

ÍNDICE

MEMORIA

| | |
|--|----|
| 1. Introducción..... | 1 |
| 2. El río Veo y el problema de las inundaciones en Burriana | 2 |
| 3. Estudio hidrológico | 4 |
| 4. Estudio geomorfológico e histórico..... | 7 |
| 5. Estudio hidráulico | 10 |
| 5.1 La situación actual | 10 |
| 5.2 Diseño hidráulico del campo de Golf..... | 10 |
| 5.3 Diseño hidráulico del encauzamiento de crecidas | 11 |
| 5.4. Comportamiento del PAI Sant Gregori para caudales de diferente período de retorno..... | 12 |
| 5.5. Mapa de riesgo modificado | 13 |
| 6. Conclusiones..... | 14 |

ANEJOS

| | |
|---|----|
| Anejo 1. Estudio hidrológico..... | 16 |
| Anejo 2. Listados del programa HEC-RAS..... | 46 |

PLANOS

1. INTRODUCCIÓN

El Plan Parcial Golf Sant Gregori, propone la urbanización de 275 Has de terreno al Norte del río Seco de Burriana, contiguos al mar Mediterráneo. Se trata de un territorio llano de forma aproximadamente rectangular, cuyo sector más al Sur está afectado por las inundaciones provocadas por el desbordamiento del citado río Seco.

Por acuerdo de 28 de enero de 2002 del Consell de la Generalitat Valenciana, se ha aprobado definitivamente el Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre Prevención de Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), acuerdo que, junto con la normativa del Plan, se ha publicado en el Diario Oficial de la Generalitat Valenciana de 30 de enero de 2003.

La disposición transitoria cuarta del PATRICOVA establece que *“Los planes Generales o sus modificaciones que afectan a zonas inundables, que se encontraban en tramitación con anterioridad a la aprobación del PATRICOVA, deberán ajustarse al mismo con carácter previo a su aprobación definitiva”*.

Este es el caso del Plan Parcial Golf Sant Gregori, que se encuentra en parte afectado por la zona inundable del río Seco de Burriana, y por lo tanto se precisa redactar el Estudio de Inundabilidad que presentamos según las directrices del artículo 23 y con el contenido indicado en el artículo 17 de la normativa del PATRICOVA.

2. EL RÍO VEO Y EL PROBLEMA DE LAS INUNDACIONES EN BURRIANA

El río Veo, también conocido como río Ana (que en árabe significa “río”) o río Seco de Burriana, nace en la Sierra de Espadán, donde posee una cuenca bien desarrollada con fuertes pendientes formando el valle de Veo. El río, que posee un caudal continuo, está controlado por el pequeño embalse de Benitandús o de Onda, con capacidad para 1 Hm³. El caudal del río es utilizado por la Comunidad de Regantes de Onda para el riego de cerca de 1000 Has, de modo que en el término de Onda, donde el valle se abre, el río Veo ya no lleva caudal, adoptando características de rambla mediterránea.

Recibe en Onda su principal tributario, el barranco de Artana, y discurre a partir de este punto atravesando el cono aluvial Pleistoceno y por lo tanto inactivo del río Mijares. En todo este trayecto apenas tiene cuenca vertiente de modo que el hidrograma de crecida es trasladado y laminado hasta las inmediaciones de la autopista A7. En este tramo es más conocido como río Ana.

Los terrenos comprendidos entre el río Veo y Mijares, pertenecientes al cono aluvial pleistoceno de este segundo río, están drenados por el barranco de Ratils que carece de cabecera y cuyo cauce es a tramos apenas perceptible. Esta es una cuenca muy extensa, llana y alargada que confluye con el río Veo en término de Villarreal, junto a la carretera Nacional N-340.

A partir este entorno comienzan los desbordamientos al perder capacidad el cauce sufriendo una reducción en Sección y pendiente al entrar en terrenos más recientes. A ellos pertenece íntegramente el término municipal de Burriana. El río Seco de Burriana, como allí se conoce, forma un cono aluvial con relieve invertido de modo que las márgenes están más elevadas que los terrenos circundantes. La cuenca vertiente no se incrementa y el río en caso de desbordamiento emite caudales a derecha e izquierda que ya no pueden retornar al cauce.

En el límite del término, donde se produce el cambio de pendiente y de terrenos, la Sección se estrecha mucho y se ubica el puente del ferrocarril Valencia-Barcelona, que es sumamente estrecho y ubicado en un meandro. Esto propicia un complejo desbordamiento aguas arriba que se ve modificado y retenido por los terraplenes de la vía férrea y la carretera nacional y la autopista en los términos de Alquerías del Niño Perdido y Villarreal. Aguas abajo del citado puente, el río desborda en primer lugar por un reducido espacio deprimido de la margen izquierda todavía en término de Villarreal, pero al penetrar en el término de Burriana desborda esencialmente por la margen derecha en dirección al casco urbano. Esta zona, incluido el casco mismo, se halla en riesgo 4; es decir, período de retorno de inundaciones entre 25 y 100 años, con niveles para $T=100$ inferiores a 80 cm. Mas allá, y hasta el puerto, el riesgo es 6; es decir, retorno entre 100 y 500 años con calado igualmente inferior a 80 cm.

En el casco urbano de Burriana, el río está canalizado con capacidad para $Q = 550 \text{ m}^3/\text{s}$; caudal al que corresponde un período de retorno de 90 años. Esto sería aceptable si no fuera porque, en general, el río desborda antes y no puede retornar, acometiendo la ciudad por el Oeste. Una protección razonable de Burriana exige prolongar el encauzamiento hacia aguas arriba con la misma capacidad que el encauzamiento actual.

Aguas abajo de la ciudad, el entorno del río está delimitado por el Camino del Mar por la derecha, y por la izquierda por la topografía invertida y el barranco del Hospital, que es un paleo cauce del río Seco. El desbordamiento se produce básicamente por la margen derecha, pero queda contenido por el Camino del Mar. A 1200 m del casco urbano existe un pronunciado meandro con cambio de pendiente. Inmediatamente aguas arriba, se halla una zona de riesgo 1 por el remanso producido y un desbordamiento por la margen izquierda en dirección a los terrenos del PAI Sant Gregori siguiendo el paleo cauce del barranco del Hospital. Desde este punto hasta el mar, el cauce del río Seco y sus márgenes cortan el nivel freático creándose en dicho lugar un humedal con nacimientos de agua. Las márgenes están

cubiertas con bosque de ribera y la presencia de agua permanente implica la existencia de una importante flora y fauna acuáticas. Este es el Clot de la Mare de Déu que se halla protegido e incluido en el Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana. La capacidad hidráulica del cauce en este tramo final es de 350 m³/s. El carácter protegido de este tramo impide su modificación. Por esta razón hay que contar con el desbordamiento para períodos de retorno por encima de 30 años.

El desbordamiento por la derecha está contenido por el Camino del Mar y necesariamente las aguas regresan al cauce antes de la desembocadura. Por la izquierda, sin embargo, la salida al mar a través del paleo cauce del barranco del Hospital no está impedida, aunque existe una fila de edificios en primera línea de costa entre esta salida y la del río Seco. También existe una difluencia con el citado barranco, con comunicación activa para caudales pequeños con el Clot de la Mare de Déu, a escasos metros de la desembocadura.

En este ámbito se propone el PAI Sant Gregori, incorporando la zona inundable al espacio urbanizable y limitando ligeramente su extensión. El espacio inundable se propone dedicarlo a campo de golf, logrando así un aprovechamiento compatible con el carácter inundable y disimulando en él un canal de crecidas irregular que asegure la protección de la zona efectivamente urbanizada.

3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico tiene como objetivo determinar, para diferentes niveles de frecuencia, los caudales pico de crecida del río Seco en el tramo de estudio, desde el núcleo urbano de Burriana hasta la desembocadura al mar.

La modelización se ha realizado sobre la cuenca vertiente al cauce principal del río Seco a su paso bajo la línea de ferrocarril Valencia–Barcelona, incluyendo además la escorrentía aportada por el barranco de Ratils. Una vez estimados los caudales de crecida, se ha modelizado hidráulicamente el río desde su cruce con la autopista A7 hasta su desembocadura, con el fin de obtener el caudal circulante a partir del núcleo de Burriana.

Ante la ausencia de datos de aforo en la cuenca, la modelación se ha llevado a cabo mediante métodos hidrometeorológicos; esto es, se parte de un análisis de la frecuencia de las precipitaciones máximas, con el objetivo de obtener, en una primera fase, el hietograma de diseño correspondiente a cada período de retorno. En una segunda fase, mediante un modelo de transformación lluvia-escorrentía, se convierten estos hietogramas en hidrogramas de crecida, con sus correspondientes caudales máximos.

Para el análisis hidrológico, la superficie de la cuenca, de aproximadamente 220 km², ha sido dividida en una serie de subsistemas, atendiendo a criterios topológicos y de homogeneidad hidrológica, resultando 10 subcuencas, con superficies no superiores a 40 km². La caracterización hidromorfométrica del sistema y la obtención de los valores del parámetro de producción, el umbral de escorrentía, se ha realizado automatizadamente con las herramientas que provee el Sistema de Información Geográfica ARC (en concreto, los módulos ARCInfo y ARCView), a partir del Modelo de Elevación Digital de la zona en formato vectorial y las coberturas de usos del suelo y litología de la COPUT.

En cuanto a la obtención de los cuantiles de precipitación diaria máxima anual correspondientes a cada subcuenca, se ha llevado a cabo a partir de la publicación del Ministerio de Fomento “Estudio de máximas lluvias de la España peninsular”, estudio basado en la tesis doctoral de D. Javier Ferrer, en el que se realiza un ajuste regional con la función de distribución SQRT-ETmax a partir de los datos de precipitación diaria máxima anual de las estaciones españolas con series de longitud superior a 20 años.

A partir de los cuantiles de precipitación diaria máxima representativos de cada subcuenca, se han obtenido las correspondientes tormentas de proyecto, para diversos períodos de retorno, con las siguientes características:

- i) Se ha empleado la curva IDF propuesta en la Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial, basada en un trabajo de Témez (1987)
- ii) En cuanto a la distribución temporal de la precipitación, se ha adoptado la del hietograma del *Soil Conservation Service* tipo II (elegido, de entre varios estándares considerados, por su mayor torrencialidad).
- iii) Se ha trabajado con la hipótesis de simultaneidad temporal en los aportes de todas las subcuencas del sistema, por lo que el valor del coeficiente de reducción areal es común para todas ellas, y función de la superficie total drenada por el río Seco hasta el desagüe considerado.

Para la transformación lluvia-escorrentía se ha empleado un modelo conceptual pseudodistribuido, en concreto HEC-HMS, versión 2.3.1, desarrollado por el *U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center*, que simula los procesos de precipitación-escorrentía mediante una serie de submodelos (producción de escorrentía directa, transformación del hietograma neto en escorrentía y propagación en cauces) que se corresponden con las distintas fases del proceso.

El modelo de producción empleado ha sido el del *Soil Conservation Service*, que necesita de un sólo parámetro, el umbral de escorrentía (como ya se ha dicho, obtenido mediante aplicaciones SIG para cada subcuenca del sistema).

El proceso de transformación lluvia neta-escorrentía en todas las subcuencas ha sido modelado en términos de la teoría lineal de los sistemas hidrológicos, empleando hidrogramas unitarios para representar la respuesta hidrológica frente a una lluvia neta de volumen unitario (altura 1 mm) y duración 30 minutos. En concreto, se ha utilizado el HU del *Soil Conservation Service*, pues se ajusta bastante bien al comportamiento hidrológico en la zona.

En cuanto a la propagación en los cauces de la cuenca se ha simulado mediante el modelo de Muskingum.

Con todo ello, se han obtenido los hidrogramas de crecida en el paso del río Seco bajo el ferrocarril Valencia-Barcelona para los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años. La siguiente tabla muestra los valores del caudal pico y el volumen de los hidrogramas, incluido el aporte del barranco de Ratils.

| | Periodo de retorno (años) | | |
|---------------------------|---------------------------|------|------|
| | 25 | 100 | 500 |
| Q_{pico} (m^3/s) | 250 | 597 | 1200 |
| Volumen (Hm^3) | 6,2 | 13,1 | 24,5 |

Tras la simulación hidráulica del cauce principal del río Seco con estos caudales pico de crecida, se han determinado los caudales circulantes aguas abajo del núcleo de Burriana, detrayendo los desbordamientos producidos. Esta modelación se ha realizado considerando un escenario futuro en el que se haya llevado a cabo la actuación de defensa del municipio de Burriana, la cual debe proporcionar a la ciudad un nivel de protección no superior al de su encauzamiento existente (550

m³/s) frente a los desbordamientos producidos aguas arriba, principalmente, en las cercanías del ferrocarril. En dichos desbordamientos, parte de las aguas desbordadas vuelven al cauce del Seco en el mismo municipio de Burriana; considerando dicha parte de las aguas que finalmente vuelven, se obtienen los caudales circulantes.

De este modo, considerando la totalidad del caudal pico de 100 años de periodo de retorno, los caudales circulantes son los siguientes:

| | Periodo de retorno (años) | | |
|--|---------------------------|-----|-----|
| | 25 | 100 | 500 |
| Q _{pico} (m ³ /s) | 250 | 600 | 810 |

4. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HISTÓRICO

El área de estudio, situada en la margen izquierda del Clot de la Mare de Déu, forma parte del extenso edificio aluvial cuaternario que configura la comarca natural de la Plana de Castelló. Se trata de un amplio y potente abanico con ápice en los relieves terciarios del Sitjar, construido principalmente con los aportes del Mijares y la Rambla de la Viuda.

El edificio sedimentario de la Plana presenta dos tipos de depósitos pleistocenos de arroyada, ambos compuestos por arcillas con cantos empastados, generados fundamentalmente por los desbordamientos de ambos ríos bajo un régimen pluvial semiárido, de precipitaciones cortas e intensas (IGME, 73; Pérez Cueva, 88). En la zona apical del abanico, hasta la cota de 25 metros aproximadamente, predominan los materiales del Pleistoceno inferior, con un fuerte encostramiento roto por los campos de cultivo, pero todavía visible en el fondo y laderas de las ramblas. Adosado al anterior y conformando una amplia orla, aparece un potente depósito del Pleistoceno superior compuesto por arcillas rojas con cantos procedentes de los mantos aluviales y las zonas encostradas. Estos mantos de arroyada del Pleistoceno superior ocupan la zona externa del interfluvio Mijares-Seco de Burriana y aparecen en el sector Norte del área de estudio.

En la zona más próxima al río Seco de Burriana, como en las inmediaciones de la desembocadura del Mijares, encontramos otro tipo de depósito, también datado en el Pleistoceno superior. Son pequeños abanicos aluviales de tipo deltaico, con materiales marino-continentales, compuestos principalmente por arcillas rojas con cantos fluviales. El espesor de estos depósitos alcanza, según los sondeos citados por Rosselló (1963), una profundidad de 150 metros, lo que hace pensar en una subsidencia importante en todo el sector.

El río Mijares y la Rambla de la Viuda constituyen el eje de simetría del edificio sedimentario de la Plana, cuya topografía convexa determina la estructura

divergente de la red hidrográfica, patente en el arco descrito por el río Seco de Borriol o en el trazado paralelo de los cauces que llegan hasta el área de estudio: el río Seco de Burriana y el barranco del Hospital o de Pitoto.

El río Seco de Burriana (también denominado río Sonella, Anna o Veo) desciende desde la Serra de Espadán y drena una cuenca de 238 km². Aguas abajo de Burriana, en la zona conocida como el Clot de la Mare de Déu, el cauce reduce notablemente su sección e incrementa su sinuosidad, presentando diversos meandros e incluso algún pequeño paleocauce adosado en forma de *ox-bow*, junto al camino de las Salinas. En este punto han tenido lugar procesos de desbordamiento en época histórica.

Poco antes de su desembocadura, el río Seco recibe un tributario por su izquierda, el barranco del Hospital. Éste sigue el eje de la depresión interconos que separa los edificios aluviales del río Seco de Burriana y el río Mijares. Nace en el casco urbano de Villarreal y presenta un cauce prácticamente inexistente en su mayor parte, como consecuencia de los trabajos seculares de transformación agrícola y del desarrollo urbano-industrial. Se trata por lo general de una vaguada amplia y de escaso calado, delimitada por los márgenes levemente abancalados de los campos de cultivo que la ocupan. Sin embargo, su trazado vuelve a reconocerse en su tramo inferior, en paralelo al Clot de la Mare de Déu, hasta su unión con el río Seco.

Entre esta vaguada y el Mijares, la morfología es la característica de los sectores distales de los abanicos aluviales, en los que suele organizarse una sencilla red de drenaje, sobre una topografía palmeada apenas perceptible, que alterna suaves elevaciones con depresiones o vaguadas únicamente activas durante episodios de cierta torrencialidad.

La restinga actual, estrecha, regresiva y formada principalmente por materiales del Mijares y del Ebro, se apoya sobre un cordón litoral fósil correspondiente al máximo flandriense, que cierra antiguos Sectores de albufera completamente colmatados. En efecto, entre ambos ríos, en el área de estudio y adosada a la restinga, la topografía

presenta una pequeña depresión semielíptica, donde se ha reconocido la presencia de limos pardos con cantos marinos perforados por litófagos (IGME, 1973). Este tipo de depósitos mixtos marino-continetales suele asociarse a antiguos Sectores de albuferas ya colmatados. La presencia de una estructura de drenaje antrópica, abierta en paralelo a la costa, la *séquia del Rajolí*, cuyo trazado coincide con la citada depresión topográfica y con el depósito de limos pardos, confirma la existencia de un antiguo y reducido espacio palustre que, por su avanzado estado de colmatación, debió de ser saneado sin dificultad en época histórica.

5. ESTUDIO HIDRÁULICO

El estudio hidráulico se ha realizado con la ayuda del programa HEC-RAS del *U.S. Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center*. Los listados correspondientes se recogen en el Anejo n° 2 de cálculos hidráulicos.

5.1. La situación actual

En primer lugar se ha simulado la situación para toda el área de Burriana, llegando a obtener el mapa de riesgo correspondiente a la situación de partida actual. Se ha utilizado la cartografía a escala 1:10.000 del Instituto Cartográfico Valenciano descendiendo por lo tanto de la escala del PATRICOVA y por lo tanto actualizándolo. Este mapa se incorporará al PATECAS a través del estudio que en este momento se realiza para la COPUT, por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia. Este mapa de riesgo actual se presenta en el Plano n° 1.

En él se observa que la ciudad de Burriana se encuentra actualmente en nivel de riesgo 4, es decir frecuencia de inundación entre 25 y 100 años, con lámina inferior a 80 cm. Aguas debajo de Burriana, en la margen derecha se ubica una zona de riesgo 1 con el propio cauce y en el espacio comprendido entre la acequia Ull de la Vila y el río. El riesgo es de nivel 4 entre la acequia y el camino del Mar y el cauce el riesgo es de nivel 3, es decir, frecuencia inferior a 25 años en calado inferior a 0,8 m. Igualmente es de nivel 3 el espacio comprendido entre el cauce y el actual camino de las Salinas. El riesgo más al Norte baja a nivel 4 es decir calado inferior a 80 cm con frecuencia comprendida entre 25 y 100 años. La crecida de 500 años tan sólo implica un calado ligeramente superior. Este trazado más actual recorta la primera estimación del PATRICOVA que asignaba una zona amplia de nivel 6 más al Norte. La razón está en que si bien la crecida de 500 años aguas arriba de Burriana es de 1200 m³/s, aguas abajo del casco urbano no circulan más de 810 m³/s ya que el resto indefectiblemente desborda por la margen derecha aguas arriba del casco

urbano a no ser que se amplíe y muy considerablemente la canalización actual, lo cual no es factible.

5.2. Diseño hidráulico del campo de Golf

El río Seco ha sido modelizado con más detalle, tomando secciones transversales cada 50 m. desde Burriana hasta la desembocadura. Los caudales utilizados han sido:

| Período de retorno (años) | Caudal (m ³ /s) |
|---------------------------|----------------------------|
| 25 | 250 |
| 100 | 600 |
| 500 | 810 |

Las simulaciones preliminares efectuadas en el campo de golf utilizando este último caudal indican la imposibilidad de concentrar los caudales desbordados en una banda razonable de terreno, eliminando por completo el riesgo en el resto si no se realiza un encauzamiento más formal. En estas condiciones se propone un encauzamiento hasta el mar de los caudales desbordados a través del campo.

Los viales que rodean el campo de golf se han diseñado con este último caudal para garantizar en todo momento que el flujo desbordado no afecta a los terrenos del PAI, a excepción de la canalización propuesta.

En la simulación que se presenta en el Anejo n° 2 se comprueba que el río Seco desborda hasta el campo de Golf y el barranco del Hospital en el perfil 1560 (ver plano n° A2.1) con un caudal de 321 m³/s. Aguas abajo, entre las secciones 1230 y 810, ante una nueva pérdida de capacidad del cauce y dado que el camí de la Mar limita el desbordamiento por el Sur desborda hacia el campo de Golf un caudal adicional de 191 m³/s. En total, circulan por el campo de Golf 512 m³/s para retorno 500 años, que han de ser evacuados al mar directamente entre las 4 edificaciones

actualmente existentes al norte de la desembocadura del río Veo, y el límite de la urbanización.

La entrada del flujo desbordado desde el río Veo se ha facilitado mediante el paso de los viales en badén.

Este trazado del vial Sur, protege las 4 edificaciones situadas actualmente en primera línea de playa, que tienen un riesgo importante, y al tiempo benefician a las zonas urbanas situadas al Sur del río Seco que de este modo no ven alteradas sino reducidas sus cotas de inundación.

5.3. Diseño hidráulico del encauzamiento de crecidas

La canalización se ha diseñado de modo que permite su integración dentro del campo de Golf, pero eliminando el riesgo para la crecida de retorno 500 años por completo.

En estas condiciones, hay que canalizar un caudal de 512 m³/s de los cuales 321 m³/s entran por el límite Oeste y 191 m³/s por el lado sur. Para concentrar los caudales desbordados que superan los viales, se han diseñado unas superficies convergentes hacia sendos encauzamientos, que confluyen en el centro del campo y a continuación desagüan conjuntamente hasta el mar.

Los encauzamientos se han diseñado con una sección tipo formada por una solera de bolos cementados con ancho de 40 m. y 20 m. respectivamente y con cajeros en talud 4:1 muy tendido revestido con césped de modo que se integren sin solución de continuidad con el campo de Golf. La profundidad de la sección es de $y=2,0$ m.

A partir del punto de unión, la sección tipo se diseña con solera de hormigón horizontal de 80 m de anchura, y cajeros en talud 4;1 recubiertos de césped. Para evitar el impacto visual, la solera se estructura con una lámina de agua permanente de 25 cm retenida con tres rastrillos escalones de 50 cm de altura. El primero contiene y delimita la confluencia, el segundo genera un escalón intermedio y el

último se ubica a cota + 0,50 debajo del puente del vial costero. Este vial pasa por encima con un puente de 80 m de luz total y 2 m de altura libre. La solera en el tramo común se coloca horizontal, de modo que se generan así dos estanques. La profundidad prevista de la lámina en este tramo común es de 2,25 m.

Las curvas de nivel fuera del encauzamiento se modifican como se muestra en el plano número 2.

El comportamiento hidráulico de este diseño ha sido comprobado con el programa HEC-RAS cuyos listados se muestran en el Anejo n° 2. El coeficiente de Manning adoptado para el hormigón ha sido $n=0,015$ y para el césped $n=0,025$.

5.4. Comportamiento del PAI Sant Gregori para caudales de diferente período de retorno

El diseño del PAI se ha concebido para que contenga íntegramente sin por ello afectar negativamente a terceros, la crecida de período de retorno 500 años. Según esto, el campo de Golf vehicula un caudal de 512 m³/s, de los cuales 321 m³/s penetran por el Oeste desde la sección 1560 del río Seco y 191 m³/s adicionales entre las secciones 1230 y 810. Estos caudales son concentrados a través de una vía de agua que los lleva a la sección de salida en la costa. FUERA DE LA CANALIZACIÓN DISEÑADA E INTEGRADA EN EL CAMPO DE GOLF, TODOS LOS TERRENOS DEL PAI QUEDAN EXENTOS DE TODO RIESGO DE INUNDACIÓN.

El cauce diseñado tiene calados superiores a 80 cm con crecida de retorno 100 años y por esta razón corresponde al nivel 2 de riesgo. El plano n° 3 presenta el mapa de riego resultante.

Incluso quedan protegidas las edificaciones preexistentes en la costa al Norte del río Seco y la inundación de la margen derecha no se ve modificada. El Anejo n° 2 presenta los listados de esta simulación.

La crecida de retorno 100 años, corresponde a un caudal de 600 m³/s, para el cual no hay pérdida de caudal aguas arriba de Burriana. La diferencia de caudal por tanto con la crecida de 500 años es bastante reducida. En efecto, la simulación que se acompaña en el Anejo n° 2 demuestra que para dicho caudal se produce el desbordamiento hacia el campo de Golf de 251 m³/s en la sección 1560. Este caudal penetra por el Oeste, por el barranco del Hospital. A él se le añaden 77 m³/s desbordados entre los perfiles 1230 y 810 del río Seco, lo cual supone una circulación total en el campo de Golf de 328 m³/s. Los límites en planta de la inundación no se ven modificados aunque los niveles sí se ven lógicamente reducidos.

La crecida de retorno 25 años tiene un caudal de 250 m³/s que no desborda aguas arriba de Burriana y por lo tanto circula íntegro en el tramo de estudio. La simulación se acompaña en el Anejo n° 2. En ella se comprueba que se produce un pequeño desbordamiento a partir del perfil 330 hacia el mar, que no supera el vial Sur del PAI que lo separa del campo de Golf. La crecida de retorno 25 años no lo afecta por lo tanto y queda contenida en el cauce del río Veo. El desbordamiento se produce para caudales de 280 m³/s que corresponden con un período de retorno de 30 años.

5.5. Mapa de riesgo modificado

Con las simulaciones efectuadas y los resultados expuestos, queda establecido que el nivel de riesgo en la zona del PAI de Sant Gregori lo marca la crecida de retorno 100 años, ya que la de 25 años no llega a desbordar y la de 500 años sólo modifica los niveles en forma ligera. De acuerdo con la clasificación del PATRICOVA, los terrenos estarán expuestos a los niveles 2 y 4, es decir inundables para retorno de 100 años con niveles mayores o menores de 80 cms. La concentración de caudales en una vía de agua a través del campo de Golf genera la aparición de la banda de nivel 2. La concentración de flujo anula por completo el riesgo en el PAI.

Las condiciones de riesgo en la margen derecha son las preexistentes, y se ven mejoradas las condiciones en las edificaciones al Norte de la desembocadura por lo

cual queda patente que la actuación no perjudica a terrenos, e incluso mejora la situación general.

6. CONCLUSIONES

Se ha redactado el presente estudio de inundabilidad para la tramitación según la normativa del PATRICOVA del PAI Sant Gregori en la margen izquierda y zona inundable del río Veo o Seco de Burriana en término municipal de esta población.

El estudio hidrológico muestra que los caudales que cabe esperar en el tramo del río objeto de estudio son los siguientes:

| Período de retorno (años) | Caudal (m ³ /s) |
|---------------------------|----------------------------|
| 25 | 250 |
| 100 | 600 |
| 500 | 810 |

El estudio geomorfológico manifiesta la existencia de un paleo cauce que discurre por los terrenos que se han reservado para campo de golf, ocupando el barranco del Hospital que actualmente cuenta con una pequeña cuenca propia pero cuya principal funcionalidad es la de evacuar los caudales desbordados desde el río Seco.

El estudio hidráulico, ha diseñado las cotas de viales y las secciones de desagüe de modo que se construye un cauce de desagüe extraordinario para los caudales desbordados a través del campo de Golf hasta su entrega al mar. Esto ha sido plasmado en el correspondiente Mapa de Riesgo modificado. El diseño del encauzamiento se ha integrado con el campo de Golf de modo que sin pérdida de efectividad hidráulica se reduzca su impacto visual.

La actuación prevista es capaz de evacuar la crecida de 500 años de período de retorno sin afectar a los terrenos del PAI que quedan por completo excluidos de riesgo de inundabilidad, a excepción por supuesto de la canalización diseñada.

La crecida de retorno 25 años queda retenida en el cauce del río Seco y no afecta al campo de Golf. La crecida de retorno 100 años conduce 328 m³/s a través de esta vía de desagüe extraordinaria. Esta comienza a utilizarse para crecidas de retorno 30 años.

La actuación propuesta no altera las condiciones de inundabilidad de la margen derecha del río Seco, y al mejorar el desagüe general, beneficia a todo el tramo comprendido entre el ferrocarril y el mar, incluido el casco urbano de Burriana.

El canal diseñado para crecidas hay que considerarlo como una infraestructura de defensa contra las crecidas y contribuye a internalizar los costes de la protección. De este modo se contribuye al justo reparto de las cargas y los beneficios.

Valencia, 7 de mayo de 2003

Fdo. Juan B. Marco Segura
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Catedrático de Ingeniería Hidráulica
Colegiado nº 5189

ANEJO 1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

A1.1.- INTRODUCCIÓN

El estudio hidrológico tiene como objetivo el obtener, para diferentes niveles de frecuencia, los caudales pico de crecida del río Seco en el tramo de estudio.

Como ya se ha indicado en el apartado 3 de la Memoria, la modelización se ha realizado sobre la cuenca hidrográfica correspondiente al punto de intersección del cauce con la línea de ferrocarril Valencia – Barcelona. Tras obtener los caudales, se ha modelizado hidráulicamente el río desde su cruce con la autopista A7 hasta su desembocadura, con el fin de obtener el caudal circulante en el tramo desde el núcleo de Burriana hasta la desembocadura.

A1.2.- CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO

El Río Seco posee una superficie de 219.3 km² y se ha dividido en 10 subcuencas , con superficies entre 15 y 40 km² , excepto un de ellas con 3 km². El plano de la página siguiente muestra el esquema hidrológico adoptado.

La siguiente tabla contiene los principales parámetros hidromorfológicos de una de las subcuencas consideradas en el Río Seco.

| SubCuenc a | S (km ²) | P (km) | L _{rp} (km) | H _{máx} (m) | H _{mín} (m) | i _{rp} (m/m) | T _c (h) |
|---------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| S1 | 19,62 | 23,89 | 11,23 | 940 | 300 | 0,057 | 3,25 |
| S2 | 12,29 | 17,78 | 3,24 | 550 | 340 | 0,065 | 1,23 |
| S3 | 22,65 | 25,01 | 9,14 | 800 | 240 | 0,061 | 2,74 |
| S4 | 39,49 | 32,10 | 14,59 | 880 | 170 | 0,049 | 4,08 |
| S5 | 40,09 | 42,28 | 20,39 | 510 | 80 | 0,021 | 6,18 |
| S6 | 25,98 | 31,83 | 11,80 | 120 | 30 | 0,008 | 4,94 |
| S7 | 22,17 | 25,33 | 13,06 | 570 | 110 | 0,035 | 3,99 |
| SIC1 | 3,00 | 8,21 | 2,76 | 510 | 240 | 0,098 | 1,01 |
| SIC2 | 15,72 | 28,21 | 10,78 | 320 | 110 | 0,019 | 3,86 |
| SIC3 | 18,29 | 31,59 | 13,92 | 330 | 20 | 0,022 | 4,57 |

En la tabla:

S: superficie de la cuenca

P: perímetro de la cuenca

L_{rp} : longitud del recorrido principal

$H_{m\acute{a}x}$: cota máxima del recorrido principal

$H_{m\acute{i}n}$: cota mínima del recorrido principal

i_{rp} : pendiente media del recorrido principal

T_c : tiempo de concentración de la cuenca (descrito en el apartado 4.2)

A1.2.1.- Características del suelo

Dado que no existe un estudio o mapa edafológico de la zona, la caracterización de los suelos se ha basado en la zonificación geológica, realizada a partir de las hojas geológicas de Alcora (nº 615), Villafamés (nº 616), Segorbe (nº 640) y Castellón de la Plana (nº 641), del Instituto Geológico y Minero de España; y de las unidades litológicas extraídas que aparecen en la cartografía digital sobre litología suministrada por la COPUT. De manera resumida resumimos las unidades lito-edafológicas consideradas:

- i) Afloramientos de pizarras del Paleozoico en la Serra d'Espadà, cabecera del Río Seco.
- ii) Afloramientos de areniscas y argilitas del Triásico en la Serra d'Espadà, con potencia aproximada de 200 metros, y en las cabeceras de los barrancos Les Parres y El Molí. Las argilitas se presentan en forma muy compacta y tienden a ser pizarras.
- iii) Calizas, dolomías y brechas dolomíticas del Triásico con fracturación y karstificación, en el tramo medio del Río Seco .
- iv) Dolomias y calizas de aspecto masivo del Jurásico en la cabecera del Barranco de Ratils.
- v) Terrenos aluviales del Cuaternario correspondientes a la plana de Castelló. Alternan suelos limosos y profundos (los más abundantes) con pedregosos.
- vi) Destacar, desde el punto de vista hidrológico, la fracturación y karstificación, que favorece la percolación profunda, incrementando la permeabilidad efectiva de los suelos, frente a la poca permeabilidad que presentan las unidades de pizarras y argilitas.

A1.2.2.- Cubierta del suelo

En cuanto a la cubierta del suelo, la información básica utilizada para establecer las distintas tipologías ha sido los mapas formato ARCInfo de usos del suelo de la COPUT (Generalitat Valenciana) a escala 1:50.000.

La cubierta del suelo presenta las siguientes unidades en las cuencas analizadas:

- i) Masas forestales de alta densidad (suelo predominantemente cubierto por coníferas) presentes, en su mayoría, en las cabeceras del sistema hidrológico del Río Seco de la Serra d'Espadà.
- ii) Masas forestales compuestas por una mezcla de matorral más o menos estratificado, manchas de coníferas y roca desnuda, presentes en el tramo medio del Río Seco.
- iii) Afloramientos rocosos calizos con escasa presencia de matorral bajo sin estratificar en las repartidos generalmente por todas las subcuencas.
- iv) En la llanura litoral (tramos bajos de las cuencas) dominan los cultivos de cítricos abancalados.
- v) Cultivos arbóreos de secano presentes en el tramo medio del Río Seco.
- vi) Núcleos residenciales de baja densidad, en general compuestos parcelas con chalets individuales de tamaño medio con jardín, calles asfaltadas y algo de equipamiento, presentes en numerosas cuencas.
- vii) Zonas urbanas, industriales o de equipamientos presentes sobretodo, en las subcuencas del término de Onda.

En el plano de la página siguiente se presentan las distintas unidades de cubierta del suelo detectadas en la zona.

A1.2.3.- Umbrales de escorrentía

El umbral de escorrentía (P_o) es el único parámetro necesario para evaluar la producción de escorrentía superficial según la expresión propuesta por el *Soil Conservation Service*. Depende de cuatro variables, que engloban buena parte de las características físicas de la región analizada:

- i) Tipo de suelo (atendiendo fundamentalmente a su capacidad drenante)
- ii) Cubierta del suelo
- iii) Pendiente del terreno
- iv) Condiciones previas de humedad del complejo suelo-vegetación.

El P_o y las tres primeras variables se pueden tabular relacionando las tablas empleadas en la asignación del parámetro proceden de una adaptación de las del *Soil Conservation Service* para condiciones previas de humedad del suelo medias (Ferrer, 1993). Estos valores de P_o deben modificarse en función de dicha variable; a tal efecto, el SCS define tres condiciones o estados, en función de la precipitación total de los cinco días anteriores, que determinan los valores del factor corrector del P_o obtenido previamente.

La obtención de los umbrales de escorrentía en las cuencas se ha realizado automáticamente, con ayuda de Sistemas de Información Geográfica (en adelante, SIG). La determinación del umbral de escorrentía se ha venido haciendo tradicionalmente por superposición de los diferentes mapas correspondientes a cada una de las variables de las que depende. Con el uso de los SIG se consigue realizar estas operaciones de forma automática y con una considerable mayor precisión, permitiendo, además, el análisis hidrológico a gran escala. En este estudio se ha empleado el SIG ARC (en concreto los módulos ARCInfo y ARCVIEW, con sus extensiones 3D Analyst y Spatial Analyst), manejando los datos en formato vectorial.

El proceso de obtención del umbral de escorrentía ha seguido la siguiente secuencia:

1. Generación de las capas de información de cada uno de los atributos o variables

En cuanto al esquema hidrológico, generado inicialmente en AUTOCAD, se ha importado en ARCInfo, creando una cobertura ARC a la que se ha generado topología de polígonos.

En la cobertura ARCInfo original de la COPUT se han clasificado los distintos polígonos de acuerdo con los usos del suelo propuestos por el SCS para determinar el umbral de escorrentía. Las equivalencias establecidas se recogen en la siguiente tabla.

| Unidad de cubierta del suelo | Adaptación a cubierta del suelo para obtención de P_0 (Ferrer, 1993) |
|---|--|
| Masas forestales compuestas por importantes asociaciones de coníferas y matorral bajo denso | Bosque de densidad alta |
| Suelo predominantemente cubierto por matorral bajo denso con manchas de coníferas y roca desnuda | Bosque de densidad media |
| Suelo sin árboles cubierto predominantemente por matorral bajo menos denso y abundantes manchas de roca desnuda | Bosque de densidad baja |
| Afloramientos rocosos calizos con escasa presencia de matorral bajo sin estratificar | Promedio entre masa forestal de densidad muy baja y roca permeable |
| Cultivos abancalados de cítricos | Cultivos en hilera R |
| Cultivos arbóreos de secano abancalados | Plantación regular de aprovechamiento forestal pobre |
| Núcleos residenciales de baja densidad | Promedio entre masa forestal de densidad media y roca impermeable |

| | |
|---|---------------------|
| Zonas urbanas/industriales/equipamientos/infraestructuras | Urbano e industrial |
| Masas de agua | Rocas impermeables |

Por intersección de la cubierta del suelo con la de cuencas, se obtienen las superficies ocupadas por las distintas tipologías de cubierta del suelo en cada subcuenca. Éstas se muestran a continuación.

| Cuenc a | Cubierta del suelo | | | | | | | | |
|------------|--------------------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| | BDA | BDM | BDB | ARM | CHR | PRAFP | NRBD | UIEI | MA |
| S1 | 6,93 | 4,45 | 4,50 | 0 | 0,52 | 3,04 | 0,08 | 0 | 0,09 |
| S2 | 3,74 | 4,67 | 2,25 | 0 | 0,03 | 1,55 | 0,03 | 0,02 | 0 |
| S3 | 1,80 | 11,20 | 4,83 | 0 | 0,67 | 3,99 | 0,14 | 0,02 | 0 |
| S4 | 15,48 | 7,28 | 8,43 | 0 | 1,82 | 5,88 | 0,32 | 0,28 | 0 |
| S5 | 0 | 8,55 | 3,40 | 0,13 | 19,47 | 3,50 | 2,48 | 2,52 | 0,05 |
| S6 | 0 | 0 | 0,38 | 0,10 | 24,48 | 0,20 | 0 | 0,84 | 0 |
| S7 | 0 | 11,16 | 5,55 | 0,22 | 3,81 | 1,11 | 0,05 | 0,01 | 0,25 |
| SIC1 | 1,81 | 0,52 | 0 | 0,05 | 0,18 | 0,40 | 0,05 | 0 | 0 |
| SIC2 | 1,97 | 3,46 | 1,69 | 0 | 4,02 | 2,52 | 0,27 | 1,13 | 0,64 |
| SIC3 | 0 | 3,33 | 0,24 | 0,06 | 12,20 | 0 | 0,21 | 1,35 | 0,91 |

En las tablas:

BDA = bosque de densidad alta

BDM = bosque de densidad media

BDB = bosque de densidad baja

ARM = afloramientos rocosos con presencia de matorral

CHR = cultivos en hilera

PRAFP = plantación regular de aprovechamiento forestal pobre

NRBD = núcleos residenciales de baja densidad

UIEI = urbano/industrial/equipamientos/infraestructuras

MA = masas de agua

En cuanto al tipo de suelo, la adaptación se ha realizado teniendo en cuenta tanto la información lito-edafológica, resumida en el apartado A2.2, como el conocimiento del comportamiento global del sistema. La carstificación y fracturación característica de la mayoría de las unidades lito-edafológicas de la zona contrasta con la poca permabilidad de las unidades de pizarras y argilitas. Así, las pizarras se han tipificado como suelo D, las argilitas como C, y el resto como B.

En el caso del mapa de clinometría, el proceso ha sido diferente. A partir de los ficheros vectoriales de curvas de nivel en la zona (con un recubrimiento suficiente) se ha generado, con la extensión 3D Analyst de ARCVIEW, un Modelo de Elevación Digital del terreno (MED) en formato TIN (*Triangulated Irregular Network*), posteriormente rasterizado, a partir del cual se ha generado, con la extensión Spatial Analyst de ARCVIEW, el mapa de pendientes del terreno; dicho fichero ha sido posteriormente reclasificado (en celdas con valor de pendiente inferior y superior al 3%, de acuerdo con la metodología del SCS), y vectorializado.

La clinometría se representa en el plano n° A1.3 que se adjunta al final del apartado.

2. Asignación, en ARCVIEW, de números primos

Se asignan números primos distintos (en un campo de la base de datos asociada a cada fichero de polígonos, creado a tal efecto) a los polígonos correspondientes a diferentes clases de cubierta y tipo de suelo y pendiente topográfica. Dada la singularidad de los números primos, el producto de ellos siempre da como resultado un número diferente.

3. Multiplicación

Se multiplican los valores del campo de la base de datos que contiene los números primos de los mapas de cubierta del suelo, tipo de suelo y pendiente del terreno. Como acaba de comentarse, la multiplicación de las citadas capas de información arroja un resultado diferente para cada combinación de tres números primos.

De esta manera, identificando la combinación que genera cada resultado del producto, queda definida la tipología de cubierta del suelo, tipo de suelo y pendiente y, por ende, el valor del umbral de escorrentía correspondiente a dicha combinación (para condiciones previas medias de humedad del complejo suelo-vegetación).

4. Ponderación areal

Finalmente, el valor de umbral de escorrentía asignado a cada unidad hidrológica se ha obtenido por promediación areal de los valores del umbral correspondientes a cada polígono de territorio contenido en dicha unidad.

Los resultados así obtenidos en las subcuencas se muestran a continuación así como un plano con los umbrales de escorrentía.

| Cuenca | P0 medio (mm) | Cuenca | P0 medio (mm) |
|--------|---------------|--------|---------------|
| S1 | 31,9 | S6 | 21,6 |
| S2 | 35,6 | S7 | 27,1 |
| S3 | 29,9 | SIC1 | 39,8 |
| S4 | 31,6 | SIC2 | 26,9 |
| S5 | 24,1 | SIC3 | 21,8 |

A1.3.- PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS ANUALES

El objetivo de este apartado es la obtención de la frecuencia de las precipitaciones diarias máximas anuales.

La obtención se ha realizado a partir del “Estudio de máximas lluvias de la España peninsular”, publicado por el Ministerio de Fomento (1999), basado en la tesis doctoral de D. Javier Ferrer titulada “El modelo de función de distribución SQRT-ETmax en el análisis regional de máximos hidrológicos: aplicación a lluvias diarias”. Se puede considerar como el mejor estudio disponible en estos momentos en España.

A1.3.1.- Ajuste regional de la función SQRT-ETmax

Uno de los problemas más importantes del análisis de frecuencia de extremos en hidrología es la escasez de datos; es decir, en numerosas ocasiones hay que realizar estimaciones de las variables asociadas a un elevado período de retorno (cual es el caso que nos ocupa), cuando los datos disponibles se agrupan en la parte media o izquierda de la distribución. Ello obliga al hidrólogo a usar el conocimiento de los procesos, además de eficientes y robustas técnicas estadísticas, para obtener los mejores estimadores de riesgo posibles.

Una de las soluciones posibles consiste en extender de alguna forma la longitud estadística de las series de datos; en tal caso, el error cometido en la estimación sería menor. Con este objetivo surgen una serie de metodologías que tratan de agrupar los datos de estaciones en una región estadísticamente homogénea. Estos métodos estadísticos son conocidos como análisis regional. La principal virtud del análisis regional radica, además de la mayor precisión asociada al incremento de la longitud de las series de datos, en que reduce la incertidumbre asociada a la variabilidad muestral.

Si se quieren utilizar datos de diversas estaciones de una región conjuntamente, se debe asumir homogeneidad de alguno o algunos de los estadísticos de la población en la región, con lo que se plantean los siguientes problemas:

- i) Determinación de la correlación espacial entre las estaciones.
- ii) Delimitación de las regiones homogéneas, donde se debe determinar las estaciones que pueden ser consideradas estadísticamente “similares” y agrupadas para un tratamiento común y, se debe decidir cual es el grado de heterogeneidad asumible.

El ajuste regional de J. Ferrer utiliza las estaciones de la España Peninsular con series de datos hasta 1991, de las cuales aquellas que tuvieran más de 30 años registrados se utilizaron en el análisis regional y las que tuvieran más de 20 en el ajuste de las medias locales.

Las regiones se delimitaron con criterios geográficos y de homogeneidad estadística obteniendo un total de 26 regiones en el territorio peninsular español, encontrándose la Comunitat Valenciana en su mayor parte en la región 8 junto a las provincias de Murcia y Almería.

En dichas regiones se ajustó la función SQRT-Etmax cuya función de probabilidad acumulada es:

$$F(x) = \exp \left[k \left(1 + \sqrt{\alpha x} \right) \exp \left(-\sqrt{\alpha x} \right) \right]$$

donde:

x = precipitación diaria máxima anual en mm

k = parámetro de forma de la función

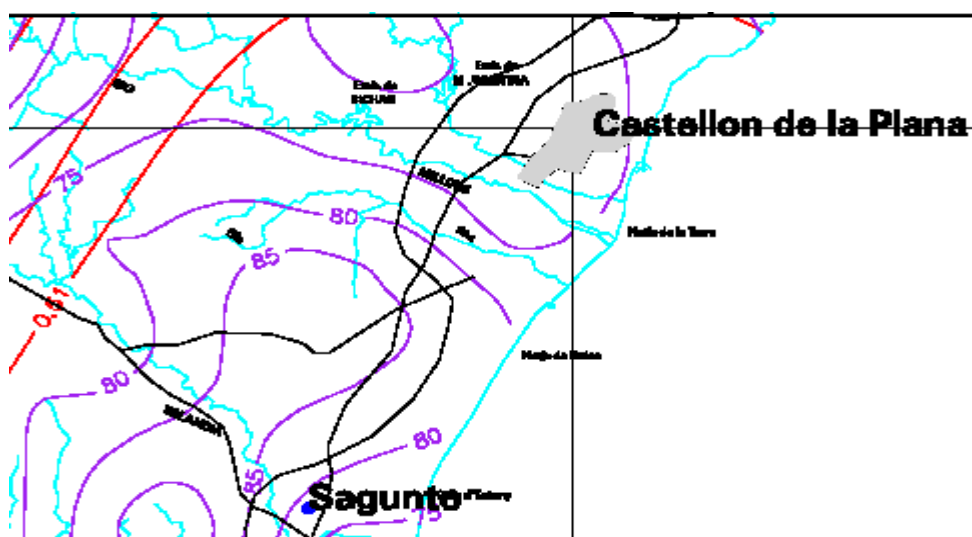
α = parámetro de escala

Los parámetros de la función se pueden estimar por el Método MLE a partir de la media y del coeficiente de variación obtenidos de la muestra observada. Las

expresiones resultantes son unas integrales que no son resolubles analíticamente, por lo que se recurre a aproximaciones polinómicas.

La media es interpolada espacialmente mediante *krigging* a partir de las medias de las estaciones de una región. El coeficiente de variación (C_v) es ajustado regionalmente por el Método de los Momentos Compensados a partir del parámetro k de las estaciones de una región. En los límites regionales existe una discontinuidad del C_v , suavizándola mediante interpolación de C_v por el inverso de la distancia al cuadrado a las estaciones empleadas, asignando a éstas el C_v regional.

El resultado de los ajustes son un mapa de isolíneas de media y coeficiente de variación, el cual en nuestra zona de estudio se mostrará a continuación. En cada punto del territorio, se interpola la media y el coeficiente de variación, y de ellos se obtienen los parámetros k y α y la precipitación para un nivel de frecuencia con la función de probabilidad de la SQRT-ETmax.



A1.3.2.- Cuantiles de precipitación diaria máxima anual en las subcuencas

Los cuantiles son obtenidos con el programa Maxplu del Ministerio de Fomento que realiza el proceso comentado en el anterior apartado.

Así, de cada subcuenca, se determinan las coordenadas de su centroide aproximadamente, se introducen en el programa y este proporciona los cuantiles para cada periodo de retorno.

Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

| Subcuenc a | Periodo de retorno (años) | | |
|---------------|---------------------------|-----|-----|
| | 25 | 100 | 500 |
| S1 | 174 | 237 | 322 |
| S2 | 174 | 237 | 322 |
| S3 | 167 | 228 | 309 |
| S4 | 184 | 251 | 339 |
| S5 | 158 | 215 | 292 |
| S6 | 158 | 215 | 292 |
| S7 | 174 | 237 | 322 |
| SIC1 | 167 | 228 | 309 |
| SIC2 | 167 | 228 | 309 |
| SIC3 | 167 | 228 | 309 |

A1.4.- ESTIMACIÓN DE LOS HIDROGRAMAS DE CRECIDA DEL RÍO SECO DE BURRIANA

Para abordar la estimación de los hidrogramas de crecida del Río Seco de Burriana se ha hecho uso, como ya se indicó en el apartado 1.2, de un modelo conceptual pseudodistribuido, en concreto HEC-HMS (acrónimo de *Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System*), versión 2.3.1, desarrollado por el *U.S. Army Corps of Engineers*.

A1.4.1.- El modelo pseudodistribuido HEC-HMS

El modelo HEC-HMS es un *software* diseñado para simular procesos de precipitación-escorrentía en sistemas hidrológicos. El programa provee un completo entorno de trabajo integrado: base de datos, utilidades de entrada de datos, simulación y herramientas interactivas de consulta de resultados; todo ello en una interfase gráfica de sencilla utilización.

Los componentes principales del sistema son los siguientes:

Modelo de cuenca, en el que se conceptualiza el sistema hidrológico. Los elementos disponibles son: subcuencas, tramos de propagación, embalses, confluencias de flujo, divergencias de flujo (bifurcaciones), fuentes o *inputs* de flujo y sumideros. Todos estos elementos hidrológicos están interconectados a modo de red para simular los procesos hidrológicos.

Los componentes básicos de la modelación son:

- i) Submodelo de producción. Los modelos que se ofrecen son los siguientes: *initial and constant* (umbral inicial y posterior infiltración constante), *deficit and constant* (modelo de déficit con una sola capa), Green y Ampt, *Soil Conservation Service*, *gridded SCS* (modelo SCS distribuido espacialmente en celdas elementales en cada subcuenca) y *soil moisture accounting*

(modelo de balance con 5 capas; también puede distribuirse espacialmente en celdas elementales).

- ii) Submodelo de transformación de precipitación neta en escorrentía. Se incluyen los siguientes métodos: hidrogramas unitarios de Clark, Snyder y SCS, onda cinemática e hidrograma unitario introducido por el usuario.
- iii) Submodelo de flujo base. El flujo base puede modelarse como constante (mensualmente), mediante embalse lineal o con una curva de recesión.
- iv) Submodelo de propagación en cauces. Se ofrecen los siguientes métodos: onda cinemática, *lag*, Pulse modificado, Muskingum y Muskingum-Cunge.

Modelo meteorológico, que implementa el análisis de datos meteorológicos, incluyendo precipitación y evapotranspiración. En cuanto al submodelo de precipitación, se dispone de una gran variedad de métodos para introducir al sistema la precipitación: hietogramas y datos totales introducidos por el usuario, ponderados en la cuenca por inverso de la distancia al cuadrado o por polígonos de Thiessen, valores de precipitación distribuidos espacialmente en celdas elementales, etc.

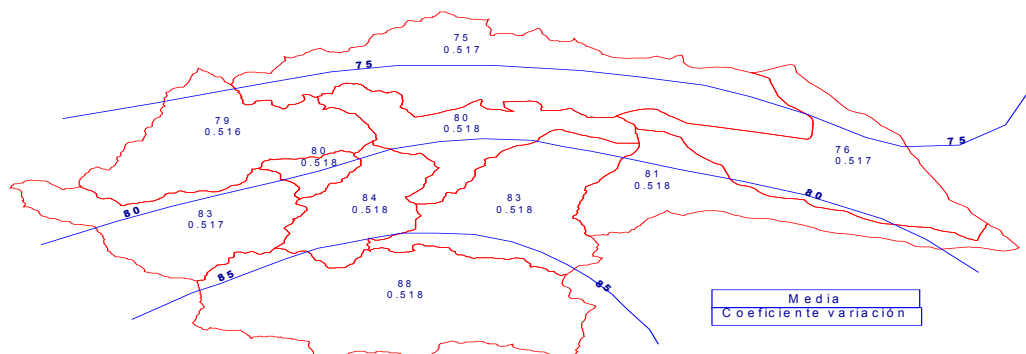
Parámetros de control de la simulación, utilidad en la que se especifican los parámetros temporales de la simulación: fecha y hora de inicio y fin de la simulación, y lapso de tiempo computacional.

La simulación se realiza combinando el modelo de cuenca, el meteorológico y los parámetros de control.

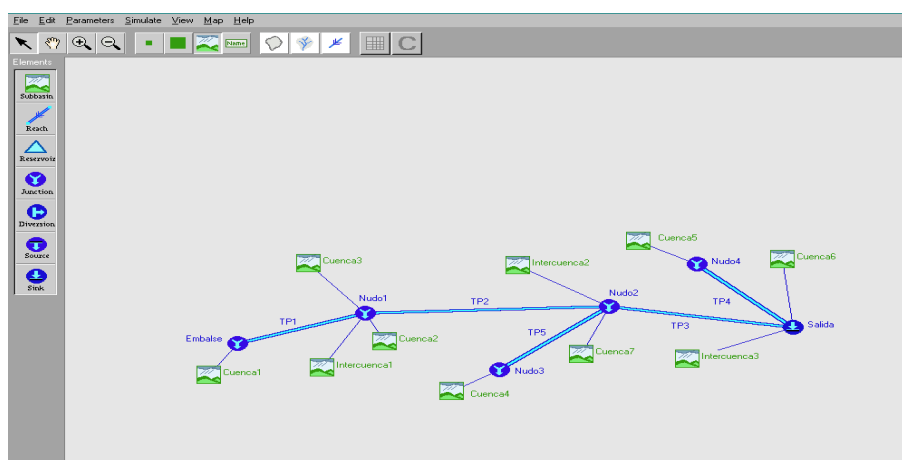
A1.4.2.- Conceptualización del sistema hidrológico del Río Seco

La cuenca del Río Seco de Burriana se ha dividido en un total de 10 subcuencas , como ya se ha comentado anteriormente. Los criterios seguidos en la división han sido los siguientes:

- i) La escorrentía del Río Seco está básicamente canalizada por tres barrancos o ríos: el Río Veo, la Rambla d'Artana y el Barranco de Ratils. Así, las subcuencas se asociarán a estos tres barrancos y a sus principales afluentes.
- ii) Básicamente podemos distinguir tres zonas en relación a la cubierta del suelo:
 - a. las cabeceras de la Rambla d' Artana y el Río Veo en la Serra d'Espadà, donde predomina el bosque de alta densidad.
 - b. Los tramos medios donde abundan los bosques de media densidad y los cultivos de secano
 - c. Los tramos bajos donde predominan los cultivos en hilera.
- iii) Las isolíneas de precipitación media son aproximadamente paralelas a la directriz de la Serra d'Espadà y, disminuyen su valor al alejarse de la sierra en dirección norte. Ello significa que existe un heterogenidad en la precipitación que debe ser tomada en cuenta. Estas isolíneas, así como los valores de la media de precipitación y coeficiente de variación adoptados para cada subcuenca, se pueden observar en la figura de la página siguiente.
- iv) En el Río Veo se emplaza el embalse de Benitandús (1 Hm³), que a pesar de no tenerlo presente en la modelización debido a su volumen y a que se encuentra en la parte alta de la cuenca, ha servido para limitar también las subcuencas.



De este modo, en el modelo HEC-HMS, se han conceptualizado un total de 10 subcuencas, 3 tramos de propagación, 3 nudos y un desagüe (punto de vertido de la cuenca). Esta conceptualización se representa en la siguiente figura:



A1.4.3.- Modelos utilizados

El fenómeno de la escorrentía superficial es el resultado del balance de una serie de procesos físicos que lo determinan (principalmente, la precipitación y la infiltración) y que adquieren distinta relevancia fundamentalmente en función del tamaño de la cuenca y de sus características geomorfológicas. Por ello, y a diferencia de las aguas subterráneas, la escorrentía superficial carece de leyes fundamentales que rijan su comportamiento, lo cual complica mucho su evaluación y estimación.

A continuación se presentan los modelos utilizados en HEC-HMS para conceptualizar las distintas fases de la transformación lluvia-escorrentía en la cuenca.

Modelo meteorológico: tormentas de proyecto

A partir de los cuantiles de precipitación máxima diaria representativos de cada subcuenca estimados mediante análisis estadístico, se han obtenido las tormentas de proyecto, para diversos períodos de retorno, correspondientes a cada subcuenca.

La curva IDF empleada para la obtención de las tormentas de proyecto es la propuesta Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial, basada en un trabajo de Témez (1987).

En cuanto a la distribución temporal de la precipitación, se han considerado varios estándares: triangular, por bloques y adimensional del SCS, todos ellos de duración 24 horas (suficiente para no infravalorar el volumen del hidrograma de crecida, condicionado por la duración total de la tormenta, ni el caudal pico del mismo, condicionado por el volumen de lluvia precedente al pico de la tormenta).

De todos ellos, se ha optado finalmente, por su mayor torrencialidad, por el hietograma del SCS tipo II. El proceso de cálculo de la tormenta, para un período de retorno determinado, a partir de los valores adimensionales acumulados P_{tot}/P_{24h} del SCS, es sencillo: mediante interpolación lineal, se obtienen los valores instantáneos adimensionales de precipitación a intervalos de tiempo constantes, correspondientes con el intervalo de discretización temporal de la tormenta; multiplicando dichos valores por la precipitación total de la tormenta (calculada mediante el producto de su intensidad media, obtenida de la curva IDF, y la duración, 24 horas) se obtiene finalmente el pluviograma de la tormenta.

En cuanto a los datos de precipitación diaria utilizados para la curva IDF (tabla 4.10, apartado 4.2), se han afectado por un factor de reducción areal para considerar el efecto de no simultaneidad de los mismos en toda la extensión de terreno a la que

se extrapolan. La expresión utilizada para la reducción areal es la propuesta en MOPU (1990):

$$k_a = 1 - \frac{\log A}{15}$$

donde A es la superficie, en Km², a la que se extiende el dato puntual de precipitación diaria.

En este punto, resulta necesario destacar que se ha trabajado con la hipótesis de simultaneidad temporal en los aportes de todas las subcuencas, por lo que el valor del coeficiente de reducción areal, común para todas las subcuencas consideradas, es función del área total ocupada por ellas, o sea, la superficie de la cuenca del Río Seco.

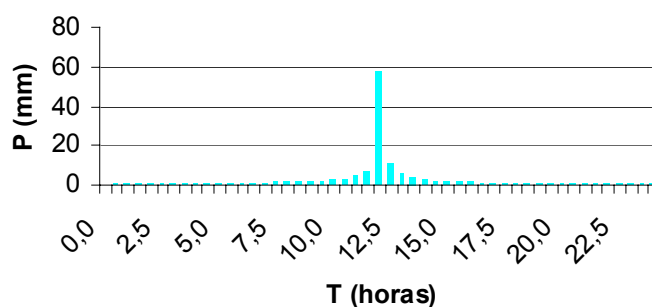
Los valores de precipitación total para cada subcuenca y período de retorno han sido ajustados entre ellos (valores con diferencia menor del 5% han sido agrupados) para reducir el número de tormentas de proyecto. Los valores de precipitación son los siguientes:

| Subcuenc a | Periodo de retorno (años) | | |
|---------------|---------------------------|--------|--------|
| | 25 | 100 | 500 |
| S1 | 167.59 | 228.27 | 310.14 |
| S2 | 167.59 | 228.27 | 310.14 |
| S3 | 160.85 | 219.6 | 297.62 |
| S4 | 177.27 | 241.76 | 326.52 |
| S5 | 152.18 | 207.08 | 281.25 |
| S6 | 152.18 | 207.08 | 281.25 |

| | | | |
|------|--------|--------|--------|
| S7 | 167.59 | 228.27 | 310.14 |
| SIC1 | 160.85 | 219.6 | 297.62 |
| SIC2 | 160.85 | 219.6 | 297.62 |
| SIC3 | 160.85 | 219.6 | 297.62 |

A modo de ejemplo, se muestra en la siguiente figura uno de los chaparrones de proyecto teóricos utilizados.

Tormenta SCS 24 horas (152.18mm)



Modelo de producción

El modelo de producción de escorrentía superficial empleado ha sido el del *Soil Conservation Service*, cuyos fundamentos se presentan a continuación. Para ello se han utilizado los umbrales de escorrentía obtenidos por promediación areal en cada subcuenca.

Este modelo, desarrollado por el *Soil Conservation Service* en 1972, es ampliamente utilizado en la actualidad; en el caso de España es especialmente interesante pues en él se basa la determinación del coeficiente de escorrentía, necesario para el cálculo de caudales de referencia, en la Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial (MOPU, 1990).

El modelo asume la existencia de un umbral por debajo del cual las precipitaciones no provocan escorrentía; una vez rebasado este umbral, comienza el encharcamiento y la escorrentía en superficie (como puede verse en la siguiente figura). A partir de este instante, la relación entre la parte de precipitación que escurre en superficie y la que se infiltra a través de la superficie del terreno se evalúa mediante la siguiente expresión:

$$\frac{F}{S} = \frac{E}{P - P_0}$$

donde:

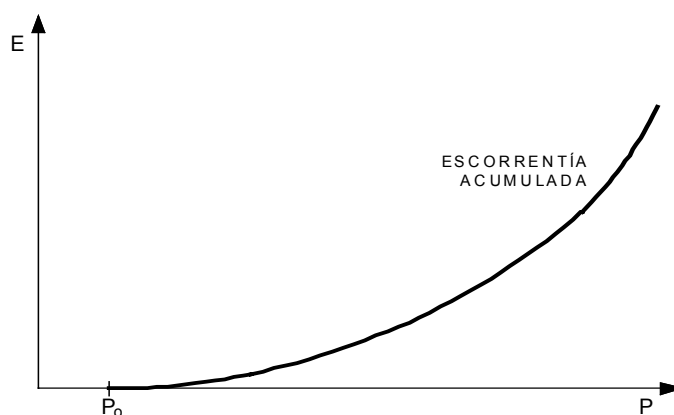
F = infiltración acumulada desde que comienza el encharcamiento en superficie

E = escorrentía acumulada

S = máxima infiltración acumulada posible

P = precipitación acumulada

P₀ = umbral de escorrentía, en mm.



Por continuidad, la precipitación acumulada en cada instante es:

$$P = P_o + E + F$$

Sustituyendo esta última ecuación en la anterior, y despejando E, la escorrentía acumulada en cada instante resulta:

$$E = \frac{(P - P_o)^2}{P - P_o + S}$$

Fruto de numerosas experimentaciones, el SCS propone la siguiente relación entre P_o y S:

$$P_o \approx 0,2 S$$

Por lo que, según se exprese en función de P_o o de S:

$$E = \frac{(P - P_o)^2}{P + 4 P_o} = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S}$$

Es decir, la función de escorrentía acumulada en superficie resulta:

$$E = 0 \quad \text{si } P \leq P_o$$

$$E = \frac{(P - P_o)^2}{P + 4 P_o} \quad \text{si } P > P_o$$

Como puede verse, la expresión propuesta por el SCS para evaluar la infiltración tiene un sólo parámetro, el umbral de escorrentía (P_o). La formulación original del SCS fue desarrollada a partir de un parámetro distinto, el número de curva (CN), número entero que varía entre 0 y 100; este parámetro presenta la ventaja, frente al umbral de escorrentía, de ser adimensional. Sin embargo, el concepto de umbral de escorrentía es más intuitivo. En cualquier caso, ambos parámetros están biunívocamente relacionados mediante la siguiente ecuación (si P_o se expresa en mm):

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

Las ventajas que ofrece el método del SCS son las siguientes:

- i) El modelo tiene un solo parámetro (P_o) cuya estimación, además, no presenta dificultad. Además, las tablas existentes para su estimación están muy contrastadas experimentalmente.
- ii) La infiltración depende de la precipitación.

Modelo de transformación lluvia neta–escorrentía

El proceso de transformación lluvia neta- escorrentía en todas las subcuencas ha sido modelado en términos de la teoría lineal de los sistemas hidrológicos, empleando hidrogramas unitarios para representar la respuesta hidrológica frente a una lluvia neta de volumen unitario (altura 1 mm) y duración 30 minutos. La elección de esta duración característica del intervalo para la definición del hidrograma unitario viene condicionada por el paso temporal de cálculo empleado en la simulación, que es de 30 minutos.

Así, la cuenca es considerada como un sistema lineal transformador de *inputs* de lluvia neta (hietogramas) en *output's* de caudales (hidrogramas), de manera que el hidrograma $Q(t)$ producido por transformación de lluvia neta $i_e(t)$ es calculado por medio de la clásica convolución matemática:

$$Q(t) = A \int_0^t i_e(t) \delta(t-x) dx$$

Existen diversos métodos para la deducción del hidrograma unitario de una cuenca, entre los que se encuentran los sintéticos, que son un conjunto de hidrogramas obtenidos a partir de datos geomorfológicos e hidrológicos. Su precisión es menor que la obtenida mediante otros métodos y debe procurarse aplicarlos a cuencas lo más parecidas a aquellas a partir de las cuales se dedujo dicho hidrograma. De

ellos, se ha empleado el HU del *Soil Conservation Service*, pues se ajusta bastante bien al comportamiento hidrológico en la zona. Sus fundamentos se exponen a continuación.

Tras analizar numerosos HU de cuencas rurales de reducido tamaño y obtener valores medios, el SCS (1972) obtuvo un HU con forma predefinida y escala adimensional basado en dos parámetros, el tiempo al pico y el caudal pico. En el HU adimensional tanto el caudal como el tiempo se expresan como cociente de dichos parámetros, respectivamente; es decir, representa gráficamente en ordenadas la relación $\delta_{\Delta t}(t)/Q_p$, donde $Q_p = \delta_{\Delta t}(t_p)$, y en abscisas la relación t/t_p .

El HU adimensional propuesto por el SCS, junto con la curva de volúmenes acumulados (también adimensional) se reproduce en la siguiente figura. Este hidrograma puede ser utilizado para completar el dibujo del HU correspondiente a una lluvia de duración D horas una vez determinados los dos parámetros que lo caracterizan.

El tiempo de desfase al pico, en horas, propuesto por el SCS en su formulación original, es:

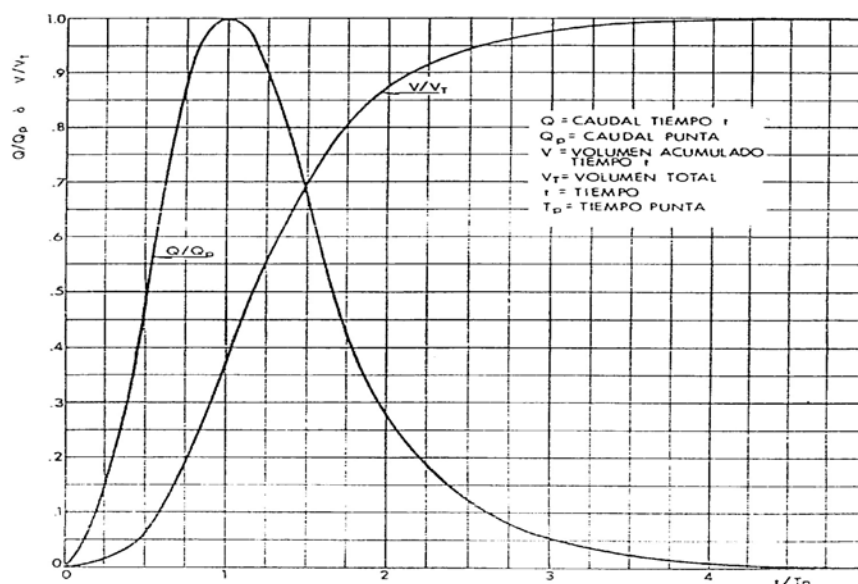
$$t_{dp} = \frac{1}{31,4} L^{0,8} \frac{[(1000/CN) - 9]^{0,7}}{J^{1/4}}$$

siendo:

L = longitud del curso principal de la cuenca, en Km.

J = pendiente media del curso principal de la cuenca, adimensional.

CN = número de curva del S.C.S. (parámetro adimensional equivalente al umbral de escorrentía).



Sin embargo, en el modelo se ha estimado el tiempo de desfase al pico asumiendo la aceptada relación entre éste y el tiempo de concentración de la cuenca (0,35), pues así se obtiene un HU que reproduce una respuesta más rápida y brusca en la cuenca. Por ello, se ha asumido un tiempo de desfase al pico igual a 0,35 por el tiempo de concentración de Ténez:

$$t_{dp} = 0,35 \left[0,3 \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right]$$

El tiempo al pico puede expresarse en términos del desfase al pico y de la duración de la lluvia neta (Δt):

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

Y el caudal al pico, en m^3/s :

$$Q_p = \frac{P A}{4,8 \left(\left(\frac{\Delta t}{2} \right) + t_{dp} \right)}$$

siendo:

P = precipitación, en mm.

A = superficie de la cuenca, en Km^2

Δt = duración de la precipitación para la que se desea obtener el HU, en horas.

Modelo de propagación en cauces

El análisis de un sistema hidrológico conceptualizado en subcuencas, nudos de conexión y tramos de cauce que hagan efectiva la conectividad entre dichas subcuencas, requiere de la obtención del hidrograma de cada una de las subcuencas que permita su adecuada “suma” en los nudos y su propagación en los distintos tramos de la red fluvial.

Este último componente del análisis hidrológico estima el movimiento de la onda de crecida a través del sistema fluvial, que va modificando su forma y el tiempo de punta debido a los efectos de almacenamiento y fricción.

Existen dos tipologías generales de cálculo de la propagación de hidrogramas encauces: hidráulicos e hidrológicos (también llamados de tránsito de sistemas distribuidos y agregados, respectivamente). Los métodos hidráulicos resuelven las ecuaciones diferenciales del flujo transitorio en cauces abiertos, en tanto que los métodos hidrológicos, más simples, generalmente emplean la ecuación de continuidad y las relaciones existentes entre caudal circulante y volumen almacenado.

En nuestro caso existen dos tramos de propagación, en el río Seco, y en ellos se ha empleado el modelo de Muskingum. Este método, el más empleado en hidrología, es un método de tránsito agregado de crecientes en cauces basado en una adaptación de la ecuación de continuidad. Modela el almacenamiento volumétrico de

creciente en un tramo de cauce mediante la combinación de los denominados almacenamientos de cuña y prisma.

Durante el avance de la onda de creciente, el caudal de entrada al tramo es mayor que el caudal de salida, resultando un almacenamiento de cuña positivo; por contra, durante la recesión de la crecida, el caudal de salida es mayor que el entrante, resultando en una cuña negativa. Adicionalmente, existe un almacenamiento por prisma formado por un volumen de Sección transversal constante a lo largo de la longitud del tramo de cauce.

Suponiendo que el área de la Sección transversal del flujo de crecida es directamente proporcional al caudal en dicha Sección, el volumen de almacenamiento por prisma es igual a KQ , donde K es un coeficiente de proporcionalidad; el volumen de almacenamiento por cuña es igual a $KX(I-Q)$, donde X es un factor de ponderación dependiente de la forma de almacenamiento por cuña modelado. La ecuación de almacenamiento total, suma de ambos, resulta:

$$S = K [X I + (1 - X) Q]$$

El valor del parámetro X varía de 0 (para un almacenamiento tipo embalse) a 0,5 (para una cuña completamente desarrollada. En cauces naturales, X se encuentra entre 0 y 0,3, con un valor medio cercano a 0,2 (en cualquier caso, el modelo es muy poco sensible al valor de este parámetro). En cuanto al parámetro K es el tiempo de viaje de la onda a través del tramo de cauce. Aunque ambos parámetros dependen de la magnitud del caudal circulante, en el tránsito agregado se suponen constantes para todo rango de flujo.

La ecuación de continuidad con discretización centrada puede expresarse como

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \rightarrow \frac{I_{t+1} + I_t}{2} - \frac{Q_{t+1} + Q_t}{2} = \frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t}$$

Sustituyendo la ecuación de almacenamiento en la de continuidad, resulta finalmente la ecuación de tránsito para el método de Muskingum:

$$Q_{i+1} = C_o I_{i+1} + C_1 I_i + C_2 Q_i$$

donde:

$$C_o = \frac{(\Delta t/K) - 2X}{2(1-X)(\Delta t/K)}, \quad C_1 = \frac{(\Delta t/K) + 2X}{2(1-X)(\Delta t/K)}, \quad C_2 = 1 - C_o - C_1$$

El modelo HEC-HMS requiere de tres parámetros para modelar la laminación en un tramo de propagación mediante el método de Muskingum: K, X y el número de subtramos (que recomienda estimar como el cociente entre el tiempo de viaje de la onda a través del tramo de propagación y el lapso de tiempo computacional).

A1.4.4.- Hidrogramas de crecida resultantes

Con las premisas expuestas en los apartados anteriores, en el modelo pseudo-distribuido se han estimado los hidrogramas de crecida en cada uno de las subcuencas y para los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años. La siguiente tabla muestra el caudal pico del hidrograma de crecida en cada subcuenca y del río Seco, en m³/s.

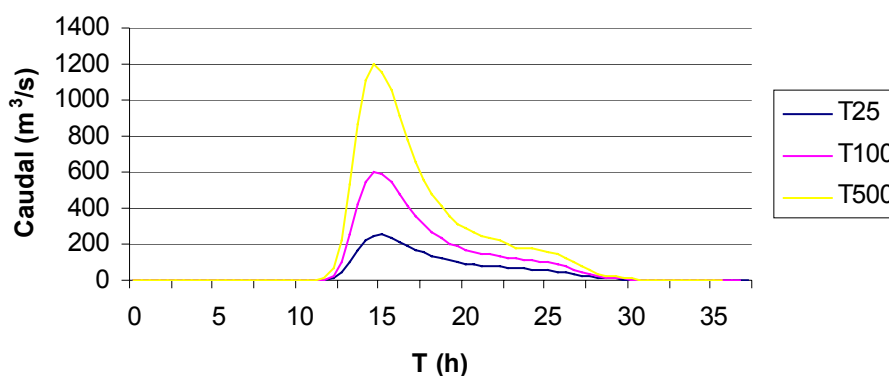
| Subcuenc a | Periodo de retorno (años) | | |
|-----------------|---------------------------|--------------|---------------|
| | 25 | 100 | 500 |
| S1 | 25,1 | 68,0 | 151,1 |
| S2 | 15,8 | 51,4 | 121,1 |
| S3 | 32,2 | 89,1 | 190,9 |
| S4 | 56,6 | 146,6 | 302,6 |
| S5 | 50,7 | 115,7 | 225,5 |
| S6 | 46,6 | 100,6 | 188,8 |
| S7 | 38,0 | 90,9 | 181,1 |
| SIC1 | 2,0 | 8,2 | 23,6 |
| SIC2 | 24,5 | 60,2 | 120,7 |
| SIC3 | 38,7 | 84,08 | 156,8 |
| Río Seco | 250,4 | 596,7 | 1199,3 |

Y la siguiente tabla muestra el volumen del hidrograma de crecida en cada subcuenca y del río Seco, en Hm³.

| Subcuenc a | Periodo de retorno (años) | | |
|-----------------|---------------------------|--------------|--------------|
| | 25 | 100 | 500 |
| S1 | 0.46 | 1.3 | 2.01 |
| S2 | 0.23 | 0.55 | 1.12 |
| S3 | 0.53 | 1.18 | 2.27 |
| S4 | 1.1 | 2.39 | 4.51 |
| S5 | 1.17 | 2.4 | 4.41 |
| S6 | 0.89 | 1.75 | 3.13 |
| S7 | 0.69 | 1.43 | 2.64 |
| SIC1 | 0.04 | 0.10 | 0.22 |
| SIC2 | 0.44 | 0.94 | 1.75 |
| SIC3 | 0.71 | 1.37 | 2.41 |
| Río Seco | 6.24 | 13.14 | 24.47 |

A continuación también se muestran los gráficos de los hidrogramas. Las “mesetas” que se forman en la cola de los hidrogramas son producto de la interpolación lineal realizada en la formación de las tormentas de proyecto, y que se transmiten al hidrograma.

Hidrogramas de crecida Riu Sec Borriana



A1.5.- CAUDALES PICO DE CRECIDA EN EL TRAMO BURRIANA-DESEMBOCADURA

Modelizando hidráulicamente el tramo del Río Seco entre la autopista A7 y la desembocadura se han obtenido los caudales circulantes en el tramo desde el núcleo de Burriana a la Desembocadura. En esta modelización hidráulica se ha tenido presente la aplicación de una actuación de defensa de Burriana frente a las inundaciones, producidas aguas arriba del municipio, básicamente en las cercanías del ferrocarril. Dichas actuaciones no deben ampliar la capacidad del cauce más allá de la proporcionada por el encauzamiento del Seco en Burriana, que es de 550 m³/s.

Las distintas capacidades del Río Seco desde la autopista A7 hasta el núcleo urbano de Burriana son las siguientes:

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Puente carretera N340 | 700 m ³ /s |
| Tramo ferrocarril | 550 m ³ /s |
| Encauzamiento Burriana | 550 m ³ /s |

Dadas estas capacidades, los desbordamientos solamente en el caso de los caudales de crecida de 100 y 500 años de periodo de retorno, aunque en este

primer caso no se incluyen estos desbordamientos. El proceso de obtención del caudal circulante de 500 años de periodo de retorno se describe a continuación.

Aguas arriba del puente de la carretera N340 desbordan $335 \text{ m}^3/\text{s}$, que se conducen por el Barranco de Ratils hasta La Bota, circulando por el Seco $700 \text{ m}^3/\text{s}$.

Aguas arriba del puente del ferrocarril desbordan $130 \text{ m}^3/\text{s}$ quedando un caudal de $570 \text{ m}^3/\text{s}$ por el Seco al que se le unen $500 \text{ m}^3/\text{s}$ del Ratils. Aquí se produce un desbordamiento por la margen derecha de $520 \text{ m}^3/\text{s}$ que se dirige hacia Burriana, y $550 \text{ m}^3/\text{s}$ siguen por el Seco aguas abajo.

En el núcleo de Burriana, sumando todos los desbordamientos sobre dicho núcleo, producidos en la entrada por el Camino de Onda y por desbordamiento de su encauzamiento, resta un caudal de $810 \text{ m}^3/\text{s}$.

ANEJO 2. RESULTADOS DEL PROGRAMA HEC-RAS

A2.1.- INTRODUCCIÓN

En este anejo se presentan los listados de resultados de las distintas modelizaciones hidráulicas realizadas con el programa HEC-RAS.

A2.2.- RESULTADOS SIMULACIÓN HEC-RAS

Se exponen una serie de variables hidráulicas de interés en las secciones imputadas al programa, referenciadas mediante P.Ks en el plano n° A2.1, que se presenta a continuación. Estas variables son: caudal imputado, periodo de retorno, cota menor del cauce, cota de la lámina de agua, cota del calado crítico, máximo calado alcanzado en la sección, velocidad media del flujo de agua en el cauce, sección del flujo efectivo, ancho de la lámina de agua y número de Froude.

A2.2.1.- Simulación del Riu Sec.

Crecida de 25 años de periodo de retorno.

| River Sta | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | Max Chl Dpth (m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|-----------|----------------|---------------|---------------|---------------|------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| 2900 | 250.00 | 4.93 | 7.66 | | 2.73 | 3.65 | 68.41 | 25.09 | 0.71 |
| 2844.* | 250.00 | 4.70 | 7.50 | | 2.80 | 3.38 | 73.88 | 26.88 | 0.65 |
| 2788.* | 250.00 | 4.47 | 7.28 | | 2.81 | 3.22 | 77.67 | 28.50 | 0.62 |
| 2732.* | 250.00 | 4.25 | 7.14 | | 2.89 | 2.99 | 83.56 | 30.13 | 0.57 |
| 2676.* | 250.00 | 4.02 | 7.05 | | 3.03 | 2.73 | 91.51 | 31.80 | 0.51 |
| 2620 | 250.00 | 3.79 | 6.99 | | 3.20 | 2.48 | 100.98 | 33.52 | 0.46 |
| 2590.* | 250.00 | 3.68 | 6.94 | | 3.25 | 2.52 | 99.23 | 36.32 | 0.49 |
| 2560.* | 250.00 | 3.57 | 6.88 | | 3.30 | 2.54 | 98.48 | 35.25 | 0.48 |
| 2530.* | 250.00 | 3.47 | 6.82 | | 3.35 | 2.56 | 97.58 | 34.23 | 0.48 |
| 2500.* | 250.00 | 3.36 | 6.75 | | 3.39 | 2.60 | 96.26 | 32.54 | 0.48 |
| 2470 | 250.00 | 3.25 | 6.68 | | 3.43 | 2.65 | 94.37 | 30.84 | 0.48 |
| 2414.* | 250.00 | 3.14 | 6.60 | | 3.45 | 2.48 | 100.71 | 32.70 | 0.45 |
| 2358.* | 250.00 | 3.04 | 6.50 | | 3.47 | 2.34 | 106.77 | 34.55 | 0.43 |
| 2302.* | 250.00 | 2.93 | 6.43 | | 3.50 | 2.20 | 113.47 | 36.41 | 0.40 |
| 2246.* | 250.00 | 2.82 | 6.36 | | 3.54 | 2.07 | 120.80 | 38.27 | 0.37 |
| 2190.* | 250.00 | 2.71 | 6.31 | | 3.60 | 1.94 | 128.85 | 40.14 | 0.35 |
| 2134.* | 250.00 | 2.61 | 6.27 | | 3.66 | 1.82 | 137.53 | 42.01 | 0.32 |
| 2078.* | 250.00 | 2.50 | 6.24 | | 3.74 | 1.70 | 146.90 | 43.88 | 0.30 |
| 2022.* | 250.00 | 2.39 | 6.22 | | 3.83 | 1.59 | 156.80 | 45.76 | 0.27 |
| 1966.* | 250.00 | 2.29 | 6.20 | | 3.91 | 1.50 | 167.20 | 47.63 | 0.25 |
| 1910 | 250.00 | 2.18 | 6.18 | | 4.00 | 1.40 | 178.05 | 49.51 | 0.24 |
| 1850.* | 250.00 | 2.05 | 6.13 | | 4.09 | 1.53 | 166.26 | 50.58 | 0.26 |
| 1790.* | 250.00 | 1.91 | 6.08 | | 4.17 | 1.67 | 156.07 | 51.78 | 0.29 |
| 1730.* | 250.00 | 1.78 | 6.02 | | 4.24 | 1.82 | 147.17 | 52.85 | 0.33 |
| 1670.* | 250.00 | 1.64 | 5.94 | | 4.30 | 1.99 | 139.33 | 53.93 | 0.37 |
| 1610 | 250.00 | 1.51 | 5.86 | | 4.35 | 2.13 | 132.98 | 55.00 | 0.41 |
| 1580.* | 250.00 | 1.47 | 5.73 | | 4.26 | 2.47 | 113.02 | 48.20 | 0.47 |
| 1550.* | 250.00 | 1.43 | 5.56 | | 4.13 | 2.83 | 95.22 | 41.40 | 0.54 |
| 1520.* | 250.00 | 1.39 | 5.34 | | 3.95 | 3.25 | 79.94 | 34.60 | 0.62 |
| 1490.* | 250.00 | 1.35 | 5.10 | | 3.75 | 3.60 | 69.60 | 27.80 | 0.67 |
| 1460 | 250.00 | 1.31 | 4.89 | | 3.58 | 3.82 | 65.37 | 21.00 | 0.69 |
| 1414.* | 250.00 | 1.27 | 4.71 | | 3.44 | 3.78 | 66.38 | 33.37 | 0.69 |
| 1368.* | 250.00 | 1.23 | 4.56 | 3.88 | 3.33 | 3.70 | 69.78 | 42.67 | 0.68 |
| 1322.* | 250.00 | 1.19 | 4.50 | | 3.32 | 3.39 | 85.51 | 86.15 | 0.62 |
| 1276.* | 250.00 | 1.15 | 4.44 | 3.76 | 3.29 | 3.21 | 111.47 | 235.65 | 0.58 |

| | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-------------|----------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|
| 1230 | 250.00 | 1.11 | 4.56 | | 3.45 | 2.19 | 230.68 | 342.85 | 0.39 |
| 1180.* | 250.00 | 1.06 | 4.49 | | 3.43 | 2.26 | 218.52 | 328.87 | 0.40 |
| 1130.* | 250.00 | 1.02 | 4.42 | | 3.40 | 2.34 | 205.17 | 315.34 | 0.42 |
| 1080.* | 250.00 | 0.97 | 4.33 | | 3.35 | 2.43 | 190.07 | 302.24 | 0.44 |
| 1030.* | 250.00 | 0.93 | 4.23 | | 3.30 | 2.53 | 173.89 | 283.55 | 0.46 |
| 980.* | 250.00 | 0.88 | 4.12 | | 3.24 | 2.63 | 157.05 | 260.81 | 0.48 |
| 930.* | 250.00 | 0.84 | 3.97 | | 3.13 | 2.83 | 131.23 | 238.07 | 0.53 |
| 880.* | 250.00 | 0.79 | 3.81 | | 3.02 | 2.97 | 110.61 | 145.82 | 0.56 |
| 830.* | 250.00 | 0.75 | 3.66 | | 2.91 | 3.08 | 100.45 | 111.85 | 0.59 |
| 810 | 250.00 | 0.73 | 3.57 | | 2.84 | 3.16 | 95.53 | 108.38 | 0.62 |
| 786.* | 250.00 | 0.71 | 3.41 | 2.82 | 2.70 | 3.38 | 81.71 | 118.21 | 0.68 |
| 762.* | 250.00 | 0.69 | 3.28 | 2.79 | 2.59 | 3.51 | 73.20 | 58.64 | 0.72 |
| 738.* | 250.00 | 0.66 | 3.23 | 2.79 | 2.56 | 3.42 | 79.87 | 72.69 | 0.71 |
| 714.* | 250.00 | 0.64 | 3.21 | 2.86 | 2.57 | 3.22 | 94.46 | 126.12 | 0.67 |
| 690 | 250.00 | 0.62 | 3.27 | | 2.65 | 2.75 | 135.76 | 266.13 | 0.56 |
| 618.* | 250.00 | 0.56 | 3.14 | | 2.58 | 2.75 | 159.45 | 337.60 | 0.57 |
| 546.* | 250.00 | 0.49 | 3.12 | | 2.63 | 2.22 | 242.45 | 477.10 | 0.45 |
| 474.* | 250.00 | 0.43 | 3.12 | | 2.69 | 1.62 | 353.62 | 522.90 | 0.32 |
| 402.* | 250.00 | 0.36 | 3.11 | | 2.75 | 1.21 | 475.63 | 568.70 | 0.24 |
| 330 | 250.00 | 0.30 | 3.10 | | 2.80 | 0.93 | 611.76 | 614.50 | 0.18 |
| 264.* | 250.00 | 0.24 | 3.08 | | 2.84 | 1.04 | 521.27 | 498.30 | 0.20 |
| 198.* | 250.00 | 0.18 | 3.04 | | 2.86 | 1.21 | 420.28 | 382.10 | 0.23 |
| River | Q Total | Min Ch | W.S. | Crit | Max Chl | Vel | Flow | Top | Froude # |
| Sta | | EI | Elev | W.S. | Dpth | Chnl | Area | Width | Chl |
| | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| 132.* | 250.00 | 0.12 | 2.98 | | 2.86 | 1.51 | 308.26 | 265.90 | 0.29 |
| 66.* | 250.00 | 0.06 | 2.82 | 2.32 | 2.76 | 2.10 | 184.25 | 149.70 | 0.41 |
| 0 | 250.00 | 0.00 | 1.87 | 1.87 | 1.87 | 4.20 | 59.50 | 33.37 | 1.00 |

Crecida de 100 años de periodo de retorno.

| River | Q Total | Min Ch | W.S. | Crit | Max Chl | Vel | Flow | Top | Froude # |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-------------|----------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|
| Sta | | EI | Elev | W.S. | Dpth | Chnl | Area | Width | Chl |
| | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| 2900 | 600.00 | 4.93 | 8.81 | 8.81 | 3.88 | 6.18 | 97.30 | 25.13 | 1.00 |
| 2844.* | 600.00 | 4.70 | 7.89 | 8.38 | 3.19 | 6.93 | 87.06 | 27.76 | 1.24 |
| 2788.* | 600.00 | 4.47 | 8.53 | 8.03 | 4.06 | 5.09 | 118.97 | 30.61 | 0.82 |
| 2732.* | 600.00 | 4.25 | 8.53 | | 4.28 | 4.58 | 132.63 | 33.43 | 0.73 |
| 2676.* | 600.00 | 4.02 | 8.50 | | 4.48 | 4.20 | 144.98 | 36.33 | 0.66 |
| 2620 | 600.00 | 3.79 | 8.46 | | 4.67 | 3.91 | 156.31 | 39.32 | 0.61 |

| | | | | | | | | | |
|---------|--------|------|------|------|------|------|---------|--------|------|
| 2582.5* | 600.00 | 3.65 | 8.32 | | 4.66 | 4.06 | 150.47 | 37.51 | 0.63 |
| 2545.* | 600.00 | 3.52 | 8.13 | | 4.61 | 4.27 | 142.99 | 35.37 | 0.67 |
| 2507.5* | 600.00 | 3.39 | 7.86 | | 4.48 | 4.60 | 132.80 | 33.23 | 0.72 |
| 2470 | 600.00 | 3.25 | 7.20 | | 3.95 | 5.51 | 110.36 | 30.97 | 0.93 |
| 2414.* | 600.00 | 3.14 | 7.02 | 6.95 | 3.87 | 5.28 | 121.66 | 50.45 | 0.89 |
| 2358.* | 600.00 | 3.04 | 6.86 | 6.86 | 3.82 | 5.03 | 133.66 | 69.94 | 0.84 |
| 2302.* | 600.00 | 2.93 | 6.54 | 6.73 | 3.62 | 5.13 | 131.41 | 89.39 | 0.88 |
| 2246.* | 600.00 | 2.82 | 6.36 | 6.59 | 3.53 | 5.03 | 136.57 | 108.87 | 0.87 |
| 2190.* | 600.00 | 2.71 | 6.24 | 6.44 | 3.52 | 4.80 | 149.47 | 128.37 | 0.82 |
| 2134.* | 600.00 | 2.61 | 5.69 | 5.69 | 3.09 | 5.45 | 112.75 | 41.87 | 1.00 |
| 2078.* | 600.00 | 2.50 | 5.52 | 5.52 | 3.02 | 5.38 | 114.67 | 43.70 | 0.99 |
| 2022.* | 600.00 | 2.39 | 5.35 | 5.35 | 2.95 | 5.32 | 116.65 | 45.54 | 0.99 |
| 1966.* | 600.00 | 2.29 | 5.21 | 5.21 | 2.93 | 5.20 | 120.16 | 47.38 | 0.97 |
| 1910 | 600.00 | 2.18 | 5.65 | 5.65 | 3.47 | 3.80 | 234.38 | 225.87 | 0.65 |
| 1840.* | 600.00 | 2.02 | 5.79 | 4.38 | 3.76 | 2.05 | 501.38 | 324.90 | 0.34 |
| 1770.* | 600.00 | 1.87 | 5.82 | | 3.95 | 1.43 | 760.98 | 440.19 | 0.23 |
| 1700.* | 600.00 | 1.71 | 5.82 | | 4.11 | 1.08 | 1031.75 | 558.45 | 0.17 |
| 1630.* | 600.00 | 1.56 | 5.83 | | 4.27 | 0.85 | 1319.31 | 669.23 | 0.13 |
| 1560 | 349.00 | 1.40 | 5.84 | | 4.44 | 0.40 | 1627.12 | 780.00 | 0.06 |
| 1360 | 349.00 | 1.22 | 4.35 | 4.35 | 3.13 | 5.26 | 72.91 | 28.66 | 0.95 |
| 1230 | 314.00 | 1.11 | 4.76 | 3.94 | 3.65 | 2.26 | 298.94 | 361.36 | 0.39 |
| 1180.* | 314.00 | 1.06 | 4.69 | | 3.63 | 2.36 | 282.59 | 348.74 | 0.41 |
| 1130.* | 314.00 | 1.02 | 4.61 | | 3.59 | 2.47 | 263.12 | 329.02 | 0.43 |
| 1080.* | 314.00 | 0.97 | 4.46 | | 3.49 | 2.75 | 226.41 | 306.29 | 0.49 |
| 1030 | 286.00 | 0.93 | 4.43 | | 3.50 | 2.44 | 227.21 | 283.55 | 0.44 |
| 980.* | 286.00 | 0.88 | 4.34 | | 3.45 | 2.54 | 209.05 | 260.81 | 0.46 |
| 930.* | 286.00 | 0.84 | 4.23 | | 3.39 | 2.64 | 190.09 | 238.07 | 0.48 |
| 880.* | 286.00 | 0.79 | 4.10 | | 3.30 | 2.79 | 167.78 | 215.33 | 0.51 |
| 830.* | 286.00 | 0.75 | 3.81 | 3.17 | 3.06 | 3.26 | 119.67 | 192.59 | 0.62 |
| 810 | 286.00 | 0.73 | 3.72 | | 2.99 | 3.35 | 110.25 | 108.48 | 0.64 |
| 786.* | 286.00 | 0.71 | 3.66 | 3.65 | 2.95 | 3.35 | 115.77 | 184.79 | 0.66 |
| 762.* | 286.00 | 0.69 | 3.69 | 3.69 | 3.00 | 2.98 | 152.93 | 264.30 | 0.59 |
| 738.* | 286.00 | 0.66 | 3.30 | 3.57 | 2.64 | 3.74 | 96.91 | 158.58 | 0.81 |
| 714.* | 286.00 | 0.64 | 2.98 | 3.12 | 2.34 | 4.17 | 79.43 | 94.77 | 0.96 |
| 690 | 273.00 | 0.62 | 3.30 | 2.92 | 2.68 | 2.75 | 165.52 | 306.04 | 0.58 |
| 618.* | 273.00 | 0.56 | 3.15 | | 2.59 | 2.79 | 182.04 | 357.74 | 0.59 |
| 546.* | 273.00 | 0.49 | 2.99 | | 2.50 | 2.84 | 195.65 | 411.38 | 0.61 |
| 474.* | 273.00 | 0.43 | 2.87 | | 2.44 | 2.68 | 229.81 | 499.49 | 0.58 |
| 402.* | 273.00 | 0.36 | 2.84 | | 2.48 | 2.02 | 328.25 | 568.70 | 0.43 |
| 330 | 273.00 | 0.30 | 2.82 | | 2.52 | 1.50 | 441.19 | 614.50 | 0.31 |
| 297.* | 273.00 | 0.27 | 2.79 | | 2.52 | 1.52 | 432.48 | 604.70 | 0.31 |
| 264.* | 273.00 | 0.24 | 2.77 | | 2.53 | 1.55 | 422.43 | 594.90 | 0.32 |
| 231.* | 273.00 | 0.21 | 2.74 | | 2.53 | 1.58 | 412.40 | 585.10 | 0.32 |
| 198.* | 273.00 | 0.18 | 2.71 | | 2.53 | 1.61 | 401.18 | 575.30 | 0.33 |

| River | Q Total | Min Ch | W.S. | Crit | Max Chl | Vel | Flow | Top | Froude # |
|-------|---------|--------|------|------|---------|-----|------|-----|----------|
|-------|---------|--------|------|------|---------|-----|------|-----|----------|

| Sta | Q (m3/s) | EI (m) | Elev (m) | W.S. (m) | Dpth (m) | Chnl (m/s) | Area (m2) | Width (m) | Chl |
|-------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|------|
| 165.* | 273.00 | 0.15 | 2.67 | | 2.52 | 1.65 | 388.47 | 565.50 | 0.34 |
| 132.* | 273.00 | 0.12 | 2.64 | | 2.52 | 1.71 | 373.95 | 555.70 | 0.35 |
| 99.* | 273.00 | 0.09 | 2.60 | | 2.51 | 1.77 | 357.57 | 545.90 | 0.36 |
| 66.* | 273.00 | 0.06 | 2.55 | | 2.49 | 1.85 | 339.81 | 536.10 | 0.38 |
| 33.* | 273.00 | 0.03 | 2.49 | | 2.46 | 1.98 | 312.88 | 526.30 | 0.41 |
| 0 | 273.00 | 0.00 | 2.34 | 2.34 | 2.34 | 2.45 | 241.59 | 516.50 | 0.52 |

Crecida de 500 años de periodo de retorno.

| River Sta | Q Total (m3/s) | Min Ch EI (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | Max Chl Dpth (m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|--------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| 2900 | 810.00 | 4.93 | 9.66 | 9.66 | 4.73 | 6.84 | 118.68 | 25.16 | 1.00 |
| 2844.* | 810.00 | 4.70 | 8.52 | 9.19 | 3.82 | 7.80 | 104.51 | 27.84 | 1.28 |
| 2788.* | 810.00 | 4.47 | 8.23 | 8.80 | 3.76 | 7.44 | 109.81 | 30.53 | 1.24 |
| 2732.* | 810.00 | 4.25 | 9.44 | 8.47 | 5.20 | 5.04 | 163.40 | 33.81 | 0.72 |
| 2676.* | 810.00 | 4.02 | 9.47 | | 5.45 | 4.59 | 180.31 | 36.76 | 0.65 |
| 2620 | 810.00 | 3.79 | 9.47 | | 5.68 | 4.24 | 196.05 | 39.65 | 0.60 |
| 2582.5* | 810.00 | 3.65 | 9.31 | | 5.65 | 4.43 | 187.59 | 37.51 | 0.62 |
| 2545.* | 810.00 | 3.52 | 9.10 | | 5.58 | 4.68 | 177.23 | 35.37 | 0.66 |
| 2507.5* | 810.00 | 3.39 | 8.80 | 7.81 | 5.42 | 5.05 | 163.89 | 33.24 | 0.72 |
| 2470 | 810.00 | 3.25 | 7.78 | 7.78 | 4.53 | 6.41 | 128.35 | 31.10 | 1.00 |
| 2414.* | 810.00 | 3.14 | 7.17 | 7.68 | 4.03 | 6.78 | 129.40 | 50.49 | 1.12 |
| 2358.* | 810.00 | 3.04 | 7.25 | 7.51 | 4.21 | 5.93 | 160.88 | 70.04 | 0.94 |
| 2302.* | 810.00 | 2.93 | 6.91 | 7.32 | 3.98 | 5.99 | 164.38 | 89.48 | 0.98 |
| 2246.* | 810.00 | 2.82 | 6.81 | 7.13 | 3.98 | 5.60 | 185.62 | 108.98 | 0.91 |
| 2190.* | 810.00 | 2.71 | 6.93 | 6.93 | 4.22 | 4.73 | 238.35 | 128.54 | 0.74 |
| 2134.* | 810.00 | 2.61 | 6.48 | 6.74 | 3.87 | 5.18 | 216.97 | 147.96 | 0.84 |
| 2078.* | 810.00 | 2.50 | 6.69 | 6.55 | 4.18 | 4.16 | 293.64 | 167.54 | 0.65 |
| 2022.* | 810.00 | 2.39 | 6.73 | | 4.33 | 3.61 | 353.55 | 187.08 | 0.55 |
| 1966.* | 810.00 | 2.29 | 6.75 | | 4.46 | 3.16 | 417.25 | 206.62 | 0.48 |
| 1910 | 810.00 | 2.18 | 6.76 | | 4.58 | 2.78 | 485.31 | 226.13 | 0.42 |
| 1840.* | 810.00 | 2.02 | 6.86 | | 4.84 | 1.62 | 859.66 | 336.90 | 0.24 |
| 1770.* | 810.00 | 1.87 | 6.88 | | 5.01 | 1.14 | 1234.31 | 447.68 | 0.16 |
| 1700.* | 810.00 | 1.71 | 6.88 | | 5.17 | 0.88 | 1621.14 | 558.45 | 0.12 |
| 1630.* | 810.00 | 1.56 | 6.88 | | 5.33 | 0.70 | 2024.80 | 669.23 | 0.10 |
| 1560 | 489.00 | 1.40 | 6.89 | | 5.49 | 0.35 | 2447.20 | 780.00 | 0.05 |
| 1360 | 489.00 | 1.22 | 4.95 | 4.95 | 3.73 | 6.06 | 90.20 | 29.06 | 1.00 |
| 1230 | 409.00 | 1.11 | 4.96 | 4.14 | 3.85 | 2.41 | 371.63 | 374.50 | 0.40 |
| 1180.* | 409.00 | 1.06 | 4.89 | | 3.82 | 2.51 | 351.35 | 351.76 | 0.42 |

| | | | | | | | | | |
|--------|--------|------|------|------|------|------|--------|--------|------|
| 1130.* | 409.00 | 1.02 | 4.79 | | 3.77 | 2.65 | 324.32 | 329.02 | 0.45 |
| 1080.* | 409.00 | 0.97 | 4.62 | | 3.65 | 3.02 | 275.75 | 306.29 | 0.53 |
| 1030 | 346.00 | 0.93 | 4.62 | | 3.70 | 2.44 | 281.60 | 283.55 | 0.42 |
| 980.* | 346.00 | 0.88 | 4.54 | | 3.66 | 2.51 | 262.93 | 260.81 | 0.44 |
| 930.* | 346.00 | 0.84 | 4.45 | | 3.61 | 2.62 | 242.07 | 238.07 | 0.46 |
| 880.* | 346.00 | 0.79 | 4.33 | | 3.53 | 2.76 | 217.67 | 215.33 | 0.49 |
| 830.* | 346.00 | 0.75 | 4.00 | 4.00 | 3.25 | 3.40 | 156.52 | 192.59 | 0.62 |
| 810 | 313.00 | 0.73 | 3.81 | 3.72 | 3.08 | 3.44 | 125.28 | 183.50 | 0.65 |
| 786.* | 313.00 | 0.71 | 3.82 | 3.82 | 3.11 | 3.20 | 151.42 | 223.90 | 0.61 |
| 762.* | 313.00 | 0.69 | 3.58 | 3.76 | 2.89 | 3.61 | 125.37 | 223.39 | 0.73 |
| 738.* | 313.00 | 0.66 | 3.41 | 3.67 | 2.74 | 3.78 | 117.14 | 212.41 | 0.80 |
| 714.* | 313.00 | 0.64 | 3.10 | 3.53 | 2.46 | 4.19 | 92.16 | 114.36 | 0.93 |
| 690 | 313.00 | 0.62 | 3.38 | 2.99 | 2.76 | 2.92 | 189.64 | 336.02 | 0.60 |
| 618.* | 313.00 | 0.56 | 3.24 | | 2.69 | 2.86 | 216.78 | 402.76 | 0.59 |
| 546.* | 313.00 | 0.49 | 3.04 | | 2.54 | 3.04 | 215.86 | 439.44 | 0.64 |
| 474.* | 313.00 | 0.43 | 2.94 | | 2.52 | 2.69 | 269.94 | 522.90 | 0.57 |
| 402.* | 313.00 | 0.36 | 2.92 | | 2.55 | 2.04 | 370.36 | 568.70 | 0.42 |
| 330 | 313.00 | 0.30 | 2.89 | | 2.59 | 1.54 | 484.58 | 614.50 | 0.31 |
| 297.* | 313.00 | 0.27 | 2.86 | | 2.59 | 1.57 | 474.88 | 604.70 | 0.32 |
| 264.* | 313.00 | 0.24 | 2.84 | | 2.60 | 1.60 | 463.71 | 594.90 | 0.32 |
| 231.* | 313.00 | 0.21 | 2.81 | | 2.60 | 1.63 | 452.57 | 585.10 | 0.33 |
| 198.* | 313.00 | 0.18 | 2.77 | | 2.59 | 1.67 | 440.15 | 575.30 | 0.34 |
| 165.* | 313.00 | 0.15 | 2.74 | | 2.59 | 1.71 | 426.11 | 565.50 | 0.35 |
| 132.* | 313.00 | 0.12 | 2.70 | | 2.58 | 1.77 | 410.11 | 555.70 | 0.36 |
| 99.* | 313.00 | 0.09 | 2.66 | | 2.57 | 1.84 | 392.04 | 545.90 | 0.37 |
| 66.* | 313.00 | 0.06 | 2.61 | | 2.55 | 1.92 | 372.43 | 536.10 | 0.39 |
| 33.* | 313.00 | 0.03 | 2.55 | | 2.52 | 2.07 | 343.18 | 526.30 | 0.42 |
| 0 | 313.00 | 0.00 | 2.39 | 2.39 | 2.39 | 2.57 | 267.73 | 516.50 | 0.54 |

A2.2.2.- Simulación canal de desagüe en el campo de golf.

Caudales desbordados en crecida de 100 años de periodo de retorno.

| River Sta | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | Max Chl Dpth (m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|-----------|----------------|---------------|---------------|---------------|------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
|-----------|----------------|---------------|---------------|---------------|------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|

Tramo 2 : sección tipo II

| | | | | | | | | | |
|--------|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 1820 | 251.00 | 1.25 | 3.13 | 2.76 | 1.88 | 2.82 | 89.16 | 55.01 | 0.71 |
| 1784.* | 251.00 | 1.20 | 3.07 | | 1.87 | 2.82 | 88.93 | 54.98 | 0.71 |
| 1748.* | 251.00 | 1.15 | 3.02 | | 1.87 | 2.83 | 88.57 | 54.93 | 0.71 |

| | | | | | | | | | |
|--------|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 1712.* | 251.00 | 1.10 | 2.96 | | 1.86 | 2.85 | 88.21 | 54.88 | 0.72 |
| 1676.* | 251.00 | 1.05 | 2.90 | | 1.85 | 2.86 | 87.72 | 54.81 | 0.72 |
| 1640.* | 251.00 | 1.00 | 2.84 | | 1.84 | 2.88 | 87.10 | 54.71 | 0.73 |
| 1604.* | 251.00 | 0.95 | 2.78 | | 1.82 | 2.91 | 86.32 | 54.60 | 0.74 |
| 1568.* | 251.00 | 0.90 | 2.71 | | 1.80 | 2.94 | 85.23 | 54.44 | 0.75 |
| 1532.* | 251.00 | 0.85 | 2.63 | | 1.78 | 3.00 | 83.77 | 54.23 | 0.77 |
| 1496.* | 251.00 | 0.80 | 2.54 | 2.31 | 1.74 | 3.07 | 81.77 | 53.93 | 0.80 |
| 1460 | 251.00 | 0.75 | 2.26 | 2.26 | 1.51 | 3.62 | 69.37 | 52.06 | 1.00 |

Tramo 3 : sección tipo III

| | | | | | | | | | |
|--------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 2575 | 77.00 | 1.00 | 2.57 | 2.06 | 1.57 | 1.87 | 41.16 | 32.54 | 0.53 |
| 2552.* | 77.00 | 0.95 | 2.56 | | 1.61 | 1.82 | 42.42 | 32.84 | 0.51 |
| 2529.* | 77.00 | 0.90 | 2.54 | | 1.64 | 1.76 | 43.69 | 33.15 | 0.49 |
| 2506.* | 77.00 | 0.85 | 2.54 | | 1.68 | 1.71 | 45.06 | 33.48 | 0.47 |
| 2483.* | 77.00 | 0.80 | 2.53 | | 1.73 | 1.66 | 46.43 | 33.81 | 0.45 |
| 2460 | 77.00 | 0.75 | 2.52 | | 1.77 | 1.61 | 47.82 | 34.13 | 0.43 |

Tramo 1 : sección tipo I

| | | | | | | | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| 450 | 328.00 | 0.50 | 2.45 | 1.67 | 1.95 | 1.91 | 171.32 | 95.58 | 0.46 |
| 429.1* | 328.00 | 0.50 | 2.44 | | 1.94 | 1.93 | 169.90 | 95.46 | 0.46 |
| 408.200* | 328.00 | 0.50 | 2.42 | | 1.92 | 1.95 | 168.49 | 95.34 | 0.47 |
| 387.300* | 328.00 | 0.50 | 2.41 | | 1.91 | 1.96 | 167.07 | 95.22 | 0.47 |
| 366.400* | 328.00 | 0.50 | 2.39 | | 1.89 | 1.98 | 165.45 | 95.08 | 0.48 |
| 345.5* | 328.00 | 0.50 | 2.37 | | 1.87 | 2.00 | 163.83 | 94.94 | 0.49 |
| 324.599* | 328.00 | 0.50 | 2.36 | | 1.86 | 2.02 | 162.22 | 94.81 | 0.49 |
| 303.699* | 328.00 | 0.50 | 2.34 | | 1.84 | 2.04 | 160.40 | 94.66 | 0.50 |
| 282.800* | 328.00 | 0.50 | 2.32 | | 1.82 | 2.07 | 158.59 | 94.50 | 0.51 |
| 261.900* | 328.00 | 0.50 | 2.30 | | 1.80 | 2.09 | 156.78 | 94.35 | 0.52 |
| 241 | 328.00 | 0.50 | 2.28 | | 1.78 | 2.12 | 154.97 | 94.20 | 0.53 |
| 240 | 328.00 | 0.75 | 2.03 | | 1.28 | 2.97 | 110.35 | 91.82 | 0.87 |
| 239 | 328.00 | 0.25 | 2.22 | | 1.97 | 1.92 | 170.95 | 93.85 | 0.45 |
| 215.200* | 328.00 | 0.25 | 2.20 | | 1.95 | 1.93 | 169.56 | 93.90 | 0.46 |
| 191.400* | 328.00 | 0.25 | 2.18 | | 1.93 | 1.95 | 168.18 | 93.95 | 0.47 |
| 167.600* | 328.00 | 0.25 | 2.16 | | 1.92 | 1.97 | 166.59 | 93.98 | 0.47 |
| 143.800* | 328.00 | 0.25 | 2.15 | | 1.90 | 1.99 | 164.99 | 94.01 | 0.48 |
| 120.* | 328.00 | 0.25 | 2.13 | | 1.88 | 2.01 | 163.40 | 94.05 | 0.49 |
| 96.1999* | 328.00 | 0.25 | 2.11 | | 1.86 | 2.03 | 161.58 | 94.07 | 0.49 |
| 72.3999* | 328.00 | 0.25 | 2.09 | | 1.84 | 2.05 | 159.77 | 94.08 | 0.50 |
| 48.5999* | 328.00 | 0.25 | 2.06 | | 1.81 | 2.08 | 157.95 | 94.10 | 0.51 |

| River | Q Total | Min Ch | W.S. | Crit | Max Chl | Vel Chnl | Flow | Top | Froude # |
|-------|---------|--------|------|------|---------|----------|------|-------|----------|
| Sta | | El | Elev | W.S. | Dpth | | Area | Width | Chl |
| | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/s) | (m2) | (m) | |

| | | | | | | | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| 24.7999* | 328.00 | 0.25 | 2.04 | | 1.79 | 2.10 | 156.13 | 94.12 | 0.52 |
| 1 | 328.00 | 0.25 | 2.02 | | 1.77 | 2.13 | 154.31 | 94.14 | 0.53 |
| 0 | 328.00 | 0.50 | 1.67 | 1.67 | 1.17 | 3.29 | 99.59 | 90.73 | 1.00 |

Caudales desbordados en crecida de 500 años de periodo de retorno.

| River Sta | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | Max Chl Vel Dpth (m) | Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|-----------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|------------|----------------|---------------|--------------|
|-----------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|------------|----------------|---------------|--------------|

Tramo 2 : sección tipo II

| | | | | | | | | | |
|--------|--------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| 1820 | 321.00 | 1.25 | 3.43 | 3.01 | 2.18 | 3.02 | 106.32 | 57.46 | 0.71 |
| 1784.* | 321.00 | 1.20 | 3.38 | | 2.18 | 3.03 | 105.99 | 57.41 | 0.71 |
| 1748.* | 321.00 | 1.15 | 3.32 | | 2.17 | 3.04 | 105.67 | 57.36 | 0.71 |
| 1712.* | 321.00 | 1.10 | 3.26 | | 2.16 | 3.05 | 105.19 | 57.30 | 0.72 |
| 1676.* | 321.00 | 1.05 | 3.20 | | 2.15 | 3.07 | 104.72 | 57.23 | 0.72 |
| 1640.* | 321.00 | 1.00 | 3.14 | | 2.14 | 3.08 | 104.11 | 57.15 | 0.73 |
| 1604.* | 321.00 | 0.95 | 3.08 | | 2.13 | 3.11 | 103.35 | 57.04 | 0.74 |
| 1568.* | 321.00 | 0.90 | 3.01 | | 2.11 | 3.13 | 102.46 | 56.91 | 0.75 |
| 1532.* | 321.00 | 0.85 | 2.94 | | 2.09 | 3.17 | 101.27 | 56.75 | 0.76 |
| 1496.* | 321.00 | 0.80 | 2.86 | 2.56 | 2.06 | 3.23 | 99.52 | 56.50 | 0.78 |
| 1460 | 321.00 | 0.75 | 2.77 | | 2.02 | 3.31 | 97.08 | 56.15 | 0.80 |
| 2575 | 191.00 | 1.00 | 3.11 | 2.85 | 2.11 | 3.19 | 59.94 | 36.86 | 0.80 |

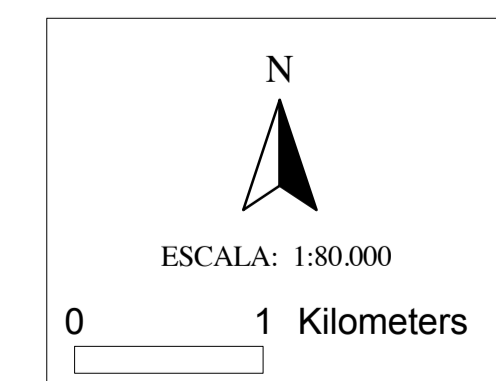
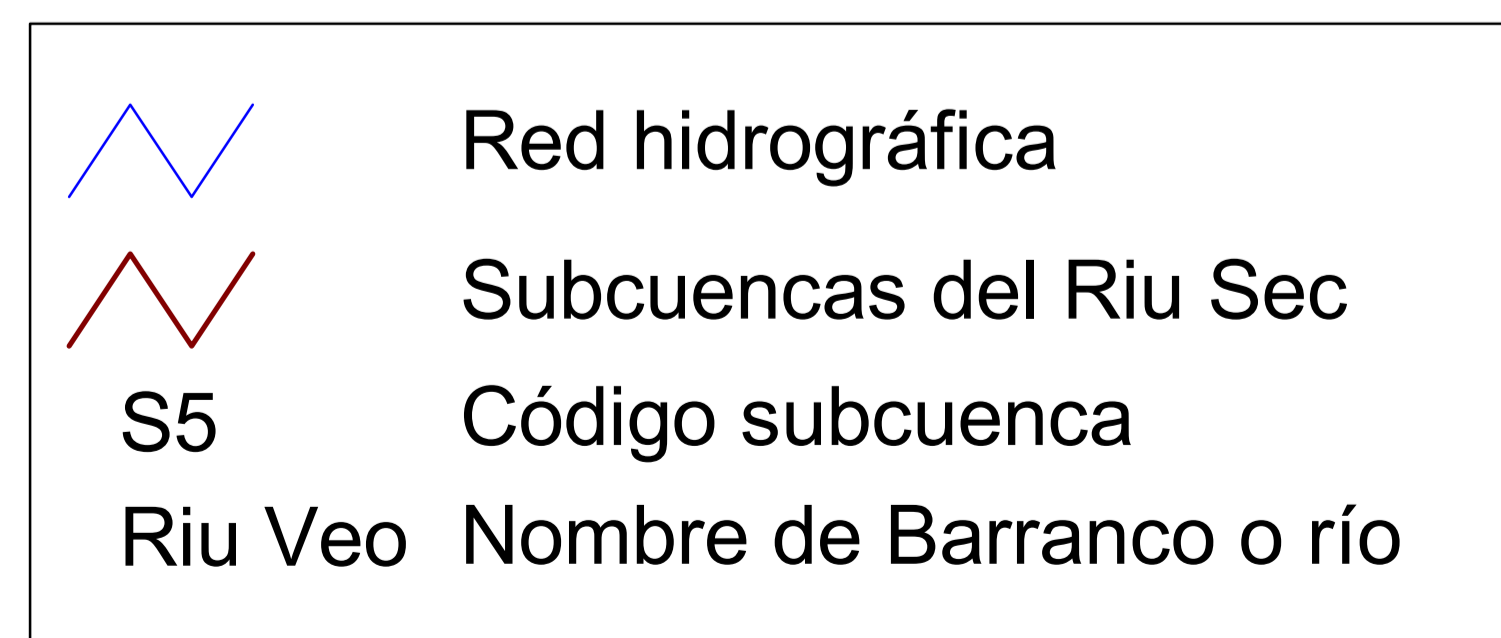
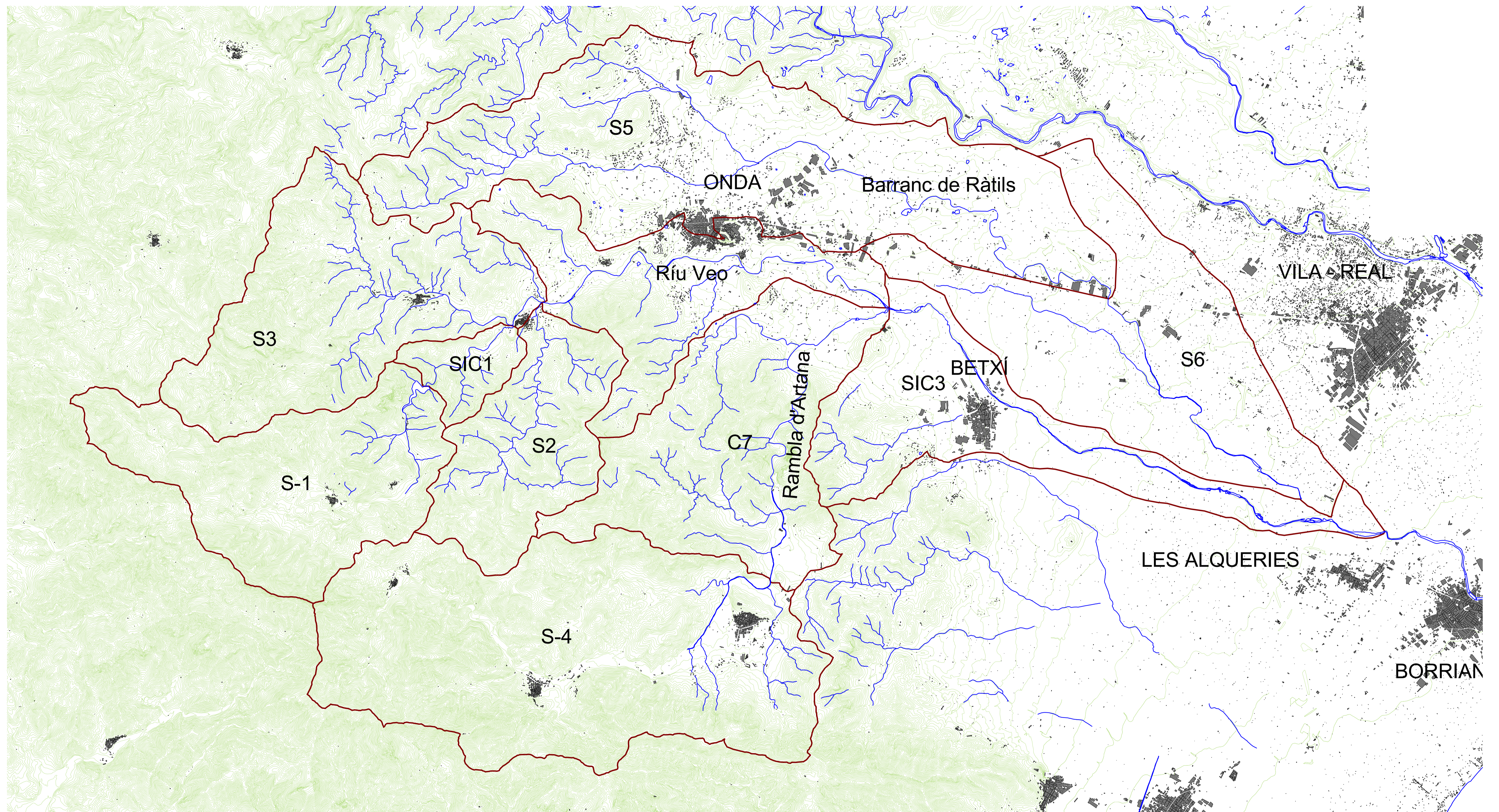
Tramo 3 : sección tipo III

| | | | | | | | | | |
|--------|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 2552.* | 191.00 | 0.95 | 3.05 | | 2.10 | 3.20 | 59.63 | 36.80 | 0.80 |
| 2529.* | 191.00 | 0.90 | 2.99 | | 2.09 | 3.23 | 59.14 | 36.69 | 0.81 |
| 2506.* | 191.00 | 0.85 | 2.92 | | 2.07 | 3.27 | 58.42 | 36.53 | 0.83 |
| 2483.* | 191.00 | 0.80 | 2.84 | 2.64 | 2.04 | 3.33 | 57.32 | 36.29 | 0.85 |
| 2460 | 191.00 | 0.75 | 2.74 | | 1.99 | 3.44 | 55.56 | 35.90 | 0.88 |

Tramo 1 : sección tipo I

| | | | | | | | | | |
|----------|--------|------|------|--|------|------|--------|-------|------|
| 450 | 512.00 | 0.50 | 2.96 | | 2.46 | 2.33 | 220.71 | 99.66 | 0.49 |
| 429.1* | 512.00 | 0.50 | 2.94 | | 2.44 | 2.35 | 219.04 | 99.50 | 0.50 |
| 408.200* | 512.00 | 0.50 | 2.92 | | 2.42 | 2.37 | 217.36 | 99.00 | 0.50 |
| 387.300* | 512.00 | 0.50 | 2.91 | | 2.41 | 2.38 | 215.67 | 98.50 | 0.51 |
| 366.400* | 512.00 | 0.50 | 2.89 | | 2.39 | 2.40 | 213.72 | 98.00 | 0.51 |
| 345.5* | 512.00 | 0.50 | 2.87 | | 2.37 | 2.43 | 211.76 | 97.50 | 0.52 |
| 324.599* | 512.00 | 0.50 | 2.85 | | 2.35 | 2.45 | 209.79 | 97.00 | 0.53 |
| 303.699* | 512.00 | 0.50 | 2.83 | | 2.33 | 2.47 | 207.58 | 96.50 | 0.53 |
| 282.800* | 512.00 | 0.50 | 2.81 | | 2.31 | 2.50 | 205.35 | 96.00 | 0.54 |
| 261.900* | 512.00 | 0.50 | 2.78 | | 2.28 | 2.52 | 203.12 | 95.50 | 0.55 |

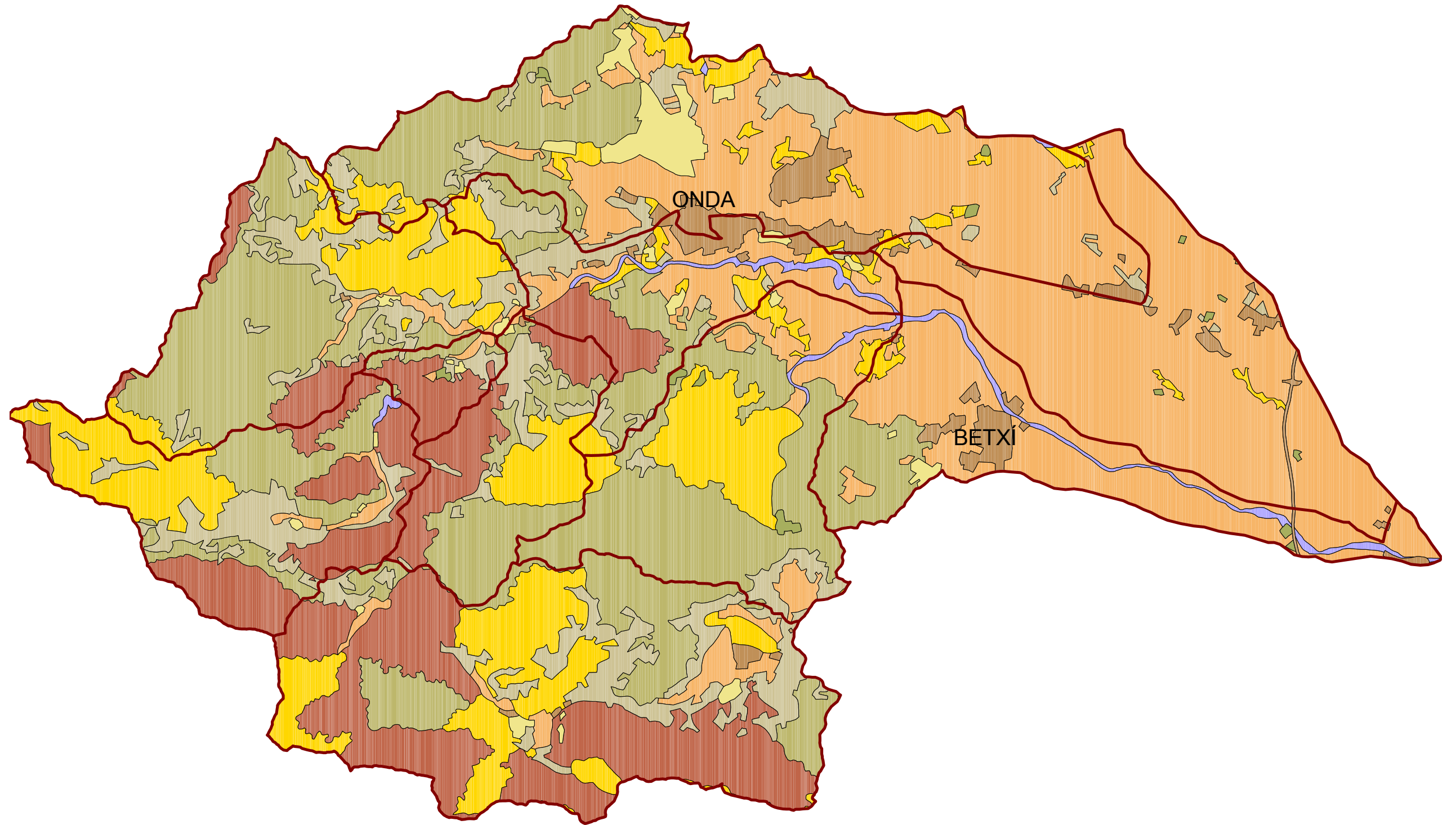
| | | | | | | | | | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| 241 | 512.00 | 0.50 | 2.76 | | 2.26 | 2.55 | 200.88 | 95.00 | 0.56 |
| 240 | 512.00 | 0.75 | 2.53 | | 1.78 | 3.27 | 156.59 | 95.00 | 0.81 |
| 239 | 512.00 | 0.25 | 2.71 | | 2.46 | 2.35 | 217.71 | 95.00 | 0.50 |
| 215.200* | 512.00 | 0.25 | 2.69 | | 2.44 | 2.37 | 215.94 | 95.00 | 0.50 |
| 191.400* | 512.00 | 0.25 | 2.67 | | 2.42 | 2.39 | 214.18 | 95.00 | 0.51 |
| 167.600* | 512.00 | 0.25 | 2.65 | | 2.40 | 2.41 | 212.41 | 95.00 | 0.51 |
| 143.800* | 512.00 | 0.25 | 2.63 | | 2.38 | 2.43 | 210.41 | 95.00 | 0.52 |
| 120.* | 512.00 | 0.25 | 2.60 | | 2.35 | 2.46 | 208.42 | 95.00 | 0.53 |
| 96.1999* | 512.00 | 0.25 | 2.58 | | 2.33 | 2.48 | 206.42 | 95.00 | 0.54 |
| 72.3999* | 512.00 | 0.25 | 2.55 | | 2.30 | 2.51 | 204.22 | 95.00 | 0.55 |
| 48.5999* | 512.00 | 0.25 | 2.53 | | 2.28 | 2.53 | 202.02 | 95.00 | 0.55 |
| 24.7999* | 512.00 | 0.25 | 2.50 | | 2.25 | 2.56 | 199.82 | 95.00 | 0.56 |
| 1 | 512.00 | 0.25 | 2.48 | 1.81 | 2.23 | 2.59 | 197.62 | 95.00 | 0.57 |
| 0 | 512.00 | 0.50 | 2.06 | 2.06 | 1.56 | 3.77 | 135.71 | 94.33 | 1.00 |



| | |
|--|--|
| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente | |
| Estado: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PAI DE SANT GREGORI EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA (CASTELLÓN) | |
| Título del plano: ESQUEMA HIDROLÓGICO DEL RIU SEC DE BORRIANA | FECHA: Mayo 2003 ESCALA: 1:80.000 PLANO Nº: A1.1 |









ESCALA: 1.80.000



 SUBCUENCAS DEL RIU SEC

CUBIERTAS DE SUELO

- | | |
|--|--|
|  bosque de alta |  Masas de agua |
|  Bosque de baja |  Núcleos residenc |
|  bosque de media |  Roca más matorra |
|  Cultivos abancal |  Urbano |
|  cultivos de seca | |



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Estudio

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PAI DE SANT GREGORI
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA (CASTELLÓN)

Título del plano:

CUBIERTAS DEL SUELO
EN LA CUENCA DEL RIU SEC

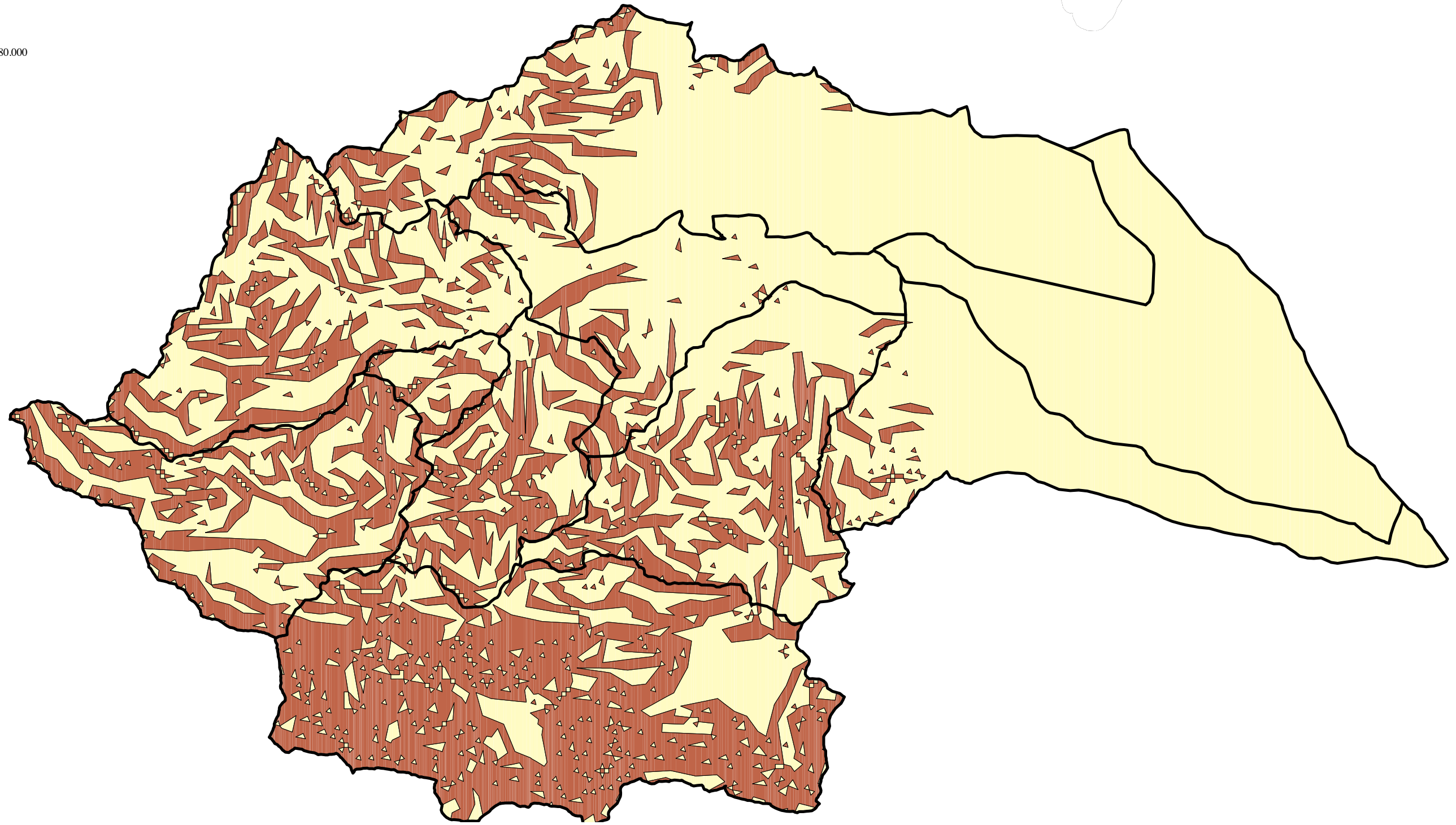
FECHA: Mayo 2003

ESCALA: 1:80.000

PLANO Nº: A1.2



ESCALA: 1.80.000



 SUBCUENCAS DEL RIU SEC

CLINOMETRÍA

 PENDIENTE < 3 %

 PENDIENTE > 3 %



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Estudio

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PAI DE SANT GREGORI
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA (CASTELLÓN)

Título del plano:

CLINOMETRÍA EN LA
CUENCA DEL RIU SEC

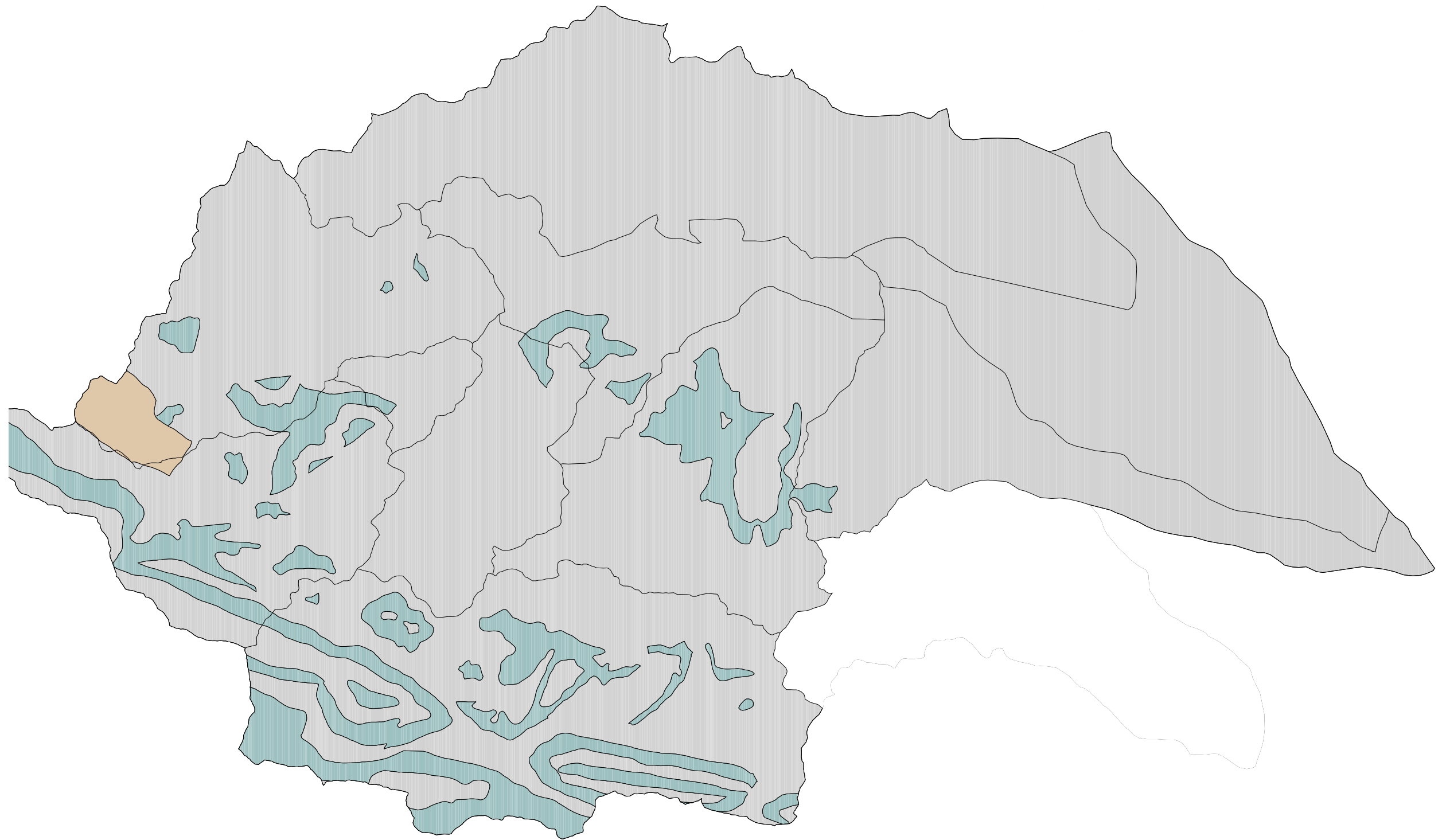
FECHA: Mayo 2003

ESCALA: 1:80.000

PLANO Nº: A1.3

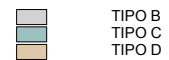


ESCALA: 1.80.000



 SUBCUENCAS DEL RIU SEC

TIPOS DE SUELO



TIPO B
TIPO C
TIPO D



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Estudio

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PAI DE SANT GREGORI
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA (CASTELLÓN)

Título del plano:

TIPOS DE SUELO EN LA
CUENCA DEL RIU SEC

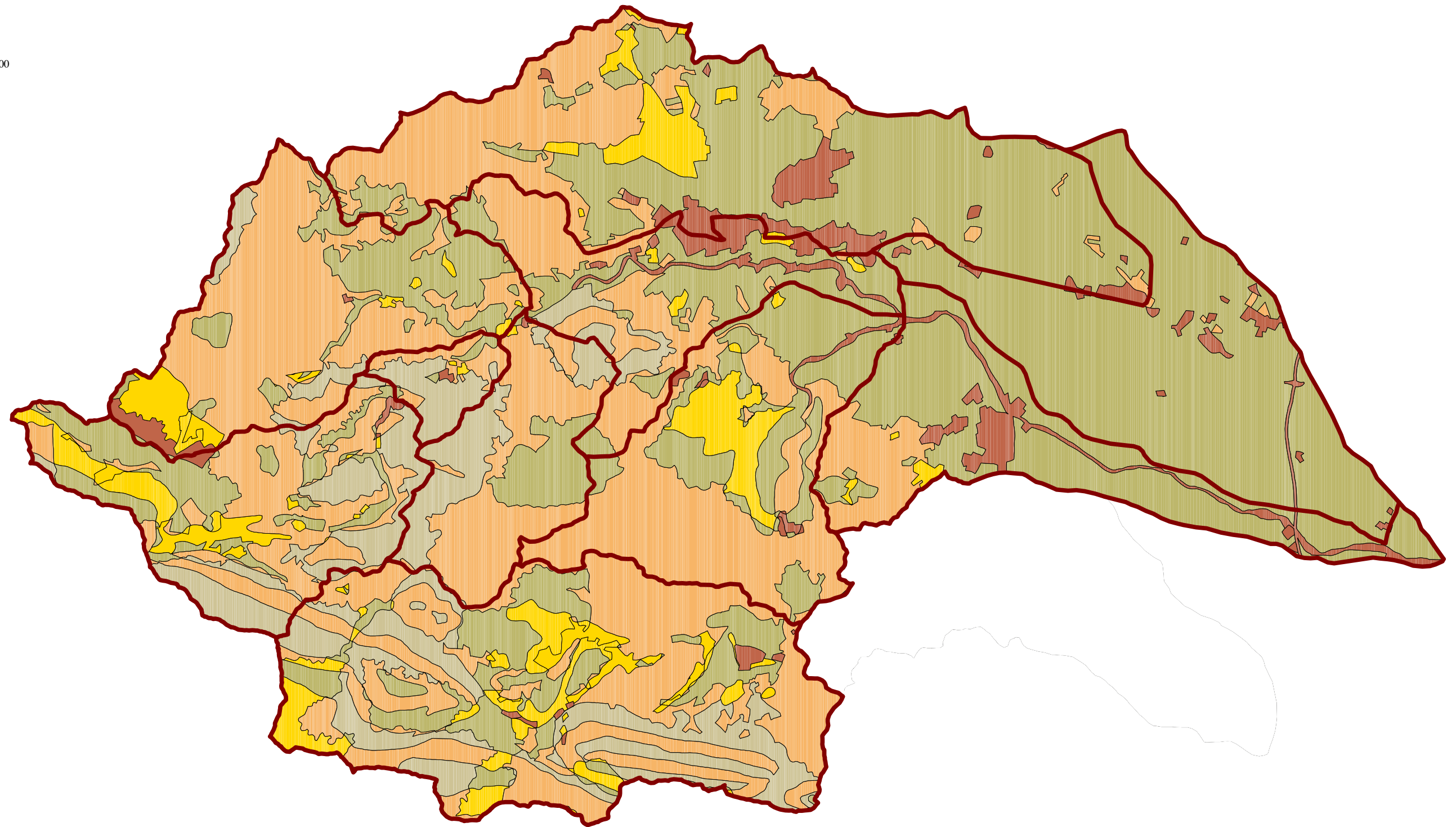
FECHA: Mayo 2003

ESCALA: 1:80.000

PLANO Nº: A1.4








ESCALA: 1.80.000



 SUBCUENCAS DEL RIU SEC

CUBIERTAS DEL SUELO

-  $Po < 10 \text{ mm}$
-  $10 \text{ mm} < Po < 20 \text{ mm}$
-  $20 \text{ mm} < Po < 30 \text{ mm}$
-  $30 \text{ mm} < Po < 40 \text{ mm}$
-  $Po > 40 \text{ mm}$



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Estudio

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PAI DE SANT GREGORI
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA (CASTELLÓN)

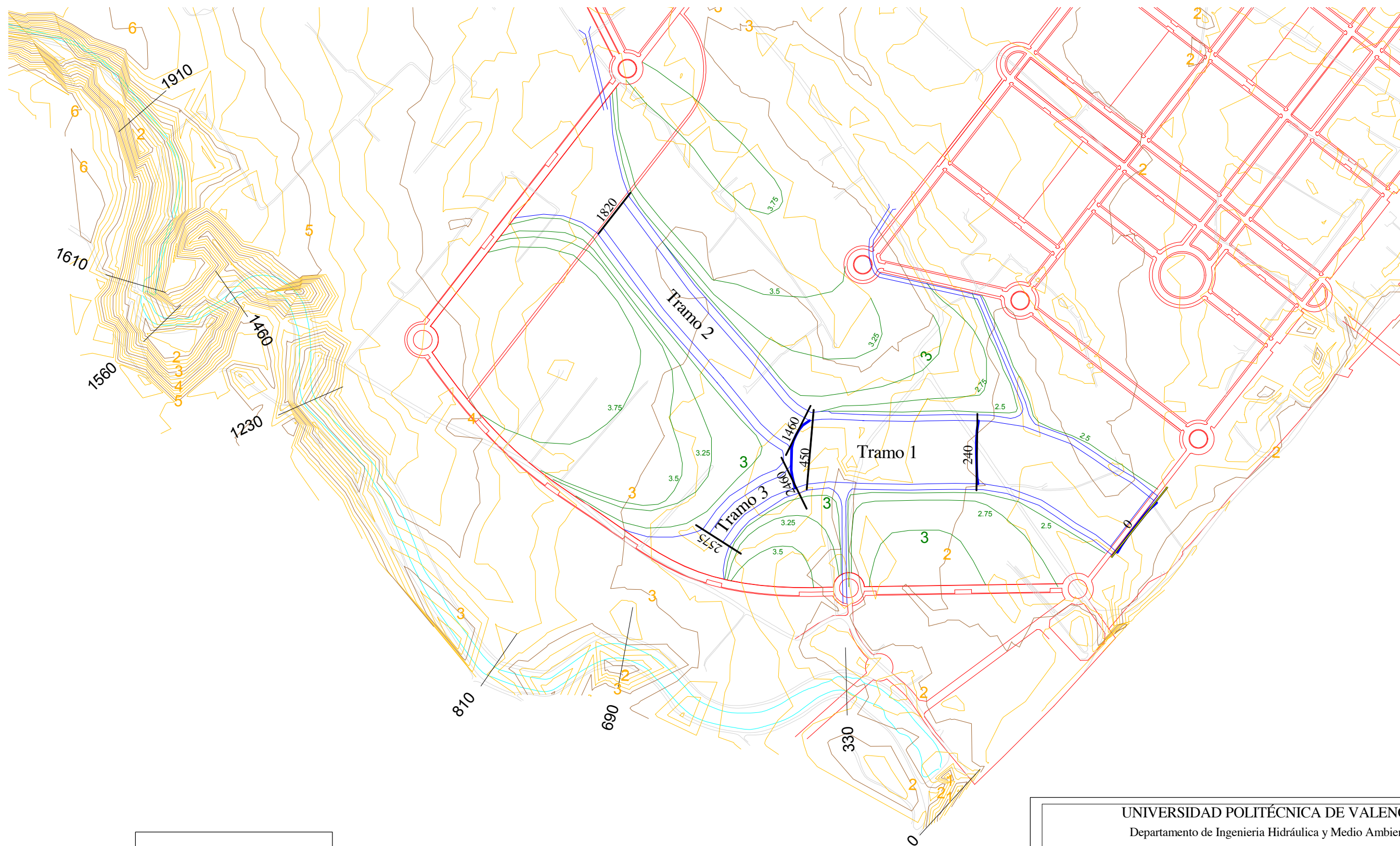
Título del plano:

UMBRALES DE ESCORRENTÍA EN LA
CUENCA DEL RIU SEC

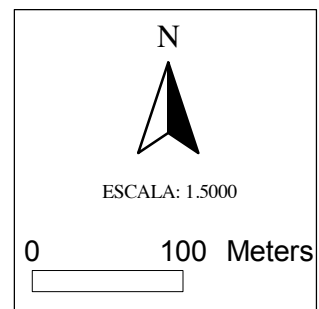
FECHA: Mayo 2003

ESCALA: 1:80.000

PLANO Nº: A1.5



1460 Numeración P.K. o perfil



| | |
|--|--|
| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente | |
| Estudio ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL PAI DE SANT GREGORI EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BURRIANA (CASTELLÓN) | |
| Título del plano: UBICACIÓN DE LOS PERFILES O SECCIONES EN EL ESTUDIO HIDRÁULICO | FECHA: Mayo 2003 ESCALA: 1:5000 PLANO Nº: A2.1 |