



Pla especial urbanístic  
d'ordenació i millora del  
càmping *VERNEDA*  
(TM Vielha e Mijaran, Val d'Aran)

*- document d'aprovació inicial -*

**E1.- Estudio de inundabilidad del río Garona  
a su paso por el cámping Verneda  
(TM Vielha e Mijaran, Val d'Aran. Lleida)**

Promotor : Càmping Verneda S.L.  
Sr. José Manuel Monge Sens

Tècnic autor : URBEG, SLP  
Joan Gàndara i Tolsà, enginyer de camins, canals i ports

Data : 22 de desembre de 2016

## **ÍNDICE:**

### **DOCUMENTO I.- MEMORIA Y ANEJOS**

1.- Introducción y antecedentes .....	3
2.- Objeto del estudio. Hipótesis de partida .....	5
3.- Autor del estudio .....	6
4.- Trabajos previos .....	6
5.- Hidrología. Río Garona .....	7
6.- Condicionantes previos .....	9
7.- Cálculos hidráulicos con el modelo bidimensional IBER .....	14
8.- Conclusión .....	36

#### **ANEJOS**

Anejo 1. Reportaje fotográfico .....	37
Anejo 2. Topografía .....	46
Anejo 3. Descripción del modelo bidimensional IBER .....	47
Anejo 4. Documento para la legalización de las defensas del càmping .....	49

### **DOCUMENTO II.- PLANOS**

- 1.- Situación
- 2.- Emplazamiento
- 3.- Planta de inundabilidad: Situación actual y propuesta, T=10, 100, 500 años

## **DOCUMENTO I.- MEMORIA Y ANEJOS**

## 1. INTRODUCCIÓN. ANTECEDENTES.

El presente estudio hidráulico constituye un documento complementario al “*Plan Especial Urbanístico de Ordenación y Mejora del càmping VERNEDA, (TM Vielha e Mijaran, Val d'Aran)*”, redactado por el ingeniero de caminos, Sr. Joan Gurrera Lluch y la ingeniera de obras públicas, Sra. Sílvia Capdevila Torrodà, y se redacta a petición del Sr. Jose Manuel Monge Sense, en representación del càmping Verneda.

El ámbito objeto de estudio està situado en el termino municipal de Vielha e Mijaran, comarca de la Val d’Aran, provincia de Lleida, aproximadamente unos 650 m aguas abajo del Puente de la carretera de acceso a Arrós, y a la altura del punto kilométrico 170 de la carretera nacional N-230.

Tal y como se muestra en el plano adjunto núm. 2, de emplazamiento, el càmping consta de dos partes diferenciadas. Una primera zona de acceso en la cual se encuentra el edificio de recepción y la piscina que linda con el cauce principal en el margen derecho del río Garona en una longitud de 90 m y, una segunda zona de acampada, en su margen izquierdo que, de la misma forma también linda con el cauce principal, pero en una longitud de 485 m.

Como principales antecedentes al presente estudio hidráulico se han encontrado :

- 1) *Estudio de inundabilidad para el ámbito de Vielha e Mijaran*, realizado por la Agencia Catalana del Agua en fecha de abril de 2004. En este estudio se realizó un modelo unidimensional (HEC-RAS) teniendo en cuenta la torrencialidad de las avenidas. Este estudio incorpora un estudio hidrológico propio, con una serie de hipótesis que, de acuerdo con los criterios de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), no son adecuadas, por lo que los resultados obtenidos no pueden considerarse válidos.
- 2) *Estudio de inundabilidad básico de detalle del càmping Verneda*, realizado por la Agencia Catalana del Agua en fecha de noviembre de 2010. En este estudio se realiza una caracterización de la zona inundable, así como la determinación del peligro en los diferentes sectores del càmping en caso de avenida. Todo ello utilizando la información del estudio anterior para el río Garona y realizando una modelización bidimensional (GUAD-2D) para los cursos laterales a partir de una cartografía 1/5.000 del Instituto Geográfico y Cartográfico de Catalunya (ICGC). Los caudales del río Garona considerados en este estudio son de 1.191 m<sup>3</sup>/s para los 100 años de período de retorno y de 1.641 m<sup>3</sup>/s para el de 500 años, muy superiores a los considerados por la CHE.

En este estudio también se identifican dos torrentes laterales que son tributarios del río Garona por su margen izquierdo: el torrente de *Sartigaspònt* (cuenca de 0,65 Km<sup>2</sup>, 1.248 ml de longitud y caudales de avenida T100= 8,0 m<sup>3</sup>/s i T500= 12,8 m<sup>3</sup>/s) y el torrente *Coma deth Ceridèr* (cuenca de 0,61 Km<sup>2</sup>, 966 ml de longitud y caudales de

avenida T100= 8,5 m<sup>3</sup>/s y T500= 13,3 m<sup>3</sup>/s). En el trabajo de campo de identificación de estos cursos no ha sido posible determinar un cauce fijo para estos torrentes, efectivamente, se trata de surgencias de agua por toda la vertiente, como indica su nombre: *es Gotaus*. Por este motivo no es posible dibujar unas llanuras de inundación y la zona de flujo preferente.

- 3) *Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación (MAPRI)*, elaborados por la CHE en cumplimiento del artículo 7 del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, que transpone la Directiva 2007/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2007. Estos mapas se pueden consultar en la web de la CHE (<http://iber.chebro.es/SitEbro/sitebro.aspx>). Hasta hace poco, la delimitación contenida en estos mapas no tenía en cuenta las modificaciones ocasionadas por las lluvias del 17 y 18 de junio de 2013, a raíz de las cuales se realizaron importantes obras de protección de los márgenes que fueron erosionados, comportando una ampliación del cauce. Actualmente estos mapas ya están actualizados, con resultados, entre otros, de planos de inundación de períodos de retorno de 10, 100 y 500 años, planos de peligrosidad asociada a cada período de retorno y, además, valores de los caudales en régimen natural para estos períodos de retorno (CAUMAX).

La consulta de esta página web ha permitido :

- a) Fijar los caudales de cálculo del presente estudio para períodos de retorno de 10 (116 m<sup>3</sup>/s), 100 (397 m<sup>3</sup>/s) y 500 años (703 m<sup>3</sup>/s). En la información presente en la página web se comprueba como estos caudales parecen proceder de estudios hidrológicos mediante el modelo de propagación de avenidas HEC-HMS.
- b) Constatar como el propio estudio de inundación del Ministerio de Medio Ambiente se ha realizado a partir de un modelo digital del terreno 5x5 m.

Finalmente cabe destacar la gran diferencia existente de los valores de caudales empleados para el río Garona entre los dos estudios anteriores. Tanto el MAPRI anterior al actualizado como el estudio de la ACA (noviembre 2010) no se ajustan a la realidad (no tienen en cuenta el ensanchamiento del cauce y las escolleras de protección realizadas el año 2013, el topográfico utilizado no era de detalle) y, además, el modelo de simulación hidráulica es unidimensional, no bidimensional (menos precisión). Por este motivo se realiza el presente estudio de inundabilidad, sobre un levantamiento topográfico a escala 1/500 y, con los mismos caudales utilizados en la elaboración del MAPRI y con un modelo hidráulico bidimensional (IBER). El resultado es mucho más favorable y similar al de los mapas actualizados del MAPRI.

## **2. OBJETO DEL ESTUDIO. HIPOTESIS DE PARTIDA.**

Conforme a las disposiciones del actual Reglamento de la Ley de Urbanismo de la Generalitat de Catalunya, aprobada por Decreto 305/2006 de 18 de julio (DOGC núm. 4682, 24/07/06), en referencia a la prohibición de urbanizar y edificar en las zonas inundables y en zonas de riesgo para las personas, es preciso una delimitación de las zonas inundables y de las futuras zonas a edificar. Asimismo, en zona de policía es necesaria la autorización del Organismo de Cuenca (Confederación Hidrográfica del Ebro). Su incumplimiento puede comportar sin perjuicio del resto de responsabilidades que se puedan derivar, la imposición de una sanción coercitiva (Artículo 116 del Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de julio del Texto refundido de la Ley de Aguas).

El objeto del presente estudio es identificar la zona inundable tanto del margen izquierdo como del margen derecho del río Garona, a su paso por el càmping Verneda. La longitud total de análisis hidráulico és de aproximadamente 790 m, de forma que se ha procurado mantener los puntos de inicio y final del estudio hidráulico distanciados aproximadamente 100 m para que las condiciones de contorno no alteren el modelo hidráulico en el ámbito del càmping (del p.k. 0+080 al p.k. 0+660 de los planos adjuntos núm. 3, Planta de inundabilidad). La longitud, según eje de río, del tramo por el cual el càmping se situa en las planas laterales del río Garona es de unos 580 m.

El estudio de inundabilidad se plantea en la configuración topográfica actual y, en una situación hipotética modificada contemplada en el “*Plan Especial Urbanístico de Ordenación y Mejora del càmping VERNEDA, (TM Vielha e Mijaran, Val d'Aran)*” como medida correctora.

Con esta finalidad se realizaran los siguientes trabajos para desarrollar el presente estudio hidráulico :

- 1.- Obtención del modelo digital del terreno en la zona de estudio, tal como se muestra en apartados posteriores.
- 2.- Estimación del mapa de calados, velocidades y peligrosidad asociada en la zona de inundación para los períodos de retorno de 10, 100 y 500 años, mediante la aplicación del modelo hidráulico bidimensional IBER, desarrollado por el grupo FLUMEN de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- 3.- Comprobación de la inundabilidad total, parcial o nula del espacio destinado actualmente como càmping para los períodos de retorno de 10, 100 y 500 anys, para las dos configuraciones topográficas planteadas.

### **3. AUTOR DEL ESTUDIO.**

El presente estudio ha sido redactado en el despacho de ingeniería URBEG, S.L., domiciliado en la Seu d'Urgell (Lleida), Plaça del Carme 12, 3r. 2a ; telf. (973) 36.05.82 , fax (973) 36.01.74, i e-mail: urbeg@urbeg.cat.

El autor del estudio como miembro del equipo técnico de URBEG, S.L. ha sido Joan Gàndara Tolsà, ingeniero de caminos, canales y puertos, colegiado núm. 16.271.

### **4. TRABAJOS PREVIOS.**

#### **4.1. Delimitación del tramo de estudio. Modelo bidimensional IBER.**

Inicialmente se podría plantear un estudio hidráulico mediante un modelo unidimensional (tipo HEC-RAS) pero no se considera esta opción por diversos motivos:

- a) El cauce principal del río Garona presenta alineaciones rectas y curvas, con radios que varían aproximadamente entre 55 i 500 m, tal como se aprecia en los planos de planta adjuntos núm. 3, en el p.k. 0+160 (antes del puente de acceso a la zona de acampada) o en el p.k. 0+280 (delante de la zona de bungalows).

Este hecho provoca que, para caudales de cierta magnitud, la circulación de los mismos se realice en el cauce actual con la posibilidad de desbordamientos en estos tramos curvos. Es entonces cuando un modelo unidimensional no refleja de forma acorde la circulación de caudales por las llanuras laterales, especialmente por el hecho que no se puede discernir claramente si estos caudales retornan al cauce principal o bien circulan por la llanura lateral.

La posibilidad de desbordamientos laterales de caudales, hace que el flujo preferencial del cauce principal no tenga la misma línea de energía que cualquier otro flujo que pueda derivar lateralmente. Esto constituye una limitación muy importante de cualquier modelo unidimensional.

- b) Se constata la existencia de una llanura lateral en el margen izquierdo en la zona ocupada por las parcelas de acampada que se inicia inmediatamente aguas abajo del puente de acceso (p.k. 0+170). Además el puente se encuentra instalado en un tramo en curva, con lo cual el peralte de la lámina de agua en esta zona puede favorecer para caudales elevados el desbordamiento hacia esta llanura lateral. Este hecho del peraltamiento lateral en tramos en curva tampoco se ve reflejado en los modelos unidimensionales.

En estas condiciones, un estudio con un modelo bidimensional, refleja con mejor acierto los fenómenos anteriormente explicados de flujos laterales y peraltes en curvas, aparte de detectar otros fenómenos hidráulicos como son las ondas de choque. Además, el modelo hidráulico trabaja a partir de un modelo digital del terreno en todo su ámbito (y no de forma seccional) permitiendo así modelizar variables hidráulicas continuas como es el coeficiente de Manning y obteniendo las diferentes variables (calados, velocidades, números de Froude, etc) también de forma continua.

#### 4.3. Cartografía i topografía.

Para la redacción del presente estudio se ha elaborado, en fecha de marzo del 2015, un levantamiento topográfico expreso a escala 1/500 del cauce principal y de las llanuras laterales, incluyendo todo el ámbito del càmping y sus edificaciones existentes. En este levantamiento se ha procurado reflejar lo más fielmente posible también aquellas zonas singulares como son el puente, la escollera de protección del margen izquierdo o los bungalows existentes.

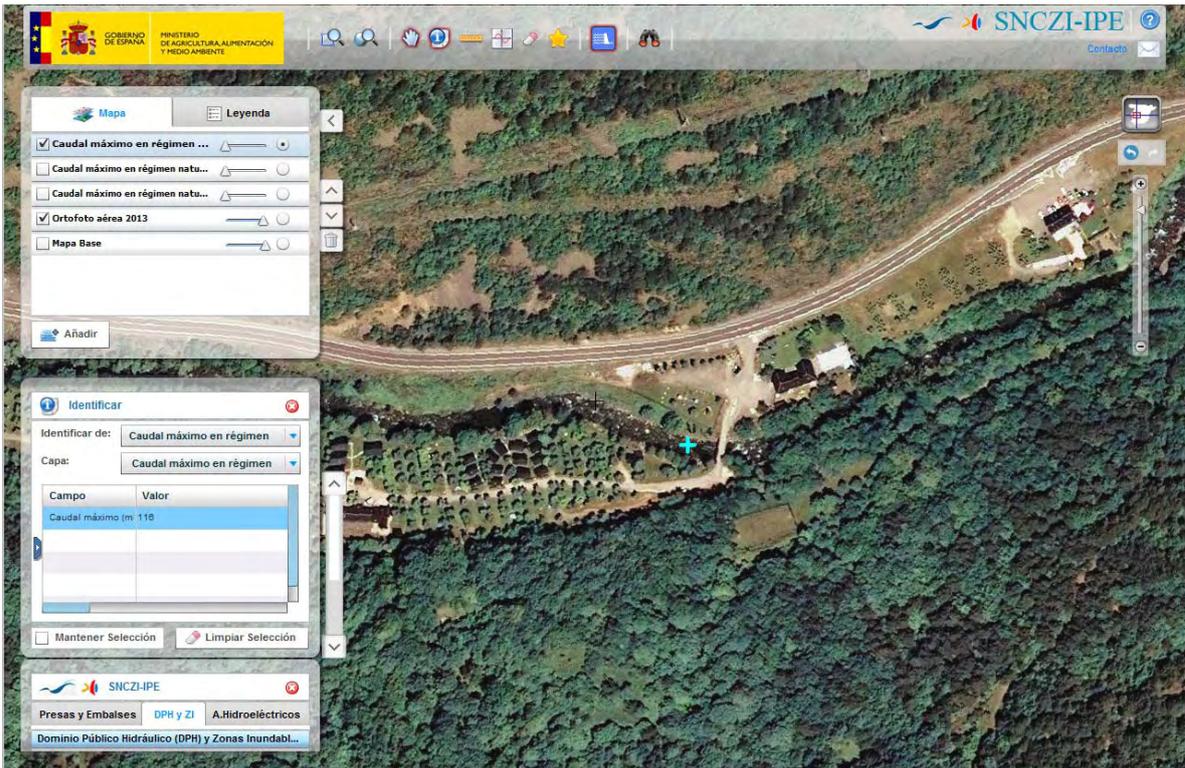
Con este levantamiento se ha procedido a realizar un modelo digital del terreno, incluyendo las edificaciones existentes (edificios, bungalows), que ha permitido realizar el modelo bidimensional mediante el software IBER, desarrollado por el grupo FLUMEN de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. En el Anejo núm. 2 se muestra el levantamiento realizado y, de forma adjunta a este documento, se acompaña un CD con la topografía en formato digital.

### 5. HIDROLOGIA. RÍO GARONA.

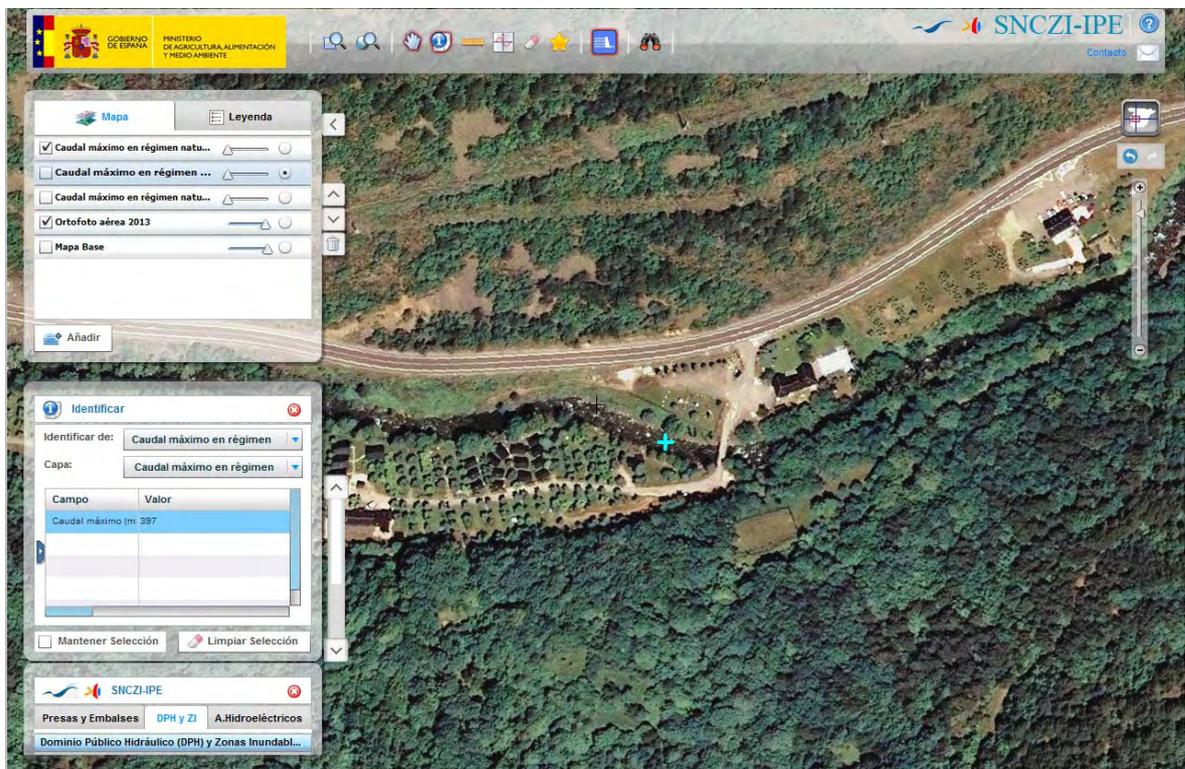
#### 5.1. Caudales considerados.

En base al *Mapa de inundación del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*, expuesto públicamente en la página web de la Confederación Hidrográfica del Ebro, <http://iber.chebro.es/geoportal/>, se adoptan los siguientes caudales de cálculo en régimen natural :

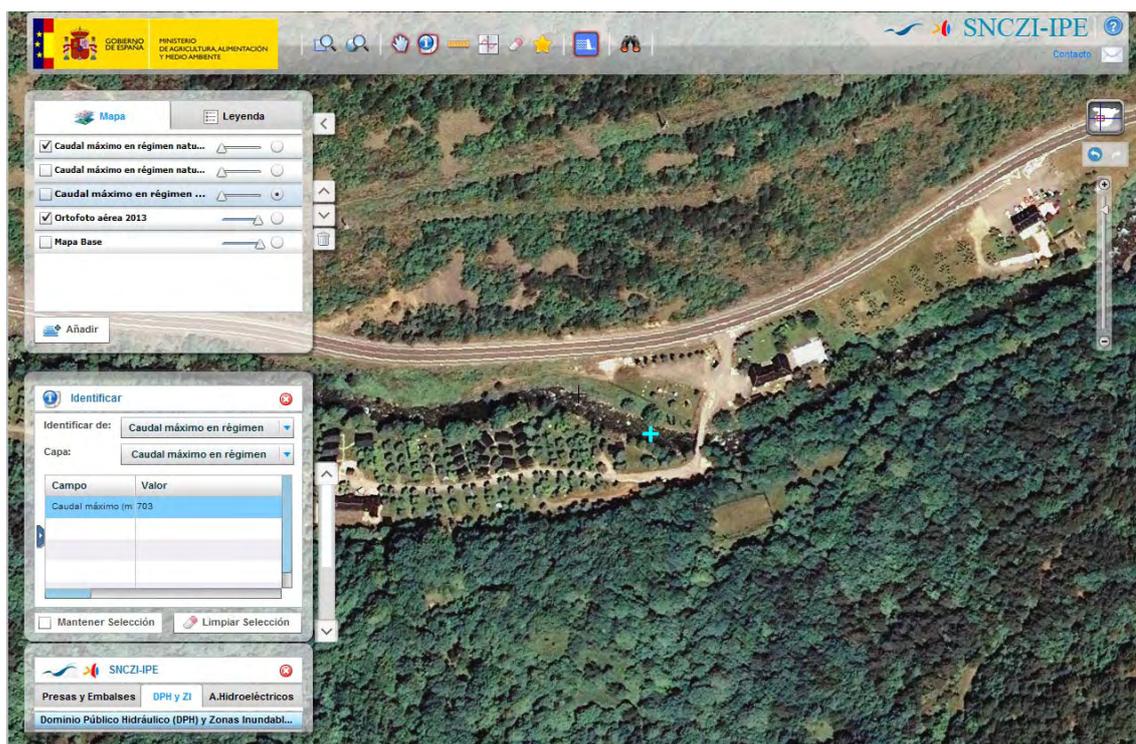
<b>Caudales de cálculo (m<sup>3</sup>/s)</b>		
<b>Río Garona</b>		
<b>Localización</b>	<b>T (anys)</b>	<b>Caudal (CAUMAX)</b>
Càmping Verneda	10	<b>116</b>
	100	<b>397</b>
	500	<b>703</b>



Valor del caudal de período de retorno de 10 años.



Valor del caudal de período de retorno de 100 años.



Valor del caudal de período de retorno de 500 años.

## 6. CONDICIONANTES PREVIOS.

### 6.1. Criterios técnicos.

Actualmente, el Real Decreto 9/2008, por el cual se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, en su punto número 5 expresa como en la zona de policía de 100 m de anchura, se condicionaran los usos del suelo y las actividades a desarrollar, quedando sujetos a las disposiciones del propio Reglamento :

- Las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno.
- Las extracciones de áridos.
- Las construcciones de cualquier tipo, con carácter definitivo o provisional.
- Cualquier otro uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de la masa del agua, del ecosistema acuático y del dominio público hidráulico.

El mismo punto número 5 del RD 9/2008, indica como la zona de policia puede ampliarse en las cuales se concentra preferentemente el flujo, con el fin de proteger el régimen de corrientes en episodios de avenidas y reducir el riesgo de producción de daños a personas y a bienes. Estas zonas se delimitan como la envolvente de las siguientes zonas :

Zona de “*vía de intenso desagüe*” por la cual pasa la avenida de período de retorno de 100 años, sin producir una sobrelevación superior a 30 cm respecto a la cota de la

lámina de agua que se produciría con la misma avenida considerando la anchura de inundación existente.

- a) Zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, se considera este hecho cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:
  - b.1) Que el calado sea superior a 1 m.
  - b.2) Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
  - b.3) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,50 m<sup>2</sup>/s.

Por otro lado la Agencia Catalana del Agua dispone actualmente de unos criterios (dados el 26 de mayo del 2014) para informar los Planes Especiales Urbanísticos para càmpings existentes que tramiten por la vía del convenio “Acuerdo de intenciones, acciones y metodología en relación a la resolución de la problemática de los càmpings de Lleida situados en zona inundable” suscrito entre cuatro direcciones generales de la Generalitat y la Asociación de Càmpings de la provincia de Lleida. Estos criterios desarrollan los usos admisibles en la zona de flujo preferente y en la zona de policía en función de la inundabilidad y su grado de peligrosidad, siempre y cuando vayan acompañados por las medidas de protección de riesgo pertinentes recogidas en un Plan de Autoprotección que habrá de estar validado por la Dirección General de Protecció Civil. Resumidamente estos criterios son:

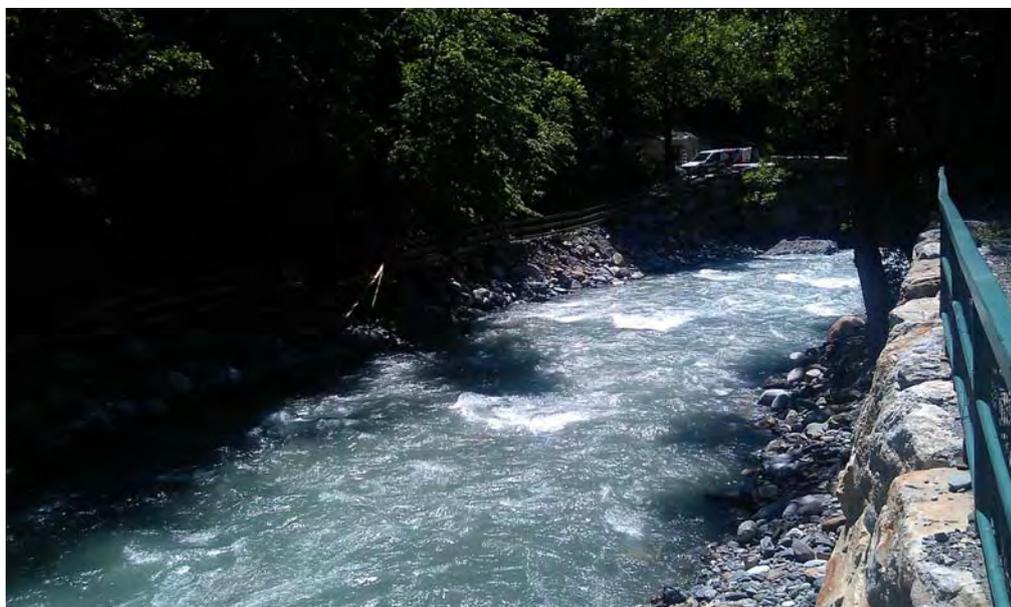
- 1) Zona de flujo preferente para el período de retorno de 100 años. Como criterio general, no puede haber ninguna estructura fija, ni edificaciones, ni bungalows, ni mobile-homes, con menos de 15 años desde su construcción. Se admiten tiendas de campaña si el instrumento de gestión del riesgo prevé la evacuación de la gente durante el episodio de avenidas. Se adminten caravanas y vehículos si el instrumento de gestión del riesgo prevé su evacuación. Esto ha de permitir desarrollar una actividad no vulnerable y no disminuir la capacidad de desagüe.
- 2) Zona inundable para el período de retorno de 100 años, pero fuera de la zona del flujo preferente. Se mantienen las mismas restricciones que en la zona de flujo preferente, pero se admiten caravanas y autocaravanas si se justifica que no supondrán afección a terceros y que no se movilizarán hacia zona de flujo preferente.
- 3) Zona inundable para el período de retorno de 500 años. En función de la peligrosidad :
  - a) Grave: las mismas restricciones que para la zona inundable de 100 años de período de retorno fuera del flujo preferente. Las estructuras fijas con más de 15 años de antigüedad quedan “a precario”.
  - b) Moderada: no se aplica ninguna restricción a edificaciones (excepto que sean viviendas permanentes).
  - c) Leve: no se aplica ninguna restricción a edificaciones u ocupaciones.

## 6.2. Situación de la zona de estudio en estado actual.

A partir de la consulta del plano adjunto del anejo núm. 2 “Topográfico”, a continuación se resume la configuración topográfica del terreno y de la zona de ubicación del càmping :

- a) Entre el p.k. 0+000 y el p.k. 0+160 el río Garona dicurre encajonado entre el talud natural del margen izquierdo y el talud del margen derecho, en el cual se ubica el edificio de recepción y la piscina. Es en este tramo que el talud se encuentra protegido con piedra de escollera en una longitud de 51 m.

La anchura del cauce es aproximadamente 16 m, con taludes de alturas de 7 m en el margen derecho, llegando a 9 m en alguna zona. En el margen izquierdo las alturas son superiores a las anteriores.



*Vista de tramo p.k. 0+000 a p.k.0+160, protección con escollera en margen derecho*

- b) En el p.k. 0+170 se encuentra el puente del camino de acceso a la zona de acampada, ejecutado con una sección losa de hormigón de 60 cm de canto. Cuenta con una plataforma de 3,60 m para el tráfico rodado y peatones. Los estribos se cimientan directamente sobre el substrato rocoso (pizarras) y las aletas de entrada y salida del margen izquierdo se han ejecutado con piedra de escollera. En el margen derecho las aletas son de hormigón in situ.



*Vista de puente de acceso con luz de 14m y altura libre 4,90 m.*

- c) A partir del p.k. 0+170 y, hasta el p.k. 0+448, el margen izquierdo sobre el cual se sitúa la zona de bungalows y acampada se encuentra protegida con un muro de piedra de escollera de 310 m de longitud, con alturas de 4,70 m (a la salida del puente), descendiendo a 3 m en la zona ocupada actualmente por los bungalows (p.k. 0+280 a p.k. 0+320) y aumentando gradualmente hasta 5 m en la parte final de la escollera (p.k. 0+448).



*Vista de protección de margen izquierdo con escollera desde zona de bungalows  
(p.k.0+2805)*

- d) Finalmente, respecto a la zona de acampada y bungalows, en la llanura lateral izquierda, presenta una cierta inclinación transversal perpendicular al eje de río, variable entre un 2,70% en la zona de bungalows y un 1,5% aguas abajo de los mismos.

Cabe destacar como, en la mayor parte de la zona de acampada (exceptuando la zona a la salida del puente y el tramo final de unos 70 m) , la anchura de la llanura lateral supera claramente los 50 m.



*Vista general de zona de acampada.*

De forma previa y sin la realización de un análisis, desde un punto de vista hidráulico, la inspección visual del càmping permite entrever diferentes puntos críticos :

- 1) El río Garona presenta un tramo sinuoso entre el p.k. 0+120 (a la altura del edificio de recepción) y el p.k. 0+340 (a la salida de la zona de bungalows).
- 2) El puente existente, a pesar de disponer de una luz de 13.60 m y una altura libre considerable (alrededor de 5 m), está situado en el tramo sinuoso en medio de una curva, de forma que en el exterior de la misma se situa, aguas abajo la zona de acampada.
- 3) La anchura del cauce principal es variable según el tramo, con valores entre 12 m (en zona del puente y tramos inicial y final) y 18 m (en la zona de bungalows, p.k. 0+280 a p.k. 0+320).

Así pues, para valores de caudales ordinarios (períodos de retorno cercanos a 10 años), no se intuyen problemas de desbordamiento del cauce, atendiendo especialmente a su elevada pendiente (próxima al 2%) y la ausencia de vegetación del río en el tramo del càmping. Para caudales más elevados (superiores a períodos de retorno de 50-100 años), se intuye desbordamientos en las zonas más estrechas del cauce ya mencionadas. A la salida del puente,

se intuye como el caudal que puede producir el desbordamiento podría ser elevado (período de retorno de 100 años) ya que en esta zona se dispone de una altura de protección considerable (4,70 m).

En estas condiciones, se procede a realizar la modelización hidráulica del río Garona para los caudales de período de retorno de 10, 100 y 500 años y, así tener las herramientas necesarias para que el desarrollo del Plan Especial Urbanístico pueda prever una zonificación y una propuesta de usos en la zona del càmping.

## **7. CÁLCULOS HIDRÁULICOS CON EL MODELO BIDIMENSIONAL IBER.**

### **7.1. Geometrías de trabajo y principales parámetros.**

De acuerdo con el Anejo núm. 3 : Descripción del modelo bidimensional IBER, las hipótesis básicas del modelo y el método de cálculo que gobierna el problema hidráulico para la determinación de los niveles de agua asociados a cada caudal, son las siguientes :

- a) Flujo estacionario, no hay variación del calado o velocidad en el tiempo.
- b) Flujo gradualmente variado, distribución hidrostática de presiones.
- c) Flujo bidimensional.
- d) Contornos rígidos, no se consideran erosiones o sedimentaciones en el cauce.

El modelo geométrico del tramo de río Garona estudiado se ha constituido introduciendo una triangulación topográfica definitoria del terreno, ya sea en la situación actual como en la modificada que se propone. En cualquiera de los dos casos, se introducen también las edificaciones así como los muros existentes.

La longitud total de análisis hidráulico és de aproximadamente 790 m, de forma que se ha procurado mantener los puntos de inicio y final del estudio hidráulico distanciados aproximadamente 100 m para que las condiciones de contorno no alteren el modelo hidráulico en el ámbito del càmping (del p.k. 0+080 al p.k. 0+660 del plano adjunto núm. 3). La longitud, según eje de río, del tramo por el cual el càmping se situa en las planas laterales del río Garona es de unos 580 m.

Se consideran dos geometrías de cálculo:

- 1) *Geometría original*, en estado actual.
- 2) *Geometría modificada*, suponiendo un recrecimiento con tierras en la zona más alejada del río tocando al talud natural, entre los p.k.'s 0+400 y 0+520 aproximadamente y con una longitud de 120 m y una anchura promedio de unos 25 m, con la idea de su aprovechamiento para ubicar una zona de bungalows.

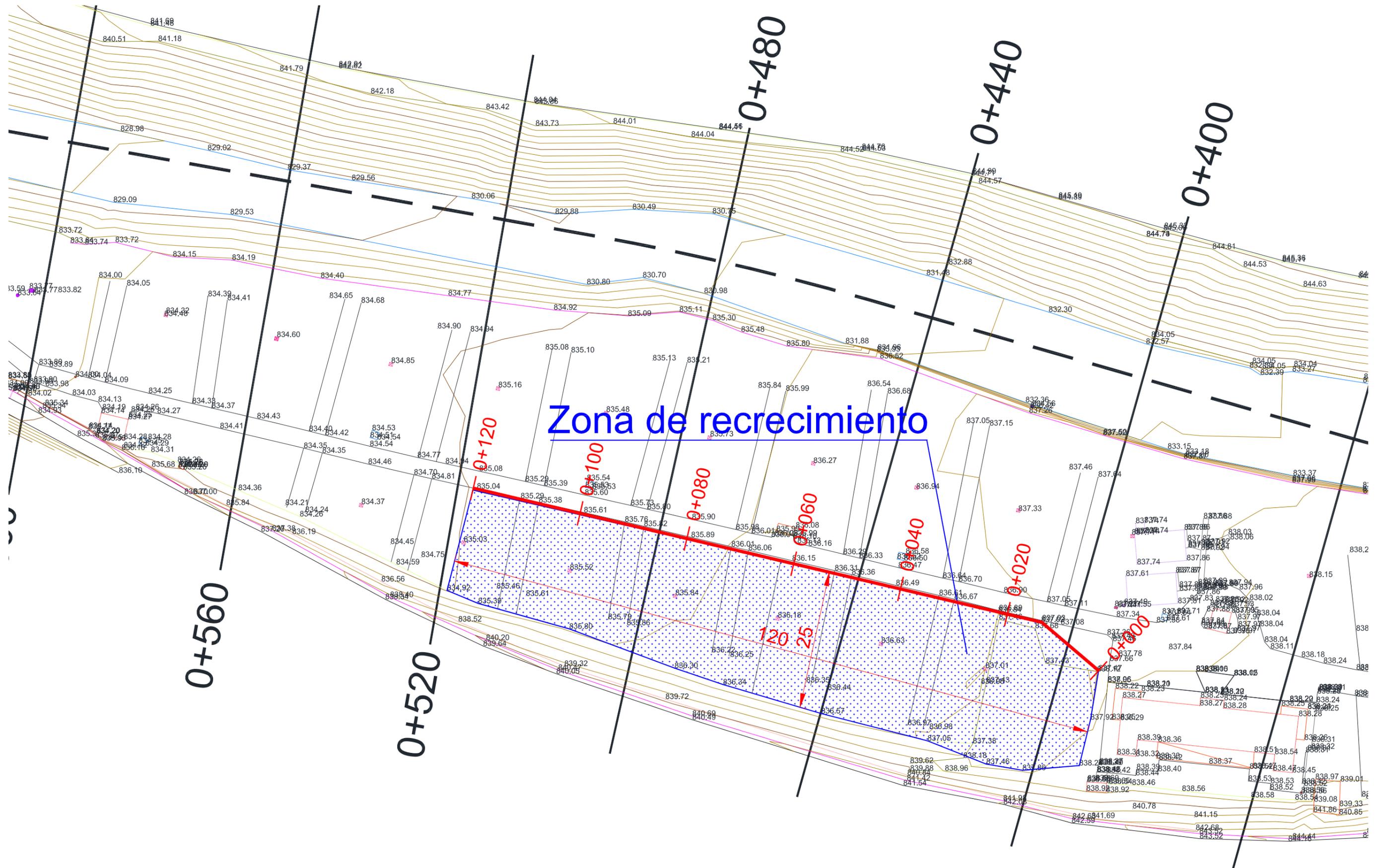


*Vista de zona de recrecimiento con tierras.*

La figura de la página siguiente muestra la ubicación de esta actuación propuesta, se indican la anchura y la longitud del recrecimiento.

Respecto al coeficiente de Manning, varía según las zonas con diferentes características, pero generalmente se simplifica a unos cuantos valores. En el caso que nos ocupa, atendiendo a la escas vegetación presente en el tramo de estudio, se considera en todo el ámbito un valor de **n=0.045** para el coeficiente de Manning. Este valor es superior a los valores propuestos en la publicación “Hidráulica de Canales Abiertos” de Ven Te Chow, páginas 108 a 111, en el cual considera :

- Canal excavado o dragado, sin vegetación : 0.033 (valor máximo).
- Planicie de inundación con pasto corto : 0.035 (valor máximo).

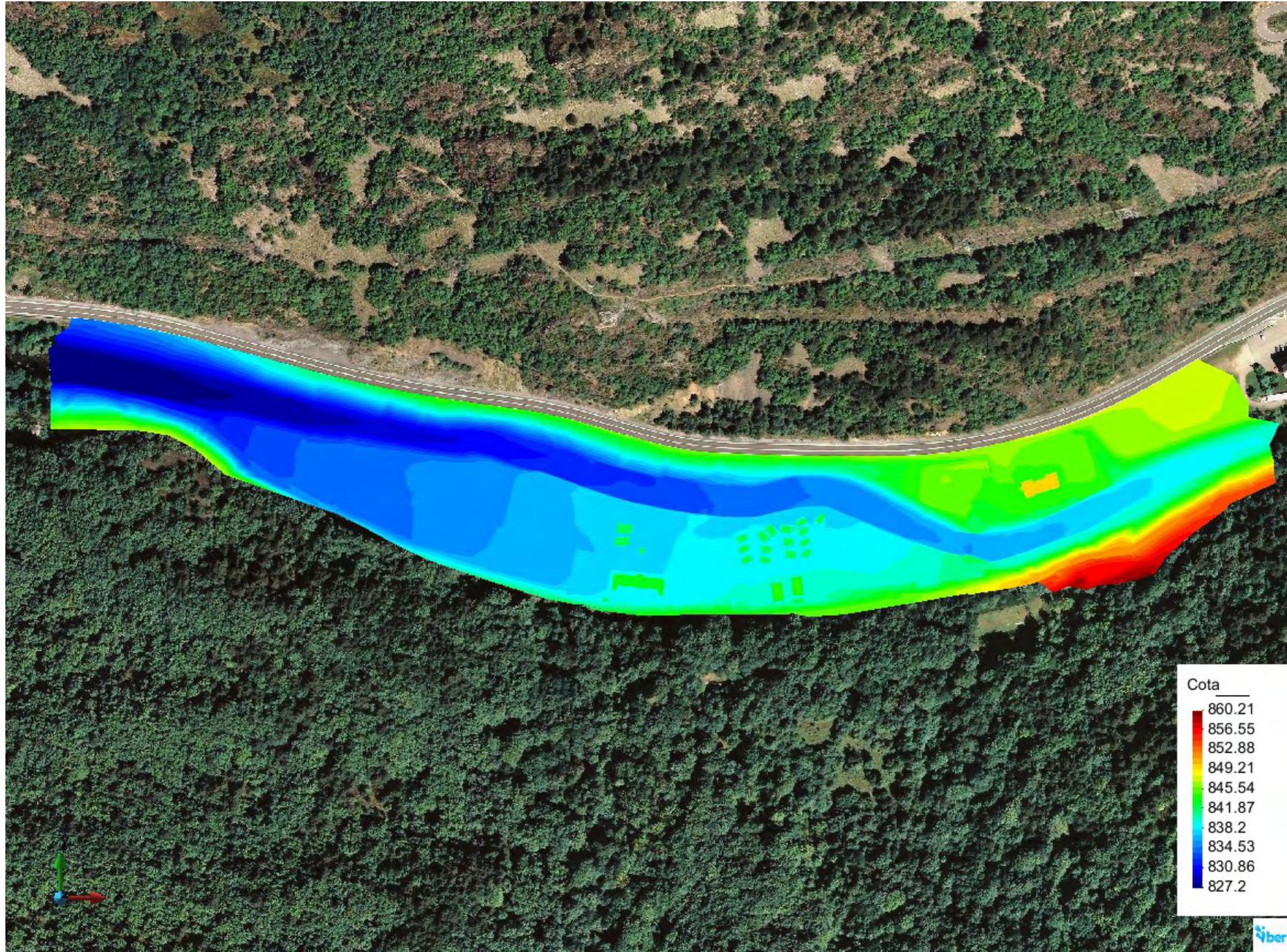


Vista de propuesta de recrecimiento para ubicación de bungalows

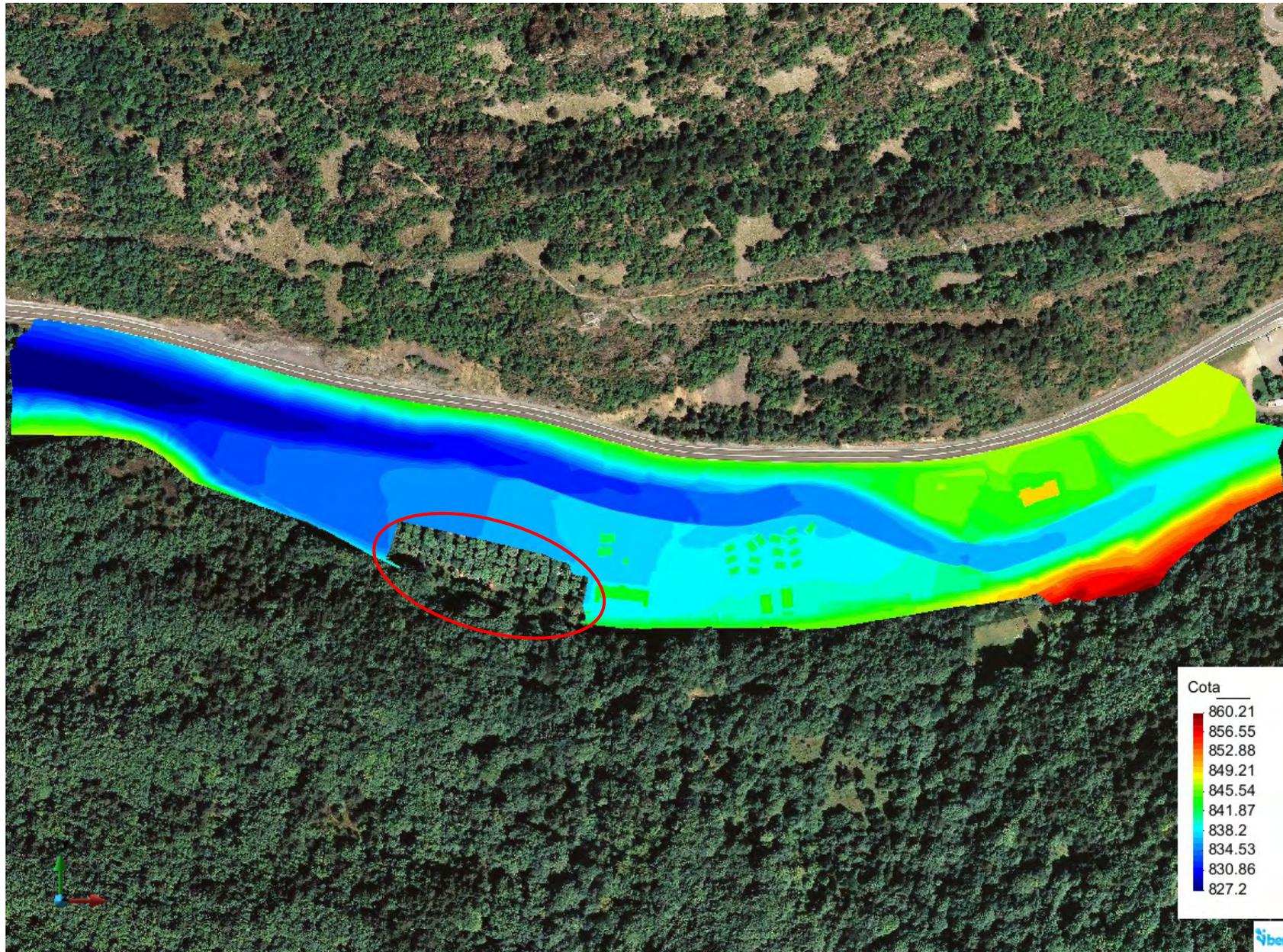
## **7.2. Topografía y malla de cálculo.**

De acuerdo con el Anejo núm. 3 : Descripción del modelo bidimensional IBER, se realiza un modelo digital del terreno, en cada geometría considerada, con el fin de realizar un cálculo bidimensional del flujo en lámina libre y régimen permanente, tal como se muestra en las figuras de las páginas siguientes. A partir del modelo del terreno y, con la ayuda del sistema IBER, se introducen las variables hidráulicas principales como son la rugosidad y las diferentes condiciones de contorno y condiciones iniciales.

En las siguientes figuras se muestra la topografía introducida en el modelo bidimensional IBER en la situación original y en la propuesta modificada.



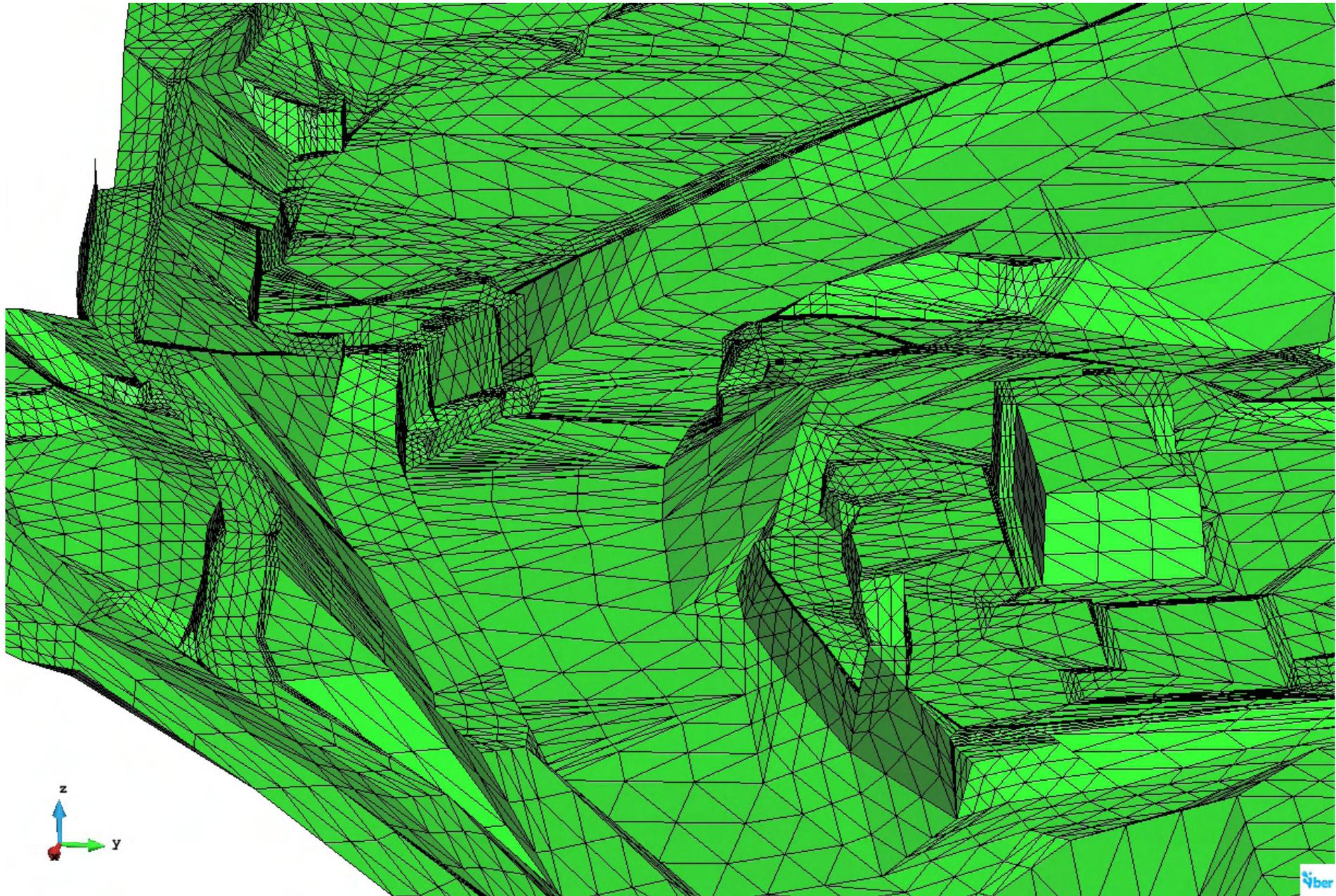
Topografía de la zona de estudio en geometría original



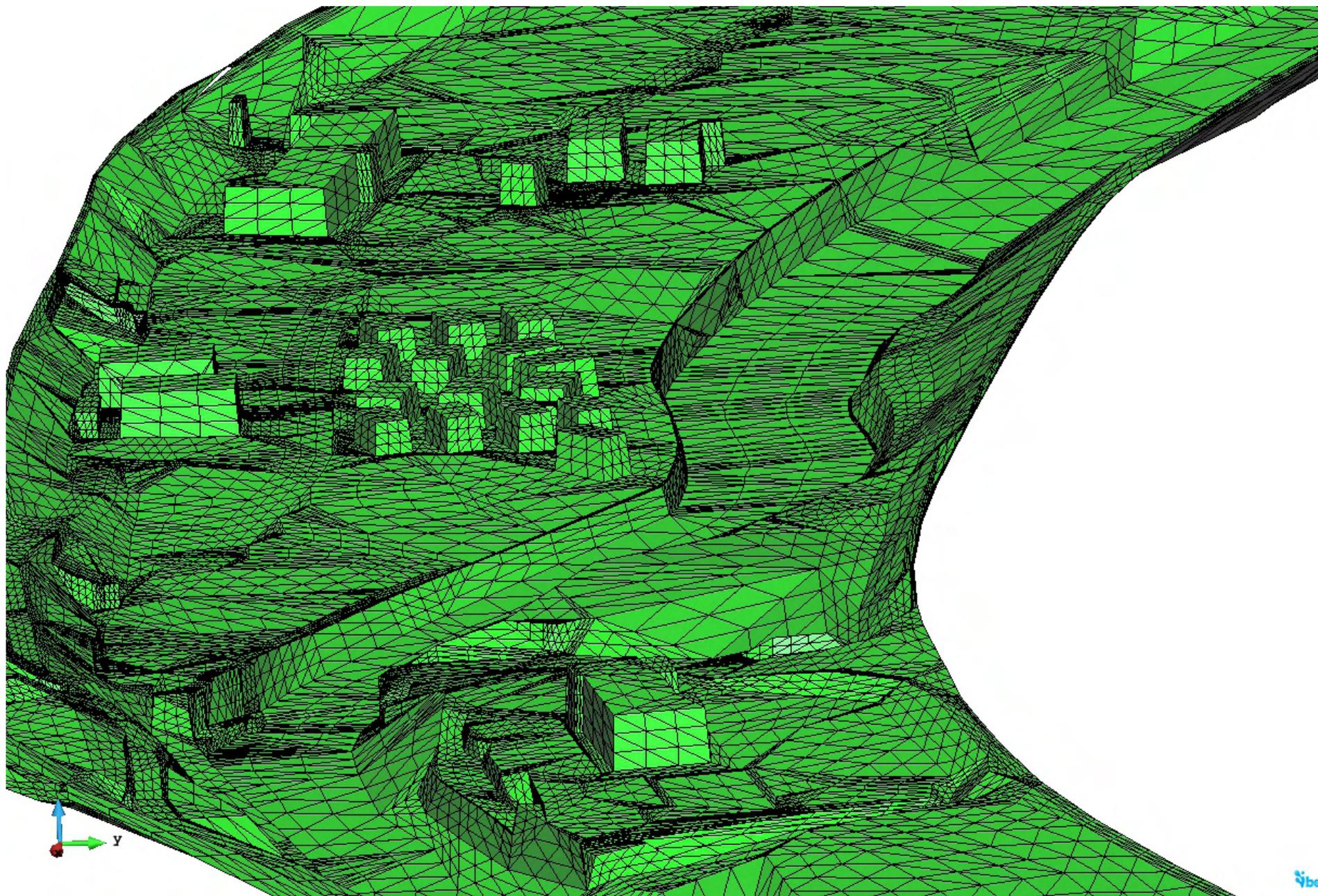
Topografía de la zona de estudio en geometría modificada (se aprecia la eliminación de la triangulación en la zona a recrear, de forma que el modelo hidráulico bidimensional calculará la cota en esta zona como si hubiese una pared vertical)



*Malla de cálculo para la discretización bidimensional de la zona de estudio en situación original.*



*Vista tridimensional del modelo IBER del ojo del puente de acceso a la zona de acampada y el edificio de recepción en margen derecho*



Vista tridimensional del modelo IBER del cauce principal y de la zona de acmpada, edificios de servicios y bungalows del marge izquierdo

### 7.3. Condiciones iniciales y de contorno.

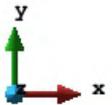
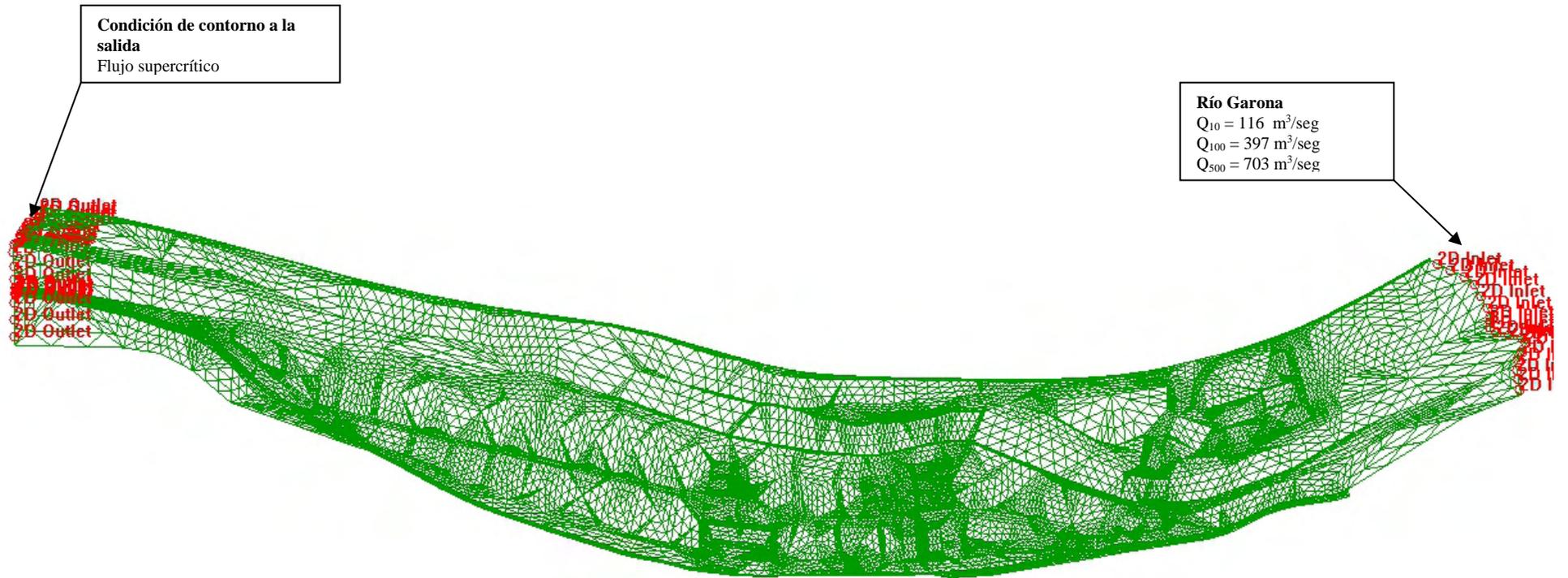
En la modelación bidimensional, como condición inicial, es necesario imponer en cada elemento de volumen, el calado (o alternativamente la cota de lámina de agua) y las dos componentes de la velocidad. El modelo permite comenzar el cálculo con todo el dominio, o bien una parte de él, seco. Para los elementos secos el valor del calado y de las componentes de la velocidad son nulos. En el caso que nos ocupa, se han considerado todos los elementos secos como condición inicial.

En la siguiente tabla se resumen todas las condiciones de contorno que se pueden entrar en el modleo. Se pueden imponer diferentes condiciones de contorno variables como hidrogramas de entrada o niveles de agua variables a la salida. En el caso que nos ocupa, se impone la entrada de tres caudales constantes (caudales punta), al no disponer de los hidrogramas.

Extremo	Régimen hidráulico	Condición impuesta
Entrada	Rápido	1a. Calado y componentes de la velocidad según las direcciones normal y tangente al contorno. 1b. Calado y caudal específico según las direcciones normal y tangente al contorno.
	Lento	2a. Calado y componentes de la velocidad según las direcciones normal y tangente al contorno. 2b. Caudal específico según las direcciones normal y tangente al contorno.
Sortida	Lento	3a. Calado 3c. Caudal específico normal al contorno 3d. Vertedero
	Rápido	
Pared material en el resto del contorno de la zona estudiada		

La siguiente figura muestra la condiciones de contorno impuestas :

- a) Condiciones de entrada, “2D Inlet”, entrada de caudales, en régimen lento, se impone el caudal total.
- b) Condiciones de salida, “2D Outlet”, en régimen rápido, calado crítico simulando el vertido hacia el cauce principal y las planicies de inundación de aguas abajo.



Condiciones de contorno de entrada y salida

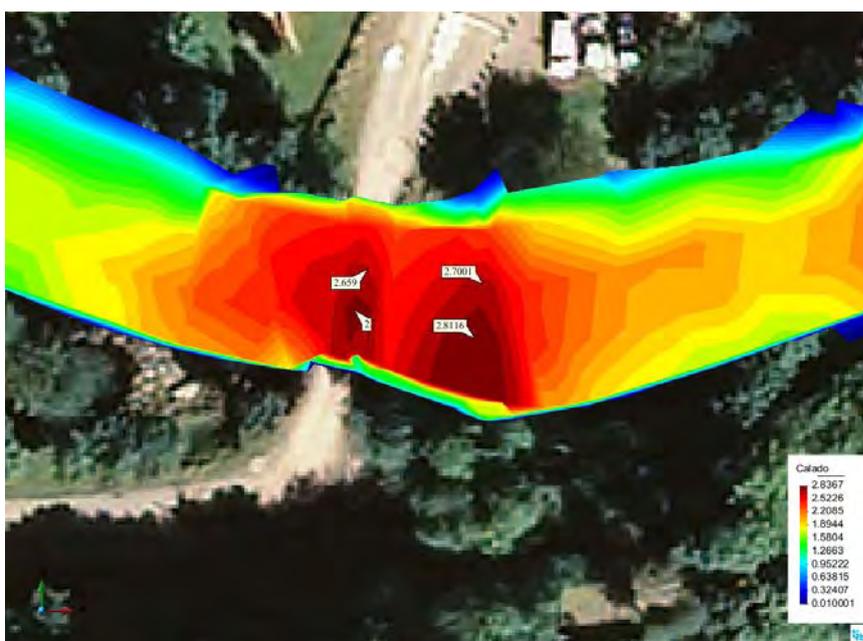
#### 7.4. Resultados generales obtenidos en situación actual.

Una vez conocidos el caudal de avenida y obtenida la topografía y las características hidráulicas (condiciones de contorno, condiciones internas y rugosidades) que describen el ámbito de estudio, el programa IBER determina de forma bidimensional en cada punto, parámetros como la altura y la velocidad de la lámina de agua, el número de Froude y el riesgo asociado a cada caudal.

$T=10$  años ( $Q=116$  m<sup>3</sup>/seg)

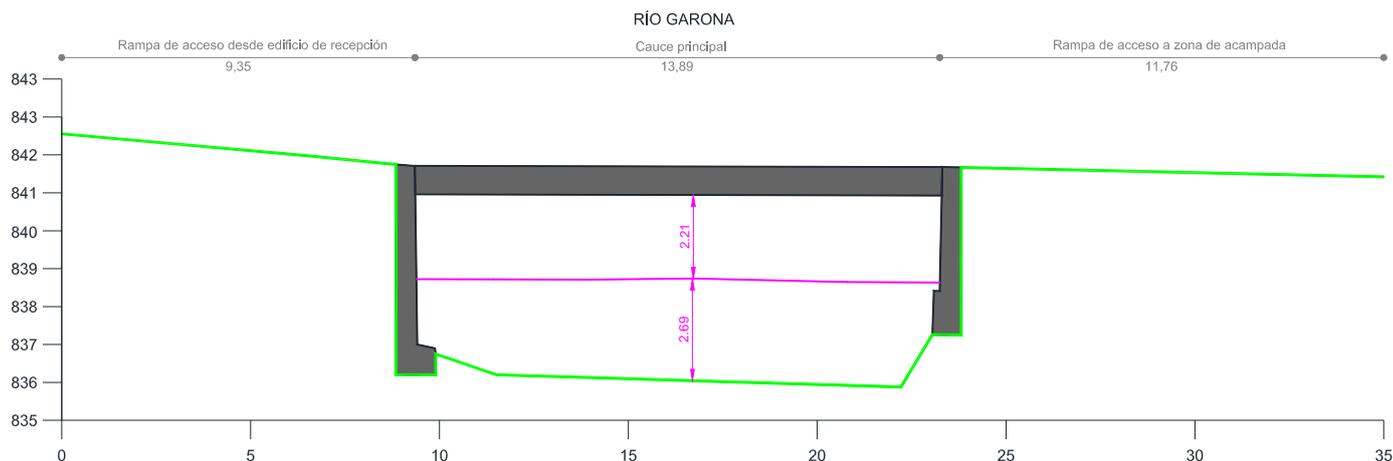
Tal como se muestra en el plano adjunto núm. 3.1, en la situación original los caudales circulan completamente por dentro del cauce principal, sin producirse ningún desbordamiento hacia la llanura de inundación izquierda donde se sitúa la zona de acampada.

En la zona del puente existente, se dan calados aproximados de 2,70 m, inferiores a la altura libre máxima del ojo del puente, aproximadamente 5,00 m.



Planta de calados ( $T=10$  años) en zona de puente de acceso a la zona de acampada

## P.K. 0+174 (localización de puente actual)



*Perfil transversal por puente actual y lámina de agua para el período de retorno de 10 años*

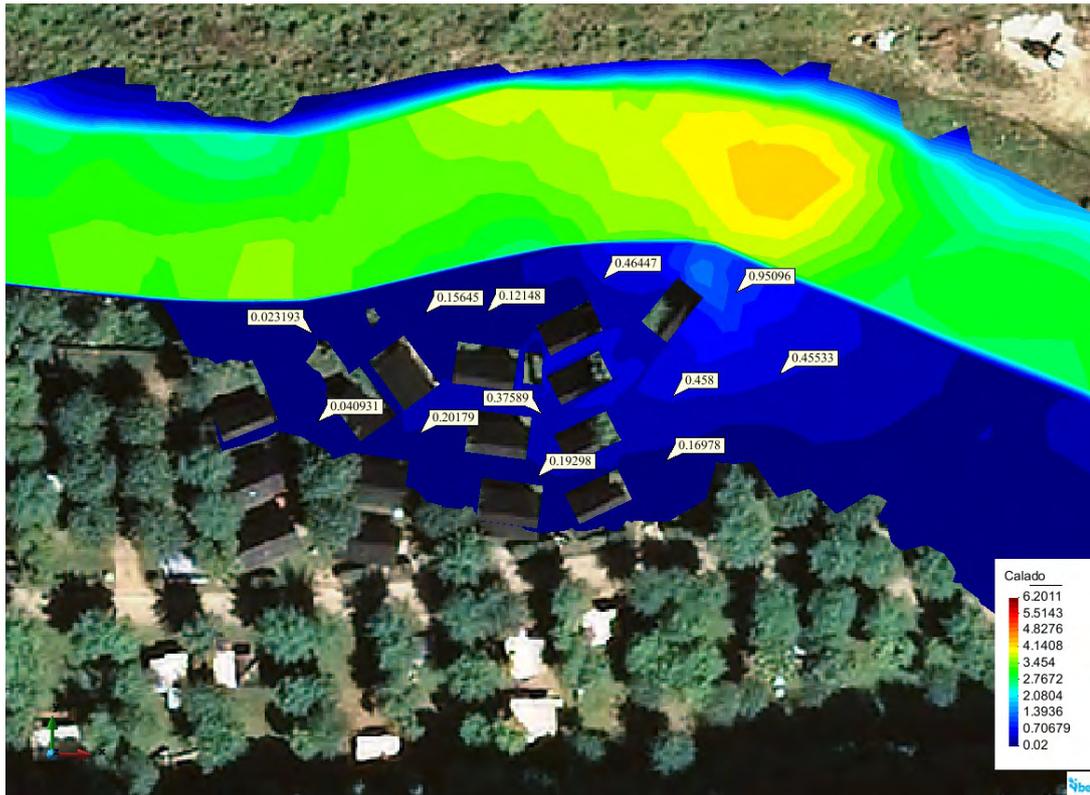
$T=100$  años ( $Q=397$  m<sup>3</sup>/seg)

Tal como se muestra en el plano adjunto núm. 3.2, en la situación original se produce un desbordamiento generalizado en el margen izquierdo, entre el p.k. 0+160 y el p.k. 0+320 y un pequeño desbordamiento entorno del p.k. 0+480.

Este desbordamiento realmente se inicia en el p.k. 0+160 (aguas arriba del puente existente) y, en alcanzar la cota del camino de entrada, circula hacia el interior del càmping. Pero estos caudales derivados se añaden a los derivados en un segundo desbordamiento que se produce a la altura aproximada del p.k. 0+240. Como consecuencia se inunda el vial de entrada al càmping y las parcelas destinadas a 9 de los 15 bungalows existentes más cercanos al río.

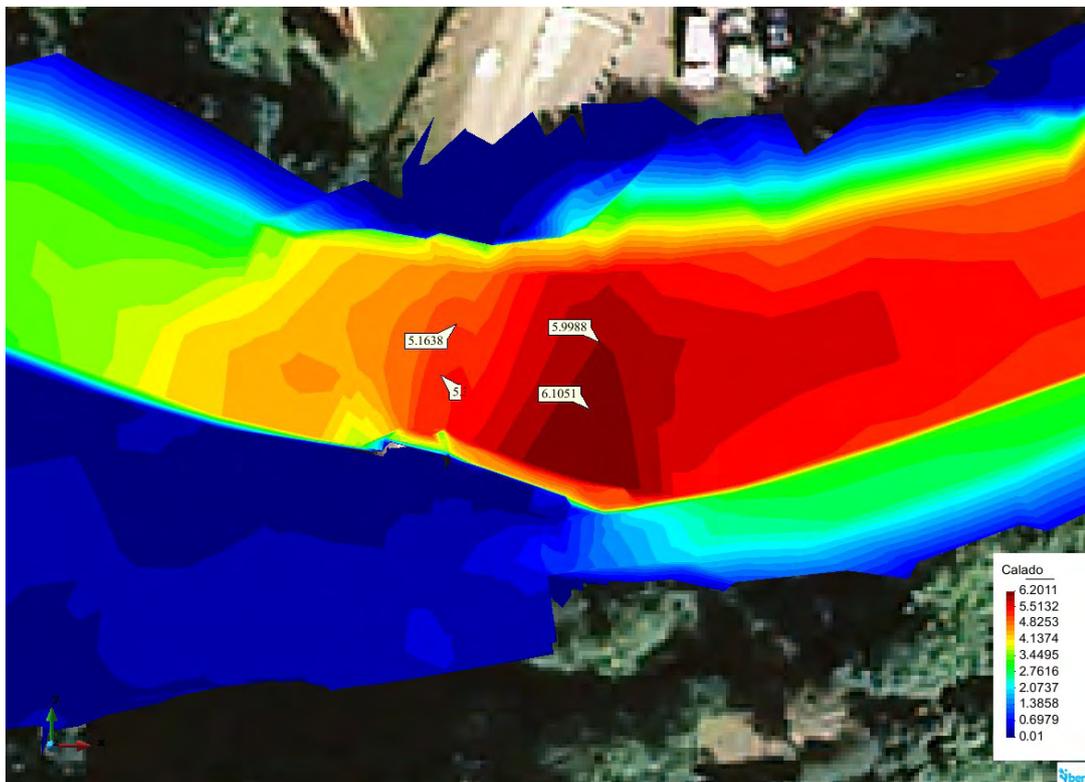
La siguiente figura muestra diversos valores de calados en la zona de ubicación de los bungalows. Se destacan dos valores :

- El calado máximo en el cauce principal, 4.30 m.
- El calado máximo en el interior de la zona de bungalows es inferior a 0.40 m.



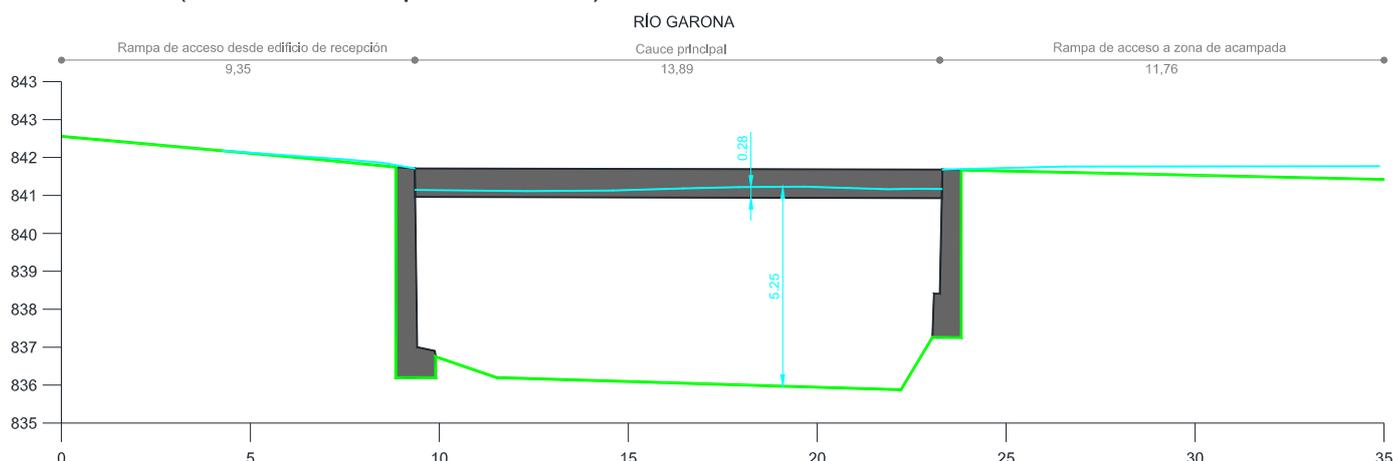
Planta de calados ( $T=100$  años) en zona de bungalows existentes

En la zona del puente existente, se dan calados aproximados de 5.25 m, de forma que se produce una intercepción máxima del tablero del puente de uns 28 cm y además un pequeño flujo de agua procedente de aguas arriba, sobre los viales de acceso al puente.



Planta de calados ( $T=100$  años) en zona de puente de acceso a la zona de acampada

## P.K. 0+174 (localización de puente actual)



Perfil transversal por puente actual y lámina de agua para el período de retorno de 100 años

Finalmente, como se comprueba en el plano adjunto núm. 3.3, la zona de flujo preferente se sitúa en el cauce principal, a excepción del tramo de río situado entre el p.k. 0+160 y el p.k. 0+280, en el cual ocupa una parte del vial de acceso a la zona de acampada y una parte de zona verde. También se detecta una pequeña superficie en la zona de bungalows más cercana al río. La zona prevista para recrecer, mencionada anteriormente, está claramente fuera de la zona de inundación de período de retorno de 100 años y de la zona de flujo preferente tal y como se muestra en los planos núm. 3.2 y núm. 3.3.

$T=500$  años ( $Q=703$  m<sup>3</sup>/seg)

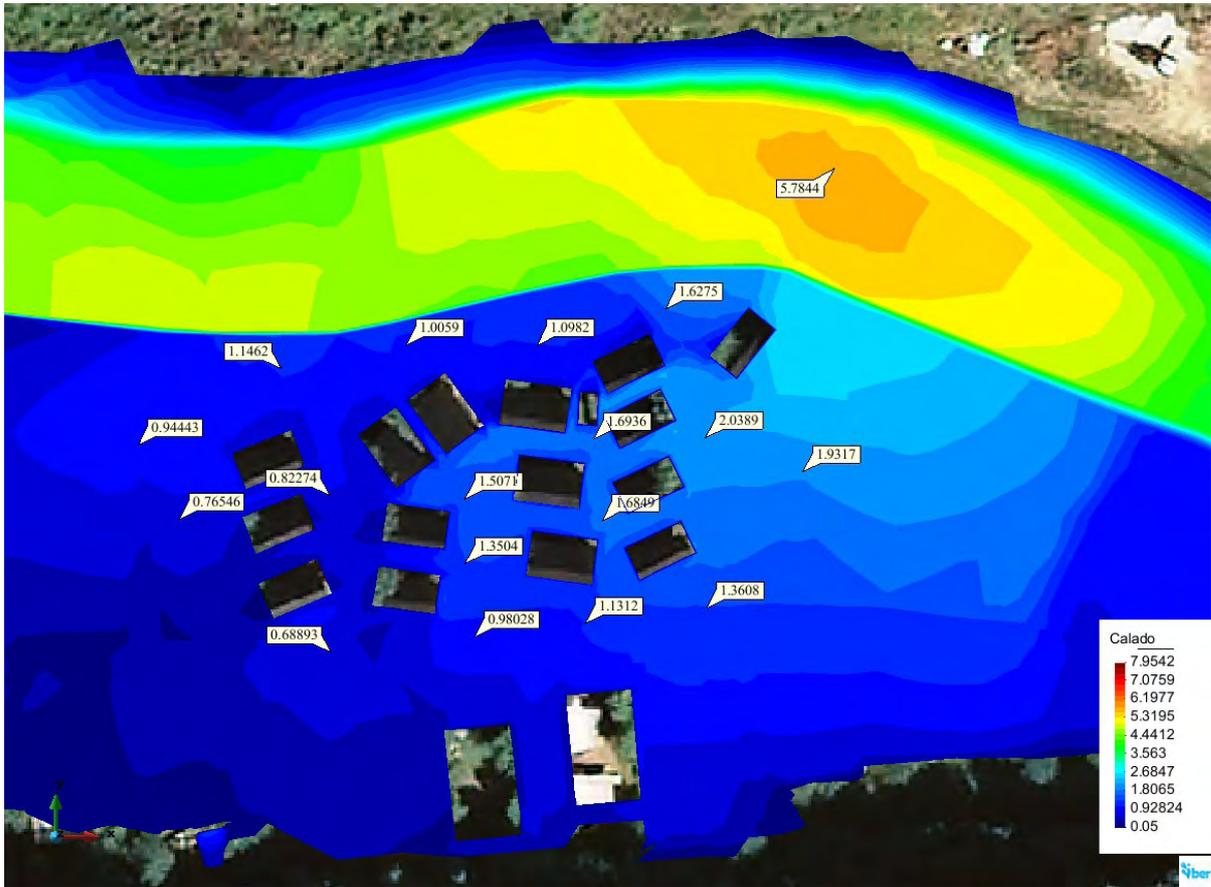
Tal como se muestra en el plano adjunto núm. 3.4, en la situación original se produce un desbordamiento generalizado en el margen izquierdo del río Garona, ocupando la mayor parte de la zona de acampada.

Este desbordamiento se inicia también en el p.k. 0+160 (aguas arriba del puente existente) y, en alcanzar la cota del camino de entrada, circula hacia el interior del càmping, inundando la llanura del margen izquierdo. Como se comprueba en el plano adjunto núm. 3.5, la zona prevista para recrecer, mencionada anteriormente, aunque se sitúa en zona inundable de período de retorno de 500 años, se plantea en una zona de calados inferiores a 40 cm.

A partir del plano de peligrosidad con los criterios definidos anteriormente, núm.3.6, la inundación se considera “grave” en la mayor parte del margen izquierdo de inundación, si bien cabe destacar como una parte de esta zona de inundación grave se debe al criterio de velocidad ( $V>1$  m/s), ya que como se ha mencionado anteriormente una parte importante de la zona inundable, lo es con calados inferiores a 40 cm.

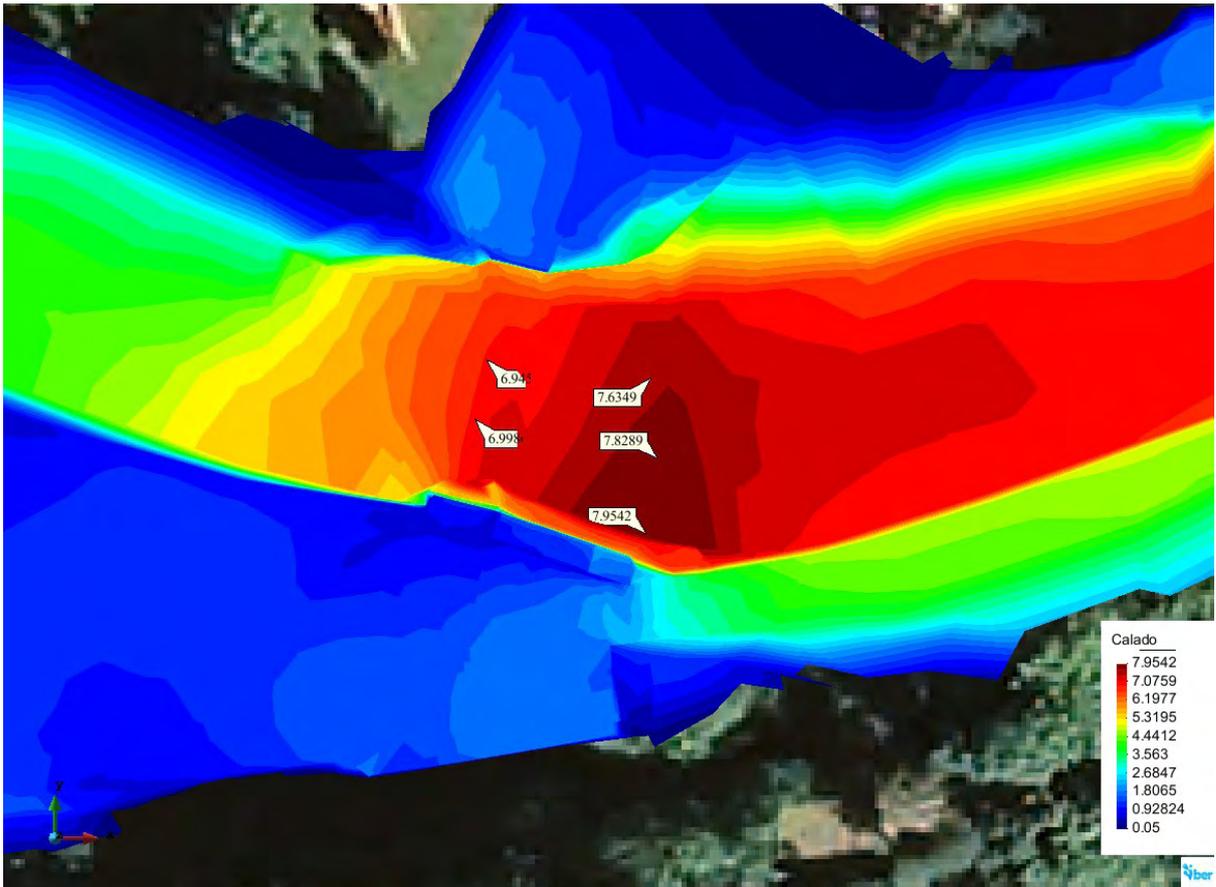
La siguiente figura muestra diversos valores de calados en la zona de ubicación de los bungalows. Se destacan dos valores :

- a) El calado máximo en el cauce principal en esta zona, 5.78 m.
- b) El calado máximo en el interior de la zona de bungalows es inferior a 1.70 m.



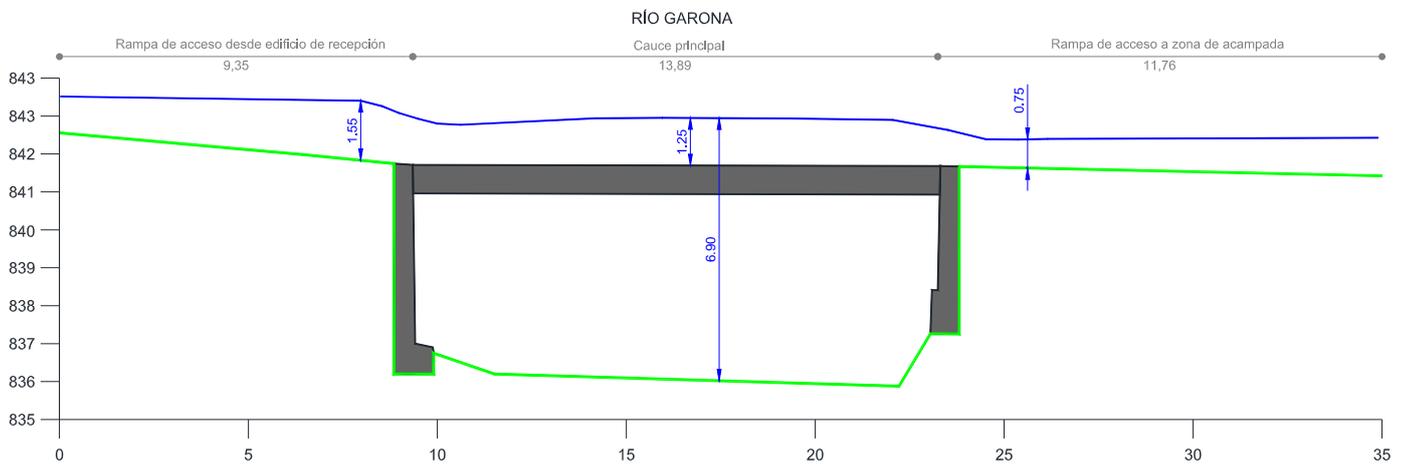
Planta de calados ( $T=500$  años) en zona de bungalows existentes

En la zona del puente existente, se dan calados aproximados de 6.90 m, de forma que se produce un rebose superior del puente de valor aproximado 1.25 m. Además los flujos laterales al puente producen calados de valor 1.55 m y 0.75 m, respectivamente en las rampas de acceso del margen derecho e izquierdo.



Planta de calados ( $T=500$  años) en zona de puente de acceso a la zona de acampada

P.K. 0+174 (localización de puente actual)



Perfil transversal por puente actual y lámina de agua para el período de retorno de 500 años

### 7.5. Resultados generales obtenidos en situación modificada propuesta.

Atendiendo al hecho de que la zona propuesta para el recrecimiento se sitúa fuera de la zona de inundación de períodos de retorno de 10 y 100 años, se analiza únicamente el caso correspondiente al período de retorno de 500 años.

*T=500 años (Q=703 m<sup>3</sup>/seg)*

Tal como se muestra en los planos adjuntos núm. 3.7 y núm. 3.9, en la situación propuesta modificada, se produce igualmente la inundación del margen izquierdo del río Garona en la zona de acampada. Como diferencia principal con la situación original aparece el incremento de calados en diferentes zonas del margen izquierdo por la reducción de sección transversal en la llanura de inundación, tal y como muestra la figura de la página siguiente. Cabe destacar como este incremento de calados es mayoritariamente inferior a 10 cms (color amarillo de la figura) y, únicamente, en 3 zonas puntuales, se alcanzan valores de sobrelevaciones entre 20 y 29 cm (color rojo de la figura), especialmente en la parte inicial Oeste del recrecimiento propuesto.

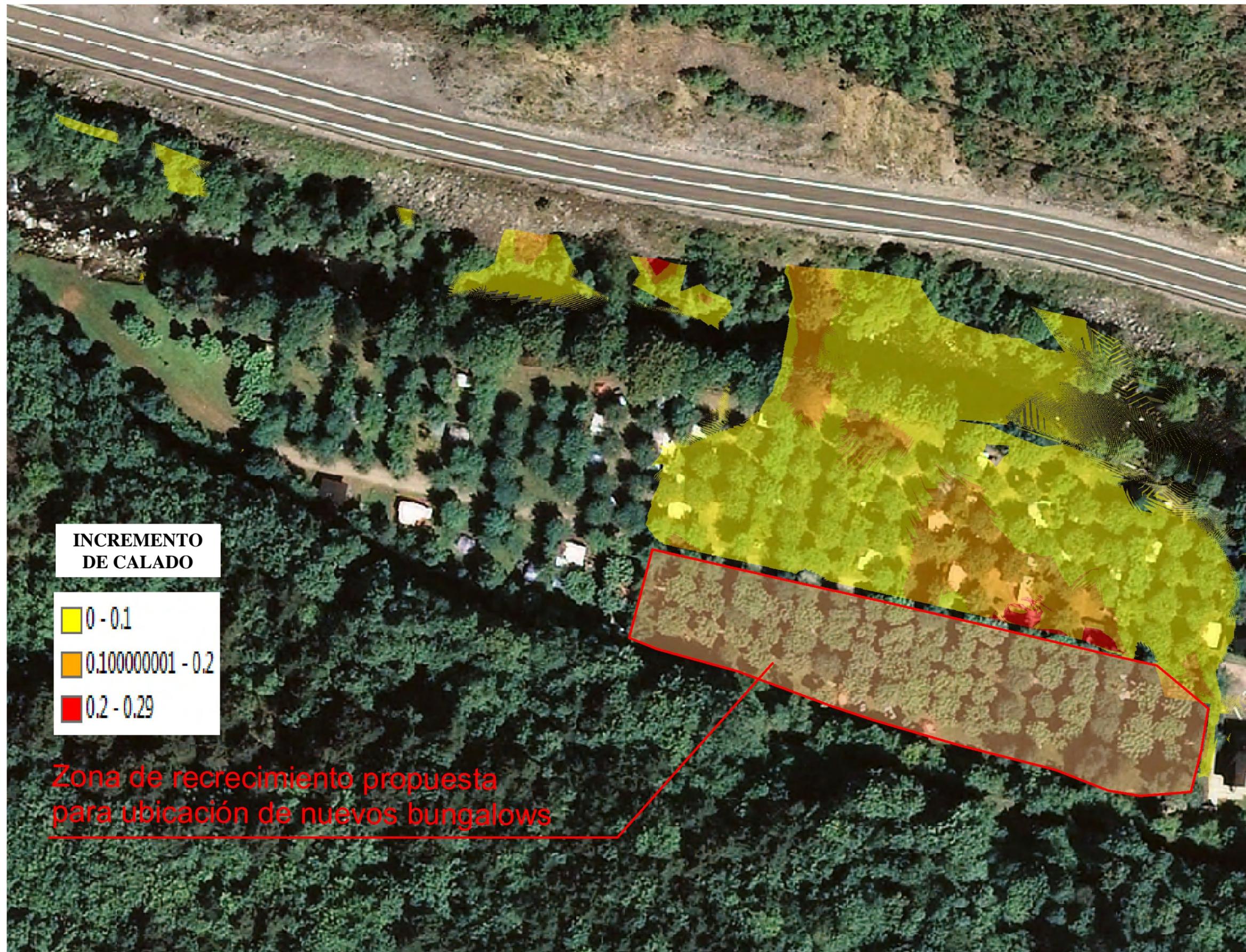
Por otro lado, el plano adjunto núm. 3.8, muestra la planta acotada según un eje exterior, del recrecimiento propuesto y un perfil longitudinal de dicho eje, en el que se indican las rasantes del terreno actual, del terreno recrecido propuesto y de las láminas de agua para el período de retorno de 500 años, en ambas situaciones (original y modificada con el recrecimiento).

Asimismo se indican 7 puntos que definen la rasante de este recrecimiento. Cabe destacar como las cotas recrecidas en estos puntos coinciden con los niveles estimados de agua en situación modificada para el período de retorno de 500 años, de acuerdo con la siguiente tabla:

COTAS MÍNIMAS DE RECRECIMIENTO DE ZONA PROPUESTA PARA NUEVOS BUNGALOWS						
p.k	Cota de terreno de camino lateral (m)	Cota lámina agua		Incremento de cota de lámina (m)	Cota mínima de recrecimiento	Altura mínima de terraplén sobre camino lateral
		Original T=500 anys	Modificada T=500			
0.00	837.57	837.97	837.97	0.00	837.97	0.40
12.71	837.43	837.76	837.80	0.04	837.83	0.40
26.69	836.73	837.18	837.43	0.25	837.43	0.70
43.10	836.45	836.91	837.11	0.20	837.11	0.66
65.76	836.09	836.46	836.60	0.14	836.60	0.51
113.41	835.22	835.57	835.66	0.09	835.66	0.44
120.00	835.02	835.47	835.55	0.08	835.55	0.53

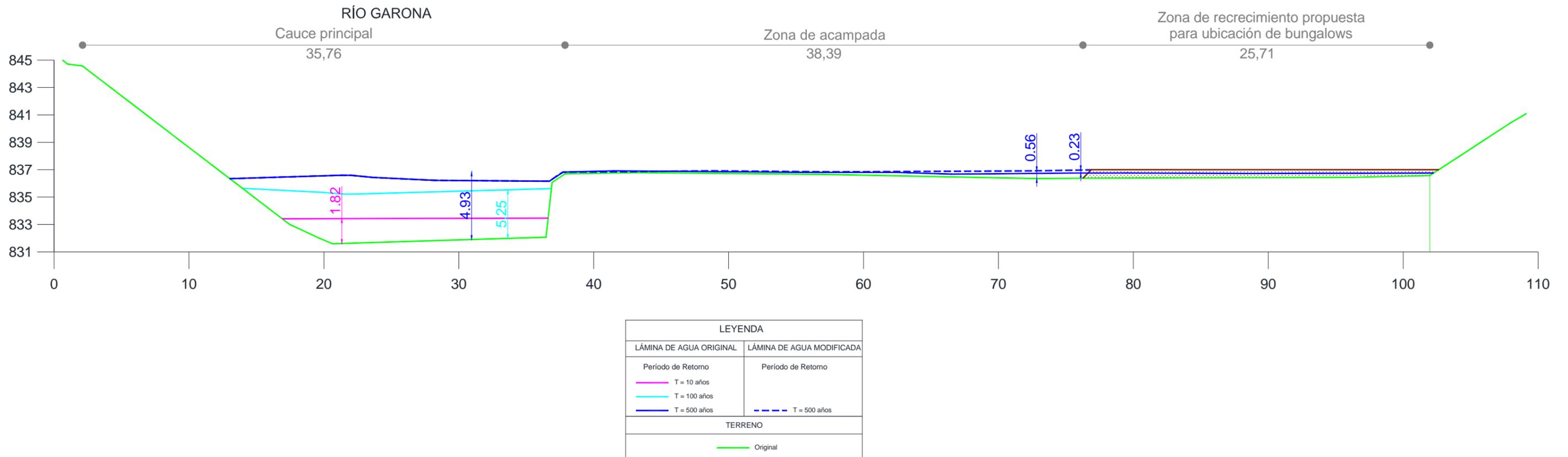
Es obvio que estas cotas se pueden trasladar en sentido vertical ascendente con la idea de proporcionar un resguardo mínimo sobre la lámina de 500 años.

Finalmente, también se muestra a continuación una tabla con los valores resultantes de la cota de lámina de agua en las dos situaciones según diferentes p.k's del eje de recrecimiento, así como los valores en estos pk's de las sobrelevaciones resultantes y la definición de los 7 puntos básicos de la definición de la cota de recrecimiento mostrados en la tabla anterior.



Planta de incremento de calados para el período de retorno de 500 años por la inclusión del recrecimiento propuesto

## PERFIL P.K. 0+440



Perfil representativo del incremento de calados por la inclusión del recrecimiento propuesto

<b>EJE DE RECRECIMIENTO</b>				
<b>p.k</b>	<b>Cota lámina agua</b>		<b>Incremento de cota de lámina (m)</b>	<b>Puntos básicos de definición de la cota de recrecimiento</b>
	<b>Original T=500 anys</b>	<b>Modificada T=500</b>		
<b>0.00</b>	837.97	837.97	0.00	<b>837.97</b>
4.63	837.75	837.87	0.12	---
9.18	837.78	837.87	0.09	---
<b>12.71</b>	837.76	837.80	0.04	<b>837.83</b>
15.69	837.56	837.58	0.02	---
21.02	837.43	837.46	0.03	---
23.88	837.28	837.46	0.18	---
26.69	837.18	837.43	0.25	<b>837.43</b>
29.49	837.13	837.36	0.23	---
31.47	837.12	837.28	0.16	---
35.11	837.05	837.23	0.18	---
37.92	836.99	837.19	0.20	---
40.67	836.94	837.14	0.20	---
<b>43.10</b>	836.91	837.11	0.20	<b>837.11</b>
45.55	836.86	837.06	0.20	---
48.27	836.77	836.97	0.20	---
49.29	836.70	836.88	0.18	---
50.32	836.65	836.82	0.17	---
51.40	836.62	836.77	0.15	---
53.54	836.59	836.71	0.12	---
56.48	836.56	836.64	0.08	---
59.74	836.52	836.63	0.11	---
61.48	836.51	836.63	0.12	---
62.63	836.51	836.62	0.11	---
64.18	836.48	836.61	0.13	---
<b>65.76</b>	836.46	836.60	0.14	<b>836.60</b>
66.94	836.44	836.57	0.13	---
68.06	836.44	836.52	0.08	---
73.74	836.27	836.30	0.03	---
76.25	836.25	836.27	0.02	---
78.78	836.22	836.25	0.03	---
81.73	836.20	836.21	0.01	---
90.97	835.97	836.01	0.04	---
96.67	835.89	835.89	0.00	---
102.06	835.80	835.83	0.03	---
104.50	835.78	835.79	0.01	---
107.03	835.74	835.77	0.03	---
109.40	835.65	835.71	0.06	---
110.57	835.62	835.69	0.07	---
<b>113.41</b>	835.57	835.66	0.09	<b>835.66</b>
116.30	835.51	835.61	0.10	---
<b>120.00</b>	835.47	835.55	0.08	<b>835.55</b>

## 8. CONCLUSIÓN. RECOMENDACIONES FINALES.

En el presente estudio se ha analizado los resultados de la aplicación del modelo numérico bidimensional IBER con la finalidad de simular la lámina de agua del río Garona a su paso por el càmping Verneda.

La longitud total de análisis hidráulico és de aproximadamente 790 m y la longitud del tramo por el cual el càmping se situa en las planicies laterales del río Garona es de unos 580 m. Se ha estudiado la situación actual y una situación propuesta modificada para el período de retorno de 500 años, al ser la única inundación que se puede ver afectada por la ejecución del recrecimiento.

A partir de los hechos expuestos en puntos anteriores, se concluye como en vista de los resultados hidráulicos del modelo IBER para las avenidas del río Garona :

- a) En *situación actual*, la zona destinada a bungalows y acampada del margen izquierdo del río Garona es inundable totalmente para el período de retorno de 500 años. Para el período de retorno de 100 años se produce una inundación parcial de la zona de acampada del margen izquierdo, aguas abajo del puente de acceso, afectando 9 de los 15 bungalows existentes. De todos ellos, son 5 los que se sitúan sobre el flujo preferente.
- b) En *situación propuesta modificada*, la zona destinada a nuevos bungalows y que se pretende recrecer, requiere de una altura mínima de recrecimiento de 0.32 m y las sobrelevaciones estimadas con el modelo bidimensional para el período de retorno de 500 años por la modificación de la topografía son inferiores a 30 cm. Tampoco se han detectado variaciones importantes del flujo de velocidades. No se alteran los flujos de período de retorno de 10 y 100 años, al no interceptarse con el recrecimiento propuesto.

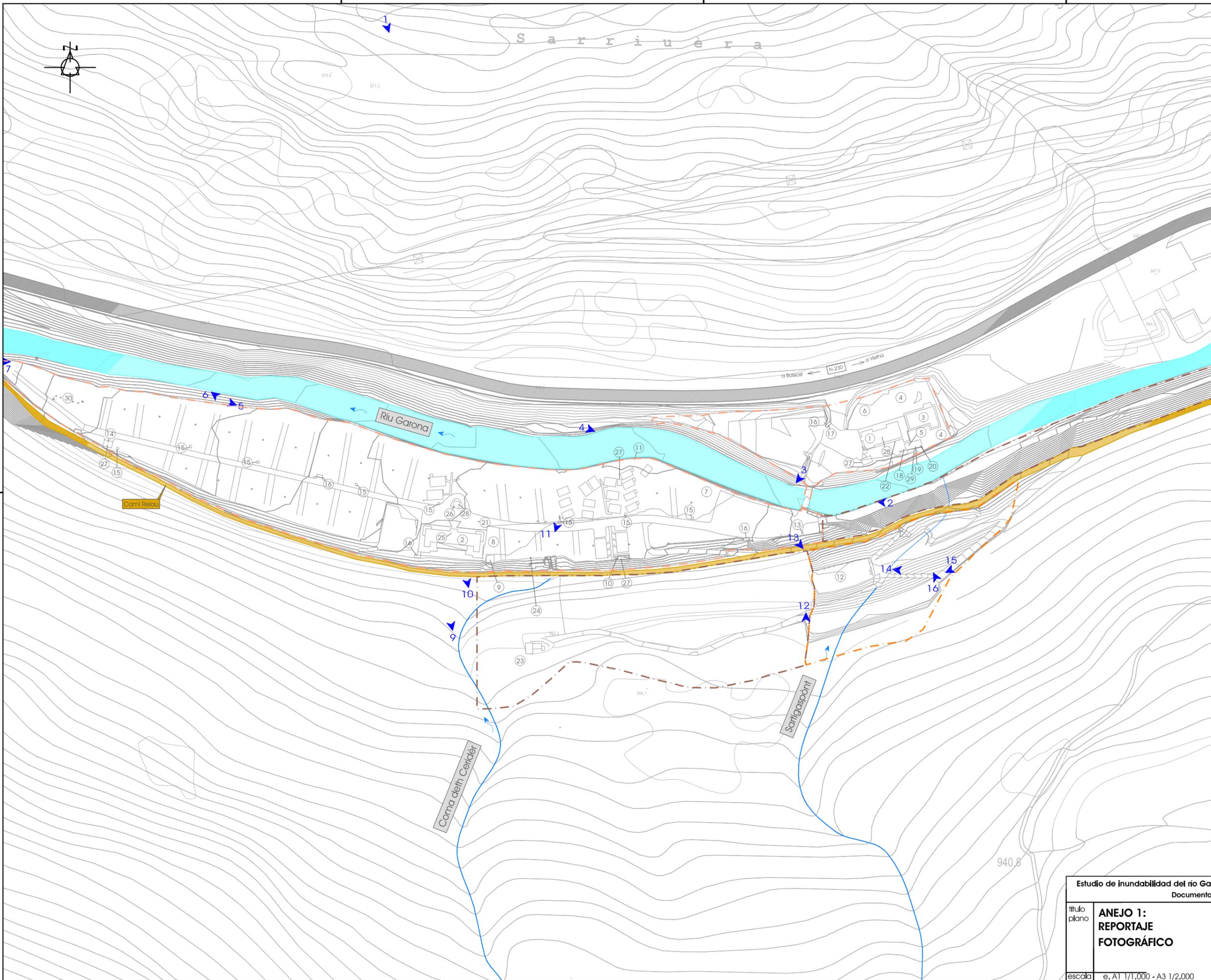
El técnico autor,



Firmado, Joan Gàndara i Tolsà  
Ingeniero de caminos, canales y puertos  
Colegiado núm. 16.271

La Seu d'Urgell, 22 de diciembre del 2016.

**Anejo nº 1.-  
Reportaje fotogràfico**



Edificacions i serveis	
①	Edifici principal: recepció, bar-restaurant, supermercat, sala de jocs i sala TV
②	Edifici de serveis: lavabos i dutxes, safarejos, aigüeres, rentadores i secadors.
Espais de lleure	
③	Piscines
④	Àrea descans zona piscines
⑤	Terrassa-bar coberta
⑥	Àrea de jocs infantils 1
⑦	Àrea de jocs infantils 2
⑧	Àrea de jocs infantils 3
⑨	Cobert 5 barbacoes
⑩	Cobert 1 barbacoa
⑪	Barbacoa individual
⑫	Pista esportiva
Altres instal·lacions públiques	
⑬	Rentat de cotxes
⑭	Cobert 3 aigüeres
⑮	Font
⑯	Contenidors d'escombraries
⑰	Pannell anuncis entrada
Altres Instal·lacions privades	
⑱	Barbacoa ús privat
⑲	Equips piscina i caldera piscina
⑳	Dipòsit gas-oil vist (600 litres)
㉑	Dipòsit gas-oil soterrat ed. serveis (3000 litres)
㉒	Bombones de propà (35 kg/ut)
㉓	Dipòsits d'aigua potable
㉔	Ciau de pas i comptador d'aigua
㉕	Sala de calderes edifici de serveis
㉖	Taller-magatzem
㉗	Magatzem
㉘	QGP + comptadors
㉙	Poste escomesa elèctrica
㉚	EDAR

Estudio de inundabilidad del río Garona a su paso por el camping Verneda Documento de Aprobación Inicial			
titulo plano	<b>ANEJO 1: REPORTAJE FOTOGRAFICO</b>	promotor CAMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha dic' 2016
escala	e, A1 1/1.000 - A3 1/2.000	autor: Joan Gándara Tolrà Ingeniero de c.c.p., colegiado 16.271	núm. <b>1</b> exp. 1423-civ



**Fotografía núm. 1:** Vista general de la zona de bungalows y zona de acampada.



**Fotografía núm. 2:** Vista del paso del río por el puente existente.



**Fotografía núm. 3:** Vista de protección de escollera a la salida del puente (Hmáx = 4,90 m)



**Fotografía núm. 4:** Vista de cauce principal en zona de bungalows



**Fotografía núm. 5:** Vista de tramo protegido en su parte final (p.k. 0+445)



**Fotografía núm. 6:** Vista de tramo en estado natural, no protegido en su parte inicial (p.k. 0+445)



**Fotografía núm. 7:** Vista de tramo en estado natural, no protegido en zona final del càmping (p.k. 0+640)



**Fotografía núm. 8:** Torrente Coma deth Ceridèr



**Fotografías núm. 9 y 10 : Torrente Coma deth Ceridèr**



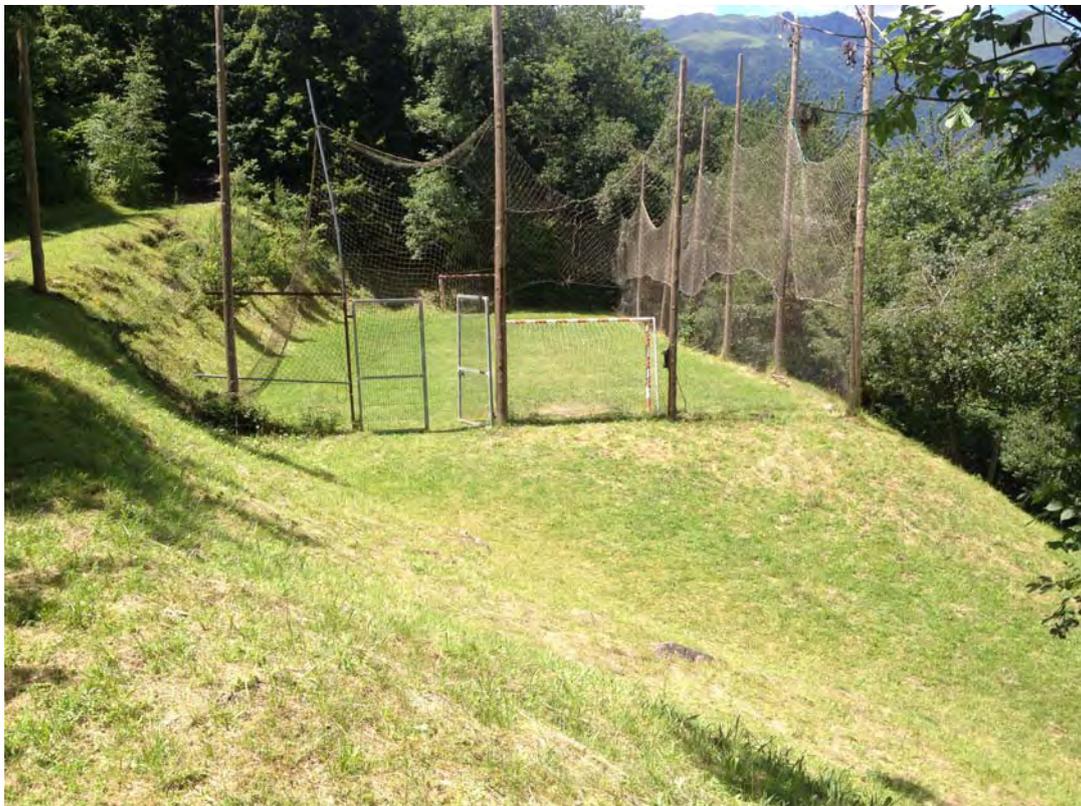
**Fotografía núm. 11 :** Torrente Coma deth Ceridèr en el interior del càmping.



**Fotografía núm. 12 :** Torrente Sartigaspònt.



**Fotografía núm. 13 :** Torrente Sartigaspònt, cruce por el camí Reiau.



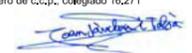
**Fotografía núm. 14 :** Supuesta ubicación del torrente Sartigaspònt según cartografía ICGC (vista antes de la realización del movimiento de tierras).



**Fotografías núm. 15 y 16 :** Supuesta ubicación del torrente Sartigaspònt según cartografía ICGC (vista después de la realización del movimiento de tierras).

## **Anejo n° 2.- Topografía**



Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el cámping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
titulo plano	<b>ANEJO 2: PLANTA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>	promotor  CÁMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha dic' 2016
escala	e. A3 1/2.000	autor:  Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.c.p., colegado 16.271 	núm. <b>1</b> exp. 1423-cva

**Anejo n° 3.-  
Descripción del modelo bidimensional IBER**

## **ÍNDICE DEL ANEJO NÚM. 3.**

A.1. Introducción.

A.2. Descripción del modelo bidimensional.

A.2.1. Ecuaciones de Saint Venant.

A.2.2. Discretización en volúmenes finitos.

A.2.3. Malla de cálculo, condiciones de contorno y iniciales.

## A.1. Introducción.

IBER (Cálculo en Alta Resolución de Propagación de Avenidas) es una herramienta de cálculo numérico del flujo de agua en lámina libre y régimen variable desarrollada en el grupo de investigación Flumen de la E.T.S. de Ing. de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (Universitat Politècnica de Catalunya).

El sistema IBER ha sido desarrollado para estudios hidrodinámicos en geometrías irregulares e integra las aproximaciones en una y en dos dimensiones con distintas posibilidades de conexión entre dominios. Utiliza esquemas numéricos de alta resolución que permiten el cálculo de flujos discontinuos, y permite trabajar en dos dimensiones con mallas irregulares no estructuradas formadas por cuadriláteros o triángulos y, en la aproximación unidimensional, con cauces compuestos (cauce central y llanuras).

Por otro lado IBER implementa mecanismos para considerar el mojado y secado del dominio así como rugosidad variable en el espacio y en función de las características del flujo. Finalmente se ha incorporado al sistema un modelo hidrológico distribuido de transformación lluvia-escorrentía basado en las ecuaciones completas de Saint Venant, totalmente integrado en la modelación hidráulica.

## A.2. Descripción del modelo bidimensional.

### A.2.1. Ecuaciones de Saint Venant

A partir de las leyes físicas de conservación que rigen el flujo de un fluido en general (conservación de la masa, conservación de la cantidad de movimiento y ecuaciones constitutivas), particularizando a un fluido incompresible e isótropo, como es el agua, se obtienen las ecuaciones de Navier-Stokes para el movimiento instantáneo y de ellas se deducen, considerando variables medias en el tiempo, las ecuaciones de Reynolds. De estas, integrando en la profundidad para eliminar en ellas la dimensión vertical, se obtienen las ecuaciones de Saint Venant bidimensionales, válidas cuando el flujo que se quiere representar tiene también este carácter bidimensional, con velocidades verticales pequeñas, pendientes del fondo del cauce suaves, y en general las dimensiones horizontales predominantes sobre la vertical

Utilizando notación vectorial, podemos escribir las ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones en forma conservativa como:

$$\frac{\partial}{\partial t} \mathbf{U} + \nabla \mathbf{F} = \mathbf{H} \quad (1)$$

donde  $\mathbf{U}$  es el vector de variables de flujo,  $\mathbf{F}$  es el tensor de flujo y  $\mathbf{H}$  es el termino independiente o término fuente, que responden a las expresiones:

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} h \\ hu \\ hv \end{pmatrix} ; \quad \mathbf{F} = \begin{pmatrix} hu & hv \\ hu^2 + g \frac{h^2}{2} & huv \\ huv & hv^2 + g \frac{h^2}{2} \end{pmatrix} ; \quad \mathbf{H} = \begin{pmatrix} 0 \\ gh(S_{ox} - S_{fx}) \\ gh(S_{oy} - S_{fy}) \end{pmatrix} \quad (2)$$

La ecuación (1) consta de tres términos. El primer término representa la variación temporal local de las variables hidráulicas: masa y cantidad de movimiento; el segundo término representa la variación espacial de los flujos de dichas cantidades; el tercer término (término independiente) representa la ganancia o pérdida de masa y cantidad de movimiento por unidad de tiempo en un volumen diferencial que se mueve con el fluido. Evidentemente la variación de masa debe de ser nula, por lo que la primera componente del vector de variables independientes es cero.

La contribución exterior a la cantidad de movimiento, con las hipótesis realizadas, tiene dos razones: la variación de energía potencial (reflejada en la pendiente del fondo) y las fuerzas de fricción con el contorno (reflejada en la pendiente motriz).

Las ecuaciones de Saint Venant son un caso concreto de sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales hiperbólico, cuasi-lineal y con término independiente.

### **A.2.2. Discretización en volúmenes finitos.**

La técnica de los volúmenes finitos se ha mostrado muy útil a la hora de desarrollar esquemas de alta resolución en dos dimensiones. Los volúmenes finitos permiten discretizar el dominio con mallas irregulares, y por lo tanto adaptadas a los contornos, y utiliza la formulación integral de las ecuaciones.

La expresión integral para un volumen  $V$  cualquiera de las ecuaciones de Saint Venant bidimensionales (1) es:

$$\int_V \mathbf{U}_t dV + \int_V \nabla \mathbf{F} dV = \int_V \mathbf{H} dV \quad (3)$$

y aplicando el teorema de Gauss a la segunda integral se tiene:

$$\int_V \mathbf{U}_t dV + \iint_S (\mathbf{F} \cdot \mathbf{n}) ds = \int_V \mathbf{H} dV \quad (4)$$

donde  $S$  es la superficie que encierra a  $V$ . Si ahora denotamos con  $\mathbf{U}_{ij}$  y  $\mathbf{H}_{ij}$  respectivamente al valor promedio en el volumen finito  $V$  de las variables dependientes y del termino independiente, la ecuación (4) se puede reescribir, para un volumen concreto  $V_{i,j}$  como:

$$\mathbf{U}_t = \frac{-1}{V_{i,j}} \iint_S (\mathbf{F} \cdot \mathbf{n}) ds + \mathbf{H}_{i,j} \quad (5)$$

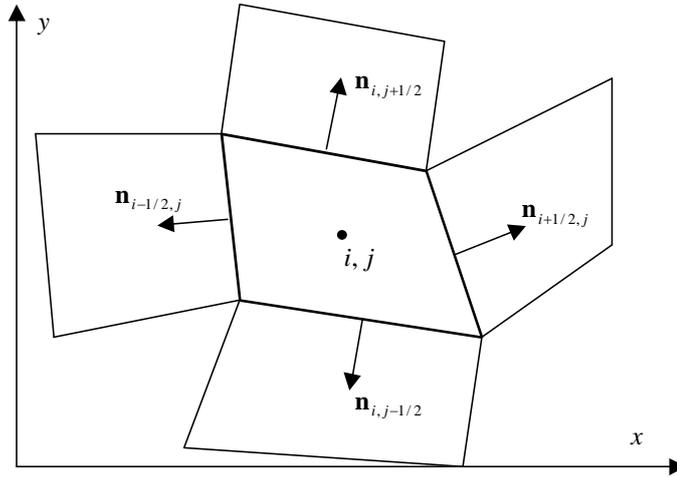


Figura 1. Discretización en volúmenes finitos de un dominio bidimensional

Ahora se puede definir un tensor de flujo numérico  $\mathbf{F}^*$  de manera que la integral que aparece en esta última ecuación se puede aproximar como la suma del producto de dicho tensor por el vector normal a  $S$ , que es el *flujo numérico* normal a  $S$ , o sea:

$$\iint_S (\mathbf{F} \cdot \mathbf{n}) ds = \sum_{k=1}^{N_l} (\mathbf{F}_{wk}^* \mathbf{n}_{wk}) dS_{wk} \quad (6)$$

donde  $w_k$  representa el índice correspondiente a la  $k$ -ésima pared del polígono  $i, j$  y  $N_l$  el número de lados.

El vector  $\mathbf{n}_{wk}$  es la normal exterior a la pared  $w_k$  y  $dS_{wk}$  es su longitud. Cualquier esquema numérico desarrollado así responderá a:

$$\mathbf{U}_{i,j}^{n+1} = \mathbf{U}_{i,j}^n - \frac{\Delta t}{V_{i,j}} \sum_{k=1}^{N_l} (\mathbf{F}_{wk}^* \mathbf{n}_{wk}) dS_{wk} + \Delta t \mathbf{H}_{i,j} \quad (7)$$

donde la expresión del flujo numérico  $\mathbf{F}_{wk}^*$  en función de los valores que toman las variables en los elementos próximos es lo que diferenciará un esquema numérico de otro.

En esta última expresión se puede intuir la importancia que tiene el problema unidimensional en la resolución del problema bidimensional. Este último se acaba resolviendo considerando el flujo numérico a través de cada una de las cuatro paredes de cada elemento de volumen, y este flujo se puede calcular como si en la dirección normal a cada pared tuviéramos un problema unidimensional, con dos estados constantes a cada lado de la pared definidos por los valores promedio de las variables en los elementos de volumen contiguos a dicha pared. También es fundamental la discretización del término  $\mathbf{H}_{i,j}$ , que representa la integral del término independiente en el volumen finito  $V_{ij}$ .

El esquema numérico de IBER se basa en el esquema WAF TVD, que se puede entender como una extensión a sistemas de ecuaciones del esquema de Lax-Wendroff, o también como una extensión a segundo orden de precisión del esquema de Roe, y se basa en el método de Godunov junto con el *Aproximate Riemann Solver* de Roe [1], [2].

Al utilizar un esquema explícito, la condición de Courant limita el incremento de tiempo que se puede utilizar según la expresión:

$$\Delta t \leq \min \left( \frac{l}{\sqrt{2} \left| \sqrt{u^2 + v^2} + c \right|} \right) \quad (8)$$

Donde  $l$  es la longitud del lado de un elemento,  $u$  y  $v$  las componentes de la velocidad y  $c = \sqrt{gh}$  la celeridad

### A.2.3. Malla de cálculo, condiciones de contorno y iniciales.

El módulo bidimensional del modelo IBER resuelve las ecuaciones de Saint Venant bidimensionales en un dominio discretizado por una malla de cálculo irregular y no estructurada. En los esquemas de alta resolución se puede optar por cualquiera de las funciones de limitación: *Van Leer*, *Minmod*, *Superbee*, *Van Albada* o *Ultrabee*. Incorpora asimismo la posibilidad de considerar la precipitación y distintas funciones de pérdidas, siendo por lo tanto también un modelo hidrológico de transformación lluvia-escorrentía

Los volúmenes finitos pueden ser, para cualquiera de los esquemas numéricos implementados, cuadriláteros o triángulos, o combinaciones de ambos. Para ellos se puede utilizar una malla regular o irregular y, en este caso, puede ser estructurada o no estructurada. En la Figura 2 se puede ver el detalle de cuatro mallas utilizadas en distintas aplicaciones.

En la modelación bidimensional, como condición inicial se deben imponer, en cada elemento de volumen, el calado (o alternativamente la cota de la lámina de agua), y las dos componentes de la velocidad. El modelo permite empezar el cálculo con todo el dominio, o

una parte del mismo, seco. Para los elementos secos el valor del calado y de las componentes de la velocidad son nulos.

Las condiciones de contorno que se pueden utilizar se resumen en la Tabla 1. Se pueden imponer distintas condiciones de contorno en distintos instantes de tiempo para dar condiciones variables como hidrogramas de entrada, o niveles de agua variables en la salida. Entre los instantes dados el programa interpola linealmente.

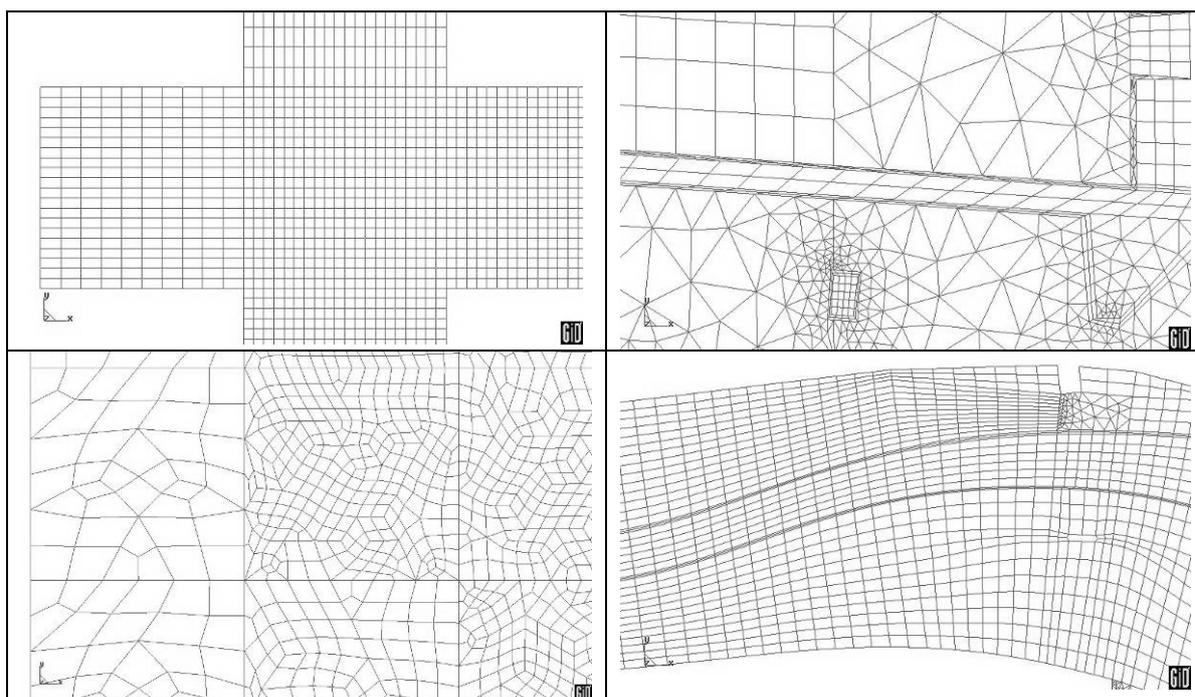


Figura 2. Detalle de distintas mallas utilizadas aplicaciones de IBER

Extremo	Régimen hidráulico	Condición impuesta
Entrada	Rápido	1a. Calado y componentes de la velocidad según las direcciones normal y tangente al contorno. 1b. Calado y caudal específico según las direcciones normal y tangente al contorno.
	Lento	2a. Componentes de la velocidad según las direcciones normal y tangente al contorno. 2b. Caudal específico según las direcciones normal y tangente al contorno.
Salida	Lento	3a. Calado 3c. Caudal específico normal al contorno 3d. Vertedero
	Rápido	
Pared material		

Tabla 1. Condiciones de contorno posibles en IBER

#### A.2.4. Condiciones internas.

El programa IBER permet introduir diferents tipus de condicions internes en els costats dels elements per tal de modelar estructures hidràuliques. Els tipus de condicions internes que considera el programa són :

- a) Compuerta. El programa modela en aquest cas les condicions de flux sota una comporta considerant l'equació de desguàs sota comporta la qual pot funcionar lliure o anegada. Les dades a subministrar són el coeficient de desguàs  $C_d$ , l'alçada de l'obertura de la comporta "h", la cota de fons de la comporta ( $Z_B+h$ ) i l'amplada de la mateixa.

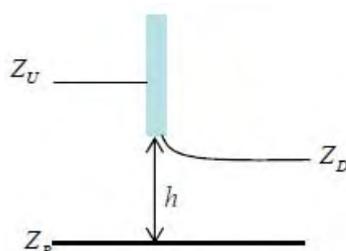


Figura 2. Esquema y ecuaciones de la condición de contorno interna de compuerta.

	$(Z_D - Z_B) / (Z_U - Z_B)$	Ecuación de descarga
Compuerta Libre	0.00 – 0.67	$Q = C_d B h \sqrt{2g (Z_U - Z_B)}$
Transición	0.67 – 0.80	$Q = C_d B h \sqrt{6g (Z_U - Z_D)}$
Compuerta Anegada	0.80 – 1.00	$Q = C_d B h \sqrt{2g (Z_U - Z_D)}$

- b) "Vertedero". El programa modela en aquest cas les condicions de flux sobre un vertedero en làmina lliure, considerant l'equació de desguàs per a vertedero rectangular, el qual pot funcionar lliure o anegat. Les dades a subministrar són el coeficient de desguàs  $C_d$ , i la longitud de vertedero.

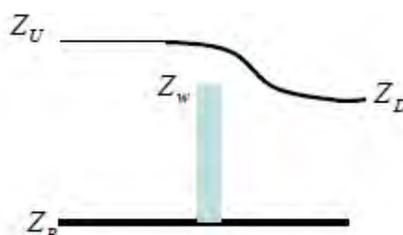


Figura 3. Esquema y ecuaciones de la condición de contorno interna de vertedero.

	$(Z_D - Z_W) / (Z_U - Z_W)$	Ecuación de descarga
Vertedero Libre	< 0.67	$Q = C_d B (Z_U - Z_W)^{1.5}$
Vertedero Anegado	> 0.67	$Q = 2.598 C_d B (Z_D - Z_W) (Z_U - Z_W)^{0.5}$

- c) Combinación de “vertedero” i compuerta. Aquesta condició permet simular l’existència d’una obra de fàbrica. Cal indicar tant els paràmetres de la comporta com els del vertedero. El cabal total desguassat s’obté de la suma del cabal sota comporta i del cabal sobre vertedero.

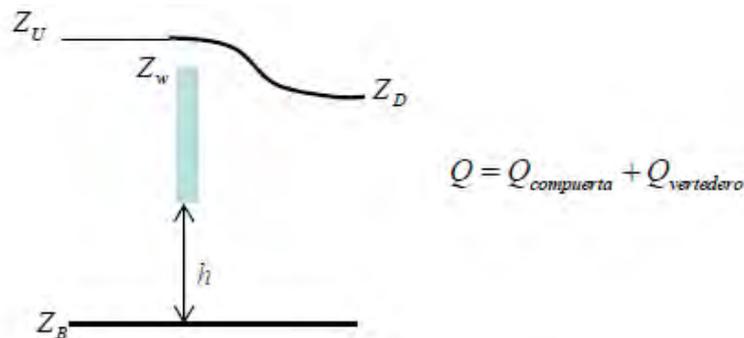


Figura 4. Esquema y ecuaciones de la condición de contorno interna de compuerta+vertedero.

- d) Pèrdua localitzada. En aquest cas a la transferència de cabal entre dos volums finits es considera una pèrdua d’energia localitzada de valor  $\Delta H = \lambda v^2 / 2g$ . Les equacions de Saint Venant són l’expressió matemàtica de les lleis de conservació de la massa i de la quantitat de moviment, per la qual cosa per tal de considerar aquesta pèrdua d’energia s’actua sobre el terme de la pendent motriu. Així, a la pendent motriu a través d’un contorn d’un volum finit  $S_f$  s’afegeix un terme addicional igual a  $\Delta H/V$ , sent  $V$  el volum de l’element. D’aquesta forma, la pèrdua d’energia a través del contorn d’aquest element acaba sent  $\Delta H + S_f L$ , sent ara  $L$  la distància entre centres d’elements a ambdós costats del contorn on s’aplica la pèrdua localitzada.

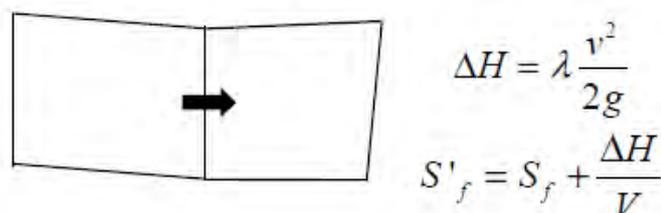


Figura 5. Esquema y ecuaciones de la condición de contorno interna de pérdida de carga localizada.

#### A.2.4. Mojado y secado

La correcta simulación del proceso de secado y mojado de elementos es fundamental para asegurar la conservación de la masa. Tradicionalmente la aproximación más utilizada para considerar este proceso consiste en dividir los elementos en dos categorías, secos y mojados, según la profundidad de agua en cada uno de ellos sea respectivamente menor o mayor que una cierta cantidad prefijada. Si el elemento está seco, no interviene en el cálculo. La diferencia entre los distintos métodos recae principalmente en cómo se detecta que un elemento vuelve a estar mojado. Por lo general se suele hacer o bien en función de los niveles de agua en elementos contiguos, o bien considerando en los elementos secos pero junto a un mojado la ecuación de continuidad pero no la de conservación de la cantidad de movimiento.

Sin embargo, estas metodologías presentan grandes problemas de conservación de la masa, acrecentados aun más si el fondo no es plano, por el efecto del término independiente de las ecuaciones.

En el modelo IBER se aborda el problema considerando tres posibles estados para cada elemento: *seco no mojable*, *seco mojable* o *mojado*, y según el estado del elemento se aborda su cálculo de una manera distinta:

*Se considera elemento seco no mojable aquel que tiene una profundidad de agua por debajo de cierta tolerancia, y además está rodeado por elementos secos (mojables o no). La tolerancia puede ser cero, aunque suele ser recomendable utilizar un valor algo mayor para evitar problemas con el término de fricción que pueden aparecer con profundidades muy pequeñas. En los elementos secos no mojables, las dos componentes de la velocidad son nulas y no se realiza ningún cálculo de propagación. El único cálculo que se realiza corresponde al posible aumento del volumen almacenado en el elemento por efecto de la precipitación, o disminución del mismo por efecto de las pérdidas consideradas en el modelo hidrológico.*

*Se considera elemento seco mojable aquel que tiene una profundidad de agua inferior a la tolerancia (cuyo valor puede ser cero) y por alguno de sus lados conecta con un elemento mojado. Las dos componentes de la velocidad son nulas. Para cada lado del elemento, si el elemento contiguo está seco (mojable o no), el flujo numérico y el término independiente se consideran nulos. En cada incremento de tiempo, se permite que el volumen de agua en un elemento seco mojable aumente o disminuya por efecto de la precipitación o las pérdidas, pero a través de los contornos que conectan con un elemento mojado sólo se permite que entre agua, nunca que salga. Si a través de dicho lado el volumen de agua tiende a disminuir, el flujo numérico y término independiente se igualan a cero, pues no tiene sentido que un elemento seco se seque más. De esta manera sólo habrá flujo a través de los contornos que conecten con un elemento mojado, y sólo en el caso que el flujo sea entrante.*

*Se considera elemento mojado aquel que tiene una profundidad de agua mayor que una cierta tolerancia. En los lados de un elemento mojado comunes a otro elemento mojado, el cálculo se realiza normalmente según lo expuesto en el capítulo anterior. En los lados que conectan con un elemento seco (que será seco mojado por estar al lado de un mojado) puede haber flujo saliente, pero naturalmente no puede haber flujo entrante desde un elemento seco.*

Se aplica un mecanismo de corrección para calcular el flujo en un contorno entre elemento mojado y otro seco, y asegurar la conservación de la masa

**Anejo n° 4.-**  
**Documento para la legalización de las defensas del càmping Verneda**  
**(Abril 2014)**

# CAMPING VERNEDA

## ACTUACIONES EN LAS MÁRGENES DEL RÍO GARONA

### CONSIDERACIONES TÉCNICAS AL ESCRITO DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

**5 de abril de 2014**

Dictamen Técnico elaborado para:  
**Camping Verneda**  
Carretera 230, Km 71  
25637 Pont de Arrós (Lleida)

Dictamen Técnico elaborado por:  
**Rafael Fernández Rubio, Dr. Ingeniero de Minas**  
Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid  
Presidente de FRASA Ingenieros Consultores  
Luna, 45  
28120 Ciudad Santo Domingo (Madrid)

Con la colaboración de:  
**Julio Verdejo Serrano, Ingeniero de Minas**  
Consultor





Archivo:  
Camping Verneda. Consideraciones técnicas  
derivadas de las actuaciones en las márgenes  
del río Garona\_05-04-2014

## Camping Verneda

Actuaciones en las márgenes del río Garona

### CONSIDERACIONES TÉCNICAS AL ESCRITO DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

5 de abril de 2014

*Este Dictamen Técnico es para uso de Camping Verneda.  
Deberá ser distribuido y/o reproducido en su totalidad.  
Su difusión parcial requiere autorización de sus autores.*

**Autoría del Dictamen Técnico:**

Rafael Fernández Rubio  
Dr. Ingeniero de Minas  
Colegiado nº 355 del COIM del Centro

Julio Verdejo Serrano  
Ingeniero de Minas  
Colegiado nº 4580 del COIM del Centro

Fecha y firma:  
5 de abril de 2014

Fecha y firma:  
5 de abril de 2014

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>1 PLANTEAMIENTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 EMPLAZAMIENTO DEL CAMPING VERNEDA.....</b>	<b>6</b>
<b>3 ANTECEDENTES Y NORMATIVAS .....</b>	<b>7</b>
<b>4 RIADA DEL 18 JUNIO DE 2013.....</b>	<b>9</b>
<b>5 OBRAS DE DEFENSA REALIZADAS .....</b>	<b>11</b>
5.1.1 Objeto de las obras .....	11
5.1.2 Obras realizadas .....	11
5.1.3 Situación actual del cauce del río Garona.....	19
<b>6 SOLICITUD DE MODIFICACIÓN DE ZONA DE FLUJO PREFERENTE.....</b>	<b>22</b>
6.1 Zona de flujo preferente planteada por CHE .....	22
6.2 Cuestiones técnicas a considerar .....	24
<b>7 CONCLUSIONES Y PROPUESTAS .....</b>	<b>32</b>
<b>Anexo 1: Documentación de referencia.</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Zonificación del espacio fluvial.....	2
Figura 2. Localización del Camping Verneda.....	6
Figura 3. Zonación longitudinal de un río.....	11
Figura 4. Modelo de terraza fluvial de curso alto-medio, en la que se ubica el Camping Verneda.....	12
Figura 5. Actuaciones de protección realizadas.....	13
Figura 6. Vuelo del año 2012. Cauce antes de la riada del 18 de junio de 2013.....	20
Figura 7. Vuelo de octubre 2013. Cauce tras la riada del 18 de junio de 2013.....	21
Figura 8. Delimitación de la zona de flujo preferente propuesta por la CHE.....	23
Figura 9. Sector del Camping Verneda afectado por la zona de flujo preferente según la propuesta realizada por la CHE.....	25
Figura 10. Sector del Camping Verneda afectado por la zona de flujo preferente propuesta por la CHE. Vuelo de octubre 2013.....	26
Figura 11. Situación en planta de los perfiles topográficos levantados transversales al río Garona.....	28
Figura 12. Perfiles topográficos levantados transversales al río Garona.....	29
Figura 13. Cálculos realizados. Programa CAUMAX (CEDEX version 2013).....	30
Figura 14. Caudales máximos por períodos de retorno. Programa CAUMAX (CEDEX 2013).....	31
Figura 15. Zona de flujo preferente propuesta, en el sector del Camping Verneda.....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1. Elevaciones de la escollera sobre el nivel del agua en el río (26/03/2014).....	30

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Página</b>
Fotografía 1. Panorámica del Camping de Verneda desde el norte.....	1
Fotografía 2. Zona erosionada en el sector del Camping Verneda y socavón del estribo del puente en la riada del 18 de junio de 2013.....	9
Fotografía 3. Descalce en el puente de acceso a las instalaciones del Camping Verneda motivado por la riada del 18 de junio de 2013.....	10
Fotografía 4. Reconstrucción de la escollera de protección en el puente de acceso al Camping Verneda.....	14
Fotografía 5. Culminación de trabajos en la Zona 2, tras reparación y construcción de escollera con cimentación en roca o hasta 2 m de profundidad.....	14
Fotografía 6. Escollera levantada en la Zona 2.....	15
Fotografía 7. Presencia de chopos en zona bungalows antes de la crecida.....	15
Fotografía 8. Vista de las defensas de escollera en la Zona 2 y la Zona 3, de nueva construcción (situación actual).....	16
Fotografía 9. Cauce del río antes de la riada.....	17
Fotografía 10. Zona de bungalows antes de la riada.....	18
Fotografía 11. Instalaciones del camping Verneda desde la margen derecha del río Garona. Detalle de la escollera de protección.....	18
Fotografía 12. Zona de bungalows en la que se constata la ampliación del cauce del río.....	19
Fotografía 13. Zona de flujo preferente propuesta por la CHE, en el sector del Camping Verneda.....	27

## 1 PLANTEAMIENTO

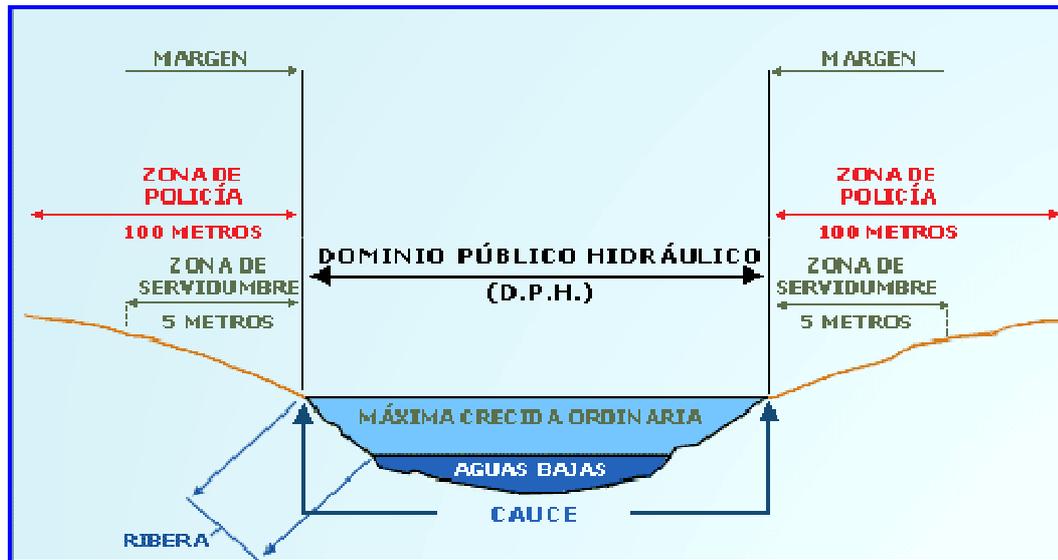
El Camping Verneda (Fotografía 1) cuenta con **Autorización de la Comisión Provincial de Urbanismo**, recogida en la notificación del Ayuntamiento de Vielha - Mitjarán de 1 de abril de 1986, y con **Licencia Municipal para la Apertura**, solicitada a inicios del año 1985, y **expedida por el Ayuntamiento de Vielha - Mitjarán**, el 23 de mayo de 1985.



Foto: FRASA. Marzo 2014.

**Fotografía 1. Panorámica del Camping de Verneda desde el norte.**

Hay que indicar que, aunque en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), Real Decreto 849/1986 de 11 de abril, se recoge que “*para realizar cualquier tipo de construcción en zona de policía de cauces, se exigirá la autorización previa del Organismo de cuenca*” (artículo 78.1), la **solicitud de Licencia Municipal de Apertura**, se había realizado con varios meses de antelación a este Real Decreto.



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

**Figura 1. Zonificación del espacio fluvial.**

Es por ello que, siendo la solicitud de construcción y apertura anterior al RDPH, la propiedad no solicitó Licencia de Obras en zona de Policía de cauces, del río Garona, a la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), circunstancia esta que es común a numerosos campings del Pirineo, ubicados en las márgenes de cauces afectos a esta Confederación.

Tras 28 años de actividad del Camping Verneda, sin registrarse ningún incidente hidrológico reseñable, el 18 de junio del 2013, el río Garona, en cuya margen se ubican estas instalaciones, como consecuencia de una situación de lluvias persistentes e intensas, unida al proceso de deshielo, y a la saturación de los suelos, provocó gran número de inundaciones, a lo largo de su cauce, las cuales llevaron a la declaración del estado de emergencia.

A raíz de este incidente se realizaron diferentes visitas por el Servicio de Policía de Cauces (18/09/2013), y por el personal adscrito al área de Gestión del Dominio Público Hidráulico (30/10/2013 y 20/02/2014), de acuerdo con las cuales, en escrito de la CHE<sup>1</sup> se indica que “Se ha constatado...que en la avenida acontecida con fecha 18 de junio de 2013 han sufrido daños significativos...” un conjunto de cinco campings, entre los que se cita el Camping Verneda.

A pesar de la indicación de que “han sufrido daños significativos”, en el mencionado escrito no aparece descripción alguna de los mismos.

Igualmente en dicho escrito de la CHE, y en relación con la existencia de los campings, que en el caso del Camping Verneda opera a lo largo de casi tres décadas, se indica que:

Consultados los archivos de esta Comisaría, no se ha localizado autorización de este Organismo en relación a los mismos. Por otra parte, se desconoce su fecha de apertura.

Fecha de apertura que, como hemos indicado anteriormente, ya se produjo en el año 1985 (hace 29 años), y que dio lugar al expediente de la CHE número 85-O-962, según se puede leer en el mencionado escrito de la CHE:

<sup>1</sup> Escrito de 17 de marzo de 2014, referencia 2013-OX-59, con registro de salida de 18/03/2014, número 2014/011630.

En concreto del Camping Verneda se ha localizado el expediente de referencia 85-O-962, cuyo solicitante es José Manuel Monge Sens-Viella, y cuyo objeto es la "construcción de camping en zona de policía del río Garona". No obstante en dicho expediente no consta resolución. Consultado el proyecto incluido en el mismo, las obras finalmente ejecutadas no parecen coincidir exactamente con las solicitadas.

Es de destacar que, tras casi 30 años de iniciado el expediente, aun no se ha dictado resolución por parte de la CHE.

Por otra parte se produce, en el mencionado escrito, una nueva indefinición, al expresar que "*las obras finalmente ejecutadas no parecen coincidir exactamente con las solicitadas*", sin ofrecer mayor precisión respecto a esa apreciación de no "*coincidir exactamente*" el proyecto y las obras ejecutadas.

Igualmente, en el escrito de la CHE, al que hacemos referencia, se indica:

Para el otorgamiento de dichas autorizaciones se debe cumplir con lo indicado en el *Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico*, que introduce el concepto de **zonas de flujo preferente**, en las cuales el Organismo de cuenca sólo podrá autorizar actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía.

La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

Del que tenemos que resaltar que el concepto de "*zona de flujo preferente*" es muy posterior, desde luego, a la actividad que se viene desarrollando en el Camping Verneda, y que en modo alguno supone "*una reducción significativa en la capacidad de desagüe*".

En todo caso hemos de resaltar que, como bien se indica, en el mencionado escrito de la CHE:

En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del río.

Y aquí se ha de señalar que la información cartográfica, en la que se ha basado la CHE, se refiere a una cartografía de zonas inundables (de mayo de 2011), como evaluación preliminar del riesgo de inundación, **anterior a las actuaciones de encauzamiento y defensa realizadas en el Camping Verneda**, según se manifiesta en el escrito referido de la CHE:

En cumplimiento del mencionado Real Decreto 903/2010, se encuentra disponible, dentro del Sistema Nacional de Cartografía de zonas inundables en la Demarcación Hidrográfica del Ebro, la evaluación preliminar del riesgo de inundación en la cuenca del Ebro, de fecha mayo de 2011, elaborado por este Organismo, y en coordinación con todas las Comunidades Autónomas implicadas.

Información del año 2011, que sirvió para la elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo, en los que se establece la *zona de flujo preferente*.

Y aquí es donde entendemos que es fundamental tener en consideración las actuaciones realizadas, con posterioridad al incidente del 18 de junio del 2013, ya que sin duda suponen una ampliación y mejor canalización del cauce del río Garona, con supresión de rugosidad y eliminación de obstáculos, incremento de la capacidad de desagüe, y construcción de notorias obras de defensa de la margen izquierda del cauce, en la que se ubican las instalaciones de acampada del Camping Verneda.

Actuaciones que responden a la propuesta elaborada por TRAGSA, empresa de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI). Obras iniciadas en **noviembre de 2013**, y totalmente concluidas a la fecha de emisión de este Dictamen Técnico.

Estas actuaciones han supuesto cambios muy favorables, frente al riesgo de inundación, en la morfología y topografía del cauce del río Garona y su entorno, así como la implantación de consistentes sistemas de protección (escolleras), como medidas precautorias y correctoras, para minimizar cualquier impacto potencial, que pudiera producirse ante la posibilidad de repetición de dichas condiciones meteorológicas e hídricas excepcionales.

En este sentido hay que resaltar que, la propuesta de TRAGSA, establecía para los diques de escollera cimentaciones menores a las que se han realizado. Es decir, la obra ejecutada parte en origen de las directrices marcadas por TRAGSA, y las mejora, aumentando así la seguridad de las mismas.

Es en este sentido, entendemos, que se orienta el escrito de referencia de la CHE, en el que se indica que:

Se ha constatado la ejecución de obras en el cauce y zonas adyacentes de los campings citados tras la avenida del 18 de junio de 2013, por lo que se considera que se debe REQUERIR a los mismos para que en el plazo máximo de UN (1) MES presenten ante este Organismo la correspondiente solicitud de autorización/legalización de las defensas realizadas, así como de todas las obras ejecutadas/a ejecutar en zona de policía del río Garona.

Añadiendo que:

En relación al camping Verneda, con fecha de registro de entrada en este Organismo 15 de octubre de 2013, el ayuntamiento de Vielha e Mijarán remitió petición de informe en relación a la solicitud de construcción de escollera presentada por José Manuel Monge Sens ante dicho ayuntamiento. Se ha abierto el expediente 2013-O-1505, pendiente de informe.

Así pues, este Dictamen Técnico, que incluye la información solicitada, se somete a la consideración de la CHE, para que sea tenido en cuenta a la hora de emitir autorización / legalización de las obras de encauzamiento y defensa realizadas, que entendemos que conlleva la redefinición de la zona de flujo preferente, en el entorno del Camping Verneda.

Así se atiende a la solicitud de la CHE, de que el promotor titular de la obra presente la documentación precisa, para obtener la autorización relativa a obras en dominio público hidráulico y zona de policía:

Por todo ello se le **REQUIERE** para que en el plazo máximo de **UN (1) MES** presente ante este Organismo solicitud de autorización/legalización de las defensas realizadas, así como de todas las obras ejecutadas/a ejecutar en zona de policía del río Garona, debiendo aportar para ello:

- Memoria descriptiva de las actuaciones
- Planos general de situación
- Planos acotados de las actuaciones y de la situación inicial
- Varios perfiles transversales que recojan la situación del cauce y las márgenes antes y después de las obras

## 2 EMPLAZAMIENTO DEL CAMPING VERNEDA

El Camping Verneda se localiza a orillas del río Garona (cauce pirenaico con vertiente atlántica), en el municipio de Pont de Arrós (Lleida), y su situación se puede observar en la Figura 2.

El acceso a las instalaciones se realiza a partir del km 170 de la carretera N 230.



Fuente: Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC) Visir.

**Figura 2. Localización del Camping Verneda.**

### 3 ANTECEDENTES Y NORMATIVAS

Con respecto a antecedentes cabe destacar, entre los más significativos en relación al tema que se aborda en este Dictamen Técnico, a los siguientes:

- ↪ Con fecha 25/11/1983 el Ayuntamiento de Viella - Mig Aran, en contestación al escrito de 22/11/1983, remite a la propiedad informe emitido por el Arquitecto Municipal en el siguiente tenor:

" Los terrenos sobre los que se pretende construir el CAMPING están incluidos en el SUELO RUSTICO por las Normas Subsidiarias y Complementarias del Valle de Arán. En dicho suelo está permitido el uso de acampada."

- ↪ Con fecha 01/02/1984, la Comisaría de Aguas del Ebro, autorizó la construcción de un puente sobre el río Garona, para dar acceso a las instalaciones del Camping Verneda, expediente que se adjunta en el anexo de Documentación (referencia: 83 -0 – 1138 // 20.421/83).
- ↪ Con fecha de registro de 04/10/2013, tras las intensas lluvias y la subsiguiente crecida del río Garona del 18 de junio de 2013, el Camping Verneda solicitó ante el Ayuntamiento de Vielha Mitjarán, autorización para las obras de recuperación de terrenos afectados por la riada.
- ↪ Con fecha 07/10/2013 el Ayuntamiento de Vielha Mitjarán notificó a la Confederación Hidrográfica del Ebro, la solicitud de realización de dichas obras, enviando los planos de proyecto, y solicitando a su vez informe preceptivo (código de documento: OTEXS00P0):

De acuerdo con la conversación mantenida en referencia a la forma de actuar para la recuperación de terrenos afectados por particulares por las riadas del 18 de junio del 2013, le adjuntamos la solicitud de construcción de escollera presentada por el Sr. José Manuel Monge Sens, para que por parte de su organismo se emita el correspondiente informe.

- ↪ Con fecha 20/11/2013, se iniciaron las citadas obras, con un plazo de realización de seis meses, que en el momento de emitir este Dictamen Técnico se encuentran concluidas.
- ↪ Con fecha 24/03/2014, se recibe en el Camping Verneda escrito de la CHE (Nº de Referencia 2013-OX-59), en el que se hace referencia inicialmente a la afección por la riada de junio de 2013 a cinco camping del Valle de Arán, y se expone la definición y justificación de zona de flujo preferente y mapa de riesgo de inundación. Se constata la recepción del expediente remitido por el Ayuntamiento de Vielha Mitjarán y se requiere al Camping Verneda para presentar la solicitud / autorización de las defensas realizadas, con documentación justificativa, en el plazo de un mes a partir de la recepción del escrito.

Con respecto a Normativa de aplicación, referida al tema que provoca este Dictamen Técnico, se puede destacar a la siguiente:

- ↪ Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de Abril.
- ↪ Modificación del Reglamento de Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 9/2008, de 11 de enero), que introduce el concepto de zona de flujo preferente.
- ↪ Evaluación y gestión de riesgos de inundación (Real Decreto 903/2010, de 9 de julio). Hay que hacer notar que los planes de gestión de riesgo de inundación, previstos en este Real Decreto, deben ser aprobados antes de 22 de Diciembre de 2015.

## 4 RIADA DEL 18 JUNIO DE 2013

El 18 de junio de 2013 se produjo una crecida en el río Garona, debido a la fusión de una espesa cubierta de nieve, unida a fuertes precipitaciones, y a la existencia de un suelo saturado. Riada que afectó a diversos núcleos urbanos, instalaciones e infraestructuras.

En el escrito remitido por la CHE, de 24/03/2014, se indica que según los cálculos realizados, la avenida se puede considerar corresponde a un periodo de retorno de 25-50 años.

En el caso del Camping Verneda se produjeron daños materiales, sin lamentar daños personales, ya que los protocolos de prevención y evacuación funcionaron correctamente. Por efecto de la riada las márgenes del río se vieron afectadas, como se refleja en la Fotografía 2 y la Fotografía 3.

Los meteorólogos atribuyeron esta situación a "*la fusión acelerada de la nieve que se ha producido en los últimos días y la precipitación líquida que ha caído posteriormente*". Según el Servicio Meteorológico de Catalunya, en sólo cinco días se produjo la fusión de un metro de nieve acumulada en el Pirineo, donde en el invierno previo se habían batido los récords de nevadas de los últimos 15 años, y las lluvias registradas superaron localmente los 100 litros/m<sup>2</sup>.



Junio de 2013. Fotos: Camping Verneda.

**Fotografía 2. Zona erosionada en el sector del Camping Verneda y socavón del estribo del puente en la riada del 18 de junio de 2013.**



Junio de 2013. Foto: Camping Verneda.

**Fotografía 3. Descalce en el puente de acceso a las instalaciones del Camping Verneda motivado por la riada del 18 de junio de 2013.**

## 5 OBRAS DE DEFENSA REALIZADAS

### 5.1.1 Objeto de las obras

En la Memoria del Proyecto de actuaciones, elaborado por TRAGSA, podemos leer que las obras diseñadas se plantearon con los siguientes objetivos:

- ↳ Reparar los daños causados por la riada del 18 de junio de 2013, en las márgenes del río Garona que lindan con instalaciones del Camping Verneda.
- ↳ Establecer medidas de protección que garanticen la seguridad de las instalaciones del Camping Verneda.
- ↳ Adecuar el cauce del río Garona, a su paso por el camping, para minimizar los daños ante posibles riadas.

Es así que el objetivo primordial del Proyecto ha sido establecer defensas de ingeniería, destinadas al mejor encauzamiento de las aguas de avenida, a la protección de los usuarios del Camping, y sus instalaciones, dentro todo ello de un respeto medioambiental, con construcciones perfectamente naturalizadas e integradas en el contexto hidrológico-ambiental. Todo ello con una inversión económica en la que no se han escatimado medios ni técnicas, que garantizan la compatibilidad del uso del Camping incluso en situaciones meteorológicas extremas.

### 5.1.2 Obras realizadas

En primer lugar hay que destacar que, por su situación en la cuenca vertiente, el Camping Verneda se ubica en el curso alto del río Garona donde predominan los procesos erosivos (Figura 3).

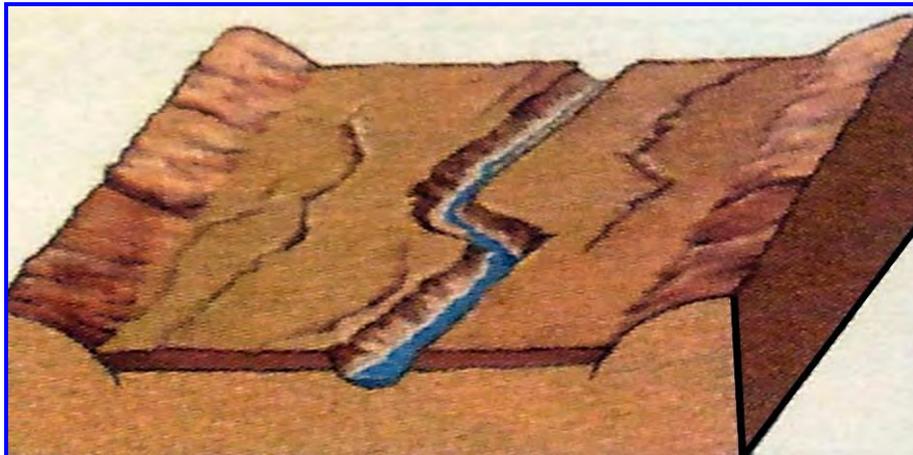


Fuente: José Luis Iglesias Garrote.

**Figura 3. Zonación longitudinal de un río.**

En este sentido el propio camping se emplaza en la llanura de inundación que dio lugar a una antigua terraza fluvial (la situada a cuatro metros sobre el cauce), correspondiente al periodo glacial Würm, del Pleistoceno, que ha quedado colgada con respecto a la situación actual del cauce del río, en el periodo interglacial en el que nos encontramos (Figura 4).

En este contexto se plantean las obras de defensa, tanto aguas arriba como aguas abajo del puente situado en la entrada del Camping, sobre el río Garona, definidas por TRAGSA, y ejecutadas en su totalidad.



Fuente: <http://paisajescarpa.blogspot.com.es>.

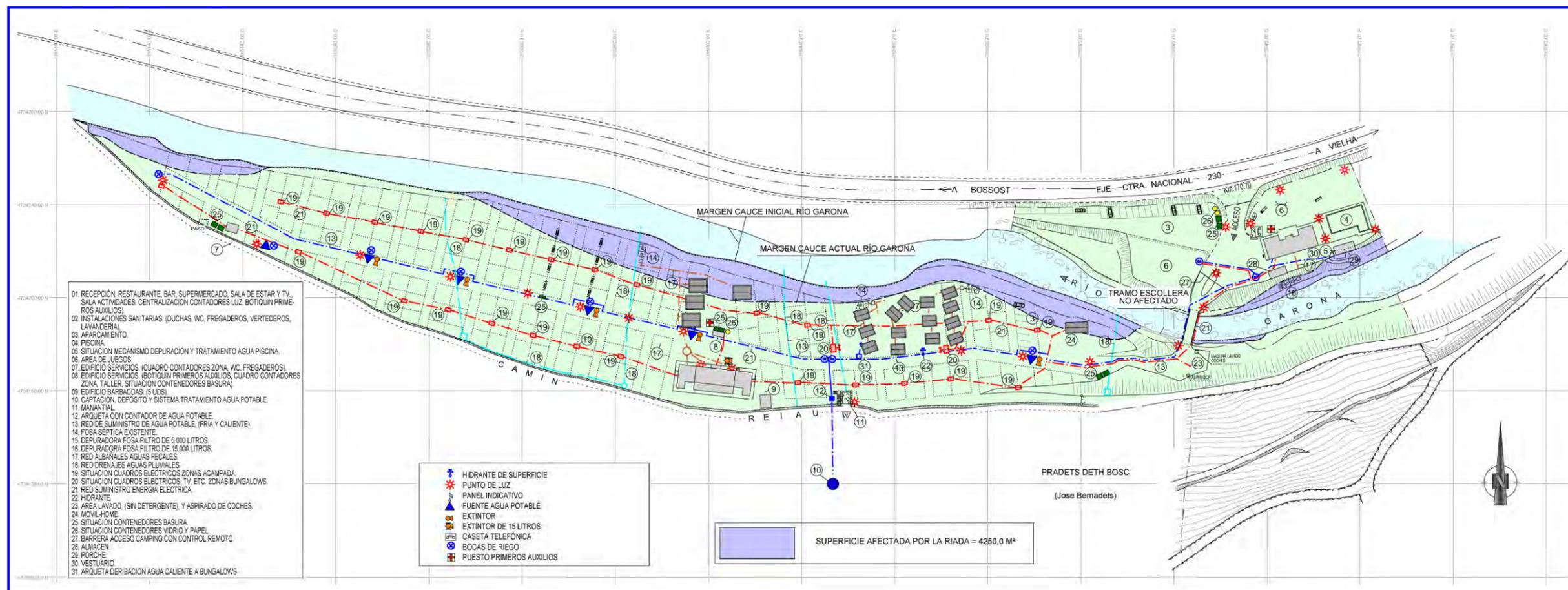
**Figura 4. Modelo de terraza fluvial de curso alto-medio, en la que se ubica el Camping Verneda.**

Las obras se concentran en tres zonas de actuación, que se identifican en la Figura 5, definidas por las siguientes actuaciones:

- ↪ **Zona 1.** Reconstrucción de la escollera a la entrada del río Garona en el sector del Camping Verneda (Fotografía 4). Se trata de un tramo de 50 m de longitud, en la margen derecha del río. En él la escollera se ha cimentado a 2 m de profundidad, mediante un ciclópeo de hormigón, y se ha reparado el muro. En esta zona se incluye, también, un tramo en la margen izquierda, de 16 m de longitud, donde se reparó la escollera bajo el puente de acceso al camping.
- ↪ **Zona 2.** Reparación y construcción de 78 m de escollera, en la margen izquierda del río Garona, en el sector en el que se ubican los bungalows (Fotografía 5 y Fotografía 6). Aquí la escollera se cimentó a 2 m de profundidad y se reconstruyó el muro, al tiempo que se dio más anchura al cauce. También, en esta zona, se retiró del cauce un arbolado de chopos (Fotografía 7), que suponían un riesgo potencial por obstrucción a la corriente hídrica, obstáculo incrementado por el enraizamiento de los árboles y la caída de ramas.
- ↪ **Zona 3.** Escollera de nueva construcción, con 240 m de longitud, que se prolongó para evitar efectos de erosión de cauce, a favor de la concavidad del río (Fotografía 8). Esta nueva escollera se ha levantado hasta igualar en altura con la plataforma definida por la antigua terraza aluvial, en la que se ubica el camping, y en la se abrió cauce el río en el actual periodo interglacial. Igualmente se eliminaron obstáculos en el cauce, se regularizó el lecho y se ganó amplitud para la corriente fluvial.

La escollera se ha construido con bloques de piedra, apoyados en su cara inferior en al menos dos bloques, manteniendo contacto con sus bloques laterales adyacentes, con el fin de asegurar así la mejor trabazón. La escollera se ha reforzado, en su base con hormigón interior y, en la parte aérea con vertido de hormigón ciclópeo, no visto. Para evitar la acumulación de agua en su trasdós, se han colocado drenajes, que permiten eliminar hacia el río a posibles aguas superficiales infiltradas.

En la Figura 5 se ha resaltado en sombreado la zona afectada por la riada, con ensanchamiento del cauce por efecto erosivo.



Fuente: Camping Verneda.

Figura 5. Actuaciones de protección realizadas.



Foto: Camping Verneda.

**Fotografía 4. Reconstrucción de la escollera de protección en el puente de acceso al Camping Verneda.**



Foto: Camping Verneda.

**Fotografía 5. Culminación de trabajos en la Zona 2, tras reparación y construcción de escollera con cimentación en roca o hasta 2 m de profundidad.**



Foto: FRASA. Marzo 2014.

**Fotografía 6. Escollera levantada en la Zona 2.**



Foto: Camping Verneda.

**Fotografía 7. Presencia de chopos en zona bungalows antes de la crecida.**



Foto: FRASA. Marzo 2014.

**Fotografía 8. Vista de las defensas de escollera en la Zona 2 y la Zona 3, de nueva construcción (situación actual).**

Estas actuaciones se iniciaron el 20 de Noviembre de 2013 y, tras cuatro meses de trabajos, se puede decir que prácticamente se ha concluido todo lo proyectado, referente a reparación y construcción de escolleras, así como el despeje de obstáculos en el cauce, quedando pendiente de construir la valla de protección personal, en la coronación de la escollera y sobre la pasarela de acceso, así como acabados en senderos y pequeños retoques finales.

La metodología de actuación, en las tres zonas descritas, ha sido similar y ha consistido en:

- ↳ Dragado y limpieza previa del cauce del río Garona; limpieza de sedimentos.
- ↳ Retirada de árboles (chopos) enraizados en la margen del cauce.
- ↳ Construcción de un muro de escollera, cimentado dos metros bajo la profundidad del cauce actual.
- ↳ Relleno del trasdós, entre el muro de escollera y el terreno, con material procedente de la limpieza del cauce.

En el sector del puente se ha reforzado, además, el muro hidráulico de mampostería, en la margen izquierda, que se vio parcialmente socavado por la riada.

Como consecuencia de las obras realizadas, el cauce del río se ha visto ensanchado a su paso por el Camping Verneda, al tiempo que se ha despejado el cauce de obstáculos, y se han protegido las instalaciones y el área de acampada.

En este sentido hay que destacar que el muro perimetral de escollera, entre el río y el camping, se ha retranqueado desde su posición anterior, como se aprecia en las fotografías tomadas antes y después de la riada, y como puede medirse en la Figura 5.

Todo ello teniendo en cuenta el requerimiento expresado en el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que establece que: *"el Organismo de Cuenca sólo podrá aprobar actividades no vulnerables frente a las avenidas, y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía"*.

Como se ha expuesto, las actuaciones realizadas han supuesto incrementar la capacidad de desagüe y, mediante la construcción de las defensas adecuadas, aumentar notoriamente la seguridad frente a avenidas.

En este sentido en la Fotografía 9 y la Fotografía 10, se aprecia como era el cauce, la ribera y su vegetación, antes de la crecida y de los trabajos de limpieza y protección realizados, tras la inundación del 18 de junio de 2013. Si se compara con las fotos actuales se puede apreciar la ganancia de anchura en el cauce, y la altura de la zona de la terraza fluvial en la que se ubica el Camping Verneda (Fotografía 11 y Fotografía 12).



Foto: Camping Verneda.

**Fotografía 9. Cauce del río antes de la riada.**



Foto: Camping Verveda.

**Fotografía 10. Zona de bungalows antes de la riada.**



Foto: FRASA. Marzo 2014.

**Fotografía 11. Instalaciones del camping Verveda desde la margen derecha del río Garona. Detalle de la escollera de protección.**



Foto: FRASA. Marzo 2014.

**Fotografía 12. Zona de bungalows en la que se constata la ampliación del cauce del río.**

### 5.1.3 Situación actual del cauce del río Garona

Para analizar las consecuencias de la riada, se puede comparar el registro fotográfico del vuelo disponible en el visor del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC), correspondiente al año 2012 (Figura 6), con el correspondiente a octubre de 2013 (Figura 7).

Estos registros permiten apreciar el ensanche del cauce, por efecto de la erosión provocada por la crecida, nuevo cauce que se ha respetado en la construcción del nuevo muro de escollera.



Fuente: Visor Cartogràfic ICC.

**Figura 6. Vuelo del año 2012. Cauce antes de la riada del 18 de junio de 2013.**



Fuente: Visor Cartográfico ICC.

**Figura 7. Vuelo de octubre 2013. Cauce tras la riada del 18 de junio de 2013.**

## **6 SOLICITUD DE MODIFICACIÓN DE ZONA DE FLUJO PREFERENTE**

---

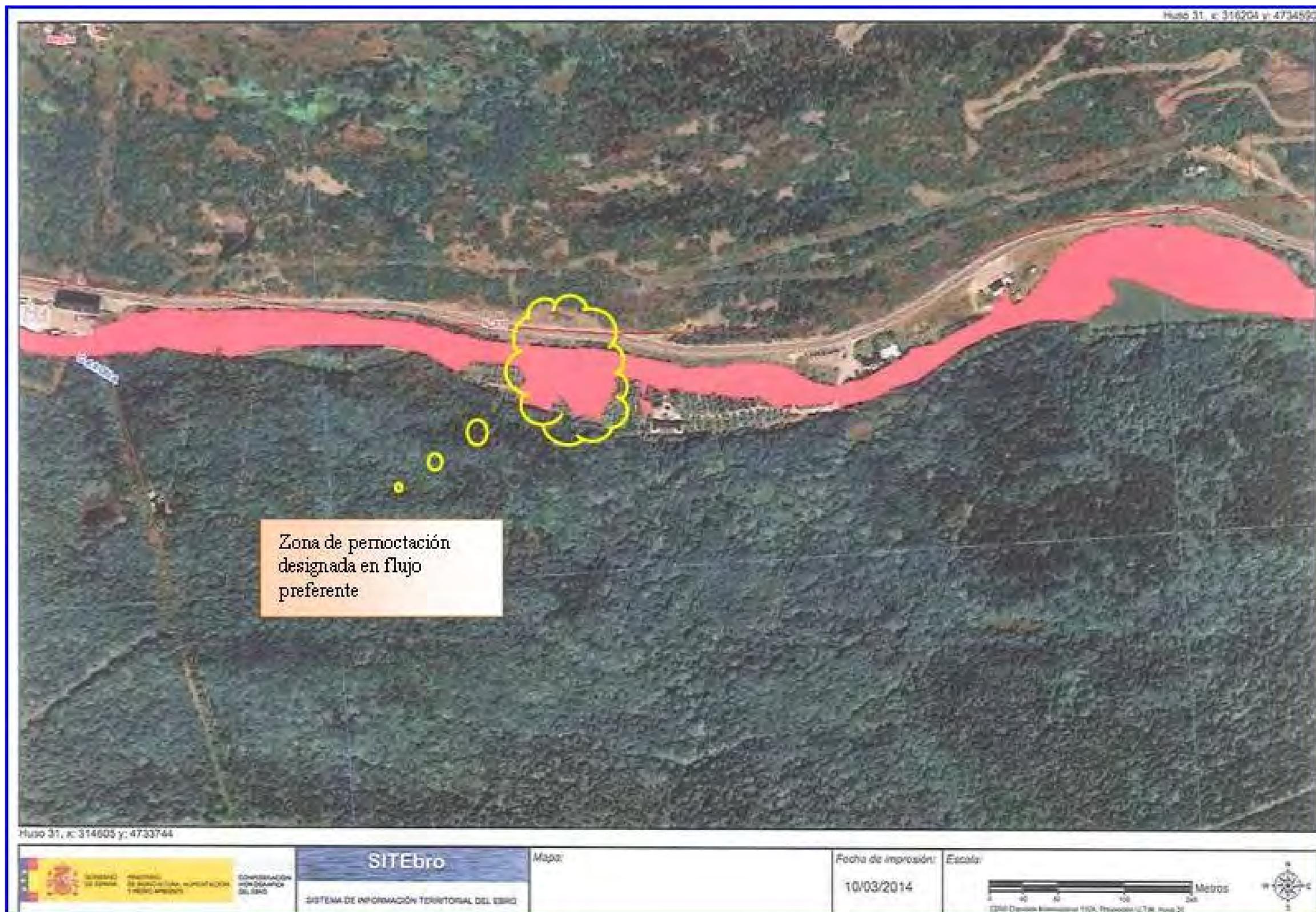
### **6.1 Zona de flujo preferente planteada por CHE**

Tal y como se cita en el Real Decreto 9/2008 de 11 de enero *“La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas o vía de intenso desagüe, y de la zona donde para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir grandes daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas”*.

Es decir, en la definición de esta zona se consideran dos subzonas: la de concentración de flujo durante las avenidas, y la correspondiente al periodo de retorno de 100 años, para delimitar a partir de ellas la envolvente o suma de áreas superpuestas.

Complementariamente, a la definición de esta zona, se establecen los mapas de peligrosidad, elaborados en el marco del Real Decreto 903/2010, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

En este contexto se sitúa, *a priori*, la delimitación de zona de flujo preferente, propuesta por la CHE, y representada en la Figura 8, que afectaría al sector más importante de pernoctación en el Camping Verneda.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

Figura 8. Delimitación de la zona de flujo preferente propuesta por la CHE.

## 6.2 Cuestiones técnicas a considerar

A nuestro entender, y desde el punto de vista de ingeniería, existen circunstancias que no se han tenido en consideración, y que tienen influencia notoria al establecer la zona de flujo preferente.

Nos referimos, en concreto, a los aspectos relativos a:

- ↳ Cotas del terreno en el que se asienta el Camping Verneda y cotas del río Garona.
- ↳ Actuaciones realizadas de ensanche y limpieza del cauce y de eliminación de obstáculos.
- ↳ Construcción de muros de escollera (con su correspondiente anclaje en profundidad).

Para una mejor comprensión, se ha ampliado el sector correspondiente al Camping Verneda, en la delimitación elaborada por la CHE (Figura 9), lo que permite observar la extensión de la zona de flujo preferente propuesta, con respecto al camping, que en esas condiciones desaparecería.

Y, para una mejor comparación, en la Figura 10 se incluye la imagen captada tras la avenida de 2013, que evidencia cómo la zona designada de flujo preferente no se corresponde a la vía de desagüe, aun en condiciones previas a las actuaciones realizadas en el entorno del Camping Verneda.

A mayor abundamiento hay que insistir en que todas esas actuaciones de ingeniería hidráulica realizadas, descritas en capítulos precedentes, suponen:

- ↳ un mejor encauzamiento del río,
- ↳ una ampliación notable en la anchura del cauce (a costa de pérdida de terreno por el camping),
- ↳ una liberación de todos los obstáculos permanentes, y
- ↳ una defensa contra avenidas mediante muros de escollera anclados.

En este sentido podemos resaltar el empeño puesto por la propiedad del Camping Verneda, que es, sin duda, el máximo interesado en conseguir las condiciones de seguridad para los acampados y sus instalaciones.

Camping que, por otra parte, no está expuesto a la posibilidad de aportes de aguas desde arroyos o piedemonte, que pudieran atravesarlo, al no existir estos.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

**Figura 9. Sector del Camping Verneda afectado por la zona de flujo preferente según la propuesta realizada por la CHE**



Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

**Figura 10. Sector del Camping Verneda afectado por la zona de flujo preferente propuesta por la CHE. Vuelo de octubre 2013.**

Una evidencia de cuanto decimos se puede obtener a partir de la Fotografía 13, en la que se ha marcado el sector del camping afectado por la zona de flujo preferente propuesta por la CHE, en la que no se han tenido en cuenta las consideraciones expuestas en este Dictamen Técnico y, en especial, la defensa de escollera que previene contra la erosión y protege frente a avenidas. En esta

fotografía se observa, también, que con el nuevo muro de escollera ha quedado suavizado el trazado de la margen, en esta zona, dándole más anchura al cauce del río Garona.



Foto: FRASA. Marzo 2014.

**Fotografía 13. Zona de flujo preferente propuesta por la CHE, en el sector del Camping Verneda.**

Para la delimitación de esta zona, entendemos que es fundamental tener en cuenta el comportamiento observado frente a la riada del 18 de junio de 2013, así como todo el conjunto de actuaciones contra las avenidas y, en especial, lo referente a: ensanchamiento del cauce, eliminación de obstáculos, erección de muro de escollera, actuaciones localizables en la Figura 5, todas ellas de ejecución posterior a la fecha del vuelo post-inundación (octubre de 2013).

A mayor abundamiento, para poder apreciar mejor las actuaciones en esta zona, y atender al requerimiento de la CHE de presentar varios perfiles transversales, se han levantado tres perfiles topográficos acotados, transversales al cauce, en el sector más amplio de la zona de flujo preferente propuesta por la CHE.

La situación en planta de estos perfiles se muestra en la Figura 11, y su sección vertical en la Figura 12.

En las secciones verticales no se ha podido topografiar la sección bajo la lámina de agua, por la fuerte corriente del río.

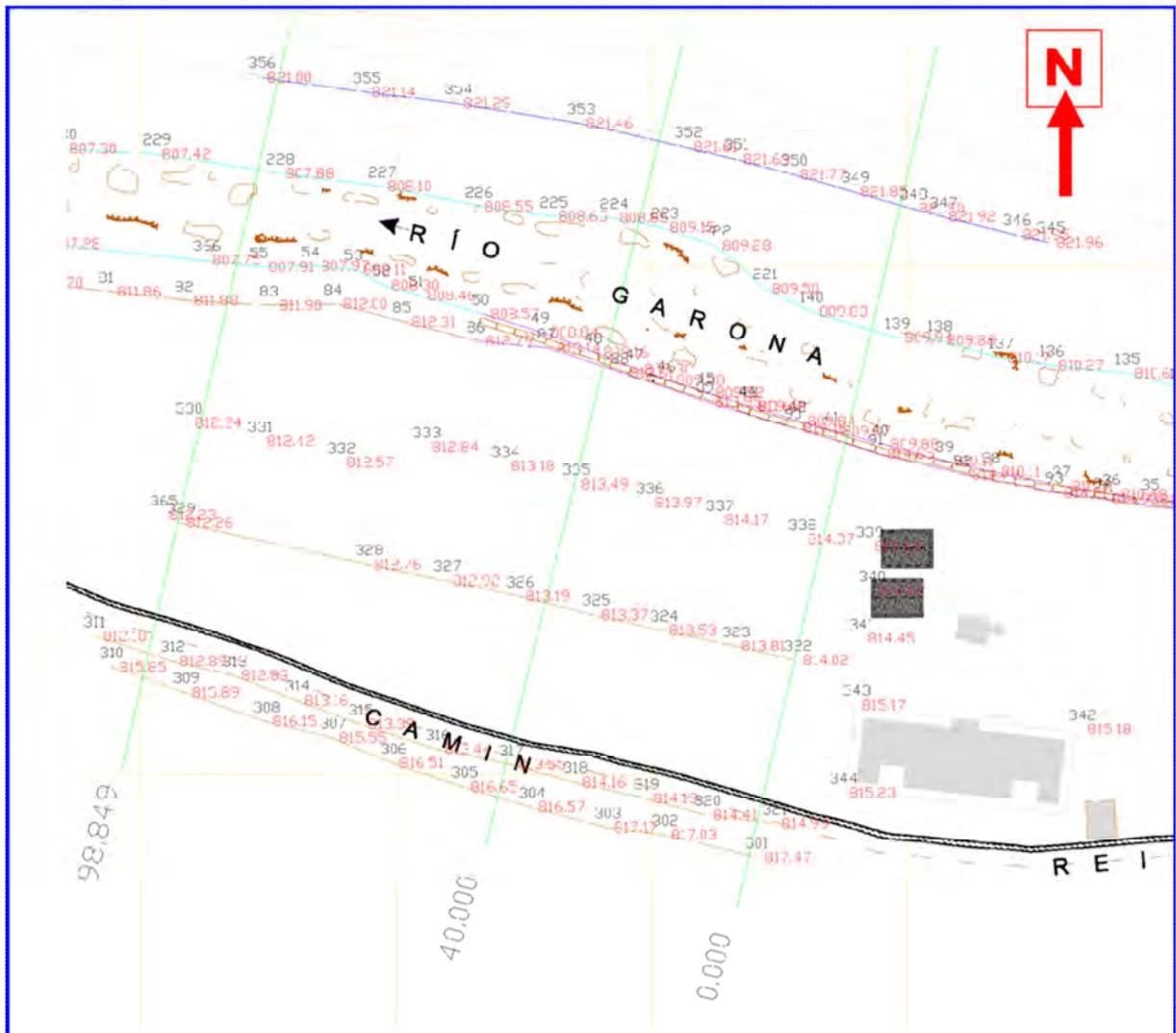
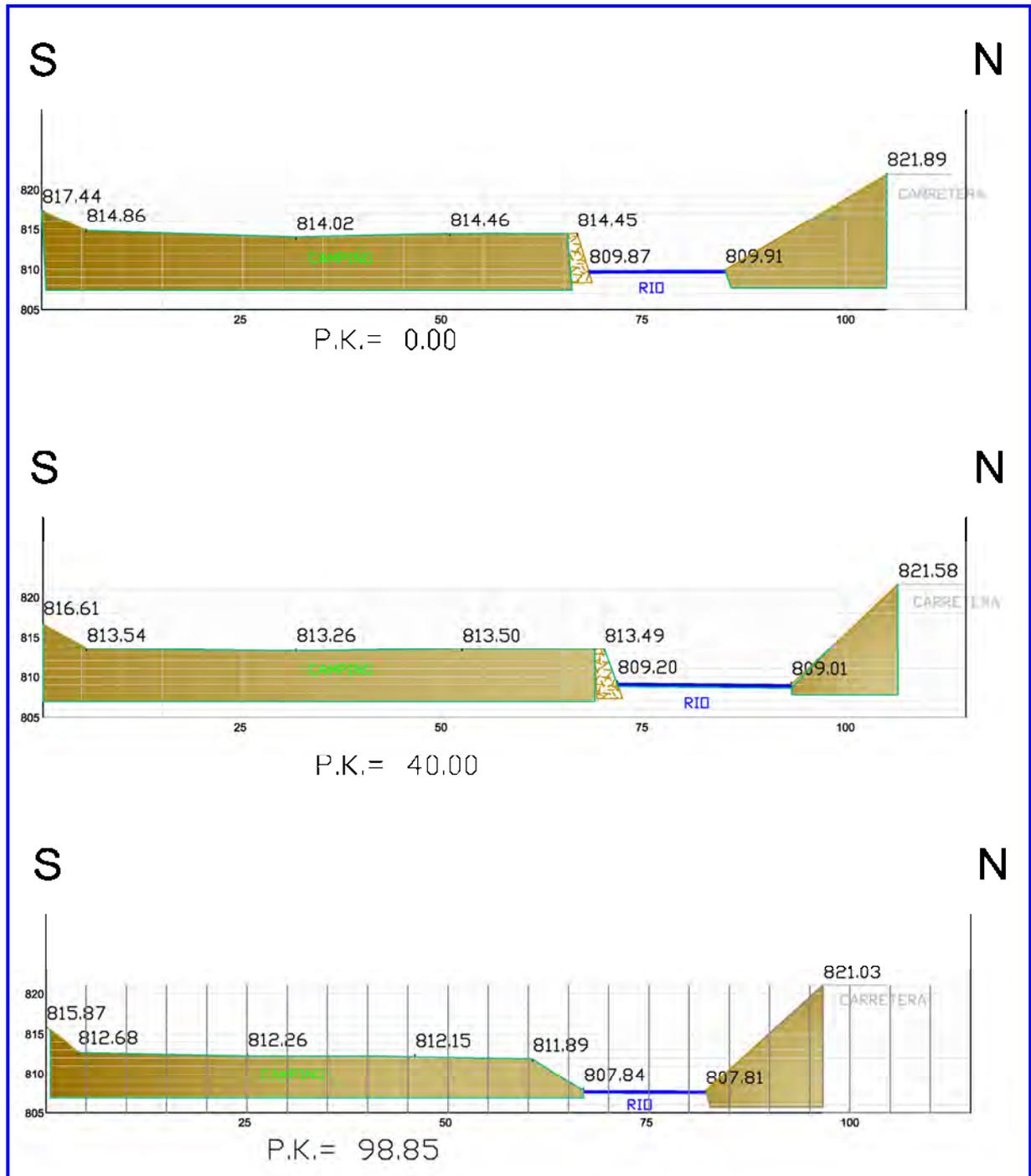


Figura 11. Situación en planta de los perfiles topográficos levantados transversales al río Garona.



**Figura 12. Perfiles topográficos levantados transversales al río Garona.**

Como ya hemos indicado, los perfiles realizados a solicitud de los autores de este Dictamen Técnico, se han trazado cubriendo la zona de flujo preferente propuesta por la CHE, que afectaría de lleno al Camping Verveda. En estos perfiles se aprecia cómo la escollera protege la zona de potencial entrada de agua por avenida.

En estos perfiles se constata la elevación de la escollera y de los terrenos próximos al cauce sobre el nivel del agua en el río, incluso en la situación de aguas altas correspondiente al 26 de marzo de 2014, fecha de levantamiento de estos perfiles (Tabla 1).

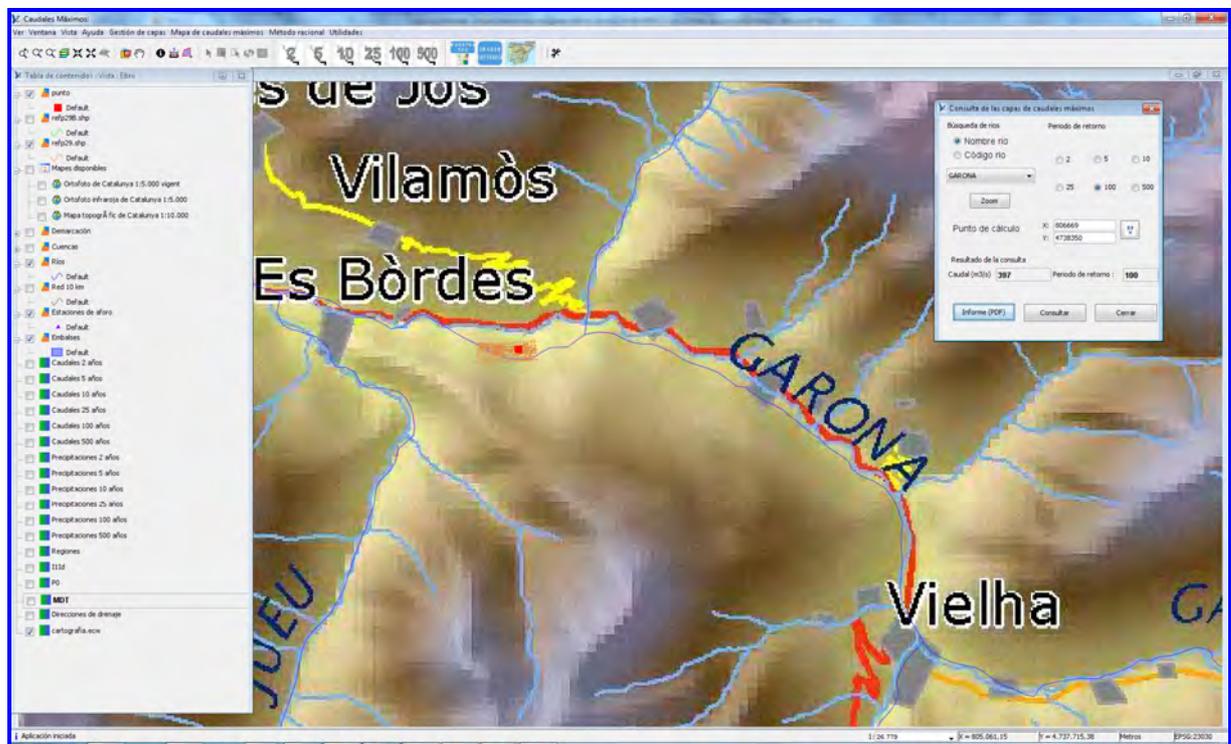
Perfil	Cota de la escollera (m)	Cota del río (m)	Diferencia (m)
0,00	814,45	809,87	4,58
40,00	813,49	809,20	4,29
98,85	811,89	807,84	3,95

**Tabla 1. Elevaciones de la escollera sobre el nivel del agua en el río (26/03/2014).**

Es de destacar que, en las inundaciones acontecidas el 18 de junio de 2013, en el valle de Arán, la afección a terrenos del Camping Verneda no se corresponde con la zona de flujo preferente marcada, aunque si afectó a una parte de la escollera, y un talud en la Zona 3 por lo que ahora se ha retranqueado hacia el camping, se ha anclado a dos metros de profundidad y se han empleado bloques de piedra de mayor tamaño. Igualmente se ha construido la nueva zona de escollera para evitar la erosión.

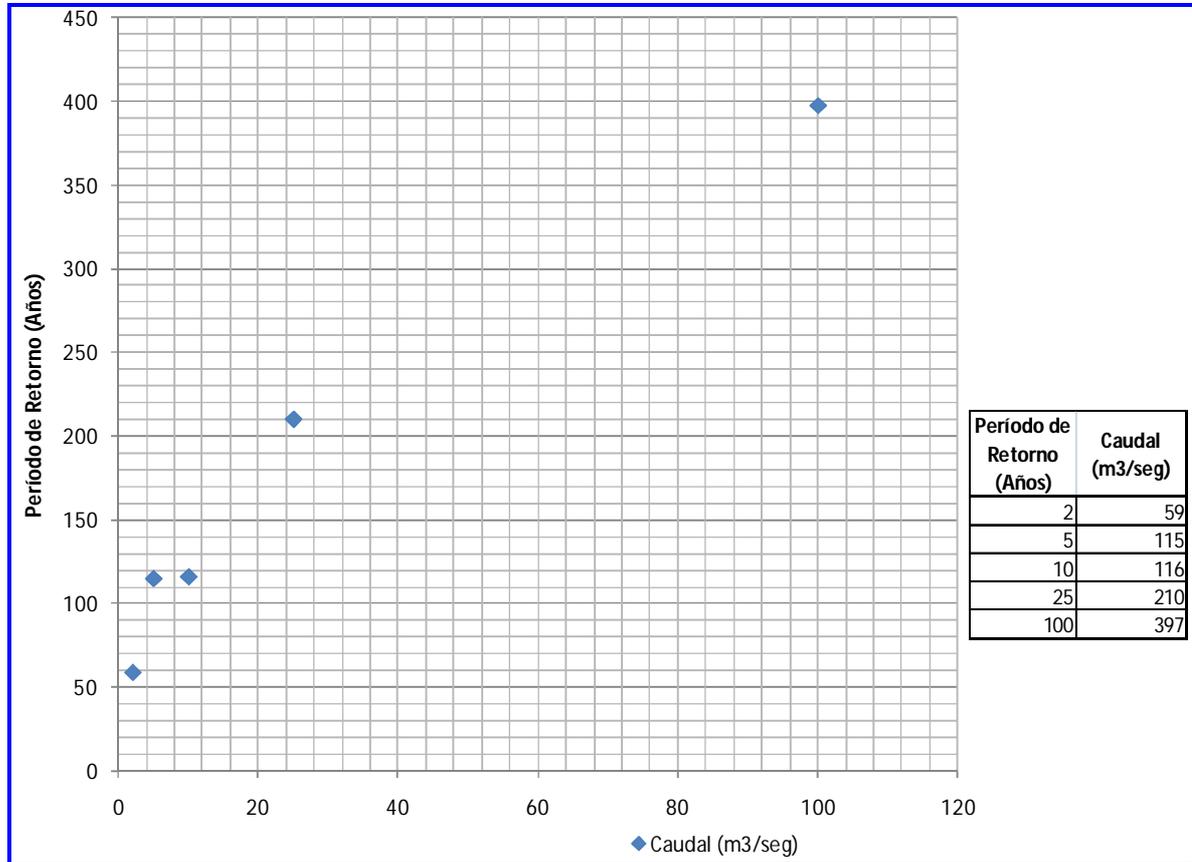
Para analizar las características de la hipotética avenida, correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, se ha acudido a la “*Memoria Resumen de los Mapas de Peligrosidad y riesgo de Inundación*”, elaborada por la UTE Euroestudios - Getinsa, para la CHE en diciembre de 2013. En ella el cálculo de caudales máximos y de mapas de inundación, se elabora a partir del programa CAUMAX, desarrollado por el CEDEX, para el Ministerio de Agricultura, y cuya última versión data de Marzo de 2013. Con este programa se han obtenido los caudales correspondientes a los diferentes periodos de retorno, así como los Modelos de Elevación considerados.

En la Figura 13 se observa la situación del río Garona, en dicho Modelo de Elevación, del que se puede decir que es correcto para un estudio de carácter regional, pero que no es el más adecuado para estudios de detalle.



**Figura 13. Cálculos realizados. Programa CAUMAX (CEDEX version 2013).**

A partir de este programa se han calculado los caudales para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 100 años, que se representan en la Figura 14.



**Figura 14. Caudales máximos por períodos de retorno. Programa CAUMAX (CEDEX 2013).**

En la zona en la que el río Garona discurre junto al Camping Verneda, y de acuerdo con los perfiles topográficos obtenidos (Figura 12), la sección promedio del cauce, sobre el nivel del agua y hasta la coronación del muro de escollera, tiene una superficie media de 109,37 m<sup>2</sup>. A esta superficie hay que añadir la de circulación de agua, el día de levantamiento de los perfiles, que para una anchura media de 19 m, y una profundidad media estimada de 0,50 m, supone otros 9,5 m<sup>2</sup>, lo que totalizarían 118,87 m<sup>2</sup> de sección.

También, según dichos perfiles, la pendiente del cauce es superior al 2% (pendiente elevada pero normal en un cauce de montaña), lo que trae consigo la prioridad de los procesos erosivos contra los sedimentarios.

En estas condiciones, asumiendo una sección del cauce de 118,87 m<sup>2</sup>, y una velocidad de 3,5 m/s<sup>2</sup>, en el tramo recto en el que se ubica el Camping Verneda, sin obstáculo alguno al flujo del agua, se obtendría que podría admitir un caudal de 416 m<sup>3</sup>/seg, superior al de la crecida con periodo de retorno de 100 años (caudal del 397 m<sup>3</sup>/seg).

Es así que es previsible que la máxima avenida discurriría por el cauce actual, sin sobrepasar al muro de escollera y, por tanto, sin provocar inundación en el Camping Verneda.

<sup>2</sup> Durante las crecidas excepcionales la velocidad llega a ser de 4 m/s en los ríos más caudalosos y de 5 a 10 m/s en algunos afluentes. Referencia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente\\_fluvial](http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_fluvial).

## 7 CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Las actuaciones previstas inicialmente por TRAGSA, que en su ejecución han sido mejoradas por el promotor, se ajustan a la necesidad de restaurar las afecciones causadas por la riada del 18 de junio de 2013 pero, además, han tenido como objetivo proteger las instalaciones de cara a fenómenos hidrometeorológicos de mayor intensidad.

Es así que con ellas se ha conseguido:

- ↳ mejor encauzamiento del río Garona a su paso por las instalaciones del Camping Verneda,
- ↳ mayor sección del cauce en el recorrido potencialmente conflictivo,
- ↳ eliminación de los obstáculos permanentes existentes, y
- ↳ sólida defensa contra avenidas mediante muros de escollera anclados en profundidad.

En estas condiciones, y teniendo en consideración la máxima avenida, correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, calculada con la metodología empleada en los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación, entendemos que procede revisar la zona de flujo preferente, para considerar los nuevos elementos incorporados y las cotas actuales del río y la escollera de defensa, de lo entendemos se derivaría que:

**LOS TERRENOS OCUPADOS POR EL CAMPING VERNEDA PARECE QUE NO SE VERÍAN INUNDADOS POR LA CRECIDA CORRESPONDIENTE A UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.**

Por ello se **solicita** a la CHE que:

**REEVALÚE LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE, APLICANDO LA SITUACIÓN MEJORADA EN EL NUEVO CAUCE DEL RÍO GARONA, A SU PASO POR EL CAMPING VERNEDA.**

Y se plantea una nueva propuesta de zona de flujo preferente, que se refleja en la Figura 15.

Huso 31, x: 315770 y: 4734392



Huso 31, x: 315045 y: 4734008

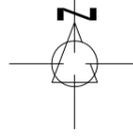
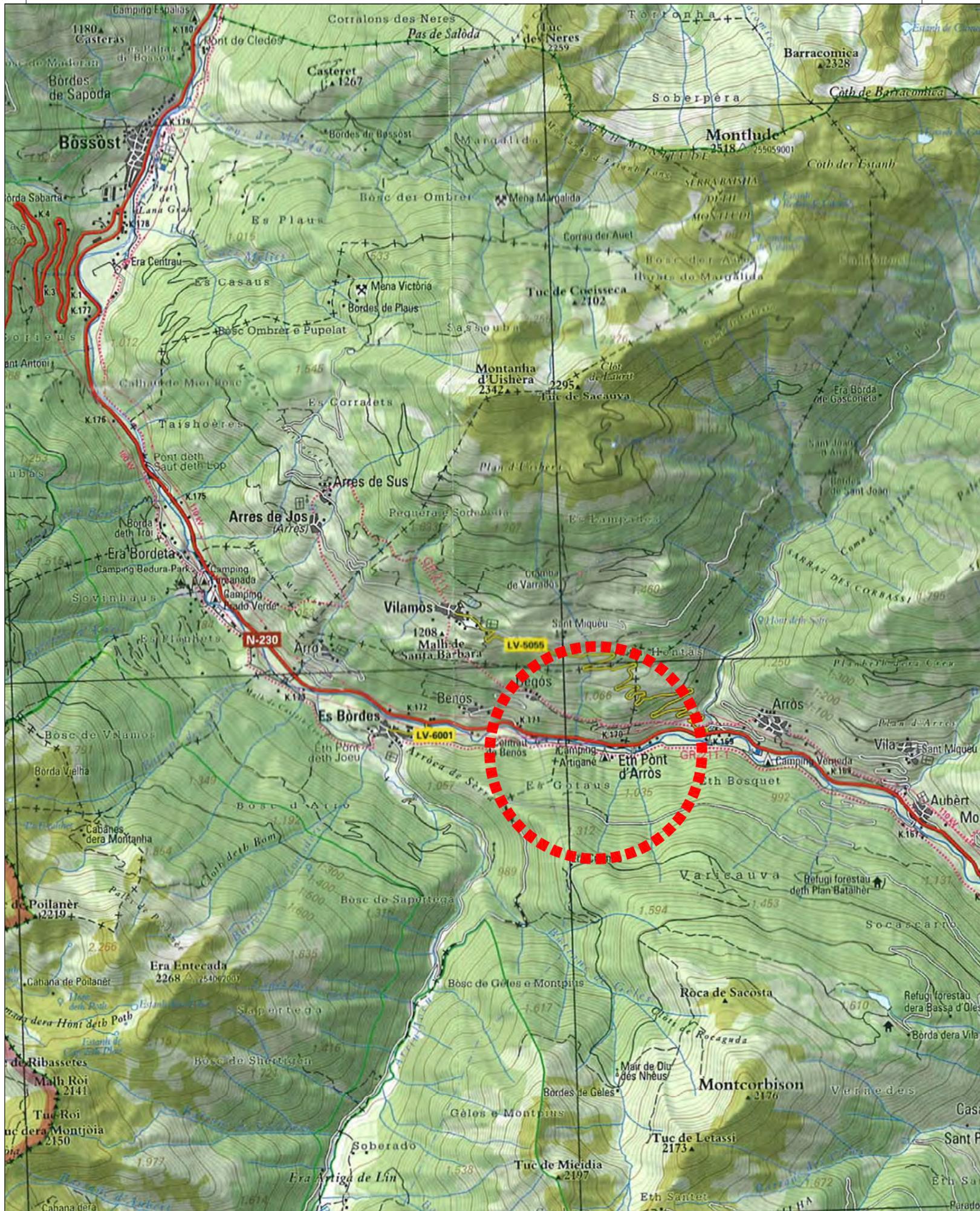
	<p><b>SITEbro</b></p> <p>SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL DEL EBRO</p>	<p>Mapa:</p>	<p>Fecha de impresión:</p> <p>05/04/2014</p>	<p>Escala:</p> <p>ED50 Elipsoide Internacional 1924. Proyección U.T.M. Huso 30</p>
--	--	--------------	--	--

Ortofoto: Visor Cartográfico ICC.

**Figura 15. Zona de flujo preferente propuesta, en el sector del Camping Verneda**

## **DOCUMENTO II.- PLANOS**

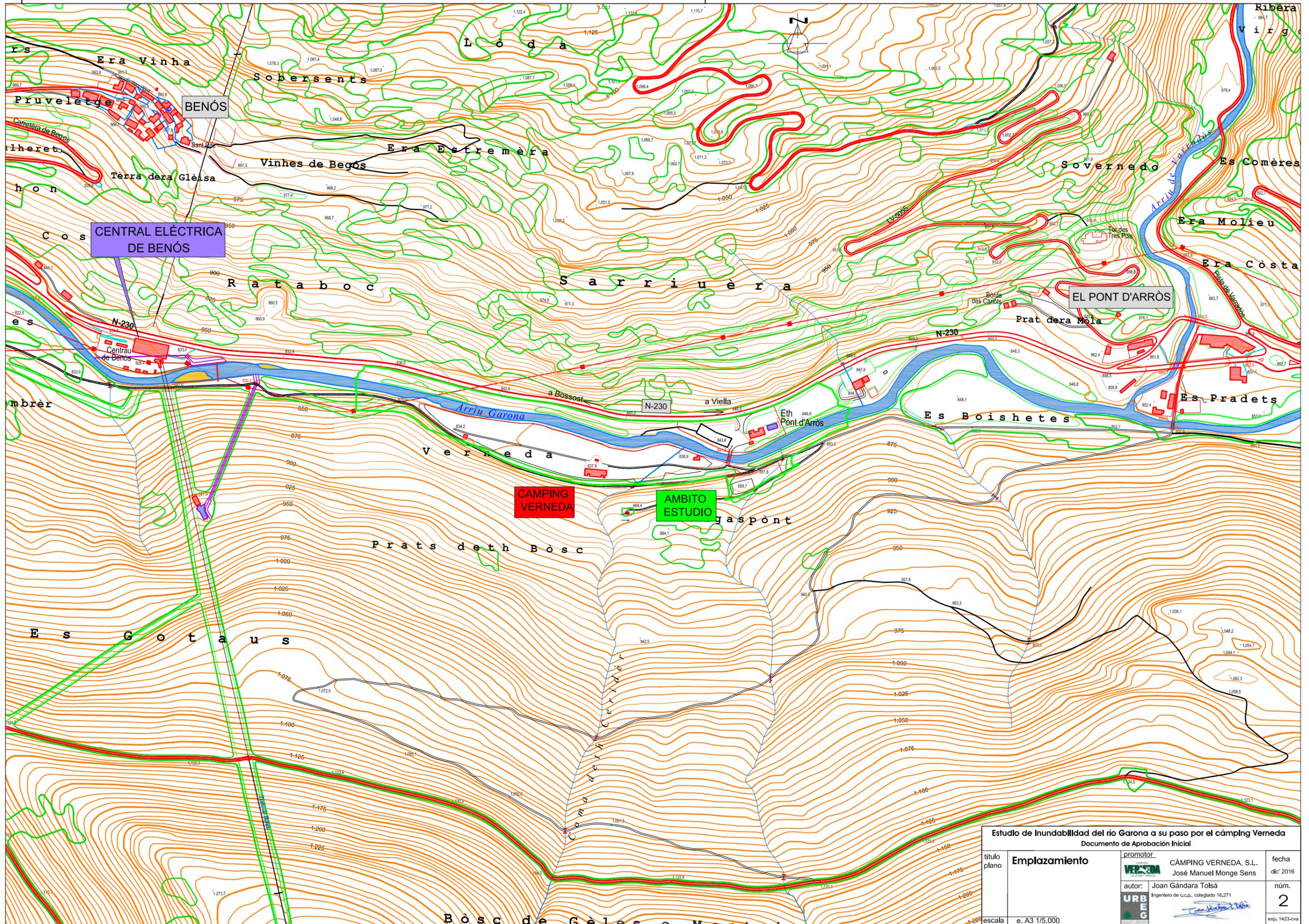
---



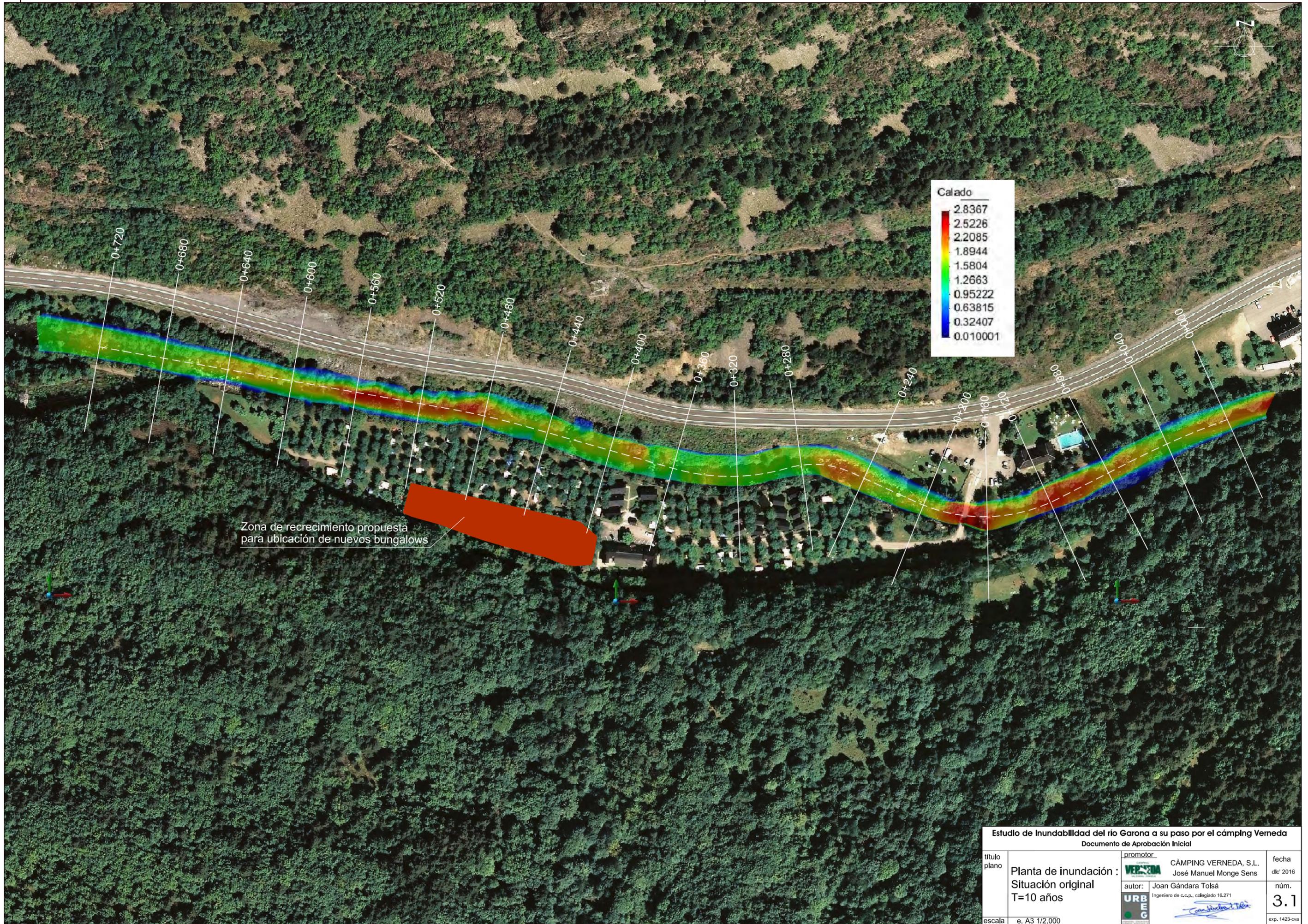
**ÍNDICE:**

- 1.- Situación e índice (1 hoja)
- 2.- Emplazamiento (1 hoja)
- 3.- Planta de inundabilidad (9 hojas)

Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el càmping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
titulo plano	<b>Situación e índice</b>	promotor	CÀMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens
escala		autor:	Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.c.p., colegiado 16,271
		URBEG	fecha dic' 2016
			núm. 1
			exp. 1423-cv8



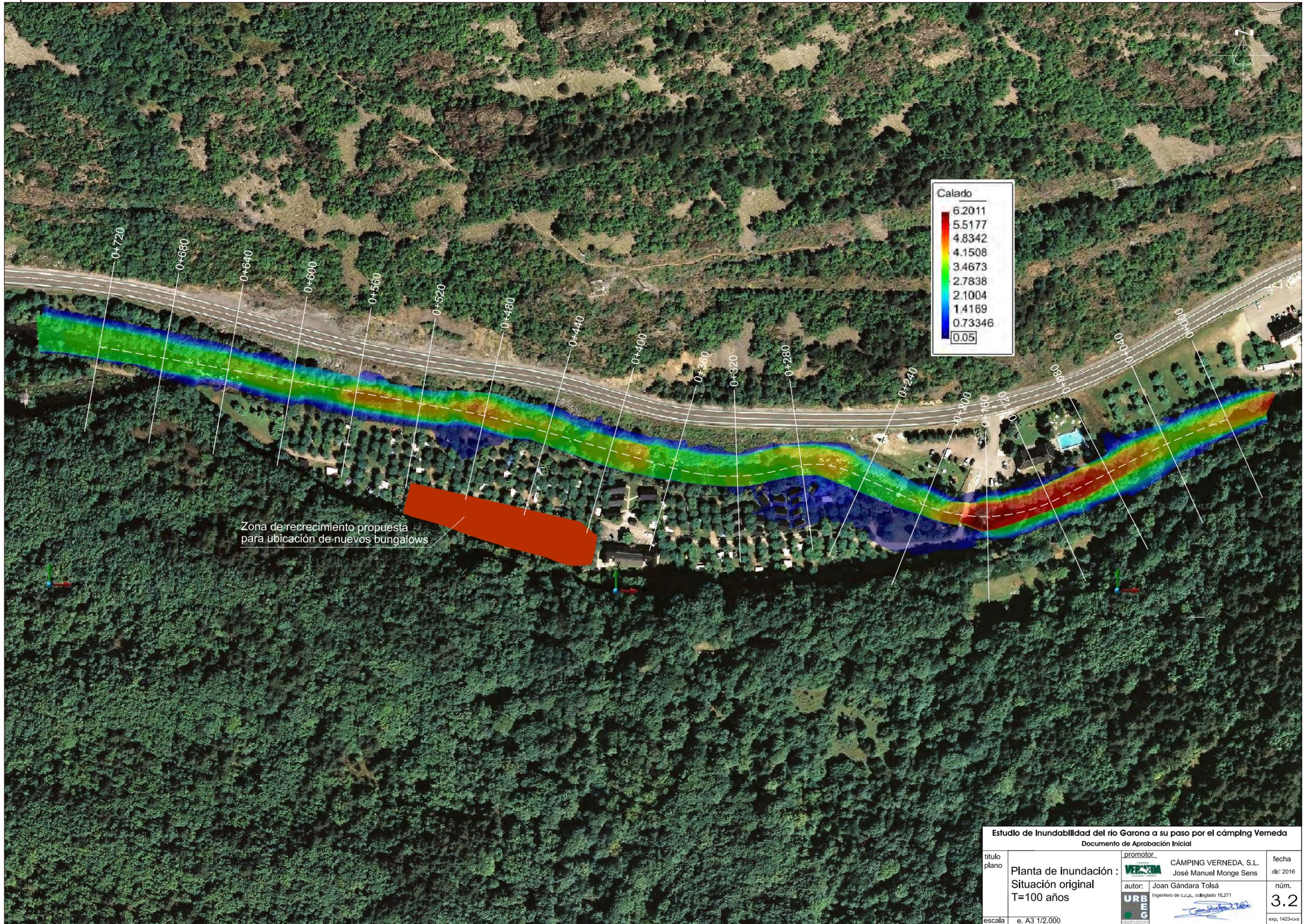
Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el camping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
titulo plano	<b>Emplazamiento</b>	promotor	fecha
		<b>CAMPING VERNEDA, S.L.</b> José Manuel Monge Sens	dic' 2016
		autor:	núm.
		Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.c.p., colegiado 16.271	<b>2</b>
escala	e. A3 1/5.000		exp. 1423-cva



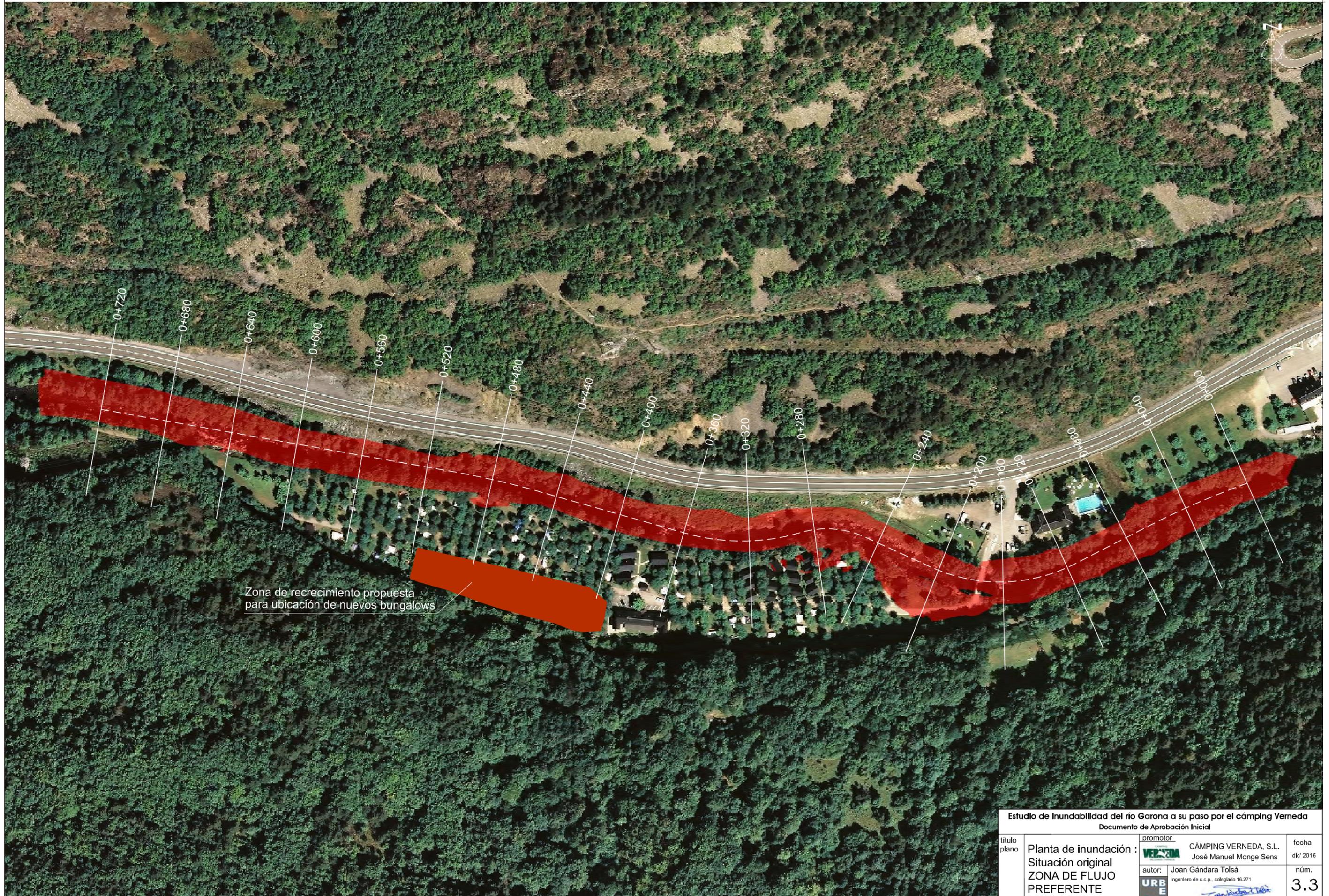
Calado	
2.8367	
2.5226	
2.2085	
1.8944	
1.5804	
1.2663	
0.95222	
0.63815	
0.32407	
0.010001	

Zona de recrecimiento propuesta para ubicación de nuevos bungalows

Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el cámping Verneda Documento de Aprobación Inicial			
promotor	CÁMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha	dic' 2016
autor:	Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.c.p., colegiado 16.271	núm.	3.1
URBEG		exp.	1423-cva
titulo plano	Planta de inundación : Situación original T=10 años	escala	e. A3 1/2.000

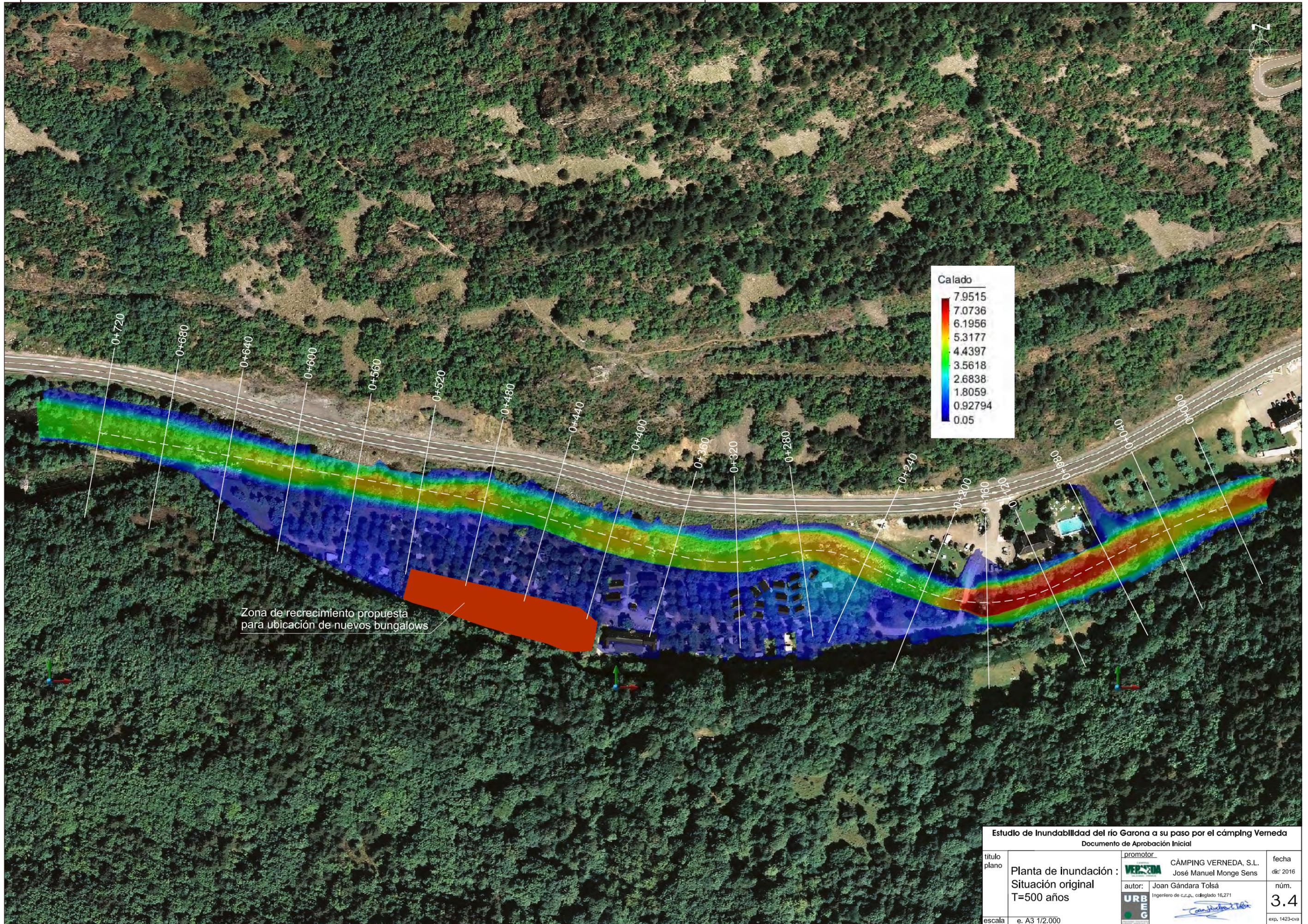


Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el camping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
promotor	CÁMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha	dic' 2016
autor:	Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.e.p., colegiado 16,271	núm.	3.2
URBEG		exp.	1423-cva
escala	e. A3 1/2.000		



Zona de recrecimiento propuesta para ubicación de nuevos bungalows

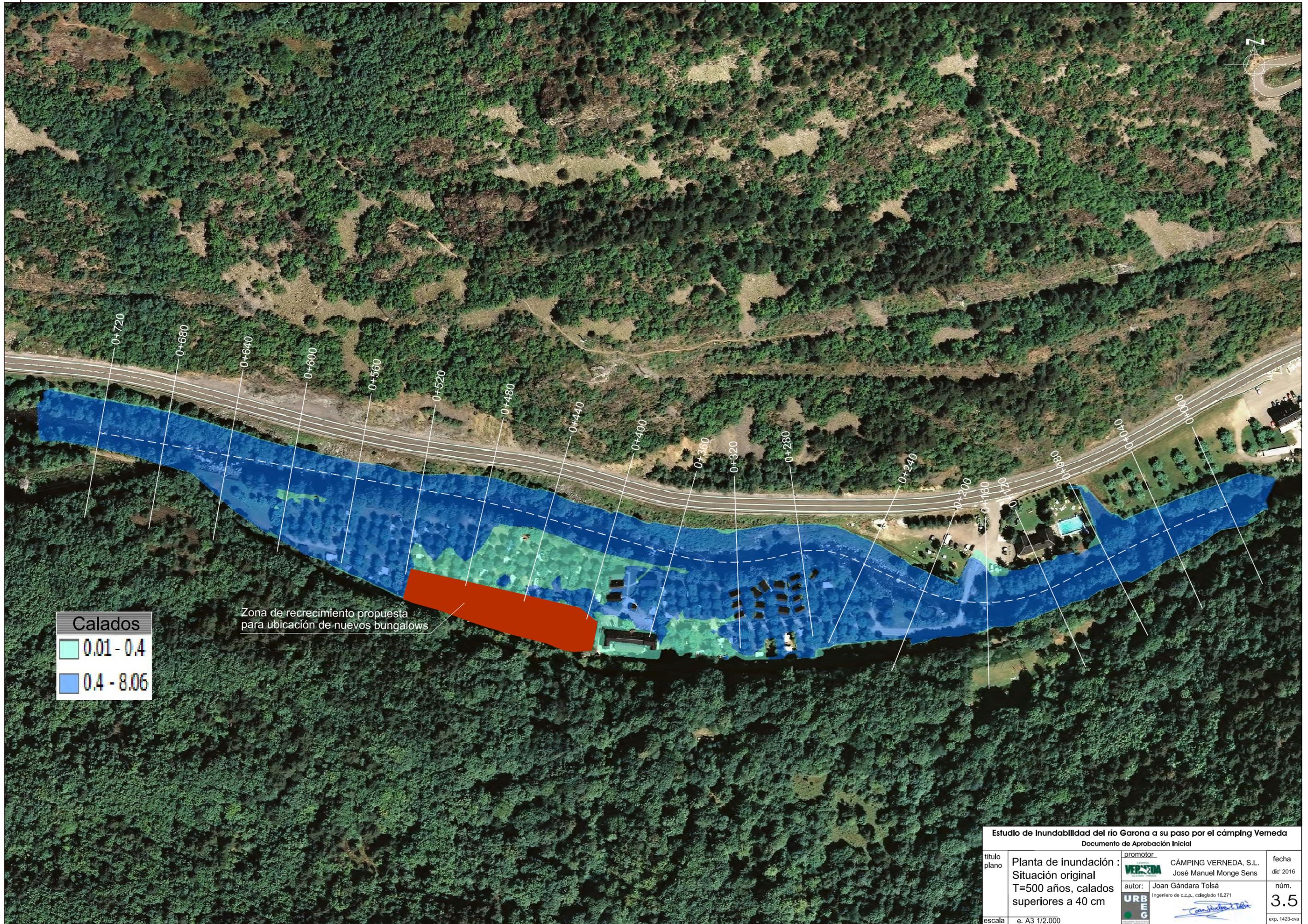
Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el cámping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
promotor	CÁMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha	dic' 2016
autor:	Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.c.p., colegiado 16,271	núm.	3.3
URBEG		exp.	1423-cva
escala	e. A3 1/2.000		



Calado	
7.9515	
7.0736	
6.1956	
5.3177	
4.4397	
3.5618	
2.6838	
1.8059	
0.92794	
0.05	

Zona de recrecimiento propuesta para ubicación de nuevos bungalows

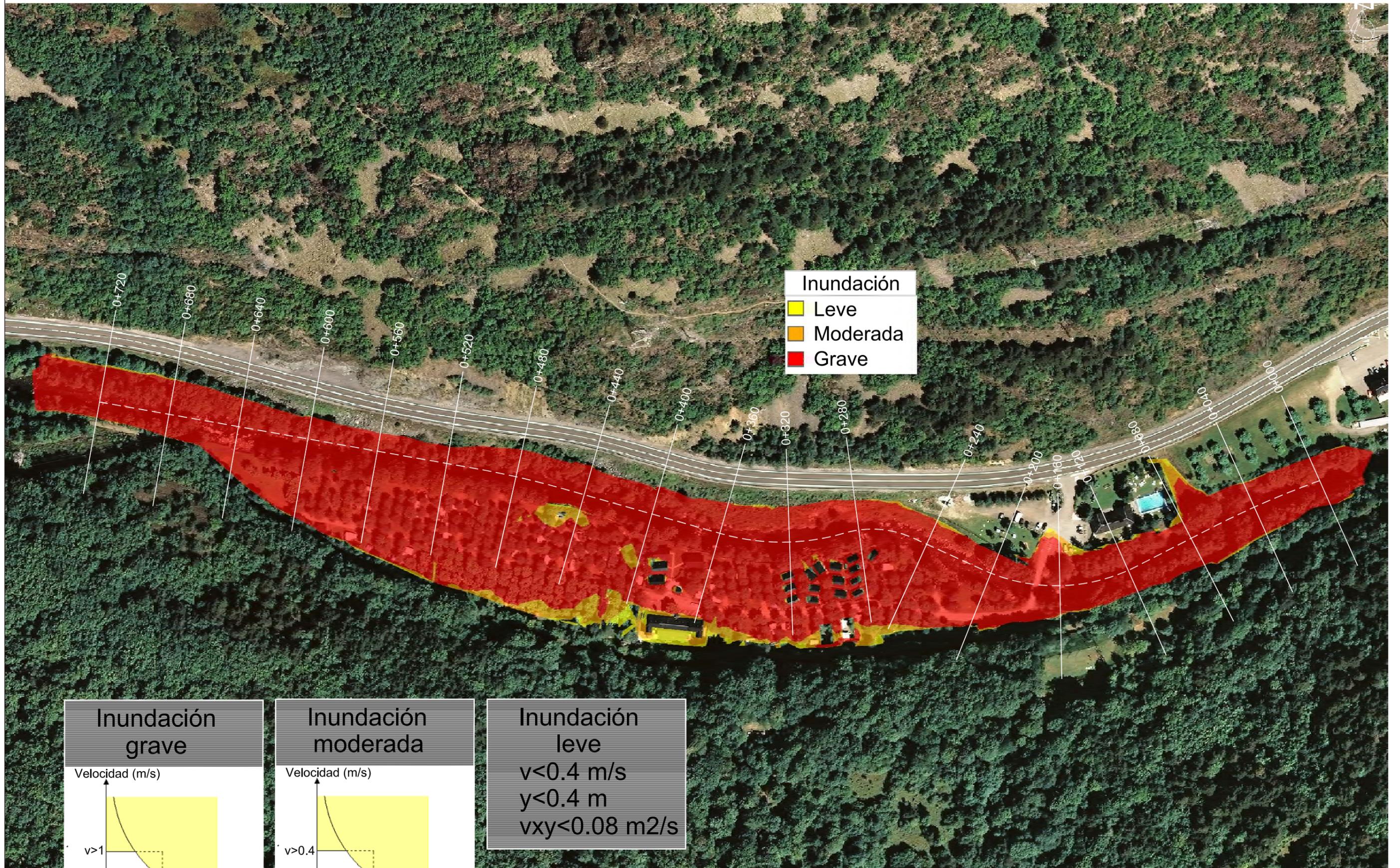
Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el camping Verdeda			
Documento de Aprobación Inicial			
promotor	CÁMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha	dic' 2016
autor:	Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.e.p., colegiado 16,271	núm.	3.4
URBEG		exp.	1423-cva
titulo plano	Planta de inundación : Situación original T=500 años	escala	e. A3 1/2.000



Calados	
<span style="color: lightgreen;">■</span>	0.01 - 0.4
<span style="color: lightblue;">■</span>	0.4 - 8.06

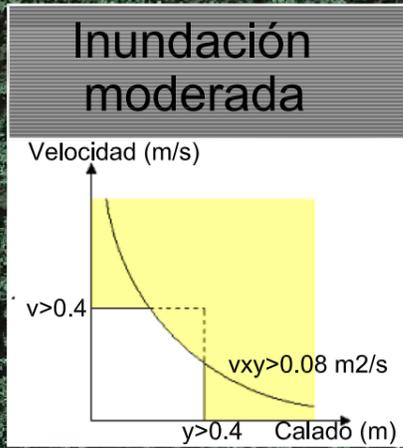
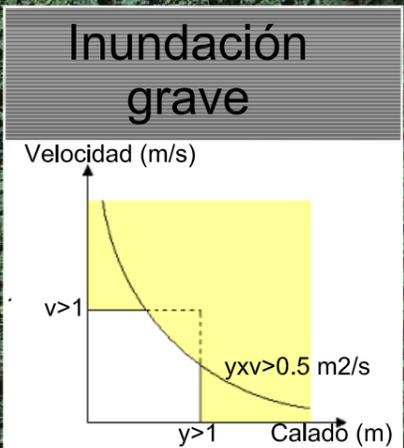
Zona de recrecimiento propuesta para ubicación de nuevos bungalows

Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el camping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
promotor	CÁMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha	dic' 2016
autor	Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.e.p., colegiado 16,271	núm.	3.5
URBEG		exp.	1423-cva
escala	e. A3 1/2.000		



**Inundación**

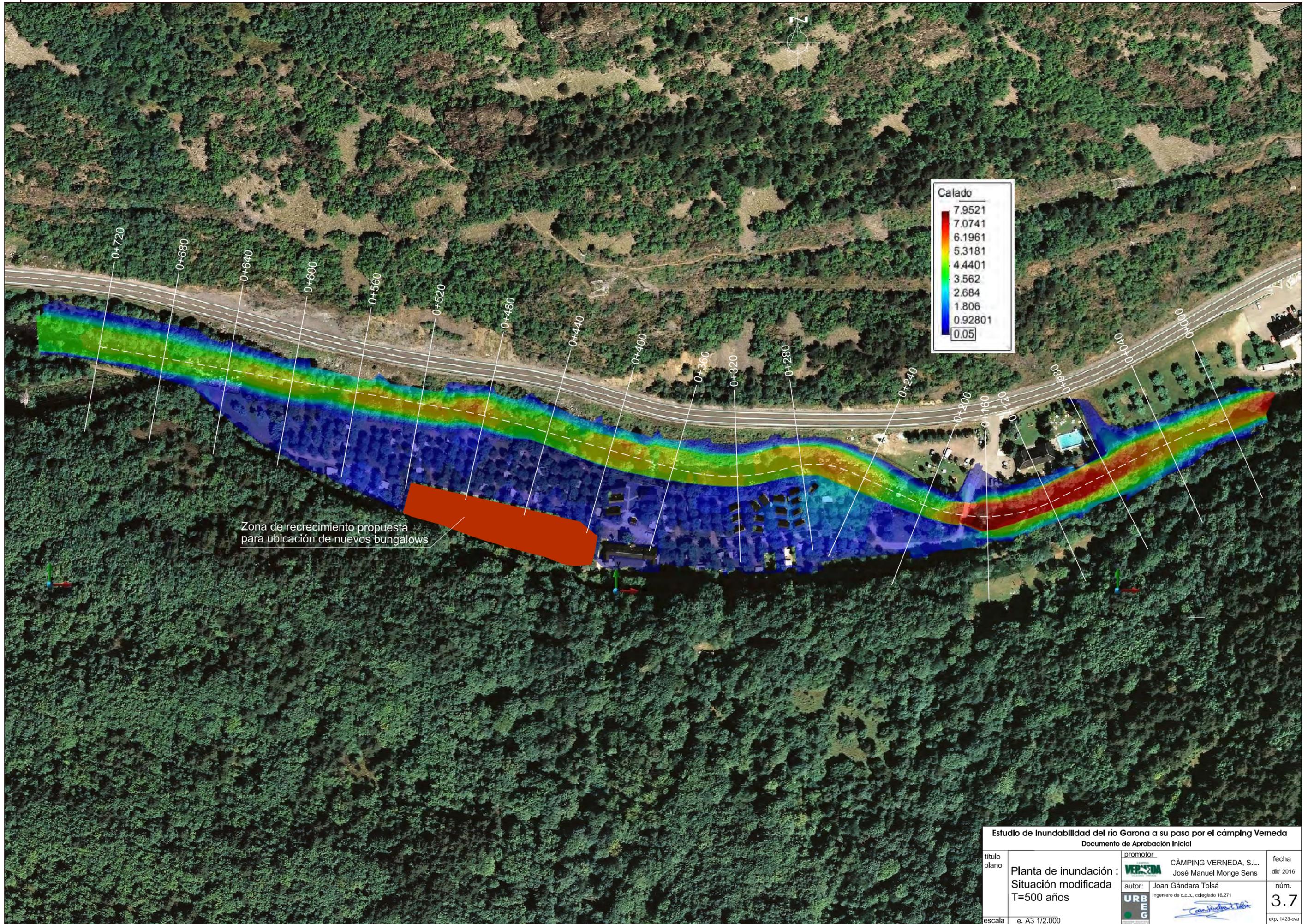
- Leve
- Moderada
- Grave



**Inundación leve**

$v < 0.4 \text{ m/s}$   
 $y < 0.4 \text{ m}$   
 $v \times y < 0.08 \text{ m}^2/\text{s}$

Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el càmping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
título plano	Planta de inundación : Situación original T=500 años, PELIGROSIDAD	promotor CÀMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha dic' 2016
autor:	Joan Gàndara Tolsà Ingeniero de c.c.p., colegiado 16,271	URBEG	núm. <b>3.6</b>
escala	e. A3 1/2.000		exp. 1423-cva

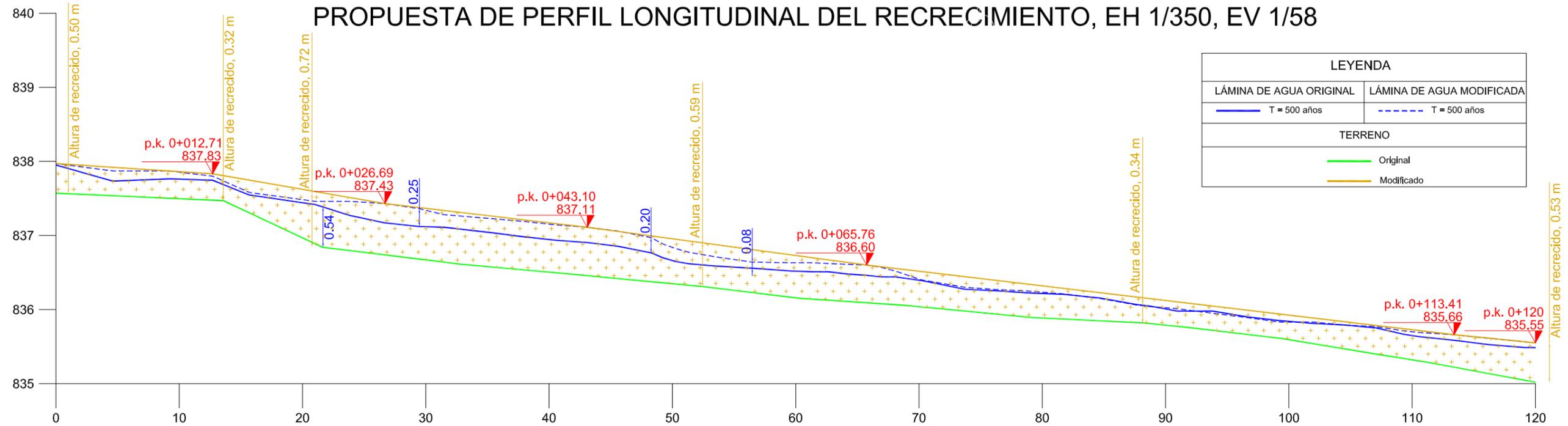


Calado	
7.9521	
7.0741	
6.1961	
5.3181	
4.4401	
3.562	
2.684	
1.806	
0.92801	
0.05	

Zona de recrecimiento propuesta para ubicación de nuevos bungalows

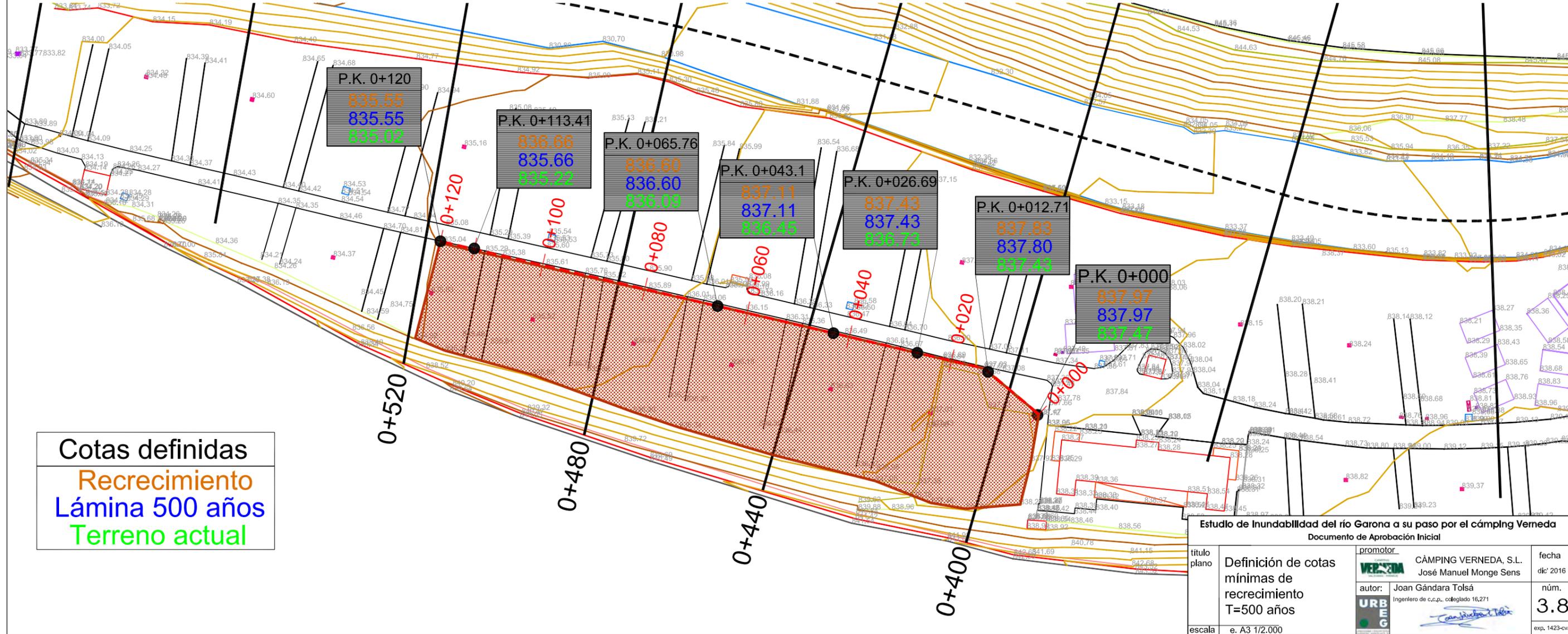
Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el camping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
promotor	CÁMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha	dic' 2016
autor:	Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.c.p., colegiado 16,271	núm.	3.7
URBEG		exp.	1423-cva
titulo plano	Planta de inundación : Situación modificada T=500 años	escala	e. A3 1/2.000

# PROPUESTA DE PERFIL LONGITUDINAL DEL RECRECIMIENTO, EH 1/350, EV 1/58



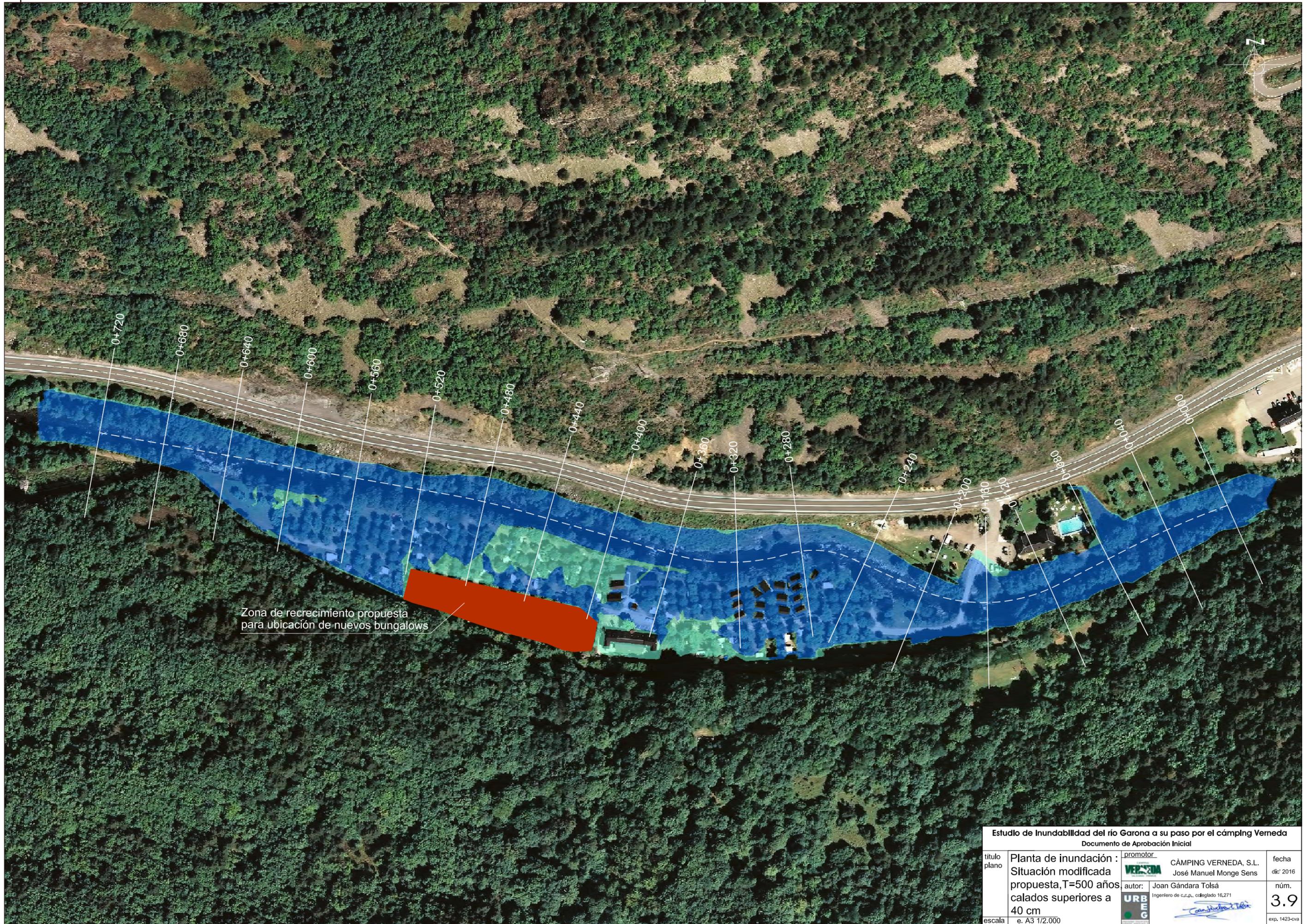
LEYENDA	
LÁMINA DE AGUA ORIGINAL	LÁMINA DE AGUA MODIFICADA
T = 500 años	T = 500 años
TERRENO	
Original	
Modificado	

# PLANTA DEL RECRECIMIENTO PROPUESTO E 1/750



Cotas definidas  
 Recrecimiento  
 Lámina 500 años  
 Terreno actual

Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el camping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
promotor	CÁMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha	dic' 2016
autor:	Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.e.p., colegiado 16.271	núm.	3.8
escala	e. A3 1/2.000	exp.	1423-cva



Zona de recrecimiento propuesta para ubicación de nuevos bungalows

Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el camping Verneda			
Documento de Aprobación Inicial			
promotor	CÁMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens	fecha	dic' 2016
autor	Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.e.p., colegiado 16,271	núm.	3.9
URBEG		exp.	1423-cva
titulo plano	Planta de inundación : Situación modificada propuesta, T=500 años calados superiores a 40 cm	escala	e. A3 1/2.000