de estudio.

El coeficiente corrector se obtiene de la siguiente figura:



Figura IV-5. Mapa de isolíneas de coeficiente corrector de umbral de escorrentía de la Instrucción 5.2-IC

Una vez obtenido el coeficiente corrector simplemente se ha multiplicado por el umbral de escorrentía, dándonos el resultado final del umbral de escorrentía definitivo, el cual usaremos para el cálculo del caudal.

Tabla nº 16. Resultados del umbral de escorrentía ( $P_0$ ) de la cuenca del Barranco del Pou Roig.

BARRANCO DEL POU ROIG	P	Tipo A Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Tipo B Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Tipo C Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Tipo D Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Indiferentes a la litología Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)
Pavimentos bituminosos o de hormigón	< 3										
	> 3									160366.4057	1
Pavimentos bituminosos o de hormigón	< 3										
	> 3									139741.5961	1
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), muy claras	< 3										
	> 3	340025.84	40								
Firmes granulares sin pavimento	< 3										
	> 3									1274092.386	2
Cultivos en hilera	< 3										
	> 3	28652.794	23	920534.3216	13						
Rotación de cultivos pobres	< 3	31418.02	30								
	> 3	324073.99	26	7343869.057	15	1217145.521	10				
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3	4163842.2	60	3277249.841	24	123426.6924	14				
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	< 3										
	> 3	26793.129	60	2053127.246	26						
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3	753736.39	60	1287168.854	24	35255.3185	14	18673.4698	10		
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3	1268268.2	60								

Tabla nº 17. Resultados del umbral de escorrentía ( $P_0$ ) de la cuenca del Barranco de Quisi.

BARRANCO DE QUISI	P	Tipo A Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Tipo B Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Tipo C Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Tipo D Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Indiferentes a la litología Áreas (m)	Umbral de escorrentía (mm)
Pavimentos bituminosos o de hormigón	< 3										
	> 3									391880.2159	1
Pavimentos bituminosos o de hormigón	< 3										
	> 3										
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), muy claras	< 3										
	> 3										
Firmes granulares sin pavimento	< 3										
	> 3									1026072.306	2
Cultivos en hilera	< 3										
	> 3			3047791.009	13						
Rotación de cultivos pobres	< 3					59932.5287	16				
	> 3	31495.286	26	8993190.671	15	749780.7536	10				
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3	27626.056	60	767527.7599	24	39939.3492	14				
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	< 3										
	> 3			3166041.587	26	29257.9572	15				
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3			835021.8528	24	35149.2755	14				
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3										

Tabla nº 18. Resultados del umbral de escorrentía ( $P_0$ ) de la cuenca formada por la unión de los barrancos del Pou Roig y de Quisi.

UNIÓN DE QUISI Y POU ROIG	P	Tipo A Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Tipo B Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Tipo C Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Tipo D Área (m)	Umbral de escorrentía (mm)	Indiferentes a la litología Áreas (m)	Umbral de escorrentía (mm)
Pavimentos bituminosos o de hormigón	< 3									211978.9042	1
	> 3									552246.6216	1
Pavimentos bituminosos o de hormigón	< 3									27485.8327	1
	> 3									139741.5961	1
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), muy claras	< 3										
	> 3	340025.84	40								
Firmes granulares sin pavimento	< 3										
	> 3									2301264.692	2
Cultivos en hilera	< 3										
	> 3	28652.794	23	3968325.331	13						
Rotación de cultivos pobres	< 3	31418.02	30			59932.5287	16				
	> 3	355569.28	26	16337059.73	15	1974848.42	10				
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3	4191468.2	60	4044777.6	24	163366.0416	14				
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	< 3										
	> 3	26793.129	60	5219168.833	26	29257.9572	15				
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3	753736.39	60	2122190.707	24	70404.594	14	18673.4698	10	186734.698	
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3	1268268.2	60								

Tabla nº 19. Resultados del umbral de escorrentía ( $P_0$ ) de la cuenca vertiente a la salina del Saladar.

<b>SALINA DEL SALADAR</b>	<b>P</b>	<b>Tipo A Área (m)</b>	<b>Umbral de escorrentía (mm)</b>	<b>Tipo B Área (m)</b>	<b>Umbral de escorrentía (mm)</b>	<b>Tipo C Área (m)</b>	<b>Umbral de escorrentía (mm)</b>	<b>Tipo D Área (m)</b>	<b>Umbral de escorrentía (mm)</b>	<b>Indiferentes a la litología Área (m)</b>	<b>Umbral de escorrentía (mm)</b>
Pavimentos bituminosos o de hormigón	< 3										
	> 3										
Pavimentos bituminosos o de hormigón	< 3										
	> 3										
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), muy claras	< 3										
	> 3										
Firmes granulares sin pavimento	< 3									635082.7238	2
	> 3									3184713.044	2
Cultivos en hilera	< 3										
	> 3										
Rotación de cultivos pobres	< 3					302136.8363	16				
	> 3	6310.1942	26								
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3					149065.8362	14				
	> 3	252252.04	60	58725.1637	24						
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	< 3										
	> 3										
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3										
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.), claras	< 3										
	> 3										

Como factor corrector hemos tomado el valor de 3, ya que aunque podría ser algo mayor, 3.2 o 3.3 como recomiendo la Conselleria, hemos preferido tomar un valor un poco más conservador, para quedarnos siempre en el lado de seguridad.

**Tabla nº 20. Resultados finales del umbral de escorrentía ( $P_0$ ) y  $P_0$  corregido del de las diferentes cuencas.**

	<b>Barranco del Pou Roig</b>	<b>Barranco de Quisi</b>	<b>Unión de Quisi y Pou Roig</b>	<b>Cuenca del Saladar</b>
<b><math>P_0</math></b>	28.1944	16.1538	22.6893	6.8566
<b>Factor corrector</b>	3	3	3	3
<b><math>P_0</math> corregido</b>	<b>84.5832</b>	<b>48.4615</b>	<b>68.0678</b>	<b>20.5697</b>

## **CAPÍTULO V**

### **Cálculo de las precipitaciones máximas diarias**

## **V. Cálculo de las precipitaciones máximas diarias**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Primeramente se va a explicar la metodología seguida para el cálculo de las precipitaciones máximas diarias en las cuencas estudiadas para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.

La elección de esos periodos de retorno se ha efectuado siguiendo las directrices del "Plan de acción territorial de carácter sectorial sobre prevención del riesgo de inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA)" elaborado por la Dirección de Urbanismo y Ordenación Territorial de la Generalitat Valenciana.

El cálculo de las precipitaciones máximas diarias se ha efectuado de dos formas:

1. Mediante el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" editado por el Ministerio de Fomento.
2. Mediante los registros de las estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio.

Finalmente, para cada cuenca se han comparado los resultados obtenidos empleando ambos métodos. De los dos valores de precipitación máxima diaria anual para los periodos de retomo estudiados hemos tomado el mayor, quedando así del lado de la seguridad.

### **2. METODOLOGÍA**

#### **1. Mediante el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" editado por el Ministerio de Fomento.**

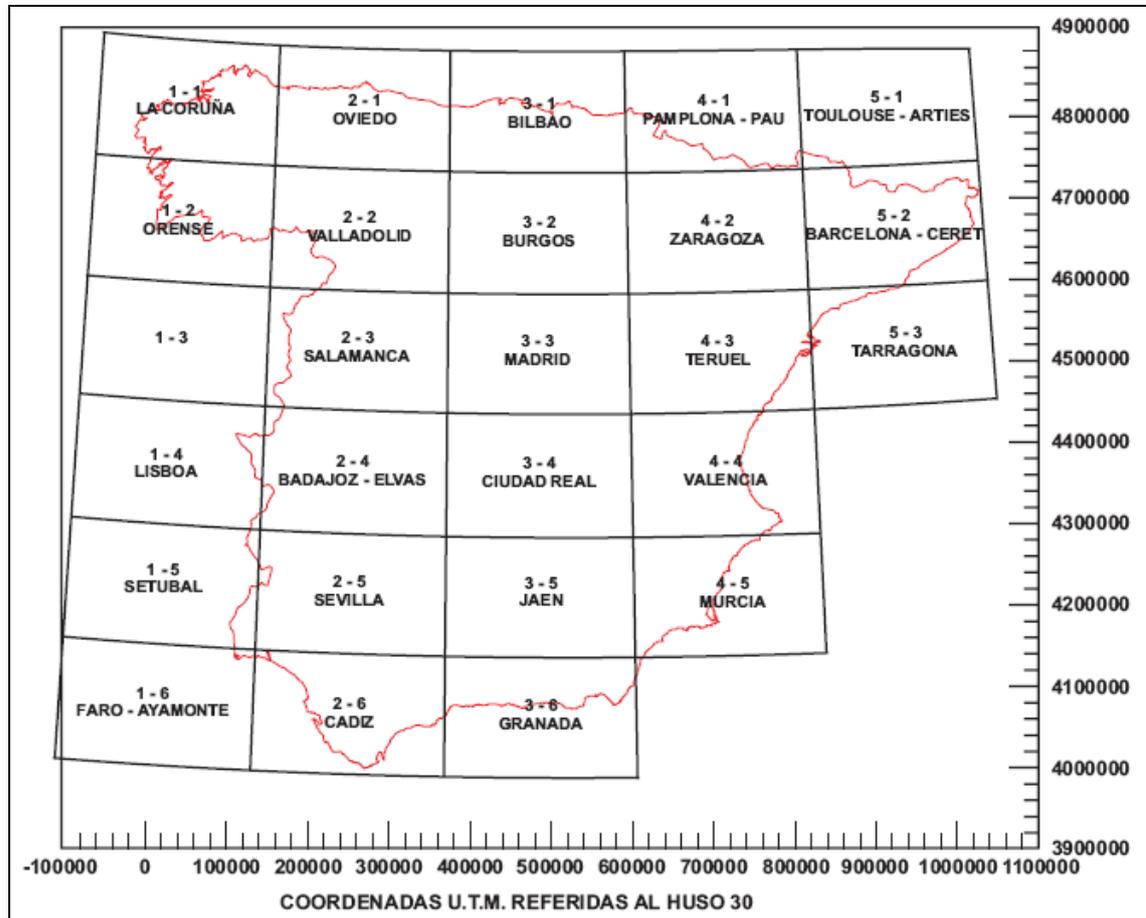
El mapa de " Máximas lluvias diarias en la España Peninsular " ha sido editado por la Dirección General de Carreteras dependiente del Ministerio de Fomento.

Su finalidad es la de presentar un método operativo que, de una manera breve y fiable, proporcione un valor de las máximas lluvias diarias en cualquier punto de la España Peninsular, que sirva de base de partida para el cálculo de los caudales a desaguar por los pequeños cauces existentes en las obras de carreteras, supliendo así la ausencia de aforos en los mismos.

Para la obtención de las máximas lluvias diarias, la publicación incluye una serie de mapas en los que se representan tanto las isolíneas del coeficiente de variación ( $C_v$ ) como las del valor medio P de la máxima precipitación diaria anual.

La base de representación del mapa es la serie 4C del Servicio Geográfico del Ejército (escala original 1:400.000) que ha dado lugar a 25 planos reducidos de tamaño A3 (escala real 1:800.000). En esos planos también aparecen representados la red hidrográfica, la red de carreteras y las poblaciones más importantes.

Nuestra área de estudio se encuentra en el plano, 4-4 "Valencia" del mapa de la figura.



*Figura V-1. Planos en los que se divide el mapa de Máximas lluvias diarias en la España Peninsular.*

El proceso operativo de obtención de la precipitación máxima diaria para los distintos periodos de retorno es el siguiente:

- Localización en los planos del punto geográfico deseado.
- Estimación del valor medio P, la máxima precipitación diaria anual mediante las isolíneas que lo representan en la siguiente figura.

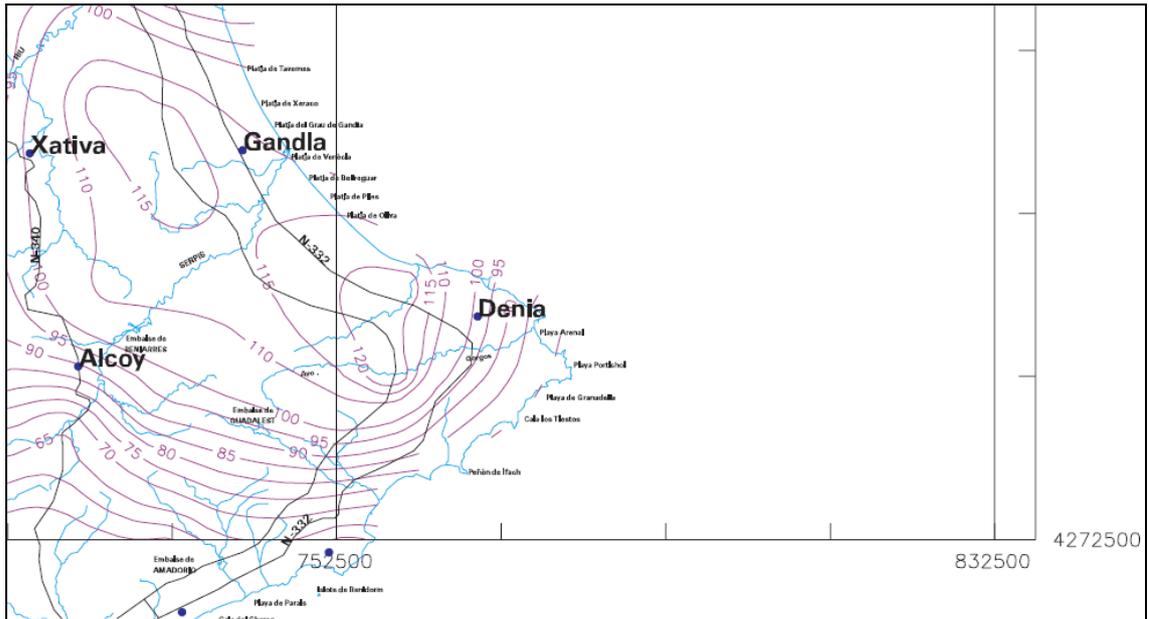


Figura V-2. Parte del Mapa de Isolíneas de Precipitaciones máximas diarias de la España peninsular 4-4 "Valencia"

- Estimación del coeficiente de variación  $C_v$  mediante las isolíneas que lo representan en la siguiente figura.

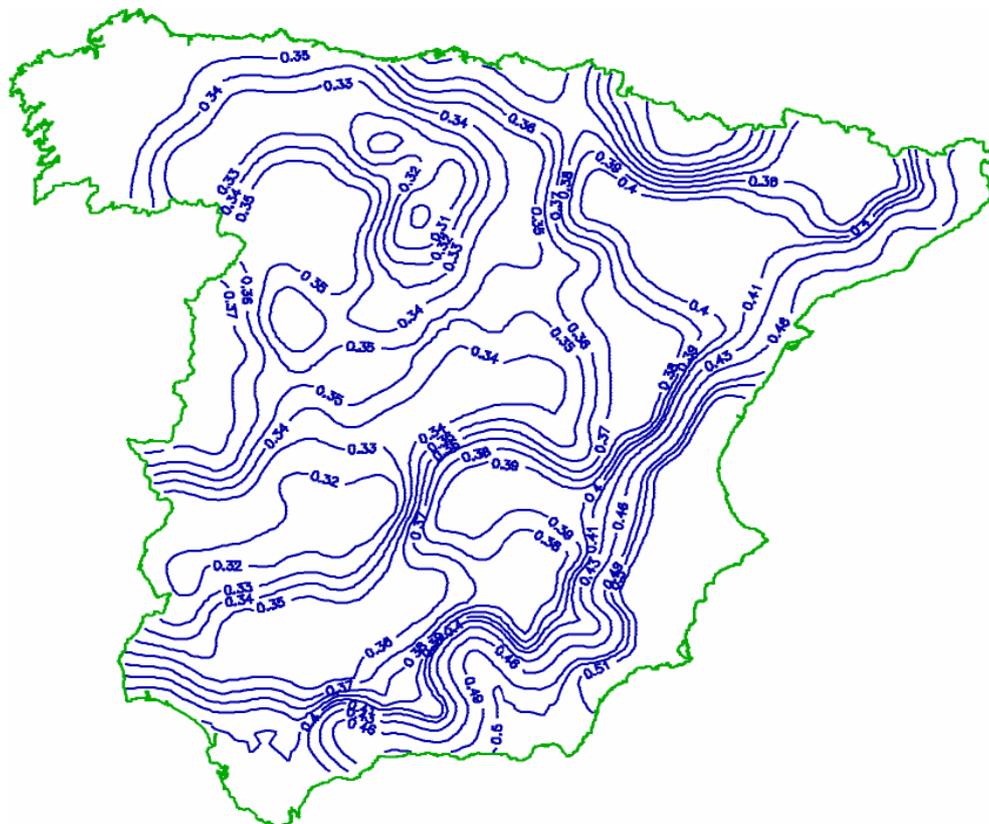


Figura V-3. Mapa de España donde vienen representadas las isolíneas que marcan el valor de coeficiente de variación  $C_v$

- Estimación del valor del cuantil regional  $Y_t$  para un periodo de retorno en años de T y un valor determinado de  $C_v$ , hallado previamente, se obtiene mediante la siguiente tabla.

**Tabla nº 21. Valores del cuantil regional  $Y_t$  según periodo de retorno y coeficiente de variación  $C_v$ .**

Cv	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	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
0.31	0.932	1.198	1.385	1.64	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.4	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.93	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.22	2.48	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.24	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.48	2.8	3.25
0.43	0.901	1.263	1.534	1.9	2.205	2.51	2.846	3.311
0.44	0.898	1.27	1.541	1.915	2.22	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.89	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	1.61	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.22	3.799
0.52	0.881	1.308	1.64	2.098	2.464	2.861	3.281	3.86

Tabla de los cuantiles  $Y_t$  de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación  $K_T$ , en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular

- Finalmente, hemos realizado el producto del cuantil regional  $Y_t$  por el valor medio P obteniéndose  $X_t$ , es decir, el cuantil que representa la precipitación máxima diaria para el periodo de retorno considerado.

$$X_t = Y_t * P$$

**Resultados de precipitación máxima hallados mediante el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" editado por el Ministerio de Fomento.**

A la hora de dar una cifra exacta del valor medio P de la máxima precipitación diaria anual., nos encontramos un problema, éste ha sido debido a que nuestras cuencas son atravesadas por más de una isolínea e incluso otra de las cuencas no es atravesada por ninguna.

Para resolver el primer caso, hemos tomado los valores de las isolíneas que atraviesan las cuencas más cercanas a sus correspondientes puntos medios. Mientras que para resolver el segundo se ha considerado la isolínea más próxima.

**Tabla nº 22. Valor medio de la precipitación máxima (P) para las diferentes cuencas.**

<b>Nombre de la cuenca</b>	<b>Valor medio de la precipitación máxima (P)</b>
Barranco del Pou Roig	85
Barranco del Pou Roig	90
Barranco de Quisi	85
Barranco de Quisi	90
Unión de Quisi y Pou	85
Unión de Quisi y Pou	90
Salina del Saladar	80

**Tabla nº 23. Valor del coeficiente de variación ( $C_v$ ) para las diferentes cuencas.**

<b>Nombre de la cuenca</b>	<b>Coeficiente de variación (<math>C_v</math>)</b>
Barranco del Pou Roig	0.51
Barranco de Quisi	0.51
Unión de Quisi y Pou Roig	0.51
Salina del Saladar	0.51

Debido a que las directrices del PATRICOVA para la delimitación de las zonas con diferentes grados de riesgo de inundación, nos exigen conocer los valores de la precipitación máxima diaria para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, hemos tomado dichos valores.

**Tabla n° 24. Valor del coeficiente de variación ( $C_v$ ) y del cuantil regional  $Y_t$  para periodos de retorno 25, 100 y 500 años.**

<b>Periodo de retorno (T)</b>	<b>Coeficiente de variación (<math>C_v</math>)</b>	<b>Cuantil regional (<math>Y_t</math>)</b>
25 años	0.51	2.068
100 años	0.51	2.815
500 años	0.51	3.799

Los valores de precipitación máxima diaria  $X_t$ , según el periodo de retorno para las diferentes precipitaciones máximas diarias anuales (P) son los siguientes:

**Tabla n° 25. Valor de la precipitación máxima diaria ( $X_t$ ) en mm según periodo de retorno para una precipitación máxima diaria anual (P) de 90 mm.**

<b>Periodo de retorno (T)</b>	<b>Cuantil regional <math>Y_t</math></b>	<b>Precipitación máxima diaria anual (P) en mm</b>	<b>Precipitación máxima diaria (<math>X_t</math>) en mm según periodo de retorno</b>
25 años	2.068	90	186
100 años	2.815	90	253
500 años	3.799	90	342

**Tabla n° 26. Valor de la precipitación máxima diaria ( $X_t$ ) en mm según periodo de retorno para una precipitación máxima diaria anual (P) de 85 mm.**

<b>Periodo de retorno (T)</b>	<b>Cuantil regional <math>Y_t</math></b>	<b>Precipitación máxima diaria anual (P) en mm</b>	<b>Precipitación máxima diaria (<math>X_t</math>) en mm según periodo de retorno</b>
25 años	2.068	85	176
100 años	2.815	85	239
500 años	3.799	85	323

**Tabla n° 27. Valor de la precipitación máxima diaria ( $X_t$ ) en mm según periodo de retorno para una precipitación máxima diaria anual (P) de 80 mm.**

<b>Periodo de retorno (T)</b>	<b>Cuantil regional <math>Y_t</math></b>	<b>Precipitación máxima diaria anual (P) en mm</b>	<b>Precipitación máxima diaria (<math>X_t</math>) en mm según periodo de retorno</b>
25 años	2.068	80	165
100 años	2.815	80	225
500 años	3.799	80	304

Para quedar en el lado de la seguridad hemos optado por tomar el valor máximo de precipitación máxima diaria anual (P), siendo éste de 90 mm, ya que existe la duda de qué valor de (P) atribuir a las cuencas del Barranco del Pou Roig, la del Barranco de Quisi y la unión de ambos. Mientras que para la cuenca del Saladar el valor de (P) es de 80mm.

**Tabla nº 28. Valor de la precipitación máxima diaria ( $X_t$ ) en mm según periodo de retorno para cada una de las cuencas.**

<b>Nombre de la cuenca</b>	<b>Periodo de retorno</b>	<b>Precipitación máxima diaria</b>
<b>Barranco del Pou Roig</b>	25 años	<b>186 mm</b>
	100 años	<b>253 mm</b>
	500 años	<b>342 mm</b>
<b>Barranco de Quisi</b>	25 años	<b>186 mm</b>
	100 años	<b>253 mm</b>
	500 años	<b>342 mm</b>
<b>Unión de Quisi y Pou Roig</b>	25 años	<b>186 mm</b>
	100 años	<b>253 mm</b>
	500 años	<b>342 mm</b>
<b>Salina del Saladar</b>	25 años	<b>165 mm</b>
	100 años	<b>225 mm</b>
	500 años	<b>304 mm</b>

## **2. Mediante los registros de las estaciones pluviométricas más próximas a la zona de estudio.**

Hemos distinguido dos importantes pasos a seguir:

- Selección de las estaciones pluviométricas más próximas.
- Aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) para cálculos hidrológicos.

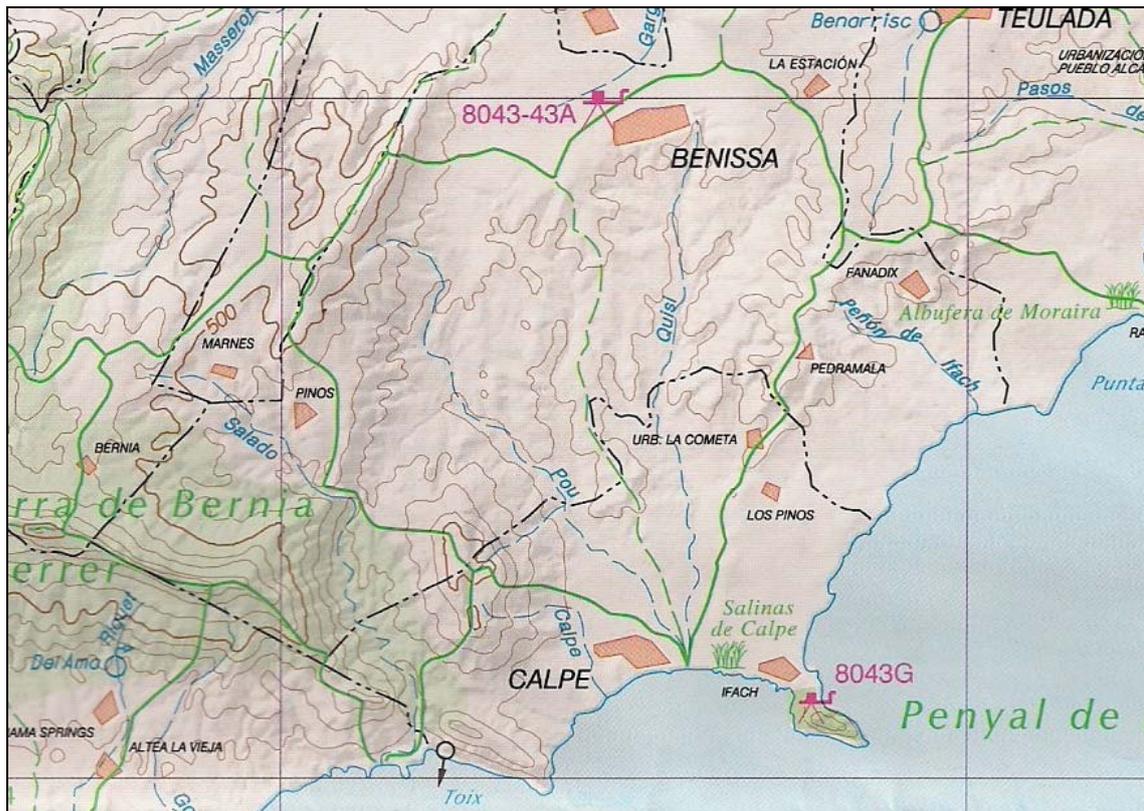
### **• Selección de las estaciones pluviométricas más próximas**

La búsqueda de las estaciones pluviométricas próximas a la zona de estudio se llevó a cabo mediante el "Mapa Hidrológico Provincial de Alicante" publicado por la Excma. Diputación Provincial de Alicante. Este documento contiene una cartografía a

escala 1:150.000 de la provincia de Alicante, donde se indica la distribución de diferentes elementos relacionados con la hidrología y la infraestructura hidráulica.

Entre la información que nos aporta está la situación y el código de las estaciones meteorológicas en funcionamiento, los límites de cuencas y subcuencas hidrográficas, manantiales, estaciones de aforo,...

Después de consultar el Mapa Hidrológico Provincial de Alicante hemos elegido para la realización de nuestro proyecto las estaciones pluviométricas más cercanas a nuestra área de estudio.



*Figura V-4. Área correspondiente a nuestra zona de estudio del "Mapa Hidrológico Provincial de Alicante"*

De este mapa, se extrajo el siguiente listado previo de estaciones con datos pluviométricos pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología:

- **Estación pluviométrica de Benissa-Convento.**
- **Estación pluviométrica de Jalón.**
- **Estación pluviométrica de Jalón Solana.**
- **Estación pluviométrica de Calp Penyó de Ifach.**

**Tabla n° 29. Descripción de la estación pluviométrica de Benissa-Convento.**

INDICATIVO	8043
NOMBRE	BENISSA CONVENTO
ALTITUD	210
LONGITUD GEOGRÁFICA	2321
LATITUD GEOGRÁFICA	384309
Año inicial de funcionamiento	1942
Último año del cual poseemos datos	2008
Números de años completos	39

Los registros pluviométricos de la estación Benissa-Convento comienzan a partir de noviembre de 1942, siendo éstos intermitentes desde dicha fecha hasta 1969.

Sin embargo, desde este mismo año hasta 2007 los registros de precipitación máxima diaria mensual son ininterrumpidos, con lo cual podemos decir que tenemos la serie completa desde el año 1969 a 2007.

Esta estación es la que más datos nos aporta, teniendo la serie completa más larga de las cuatro estaciones seleccionadas para el trabajo.

**Tabla n° 30. Descripción de la estación pluviométrica de Calp Penyó de Ifach.**

INDICATIVO	8043G
NOMBRE	CALP PENYON DE IFACH
ALTITUD	63
LONGITUD	4251
LATITUD	383817
Año inicial de funcionamiento	1993
Último año del cual poseemos datos	2008
Números de años completos	13

Los registros pluviométricos de la estación Calp Penyó de Ifach, no son muy numerosos, ya que la estación es bastante moderna. Éstos comienzan a partir de octubre de 1993, año que al poseer tan solamente registros de los tres últimos meses, hemos desechado, por lo que los registros de precipitación máxima diaria anual comienzan en 1994. Estos registros son continuos hasta la octubre de 2007, donde el dato de la precipitación máxima diaria no aparece. La ausencia de este dato es a señalar, ya que fue en este mes cuando acontecieron los hechos recientes más catastróficos, en lo que a inundaciones se refiere, dentro de la ciudad de Calp.

**Tabla n° 31. Descripción de la estación pluviométrica de Jalón Solana**

INDICATIVO	8046B
NOMBRE	JALÓN SOLANA
ALTITUD	185
LONGITUD	392
LATITUD	384443
Año inicial de funcionamiento	1992
Último año del cual poseemos datos	2008
Números de años completos	14

Los registros pluviométricos de la estación Jalón Solana comienzan en junio de 1993. De este año poseemos tan sólo los datos de seis meses, de los cuales en ninguno tuvo lugar una precipitación máxima diaria significativa, ninguno pasó de los 100 mm, por lo que dicho año no ha sido tomado en cuenta. Debido a ello podemos decir que esta estación tenemos un registro pluviométrico de tan sólo 14 años, desde el año 1993, hasta el último año completo, 2007.

**Tabla n° 32. Descripción de la estación pluviométrica de Jalón.**

INDICATIVO	8046
NOMBRE	JALÓN
ALTITUD	189
LONGITUD	392
LATITUD	384431
Año inicial de funcionamiento	1955
Último año del cual poseemos datos	2003
Números de años completos	33

Los registros pluviométricos de la estación Jalón comienzan a partir de agosto de 1955. Este año está incompleto, ya que únicamente contamos con los registros de los cinco últimos meses del mismo. A partir de 1956 tenemos registros de todos los meses de cada año hasta marzo de 1989, mes donde se registro una precipitación de 126 mm, dato inferior a la media de precipitaciones máximas anuales, por lo cual hemos considerado este año como incompleto.

En 1994 comienzan a aparecer nuevos registros hasta noviembre de 2003, momento donde ya poseemos más datos. Los registros de estos años los hemos desechado debido a la falta de información durante algunos meses y la existencia de la estación Jalón-Solana, la cual, se encuentra muy cercana de la de Jalón y a una altura similar. Por ello se pensó en un principio en juntar los registros de ambas estaciones, obteniendo así una serie casi completa desde el año 1956 hasta el 2007, pero haber tres años sin registro, los años comprendidos entre 1989 y 1992, ambos inclusive y al

haber tantos registros y tan representativos en la estación de Jalón, finalmente se decidió desechar la estación de Jalón-Solana.

- **Aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) para cálculos hidrológicos.**

La función de distribución de Gumbel es una de las más empleadas en Hidrología. Antes de continuar con la explicación, conviene comentar que se ha aplicado este método según lo indicado en el libro "Fundamentos de Hidrología de Superficie" de Francisco Javier Aparicio Mijares, el cual introduce una modificación en las expresiones de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  para muestras relativamente pequeñas, que explicaremos en breve.

En definitiva, lo que se va a hacer es desarrollar un modelo de análisis de frecuencias utilizando la distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel), y a partir de él establecer las precipitaciones máximas diarias para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.

En primer lugar, ordenamos las precipitaciones máximas diarias de mayor a menor, con el fin de calcular variables estadísticas básicas tales como la media, la mediana, la varianza y la desviación estándar. Las precipitaciones máximas diarias, una vez ordenadas, las situamos en una tabla, con el fin de mejorar la claridad, y para todas ellas hallamos las frecuencias y los periodos.

Las frecuencias se calculan mediante la fórmula de Gringorten:

$$F_s = \frac{m - 0.44}{n + 0.12}$$

Donde:

m.- Número de orden de mayor a menor del valor de precipitación.

n.- Número total de datos, que en nuestro caso es el número de valores de precipitación anual máxima diaria que posee la serie analizada.

Los periodos son la inversa de la frecuencia.

Por otro lado, la función de distribución de probabilidad de Gumbel es la siguiente:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Siendo  $\alpha$  y  $\beta$  los parámetros de la función que, según lo indicado en el libro "Fundamentos de Hidrología de Superficie", para muestras relativamente pequeñas, tiene las siguientes expresiones:

$$\alpha = \sigma_y / S$$

$$\beta = S - \mu_y / \alpha$$

Donde S es la desviación típica, mientras que  $\sigma_y$  y  $\mu_y$  dependen del número de datos que contenga la serie y sus valores vienen recogidos en la siguiente tabla:

**Tabla nº 33. Relación de los valores de  $\sigma_y$  y  $\mu_y$  según el número de muestras.**

Número de muestras (n)	$\mu_y$	$\sigma_y$
10	0.4952	0.9496
15	0.5128	1.0206
20	0.5236	1.0628
25	0.5309	1.0914
30	0.5362	1.1124
35	0.5403	1.1285
40	0.5436	1.1413
45	0.5463	1.1518
50	0.5485	1.1607
55	0.5504	1.1682
60	0.5521	1.1747
65	0.5535	1.1803
70	0.5548	1.1854
75	0.5559	1.1898
80	0.5569	1.1938
85	0.5578	1.1974
90	0.5586	1.2007
95	0.5593	1.2037
100	0.5600	1.2065

Finalmente, para calcular la precipitación máxima diaria para los diferentes periodos de retorno que queramos averiguar, 25, 100 y 500 en nuestro caso, hemos utilizado la siguiente expresión:

$$Fs = \beta - 1/\alpha * \ln(\ln(T/T - 1))$$

Siendo  $\alpha$  y  $\beta$  los parámetros de la función de distribución de Gumbel y T el periodo de retorno considerado.

**Tabla nº 34. Aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) para cálculos hidrológicos de la estación pluviométrica de Jalón.**

Nº de orden	Año	Mes del año	P <sub>max</sub> diaria(mm)	frecuencia	periodo
1	1960	6	240.7	0.0169	59.1429
2	1971	10	226.6	0.0471	21.2308
3	1969	4	223	0.0773	12.9375
4	1986	9	223	0.1075	9.3034
5	1983	8	220.8	0.1377	7.2632
6	1988	9	215	0.1679	5.9568
7	1973	12	188	0.1981	5.0488
8	1985	11	170	0.2283	4.3810
9	1987	11	163.5	0.2585	3.8692
10	1965	12	161	0.2886	3.4644
11	1961	10	142.8	0.3188	3.1364
12	1980	1	132.2	0.3490	2.8651
13	1977	5	130	0.3792	2.6369
14	1962	10	127.6	0.4094	2.4425
15	1966	10	127.3	0.4396	2.2747
16	1967	2	127.2	0.4698	2.1285
17	1974	2	121	0.5000	2.0000
18	1964	12	118	0.5302	1.8861
19	1968	5	108.8	0.5604	1.7845
20	1972	9	108	0.5906	1.6933
21	1975	10	104.3	0.6208	1.6109
22	1958	10	102.3	0.6510	1.5362
23	1978	10	97.4	0.6812	1.4681
24	1957	12	90.2	0.7114	1.4058
25	1959	5	86	0.7415	1.3485
26	1956	10	81.6	0.7717	1.2958
27	1976	5	75.3	0.8019	1.2470
28	1984	2	74	0.8321	1.2017
29	1982	9	67.2	0.8623	1.1597
30	1963	12	58	0.8925	1.1204
31	1981	2	50.6	0.9227	1.0838
32	1979	1	50.1	0.9529	1.0494
33	1970	12	42.7	0.9831	1.0172

**Tabla nº 35. Resultados finales para la estación pluviométrica de Jalón.**

<b>mediana (mm)</b>	121
<b>media (mm)</b>	128.9152
<b>desviación típica</b>	56.84344
$\mu_y$	0.5403
$\sigma_y$	1.1285
<b><math>\alpha</math></b>	0.0199
<b><math>\beta</math></b>	29.6281
<b>P<sub>max25</sub> (mm)</b>	191
<b>P<sub>max100</sub> (mm)</b>	261
<b>P<sub>max500</sub> (mm)</b>	343

**Tabla nº 36. Aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) para cálculos hidrológicos de la estación pluviométrica de Benissa-Convento.**

Nº de orden	Año	Mes del año	P <sub>max</sub> diaria(mm)	frecuencia	periodo
1	1971	10	249	0.0143	69.8571
2	1988	9	200	0.0399	25.0769
3	2007	10	181	0.0654	15.2813
4	1986	9	176	0.0910	10.9888
5	1973	3	146	0.1166	8.5789
6	1992	5	134	0.1421	7.0360
7	2002	5	126.5	0.1677	5.9634
8	1969	4	123	0.1933	5.1746
9	1997	12	120.5	0.2188	4.5701
10	1987	11	120	0.2444	4.0921
11	1985	10	107	0.2699	3.7045
12	1993	11	103	0.2955	3.3841
13	2005	9	100.2	0.3211	3.1146
14	1980	1	95	0.3466	2.8850
15	2003	10	95	0.3722	2.6868
16	2000	3	92.3	0.3978	2.5141
17	2006	12	91	0.4233	2.3623
18	1989	9	88	0.4489	2.2278
19	1996	8	85	0.4744	2.1078
20	1978	10	85	0.5000	2.0000
21	2004	12	82.5	0.5256	1.9027
22	1994	4	82	0.5511	1.8145
23	1998	12	76.1	0.5767	1.7340
24	1995	12	73.4	0.6022	1.6604
25	1999	11	71.8	0.6278	1.5928
26	1990	10	69.4	0.6534	1.5305
27	1983	9	65	0.6789	1.4729
28	1991	3	64.2	0.7045	1.4194
29	1977	8	61	0.7301	1.3697
30	2001	7	61	0.7556	1.3234
31	1975	10	56	0.7812	1.2801
32	1982	5	55	0.8067	1.2395
33	1984	11	55	0.8323	1.2015
34	1972	11	52	0.8579	1.1657
35	1981	2	49	0.8834	1.1319
36	1976	5	47	0.9090	1.1001
37	1974	10	46	0.9346	1.0700
38	1979	9	43	0.9601	1.0415
39	1970	10	36.2	0.9857	1.0145

**Tabla nº 37. Resultados finales para la estación pluviométrica de Benissa-Convento.**

<b>mediana (mm)</b>	85
<b>media (mm)</b>	93.9256
<b>desviación típica</b>	45.9625
$\mu_y$	0.5436
$\sigma_y$	1.1413
$\alpha$	0.0248
$\beta$	24.0706
<b>P<sub>max25</sub> (mm)</b>	153
<b>P<sub>max100</sub> (mm)</b>	209
<b>P<sub>max500</sub> (mm)</b>	274

**Tabla nº 38. Aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) para cálculos hidrológicos de la estación pluviométrica de Calp Penyó de Ifach**

Nº de orden	Año	Mes del año	P <sub>max</sub> diaria(mm)	frecuencia	periodo
1	2000	10	158.7	0.0427	23.4286
2	2002	5	85	0.1189	8.4103
3	1999	11	80	0.1951	5.1250
4	1997	12	76.7	0.2713	3.6854
5	2006	12	73.4	0.3476	2.8772
6	2003	2	61.5	0.4238	2.3597
7	2005	10	58.4	0.5000	2.0000
8	1998	12	58.3	0.5762	1.7354
9	2004	11	53.3	0.6524	1.5327
10	1995	9	50	0.7287	1.3724
11	1996	11	50	0.8049	1.2424
12	1994	4	41.9	0.8811	1.1349
13	2001	11	34.2	0.9573	1.0446

**Tabla nº 39. Resultados finales para la estación pluviométrica de Benissa-Convento.**

<b>mediana (mm)</b>	58.4
<b>media (mm)</b>	67.8
<b>desviación típica</b>	29.9744
$\mu_y$	0.5128
$\sigma_y$	1.0206
$\alpha$	0.0340
$\beta$	14.9138
<b>P<sub>max25</sub> (mm)</b>	109
<b>P<sub>max100</sub> (mm)</b>	150
<b>P<sub>max500</sub> (mm)</b>	197

Las estimaciones para periodos de retorno de 500 años tienen bastante incertidumbre, ya que las series temporales de datos de las estaciones pluviométricas son muy cortas, sobretodo la de Calp Penyó d'Ifach, la cual son sólo 13 años y no posee los datos del mes del último evento catastrófico. Las series de Benissa-Convento y Jalón son más largas, de 39 y 33 años respectivamente, pero aun así no lo son lo suficiente como para otorgarnos mucha seguridad en nuestras estimaciones para periodos de retorno largos.

Una vez observados los resultados es importante señalar que la precipitación máxima para un periodo de retorno de 25 años, para cada una de las estaciones, es un 50 % más alta que la media de las precipitaciones máximas diarias en un año. Mientras que la precipitación máxima para 100 años es mayor del doble de la media y la precipitación máxima en 500 años no llega casi al triple.

**Tabla nº 40. Resultados finales de precipitación máxima en los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las estaciones pluviométricas.**

	<b>Jalón</b>	<b>Benissa-Convento</b>	<b>Calp Penyó d'Ifach</b>
<b>media</b>	<b>128.9</b>	<b>93.9</b>	<b>67.8</b>
<b>P<sub>max25</sub> (mm)</b>	<b>191</b>	<b>153</b>	<b>109</b>
<b>P<sub>max100</sub> (mm)</b>	<b>261</b>	<b>209</b>	<b>150</b>
<b>P<sub>max500</sub> (mm)</b>	<b>343</b>	<b>274</b>	<b>197</b>

- **Método de los Polígonos de Thiessen.**

Una vez obtenidos los valores de precipitación para cada estación pluviométrica, se pretende asignar las precipitaciones máximas diarias ponderadas para la zona de

estudio, para lo cual se lleva a cabo la ponderación según el Método de los Polígonos de Thiessen.

Este método requiere el conocimiento de la ubicación de cada estación dentro o en la periferia de la cuenca para proceder a su aplicación, identificando el área de influencia de cada pluviómetro.

En primer lugar se trazan triángulos entre las estaciones más cercanas uniéndolas con segmentos rectos sin que éstos se corten entre sí y tratando que los triángulos sean lo más equiláteros posibles.

A partir de allí se trazan las mediatrices a todos los lados de los triángulos, las que al unirse en un punto común dentro de cada triángulo conforman una serie de polígonos que delimitan el área de influencia de cada estación.

El área de influencia de cada estación considerada "Polígono" está comprendida exclusivamente dentro de la cuenca relacionada con su pluviómetro.

Esta metodología es objetiva y entrega resultados satisfactorios si se tiene una red adecuada de pluviómetros. No es recomendable en áreas montañosas, ya que los coeficientes no reflejan de ninguna manera los efectos altitudinales, y tampoco se recomienda su aplicación para derivar promedios regionales en el caso de tormentas locales intensas.

El hecho de que nuestra cuenca se encuentre en una zona montañosa, sumado al factor determinante de que los datos de las series temporales de las estaciones pluviométricas son muy cortas, sobretodo la de Calp Penyó d'Ifach, la cual es sólo de 16 años y no posee los datos del mes del último evento catastrófico (no hay datos del mes de octubre de 2007). Hace que los valores de precipitación obtenidos mediante los registros de las estaciones pluviométricas más próximas a la zona de estudio, así como la aplicación del Método de los Polígonos de Thiessen, sean poco significativos, siendo mucho más fiables los valores de precipitación máxima que hemos hallado previamente mediante la aplicación del documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" editado por el Ministerio de Fomento. Aun así los valores obtenidos de la estación pluviométrica de Jalón, la que posee una serie más completa y larga, son bastante similares a los obtenidos mediante la aplicación de dicho documento.

### **3. RESULTADOS**

Para la obtención de los caudales punta se ha tomado como datos de precipitación máxima diaria para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, los valores obtenidos mediante la aplicación del documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" editado por el Ministerio de Fomento.

Como se ha descrito anteriormente, el hecho de que la calidad de las series de las estaciones pluviométricas no sea demasiado alta, más concretamente los datos de la estación Calp Penyó d'Ifach, (la serie es muy corta y no hay datos del mes de octubre de 2007, cuando se produjo la última inundación con graves consecuencias), hace que los valores obtenidos mediante la aplicación del documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" sean mucho más representativos que los obtenidos mediante los datos de las estaciones pluviométricas.

**Tabla nº 41. Resultados finales de precipitación máxima en mm según los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las cuencas.**

<b>Nombre de la cuenca</b>	<b>Periodo de retorno</b>	<b>Precipitación máxima diaria</b>
<b>Barranco del Pou Roig</b>	25 años	<b>186 mm</b>
	100 años	<b>253 mm</b>
	500 años	<b>342 mm</b>
<b>Barranco de Quisi</b>	25 años	<b>186 mm</b>
	100 años	<b>253 mm</b>
	500 años	<b>342 mm</b>
<b>Unión de Quisi y Pou Roig</b>	25 años	<b>186 mm</b>
	100 años	<b>253 mm</b>
	500 años	<b>342 mm</b>
<b>Salina del Saladar</b>	25 años	<b>165 mm</b>
	100 años	<b>225 mm</b>
	500 años	<b>304 mm</b>

## **CAPÍTULO VI**

### **Cálculo de caudales punta**

## **VI. Cálculo de caudales punta**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Usualmente, el cálculo del caudal punta en este tipo de trabajos se realiza empleando hidrogramas.

Concretamente este proceso consiste en hallar el hietograma de la precipitación máxima considerando la duración tipo mediante curvas intensidad-duración-frecuencia, para después calcular el hidrograma partiendo de ese hietograma.

Para la creación de éstos se necesitan datos de la precipitación máxima diaria y la duración de la lluvia. El primero de ellos ya se ha calculado en el epígrafe anterior, sin embargo, carecíamos de los datos de duración de lluvia. Ante esa circunstancia, se realizó una búsqueda de información sobre intensidades y duración de tormentas en diferentes libros sobre inundaciones históricas en la provincia de Alicante y otras regiones mediterráneas. Su finalidad era establecer la duración más común de las tormentas más devastadoras que han afectado al litoral mediterráneo de la Península Ibérica y más concretamente a la comarca de la Marina Alta.

La búsqueda nos mostró que cada precipitación importante tenía una duración diferente, habiendo un enorme rango de éstas, que abarcaba desde unos pocos minutos hasta algo más de 24 horas, lo que nos llevó a replantear la intención inicial de calcular el caudal punta mediante hidrogramas.

Una vez desecheda esta primera opción, se tomó la decisión de calcular los caudales máximos mediante el método racional, en el que no es necesario conocer la duración de la precipitación.

El método racional es muy empleado debido a su sencillez. Se basa fundamentalmente en admitir las siguientes hipótesis y suposiciones que a continuación describimos:

En un aguacero ideal de duración indefinida, con intensidad de lluvia neta constante, el caudal  $Q$  en el punto de desagüe de la cuenca, irá creciendo hasta alcanzar una situación de equilibrio. En ese momento, el volumen de agua que sale de la cuenca se igualará con el volumen de agua que entra en la misma, estabilizándose el caudal a partir de entonces. Suponiendo un aguacero de duración indefinida y de intensidad constante, sería suficiente un determinado tiempo de concentración para alcanzar el caudal de equilibrio y, si se admite que la intensidad es constante a lo largo de la duración del aguacero y es inversamente proporcional a la duración del mismo, será el aguacero de duración igual al tiempo de concentración el que proporcione el caudal punta, si se dan por válidas el conjunto de simplificaciones realizadas.

No solo la sencillez ha sido un factor determinante para la elección del método racional, sino que el documento PATRICOVA de la Dirección de Urbanismo y Ordenación Territorial de la Generalitat Valenciana también emplea en sus cálculos dicho método. Además la Instrucción 5.2 IC, la cual nos ha sido de gran ayuda hasta

el momento, aconseja el empleo del método racional para el cálculo de caudales. De la misma forma que el documento “Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local” editado por la Agencia Catalana del Agua también aconseja el empleo del mismo en el caso de que carezcamos de datos de duración de las precipitaciones.

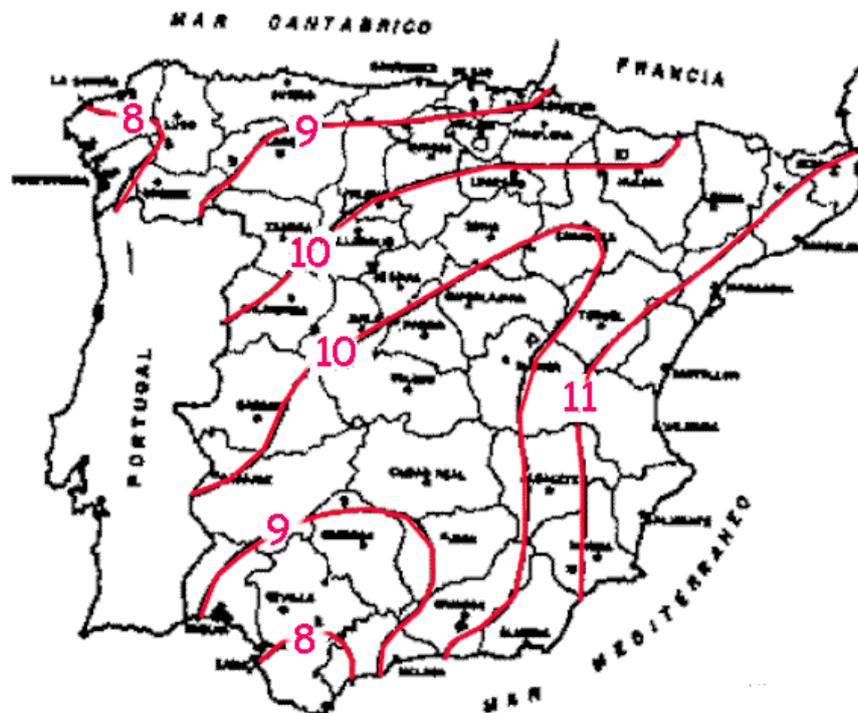
Finalmente, hay que comentar que los caudales punta para los periodos de retorno considerados por el PATRICOVA se han calculado en la desembocadura del cauce principal de cada cuenca. Dichos caudales punta se han calculado para las diferentes precipitaciones máximas según cada estación pluviométrica y según la calculada mediante el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" editado por el Ministerio de Fomento.

La formulación del método racional que emplearemos es la propuesta por Témez en 1991.

## 2. METODOLOGÍA

Para la aplicación del método racional hemos utilizado la formulación propuesta por Témez, que nos dará el valor del caudal punta. Para ello hemos seguido los siguientes pasos:

Para la obtención del factor regional  $I_1 / I_d$  de la cuenca nos hemos servido del mapa extraído de la Instrucción 5.2-IC. Para Alicante hemos tomado un valor aproximado de 11.5.



*Figura VI-1. Reproducción del mapa de la figura 2.2 de la Instrucción 5.2-IC de donde se extrae el factor regional  $I_1/I_d$ .*

La obtención del tiempo de concentración de la cuenca se ha realizado mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$T_c = 0.3 * \left( \frac{L}{J^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

- $T_c$  es el tiempo de concentración de la cuenca en horas.
- $L$  es la longitud del cauce principal en kilómetros.
- $J$  es la pendiente media del cauce principal.

La obtención del coeficiente de uniformidad de lluvia se ha realizado aplicando la fórmula:

$$K = 1 + \left( \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \right)$$

Siendo  $T_c$  el tiempo de concentración de la cuenca en horas hallado previamente.

La obtención del factor corrector por área ARF se halla de dos formas, dependiendo de la magnitud de la superficie de la cuenca a estudiar.

Si la superficie de la cuenca es  $< 1 \text{ km}^2$

$$ARF = 1$$

Si la superficie de la cuenca es  $> 1 \text{ km}^2$

$$ARF = 1 + \frac{\log(A)}{15}$$

Siendo  $A$  la superficie de la cuenca en  $\text{km}^2$

Obtención de la precipitación diaria reducida: dicha reducción de la precipitación máxima diaria se realiza multiplicando el factor corrector ARF por la precipitación máxima diaria de cada periodo de retorno que estemos estudiando.

$$P_d = P_{dT} * ARF$$

Donde:

- $P_d$  es la precipitación diaria reducida (en mm).
- $P_{dT}$  es la precipitación máxima diaria (en mm) calculada para el periodo de retorno considerado.
- ARF es el factor corrector por área determinado en el paso anterior.

6. El cálculo de la intensidad media diaria se ha realizado dividiendo la precipitación diaria reducida entre 24 horas.

$$I_d = P_d / 24$$

Donde:

- $I_d$  es la intensidad media diaria (en mm/hora).
- $P_d$  es la precipitación diaria reducida (en mm) hallada en el paso anterior.

La obtención de la intensidad media de lluvia a considerar en cada cuenca se realiza mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$I_t / I_d = \left( I_1 / I_d \right)^{\frac{28^{0.1-t^{0.1}}}{28^{0.1}-1}}$$

Como en nuestro caso la duración es igual al tiempo de concentración, la expresión queda de la siguiente forma:

$$I / I_d = \left( I_1 / I_d \right)^{\frac{28^{0.1-T_c^{0.1}}}{28^{0.1}-1}}$$

Finalmente despejando esta ecuación llegamos a:

$$I = I_d * \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

- I es la intensidad media de lluvia a considerar en la cuenca, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración (en mm/hora).
- Id es la intensidad media diaria (en mm/hora) hallada en el paso anterior.
- I<sub>1</sub>/ I<sub>d</sub> es el factor regional de la cuenca (determinada en el paso 1).
- T<sub>c</sub> es el tiempo de concentración calculado en el paso 2.

Obtención del coeficiente de escorrentía mediante la expresión:

$$C = \frac{\left( \frac{P_d}{P_0} \right) * \left( \frac{P_d}{P_0} + 23 \right)}{\left( \frac{P_d}{P_0} + 11 \right)^2}$$

Aunque para facilitar los cálculos también la podemos representar de la siguiente forma:

$$C = \frac{(P_d - P_0) * (P_d + 23 * P_0)}{(P_d + 11 * P_0)^2}$$

Donde:

- C es el coeficiente de escorrentía, el cual es un valor adimensional.
- P<sub>d</sub> es la precipitación diaria reducida (en mm) hallada en el paso 5.
- P<sub>0</sub> es el umbral de escorrentía corregido (en mm), calculado previamente para cada una de las cuencas.

Por último la obtención del caudal punta la realizaremos mediante la siguiente expresión:

$$C = K * \frac{C * I * A}{3.6}$$

Donde:

Q es el caudal punta en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

K es el coeficiente de uniformidad de la lluvia hallado en el paso 3.

C es el coeficiente de escorrentía hallado en el paso 8.

I es la máxima intensidad media de lluvia (en  $\text{mm}/\text{hora}$ ) en el intervalo de duración igual al tiempo de concentración, hallada en el paso 7.

A es la área de la cuenca en  $\text{km}^2$ .

### 3. Tabla nº 42. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA CALCULADOS MEDIANTE EL DOCUMENTO "MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR"

	Barranco del Pou Roig	Barranco de Quisi	Unión de barrancos	Cuenca del Saladar	Unidades
<b>Factor regional (I1/Id)</b>	11.5	11.5	11.5	11.5	adimensional
<b>Tiempo de concentración (Tc)</b>	3.16	3.43	3.25	1.09	horas
<b>Coef. de uniformidad de lluvia (K)</b>	1.23	1.25	1.24	1.07	adimensional
<b>Factor corrector por área ARF</b>	1.09	1.09	1.11	1.04	adimensional
<b>Precipitación diaria reducida según periodo de retorno</b>					
<b>Pd<sub>25</sub></b>	203	202	207	173	mm
<b>Pd<sub>100</sub></b>	277	275	281	235	mm
<b>Pd<sub>500</sub></b>	374	371	379	317	mm
<b>Intensidad media diaria según periodo de retorno</b>					
<b>Id<sub>25</sub></b>	8.48	8.42	8.61	7.20	mm/hora
<b>Id<sub>100</sub></b>	11.54	11.46	11.71	9.80	mm/hora
<b>Id<sub>500</sub></b>	15.57	15.47	15.81	13.22	mm/hora
<b>Intensidad media diaria a considerar según periodo de retorno</b>					
<b>I<sub>25</sub></b>	45.93	45.62	46.63	39.01	mm/hora
<b>I<sub>100</sub></b>	62.52	62.09	63.48	53.10	mm/hora
<b>I<sub>500</sub></b>	84.37	83.80	85.66	71.66	mm/hora
<b>Coeficiente de escorrentía según periodo de retorno</b>					
<b>C<sub>25</sub></b>	0.20	0.37	0.27	0.62	adimensional
<b>C<sub>100</sub></b>	0.29	0.48	0.37	0.71	adimensional
<b>C<sub>500</sub></b>	0.39	0.59	0.48	0.79	adimensional
<b>Caudal punta según periodo de retorno</b>					
<b>Q<sub>25</sub></b>	77	114	191	36	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>100</sub></b>	155	200	358	56	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>500</sub></b>	282	328	620	84	m <sup>3</sup> /s

#### 4. Tabla nº 43. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE JALÓN

	Barranco del Pou Roig	Barranco de Quisi	Unión de barrancos	Cuenca del Saladar	Unidades
<b>Factor regional (I1/Id)</b>	11.5	11.5	11.5	11.5	adimensional
<b>Tiempo de concentración (Tc)</b>	3.16	3.43	3.25	1.09	horas
<b>Coef. de uniformidad de lluvia (K)</b>	1.23	1.25	1.24	1.07	adimensional
<b>Factor corrector por área ARF</b>	1.09	1.09	1.11	1.04	adimensional
<b>Precipitación diaria reducida según periodo de retorno</b>					
<b>Pd<sub>25</sub></b>	208	207	212	199	mm
<b>Pd<sub>100</sub></b>	286	284	290	273	mm
<b>Pd<sub>500</sub></b>	374	372	380	358	mm
<b>Intensidad media diaria según periodo de retorno</b>					
<b>Id<sub>25</sub></b>	8.69	8.63	8.82	8.30	mm/hora
<b>Id<sub>100</sub></b>	11.90	11.82	12.08	11.37	mm/hora
<b>Id<sub>500</sub></b>	15.60	15.50	15.84	14.91	mm/hora
<b>Intensidad media diaria a considerar según periodo de retorno</b>					
<b>I<sub>25</sub></b>	47.07	46.75	47.79	44.97	mm/hora
<b>I<sub>100</sub></b>	64.49	64.05	65.48	61.62	mm/hora
<b>I<sub>500</sub></b>	84.54	83.97	85.84	80.78	mm/hora
<b>Coeficiente de escorrentía según periodo de retorno</b>					
<b>C<sub>25</sub></b>	0.21	0.38	0.28	0.66	adimensional
<b>C<sub>100</sub></b>	0.30	0.49	0.38	0.76	adimensional
<b>C<sub>500</sub></b>	0.39	0.59	0.48	0.82	adimensional
<b>Caudal punta según periodo de retorno</b>					
<b>Q<sub>25</sub></b>	82	119	201	44	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>100</sub></b>	166	211	380	69	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>500</sub></b>	283	329	622	99	m <sup>3</sup> /s

### 5. Tabla nº 44. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE BENISSA-CONVENTO

	Barranco del Pou Roig	Barranco de Quisi	Unión de barrancos	Cuenca del Saladar	Unidades
<b>Factor regional (I1/Id)</b>	11.5	11.5	11.5	11.5	adimensional
<b>Tiempo de concentración (Tc)</b>	3.16	3.43	3.25	1.09	horas
<b>Coef. de uniformidad de lluvia (K)</b>	1.23	1.25	1.24	1.07	adimensional
<b>Factor corrector por área ARF</b>	1.09	1.09	1.11	1.04	adimensional
<b>Precipitación diaria reducida según periodo de retorno</b>					
<b>Pd<sub>25</sub></b>	167	166	170	160	mm
<b>Pd<sub>100</sub></b>	229	227	232	219	mm
<b>Pd<sub>500</sub></b>	300	298	304	286	mm
<b>Intensidad media diaria según periodo de retorno</b>					
<b>Id<sub>25</sub></b>	6.96	6.92	7.07	6.65	mm/hora
<b>Id<sub>100</sub></b>	9.53	9.47	9.68	9.11	mm/hora
<b>Id<sub>500</sub></b>	12.49	12.41	12.68	11.94	mm/hora
<b>Intensidad media diaria a considerar según periodo de retorno</b>					
<b>I<sub>25</sub></b>	37.72	37.47	38.30	36.05	mm/hora
<b>I<sub>100</sub></b>	51.65	51.30	52.45	49.35	mm/hora
<b>I<sub>500</sub></b>	67.69	67.23	68.73	64.67	mm/hora
<b>Coeficiente de escorrentía según periodo de retorno</b>					
<b>C<sub>25</sub></b>	0.14	0.31	0.21	0.59	adimensional
<b>C<sub>100</sub></b>	0.23	0.41	0.31	0.69	adimensional
<b>C<sub>500</sub></b>	0.32	0.51	0.40	0.77	adimensional
<b>Caudal punta según periodo de retorno</b>					
<b>Q<sub>25</sub></b>	46	77	122	32	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>100</sub></b>	102	142	245	51	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>500</sub></b>	183	229	417	74	m <sup>3</sup> /s

## 6. Tabla nº 45. RESULTADOS SEGÚN DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE CALP PENYÓ D'IFACH

	Barranco del Pou Roig	Barranco de Quisi	Unión de barrancos	Cuenca del Saladar	Unidades
<b>Factor regional (I1/Id)</b>	11.5	11.5	11.5	11.5	adimensional
<b>Tiempo de concentración (Tc)</b>	3.16	3.43	3.25	1.09	horas
<b>Coef. de uniformidad de lluvia (K)</b>	1.23	1.25	1.24	1.07	adimensional
<b>Factor corrector por área ARF</b>	1.09	1.09	1.11	1.04	adimensional
<b>Precipitación diaria reducida según periodo de retorno</b>					
<b>Pd<sub>25</sub></b>	119	118	121	114	mm
<b>Pd<sub>100</sub></b>	164	163	166	157	mm
<b>Pd<sub>500</sub></b>	216	214	219	206	mm
<b>Intensidad media diaria según periodo de retorno</b>					
<b>Id<sub>25</sub></b>	4.96	4.92	5.03	4.74	mm/hora
<b>Id<sub>100</sub></b>	6.83	6.79	6.94	6.53	mm/hora
<b>Id<sub>500</sub></b>	8.99	8.93	9.13	8.59	mm/hora
<b>Intensidad media diaria a considerar según periodo de retorno</b>					
<b>I<sub>25</sub></b>	26.86	26.68	27.27	25.66	mm/hora
<b>I<sub>100</sub></b>	37.02	36.77	37.59	35.37	mm/hora
<b>I<sub>500</sub></b>	48.71	48.38	49.46	46.54	mm/hora
<b>Coefficiente de escorrentía según periodo de retorno</b>					
<b>C<sub>25</sub></b>	0.06	0.20	0.12	0.47	adimensional
<b>C<sub>100</sub></b>	0.14	0.30	0.20	0.58	adimensional
<b>C<sub>500</sub></b>	0.22	0.39	0.29	0.67	adimensional
<b>Caudal punta según periodo de retorno</b>					
<b>Q<sub>25</sub></b>	15	36	49	18	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>100</sub></b>	44	74	116	31	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>500</sub></b>	89	127	216	47	m <sup>3</sup> /s

## 7. CONCLUSIONES

Como se ha dicho en el capítulo anterior, la baja calidad de los datos las series temporales de las estaciones pluviométricas, sumado al hecho de encontrarnos en un área bastante montañosa, hace que para hallar los valores de caudales punta para 25, 100 y 500 años se utilicen los valores de precipitación máxima diaria hallados mediante el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular", ya que son más representativos, sobretodo para periodos de retorno altos como 100 o 500 años

**Tabla nº 46. Resultados finales de caudales punta en m<sup>3</sup>/s para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las cuencas.**

Caudales punta	Barranco del Pou Roig	Barranco de Quisi	Unión de barrancos	Cuenca del Saladar	Unidades
Q <sub>25</sub>	77	114	191	36	m <sup>3</sup> /s
Q <sub>100</sub>	155	200	358	56	m <sup>3</sup> /s
Q <sub>500</sub>	282	328	620	84	m <sup>3</sup> /s

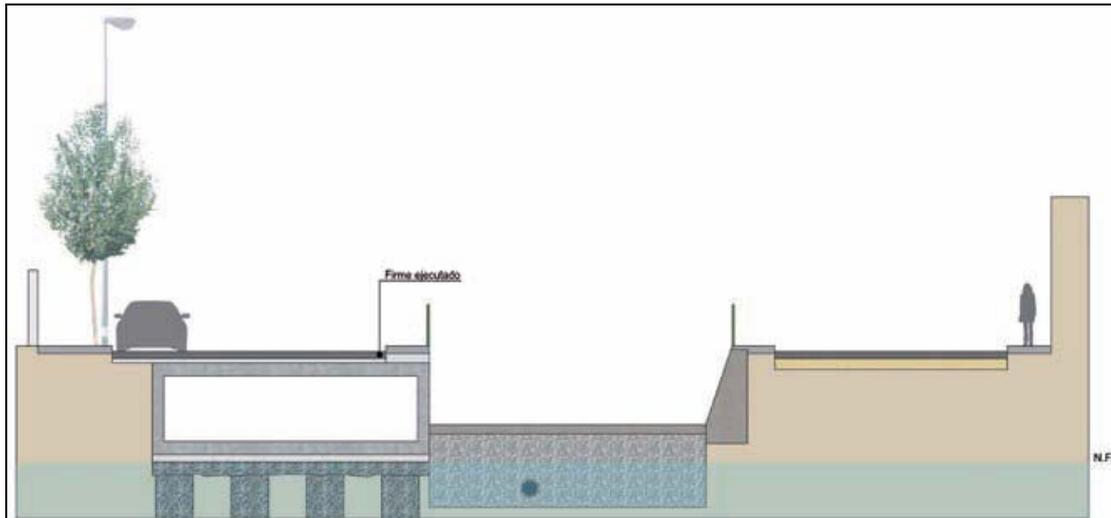
Lo más importante a señalar en este capítulo, además de los datos de caudales punta obtenidos, ha sido el hecho de que los resultados de los cálculos para las cuencas del Barranco del Pou Roig y el Barranco de Quisi por separado sean similares a los resultados de los cálculos obtenidos considerando los dos como una única cuenca.

Los datos obtenidos han sido muy positivos, ya que la suma de los caudales obtenidos de los dos barrancos estudiados independientemente es muy similar al caudal obtenido considerando los dos barrancos como una única cuenca, siendo este último valor para los Q<sub>100</sub> y Q<sub>500</sub> ligeramente mayor debido a que la superficie de la cuenca completa es un poco mayor. Esto ha dado mucha fiabilidad a los cálculos realizados.

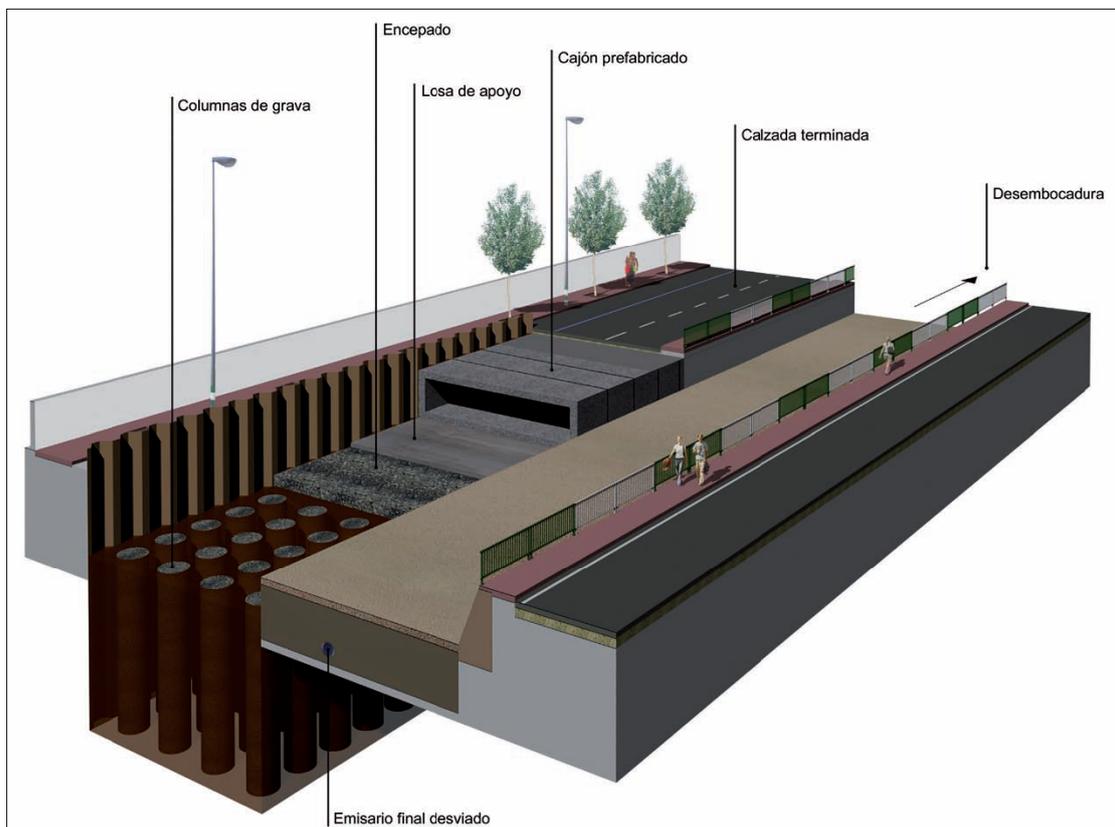
## **CAPÍTULO VII**

### **Modelización de los datos obtenidos**





*Figura VII-2. Sección transversal esquemática, donde podemos observar el antiguo cauce (derecha) y el nuevo realizado con prefabricados (izquierda).*



*Figura VII-3. Imagen virtual de la solución de encauzamiento con marcos prefabricados de 6,75 x 1,75 m (interior) en paralelo con el encauzamiento a cielo abierto de la confluencia de los barrancos Quisi y Pou Roig en la C/ La Niña.*



*Figura VII-4. Fotografía de la colocación de los marcos prefabricados, extraída del libro “Lluvias Octubre 2007” de la Confederación Hidrográfica del Júcar.*

La herramienta informática utilizada para la modelización de los datos ha sido el programa HEC- RAS, más concretamente la versión 4.0.

HEC-RAS son las siglas de “Hydrologic Engineering Center” y “River Analysis System”, el cual ha sido creado por el "US Army Corps of Engineers", (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos).

Para la realización de esta modelización se ha utilizado los datos obtenidos en el capítulo anterior, más concretamente los caudales punta para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años obtenido según datos de precipitación máxima calculados mediante el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular". Se han tomado los periodos de 25, 100 y 500 años porque son los periodos de retorno que utiliza el PATRICOVA.

Debido a que el nuevo canal realizado con prefabricados está diseñado para evacuar  $35 \text{ m}^3/\text{s}$ , y que éste se haya soterrado con una cota inferior al canal a cielo abierto, se ha decidido restar estos  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  a los diferentes caudales punta utilizados, ya que este canal se llenará antes evacuando al mar el máximo de su capacidad. De esta forma se podrá realizar una simulación más exacta del canal a cielo abierto.

Además de los caudales punta hemos necesitado datos de las dimensiones de las 37 secciones, una cada 10 m, que hemos introducido en el HEC-RAS. Estas medidas han sido tomadas en campo mediante un medidor láser y cinta métrica (para corroborar los resultados), pese a las dificultades de acceso al canal.



*Figura VII-5. Fotografía del canal desde el interior del mismo, tomada cuando se realizaron las mediciones a día 2 de agosto 2012.*

Dentro de estas secciones podemos diferenciar dos tipos muy significativos:

- Desde la sección 36, situada la primera aguas arriba, lugar donde ya han confluído los dos barrancos, hasta la sección número 5. En este tramo del canal las secciones transversales son de dimensiones prácticamente iguales y la forma de la sección es asimétrica.
- De la sección 4 a la 0, esta última situada en la desembocadura del canal en el mar en la playa de Arenal Bol. Estas secciones transversales son simétricas, aunque tienen dimensiones diferentes, ya que el cauce se va ensanchando ligeramente hasta el final del mismo.

Por último, se ha conseguido la cartografía del PGOU de Calp a una escala 1:1.000, es decir, con curvas de nivel con una equidistancia de un metro. Dicha cartografía ha sido proporcionada por la concejalía de Medi Ambient de Calp.

## **2. METODOLOGÍA**

### Introducción de los datos en el HEC-RAS

La introducción de los datos del tramo estudiado en el HEC-RAS se ha realizado siguiendo los siguientes pasos:

1. Lo primero (y sólo la primera vez que usamos el programa) indicamos a HEC-RAS que utilice unidades del Sistema Internacional (métrico).
2. Dibujamos el cauce que vamos a estudiar. Para ello abrimos la ventana Geometric Data, en el Cuadro Principal. Una vez hecho esto aparece una nueva ventana en la cual inicialmente picamos en el botón “River Reach”, convirtiéndose el cursor en un lápiz; con sucesivos clicks trazamos un esquema del cauce.

Posteriormente, se han introducido los datos de las coordenadas de los puntos que definen el cauce a estudiar, contenidos en el mapa 1:1.000 del PGOU de Calp. Para ello me he introducido en “Reach Schematic Lines” y he dado los siguientes valores extraídos gracias a Autocad.

**Tabla nº 47. Coordenadas de los puntos que definen el cauce del estudio.**

	Schematic X	Schematic Y
1	243670.427	4281662.31
2	243618.875	4281572.34
3	243555.238	4281489.31
4	243502.229	4281431.77
5	243484.813	4281398.59
6	243480.411	4281367.81
7	243467.771	4281326.95

3. En la ventana Geometric Data (donde acabamos de dibujar el cauce), picamos en Cross Section y aparece una nueva ventana: Cross Section Data. Este paso es fundamental, ya que aquí se introduce las dimensiones transversales del cauce y otros datos básicos para la calidad del resultado.

- La primera que hemos introducido, es la sección 0, situada la primera agua abajo en la desembocadura del canal en el mar. Estas sección transversal junto con la 1, 2, 3 y 4 son simétricas, aunque tienen dimensiones diferentes, por lo que se han introducido una a una con equidistancia de 10 metros.

- Posteriormente se ha introducido la sección 5, a un metro de las anteriores y la sección 36, situada la primera aguas arriba. Después se ha interpolado para dibujar las secciones intermedias, con una distancia entre sección y sección de 10 metros.

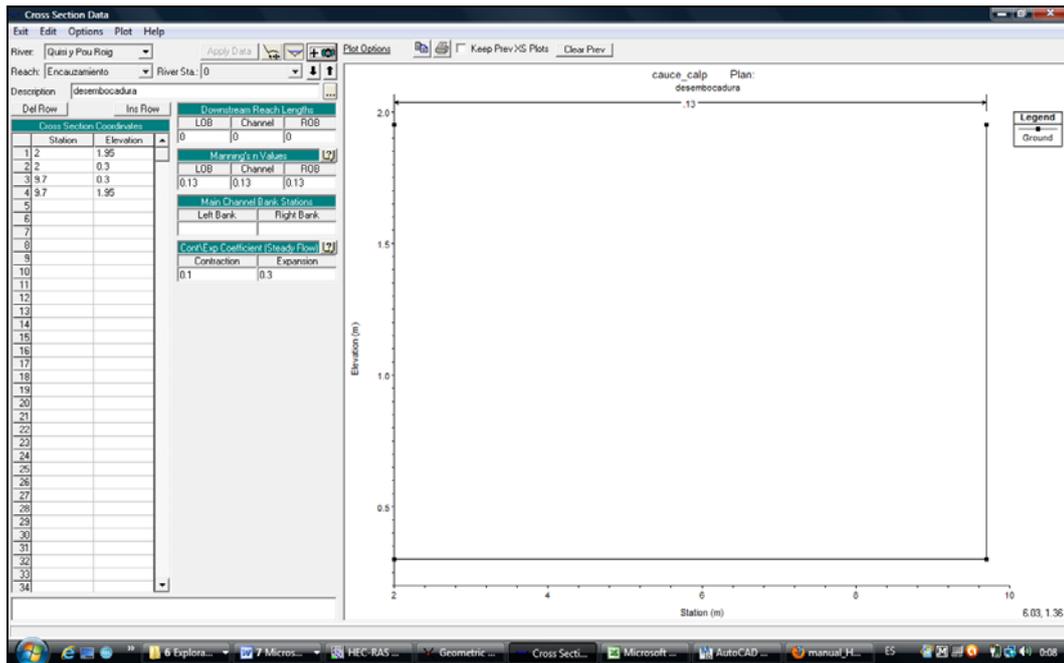


Figura VII-6. Captura de pantalla del programa HEC-RAS, que muestra la introducción de los datos de la primera sección aguas abajo, sección 0.

Los datos que se han introducido son los siguientes:

- Geometría del cauce.

En la misma ventana Cross Section Data, escribimos en las dos columnas de la izquierda: en la primera columna (Station) la distancia desde la margen izquierda, en la segunda columna (Elevation) la cota del fondo del cauce en ese punto.

- Distancia hasta la sección siguiente.

En la misma ventana Cross Section Data, dentro del cuadro de “Downstream Reach Lengths” indicamos las distancias desde esta sección a la inmediata siguiente aguas abajo.

- Valores "n" de Manning.

El programa HEC-RAS contiene las siguientes tablas de valores del coeficiente de Manning, para poder elegir el adecuado.

Tabla nº 48. Tablas de valores del coeficiente de Manning que contiene el programa HEC-RAS.

		Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<b>A. Natural Streams</b>					
<b>1. Main Channels</b>					
	a.	Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033

	b.	Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
	c.	Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
	d.	Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
	e.	Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
	f.	Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
	g.	Sluggish reaches, weedy. deep pools	0.050	0.070	0.080
	h.	Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
<b>2. Flood Plains</b>					
	a.	Pasture no brush			
		1. Short grass	0.025	0.030	0.035
		2. High grass	0.030	0.035	0.050
	b.	Cultivated areas			
		1. No crop	0.020	0.030	0.040
		2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
		3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
	c.	Brush			
		1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
		2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
		3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
		4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
		5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
	d.	Trees			
		1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
		2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
		3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
		4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
		5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
<b>3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged</b>					
	a.	Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
	b.	Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070
<b>B. Lined or Built-Up Channels</b>					
<b>1. Concrete</b>					
	a.	Trowel finish	0.011	0.013	0.015
	b.	Float Finish	0.013	0.015	0.016
	c.	Finished, with gravel bottom	0.015	0.017	0.020
	d.	Unfinished	0.014	0.017	0.020
	e.	Gunite, good section	0.016	0.019	0.023
	f.	Gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
	g.	On good excavated rock	0.017	0.020	
	h.	On irregular excavated rock	0.022	0.027	

<b>2. Concrete bottom float finished with sides of:</b>					
a.	Dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020	
b.	Random stone in mortar	0.017	0.020	0.024	
c.	Cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024	
d.	Cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030	
e.	Dry rubble on riprap	0.020	0.030	0.035	
<b>3. Gravel bottom with sides of:</b>					
a.	Formed concrete	0.017	0.020	0.025	
b.	Random stone in mortar	0.020	0.023	0.026	
c.	Dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036	
<b>4. Brick</b>					
a.	Glazed	0.011	0.013	0.015	
b.	In cement mortar	0.012	0.015	0.018	
<b>5. Metal</b>					
a.	Smooth steel surfaces	0.011	0.012	0.014	
b.	Corrugated metal	0.021	0.025	0.030	
<b>6. Asphalt</b>					
a.	Smooth	0.013	0.013		
b.	Rough	0.016	0.016		
<b>7. Vegetal lining</b>			0.030		0.500
<b>C. Excavated or Dredged Channels</b>					
<b>1. Earth, straight and uniform</b>					
a.	Clean, recently completed	0.016	0.018	0.020	
b.	Clean, after weathering	0.018	0.022	0.025	
c.	Gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030	
d.	With short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033	
<b>2. Earth, winding and sluggish</b>					
a.	No vegetation	0.023	0.025	0.030	
b.	Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033	
c.	Dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040	
d.	Earth bottom and rubble side	0.028	0.030	0.035	
e.	Stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040	
f.	Cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050	
<b>3. Dragline-excavated or dredged</b>					
a.	No vegetation	0.025	0.028	0.033	
b.	Light brush on banks	0.035	0.050	0.060	
<b>4. Rock cuts</b>					
a.	Smooth and uniform	0.025	0.035	0.040	
b.	Jagged and irregular	0.035	0.040	0.050	

		<b>5. Channels not maintained, weeds and brush</b>			
	a.	Clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
	b.	Same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
	c.	Dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
	d.	Dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140

El valor de número de Manning que se ha tomado para las secciones del canal ha sido el de: **B. Canales lineales o construidos *Lined or Built-Up Channels*, 1. Hormigón, acabado fino** y valor normal, es decir 0.013, tanto para las paredes, como para el fondo del canal.

- Acotación del canal principal.

Estos puntos definen la parte de la sección que puede considerarse como canal principal. El resto de la sección se considerará como llanura de inundación. Al ser el lecho del cauce casi totalmente plano se ha decidido tomarlo todo como canal principal.

- Valores de los coeficientes de contracción/expansión.

El programa utiliza los coeficientes de contracción/expansión para determinar las pérdidas de energía entre dos secciones contiguas. Los autores para una transición gradual aconsejan 0.1 (contracción) y 0.3 (expansión), mientras que en las proximidades de un puente pueden ser, respectivamente de 0.3 y 0.5 o mayores, por la mayor pérdida de energía.

En el estudio que se ha realizado se han tomado los valores de 0.1 y 0.3 para la contracción y expansión, ya que aunque parte del canal queda soterrado, no hay ni pilas ni estribos que produzcan una pérdida de energía considerable.

4. Introducción en las secciones transversales de todos los tramos de canal cubiertos.

Se ha realizado mediante la opción Add a lid to Xs, dentro de Cross Section.

5. Caudales.

En la ventana principal de HEC-RAS nos vamos al menú Edit >Steady Flow Data...

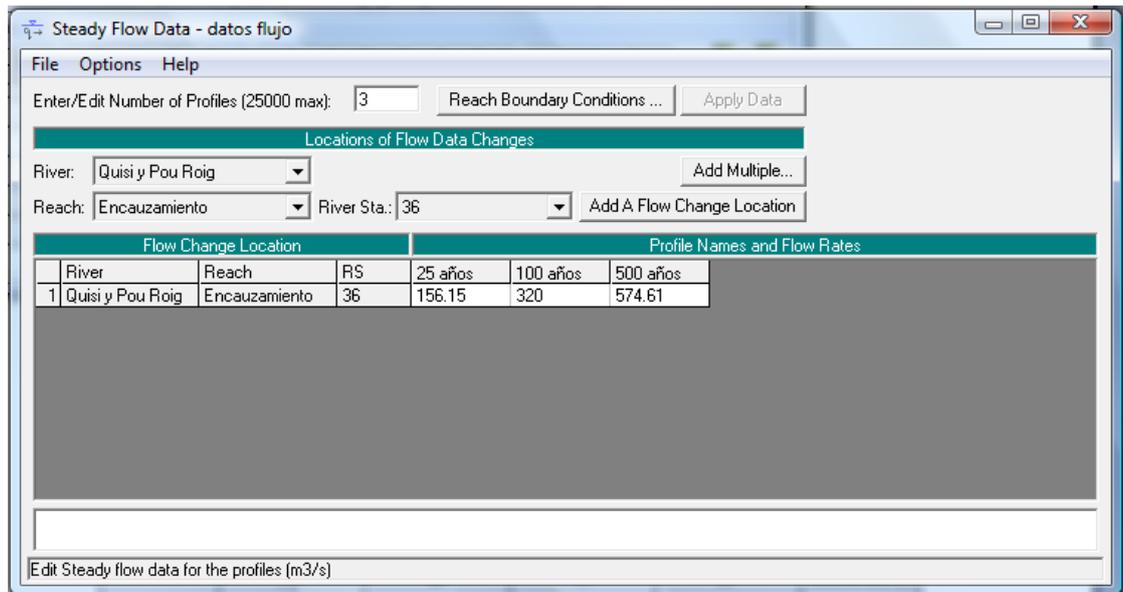


Figura VII-7. Captura de pantalla del programa HEC-RAS, que muestra la introducción de caudales y periodos de retorno.

En primer lugar hay que indicar el número de "perfiles" (Profiles) que hay que calcular. Con "perfiles" se refiere a diversas hipótesis de cálculo que deseamos plantear simultáneamente, para varios caudales.

En nuestro caso hemos indicado 3 perfiles, que aparecen inicialmente como PF1 PF2 y PF3. Posteriormente, los hemos renombrado como 25 años, 100 años y 500 años, los caudales punta según periodo de retorno que se han hallado anteriormente. Finalmente, para cada uno de los tres "perfiles" introducimos un dato de caudal punta (en  $m^3/s$ ).

## 6. Condiciones de contorno

En la ventana en que introducimos los datos de caudales es necesario especificar las "condiciones de contorno" (Boundary conditions), para ello tendremos que picar en reach Boundary conditions. Una vez ahí se ha seleccionado Profundidad crítica (Critical Depth) para aguas arriba. Con esta opción, no se tiene que introducir ningún dato más. El programa calcula la profundidad crítica para cada uno de los perfiles y la utilizará como condición de contorno.

## 7. Ejecución del modelo

Para ejecución del modelo debemos situarnos en la ventana principal de HEC-RAS, menú Run > Steady Flow Analysis... (ya que en este caso hemos utilizado un caudal constante (Steady)).

También hemos de especificar si el régimen es subcrítico (lento) o supercrítico (rápido), lo que debe estar de acuerdo con las condiciones de contorno

especificadas. En el caso de este estudio debido a las características de la cuenca y de los caudales hemos tomado un régimen supercrítico (rápido)

#### 8. Visualización de los resultados

Una vez ejecutado el modelo podremos consultar los resultados dentro del menú principal en la pestaña de view. Estos resultados que podemos obtener van desde tablas de valores hasta perfiles longitudinales, transversales, representaciones en perspectiva del tramo estudiado...

### 3. RESULTADOS

#### REPRESENTACIÓN EN PERSPECTIVA DEL TRAMO ESTUDIADO

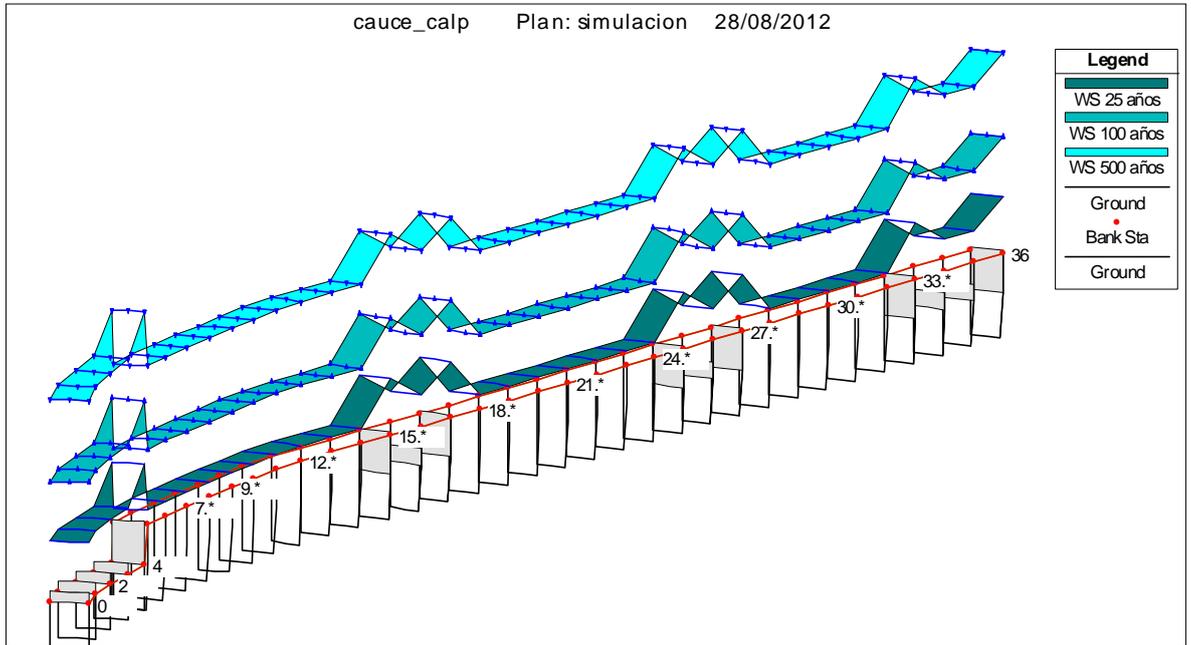


Figura VII-8. Representación en perspectiva del cauce estudiado y de la superficie de agua para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.

#### PERFILES TRANSVERSALES SECCIÓN 36, UNIÓN DE BARRANCOS

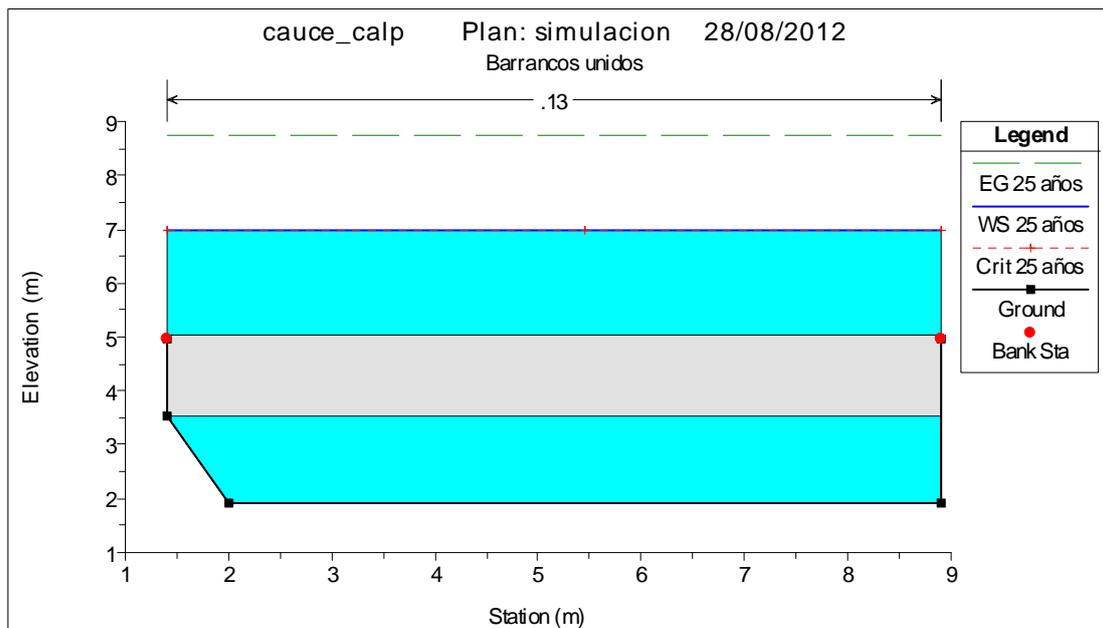


Figura VII-9. Sección transversal número 36 para un periodo de retorno de 25 años.

En esta sección transversal se puede observar que para el caudal punta calculado en un periodo de retorno de 25 años, la superficie de agua sobrepasa en cerca de 2 metros la tapa del canal.

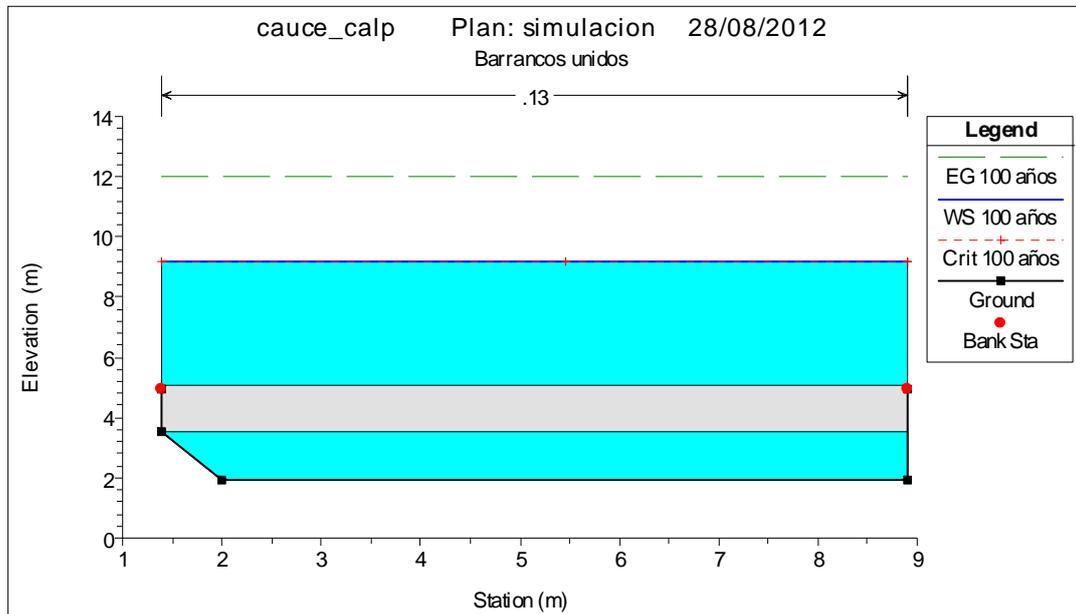


Figura VII-10. Sección transversal número 36 para un periodo de retorno de 100 años.

En esta sección transversal se puede observar que para el caudal punta calculado en un periodo de retorno de 100 años, la superficie de agua sobrepasa alrededor de 4 metros la tapa del canal.

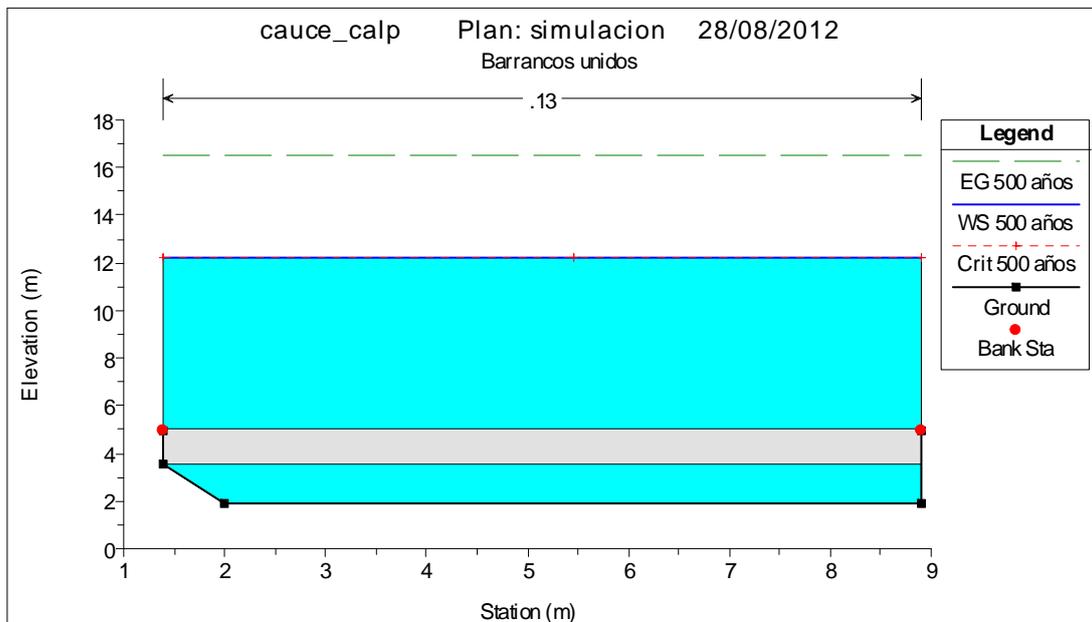


Figura VII-11. Sección transversal número 36 para un periodo de retorno de 500 años.

En esta sección transversal se puede observar que para el caudal punta calculado en un periodo de retorno de 500 años desborda holgadamente, superando la superficie de agua los 7 metros respecto la calzada.

### PERFILES TRANSVERSALES SECCIÓN 19, SECCIÓN INTERMEDIA AL DESCUBIERTO

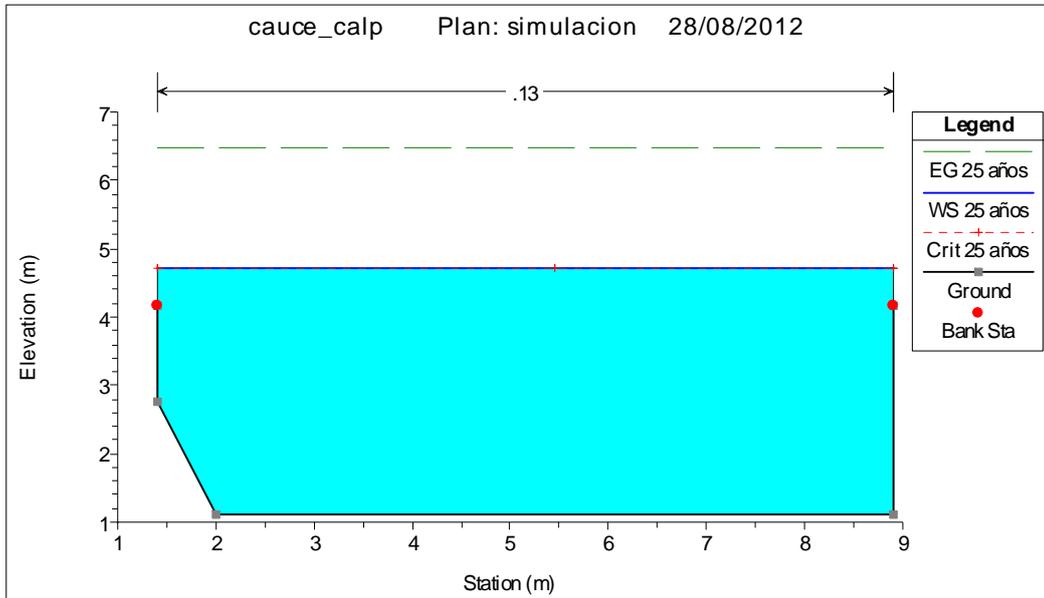


Figura VII-12. Sección transversal número 19 para un periodo de retorno de 25 años.

Esta sección intermedia es muy representativa del cauce donde hemos realizado el estudio, ya que la mayoría de las secciones son bastante similares, tienen las mismas dimensiones, características y están al descubierto. En ella podemos observar como el canal se desborda por ambos márgenes, aunque apenas medio metro.

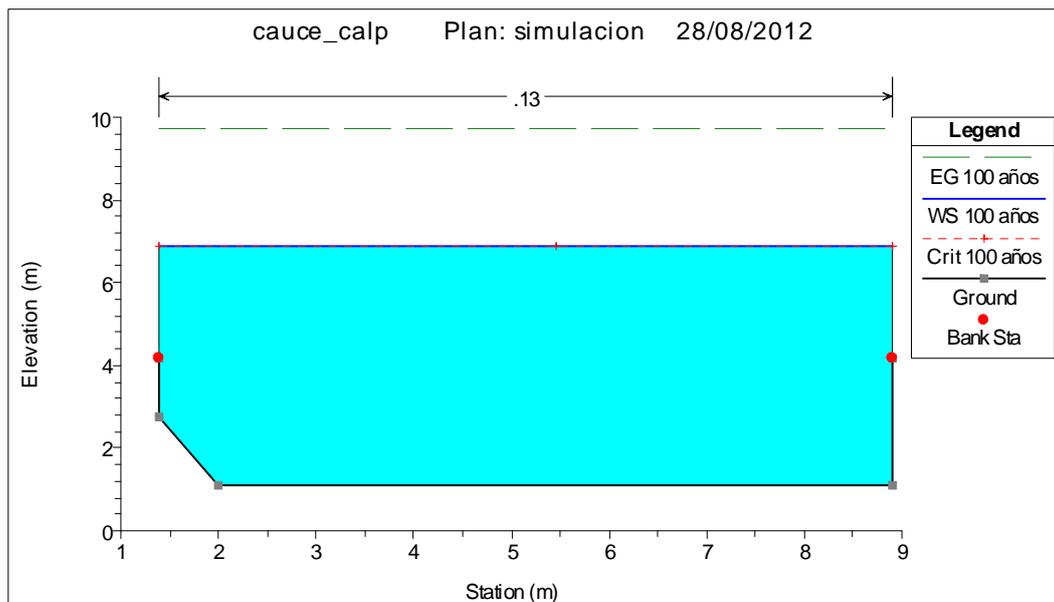


Figura VII-13. Sección transversal número 19 para un periodo de retorno de 100 años.

En esta sección 19 para caudales punta con periodo de retorno de 100 años, podemos observar como la superficie de agua ya esta casi 3 metros por de los márgenes del cauce. Además debemos tener en cuenta que dichos márgenes están más de un metro por encima de la vía pública.

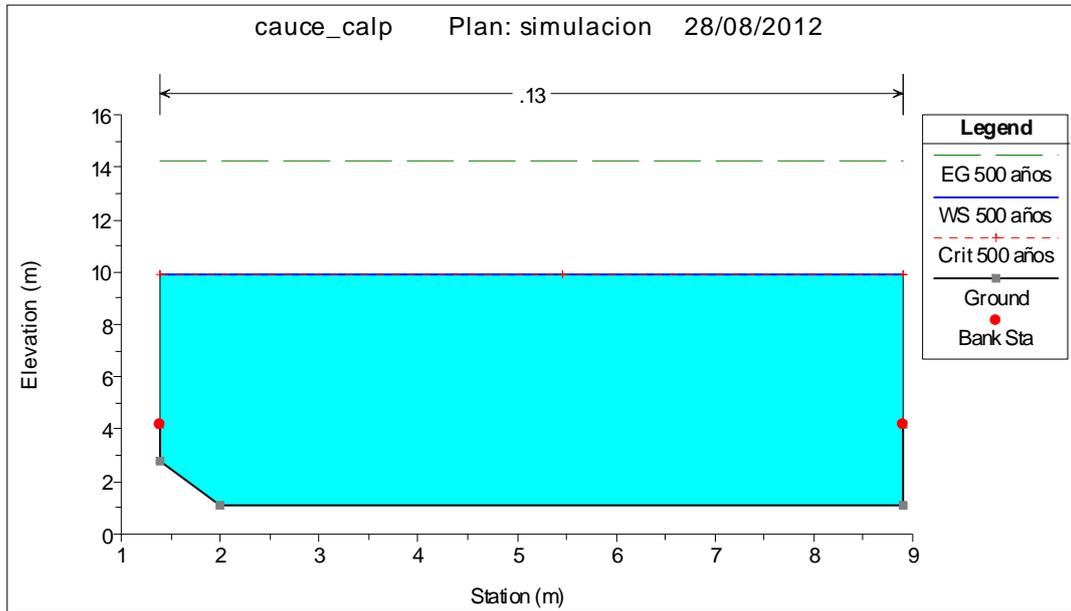


Figura VII-14. Sección transversal número 19 para un periodo de retorno de 500 años.

Observando esta sección 19 para un periodo de retorno de 500 años podemos decir que la superficie de agua está alrededor de 6 metros por encima de los márgenes de canal.

### PERFILES TRANSVERSALES SECCIÓN 0, DESEMBOCADURA

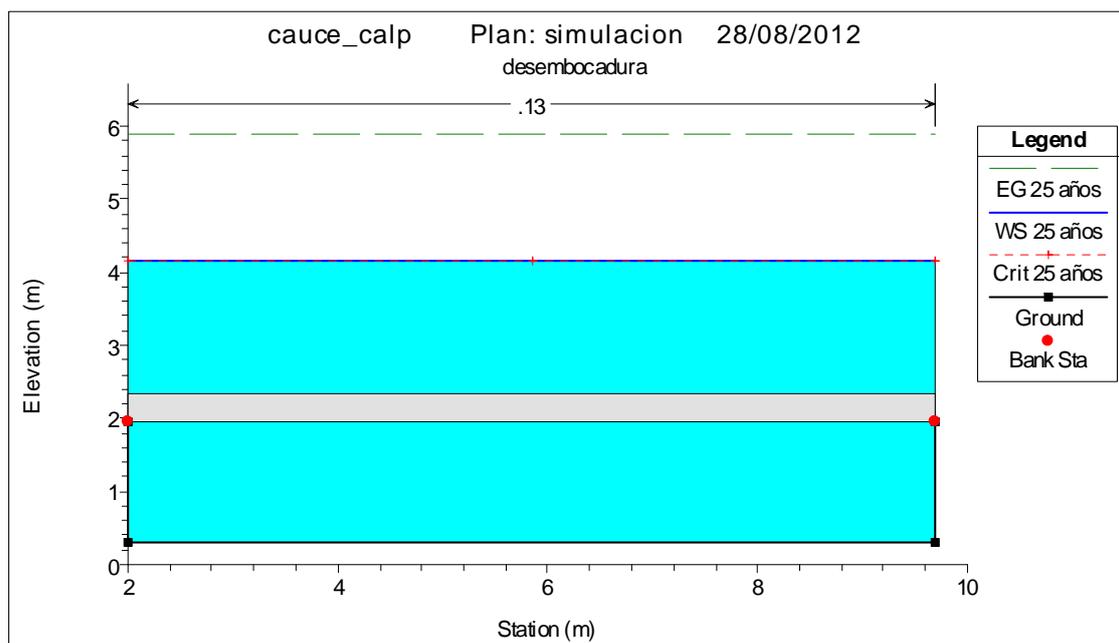


Figura VII-15. Sección transversal número 0 para un periodo de retorno de 25 años.

En esta sección transversal se puede observar que para el caudal punta calculado en un periodo de retorno de 25 años, la superficie de agua pasara por encima del paseo de la Playa del Arenal Bol.

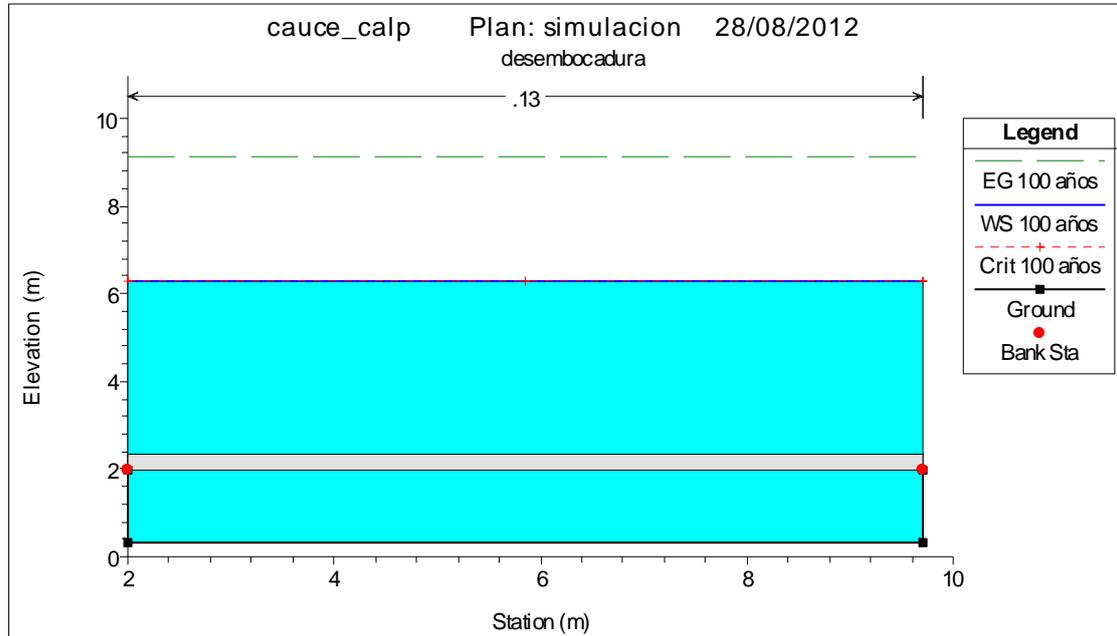


Figura VII-16. Sección transversal número 0 para un periodo de retorno de 100 años.

En esta sección 0 para caudales punta con periodo de retorno de 100 años, podemos observar como la superficie de agua ya está cercana 4 metros por encima del paseo.

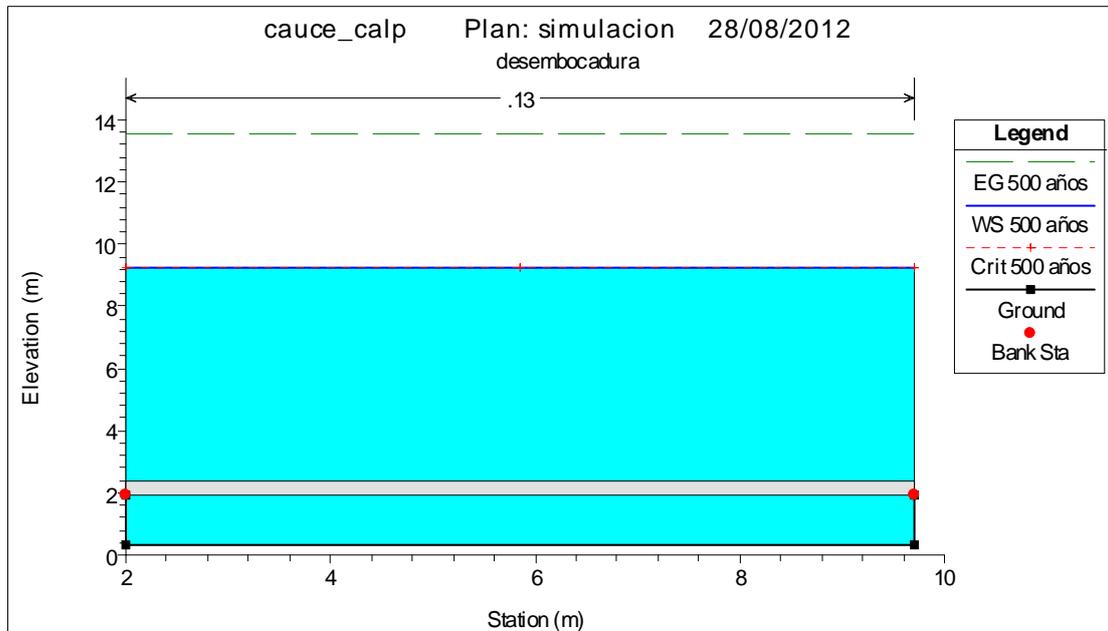


Figura VII-17. Sección transversal número 0 para un periodo de retorno de 500 años.

Por último, en esta sección transversal se puede observar que para el caudal punta calculado en un periodo de retorno de 500 años, la altura de superficie de agua tiene proporciones desmesuradas.

### PERFILES LONGITUDINALES

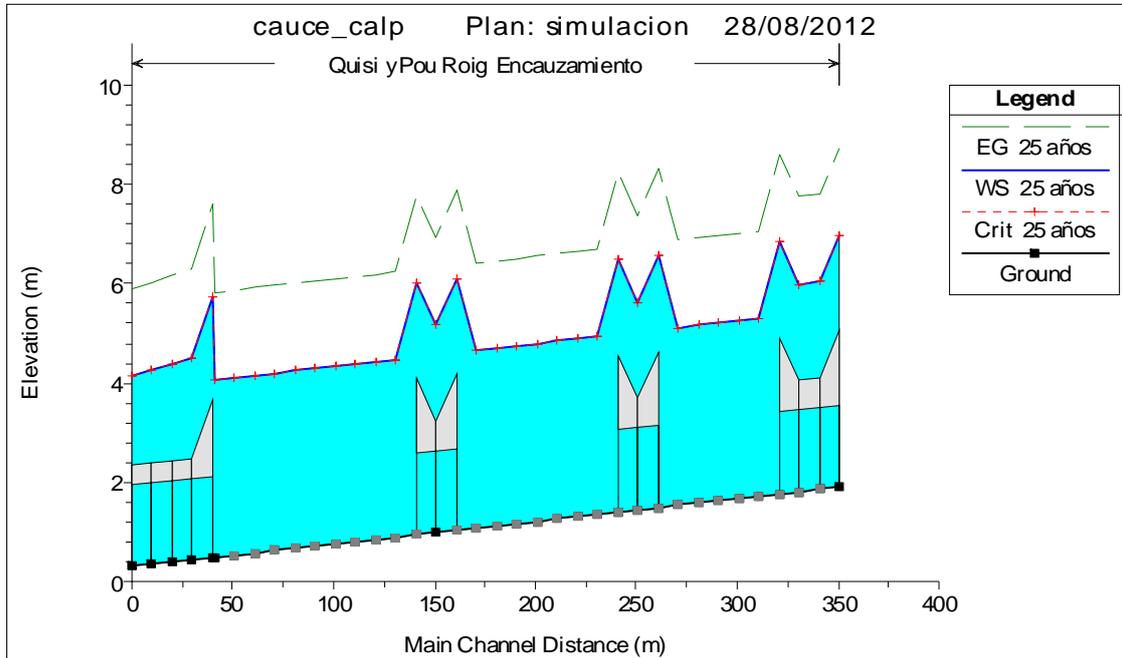


Figura VII-18. Perfil longitudinal del tramo estudiado para un periodo de retorno de 25 años.

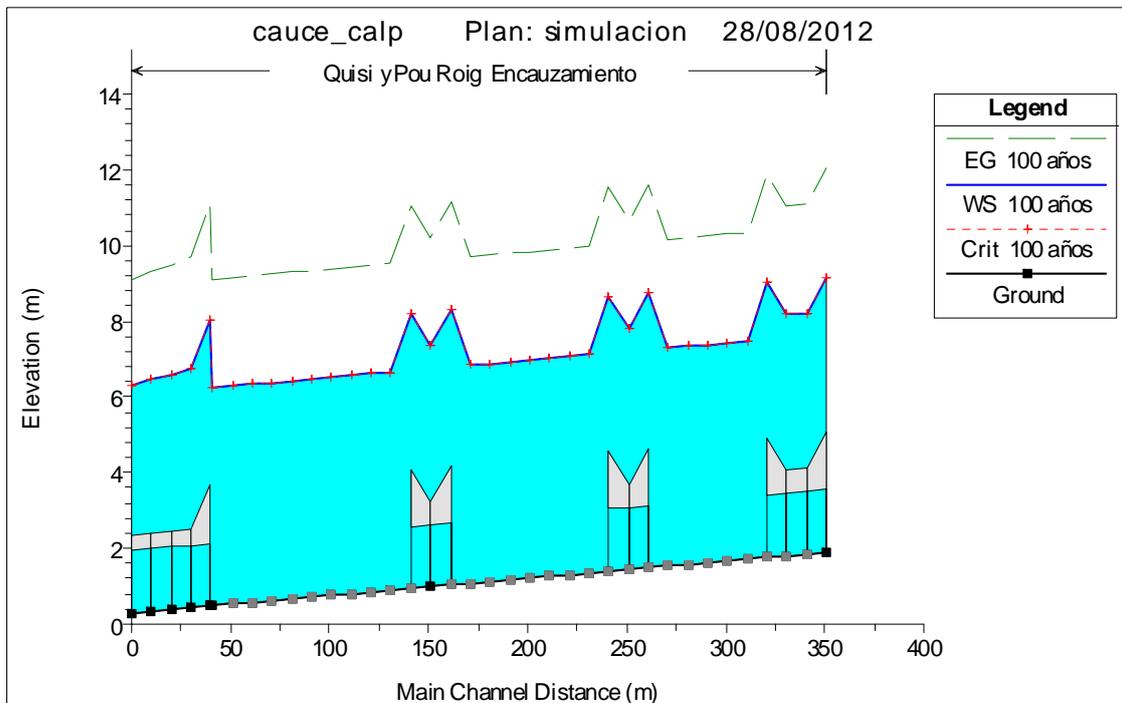


Figura VII-19. Perfil longitudinal del tramo estudiado para un periodo de retorno de 100 años.

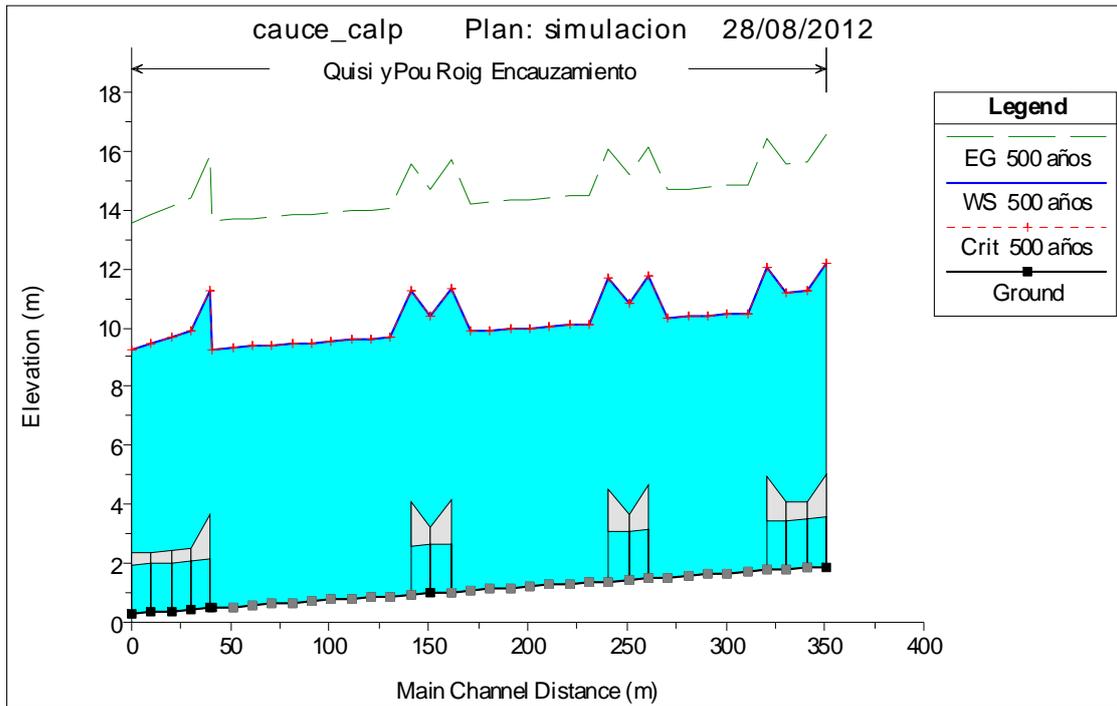


Figura VII-20. Perfil longitudinal del tramo estudiado para un periodo de retorno de 500 años.

En los perfiles longitudinales se puede observar muy claramente como afectan las zonas donde el canal se haya cubierto a las variaciones altura de la superficie de agua. Además de esto también podemos ver la caída de dicha superficie de agua en cuanto nos aproximamos a la sección 0, la desembocadura.

La modelización realizada con el HEC-RAS del tramo final de la cuenca completa, con la unión de los barrancos de Quisi y de Pou Roig, ha permitido establecer que para todos los periodos de retorno estudiados, incluso el de 25 años, el nivel del agua supera con creces la altura de la sección del canal, lo que conlleva el desbordamiento del tramo final del cauce a lo largo de toda su geometría.

## **CAPÍTULO VIII**

# **Ordenación del territorio**

## **VIII. Ordenación del territorio**

Los planes básicos de ordenación del territorio de la zona objeto de estudio son el PATRICOVA y el PGOU de Calp.

### **A. PATRICOVA**

El PATRICOVA "Plan de acción territorial de carácter sectorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana " es la figura de ordenación territorial de escala superior al municipio. Es un plan de acción territorial de carácter sectorial para la prevención del riesgo de inundaciones que intenta dar una solución integral de este fenómeno a través de un diagnóstico de zonas de riesgo, y de un conjunto de medidas estructurales y no estructurales que abarcan desde la escala de cuenca fluvial a la propia planificación de usos de suelo de aplicación a escala municipal (PGOU).

Este plan es un estudio regional realizado en origen a escala 1:50.000 y es susceptible de ser concretado, ampliado e incluso modificado mediante estudios de inundabilidad.

El PATRICOVA es el documento que establece las directrices para los estudios de inundabilidad en nuestra comunidad. Ha sido publicado por la Dirección de Urbanismo y Ordenación Territorial de la Generalitat Valenciana y realizado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente (DIHMA) de la Universidad Politécnica Valencia.

El PATRICOVA tiene estipulados una serie de objetivos, los cuales son los siguientes:

- Análisis y diagnóstico de la situación del impacto existente en el territorio de la Comunidad Valenciana.
- Definición de los objetivos a conseguir de acuerdo con la evaluación territorializada del impacto asociado al riesgo de inundación.
- Proposición justificada de las medidas de actuación previstas para la reducción de dicho impacto.
- Articulación con el planeamiento municipal y territorial integrado existente, así como con el previsto por otras administraciones competentes.
- Normativa técnica y de protección aplicables en la ejecución del plan.
- Evaluación del coste a partir del coste de las actuaciones concretas con establecimiento del orden de prioridades en su ejecución.

Recordemos que el riesgo de inundación es una variable espacial que cuantifica, en cada punto del territorio, la probabilidad de que se produzca un fenómeno de inundación con una magnitud dada.

En lo que respecta al PATRICOVA y a los efectos de cuantificación del riesgo, se ha tomado como base lo contenido en la cartografía temática sobre "Delimitación del Riesgo de Inundación a Escala Regional en la Comunidad Valenciana" publicada por la COPUT en 1997.

La definición de riesgo tiene que tener en cuenta tanto la probabilidad de ocurrencia de la inundación, como los niveles alcanzados. Por lo tanto, en ambos documentos se adopta un esquema de cuantificación del riesgo en seis categorías o niveles de riesgo, producto de la combinación de las dos variables principales manejadas: frecuencia y calado.

Por lo que se refiere a los niveles de frecuencia el PATRICOVA distinguen los tres siguientes:

- Alta frecuencia de inundación.- Se corresponde con zonas sometidas a inundaciones con periodo de retorno inferior a 25 años, es decir, con probabilidad anual de sufrir una inundación igual o superior a 14 %.
- Frecuencia media de inundación.- Son aquellas zonas que sufren inundaciones para periodos de retorno entre 25 y 100 años, es decir, que presentan probabilidades anuales de inundación entre el 1 y el 4 %.
- Frecuencia baja de inundación.- Se corresponde con zonas inundadas con crecidas de 100 hasta 500 años de periodo de retorno, o lo que es lo mismo, con probabilidades anuales de inundación entre el 0.2 y el 1 %.

Pese a la existencia de múltiples factores que determinan la cuantía de los daños debidos a una inundación, el calado es la variable adoptada por el PATRICOVA como representativa de la magnitud de la avenida. La elección de éste es debida a que es el factor más importante en la mayoría de los casos, ya que otros factores como la velocidad o el transporte de sedimentos están altamente correlacionados con él.

A la hora de clasificar los diferentes calados en una inundación el PATRICOVA distingue los dos siguientes tipos.

- Calados bajos.- Cuando el nivel general de agua esperado en la zona de inundación es inferior a 80 cm. Se considera que conlleva pérdidas de menor cuantía y que las medidas a adoptar son más sencillas.
- Calados altos.- Cuando el nivel es superior a los 80 cm. En este caso, suponen daños de gran importancia.

Como resultado de la combinación de los factores anteriores el PATRICOVA determina seis niveles de riesgo:

RIESGO 1. Frecuencia menor de 25 años; calado > 0.8m.

- RIESGO 2. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado > 0.8m
- RIESGO 3. Frecuencia menor de 25 años; calado < 0.8m
- RIESGO 4. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado < 0.8m
- RIESGO 5. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado > 0.8m
- RIESGO 6. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado < 0.8m

**Tabla nº 49. Cuadro de síntesis de los niveles de riesgo según el PATRICOVA.**

Niveles de CALADO	Frecuencia entre 100 y 500 años	Frecuencia entre 25 y 100 años	Frecuencia menor de 25 años
Calado < 0.8m	RIESGO 6	RIESGO 4	RIESGO 3
Riesgo	(BAJO)	(MEDIO)	(MEDIO)
Calado > 0.8m	RIESGO 5	RIESGO 2	RIESGO 1
Riesgo	(BAJO)	(ALTO)	(ALTO)

Se establece una normativa que obliga a considerar los riesgos de inundación en el planeamiento urbanístico. Y la existencia de dicho riesgo de inundación derivará en la imposición de una serie de limitaciones en la clasificación del suelo y su posible desarrollo urbanístico.

Por ejemplo los planes generales tendrán que clasificar como suelo no urbanizable de especial protección el dominio público hidráulico y las zonas inundación delimitadas en el PATRICOVA con el nivel de riesgo 1.

Por lo que respecta a los objetivos de este trabajo final de carrera, el PATRICOVA establece un catálogo de zonas sometidas a riesgo de inundación, así mismo propone una serie de medidas a ejecutar en ellas para minimizar los daños producidos por las posibles inundaciones.

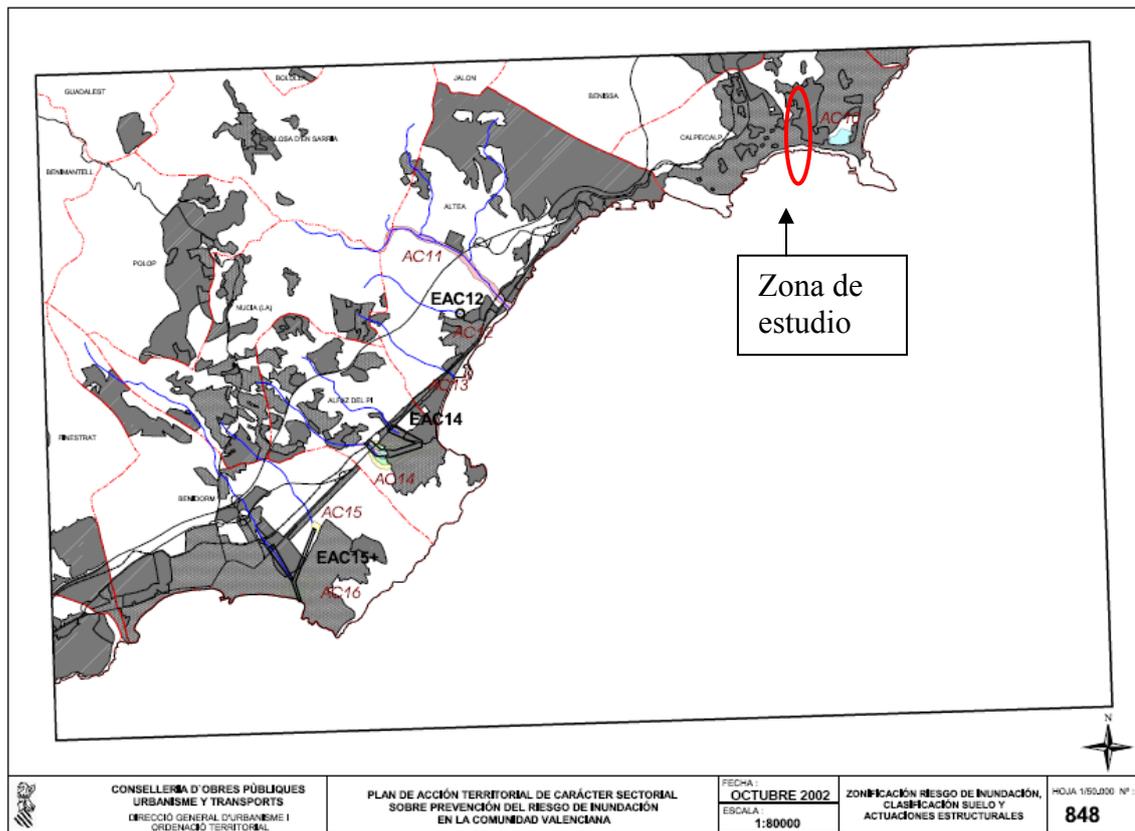
Estas propuestas de actuación las clasifica como:

- Actuaciones estructurales.
- Actuaciones de restauración hidrológico forestal.
- Actuaciones en materia de ordenación territorial.
- Actuaciones de carácter general.

Tras la realización de un estudio adicional centrado en los riesgos de inundación asociados a las zonas turísticas urbanizadas en la franja costera de la Comunidad Valenciana El PATRICOVA clasifica a las salinas del Saladar, las Playas de “El Arenal” y “El Boll” como zonas de riesgo de inundación debido a la existencia de una marjal o zona deprimida en el interior, en donde se produce acumulación de agua, teniendo problemas para su drenaje al mar. Los obstáculos que evitan este drenaje al mar pueden ser naturales o artificiales.

En nuestro caso la masiva edificación en la barrera que separa el mar de las salinas ha creado un obstáculo artificial, el cual crea una presa y evita la salida del agua al mar.

Por otro lado, otra causa de riesgo puede ser debida a la insuficiencia de un cauce, encauzamiento, o sistema de drenaje, que provoca el desbordamiento de caudales importantes con afección a la zona costera urbanizada situada en sus proximidades. Sin embargo, el PATRICOVA no menciona nada sobre Calp y la unión de los barrancos de Quisi y Pou Roig, que como se ha demostrado en este estudio se desbordan creando una serie de problemas muy importantes en Calp, incluyendo la importante aportación de caudal de agua dulce a las salinas del Saladar donde se quedará atrapada.



*Figura VIII-1. Plano 848 de zonificación de riesgo de inundación, clasificación de suelo y actuaciones estructurales.*

Curiosamente, pese a estas situaciones de riesgo de inundación, Calp no se encuentra dentro de los municipios de la Comunidad Valenciana con más impacto municipal en ninguna de sus clasificaciones. Al igual sucede al no estar incluida ninguna zona del término de Calp en la clasificación de mayor impacto zonal en la Comunidad Valenciana.

La zona de inundación considerada por el PATRICOVA dentro del municipio de Calp es el marjal de Calp (las salinas del Saladar) de código AC10, a la cual le atorga un **nivel de riesgo 3**. Esta zona de riesgo tiene una superficie de 242.468 m<sup>2</sup>.

El término de Calp NO posee ninguna propuestas de actuación, ni actuaciones estructurales, ni actuaciones de restauración hidrológico-forestal.

## **B. PGOU DE CALP**

El Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Calpe fue aprobado por la Generalitat Valenciana el 11 de Noviembre de 1994, sin declaración de impacto ambiental. Este plan propone una franja de zona verde perteneciente a la red estructural que sirva de colchón amortiguador entre las salinas y el sector urbanizable.

Un informe de 15 de julio de 1998 incorporó como documentación del Proyecto de Homologación Global Modificativa el estudio hidrológico del Barranc Pou Roig y el Barranc del Quisi, redactado para un periodo de retorno de 500 años. Entonces el Plan General de Calp plantea los nuevos límites del sector IV, El Saladar, adaptados a la propuesta realizada por la Conselleria de Medio Ambiente. Como consecuencia el sector disminuye unos 120.000 m<sup>2</sup> que pasan a ser clasificados como Suelo No Urbanizable especial de protección de uso de espacio libre de zona verde.

Con esto se disminuye la edificabilidad del sector de El Saldar a valores menores de los aprobados por la Generalitat Valenciana en el PGOU de 1994, la edificabilidad pasa de 0,8 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> a 0,6 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y se crea una zona de protección de las salinas.

La utilidad de este planteamiento es relativa ya que no menciona nada sobre la masiva edificación en la barrera que separa el mar de las salinas, la cual crea un obstáculo artificial. Dicho obstáculo actúa como una presa evitando la salida del agua al mar.

Además no tiene en consideración ninguna ampliación del cauce desde la unión de los barrancos de Quisi y Pou Roig hasta su desembocadura en las Playas de “El Arenal” y “El Boll”, que como se ha demostrado en este estudio se desborda creando una serie de problemas muy importantes en Calp, incluyendo la aportación de un caudal importante de agua a las salinas del Saladar donde quedará atrapada.

El PGOU de Calpe contempla el encauzamiento del barranco del Quisi en los sectores Rafol II, Pla Roig I y II, Pla Feliu I y II, y Pla Senieta, así como el encauzamiento del Barranco de Pou Roig en los sectores Gardasindi I,II y III, Sector Pou Roig y sector Benicolada II .

## **CAPÍTULO IX**

### **Conclusiones**

## IX. Conclusiones

### 1. Conclusiones del cálculo de las precipitaciones máximas diarias

La conclusión más importante que se ha obtenido en este capítulo ha sido que los valores de precipitación máxima diaria resultantes de la aplicación del documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" editado por el Ministerio de Fomento han sido mayores de lo que se esperaban. Las cuantías han superado los valores hallados tras la aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) en cálculos hidrológicos para la estación pluviométrica de Benissa-Convento y para la de Calp Penyó d'Ifach. No obstante, los valores obtenidos de esta última eran presumiblemente incorrectos, ya que además de la escasez de datos, pocos años registrados, se le sumaba el hecho de que no poseíamos los datos de octubre de 2007, mes cuando sucedió la inundación catastrófica más reciente en la ciudad de Calp.

Los únicos resultados que eran más similares, incluso ligeramente superiores, eran los correspondientes a la estación pluviométrica de Jalón. Esta estación es la que poseía unas series un poco más largas, por lo que podríamos decir que es la más completa y por lo tanto que cuyos valores obtenidos son más representativos. Aun así para periodos de retorno largos son mucho más fiables los valores hallados mediante el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular"

**Tabla nº 50. Resultados finales de precipitación máxima en los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las estaciones pluviométricas y el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular".**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>P<sub>max25</sub> (mm)</b>	<b>109</b>	<b>153</b>	<b>191</b>	<b>186</b>	<b>165</b>
<b>P<sub>max100</sub> (mm)</b>	<b>150</b>	<b>209</b>	<b>261</b>	<b>253</b>	<b>225</b>
<b>P<sub>max500</sub> (mm)</b>	<b>197</b>	<b>274</b>	<b>343</b>	<b>342</b>	<b>304</b>

**A:** Valores obtenidos tras la aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) con los datos de la estación pluviométrica de Calp Penyó d'Ifach.

**B:** Valores obtenidos tras la aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) con los datos de la estación pluviométrica de Benissa-Convento

**C:** Valores obtenidos tras la aplicación de la función de distribución de Valores Extremos tipo I (Gumbel) con los datos de la estación pluviométrica de Jalón.

**D:** Valores obtenidos tras la aplicación del documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" para las cuencas de los Barrancos de Quisi, Pou Roig y unión de los mismos.

**E:** Valores obtenidos tras la aplicación del documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" para la cuenca de la salina de Saladar.

Debido a ello se optó por trabajar con los valores obtenidos a partir del documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" para la realización de los cálculos posteriores, tales como caudal punta.

## **2. Conclusiones del cálculo de caudales punta**

Lo más importante a señalar en este capítulo, además de la obtención de los datos de caudales punta, ha sido que los resultados de los cálculos para las cuencas del Barranco del Pou Roig y el Barranco de Quisi analizadas por separado y posteriormente sumadas sean similares a los resultados de los cálculos obtenidos considerando los dos barrancos como una única cuenca.

Los datos obtenidos han sido muy positivos, ya que el hecho de que la suma de los caudales punta obtenidos de los dos barrancos estudiados independientemente sea muy similar al caudal obtenido considerando los dos barrancos como una única cuenca, ha dado mucha fiabilidad a los cálculos realizados. Siendo los valores de  $Q_{100}$  y  $Q_{500}$  de la cuenca analizada íntegramente un poco mayores debido a que la superficie de la cuenca completa es un poco mayor.

**Tabla nº 51. Resultados finales de caudales punta en  $m^3/s$  para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años para cada una de las cuencas.**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>unidades</b>
<b><math>Q_{25}</math></b>	<b>77.33</b>	<b>113.82</b>	<b>190.75</b>	<b>191.15</b>	$m^3/s$
<b><math>Q_{100}</math></b>	<b>155.38</b>	<b>199.62</b>	<b>358.23</b>	<b>355.00</b>	$m^3/s$
<b><math>Q_{500}</math></b>	<b>281.95</b>	<b>327.66</b>	<b>620.04</b>	<b>609.61</b>	$m^3/s$

**A:** Caudales punta según periodo de retorno calculados para el Barranco del Pou Roig.

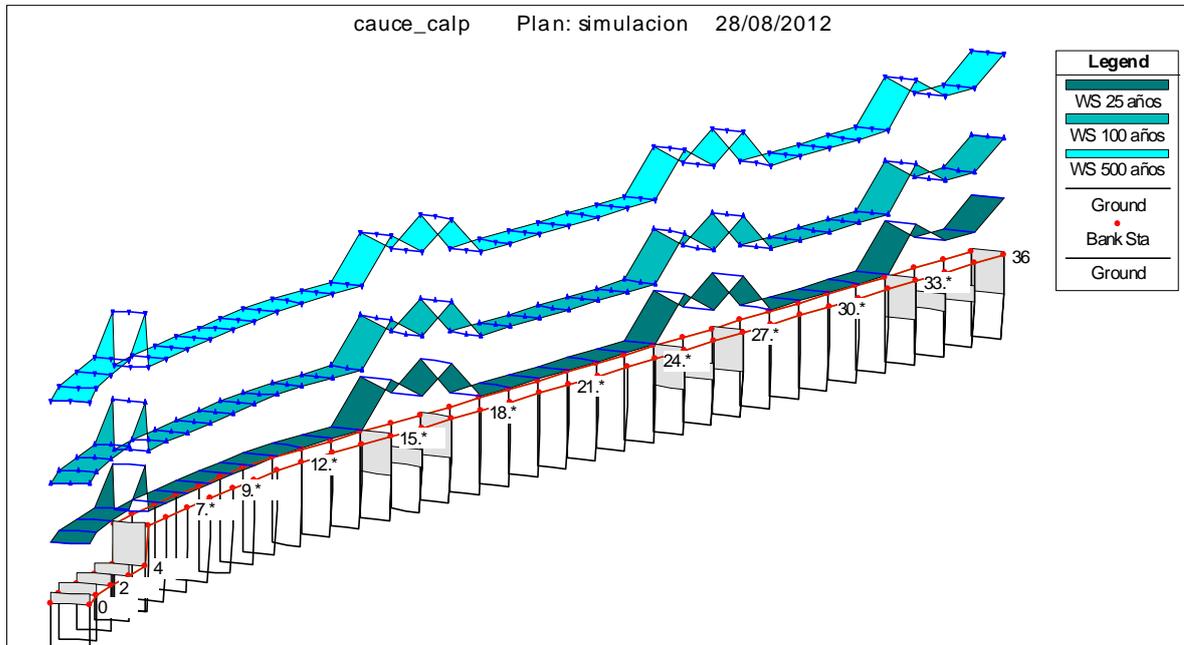
**B:** Caudales punta según periodo de retorno calculados para el Barranco de Quisi.

**C:** Caudales punta según periodo de retorno calculados para cuenca formada por la unión de los barrancos.

**D:** Suma de los caudales punta según periodo de retorno del Barranco del Pou Roig y de Quisi.

## **3. Conclusiones de la modelización realizada con HEC-RAS**

La modelización realizada con el HEC-RAS del tramo final de la cuenca completa, con la unión de los barrancos de Quisi y de Pou Roig, ha permitido establecer que para todos los periodos de retorno estudiados, incluso el de 25 años, la superficie de agua supera con creces la altura de la sección del canal, además de esto el agua pasa por encima de todas las superficies que cubren distintos tramos del canal, siendo estas superficies carreteras, paseos, aceras... Es decir se produce un desbordamiento en toda la geometría del canal de 353 metros de largo.



*Figura IX-1. Representación en perspectiva del cauce estudiado y de la superficie de agua para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.*

Para conocer más información sobre las secciones del tramo final del cauce principal se puede consultar el **capítulo VII**.

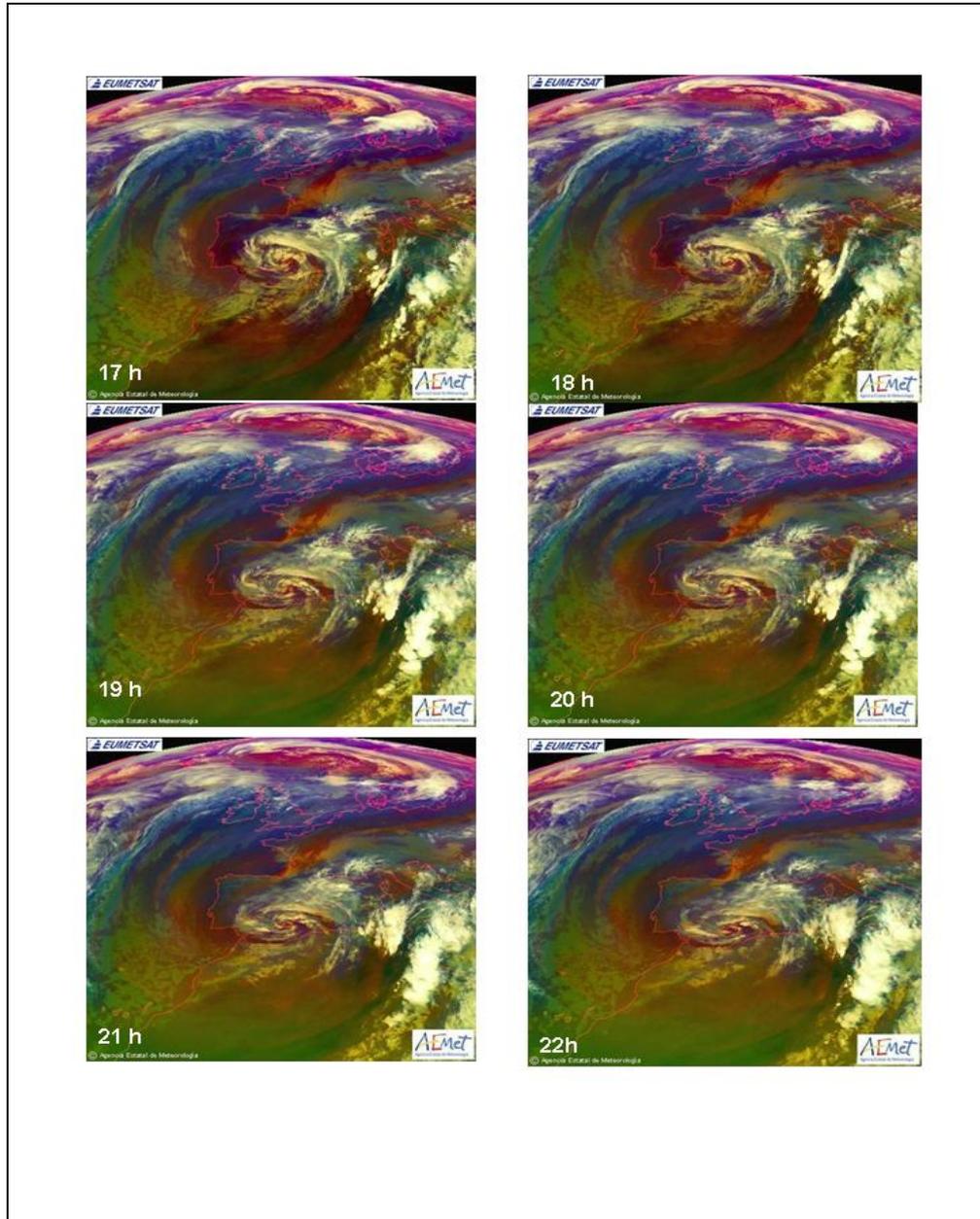
#### **4. Conclusiones de las obras de emergencia en los barrancos de Quisi y Pou Roig en Calpe (Alicante).**

Según la nota de prensa editada por el MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO, las obras de emergencia en los barrancos de Quisi y Pou Roig han tenido como objetivo duplicar la capacidad de desagüe del cauce en un tramo de 353 metros lineales desde la confluencia de los barrancos de Quisi y Pou Roig hasta la desembocadura en el mar. Para ello se ha construido un nuevo cauce por debajo de la calle de la Niña, paralelo al existente, que amplía en  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  la capacidad de desagüe.

De estas obras de emergencia, según los resultados obtenidos de los cálculos de los caudales punta, se podría decir que presentan una utilidad discutible, ya que cuando se habla sobre duplicar la capacidad de desagüe ampliándola en  $35 \text{ m}^3/\text{s}$ , parece totalmente insuficiente porque la capacidad de desagüe se quedaría en tan solo  $70 \text{ m}^3/\text{s}$ , valor que puede considerarse escaso si se compara, aunque únicamente sea con los  $191 \text{ m}^3/\text{s}$  calculados para un periodo de retorno de 25 años. Y si lo

comparemos con los resultados del caudal punta para un periodo de retorno de 500 años, los 70 m<sup>3</sup>/s quedan insignificantes al lado de los 620 m<sup>3</sup>/s, valor casi diez veces mayor.

Además un día de tormenta, más concretamente el día 30 de marzo de 2009, cuya evolución meteorológica se puede observar en la figura IX-2, se pudo comprobar el funcionamiento de la obra de emergencia, ya entonces casi terminada.



*Figura IX-2. Mapas de situación meteorológica a diferentes horas del día 30 de marzo de 2009.*

Ese día la precipitación, según la estación agroclimática de Altea, fue de tan sólo 44.2 mm, valor más de cuatro veces inferior a la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 25 años.

GENERALITAT VALENCIANA		SERVICIO DE TECNOLOGIA DEL RIEGO																																																																																																																																																																				
<p><a href="#">Inicio</a> <b>Datos Agroclimáticos Diarios. Altea</b>  <b>LOS DATOS CORRESPONDEN A LOS REGISTROS, EN HORA SOLAR, DE LAS 0h A LAS 24h DE LA FECHA SEÑALADA</b></p>																																																																																																																																																																						
<p><a href="#">Estaciones Agroclimáticas</a></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fecha</th> <th>V Km/h</th> <th>DV</th> <th>Vx Km/h</th> <th>T °C</th> <th>Tn °C</th> <th>Tx °C</th> <th>Horas frío</th> <th>HR %</th> <th>Rad w/m2</th> <th>Horas sol</th> <th>P mm</th> <th>ETo mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><a href="#">Datos Diarios</a></td> <td>28/03/09</td> <td>4</td> <td>NE</td> <td>17</td> <td>14.9</td> <td>11.2</td> <td>18.4</td> <td>0</td> <td>62</td> <td>191</td> <td>9</td> <td>5.6</td> <td>2.9</td> </tr> <tr> <td><a href="#">Semanal</a></td> <td>29/03/09</td> <td>4</td> <td>NW</td> <td>18</td> <td>11</td> <td>9.2</td> <td>12.8</td> <td>0</td> <td>79</td> <td>61</td> <td>8</td> <td>25.2</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>30/03/09</td> <td>4</td> <td>N</td> <td>23</td> <td>10</td> <td>8.2</td> <td>15.2</td> <td>0</td> <td>83</td> <td>150</td> <td>9</td> <td>44.2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><a href="#">Mensual</a></td> <td>31/03/09</td> <td>4</td> <td>NW</td> <td>18</td> <td>10.5</td> <td>8.1</td> <td>15.3</td> <td>0</td> <td>72</td> <td>103</td> <td>11</td> <td>0</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td><a href="#">Medias</a></td> <td>01/04/09</td> <td>4</td> <td>N</td> <td>20</td> <td>12.4</td> <td>6.7</td> <td>19</td> <td>0</td> <td>57</td> <td>176</td> <td>11</td> <td>0</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td><a href="#">Comparación</a></td> <td>02/04/09</td> <td>3</td> <td>NE</td> <td>16</td> <td>12.9</td> <td>9.7</td> <td>17.8</td> <td>0</td> <td>73</td> <td>167</td> <td>11</td> <td>1.8</td> <td>2.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>03/04/09</td> <td>4</td> <td>N</td> <td>17</td> <td>13.2</td> <td>10.1</td> <td>18.2</td> <td>0</td> <td>69</td> <td>220</td> <td>11</td> <td>0.6</td> <td>2.9</td> </tr> <tr> <td><a href="#">Usuarios Autorizados</a></td> <td>04/04/09</td> <td>4</td> <td>W</td> <td>16</td> <td>14.1</td> <td>11.2</td> <td>18.5</td> <td>0</td> <td>72</td> <td>225</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>05/04/09</td> <td>4</td> <td>SW</td> <td>22</td> <td>14.1</td> <td>10.1</td> <td>18.7</td> <td>0</td> <td>78</td> <td>235</td> <td>11</td> <td>0.2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td><a href="#">Descarga PARloc</a></td> <td>06/04/09</td> <td>3</td> <td>NE</td> <td>14</td> <td>14.8</td> <td>10.5</td> <td>19.7</td> <td>0</td> <td>77</td> <td>252</td> <td>11</td> <td>0</td> <td>3.2</td> </tr> </tbody> </table>														Fecha	V Km/h	DV	Vx Km/h	T °C	Tn °C	Tx °C	Horas frío	HR %	Rad w/m2	Horas sol	P mm	ETo mm	<a href="#">Datos Diarios</a>	28/03/09	4	NE	17	14.9	11.2	18.4	0	62	191	9	5.6	2.9	<a href="#">Semanal</a>	29/03/09	4	NW	18	11	9.2	12.8	0	79	61	8	25.2	1.3		30/03/09	4	N	23	10	8.2	15.2	0	83	150	9	44.2	2	<a href="#">Mensual</a>	31/03/09	4	NW	18	10.5	8.1	15.3	0	72	103	11	0	1.8	<a href="#">Medias</a>	01/04/09	4	N	20	12.4	6.7	19	0	57	176	11	0	2.7	<a href="#">Comparación</a>	02/04/09	3	NE	16	12.9	9.7	17.8	0	73	167	11	1.8	2.3		03/04/09	4	N	17	13.2	10.1	18.2	0	69	220	11	0.6	2.9	<a href="#">Usuarios Autorizados</a>	04/04/09	4	W	16	14.1	11.2	18.5	0	72	225	10	0	3		05/04/09	4	SW	22	14.1	10.1	18.7	0	78	235	11	0.2	3	<a href="#">Descarga PARloc</a>	06/04/09	3	NE	14	14.8	10.5	19.7	0	77	252	11	0	3.2
Fecha	V Km/h	DV	Vx Km/h	T °C	Tn °C	Tx °C	Horas frío	HR %	Rad w/m2	Horas sol	P mm	ETo mm																																																																																																																																																										
<a href="#">Datos Diarios</a>	28/03/09	4	NE	17	14.9	11.2	18.4	0	62	191	9	5.6	2.9																																																																																																																																																									
<a href="#">Semanal</a>	29/03/09	4	NW	18	11	9.2	12.8	0	79	61	8	25.2	1.3																																																																																																																																																									
	30/03/09	4	N	23	10	8.2	15.2	0	83	150	9	44.2	2																																																																																																																																																									
<a href="#">Mensual</a>	31/03/09	4	NW	18	10.5	8.1	15.3	0	72	103	11	0	1.8																																																																																																																																																									
<a href="#">Medias</a>	01/04/09	4	N	20	12.4	6.7	19	0	57	176	11	0	2.7																																																																																																																																																									
<a href="#">Comparación</a>	02/04/09	3	NE	16	12.9	9.7	17.8	0	73	167	11	1.8	2.3																																																																																																																																																									
	03/04/09	4	N	17	13.2	10.1	18.2	0	69	220	11	0.6	2.9																																																																																																																																																									
<a href="#">Usuarios Autorizados</a>	04/04/09	4	W	16	14.1	11.2	18.5	0	72	225	10	0	3																																																																																																																																																									
	05/04/09	4	SW	22	14.1	10.1	18.7	0	78	235	11	0.2	3																																																																																																																																																									
<a href="#">Descarga PARloc</a>	06/04/09	3	NE	14	14.8	10.5	19.7	0	77	252	11	0	3.2																																																																																																																																																									
<p><a href="#">Contacto</a> <a href="#">Gráficos</a></p>																																																																																																																																																																						

Figura IX-3. Captura de datos de precipitación diaria de la estación agroclimática de Altea, del día 28 de marzo de 2009 al 6 de Abril de 2009.

El funcionamiento de la obra de emergencia para el caudal generado ese día fue satisfactorio, ya que para dicha precipitación, el canal se encontraba a la mitad de su capacidad.



Figura IX-4. Tramo del principio de la ampliación del canal la tarde del 30 de marzo del 2009.



*Figura IX-5. Tramo medio de la ampliación del canal la tarde del 30 de marzo del 2009.*



*Figura IX-6. Tramo final de la ampliación del canal la tarde del 30 de marzo del 2009.*



*Figura IX-7. Efectos de la desembocadura al mar de la canalización la tarde del 30 de marzo del 2009.*

## **5. Conclusiones de la masiva construcción en Calp**

Al igual que en toda la costa Mediterránea, más concretamente en la Comunidad Valenciana, Calp ha sufrido una boom constructivo en los últimos quince años, realizándose numerosos edificios y viviendas unifamiliares en zonas de elevado riesgo.

Resulta muy llamativo como el término municipal de Calp, desde 1995 hasta 2008, casi ha triplicado la población, con el aumento significativo del número de viviendas que ello conlleva, al que además hay que sumarle la gran cantidad de segundas residencias existentes cuyos ocupantes no cuentan como habitantes en Calp en el padrón. Todo ello ha hecho que el valor económico de los bienes expuestos haya aumentado considerablemente y por ello haya que aumentar la valoración del riesgo.

El ejemplo más claro del aumento de riesgo de inundación, ha sido el producido por las viviendas construidas en la barrera que separa las salinas del mar, ya que cuando los Barrancos de Quisi y Pou Roig se desbordan el agua va a parar a las salinas. Antiguamente cuando esto pasaba, se rellenaban las salinas de agua dulce y al subir el nivel de las mismas llegaba un momento que el agua excavaba un canal en la arena e iba a parar al mar, pero ahora todas las edificaciones que separan a las salinas del

mar actúan como presa y evitan que el agua salga al mar, manteniendo toda la zona anegada.

Respecto de las obras de prevención de inundaciones en el año 2009 se puede concluir, al igual que en 2004 (Zamora Pastor, 2004) que las numerosas obras de defensa contra inundaciones realizadas en el marco de los planes generales de ordenación urbana, aunque han disminuido los efectos de las lluvias torrenciales, en el caso de Calp es muy posible que las obras realizadas recientemente sean insuficientes para lluvias extraordinarias.

Por otra parte el Proyecto de Homologación Global Modificativa (2004) del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Calpe de Julio de 2009 si bien reduce la edificabilidad del sector de El Saldar de  $0,8 \text{ m}^2/\text{m}^2$  a  $0,6 \text{ m}^2/\text{m}^2$  y crea una zona de protección de las salinas, no creemos que sea eficaz si no se hacen obras complementarias que faciliten la evacuación de las aguas en su tramo final, ahora seriamente comprometida por construcciones que impiden la evacuación natural del agua en la zona de Las Salinas, como se deduce de la figuras IX-8, IX-9 y IX-10.



*Figura IX-8. Fotografía aérea oblicua tomada en 2001 donde puede observarse el conjunto de edificios que actúa como barrera entre las salinas y el mar.*



Tras las inundaciones, la zona edificada de la playa de Calp hace de barrera e impide que el agua acumulada en el Saladar alcance el mar (al fondo). / ROSA FUSTER

*Figura IX-9. Agua acumulada en la zona de El Saladar y conjunto de edificios que la separan del mar en octubre del 2007.*



*Figura IX-10. Fotografía realizada desde el Penyó d'Ifach donde puede observarse el conjunto de edificios que actúa como barrera entre las salinas y el mar.*

# **CAPÍTULO X**

## **Bibliografía**

## **X. Bibliografía**

1990.

Instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial". Dirección General de Carreteras Ed. Ministerio de Fomento. Madrid.  
[www.carreteros.org/normativa/drenaje/.html](http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/.html)

1999.

Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Dirección General de Carreteras Ed. Ministerio de Fomento. Madrid 21 pags + 25 mapas

2009.

Libro Lluvias de Octubre 2007. Confederación hidrográfica del Júcar. 214 pags.  
<http://www.chj.es/es-es/ciudadano/libros/Paginas/Indice.aspx?Libro=Lluvias%20de%20Octubre%202007>

2002.

HEC-RAS River Analysis System: User's Manual. Versión 3.1. Hydrologic Engineering Center. US Army Corps Engineers Eds. Davis. EEUU. 420 pags.  
<http://www.waterengr.com/HECRAS.html>

2005

HEC-GeoRAS GIS tool for support of HEC-RAS using ArcGIS. User's Manual version 4. US Army Corps Engineers. Hydrologic Engineering Center. 204 pags.  
<http://www.hec.usace.army.mil>

2005

Gran Enciclopedia de la Comunidad Valenciana. Editorial Prensa Valenciana. Valencia. 10 tomos.

2002.

Plan de acción territorial de carácter sectorial sobre prevención del riesgo de inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA). Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia. Conselleria de Obres Publiques, Urbanismo i Transports de la Generalitat Valenciana Ed. Valencia. 568 pags + 148 planos.

[www.rinamed.net/docs/prof/patricova/PATRICOVA](http://www.rinamed.net/docs/prof/patricova/PATRICOVA)

2003

Manual del programa MAXAVE: cálculo del hidrograma de avenidas en cuencas pequeñas. Dep. del Ciclo Hídrico. Diputación Provincial de Alicante. Alicante. 47 pags.

2003.

Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'`ambit local. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Agència Catalana de l'Aigua. Ed. Barcelona 106 pags.

<http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/planificacio/>

2003

Mapa hidrológico provincial de Alicante. Dep. del Ciclo Hídrico. Diputación Provincial de Alicante. Alicante. 48 pags + mapa.

Alfaro, P., Andréu, J.M., Estévez, A., López Arcos, M., Soria, J.M., Yébenes, A., Castro, J.M., González Fernández, J., González Herrero, M., López Gómez, F.J. y López Martín, J.A. 1999.

Itinerario Geológico Litoral entre Benidorm y Calpe. Universidad de Alicante, 31 pags.

Alfaro, P., Andréu, J.M., Estévez, A., Tent-Monclus, J.E. y Yébenes, A. eds. 2004. Geología de Alicante. Universidad de Alicante, 267 pags.

Alberola Romá, A. 2006.

Entre la sequía y la inundación. Una aproximación a las avenidas históricas de los ríos valencianos durante el siglo XVIII. En Chastagnaret, G. y Gil Olcina, A. Eds. "Riesgo de inundaciones en el Mediterráneo Occidental". Collection de la Casa de Velázquez (95). Madrid. 1-30.

Aparicio, F.J. 2003.

Fundamentos de Hidrología de superficie. Ed. Limusa. Cuernavaca. Mexico. 303 pags.

Ayala-Carcedo, F. y Olcina Cantos, G. Eds 2002.

"*Riesgos naturales*". Ed. Ariel. Barcelona. 1.512 pags.

Barriendos Vallve, M. y Martín Vide, J. 1998.

Secular climatic oscillations as indicated by catastrophic floods in the Spanish Mediterranean Coastal area (14th–19th centuries). *Climatic Change*, 38, 473-491.

Benito, G. 2006.

Riesgos de inundaciones: Tendencias históricas y perspectivas de acuerdo con el cambio climático. *Revista de Cuaternario y Geomorfología* 20 (3-4): 29-44.

Camarasa Belmonte, A. 2002.

Crecidas e inundaciones. En Ayala-Carcedo, F. y Olcina Cantos, G. Eds "*Riesgos naturales*". Ed. Ariel. Barcelona, p. 859-877.

Cuines Gavila, F. 2009.

Estudi del Cabal de crescuda i de les superfícies d'inundació en el tram baix del riu Girona durant l'episodi de precipitacions torrencial dels dies 11 i 12 d'octubre de 2007.

Proyecto fin de Carrera de Ingeniería Geológica. Universidad de Alicante. 187 pags + planols.

Diez, A., Lain, L. y Lorente, M. Eds. 2006.

Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones: métodos, experiencias y aplicación. Instituto Geológico y Minero de España Ed. Madrid. 230 pags.

García Rosell, L. y Fontboté, J.M. 1973.

Mapa Geológico de España escala 1:200.000. Hoja 73 Alicante. Memoria 29 pags. IGME Madrid.

Gil Olcina, A., Olcina Cantos, J y Rico Amorós, A.M. Eds. 2004. Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas. Publicaciones Universidad de Alicante, Alicante, 735 pags + Anexo cartográfico.

Jansá Clar, A. 2004. ¿Qué es la gota fría?. Ambienta. Septiembre 2004: 59-62.

Keller, E.A. y Blodgett, R.H. 2007. Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes. Pearson Prentice Hall. Madrid. 422 pags.

Pujadas Ferer, J.2002. Las inundaciones en España: impacto económico y gestión del riesgo. En Ayala-Carcedo, F. y Olcina Cantos, G. Eds "*Riesgos naturales*". Ed. Ariel. Barcelona, p. 879-888.

**Geología de Alicante. Itinerario geológico litoral entre Benidorm, Altea y Calpe**

[http://www.geoalicante.com/contenido\\_web.php?IdContenido=179](http://www.geoalicante.com/contenido_web.php?IdContenido=179) (julio 2009)

Llasat, M.C. , Barriendos, M., Barrera, A, Rigo, T. 2005. Floods in Catalonia (NE Spain) since the 14th century. Climatological and meteorological aspects from historical documentary sources and old instrumental records. Journal of Hydrology 313: 32–47.

Nanía, L.S. y Molero, E. 2007. Manual básico de HED-RAS 3.1.3 y HEC-GeoRAS 3.1.1. Universidad de Granada 59 pags.

Olcina Cantos, J. 1994. Tormentas y granizadas en las tierras alicantinas. Universidad de Alicante Ed. Alicante. 317 pags.

Olcina Cantos, J. 1995. Riesgos climáticos en las tierras valencianas. Incidencias en la actividad agraria. Investigaciones Geográficas 14: 99-143.

Olcina Cantos, J. 1995. Episodios meteorológicos de consecuencias catastróficas en tierras alicantinas (1900-1965). Instituto de Cultura Juan Gil-Albert ed. Alicante. 378 pags

Olcina Cantos, J. 2006. Reducción del riesgo de inundaciones en el litoral mediterráneo español. El papel de la ordenación del territorio. En Chastagnaret, G. y Gil Olcina, A. Eds. "Riesgo de inundaciones en el Mediterráneo Occidental". Collection de la Casa de Velázquez (95). Madrid. 157-214.

Ortega Álvarez, J.M. 2007.

Riesgo de inundación y ordenación territorial en el área litoral Sur de la Marina Baixa. Proyecto fin de Carrera de Ingeniería Geológica. Universidad de Alicante. 279 pags.

Ríos García, J.M.; Villalón Dávila, C.; Trigueros Molina, E.; Navarro Alvargonzález, A. 1960.

Mapa Geológico de España 1:50.000 Hoja 848 Altea. Memoria 98 pags . (+ fotos). Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

Sala, M., Invar, M. 1992.

Some Hydrologic Effects of Urbanization in Catalan Rivers.

Catena 19: 363-378.

Sánchez Sanroman, F.J. 2007

Recursos docentes . Departamento de Geología. Universidad de Salamanca .  
<http://web.usal.es/javisan/hidro>.

Témez, J.R. 1978. (2ª ed. 1987)

Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas. Madrid.

Villegas Virseda, J.M.

Manual en castellano de Hec-GeoRas 3.0. EUIT Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. 18 pags

Zamora Pastor, R. 2004.

Delimitación de los sectores con riesgo de inundación en los municipios costeros de la Marina Alta. Análisis de sus causas y posibles actuaciones de carácter preventivo.

En Gil Olcina, A., Olcina Cantos, J y Rico Amorós, A.M. Eds. "Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas". Publicaciones Universidad de Alicante, Alicante, 253- 287.

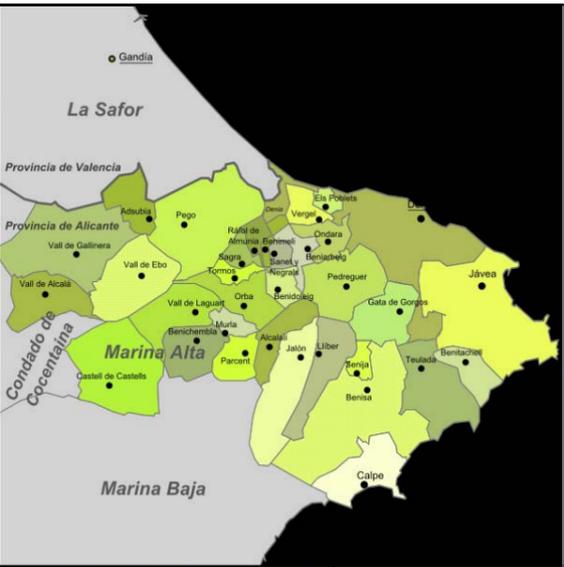
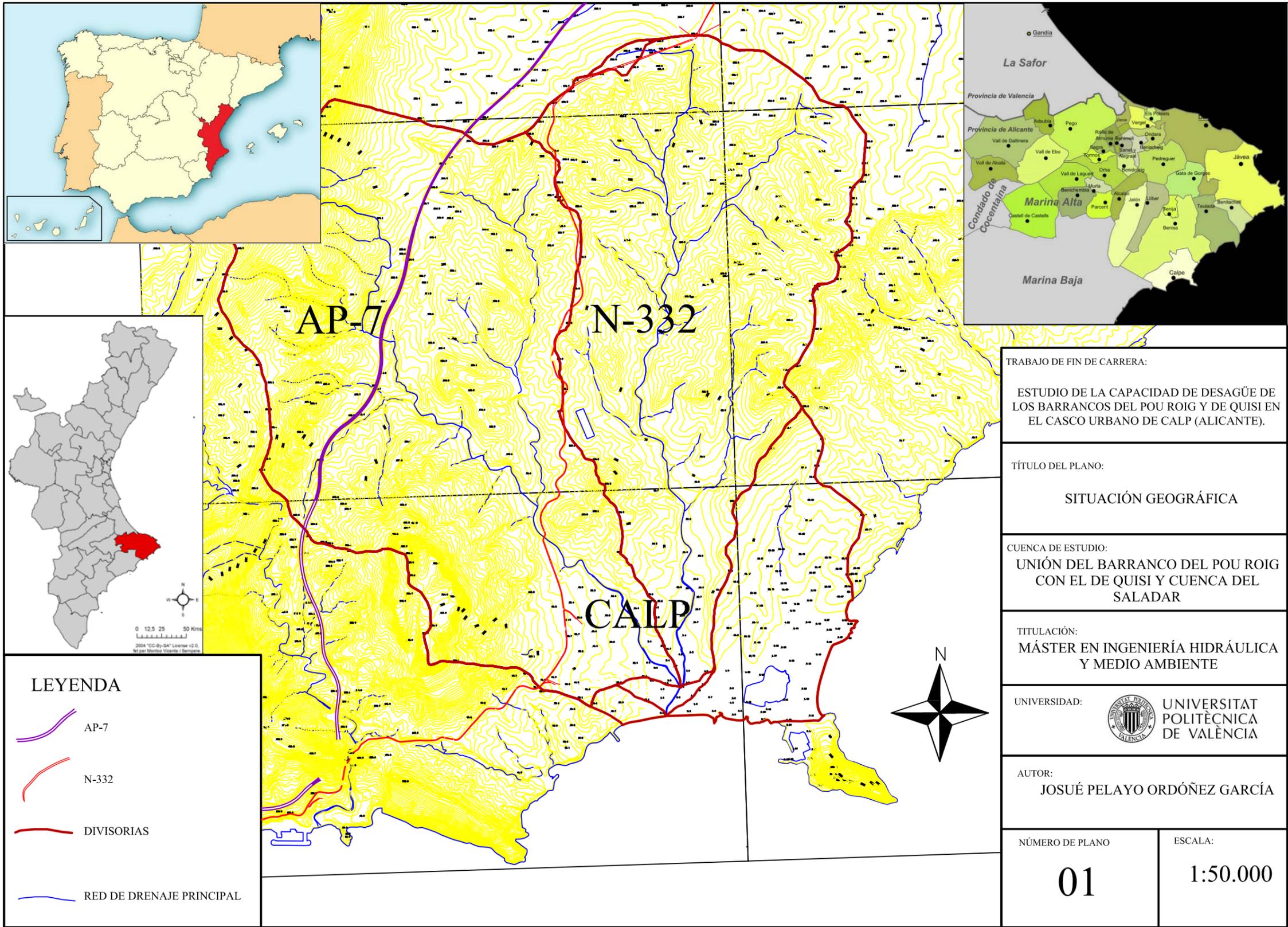
---

### ***Cartografía:***

Cartografía temática de la Comunidad Valenciana. Escala 1:50.000.  
<http://orto.cth.gva.es/website/metadatos/webservice5.xml>

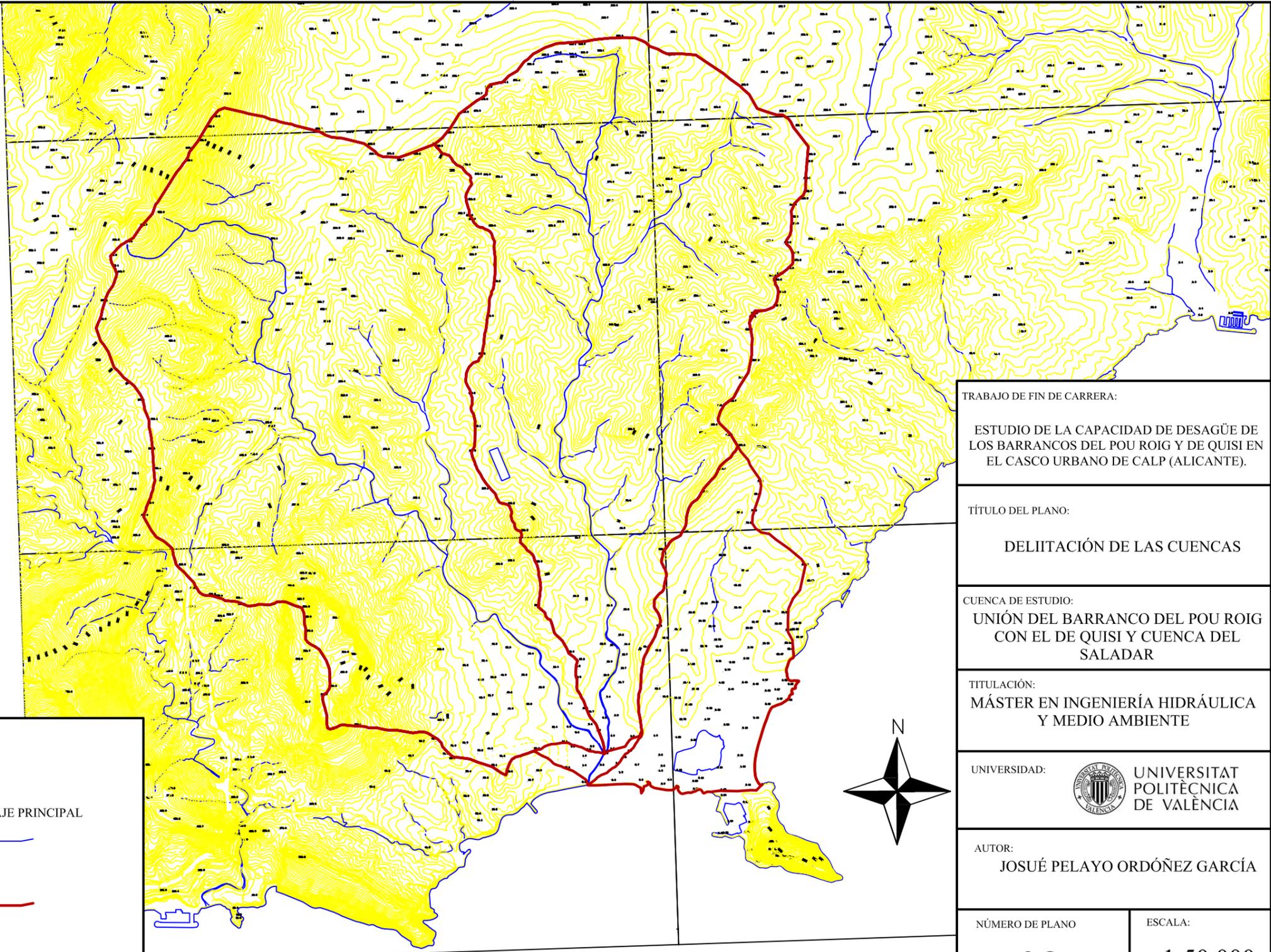
Mapa Topográfico digital a escala 1:10.000 editado por el COPUT.

Mapa Topográfico digital a escala 1:1.000 editado por el Ajuntament de Calp.



TRABAJO DE FIN DE CARRERA:	
ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DE LOS BARRANCOS DEL POU ROIG Y DE QUISI EN EL CASCO URBANO DE CALP (ALICANTE).	
TÍTULO DEL PLANO:	
SITUACIÓN GEOGRÁFICA	
CUENCA DE ESTUDIO:	
UNIÓN DEL BARRANCO DEL POU ROIG CON EL DE QUISI Y CUENCA DEL SALADAR	
TITULACIÓN:	
MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE	
UNIVERSIDAD:	
 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>	
AUTOR:	
JOSUÉ PELAYO ORDÓÑEZ GARCÍA	
NÚMERO DE PLANO	ESCALA:
<b>01</b>	<b>1:50.000</b>

LEYENDA	
	AP-7
	N-332
	DIVISORIAS
	RED DE DRENAJE PRINCIPAL



LEYENDA	
RED DE DRENAJE PRINCIPAL	
DIVISORIAS	
TOPOGRAFÍA	

TRABAJO DE FIN DE CARRERA:  
ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DE  
LOS BARRANCOS DEL POU ROIG Y DE QUISI EN  
EL CASCO URBANO DE CALP (ALICANTE).

TÍTULO DEL PLANO:  
DELIITACIÓN DE LAS CUENCAS

CUENCA DE ESTUDIO:  
UNIÓN DEL BARRANCO DEL POU ROIG  
CON EL DE QUISI Y CUENCA DEL  
SALADAR

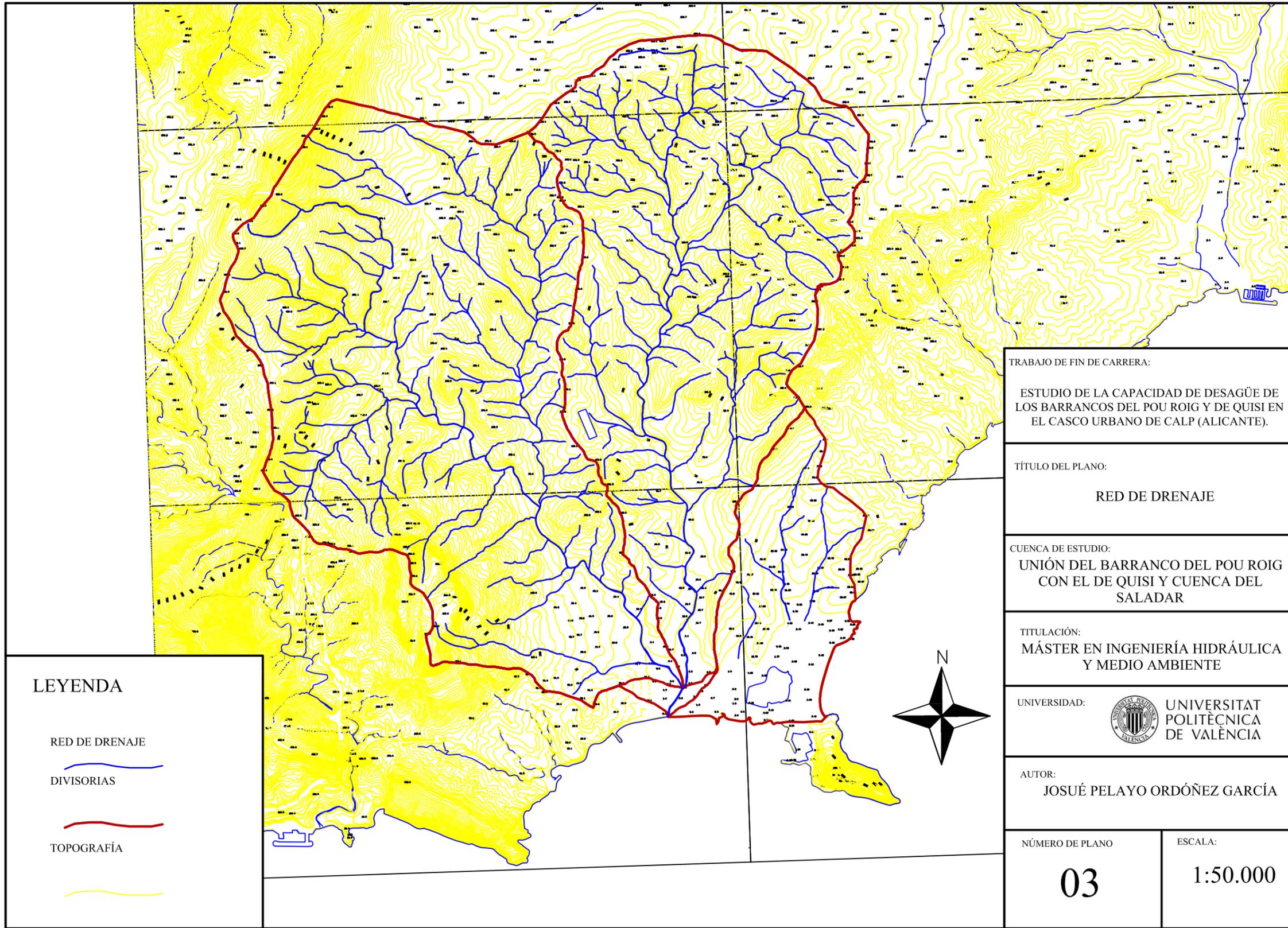
TITULACIÓN:  
MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA  
Y MEDIO AMBIENTE

UNIVERSIDAD:  UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

AUTOR:  
JOSUÉ PELAYO ORDÓÑEZ GARCÍA

NÚMERO DE PLANO  
**02**

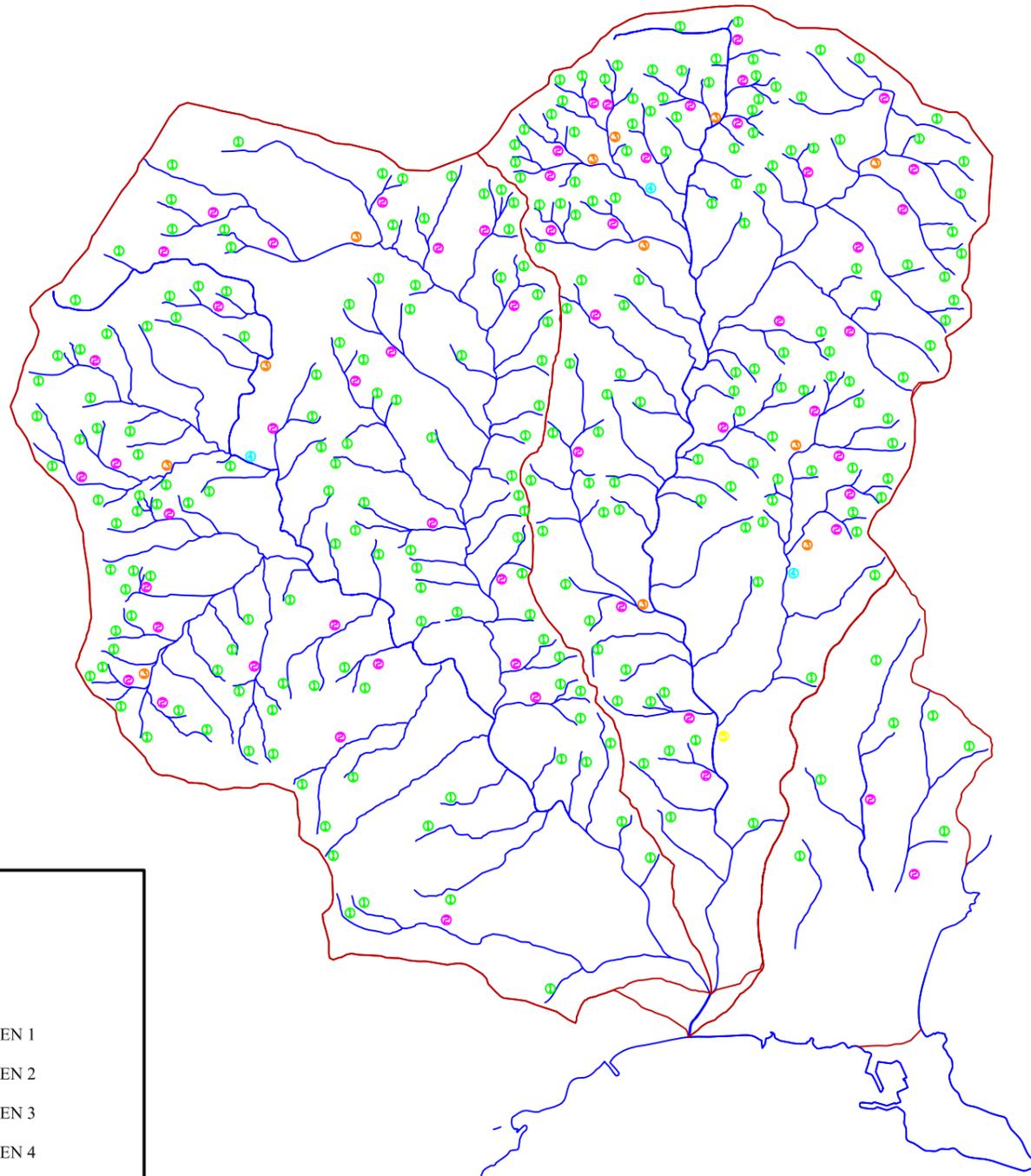
ESCALA:  
**1:50.000**



**LEYENDA**

- RED DE DRENAJE
- DIVISORIAS
- TOPOGRAFÍA

TRABAJO DE FIN DE CARRERA: ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DE LOS BARRANCOS DEL POU ROIG Y DE QUISI EN EL CASCO URBANO DE CALP (ALICANTE).	
TÍTULO DEL PLANO: RED DE DRENAJE	
CUENCA DE ESTUDIO: UNIÓN DEL BARRANCO DEL POU ROIG CON EL DE QUISI Y CUENCA DEL SALADAR	
TITULACIÓN: MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE	
UNIVERSIDAD:	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
AUTOR: JOSUÉ PELAYO ORDÓÑEZ GARCÍA	
NÚMERO DE PLANO <b>03</b>	ESCALA: 1:50.000



**LEYENDA**

- ① CAUCES DE ORDEN 1
- ② CAUCES DE ORDEN 2
- ③ CAUCES DE ORDEN 3
- ④ CAUCES DE ORDEN 4
- ⑤ CAUCES DE ORDEN 5

TRABAJO DE FIN DE CARRERA:

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DE  
LOS BARRANCOS DEL POU ROIG Y DE QUISI EN  
EL CASCO URBANO DE CALP (ALICANTE).

TÍTULO DEL PLANO:

ORDENES DE CAUCES

CUENCA DE ESTUDIO:

UNIÓN DEL BARRANCO DEL POU ROIG  
CON EL DE QUISI Y CUENCA DEL  
SALADAR

TITULACIÓN:

MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA  
Y MEDIO AMBIENTE

UNIVERSIDAD:



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

AUTOR:

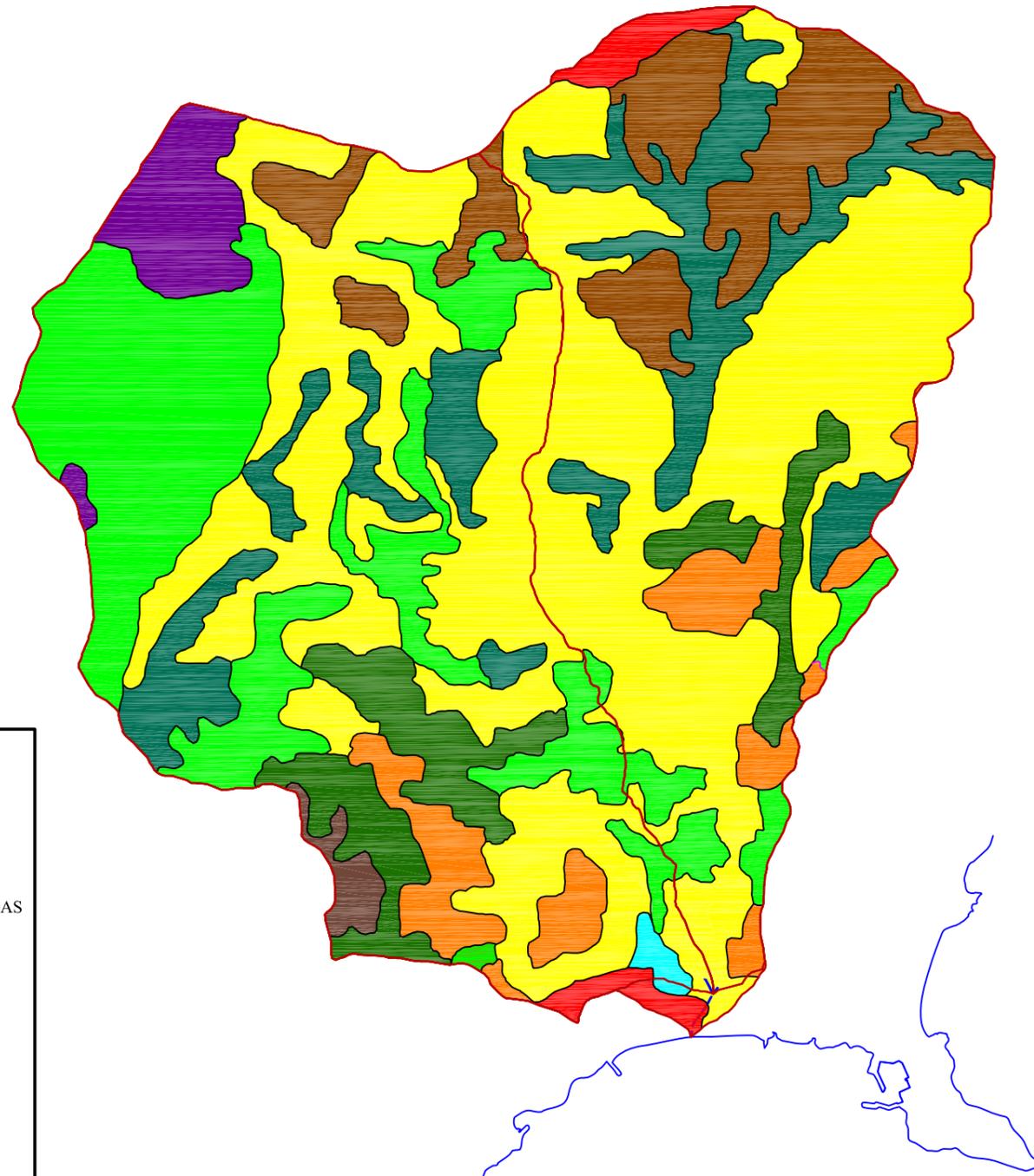
JOSUÉ PELAYO ORDÓÑEZ GARCÍA

NÚMERO DE PLANO

04

ESCALA:

1:50.000



**LEYENDA**

- TEJIDO URBANO CONTÍNUO
- ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES
- URBANIZACIONES EXTENSAS O AJARDINADAS
- ZONAS QUEMADAS
- VIÑEDOS
- MOSAICO DE CULIVOS PERMANENTES
- MATORRAL BOSCOZO DE TRANSICIÓN
- TERRENOS AGRICOLAS CON ESPACIO DE VEGETACIÓN NATURAL
- PINACEAS
- ESPACIOS OROFILOS ALTITUDINALES CON VEGETACIÓN ESCASA

TRABAJO DE FIN DE CARRERA:

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DE LOS BARRANCOS DEL POU ROIG Y DE QUISI EN EL CASCO URBANO DE CALP (ALICANTE).

TÍTULO DEL PLANO:

USOS DE SUELO

CUENCA DE ESTUDIO:

UNIÓN DE LOS BARRANCOS DEL POU ROIG Y DE QUISI

TITULACIÓN:

MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE

UNIVERSIDAD:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

AUTOR:

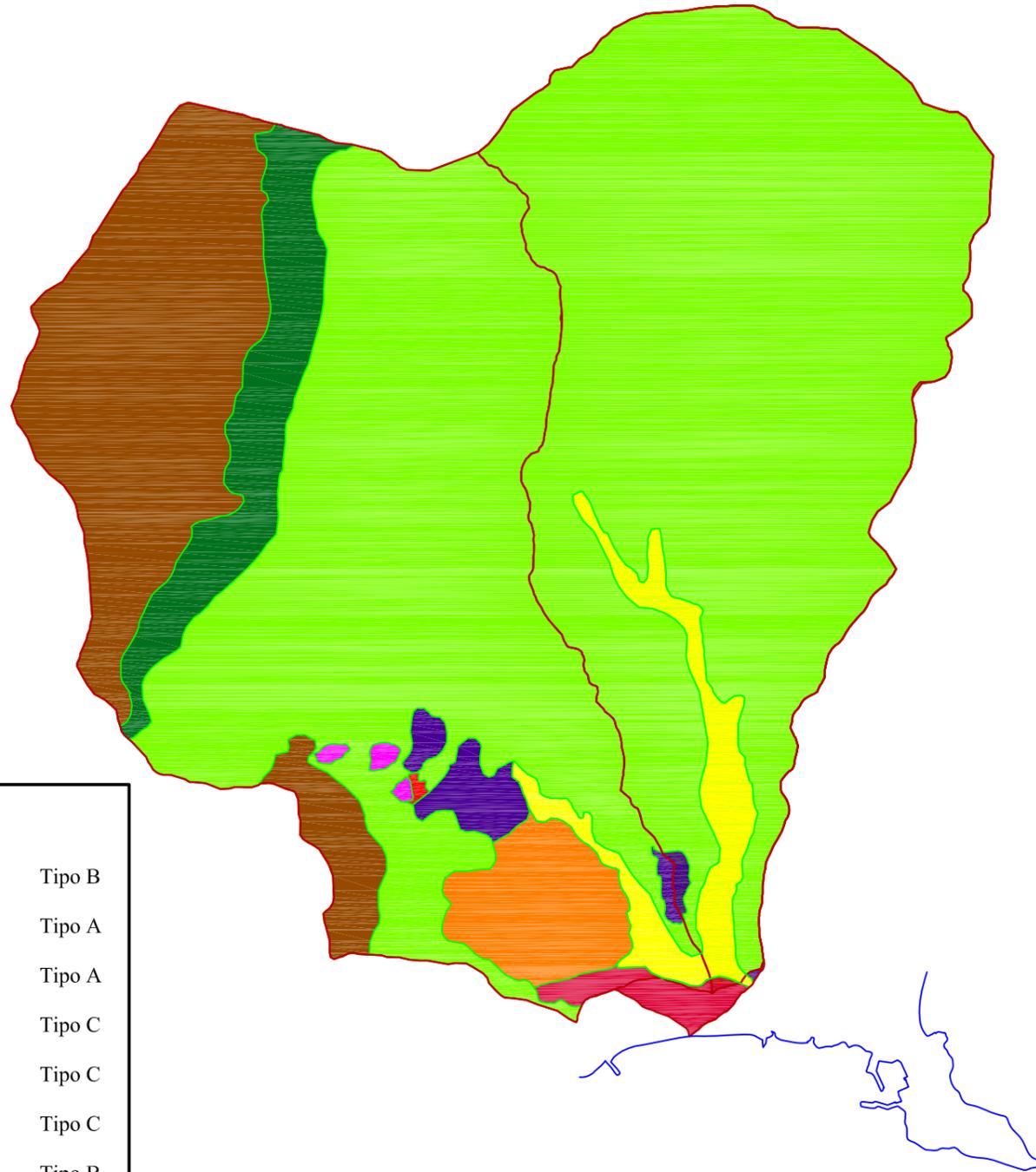
JOSUÉ PELAYO ORDÓÑEZ GARCÍA

NÚMERO DE PLANO

5

ESCALA:

1:50.000



**LEYENDA**

- |   |                           |        |
|---|---------------------------|--------|
|  | Margas y areniscas        | Tipo B |
|  | Conglomerados             | Tipo A |
|  | Calcareas                 | Tipo A |
|  | Cantos, gravas y arcillas | Tipo C |
|  | Margas                    | Tipo C |
|  | Arenas y arcillas         | Tipo C |
|  | Calcáreas y Margas        | Tipo B |
|  | Arcillas, margas y yesos  | Tipo D |
|  | Limos y arcillas          | Tipo D |
|  | Zona urbanizada           |        |

TRABAJO DE FIN DE CARRERA:

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DE  
LOS BARRANCOS DEL POU ROIG Y DE QUISI EN  
EL CASCO URBANO DE CALP (ALICANTE).

TÍTULO DEL PLANO:

LITOLOGÍA

CUENCA DE ESTUDIO:

UNIÓN DE LOS BARRANCOS DEL POU  
ROIG Y DE QUISI

TITULACIÓN:

MASTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA  
Y MEDIO AMBIENTE

UNIVERSIDAD:



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

AUTOR:

JOSUÉ PELAYO ORDÓÑEZ GARCÍA

NÚMERO DE PLANO

6

ESCALA:

1:50.000