



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

- Text Refós per a l'Executivitat -

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

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

Técnicos autores : URBEG, SLP
Joan Gàndara i Tolsà, enginyer de camins, canals i ports

Data : Maig de 2021

Nota: En el anejo 1.- **Documentación complementaria**, es donde se han incluido las variaciones del documento de Aprobación Provisional con respecto el documento de Aprobación Inicial. En el resto de apartados se ha mantenido la información original del Documento de Aprobación Inicial (diciembre 2016). En soporte digital se adjuntan los cálculos referidos en el anejo 1.

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. Documentación complementaria	37
Anejo 2. Reportaje fotográfico	48
Anejo 3. Topografía	57
Anejo 4. Descripción del modelo bidimensional IBER	58
Anejo 5. Documento para la legalización de las defensas del camping	69

DOCUMENTO II.- PLANOS

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

DOCUMENTO III.- INPUT-OUTPUT DEL PROGRAMA IBER (en soporte digital)

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 camping 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 Sens, en representación del camping 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 camping 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 camping 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 camping 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 m³/s para los 100 años de período de retorno y de 1.641 m³/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 Km², 1.248 ml de longitud y caudales de avenida T100= 8,0 m³/s i T500= 12,8 m³/s) y el torrente *Coma deth Ceridèr* (cuenca de 0,61 Km², 966 ml de longitud y caudales de

avenida T100= 8,5 m³/s y T500= 13,3 m³/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 m³/s), 100 (397 m³/s) y 500 años (703 m³/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 camping 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 camping (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 camping se sitúa 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 camping VERNEDA, (TM Vielha e Mijaran, Val d'Aran)*” como medida correctora.

Con esta finalidad se realizarán 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 camping para los períodos de retorno de 10, 100 y 500 años, 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, y 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 y 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 camping 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.

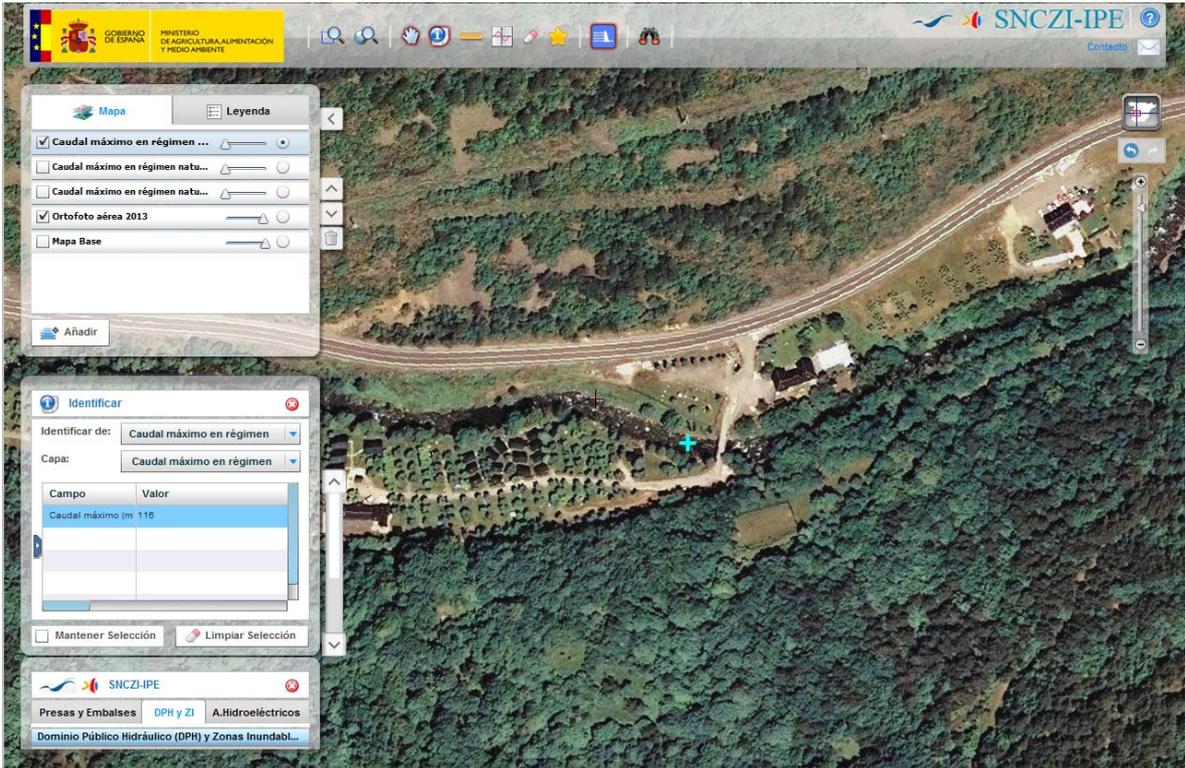
Con este levantamiento se ha procedido a realizar un modelo digital del terreno, incluyendo las edificaciones existentes (edificios, bungalows), que ha permitido realizar el modelo bidimensional mediante el software IBER, desarrollado por el grupo FLUMEN de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales 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.

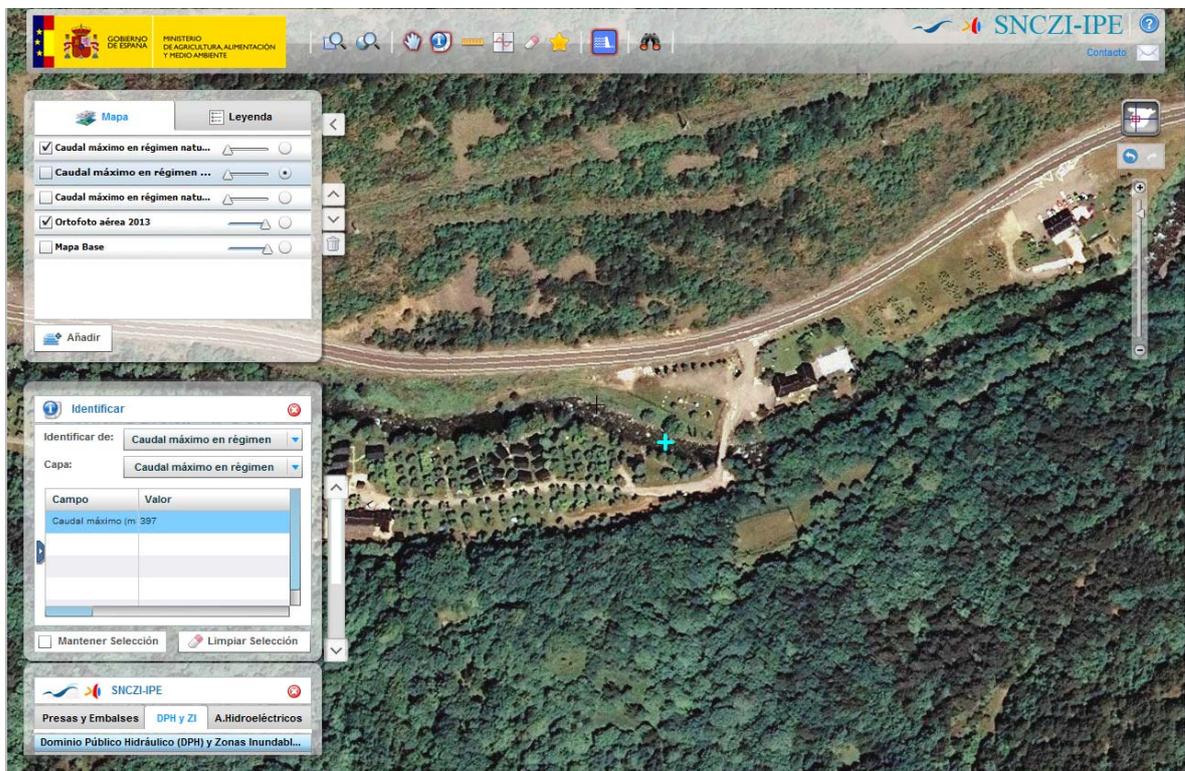
5.1. Caudales considerados.

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 :

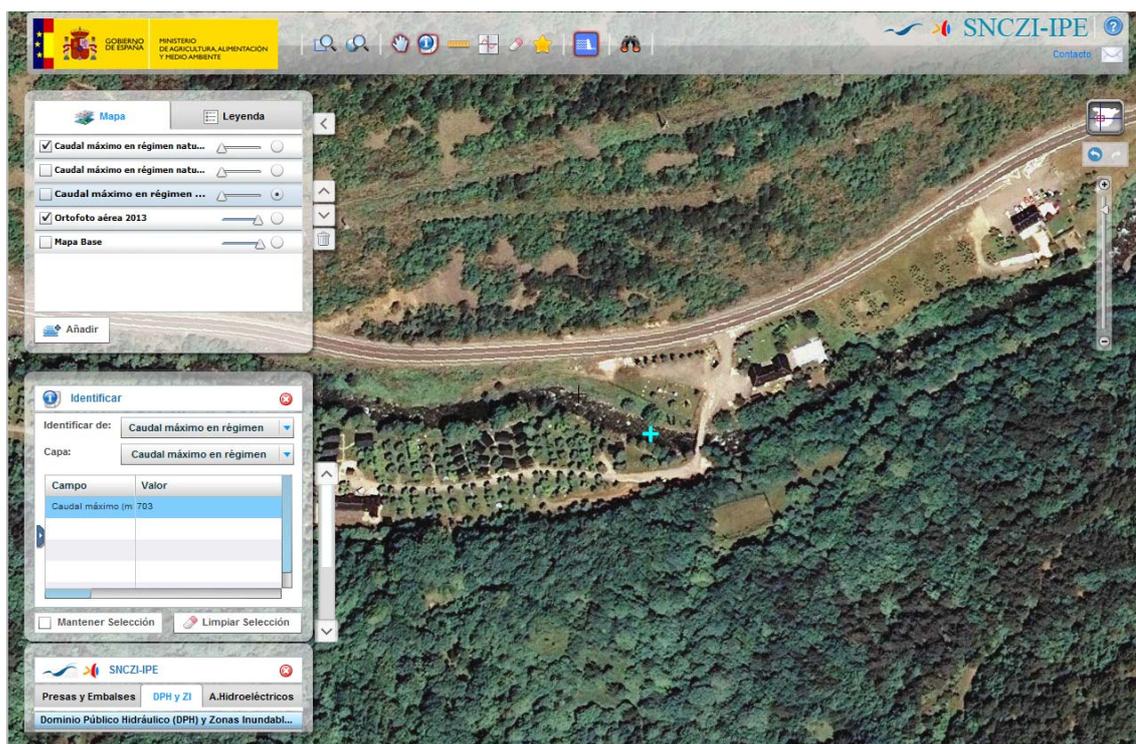
Caudales de cálculo (m³/s)		
Río Garona		
Localización	T (años)	Caudal (CAUMAX)
Camping Verneda	10	116
	100	397
	500	703



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 policía 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 m²/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 campings existentes que tramiten por la vía del convenio “Acuerdo de intenciones, acciones y metodología en relación a la resolución de la problemática de los campings 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 Protección Civil. Resumidamente estos criterios son:

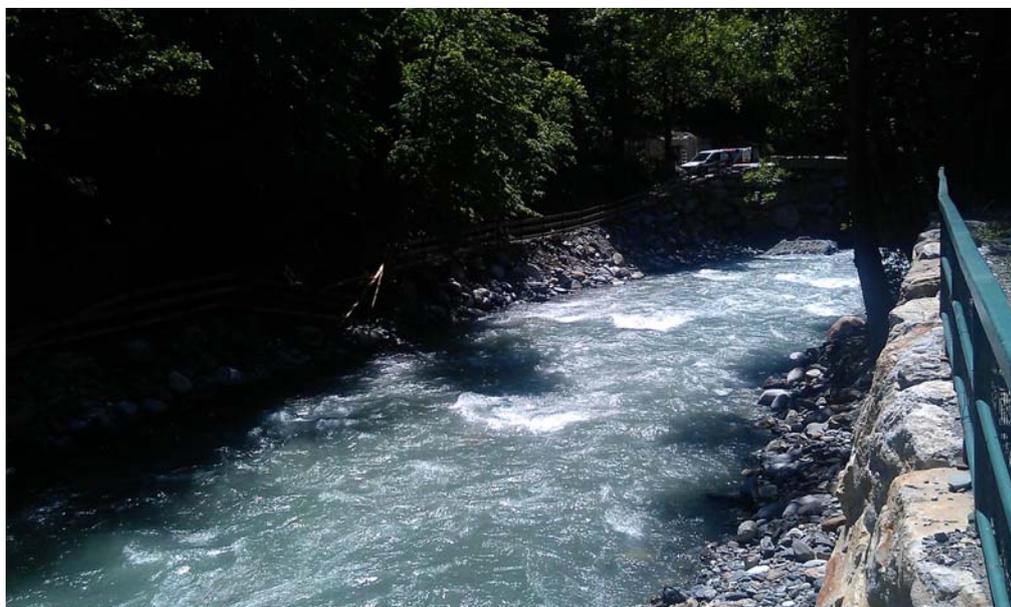
- 1) Zona de flujo preferente para el período de retorno de 100 años. Como criterio general, no puede haber ninguna estructura fija, ni edificaciones, ni bungalows, ni mobile-homes, con menos de 15 años desde su construcción. Se admiten tiendas de campaña si el instrumento de gestión del riesgo prevé la evacuación de la gente durante el episodio de avenidas. Se admiten 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 camping :

- a) Entre el p.k. 0+000 y el p.k. 0+160 el río Garona discurre 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.



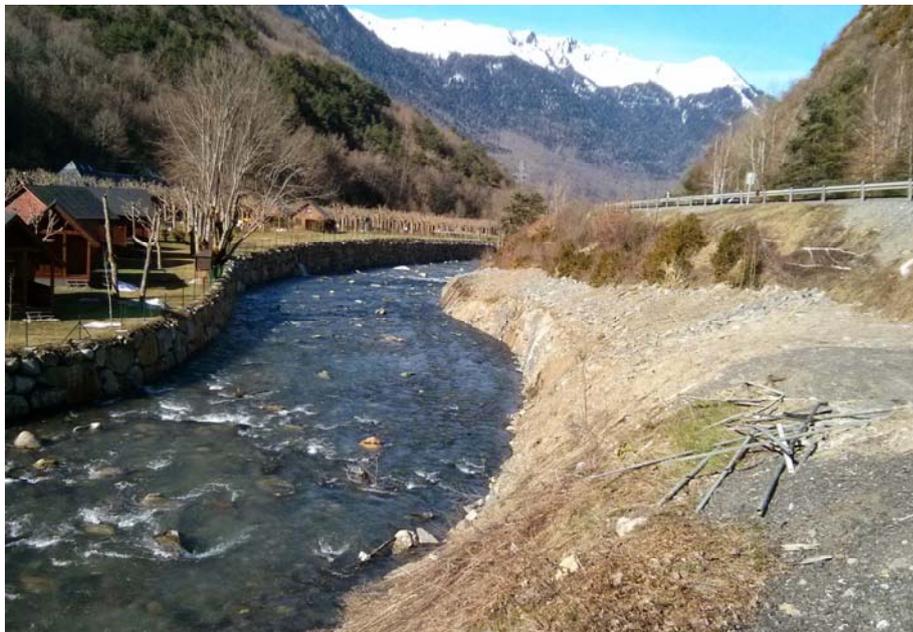
Vista de tramo p.k. 0+000 a p.k.0+160, protección con escollera en margen derecho

- 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 situa 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 camping 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 sitúa, 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 camping. 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 camping.

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 caudal 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 definitiva 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 es 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 camping (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 camping se sitúa 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.

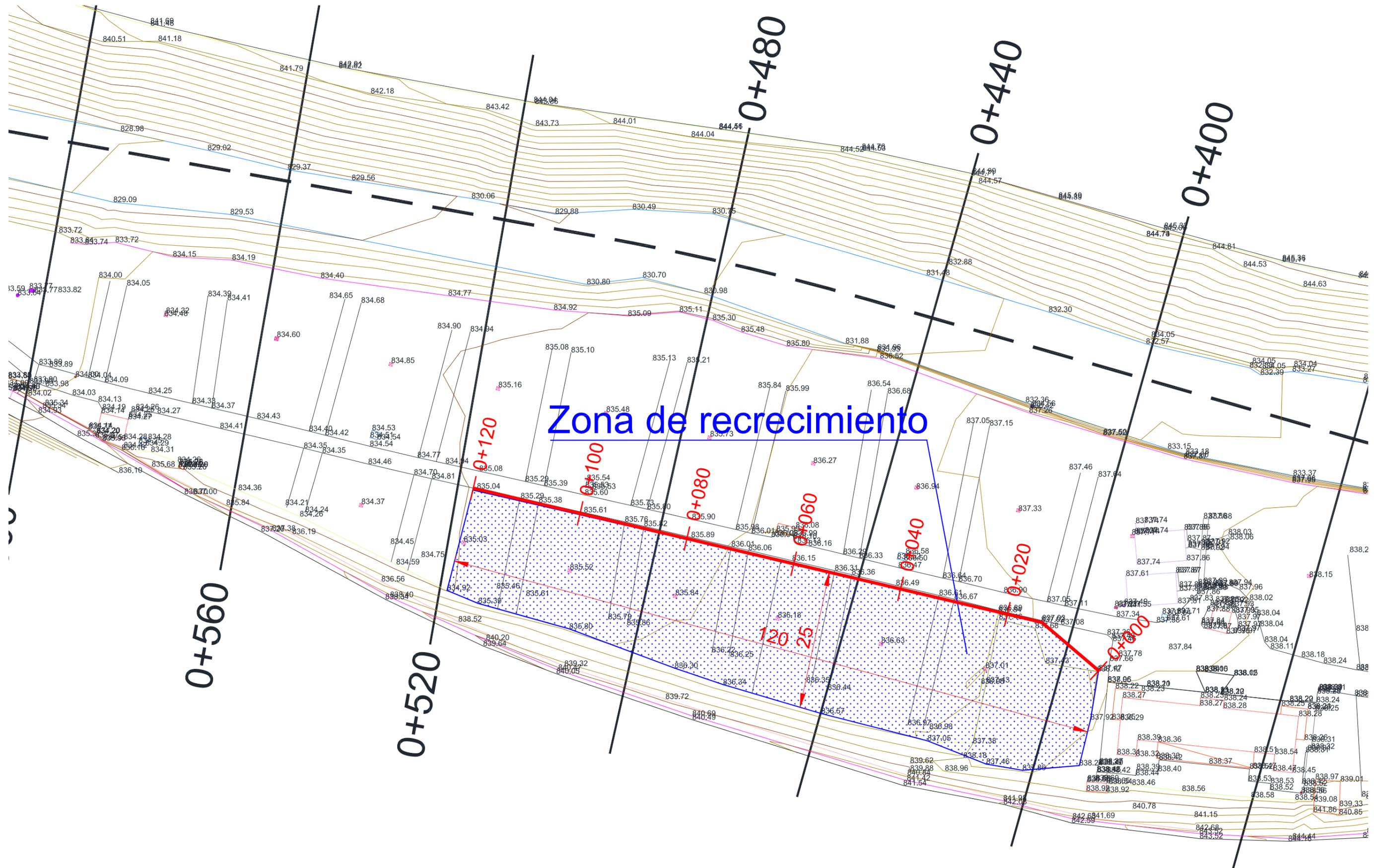


Vista de zona de recrecimiento con tierras.

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).

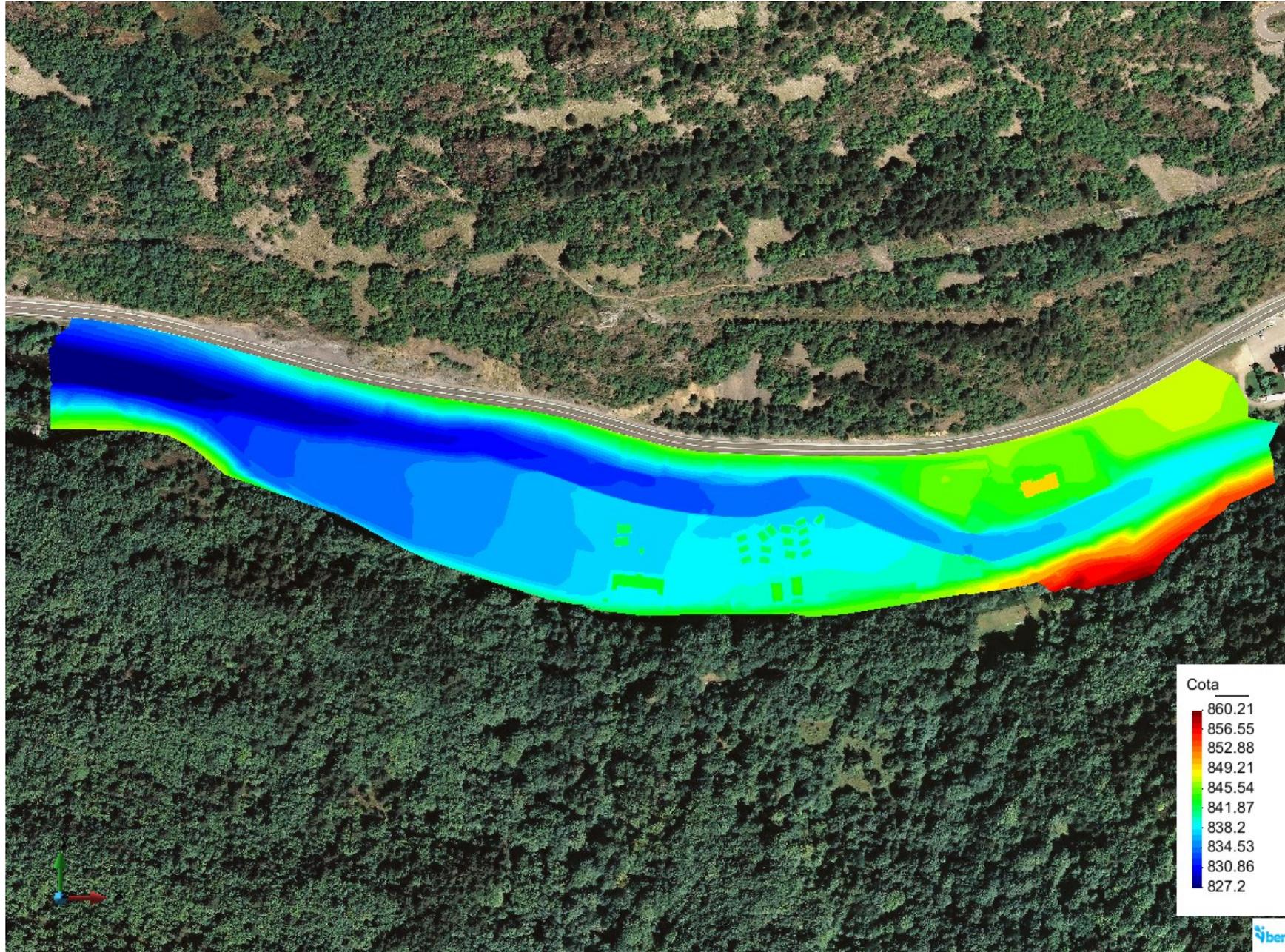


Vista de propuesta de recrecimiento para ubicación de bungalows

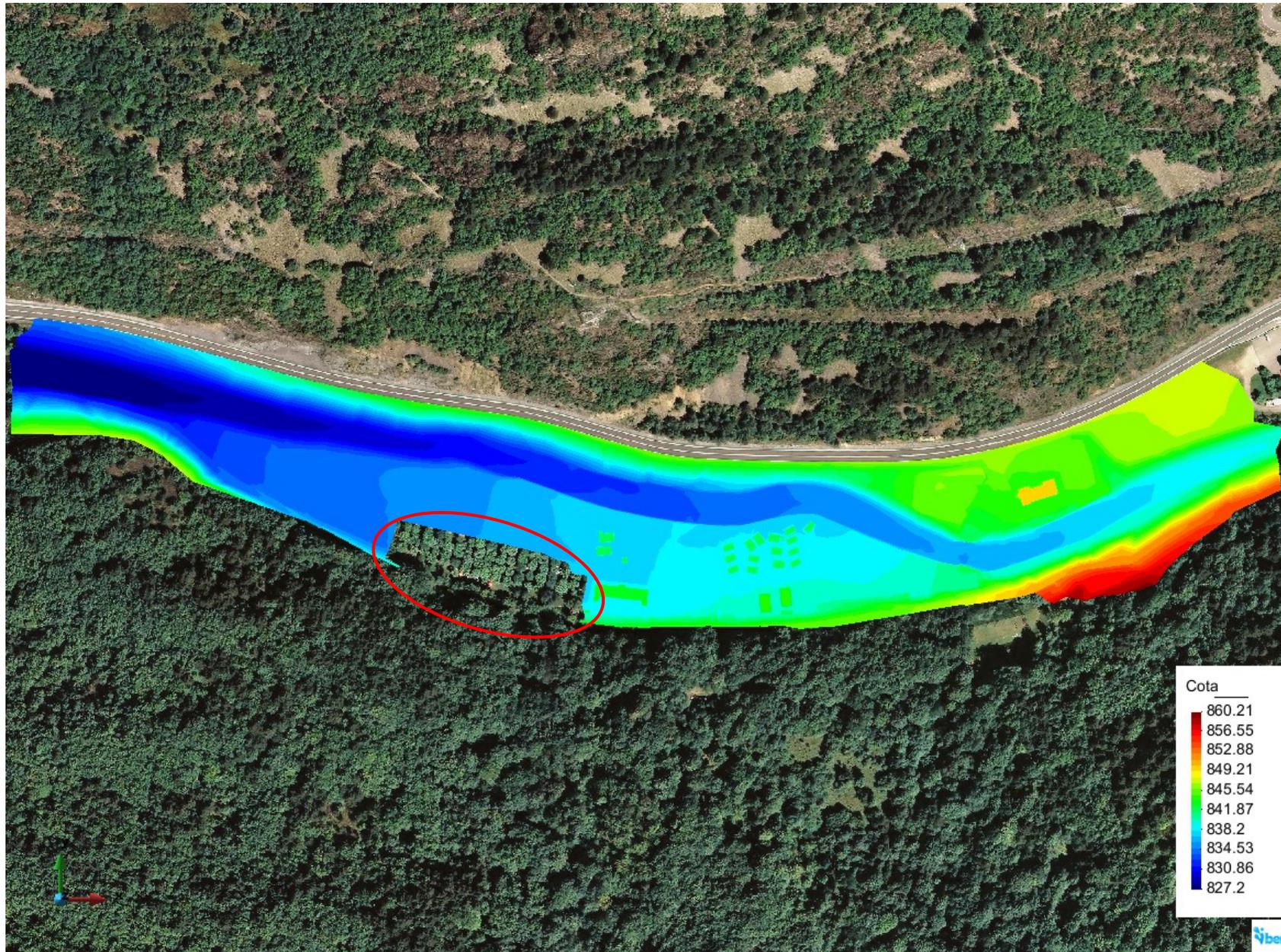
7.2. Topografía y malla de cálculo.

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.



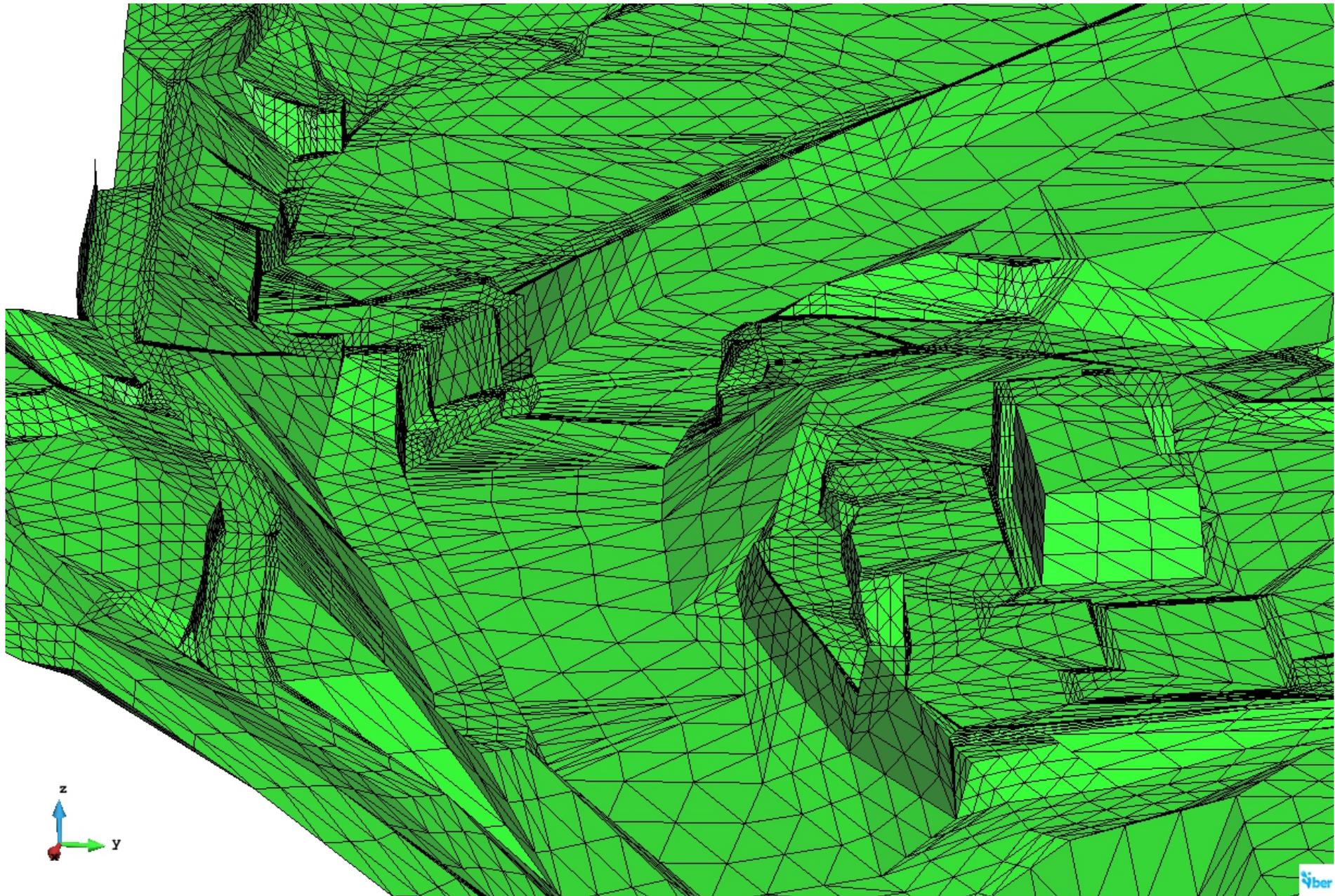
Topografía de la zona de estudio en geometría original



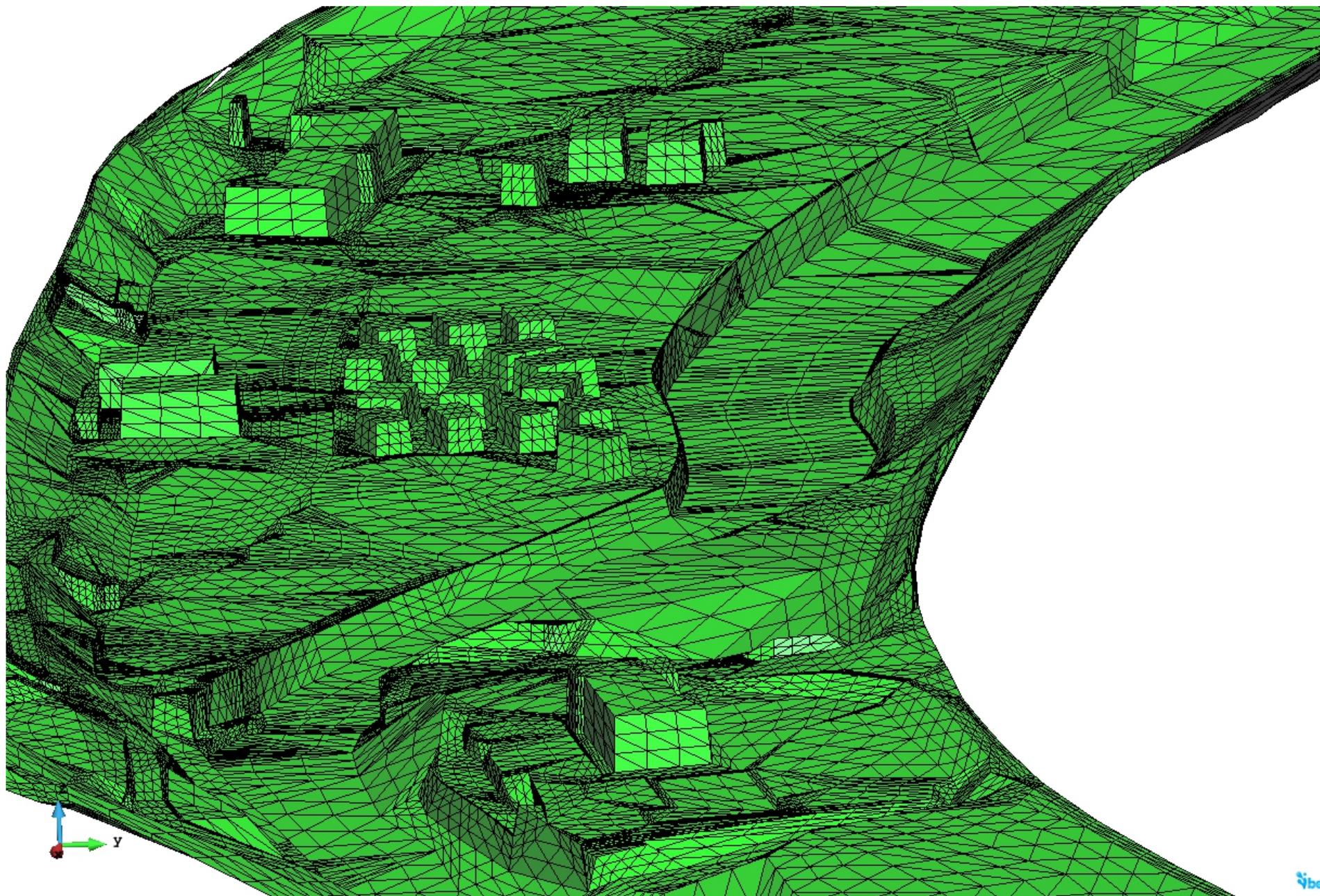
Topografía de la zona de estudio en geometría modificada (se aprecia la eliminación de la triangulación en la zona a recrear, de forma que el modelo hidráulico bidimensional calculará la cota en esta zona como si hubiese una pared vertical)



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.

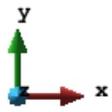
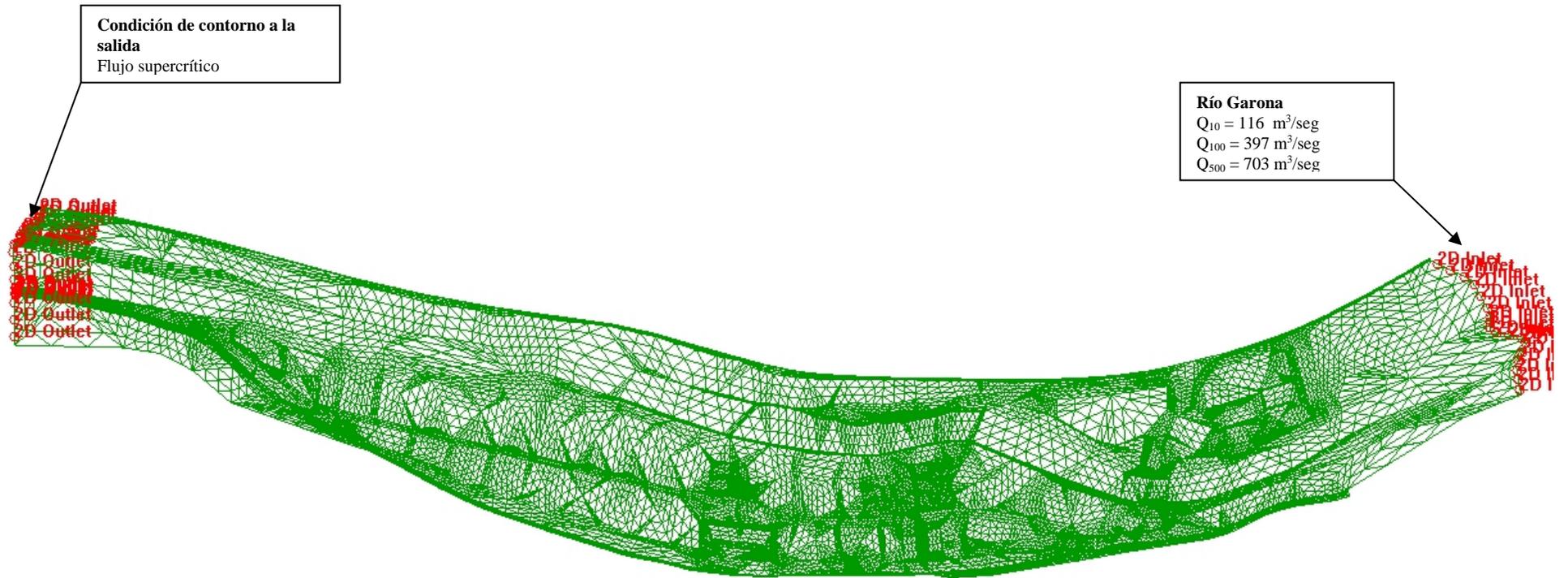
En la modelación bidimensional, como condición inicial, es necesario imponer en cada elemento de volumen, el calado (o alternativamente la cota de lámina de agua) y las dos componentes de la velocidad. El modelo permite comenzar el cálculo con todo el dominio, o bien una parte de él, seco. Para los elementos 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.

Extrem o	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

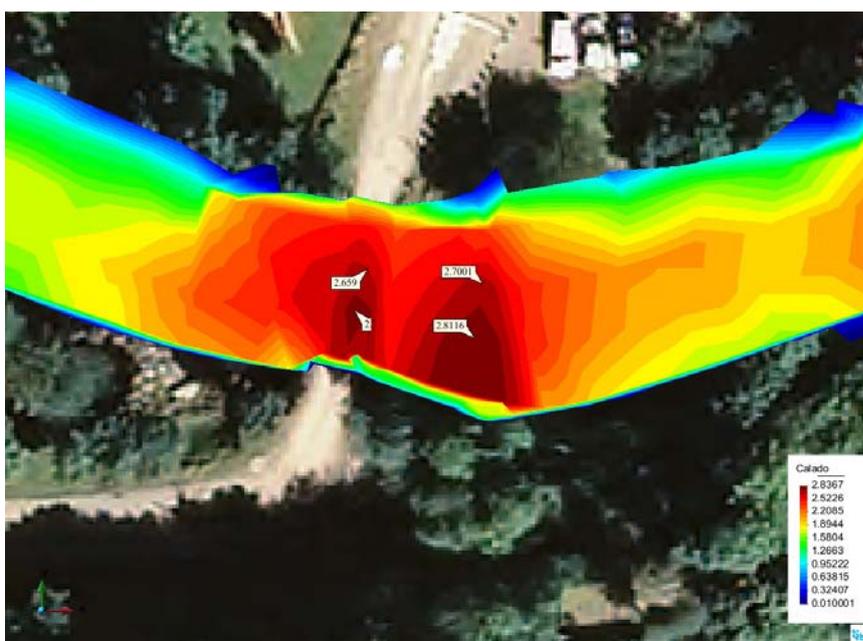
7.4. Resultados generales obtenidos en situación actual.

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 ($Q=116$ m³/seg)

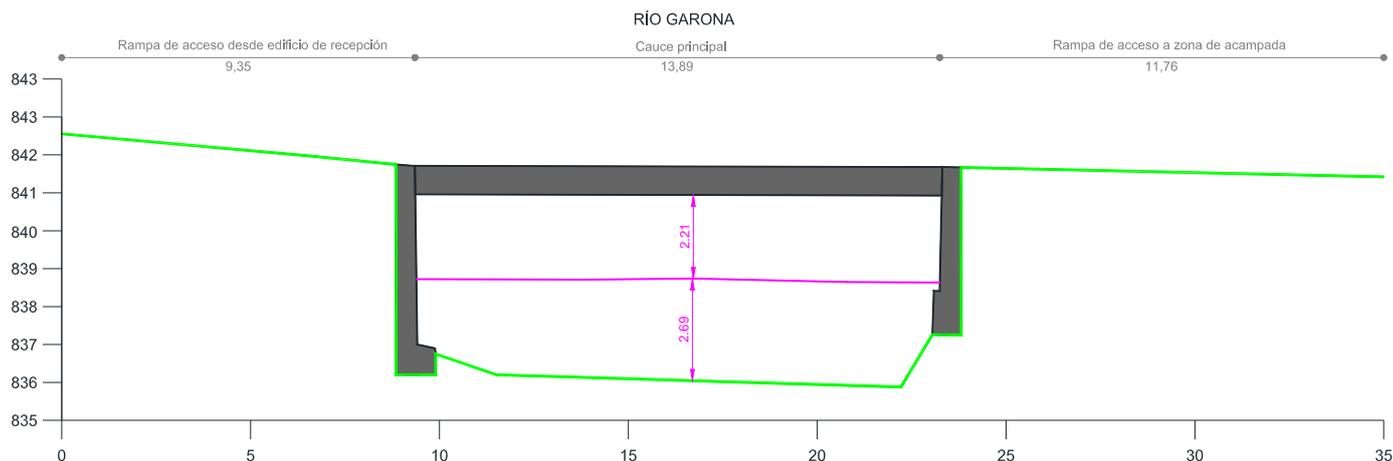
Tal como se muestra en el plano adjunto núm. 3.1, en la situación original los caudales circulan completamente por dentro del cauce principal, sin producirse ningún desbordamiento hacia la llanura de inundación izquierda donde se sitúa la zona de acampada.

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

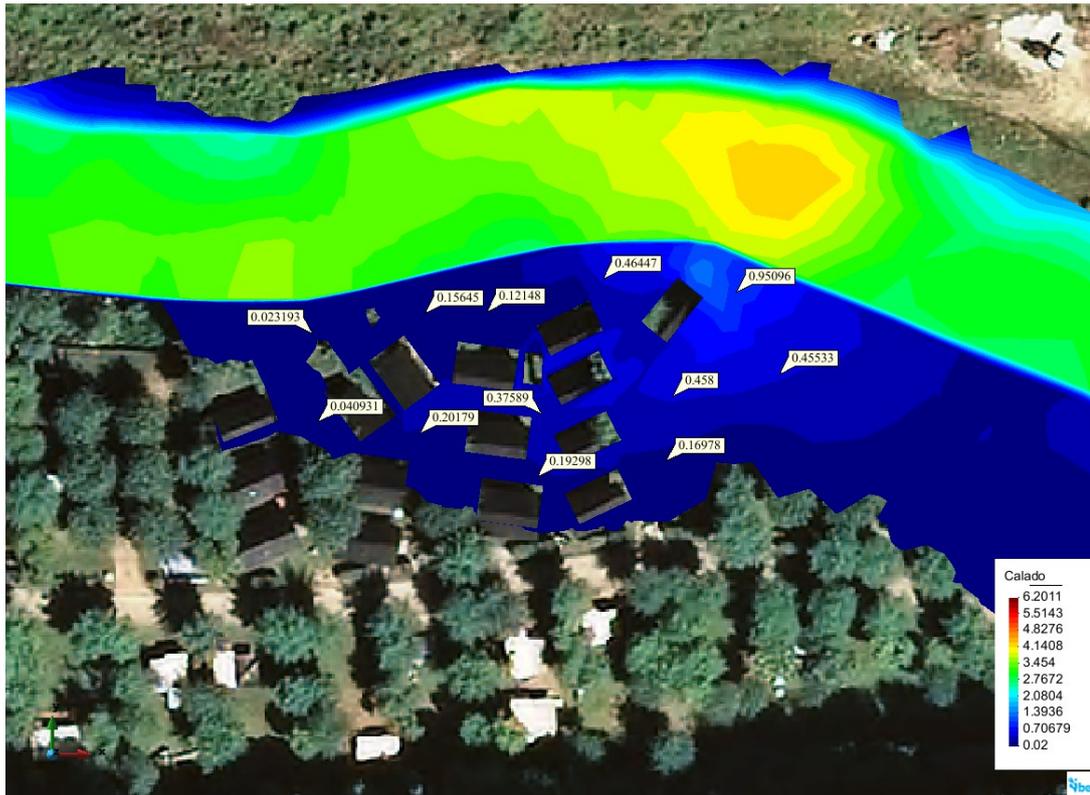
$T=100$ años ($Q=397$ m³/seg)

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 camping. 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 camping y las parcelas destinadas a 9 de los 15 bungalows existentes más cercanos al río.

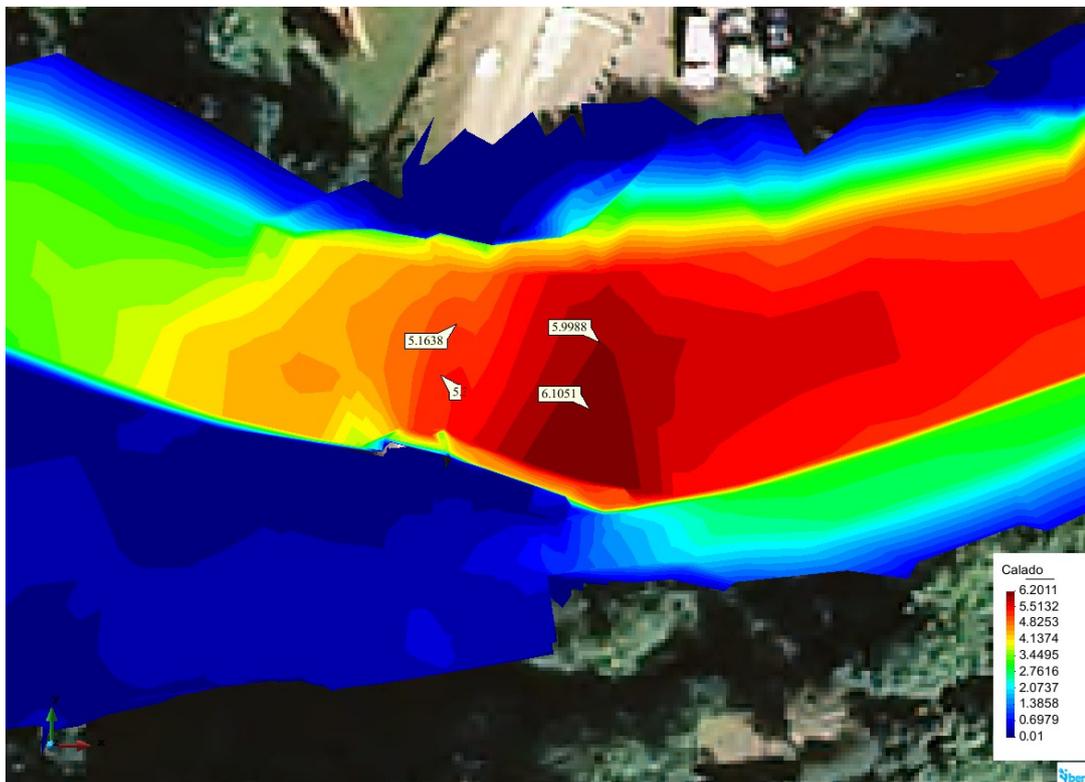
La siguiente figura muestra diversos valores de calados en la zona de ubicación de los bungalows. Se destacan dos valores :

- 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.



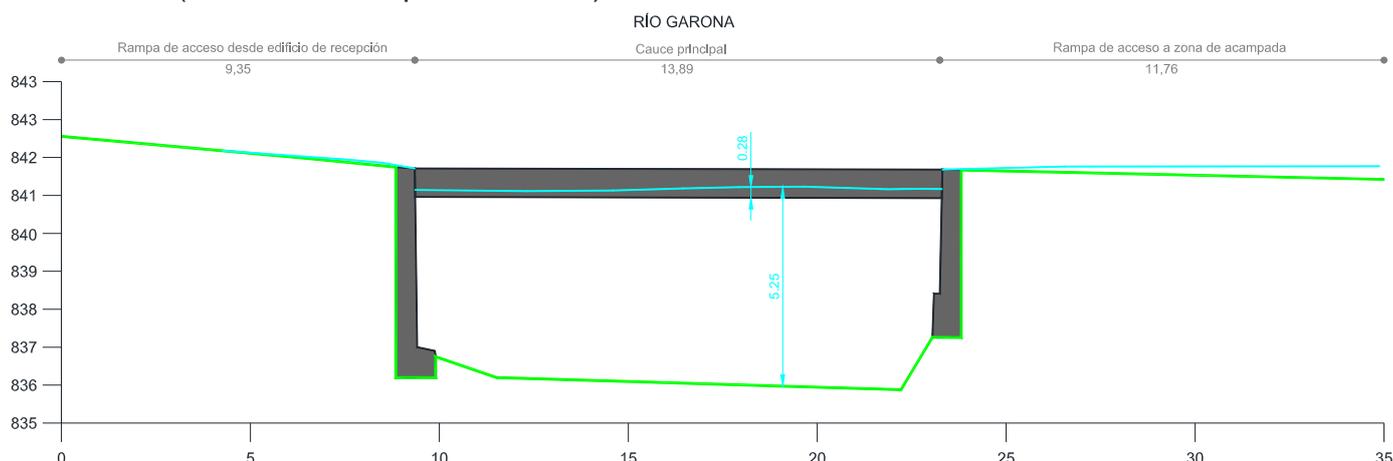
Planta de calados ($T=100$ años) en zona de bungalows existentes

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 ($Q=703$ m³/seg)

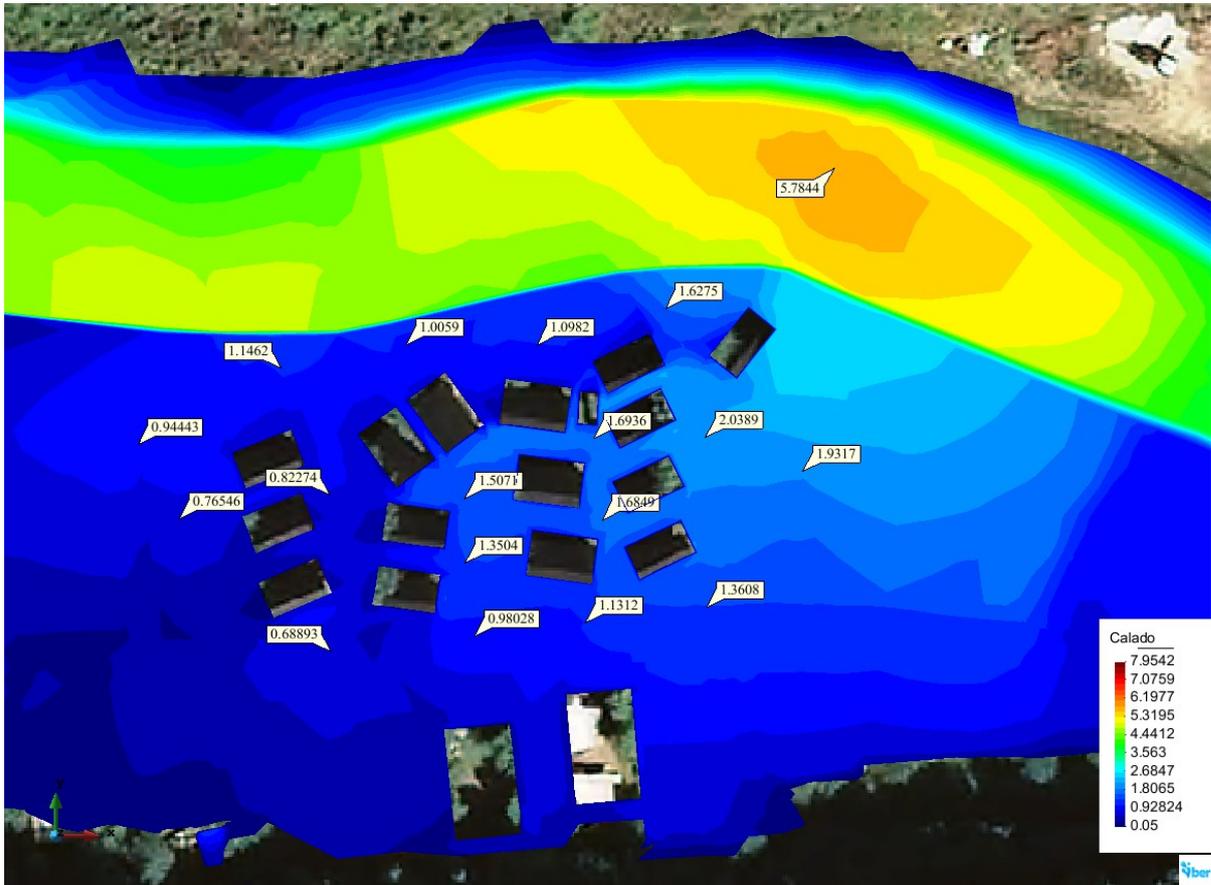
Tal como se muestra en el plano adjunto núm. 3.4, en la situación original se produce un desbordamiento generalizado en el margen izquierdo del río Garona, ocupando la mayor parte de la zona de acampada.

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 camping, 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.

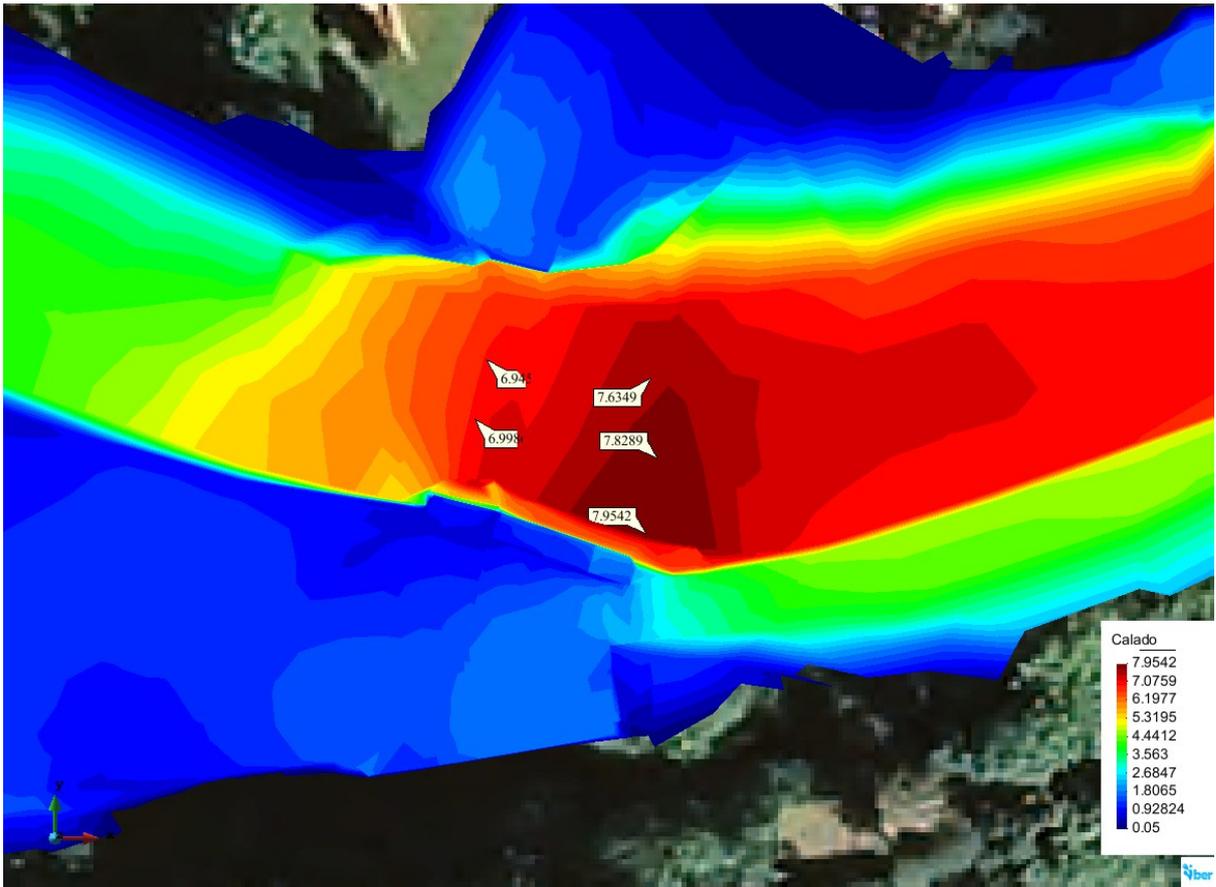
La siguiente figura muestra diversos valores de calados en la zona de ubicación de los bungalows. Se destacan dos valores :

- 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.



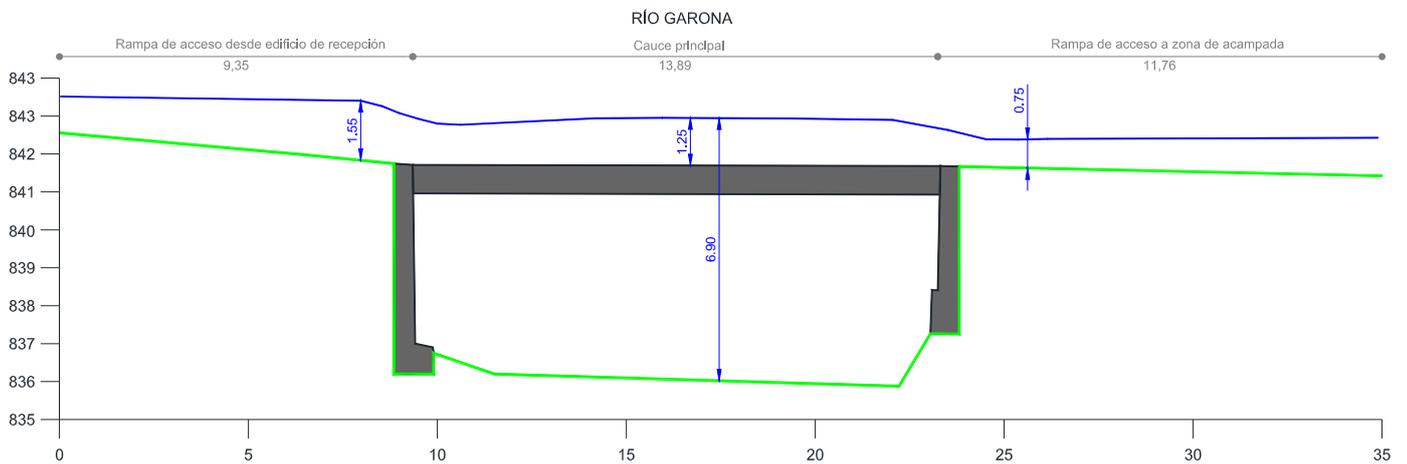
Planta de calados (T=500 años) en zona de bungalows existentes

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 m³/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.

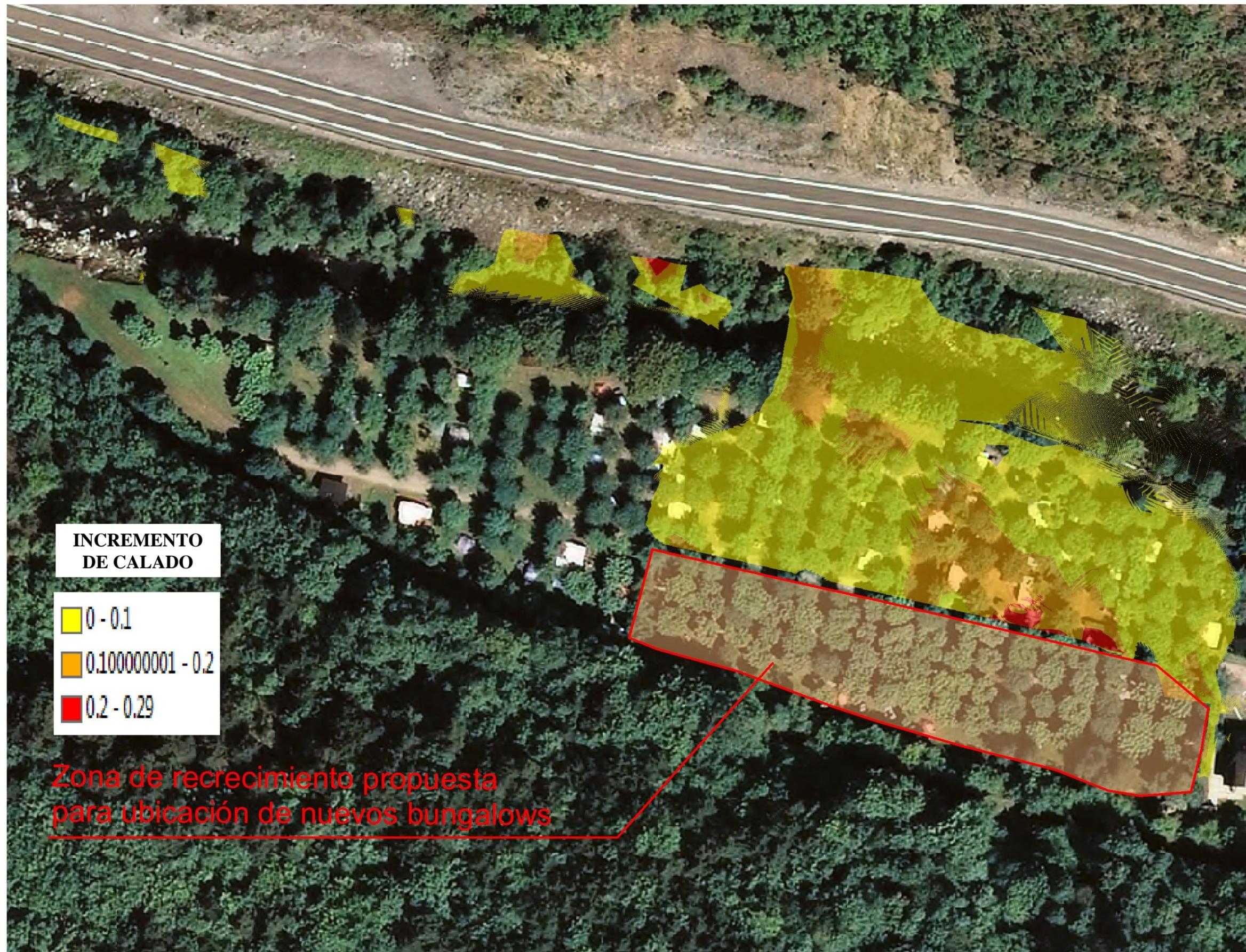
Por otro lado, el plano adjunto núm. 3.8, muestra la planta acotada según un eje exterior, del recrecimiento propuesto y un perfil longitudinal de dicho eje, en el que se indican las rasantes del terreno actual, del terreno recrecido propuesto y de las láminas de agua para el período de retorno de 500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

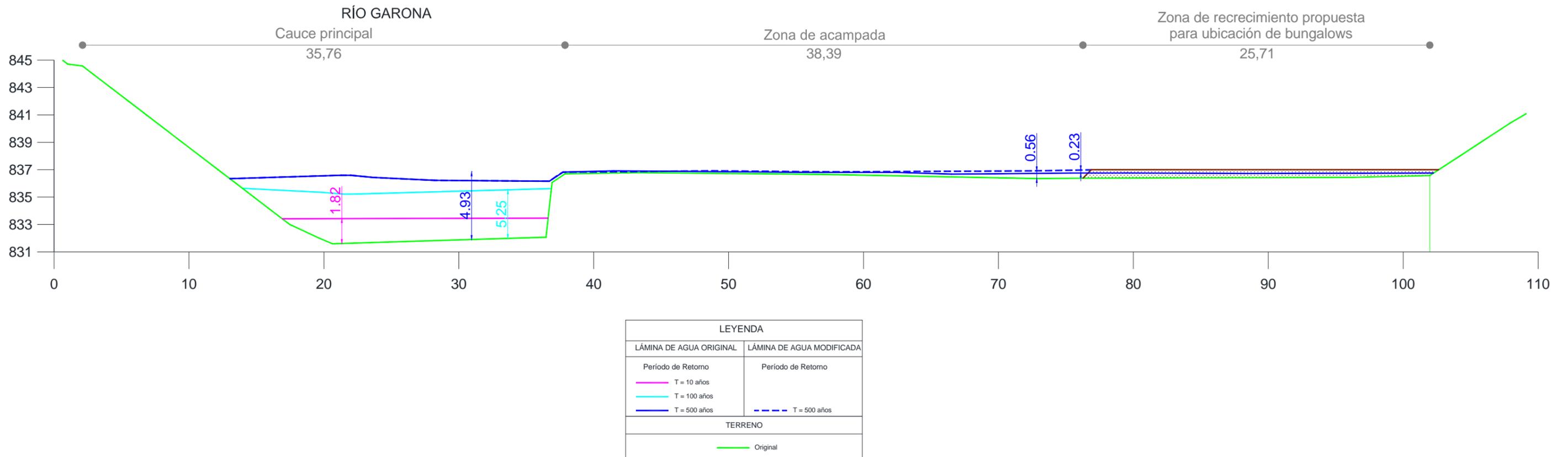
Es obvio que estas cotas se pueden trasladar en sentido vertical ascendente con la idea de proporcionar un resguardo mínimo sobre la lámina de 500 años.

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 reforestación propuesta

PERFIL P.K. 0+440



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

EJE DE RECRECIMIENTO				
p.k	Cota lámina agua		Incremento de cota de lámina (m)	Puntos básicos de definición de la cota de recrecimiento
	Original T=500 anys	Modificada T=500		
0.00	837.97	837.97	0.00	837.97
4.63	837.75	837.87	0.12	---
9.18	837.78	837.87	0.09	---
12.71	837.76	837.80	0.04	837.83
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	837.43
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	---
43.10	836.91	837.11	0.20	837.11
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	---
65.76	836.46	836.60	0.14	836.60
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	---
113.41	835.57	835.66	0.09	835.66
116.30	835.51	835.61	0.10	---
120.00	835.47	835.55	0.08	835.55

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 camping Verneda.

La longitud total de análisis hidráulico és de aproximadamente 790 m y la longitud del tramo por el cual el camping 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.-
Documentación complementaria**

ÍNDICE

- 1.- Antecedentes
- 2.- Geometría modificada
- 3.- Resultados generales obtenidos en situación modificada propuesta
- 4.- Cálculo de la inundabilidad para T3,5 años
- 5.- Conclusiones

1.- ANTECEDENTES

En el presente documento de Aprobación Provisional, se propone una redistribución de las unidades diferente a la propuesta en el documento de Aprobación Inicial. En esta nueva versión se propone la eliminación de una parte importante de las unidades de acampada móviles situadas entre el vial principal y el río Garona, para dejar una franja libre de unos 15 metros de anchura media paralela al río. A su vez, también se propone eliminar las 8 unidades de acampada fijas que se habían previsto sobre una estructura elevada y destinar esta superficie a unidades de acampada móviles.

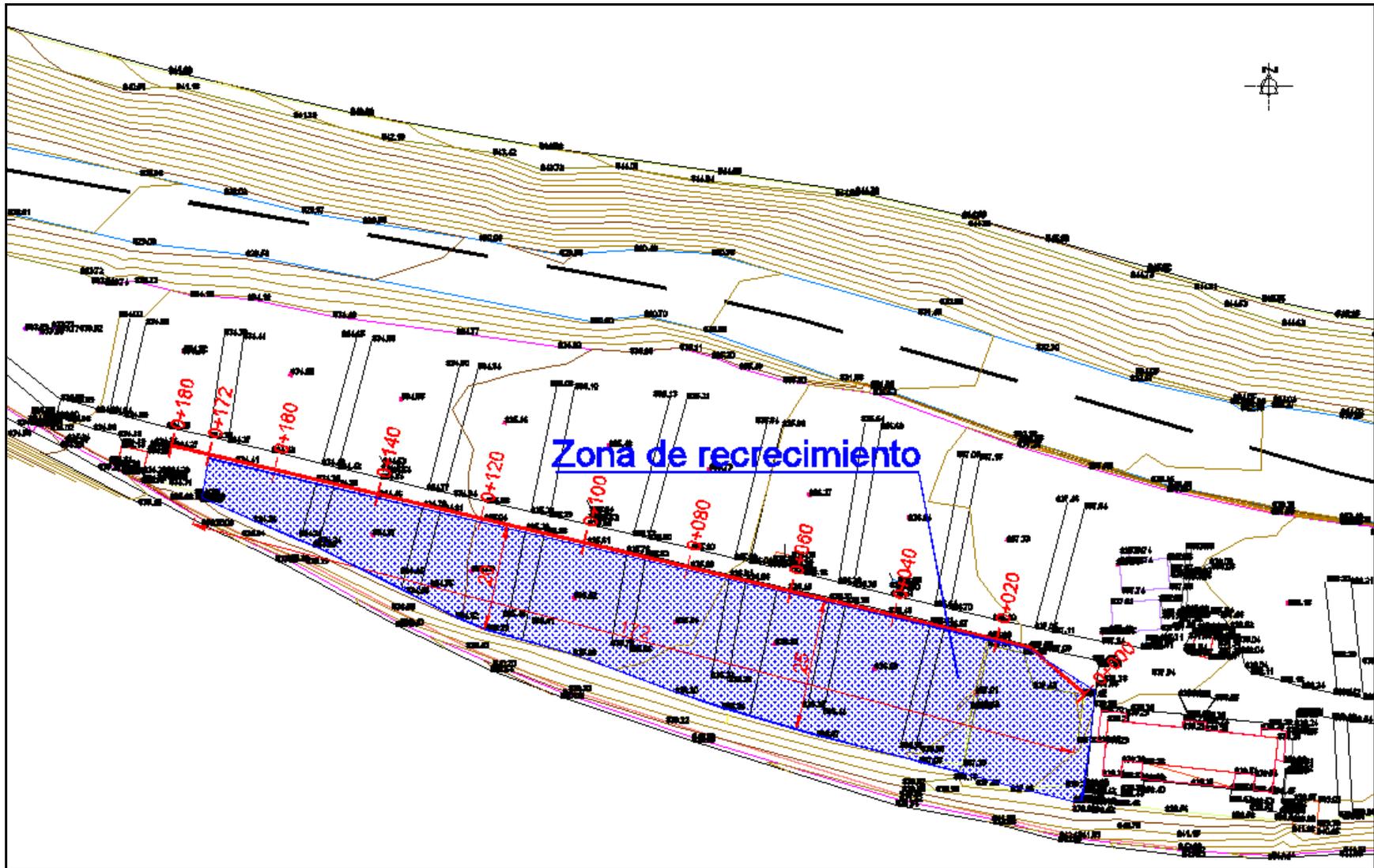
Para poder reubicar estas unidades de acampada fijas se propone ampliar el terraplenado de tierras previsto a poniente del edificio de servicios, lo que supone volver a calcular la inundabilidad con esta nueva geometría modificada. El incremento de longitud a terraplenar con respecto a la prevista en el documento de Aprobación Inicial es de unos 52 metros.

2.- GEOMETRIA MODIFICADA

Se supone un recrecimiento con tierras en la zona más alejada del río tocando al talud natural, entre los p.k.'s 0+400 y 0+572 aproximadamente (según referencia del estudio de inundabilidad original, con una longitud de 172 m y una anchura que oscila de los 25 m a los 8 m.

Para el cálculo se han empleado los mismos caudales y coeficientes de Manning que en el estudio original.

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



Superficie de terraplenado y eje acotado. (Imagen extraída del plano de ordenación O.2.2)

3.- 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 ($Q=703 \text{ m}^3/\text{s}$).

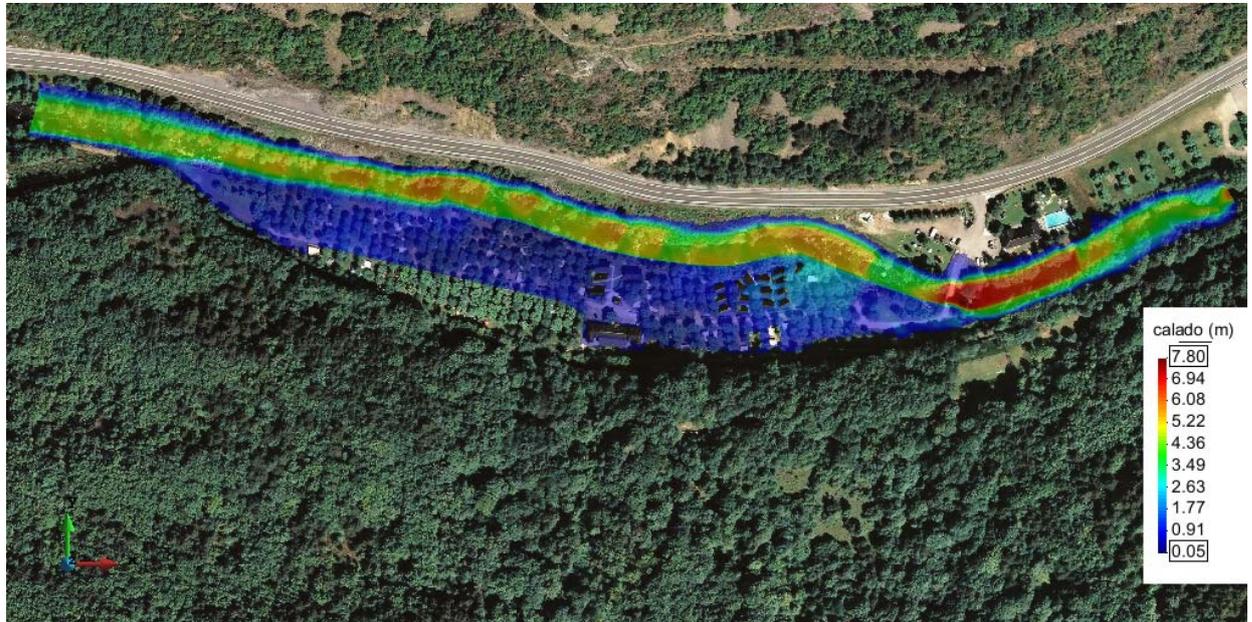
En la situación propuesta modificada, se produce igualmente la inundación del margen izquierdo del río Garona en la zona de acampada. Como diferencia principal con la situación original aparece el incremento de calados en diferentes zonas del margen izquierdo por la reducción de sección transversal en 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 cm y, únicamente, en 3 zonas puntuales, se alcanzan valores del sobrelevaciones entre 11 y 26 cm, especialmente en la parte inicial Oeste del recrecimiento propuesto.

Por otro lado, la imagen adjunta en la página anterior, 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).

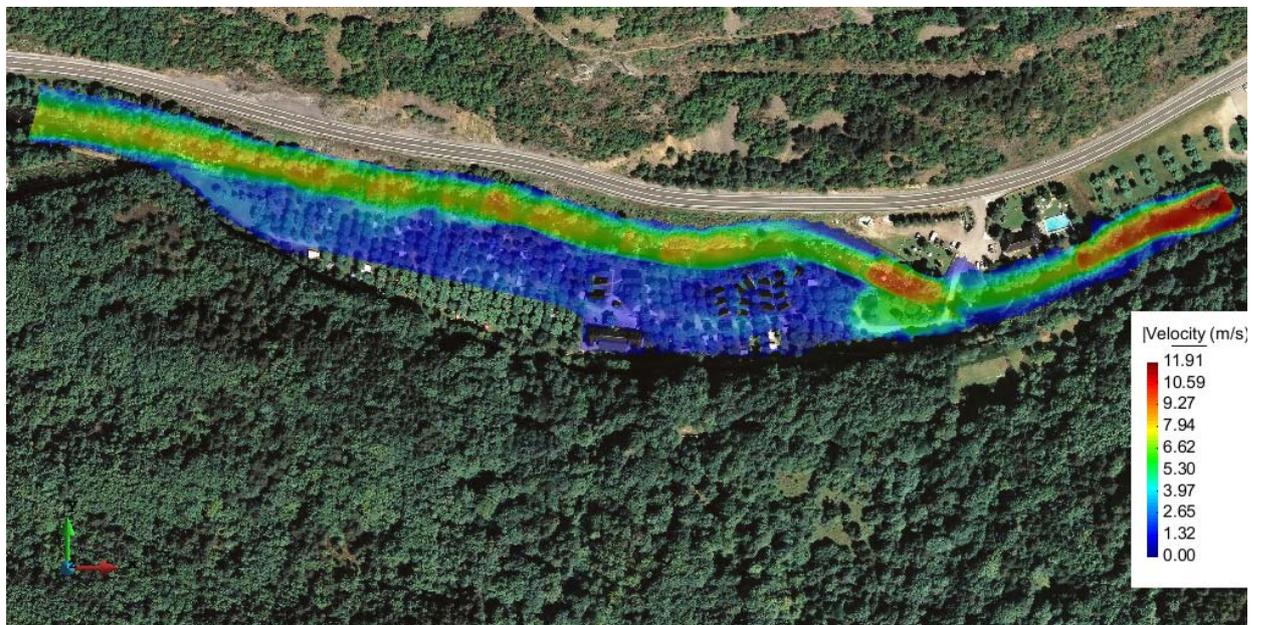
Asimismo se indican 10 puntos que definen la rasante de este recrecimiento. Cabe destacar que las cotas recrecidas en estos puntos coinciden con los niveles estimados de agua en situación modificada para el período de retorno de 500 años más 50 cm de resguardo, de acuerdo con la siguiente tabla:

COTAS 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 de recrecimiento (incluye 50 cm de resguardo)	Altura de terraplén sobre camino lateral
		Original T=500	Modificad a T=500			
0,00	837,47	837,90	837,90	0,00	838,40	0,93
17,42	836,96	837,52	837,59	0,07	838,09	1,13
33,75	836,57	837,08	837,23	0,15	837,73	1,16
50,82	836,36	836,64	836,90	0,26	837,40	1,04
68,09	836,02	836,44	836,50	0,06	837,00	0,98
88,57	835,81	836,03	836,11	0,08	836,61	0,80
109,23	835,34	835,66	835,77	0,11	836,27	0,93
139,97	834,46	835,46	835,55	0,09	836,05	1,59
155,04	834,36	835,35	835,37	0,02	835,87	1,51
172,34	834,35	835,05	835,05	0,00	835,55	1,20

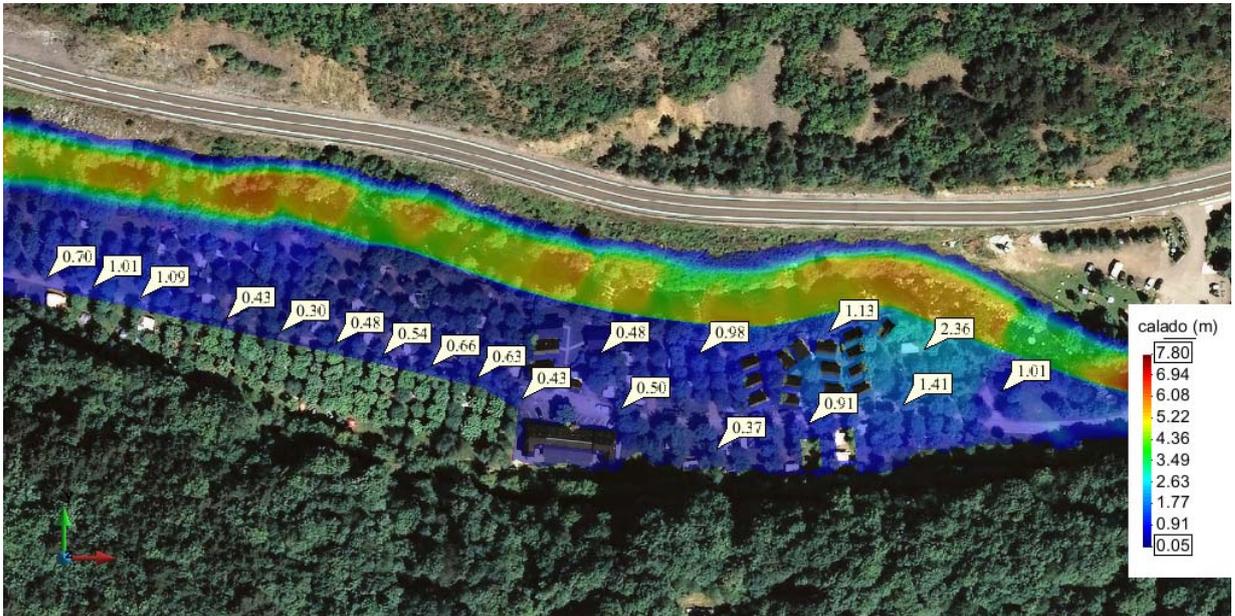
A continuación se adjuntan las imágenes de calados y velocidades obtenidos para el estado modificado con la avenida de T500 años.



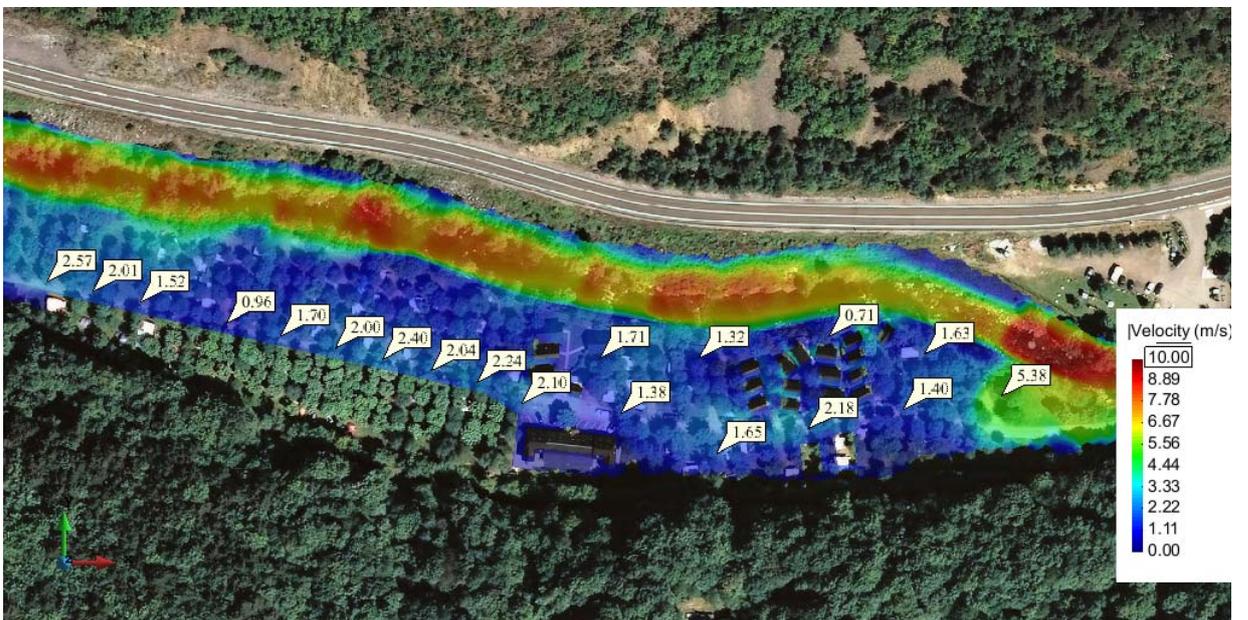
Mapa de Calados, para la avenida de los 500 años. Estado Modificado.



Mapa de Velocidades, para la avenida de los 500 años. Estado Modificado.

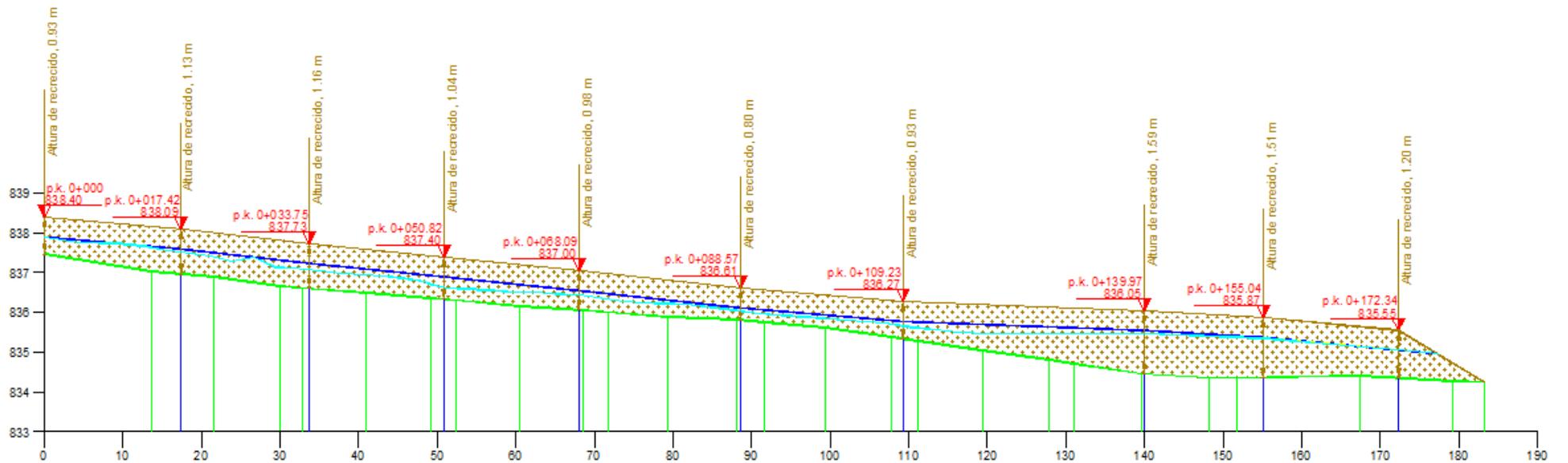


Mapa de detalle de calados, para la avenida de los 500 años. Estado Modificado.



Mapa de detalle de velocidades, para la avenida de los 500 años. Estado Modificado.

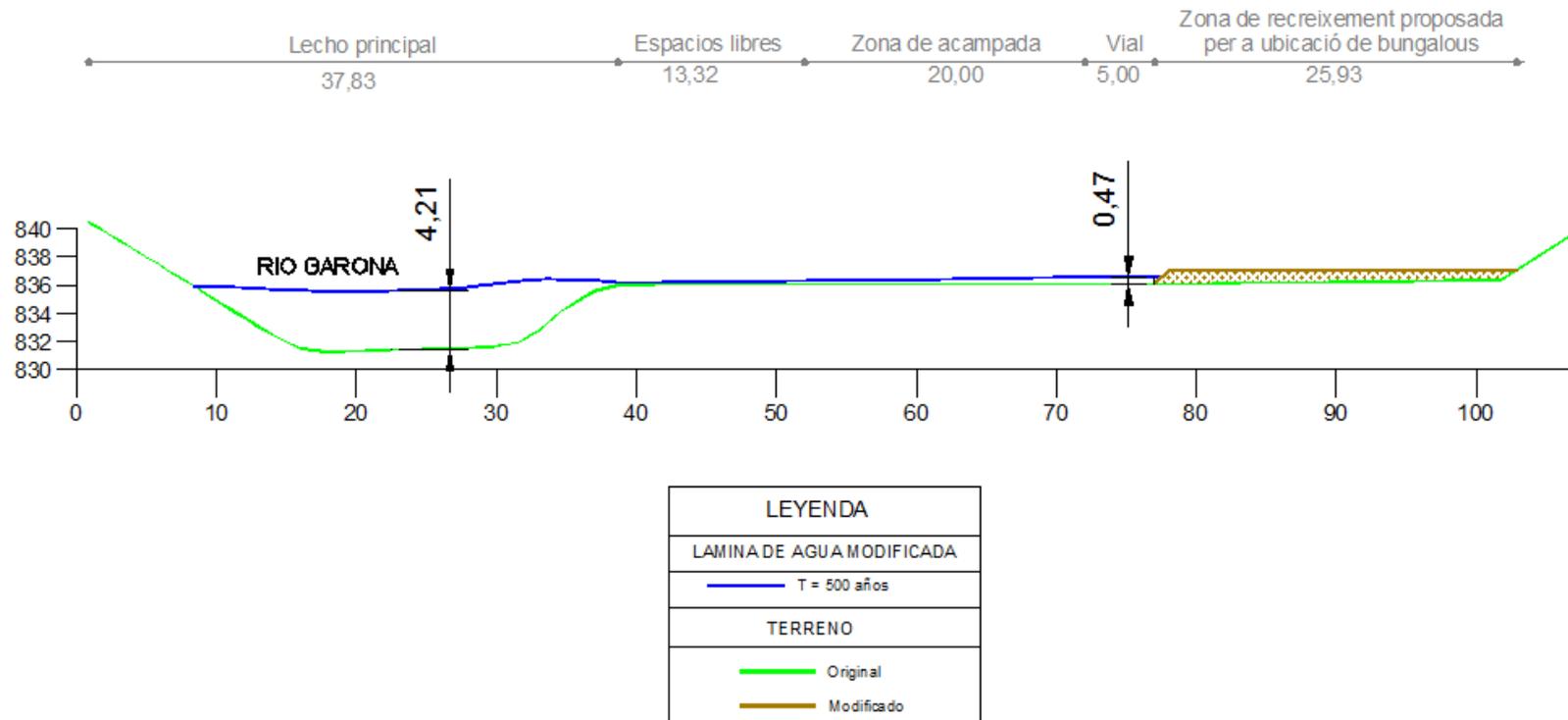
PERFIL LONGITUDINAL DEL RECRECIMIENTO



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

Perfil longitudinal en la zona del terraplenado. (Imagen extraída del plano de ordenación O.2.2)

PERFIL TRANSVERSAL



Perfil representativo calados de la situación modificada por la inclusión del recrecimiento propuesto. (Imagen extraída del plano de ordenación O.2.2)

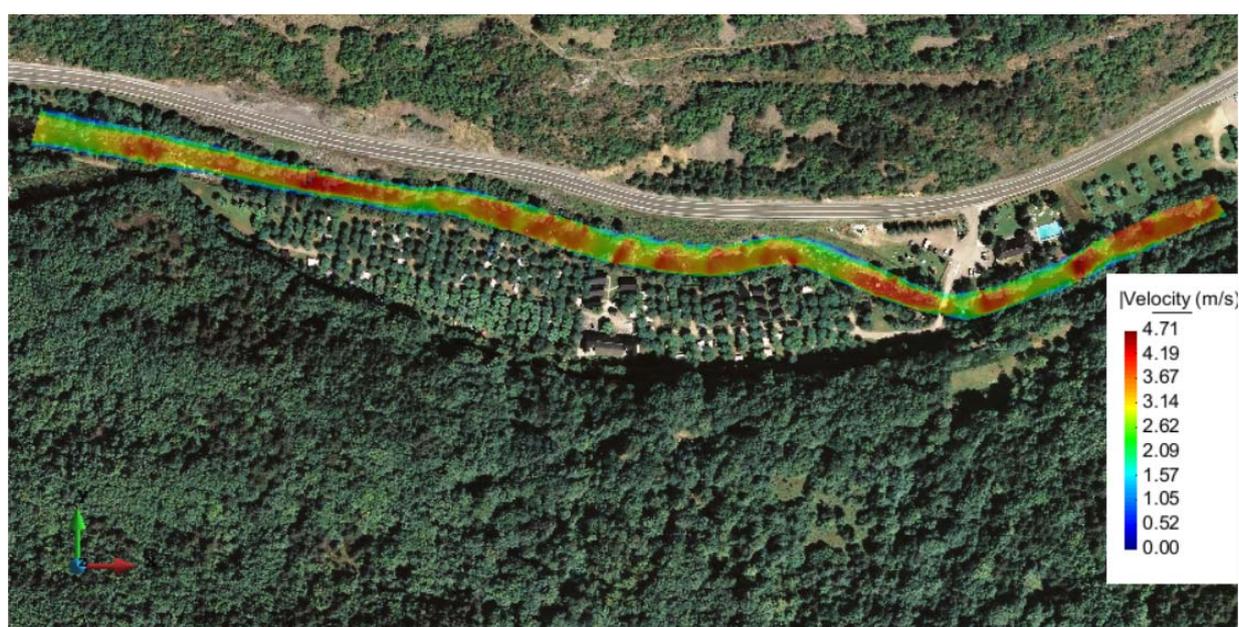
4.- CÁLCULO DE LA INUNDABILIDAD PARA T 3,5 AÑOS

Para poder comprobar que los límites del camping están fuera de la zona de Dominio Público Hidráulico, se ha calculado la inundabilidad de la avenida de T3,5 años (máxima crecida ordinaria). El caudal de cálculo es de $72 \text{ m}^3/\text{s}$ (interpolación caudal de T2 y T10 años).

En los planos de información I6.1, I6.2 y en los planos de ordenación O2.1, O3.1, O3.2 y O3.3 se grafía esta línea de inundación, observando como ésta se mantiene dentro del cauce del río, quedando desafectados los límites del camping.



Mapa de Calados, para la avenida de los 3.5 años. Situación original y modificada.



Mapa de Velocidades, para la avenida de los 3.5 años. Situación original y modificada.

5.- CONCLUSIONES

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 camping Verneda.

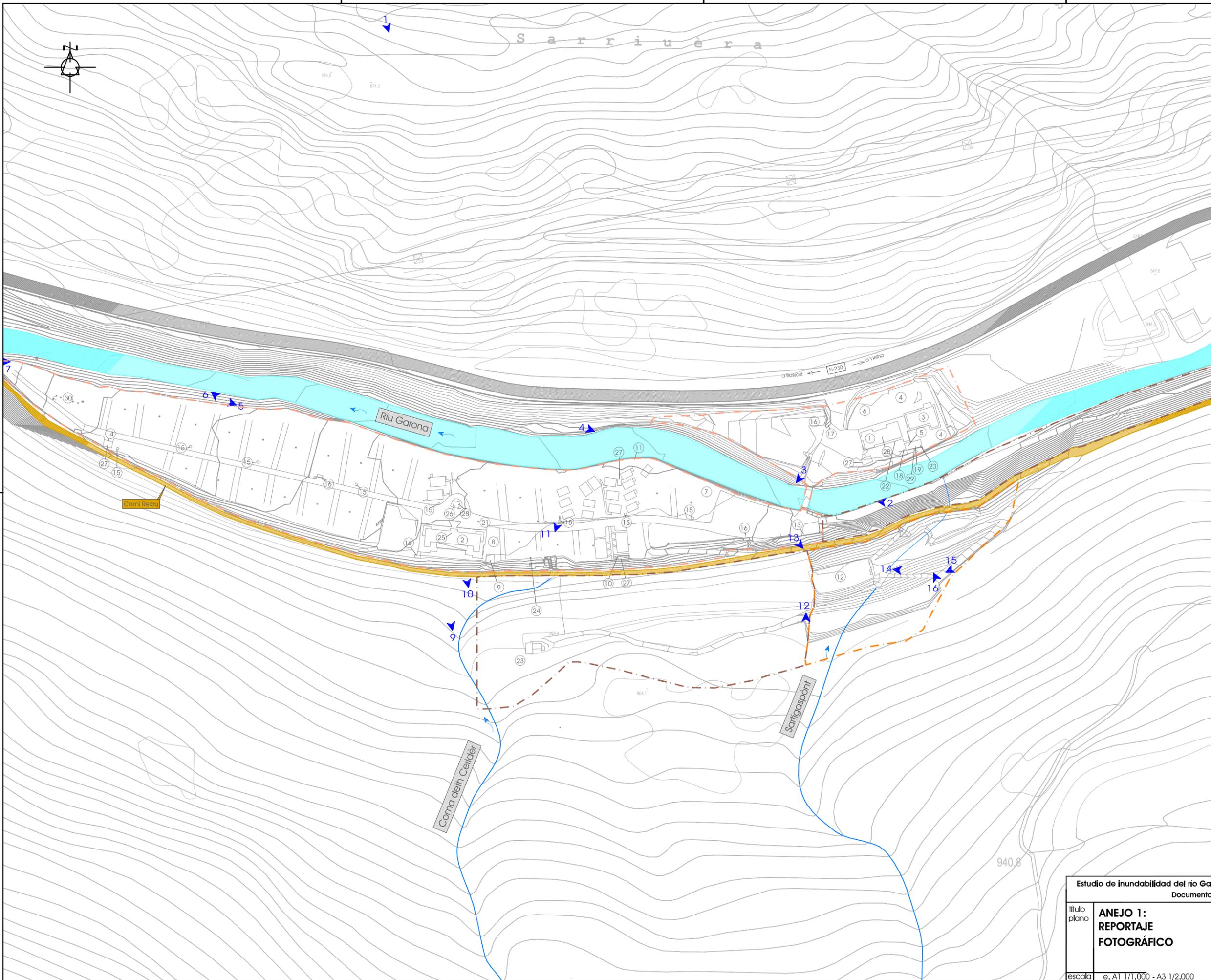
La longitud total de análisis hidráulico es de aproximadamente 790 m y la longitud del tramo por el cual el camping se sitúa en las planicies laterales del río Garona es de unos 580 m. Se ha estudiado la situación actual y una situación propuesta modificada para el período de retorno de 500 años, al 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 0,80 m (considerando 0,50 m de resguardo respecto la lámina de agua en situación modificada) 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.

En el presente estudio se añade el documento III.- input-output del programa IBER, donde se añade el cálculo de T500 para la situación modificada del nuevo terraplenado y el cálculo de la inundabilidad para T3,5 años.

**Anejo nº 2.-
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 Provisional			
títol plano	ANEJO 1: REPORTAJE FOTOGRAFICO	promotor	CAMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens
		autor:	Joan Gándara Tolrà Ingeniero de c.c.p., colegiado 16.271
escala	e, A1 1/1.000 - A3 1/2.000	URBEG	exp. 1423-civ
		fecha	febr 2018
		núm.	1



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 camping (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° 3.- Topografía



Estudio de Inundabilidad del río Garona a su paso por el camping Verneda				
Documento de Aprobación Provisional				
promotor	 CAMPING VERNEDA, S.L. José Manuel Monge Sens		fecha	febr' 2018
autor:	 Joan Gándara Tolsá Ingeniero de c.c.p., colegado 16.271		núm.	1
escala	e. A3 1/2.000		exp. 1423-cva	

Anejo n° 4.-
Descripción del modelo bidimensional IBER

ÍNDICE DEL ANEJO NÚM. 4.

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:

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

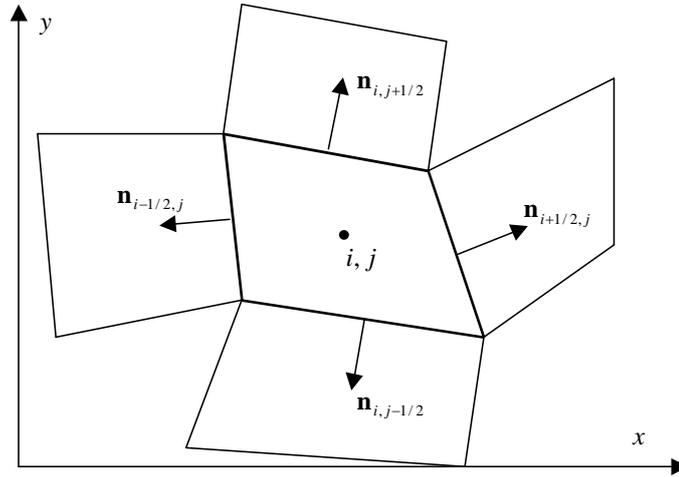


Figura 1. Discretización en volúmenes finitos de un dominio bidimensional

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:

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

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.

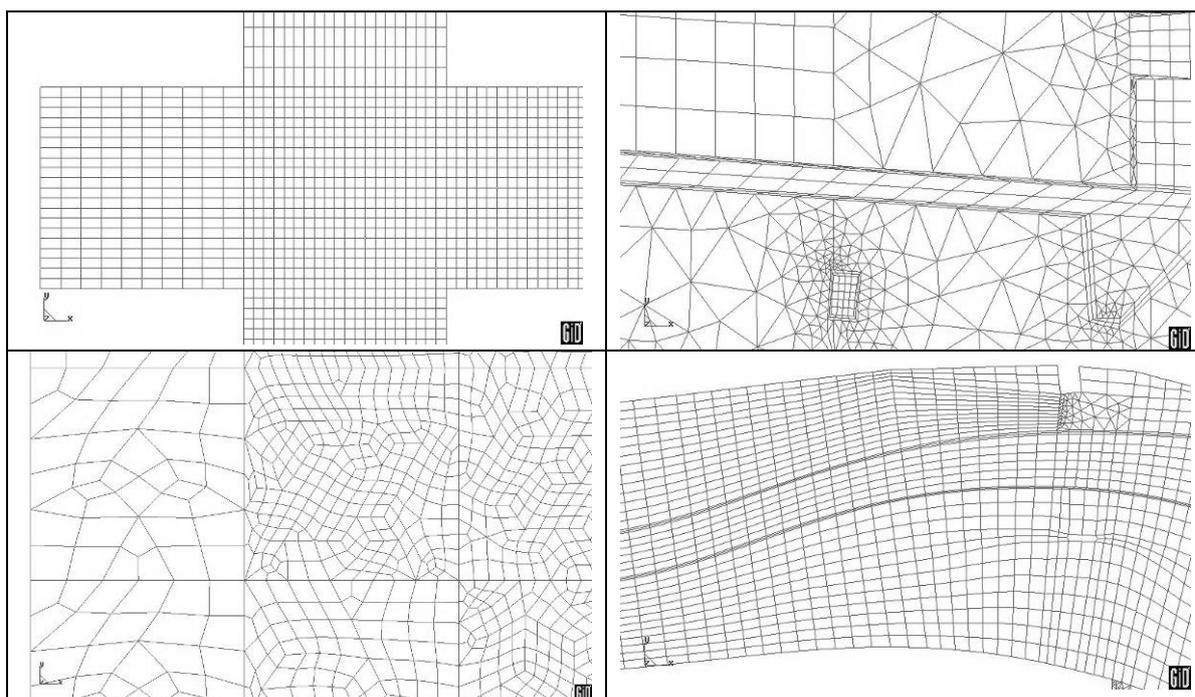


Figura 2. Detalle de distintas mallas utilizadas aplicaciones de IBER

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 permite introducir diferentes tipos de condiciones internas en los lados de los elementos para poder modelar estructuras hidráulicas. Los tipos de condiciones internas que considera el programa son :

- a) Compuerta. El programa modela en este caso las condiciones de flujo bajo una compuerta considerando la ecuación de desagüe bajo compuerta la cual puede funcionar libre o anegada. Los datos a suministrar son el coeficiente de desagüe C_d , la altura de la apertura de la compuerta “ h ”, la cota de fondo de la compuerta (Z_{B+h}) y el ancho de la misma.

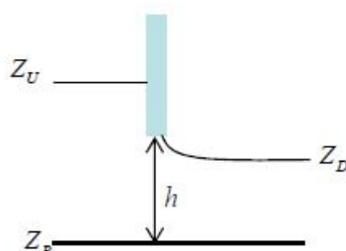


Figura 2. Esquema y ecuaciones de la condición de contorno interna de compuerta.

	$(Z_D - Z_B) / (Z_U - Z_B)$	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 este caso las condiciones de flujo sobre un vertedero en lámina libre, considerando la ecuación de desagüe para vertedero rectangular, el cual puede funcionar libre o anegado. Los datos a suministrar son el coeficiente de desagüe C_d , y la longitud de vertedero.

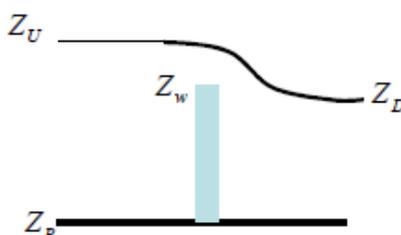


Figura 3. Esquema y ecuaciones de la condición de contorno interna de vertedero.

	$(Z_D - Z_W) / (Z_U - Z_W)$	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” y compuerta. Esta condición permite simular la existencia de una obra de fábrica. Se debe indicar tanto los parámetros de la compuerta como los del vertedero. El caudal total desaguado se obtiene de la suma del caudal bajo compuerta y del caudal sobre vertedero.

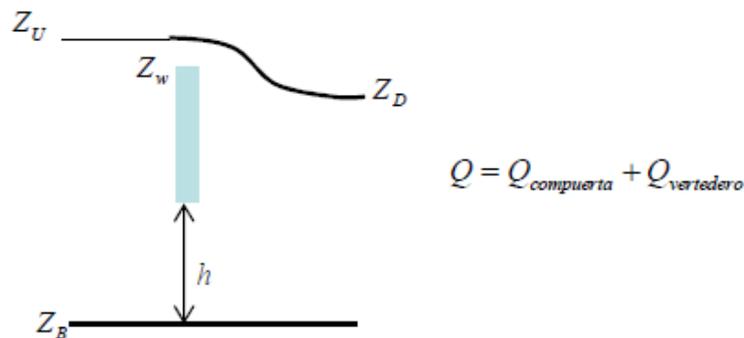


Figura 4. Esquema y ecuaciones de la condición de contorno interna de compuerta+vertedero.

- d) Pérdida localizada. En este caso a la transferencia de caudal entre dos volúmenes finitos se considera una pérdida de energía localizada de valor $\Delta H = \lambda v^2 / 2g$. Las ecuaciones de Saint Venant son la expresión matemática de las leyes de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento, de modo que para considerar esta pérdida de energía se actúa sobre el término de la pendiente motriz. Así, a la pendiente motriz a través de un contorno de un volumen finito S_f se añade un término adicional igual a $\Delta H/V$, siendo V el volumen del elemento. De esta forma, la pérdida de energía a través del contorno de este elemento acaba siendo $\Delta H + S_f L$, siendo ahora L la distancia entre centros de elementos a ambos lados del contorno donde se aplica la pérdida localizada.

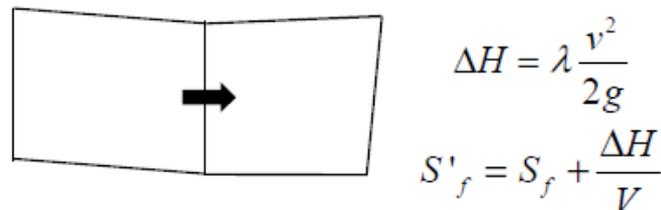


Figura 5. Esquema y ecuaciones de la condición de contorno interna de pérdida de carga localizada.

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.