

**ANEJO 12: ANÁLISIS DE RIESGO Y PROPUESTA  
DE CLASIFICACIÓN DE Balsa DE REGULACIÓN  
Y Balsa ELEVADA**



*PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES  
DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA)*



INDICE:

<b>1 ANÁLISIS DE RIESGO Y PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE Balsa DE REGULACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2 ANÁLISIS DE RIESGO Y PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE Balsa DE ELEVADA.....</b>	<b>4</b>

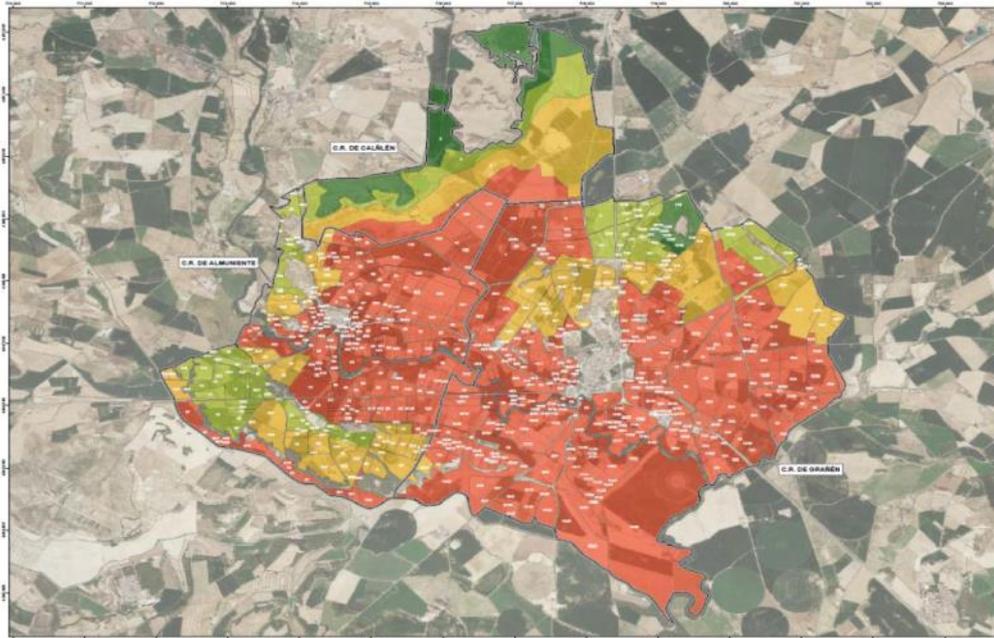


**ANEJO 1: ANÁLISIS DE ROESGO Y PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS**

**1 ANÁLISIS DE RIESGO Y PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE BALSA DE  
REGULACIÓN**

# PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA).

## ANÁLISIS DE RIESGOS Y PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA Balsa de REGULACIÓN



PROMOTOR:

Diciembre de 2021

CONSULTORES:



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, PESCA  
Y ALIMENTACIÓN



## INDICE:

<b>1. FICHA DE PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MEMORIA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE .....</b>	<b>6</b>
2.2.1. IDENTIFICACIÓN .....	6
2.2.2. SITUACIÓN DEL EMBALSE .....	7
2.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL DIQUE DE CIERRE DEL EMBALSE .....	7
2.2.4. SISTEMA DE LLENADO DE LA Balsa .....	8
2.2.5. CURVA VOLUMÉTRICA DE LLENADO .....	9
2.2.6. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS .....	9
2.2.7. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 H Y EN 1 H .....	9
2.2.8. AVENIDA DE ENTRADA EN LA Balsa .....	11
2.2.9. ALIVIADERO .....	11
2.2.10. DESAGÜE DE FONDO.....	13
2.2.11. CURVA DE VACIADO DE LA Balsa .....	15
<b>2.3. CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE AGUAS ABAJO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4. METODOLOGÍA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS., .....</b>	<b>17</b>
2.4.1. METODOLOGÍA GENERAL Y METODO DE ANÁLISIS APLICADO. ....	17
2.4.2. LONGITUD DE CAUCE ANALIZADO Y JUSTIFICACIÓN. ....	18
2.4.3. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL CAUCE Y JUSTIFICACIÓN..	21
2.4.4. GEOMETRIA DE LA Balsa Y DEL TERRENO.....	22
2.4.5. HIPÓTESIS DE ROTURA .....	23
2.4.6. DIMENSIONES DE LA BRECHA. TIEMPO DE DESARROLLO Y JUSTIFICACIÓN.....	24
2.4.7. CONFIGURACIÓN DE ESTRUCTURAS .....	26
2.4.8. DATOS DE CÁLCULO Y SIMULACIÓN.....	27
<b>2.5. CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DE AFECCIONES. ....</b>	<b>28</b>
<b>2.6. EVALUACIÓN DE LAS AFECCIONES Y CLASIFICACIÓN .....</b>	<b>29</b>
2.6.1. AFECCIONES GRAVES A NÚCLEOS URBANOS. ....	29
2.6.2. SERVICIOS ESENCIALES .....	30
2.6.3. DAÑOS MATERIALES.....	32
2.6.4. DAÑOS MEDIOAMBIENTALES.....	33
<b>2.7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>

---

<b>3. RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO.....</b>	<b>34</b>
3.1.1. MAPAS DE RESULTADOS .....	34
3.1.2. RELACIÓN DE AFECCIONES.....	40
3.1.3. HIDROGRAMA DE ROTURA DE LA Balsa .....	43
3.1.4. CURVAS DE EVOLUCIÓN EN AFECCIONES .....	44
<b>4. PLANOS.....</b>	<b>62</b>
1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	
2. Balsa DE REGULACIÓN PLANTA GENERAL	
3. Balsa DE REGULACIÓN PUNTO DE ROTURA SECCIÓN MAYOR TALUD	
4. Balsa DE REGULACIÓN MÁXIMO CALADO	
5. Balsa DE REGULACIÓN MÁXIMA VELOCIDAD	
6. Balsa DE REGULACIÓN PLANTA DE AFECCIONES	
7. ALIVIADERO	
8. DESAGÜE DE FONDO	

## ANÁLISIS DE RIESGO Y PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA Balsa de REGULACIÓN.

### 1. FICHA DE PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN.

<b>Denominación</b>	Balsa de regulación de las Comunidades de Regantes de Grañén-Flumen y Almuniente
<b>Propuesta de clasificación</b>	C
<b>Fecha</b>	Diciembre de 2021
<b>Promotor</b>	SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS, S.A. (SEIASA)
<b>Beneficiarios</b>	Comunidades de Regantes de Grañén-Flumen y Almuniente
<b>Facultativos que la proponen</b>	- Antonio Romeo Martín. Ingeniero Agrónomo. Colegiado Nº. 754 - Santiago Olona Domingo. Ingeniero Industrial. Colegiado Nº. 3056
<b>Cargo que ocupan</b>	Ingenieros al servicio de la UTE INESA-ROM VIII
<b>Listado de documentos adjuntos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FICHA PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN</li> <li>- MEMORIA</li> <li>- RESULTADOS MODELO HIDRÁULICO</li> <li>- PLANOS</li> </ul>

## 2. MEMORIA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (Directriz Básica en adelante), aprobada por acuerdo del Consejo de ministros el 9 de diciembre de 1994 y publicada en el Boletín Oficial del Estado con fecha 14 de febrero de 1995, establece en su artículo 3.5.1.3. la obligatoriedad de que las presas se clasifiquen en categorías en función del riesgo potencial que pueda derivarse de su rotura o funcionamiento incorrecto. Asimismo, se establecen en ella los criterios fundamentales de clasificación, el procedimiento a seguir y determinadas obligaciones que, para los titulares de presas, se derivan de la categoría asignada.

Con la aprobación de la Directriz Básica de Protección Civil se establece la necesidad de clasificar las presas en función del riesgo potencial derivado de su posible rotura. Esta clasificación consiste en evaluar los daños inducidos por una eventual rotura de la presa, según los cuales las presas se pueden clasificar en tres categorías:

- **Categoría A:** Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- **Categoría B:** Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un número reducido de viviendas.
- **Categoría C:** Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales o medioambientales de moderada importancia y solo incidentalmente pérdida de vidas humanas. En todo caso, a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las Categorías A y B.

En la Orden Ministerial de 12 de marzo de 1996, por la que se aprueba el “Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses”, publicada en el Boletín Oficial del Estado de fecha 30 de marzo de 1996, se establece en su artículo quinto que los titulares o concesionarios de todas las presas en servicio, independientemente de su titularidad dentro del ámbito de competencias del Estado, deben presentar a la Dirección General de Obras Hidráulicas y calidad de Aguas, en el plazo de un año

desde la entrada en vigor de la Orden, la propuesta razonada de clasificación frente al riesgo en los términos previstos por la Directriz Básica y el Reglamento Técnico, debiendo resolver la Dirección General en un plazo máximo de 1 año.

A través del REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, quedan incluidas en el ámbito de aplicación de la seguridad de presas, embalses y balsas, además de todas las consideradas como gran presa, aquellas presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m<sup>3</sup>, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estando obligados a solicitar su clasificación y registro.

Para facilitar los criterios de clasificación, procedimientos y metodologías, el Área de Tecnología y Control de Estructuras de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, redacta la Guía Técnica para la Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial. La cual ha servido de guía para la redacción de la presente propuesta.

Más recientemente, en el REAL DECRETO 264/2021, de 13 de abril, se aprueban las Normas Técnicas de Seguridad para las presas y sus embalses.

El objeto de este anejo es estudiar los riesgos, daños y perjuicios derivados de la rotura de la balsa de regulación proyectada, así como realizar una propuesta de clasificación.

## **2.2. CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE**

### **2.2.1. IDENTIFICACIÓN**

<b>Denominación</b>	Balsa de regulación de las Comunidades de Regantes de Grañén-Flumen y Almuniente
<b>Titular</b>	SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS, S.A. (SEIASA)
<b>Beneficiarios</b>	Comunidades de Regantes de Grañén-Flumen y Almuniente
<b>Domicilio</b>	Calle Joaquín Costa, 40; 22.260 Grañén (Huesca)
<b>Observaciones</b>	Las Comunidades de Regantes Grañén-Flumen y Almuniente en los TT.MM. de Grañén y Almuniente (Huesca), pertenecen a las Comunidades de Riegos del Alto Aragón.

## 2.2.2. SITUACIÓN DEL EMBALSE

<b>Cuenca Hidrográfica</b>	EBRO
<b>Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30</b>	X: 718.835 Y: 4.653.933
<b>Plano</b>	Hoja 286 del plano 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional
<b>Ubicación</b>	Parcela 14, 15, 17, 18, 19 y 20 del polígono 502 Municipio de Grañen Provincia de Huesca Comunidad de Autónoma de Aragón

El embalse está situado en entre los Canales del Cinca y del Flumen, en la zona regable. La tipología de la zona es de cultivos herbáceos extensivos en la totalidad de la zona de estudio.

En el plano n.º 1 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO, se indica la situación a escala 1:50.000.

## 2.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL DIQUE DE CIERRE DEL EMBALSE

<b>Tipo presa</b>	Materiales sueltos y semi-excavada
<b>Cota de Coronación</b>	398,2 m.s.n.m.
<b>Cota umbral aliviadero</b>	397,0 m.s.n.m.
<b>Cota de fondo</b>	389,0 m.s.n.m.
<b>Cota cimentación talud exterior dique cierre</b>	383,0 m.s.n.m
<b>Altura dique sur</b>	15,2 m
<b>Nivel máximo EMBALSE normal (N.M.N)</b>	397,0 m.s.n.m.
<b>Nivel máximo EMBALSE extraordinario (N.M.E)</b>	397,2 m.s.n.m.
<b>Talud exterior</b>	2H:1V
<b>Talud interior</b>	2,5H:1V
<b>Órganos de desagüe</b>	- Aliviadero - 2 tuberías de vaciado de ACH diámetro 1.000 mmm desde solera balsa a estación de bombeo. - 1 tubería de vaciado de ACH diámetro 1.000 mm desde estación de bombeo a desagüe.
<b>Volumen EMBALSE a cota N.M.M (397,0)</b>	464.312 m3
<b>Volumen EMBALSE a cota de coronación (398,2)</b>	549.901 m3

<b>Resguardo nivel de agua normal</b>	1,2 m
<b>Cota de fondo</b>	389,0 m
<b>Pendiente mínima de la solera</b>	0,5 %
<b>Ancho total del camino de coronación</b>	6,0 m
<b>Longitud de coronación</b>	1.241 m

#### 2.2.4. SISTEMA DE LLENADO DE LA BALSA

Se proyecta la construcción de una toma en el pK 60+600 del Canal del Cinca para un caudal de **3.000 l/s**.

La toma constará de los siguientes elementos:

- Reja de desbaste formada por pletinas separadas 10 cm de limpieza manual.
- Compuerta de apertura y cierre total de dimensiones 3,00 m \* 2,50 m. De accionamiento manual.
- Compuerta de control de caudal:

Se trata de una compuerta con medidor de caudal, medidor de nivel, motorización, automatismo, alimentación solar, baterías y telecomunicaciones totalmente integrado en un único producto de dimensiones 3,00 m. \* 2,50 m.

La compuerta podrá operar con las siguientes consignas: De forma remota se pueden programar las compuertas Slipmeter para mantener de forma automática la consigna elegida, que puede ser la siguiente:

- Posición: Se abre hasta la apertura de consigna y así se mantiene.
- Caudal: Se mantiene un caudal constante aunque los niveles aguas arriba y aguas abajo de la compuerta varíen.

Las compuertas se moverán de forma automática las veces necesarias para entregar un caudal exigido- Las compuertas también pueden ser operadas en forma manual mediante el pedestal.

Desde la toma hasta el aliviadero de llenado de las balsas, se proyecta la ejecución de una tubería de acero helicosoldado de 1.524 \* 112,5 mm. Por la tubería circulará un caudal nominal de 3.000 l/s con una velocidad de 1,7 m/s.

## 2.2.5. CURVA VOLUMÉTRICA DE LLENADO

Se muestra en la tabla 1 la curva volumétrica de llenado de la balsa.

VOLUMEN DE EMBALSE DE LA Balsa DE REGULACIÓN EN FUNCIÓN DE LA COTA POR MÉTODO DE LAS SEMISUPERFICIES						
DESCRIPCIÓN	CURVA NIVEL	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	ALTURA (m.)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	ALTURA Balsa ACUMULADA (m.)	VOLUMEN ACUM. (m <sup>3</sup> )
FONDO	389	46.966,13				
	390	49.605,62	1	48.286	1	48.286
	391	52.301,04	1	50.953	2	99.239
	392	55.054,67	1	53.678	3	152.917
	393	57.869,46	1	56.462	4	209.379
	394	60.747,10	1	59.308	5	268.687
	395	63.687,67	1	62.217	6	330.905
	396	66.683,60	1	65.186	7	396.090
COTA MÁXIMA	397	69.759,27	1	68.221	8	464.312
CORONACIÓN	398,2	72.889,00	1,2	85.589	9,2	549.901
<b>VOLUMEN TOTAL A COTA MÁXIMA NORMAL</b>				<b>464.312</b>		
<b>VOLUMEN TOTAL A CORONACIÓN</b>				<b>549.901</b>		

Tabla 1: Curva Volumétrica

## 2.2.6. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

El embalse tiene una función de regulación para ajustar el pedido continuo de agua de las CC. RR. a la demanda variable de los regantes. Se encuentra fuera de cauce natural, en una zona elevada respecto al resto del cauce natural y por tanto no lamina avenidas. El embalse se proyecta de materiales sueltos e impermeabilizado con lámina de PEAD 2,00 mm.

## 2.2.7. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 H Y EN 1 H

La precipitación máxima en 24 h y en 1 h se ha calculado a partir de la siguiente documentación:

- Máximas lluvias diarias en la España peninsular. Ministerio de Fomento. 1999
- Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. BOE de jueves 10 de marzo de 2016

Se ha calculado para:

- Grañén
- Período de retorno de 500 años

Los resultados son los siguientes:

- Precipitación máxima en 24 h para período retorno 500 años: 140,76 mm
- Precipitación máxima en 1 h para período retorno 500 años: 58,65 mm

<b>CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MEDIA DE LA HORA MÁS LLUVIOSA DÍA</b>				
Localidad	Grañén	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA		
Período retorno (años)	500	Máximas lluvias diarias España Peninsular		
Hoja serie 4C	4-2 (Zaragoza)			Plano 1 anejo
Pm(mm/día) precipitación P diaria máxima anual media	45			Tomado de hoja 4-2
Cv	0,4			Página 7
Yt cuantil adimensional regional (500 años y Cv= 0,4)	3,128			Página 13
I24 Precipitación máxima 24 h, Xt cuantil local (Xt=Yt*Pm) (mm/24 h. 500 años)	140,76			
Id Intensidad media diaria (I24/24) (mm/h.). Período retorno 500 años.	5,865	Página 18887 BOE	norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.	
Índice de torrencialidad	10	Página 18900 BOE		
It Intensidad media hora más lluviosa día (mm/h.). Período retorno 500 años.	58,65			

Tabla 2: Precipitaciones máximas para período de retorno de 500 años

En este caso, y dado que esta balsa no tiene cuenca, la única aportación sería la lluvia.

El resguardo de la balsa con respecto al nivel normal es de 1,20 m = 120 cm. Por ello, caso de una lluvia máxima para un período de retorno de 500 años, la balsa tendría una subida de nivel de 14 cm en 24 h y de 5,8 cm en la hora de mayor intensidad de lluvia. Si no funcionara el aliviadero y la balsa estuviera a máximo nivel normal (N.M.N =397,00), el nivel de la balsa a las 24 h sería de 397,14 inferior al N.M.E = 387,20. El resguardo de la balsa en esta situación sería mayor a 1 m.

El volumen máximo que entraría en la balsa para la lluvia en la hora más lluviosa sería:

$$V = It * s$$

Donde;

- It: Intensidad media hora más lluviosa día (mm/h.). Período retorno 500 años.
- S: Superficie de la arista interior de la balsa

$$V = 58,65 \text{ mm} * 72.889 \text{ m}^2 = 4.275 \text{ m}^3.$$

El caudal medio a evacuar sería, en el caso más desfavorable 4.275 m<sup>3</sup>/h = 1.187 l/s.

### 2.2.8. AVENIDA DE ENTRADA EN LA BALSA

El caudal máximo de entrada por el sistema de llenado es de 3 m<sup>3</sup>/s. La lluvia recogida que precipita sobre la superficie interior de la balsa equivale a un caudal de 1,187 m<sup>3</sup>/s, calculado según el apartado anterior. La avenida considerada es la resultante de sumar el caudal originado por la lluvia más el caudal de entrada por el sistema de llenado, es decir **4,187 m<sup>3</sup>/s**.

El hidrograma de entrada es el siguiente:

T(h)	Q (m <sup>3</sup> /s)
0,5	4,187
1,0	4,187
1,5	4,187
2,0	4,187
3,0	4,187

Tabla 3: Hidrograma precipitación en balsa

### 2.2.9. ALIVIADERO

Se proyecta la instalación de un aliviadero lateral doble de fábrica de hormigón armado de las siguientes dimensiones:

- Planta rectangular de 32,60 m \* 7,20 m. Con una altura libre de 3,00 m y de 5,30 m en las tomas de las balsas.
- Longitud útil de vertido del doble aliviadero: 32,00 m.

La solera y muros se arman con dos mallazos B500S de diámetro 12 mm y malla de 15\*15 cm.

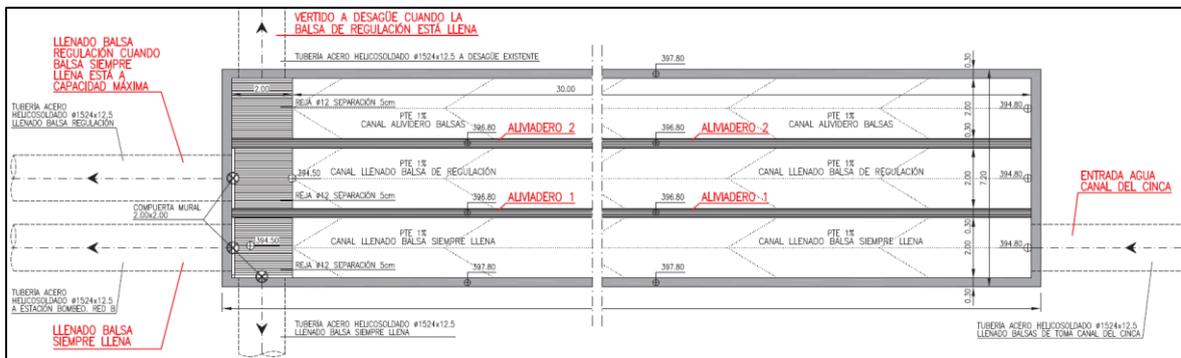
Este aliviadero se cubre con una celosía tipo TRAMEX soportada por perfiles transversales IPE 160 c/ 1,50 M.

En el extremo sur del aliviadero se proyecta la instalación de las distintas tomas de las balsas y de la tubería de alivio. Para ello, se profundiza la solera en 2,00 m. y se instalarán 2 compuertas de accionamiento manual estanca a cuatro juntas, tablero de 2.000 mm x 2.000 mm, carga de agua prevista 5.000 mm a favor de cierre. Apertura de 60 cm. Con estanqueidad mediante junta de neopreno tipo nota musical.

Para evitar posibles obturaciones de las compuertas y conducciones, se instalarán 3 rejas de gruesos de dimensiones 2 m x 2 m de diámetro 12 mm y separación entre redondos de 5 cm.

Se ha diseñado un aliviadero lateral doble con las siguientes funciones:

- Mantener la balsa siempre llena a su máximo nivel. Esta balsa será la primera que derivará caudales de la toma.
- Conducir el exceso de agua, una vez atendida la balsa siempre llena, a la balsa de regulación.
- Caso de que esta balsa de regulación adquiera su máximo nivel, el agua saltará por el segundo aliviadero y se conducirá al desagüe que se encuentra al oeste de la balsa de regulación.



Detalle del aliviadero aportado en planos

Este aliviadero centraliza y sustituye a los aliviaderos que en otro caso se proyectarían en las balsas. Permite el llenar una única balsa de las dos controladas o incluso cortar el agua en alguna de ambas balsas. En la misma tabla **se indica que la capacidad de evacuación es de 4.328 l/s con 18 cm de carga**. Según se indica en el cuadro adjunto. Se encuentra detallado en el plano 7.2 Aliviadero. Planta y sección.

CÁLCULO DEL ALIVIADERO			
Coeficiente m	Anchura vertedero b (m)	Carga h (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
0,4	32	0,10	1,792
0,4	32	0,11	2,067
0,4	32	0,12	2,356
0,4	32	0,13	2,656
0,4	32	0,14	2,968
0,4	32	0,15	3,292
0,4	32	0,16	3,627
0,4	32	0,17	3,972
<b>0,4</b>	<b>32</b>	<b>0,18</b>	<b>4,328</b>
0,4	32	0,19	4,693
0,4	32	0,20	5,069

Tabla 4: Cálculo del caudal que evacúa el aliviadero

Se ha proyectado una conducción de alivio hasta un desagüe existente de riego. Esta conducción se realizará mediante tubería de acero helicosoldado con unas dimensiones de Ø1.524x12,5 mm. Por esta conducción se prevé pueda circular un caudal máximo de alivio de 4,187 m<sup>3</sup>/h con una velocidad de 2,36 m/s.

Por ello, las conclusiones son las siguientes:

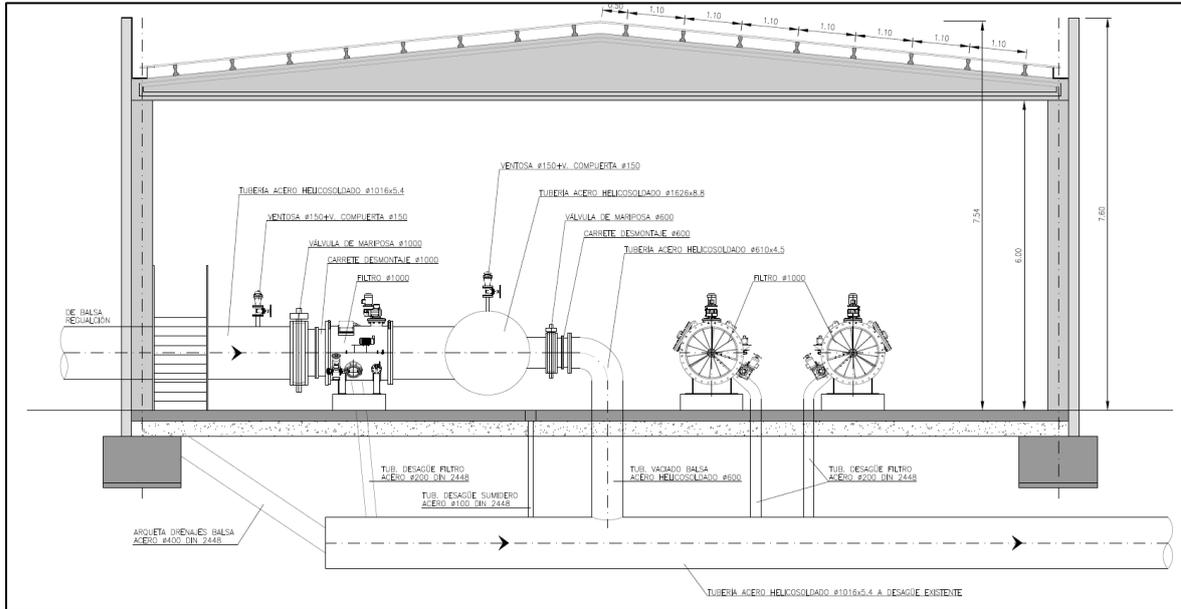
El aliviadero proyectado es capaz de evacuar el caudal máximo de entrada en la balsa (3.000 l/s) + el caudal producido por las lluvias (1.187 l/s) y que se evacuaría por el aliviadero en caso de que el episodio de lluvia se produjera cuando la balsa está a máximo nivel normal, sumando un total de **4,187 m<sup>3</sup>/s**.

### 2.2.10. DESAGÜE DE FONDO

En la balsa de regulación se ha proyectado un desagüe de fondo utilizando las dos tuberías que entran en la estación de bombeo las cuales son de acero helicosoldado con unas dimensiones de Ø1.016x5,4 mm.

Las dos tuberías convergen en un colector de acero helicosoldado de Ø1.016x5,4 mm, y desde esta parte una tubería de acero de Ø610x4,5 mm que se conecta a una tubería de desagüe de acero helicosoldado de Ø1.016x5,4 mm. La tubería de desagüe conduce las aguas hasta un drenaje existente a una distancia aproximada de 72 metros.

Como elementos de control existe doble valvulería mediante dos válvula de mariposa de Ø1.000 mm en cada una de las tuberías de entrada a la estación de bombeo, y de una válvula de mariposa de Ø600 mm a la salida del colector que conecta con el desagüe.



*Detalle del desagüe de fondo aportado en planos*

Existe una diferencia entre la cota de fondo y la salida del desagüe de 7 m altura aproximadamente. De acuerdo con la ecuación de Bernoulli ( $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$ ), la velocidad de salida de agua en la cota de fondo será de 11,7 m/s ( $\sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 7}$ ).

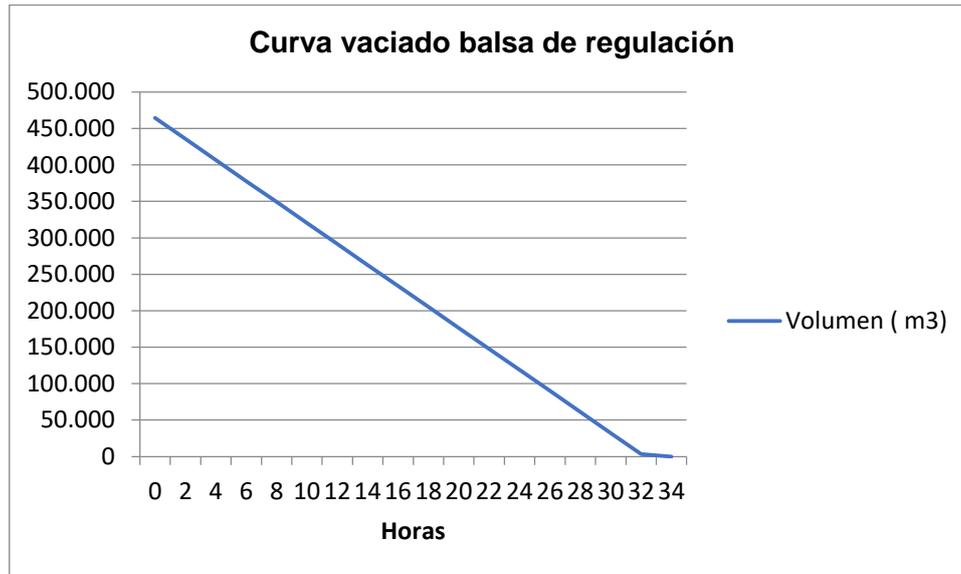
Para evitar posibles daños en las tuberías y elementos de control, se ha optado por limitar el caudal máximo de salida a 2,5 m/s en las conducciones de Ø1.000 mm. Así pues, **se limita el caudal por el desagüe de fondo a 4 m<sup>3</sup>/s.**

La limitación de caudal se realizará mediante los elementos de control consistentes en válvulas de mariposa.

### 2.2.11. CURVA DE VACIADO DE LA Balsa

Como se ha indicado en el apartado anterior, se ha limitado el caudal de desagüe de forma que la **capacidad máxima del desagüe de fondo sea de 4,0 m<sup>3</sup>/s.**

El siguiente gráfico muestra la curva de vaciado de la balsa:



CURVA VACIADO Balsa DE REGULACIÓN		
Tiempo (h)	Caudal salida (m <sup>3</sup> /s)	Volumen ( m <sup>3</sup> )
0	4,0	464.312
2	4,0	435.512
4	4,0	406.712
6	4,0	377.912
8	4,0	349.112
10	4,0	320.312
12	4,0	291.512
14	4,0	262.712
16	4,0	233.912
18	4,0	205.112
20	4,0	176.312
22	4,0	147.512
24	4,0	118.712
26	4,0	89.912
28	4,0	61.112
30	4,0	32.312
32	4,0	3.512
34	4,0	0

### 2.3. CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE AGUAS ABAJO

La situación de la zona y los elementos susceptibles de verse afectados pueden verse localizados en el plano presentado en el plano N.º 6 “Balsa de Regulación. Planta de afecciones”.

Se simula rotura en la brecha sur, por tener la altura de dique mayor (mayor volumen movilizable), por la orografía hacia esa dirección y por encontrarse la localidad de Callén y otros elementos susceptibles importantes.

Aguas abajo de la brecha en la presa simulada, encontramos una zona agrícola con campos de cultivo extensivo de herbáceos, edificios agrícolas, granjas dispersas y caminos de servicio agrícola principalmente. Se incluye en la zona de estudio la localidad de Callén, así como la carretera Huesca-Grañén A-1213 por considerarse una afección probable importante.

Esta área es atravesada por un colector (barranco de Plan de Callén) que facilitaría la evacuación de agua en una posible onda de avenida.

Junto al dique oeste, está proyectada una instalación de placas solares, propiedad de la Comunidad de Regantes. Esta estación dará servicio a las instalaciones del servicio de riego. No se considera afección grave en caso de rotura del dique oeste, ya que no se produciría daño en los servicios esenciales de la zona, siendo el propietario del servicio la misma Comunidad de Regantes. Se trata de una instalación de la propia balsa y sistema de riego. Por esta razón, no se considera simular rotura del dique oeste.

## **2.4. METODOLOGÍA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS.,**

### **2.4.1. METODOLOGÍA GENERAL Y METODO DE ANÁLISIS APLICADO.**

La metodología utilizada se corresponde con la consideración del escenario más desfavorable, rotura del dique con el embalse a plena capacidad y sin coincidencia con avenidas pues, tal y como se ha justificado anteriormente, el embalse se ubica en una zona elevada y fuera de cauce natural.

Se utiliza el método Iber, modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente GEAMA (Universidad de A Coruña), el Grupo Flumen (Universitat Politècnica de Catalunya y Universitat de Barcelona) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE (vinculado a la Universidad Politécnica de Cataluña), en el marco de un Convenio de Colaboración suscrito entre el CEDEX y la Dirección General del Agua.

Iber es una herramienta de modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas, es decir, para calcular niveles de agua y velocidades en ríos, estuarios, canales, llanuras de inundación, obras hidráulicas...

Resuelve el calado y la velocidad con un módulo de cálculo de hidrodinámica. Algunas de las capacidades de este software son el uso de mallas irregulares para poder optimizar la representación geométrica y el tiempo de cálculo, la importación de geometrías y mallas de gran variedad de formatos.

Emplea esquemas numéricos robustos, sin problemas de convergencia, que permiten calcular flujos con resaltos hidráulicos y frentes de onda.

Permite considerar rugosidad variable y puede considerar el efecto de distintos tipos de estructuras como compuertas, vertederos, puentes, obras de drenaje... Además, se puede simular la formación de una brecha en una presa o dique.

El módulo de hidrodinámica para obtener el calado y la velocidad resuelve unas ecuaciones que se deducen de dos leyes físicas de conservación elementales:

- Conservación de la masa
- Conservación de la cantidad de movimiento (la segunda ley de Newton aplicada a un fluido)

Estas leyes físicas se traducen en unas expresiones matemáticas que son las ecuaciones de Navier – Stokes, que gobiernan el movimiento de un fluido en las tres dimensiones del espacio. De las ecuaciones de Navier-Stokes se deducen las ecuaciones de aguas someras, también conocidas como ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones, que son las ecuaciones básicas que resuelve el módulo hidrodinámico de Iber.

Este método utiliza métodos paramétricos para el establecimiento y progresión de la brecha de rotura y métodos hidráulicos de análisis de régimen variable para el estudio del avance de la onda de rotura y la determinación de las áreas de inundación. También proporciona directamente resultados en términos de cota máxima de lámina alcanzada y velocidad del agua.

#### **2.4.2. LONGITUD DE CAUCE ANALIZADO Y JUSTIFICACIÓN.**

Debido a la cercanía del núcleo urbano de Callén hacia el sur, y la dirección de la pendiente decreciente hacia esa orientación se ha optado por el análisis de ruptura del dique en su lado sur.

El límite del tramo del cauce a analizar se ha determinado considerando que los elementos susceptibles de ser dañados agua abajo ya no inducen una elevación de la categoría. Además, se establecen estos límites tras una primera simulación en la que se determina la no peligrosidad. En el mapa de resultados de Máxima Peligrosidad se observa que el área catalogada peligrosa no alcanza los límites de modelización. Es decir, más allá de esos límites no se producen velocidades mayores de 1 m/s ni calados mayores de 1 m ni el producto de estas magnitudes supera 0,5 m<sup>2</sup>/s. No hay afecciones aguas abajo de esos límites.

El agua es evacuada en general por los barrancos y azarbes de la zona discurriendo el caudal por estos trayectos en los que no hay elementos de riesgo.

De esta manera se acota el área de estudio y se aligera el modelo de cálculo.

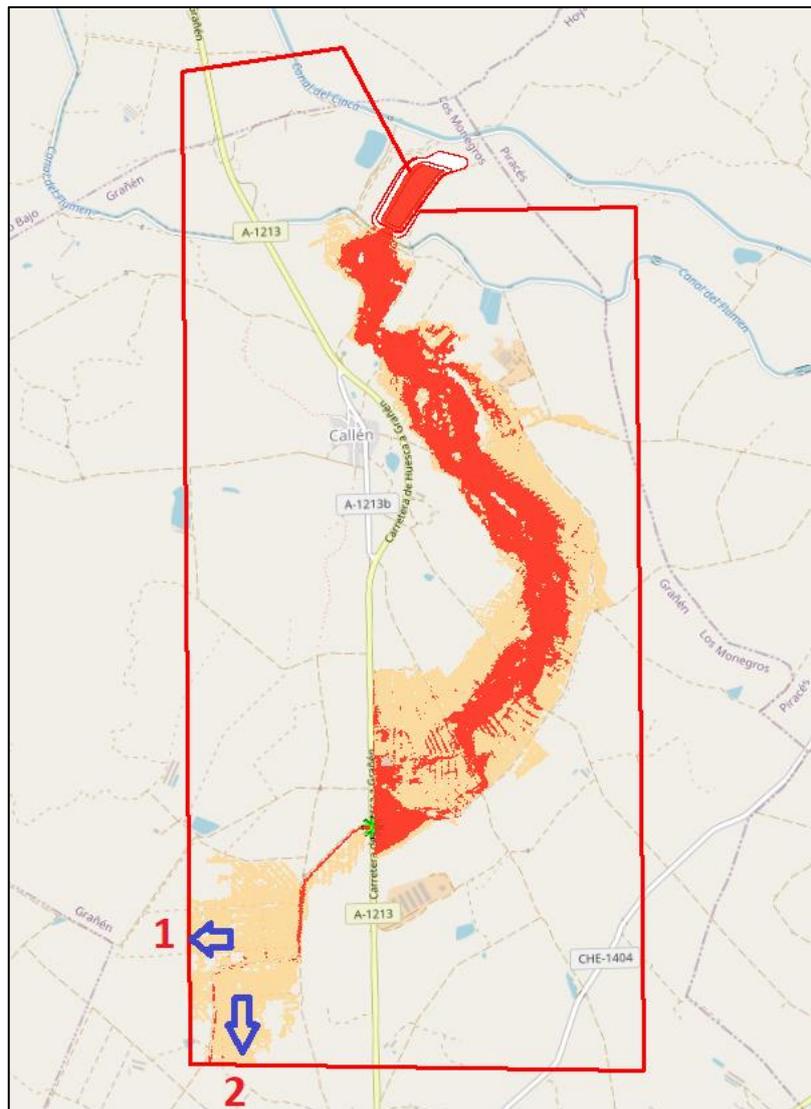


Ilustración 1: Límites de estudio de rotura

Debido a la cercanía del núcleo urbano de Callén y de diferentes granjas y la carretera, hacia el sur, y la dirección de la pendiente decreciente hacia esa orientación se ha optado por el análisis de ruptura del dique en su lado sur hasta que la onda se encauza en el barranco de Callén.

La salida del modelo se produce en los puntos 1 y 2 transcurridas 3 horas de simulación. El frente de agua se lamina en las superficies de cultivos, desplazándose a velocidades y calados bajos. En estas zonas, no se detecta valores de Daño Grave según RD 9/2008.

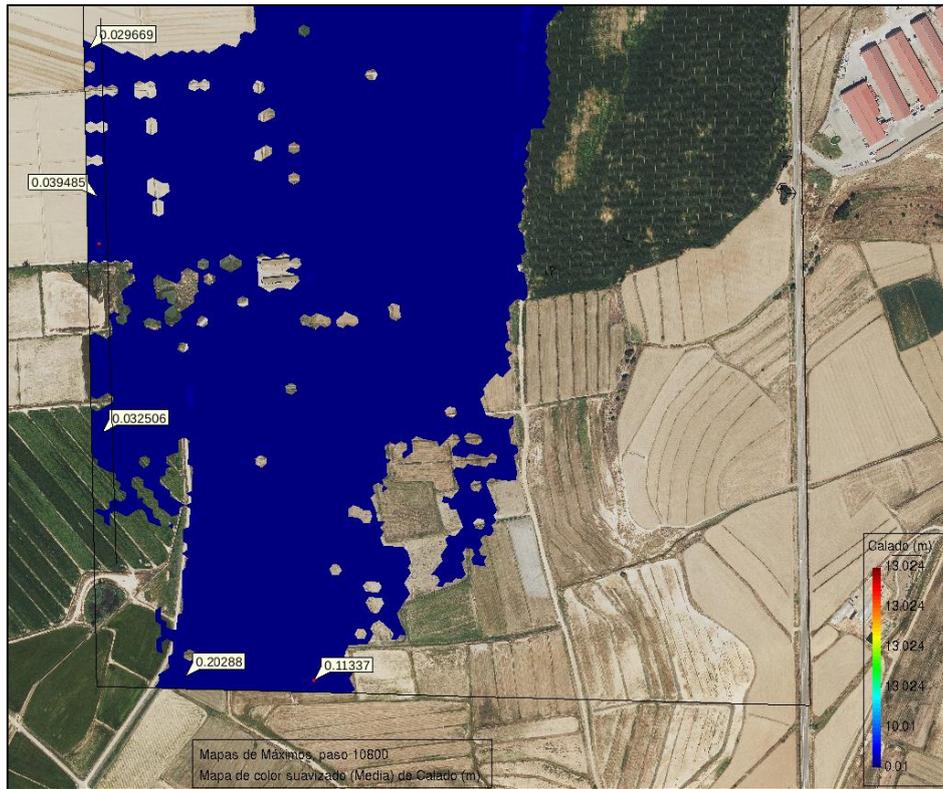


Ilustración 2: Calados máximos en salidas del modelo de simulación

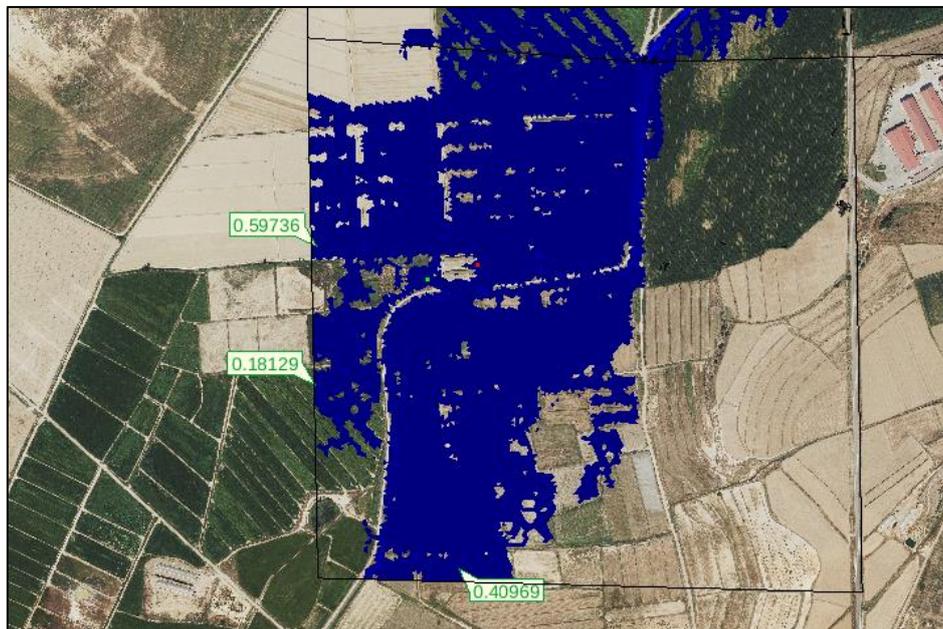


Ilustración 3: Velocidades máximas en salidas del modelo de simulación

### 2.4.3. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL CAUCE Y JUSTIFICACIÓN.

El software utilizado, Iber asigna la rugosidad a través de un coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ). El valor del número de Manning es representativo de la resistencia que ofrece una superficie al fluido, es decir, de la rugosidad de esa superficie. Esto implica que, a mayor rugosidad de la superficie, mayor será la resistencia que ofrece al flujo y el valor de Manning será más alto.

En la modelización de avenidas fluviales las superficies que ofrecen una mayor resistencia (mayor  $n$ ) y que por tanto ralentizan el movimiento del agua son las zonas arboladas, las zonas de matorral o aquellas con alta densidad de edificación. Por el contrario, las superficies sin edificar o zonas con vegetación o cultivos herbáceos tendrán una resistencia menor y por tanto un valor de coeficiente más pequeño.

La asignación de valores de Manning a distintos tipos de uso o aprovechamientos del suelo sólo se puede resolver por medio de estudios experimentales por lo que generalmente habrá que basarse en otras experiencias para decidir qué valores debemos asignar a cada aprovechamiento. A este respecto, la información de usos de suelo y las ortofotografías resultan de gran ayuda.

El valor de este coeficiente es muy variable y depende de varios factores entre los que destacan la rugosidad de la superficie, la vegetación, la irregularidad del canal, la sedimentación y erosión o la presencia de obstrucciones.

La gran mayoría de manuales de hidráulica recogen diferentes valores de Manning en función de alguno o varios de estos factores. Así por ejemplo la siguiente tabla muestra valores del coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce:

Uso de suelo	Coefficiente n Manning
Canal	0,022
Suelo desnudo	0,023
Granjas	0,1
Infraestructura	0,02
Área cultivada	0,045
Hormigón	0,018

Tabla 5: Coeficientes de Manning para distintas superficies

Todas las superficies del modelo deben tener un valor de coeficiente de Manning asignado para definir su rugosidad. Esta asignación se realiza a través de los usos de suelo, configurados en este caso de la siguiente manera:

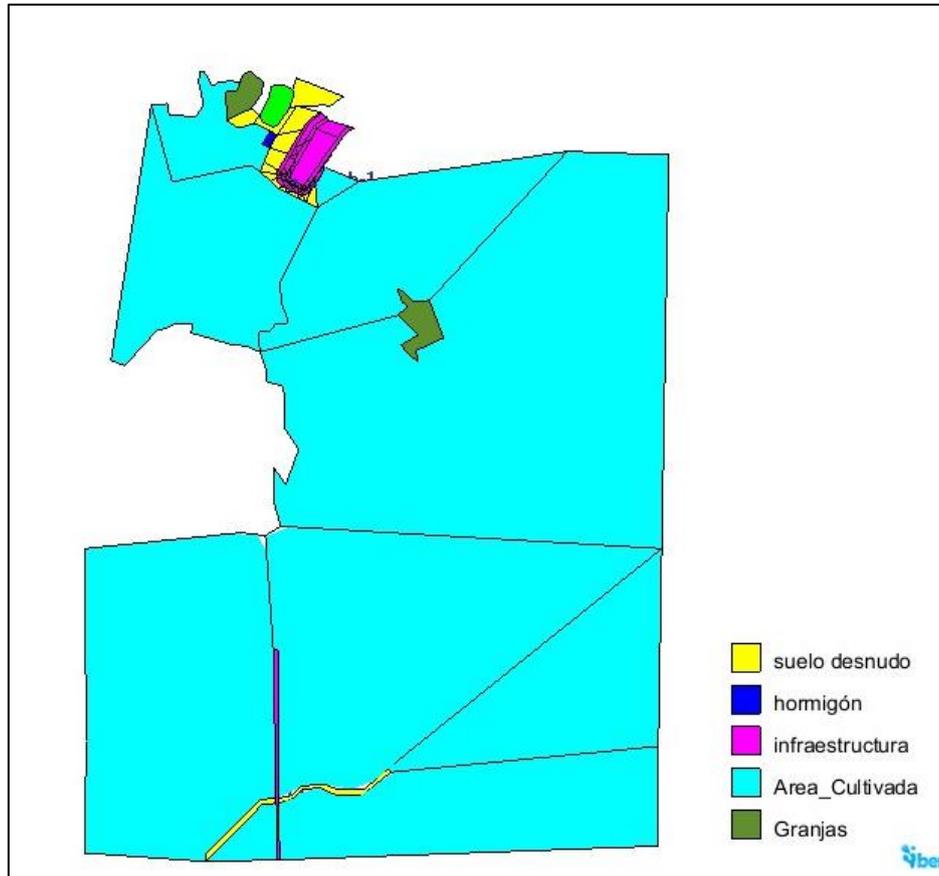


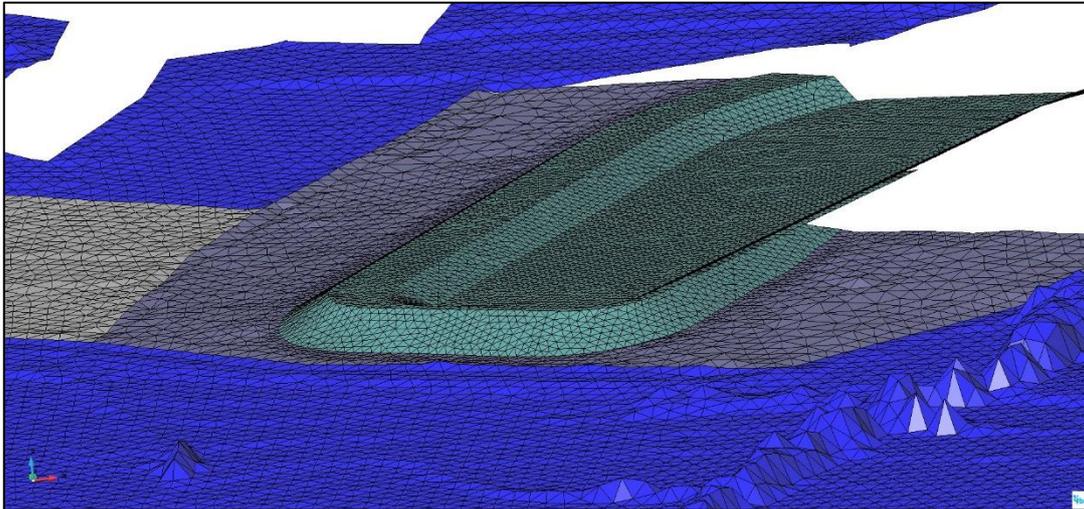
Ilustración 4: Características zona afectada por rotura dique

#### 2.4.4. GEOMETRIA DE LA Balsa Y DEL TERRENO

Para modelizar la balsa se han incorporado las curvas de nivel para obtener la geometría, así como las cotas.

Para el terreno de la zona de estudio se ha utilizado un modelo digital del terreno del vuelo LIDAR. Modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m, con la misma distribución de hojas que el MTN50. LIDAR (Light Detection and Ranging) es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de x, y, z.

En todas las superficies de estudio se ha generado una malla no estructurada de tamaño 10 m para el terreno y tamaño 5 m para la zona del embalse. En zonas que requieren más detalle se ha usado puntualmente malla de 2 m.



*Ilustración 5: Geometría de la balsa*

#### **2.4.5. HIPÓTESIS DE ROTURA**

Para este análisis de onda de avenida se simula la hipótesis de rotura H2, considerando la balsa llena hasta nivel de coronación (398,2 m) en el instante 0 y simulando una avenida como caudal de entrada en la balsa de 4,187 m<sup>3</sup>/s, resultante del caudal originado por las precipitaciones máximas para período de retorno de 500 años (1,187 m<sup>3</sup>/s) más el caudal de entrada por el sistema de llenado (3 m<sup>3</sup>/s), durante toda la simulación.

## **2.4.6. DIMENSIONES DE LA BRECHA. TIEMPO DE DESARROLLO Y JUSTIFICACIÓN**

La forma y dimensión de la brecha, así como el tiempo de rotura se han calculado de acuerdo con lo establecido en la Guía Técnica para la Clasificación de presas en función del riesgo potencial en su apartado 5.3.

En las presas de materiales sueltos, como suele ser en las balsas, la rotura se produce de forma progresiva en el tiempo.

La Guía Técnica para estos casos, propone una geometría de rotura trapezoidal, con las siguientes fórmulas para calcular el tiempo de rotura y el ancho medio (Froehlich, D.C. 1987):

$$b \text{ (m)} = 20 \left( V \text{ (Hm}^3\text{)} - h \text{ (m)} \right)^{0,25}$$

Dónde:

- b (m): anchura media de la brecha
- V(Hm<sup>3</sup>): Volumen embalsado
- h(m): profundidad de la brecha, hasta el contacto con el cauce en el pie del talud.

$$T \text{ (horas)} = 4,8 \cdot V^{0,5} \text{ (Hm}^3\text{)} / h \text{ (m)}$$

Dónde:

- T (horas): tiempo de formación de la brecha (tiempo que tardará en generarse)
- V(Hm<sup>3</sup>): Volumen embalsado
- h(m): profundidad de la brecha, hasta el contacto con el cauce en el pie del talud

La formación de la brecha que se realiza por la Guía Técnica seguirá el siguiente esquema:

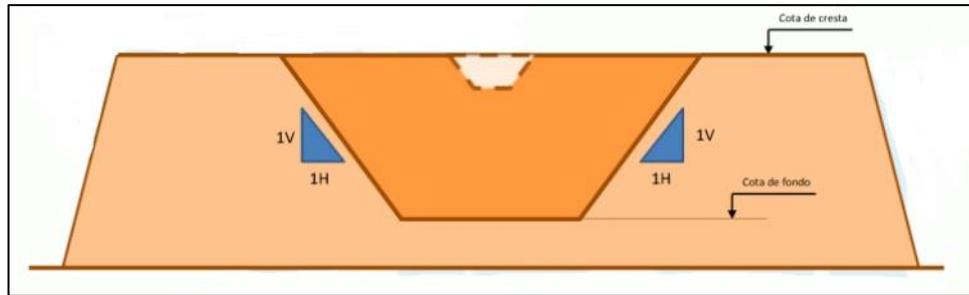


Ilustración 6: Esquema brecha trapezoidal tipo

En las presas de materiales sueltos, como es el caso, la rotura es progresiva en el tiempo y con evolución desde formas geométricas iniciales hasta la práctica totalidad de la presa.

Para el embalse objeto de estudio son los siguientes:

- Volumen movilizable: 0,549901 Hm<sup>3</sup>
- Cota coronación: 398,2 m
- Cota fondo solera: 389 m
- Cota terreno dique exterior: 383 m

Por lo tanto:

<b>h brecha (altura brecha)</b>	15,2 m
<b>Volumen</b>	0,549901 Hm <sup>3</sup>
<b>t</b>	0,23 horas
<b>b anchura media</b>	21,7 m

### 2.4.7. CONFIGURACIÓN DE ESTRUCTURAS

Se ha modelizado el paso de agua bajo la carretera A-1213 en el barranco de Callén Se trata de un paso tipo alcantarilla de hormigón (coeficiente de Manning 0,018) planta cuadrada sección 2 x 2 m. Este paso se ubica en las coordenadas ETRS89 Huso 30, X: 718.397 e Y: 4.650.021.

Se adjunta plano nº 6 de afecciones donde aparecen localizados el paso bajo carretera mediante colector.



Ilustración 7: Modelización IBER. Paso bajo la carretera A-1213

## 2.4.8. DATOS DE CÁLCULO Y SIMULACIÓN

Los datos para el cálculo en este caso, han sido los siguientes:

- Tiempo total de simulación 10.800 s
- Intervalo de escritura de resultados 60s
- Incremento de tiempo máximo 1 s
- CFL 0,45

Condición inicial:

- Cota agua en la superficie interior del embalse: 398,2 m (lleno hasta coronación, escenario más desfavorable)
- Calado en el resto del terreno: 0 m (terreno seco)

Condiciones de contorno:

- Salida 2D Condición de Flujo Supercrítico/Crítico: en los límites de las áreas de simulación
- Entrada 2D en balsa: Tipo Caudal Total según el siguiente hidrograma. Entra en la balsa un caudal de 4,187 m<sup>3</sup>/s correspondiente al escenario de máxima avenida (precipitaciones máximas periodo retorno 500 años + caudal máximo de entrada por el sistema de llenado)

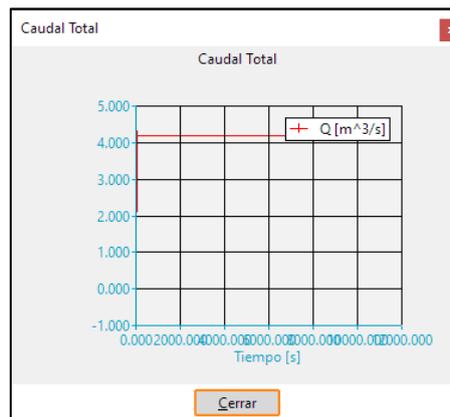


Ilustración 8: Hidrograma de entrada en balsa equivalente a Máxima Avenida

## 2.5. CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DE AFECCIONES.

Como consecuencia de lo previsto en la Directriz y en el Reglamento Técnico y de las consideraciones anteriores, se establece que la clasificación de las presas se basará en una evolución progresiva de los daños potenciales, desde la categoría C hacia la A.

Se entiende por análisis de la evolución progresiva el proceso según el cual en primer lugar se evalúa la posibilidad de incluir el aspecto considerado en la Categoría C, según su definición estricta. Caso de no responder a los criterios que definen la Categoría C, se establece que la presa debe incluirse en las Categorías B o A, repitiendo el proceso según los criterios definitorios de la Categoría B. Los criterios generales de clasificación son los siguientes:

**a) Categoría C:** Puede producir solo incidentalmente pérdida de vidas humanas. No puede afectar a vivienda alguna y solo de manera no grave a algún servicio esencial. Los daños medioambientales que puede producir deben ser poco importantes o moderados. Únicamente puede producir daños económicos moderados.

**b) Categoría B:** Puede afectar a un número de viviendas inferior al que se considere mínimo para constituir una afección grave a un núcleo urbano o a un número de vidas equivalente, o producir daños económicos o medioambientales importantes. Puede afectar solo de manera no grave a alguno de los servicios esenciales de la comunidad.

**c) Categoría A:** Supera la categoría anterior, pudiendo afectar gravemente, al menos, a un núcleo urbano o número de viviendas equivalente, con lo que pudiera poner en situación de riesgo a un número de vidas humanas semejante al que ocupa el número de viviendas considerado como límite máximo para la categoría B, o afectar gravemente a alguno de los servicios esenciales de la comunidad o producir daños económicos o medioambientales muy importantes.

Los aspectos a analizar son, por tanto:

- Riesgo potencial a vidas humanas. Población en riesgo.
- Afecciones a servicios esenciales.
- Daños materiales.
- Daños medioambientales.

De acuerdo con la Guía Técnica para la clasificación de presas en función de su riesgo potencial, apartado 2 “criterios para la definición de categorías”, el elemento esencial para la clasificación es el relativo a la población y a las vidas humanas con riesgo potencial de afección por la hipotética rotura de la presa. Para ello, la Directriz define esta población con riesgo de una forma cualitativa según la afección potencial sea de tipo grave a núcleos urbanos (categoría A), afecte a un número reducido de viviendas (categoría B) o pudiera afectar solo incidentalmente a vidas humanas (categoría C). Como consecuencia debe partirse de que el elemento primordial en la clasificación es la afección potencial a las vidas humanas, por lo que este es el primer aspecto que debe ser considerado en el proceso.

## **2.6. EVALUACIÓN DE LAS AFECCIONES Y CLASIFICACIÓN**

Aplicando el artículo 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico que define la zona donde se puedan producir graves daños durante una avenida sobre personas y los bienes cuando se cumpla alguna de estas condiciones:

- Que el calado sea superior a 1,0 m
- Que la velocidad sea superior a 1,0 m/s
- Que el producto entre el calado y la velocidad sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s

Los resultados del análisis en los que se basa esta evaluación se presentan en el apartado 3 “RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO”.

### **2.6.1. AFECCIONES GRAVES A NÚCLEOS URBANOS.**

De acuerdo con la definición del Instituto Nacional de Estadística, se entiende como "Núcleo Urbano" el conjunto de al menos diez edificaciones, que estén formando calles, plazas y otras vías urbanas. Por excepción, el número de edificaciones podrá ser inferior a 10, siempre que la población de derecho que habita las mismas supere los 50 habitantes. Se incluyen en el núcleo aquellas edificaciones que, estando aisladas, distan menos de 200 metros de los límites exteriores del mencionado conjunto, si bien en la determinación de dicha distancia han de excluirse los terrenos ocupados por instalaciones industriales o comerciales, parques, jardines, zonas deportivas, cementerios, aparcamientos y otros, así como los canales o ríos que puedan ser cruzados por puentes.

Se entenderá como afección grave a un núcleo urbano aquella que afecte a más de cinco viviendas habitadas y represente riesgo para las vidas de los habitantes, en función del calado y la velocidad de la onda.

#### MUNICIPIO DE CALLÉN:

De los resultados del análisis, que se muestran en el Apartado 3, se observa que **no se produce afección a ninguna vivienda habitada**. Las únicas viviendas habitadas se encuentran en el núcleo urbano de Callén a los cuales no alcanza la onda de avenida en ninguno de los dos escenarios analizados.

#### PRESENCIA DE PERSONAS:

Los terrenos por los que discurriría la avenida son terrenos agrícolas con una presencia muy reducida en el tiempo por parte del personal que realiza las labores por lo que se considera que puedan producirse pérdidas de vidas humanas serían incidentales.

### **2.6.2. SERVICIOS ESENCIALES**

Se entiende como servicios esenciales aquellos que son indispensables para el desarrollo de las actividades humanas y económicas normales del conjunto de la población.

Se considerará servicio esencial aquel del que dependan, al menos, del orden de 10.000 habitantes. En cuanto a la tipología de los servicios esenciales, estos incluyen, al menos, las siguientes:

- Abastecimiento y saneamiento.
- Suministro de energía.
- Sistema sanitario.
- Sistema de comunicaciones.
- Sistema de transporte.

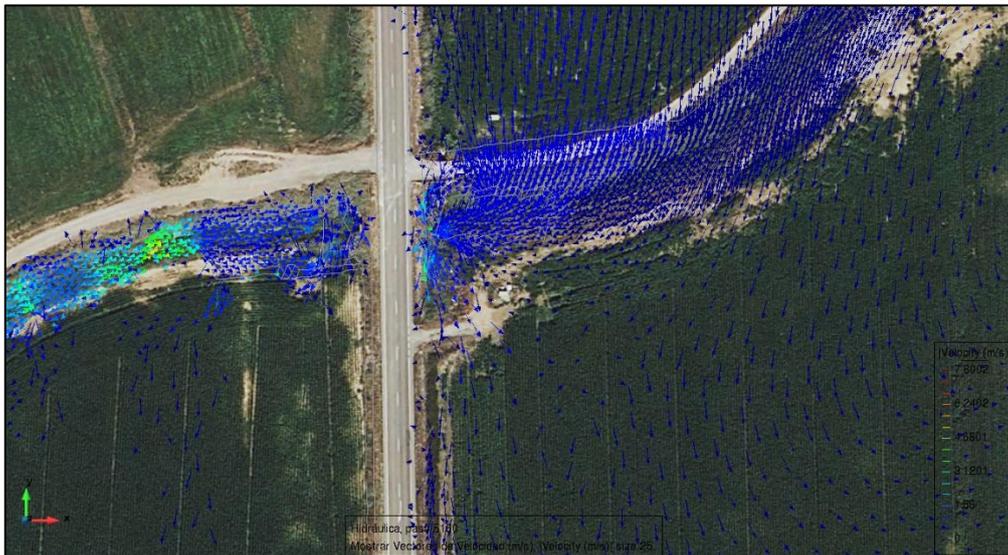
Se considerará como afección grave aquella que no puede ser reparada de forma inmediata, impidiendo permanentemente y sin alternativa el servicio, como consecuencia de los potenciales daños derivados del calado y la velocidad de la onda.

Servicios esenciales en la zona:

### CARRETERA A-1213:

La onda de agua alcanza la zona próxima a la carretera, pero no la invade. El calado en esta zona no es suficiente para que la onda se eleve por encima de la vía, quedándose en el margen. Existe un paso para el agua bajo la carretera en el colector del barranco de Plan de Callén. El agua es evacuada a través de dicha infraestructura de obra de hormigón por debajo de la carretera.

En todo caso, esta vía de tráfico da servicio a una población inferior a los 10.000 habitantes y a los núcleos urbanos que une (Callén y Grañén), puede accederse por otras vías de tráfico como la A-1210 en el caso de Grañén.



*Ilustración 9: Flujo en colector barranco Plan de Callén*

### CANAL DEL FLUMEN:

El Canal del Flumen es alcanzado por la onda con valores de peligrosidad (calados y velocidades mayores de 1). Estas condiciones de calado y peligrosidad se clasifican como daño grave a personas y bienes. Pero la afección no es considerada de gravedad porque el Canal dispone de desagües que permitirían la rápida limpieza de lodos de manera que el servicio no se interrumpiría de forma permanente. Además, las Comunidades de Regantes disponen de los pertinentes sistemas de filtrado por lo que no se interrumpiría el servicio. Todos los usuarios del Sistema de Riegos del Alto Aragón, están obligados a disponer de un sistema de almacenamiento que les suponga una autonomía de tiempo suficiente para poner en marcha de nuevo el servicio de distribución de agua.

### CAMINOS RURALES Y ACCESO A FINCAS:

Dan servicio a menos de 10.000 habitantes por lo que se considera daño moderado.

#### **2.6.3. DAÑOS MATERIALES.**

Los únicos daños materiales que se producirían serían los asociados a los daños a cultivos, y a algún edificio agrícola. Las superficies y los puntos vulnerables afectados en mayor o menor medida por la onda se muestran en apartado 3 RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO, y en plano nº 6 “Balsa de Regulación. Planta de afecciones”.

#### CARRETERA A-1213:

Esta vía de transporte no se ve afectada tal y como se ha justificado en el apartado anterior. El flujo y calado previsto sobre el terraplén de la carretera, no tiene capacidad de producir daños sobre la plataforma de esta. El flujo es conducido por las pendientes del terreno a los colectores bajo la carretera.

#### CULTIVOS REGADÍO:

La superficie en la que en algún momento el calado es mayor de 0, es decir, llega a mojarse no supera las 1.000 ha.

La Guía Técnica califica los daños materiales como moderados si la superficie afectada es <3.000 ha de seco y < 1.000 ha de regadío. Por lo tanto, estos daños son considerados **moderados**.

#### INDUSTRIAS Y PROPIEDADES RÚSTICAS

Los Daños a industrias y propiedades rústicas se consideran también moderados (< de 10 instalaciones).

#### INFRAESTRUCTURAS PROPIAS

Anexo a la balsa de regulación se instalarán una estación de bombeo y un parque solar fotovoltaica propiedad de la Comunidad de Regantes. Estas darán servicio al sistema de riego por lo que se trata de una instalación asociada a la propia balsa. No se han considerado por tanto servicio esencial al ser propietario del servicio la misma Comunidad de Regantes y estar integrado en el sistema de riego de la propia balsa.



### 3. RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO

#### 3.1.1. MAPAS DE RESULTADOS

##### 3.1.1.1. MÁXIMOS CALADOS

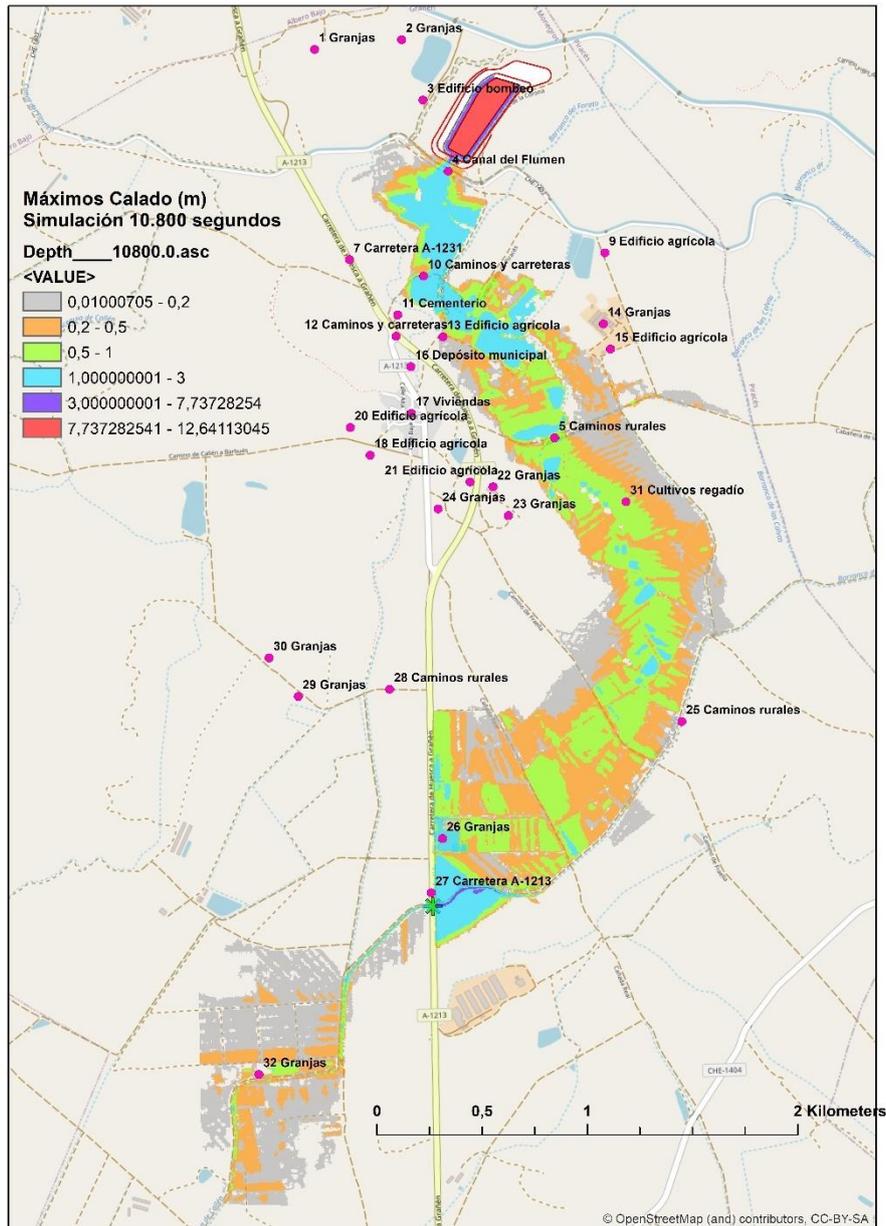


Ilustración 10: Máximos calados de rotura.

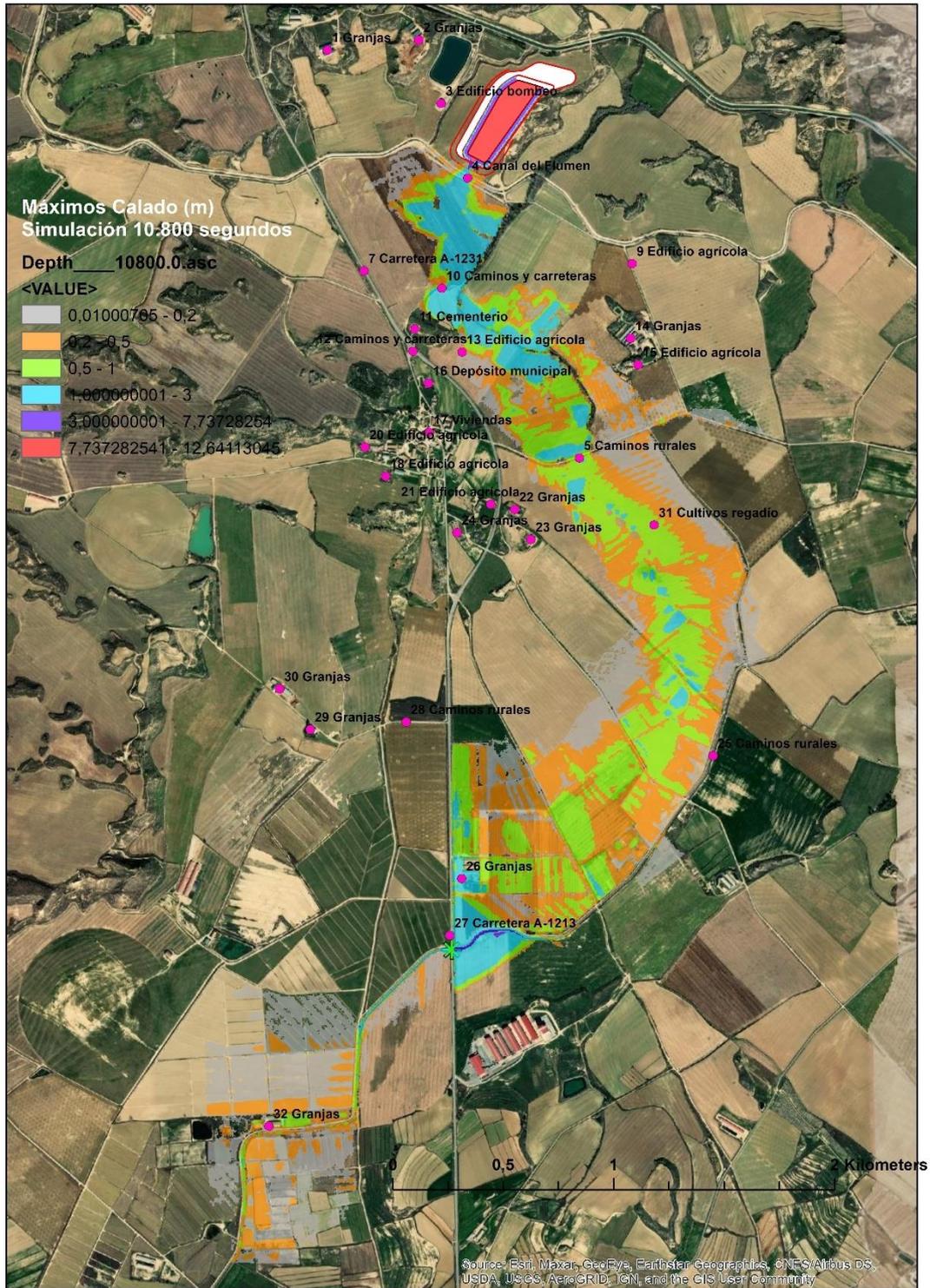


Ilustración 11: Máximos calados rotura con ortofoto.

3.1.1.2. MÁXIMOS DE VELOCIDAD

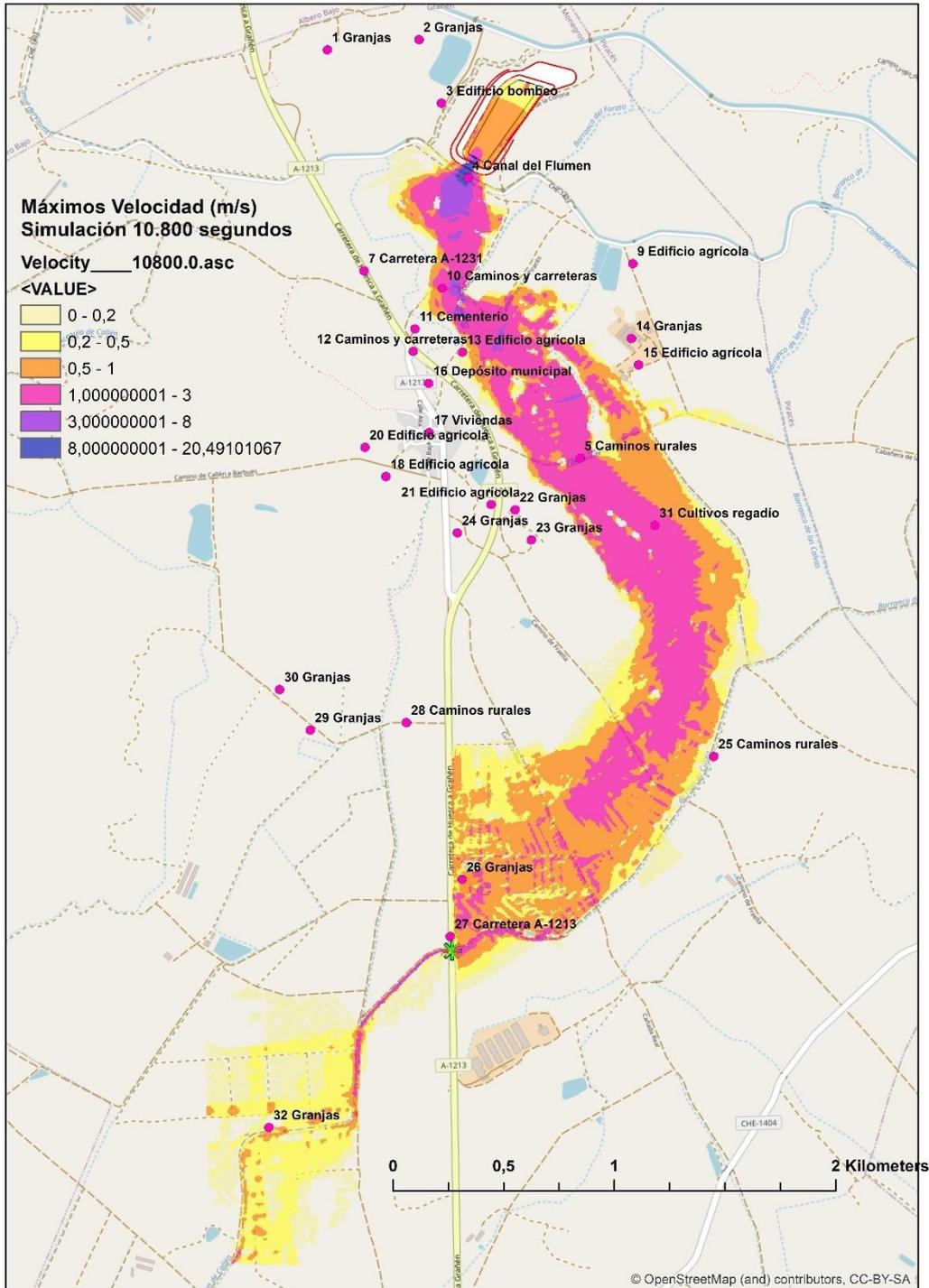


Ilustración 12: Máximos de velocidad.

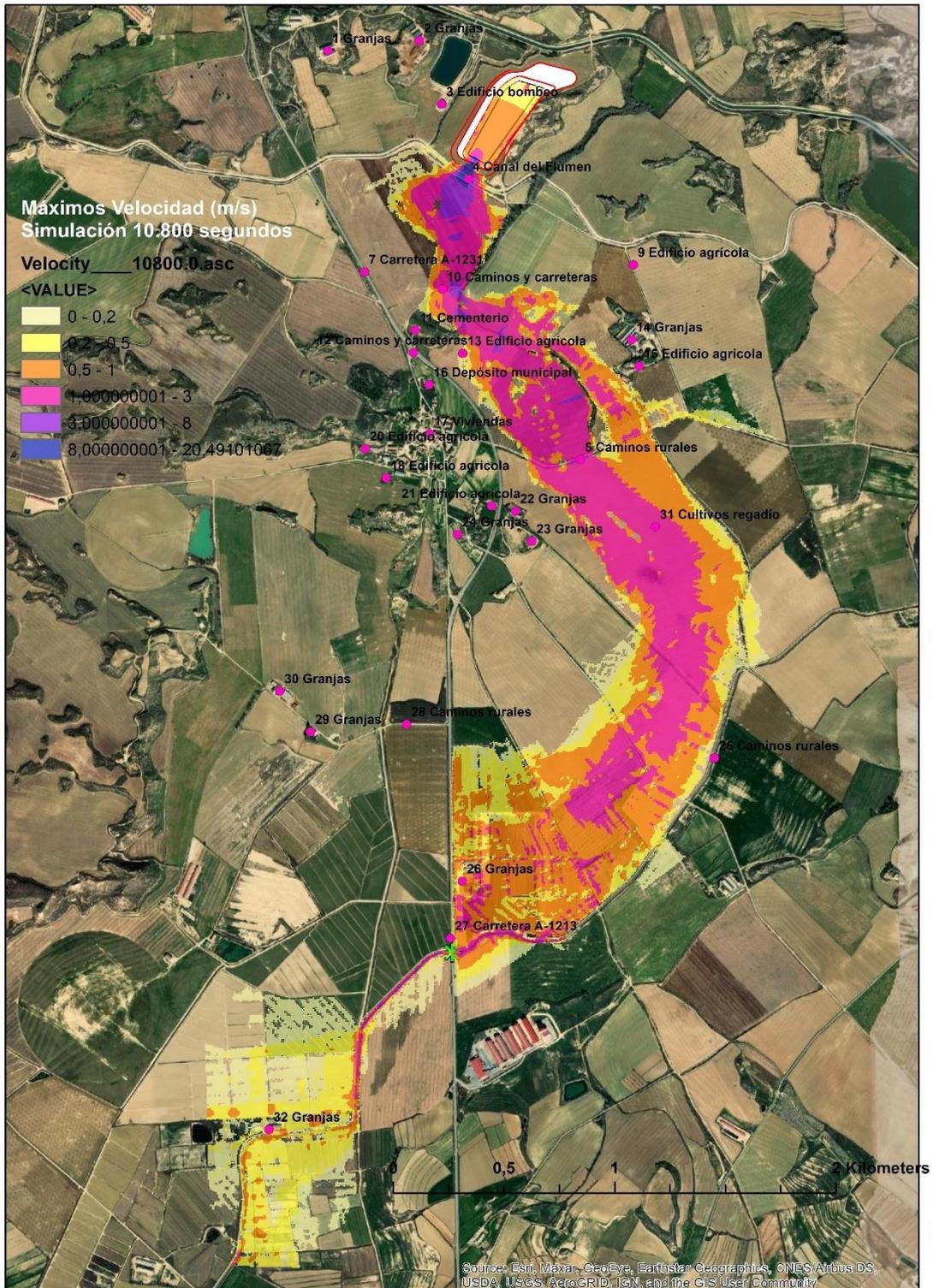


Ilustración 13: Máximos de velocidad rotura con ortofoto.

3.1.1.3. MÁXIMOS DAÑOS GRAVES RD 9/2008

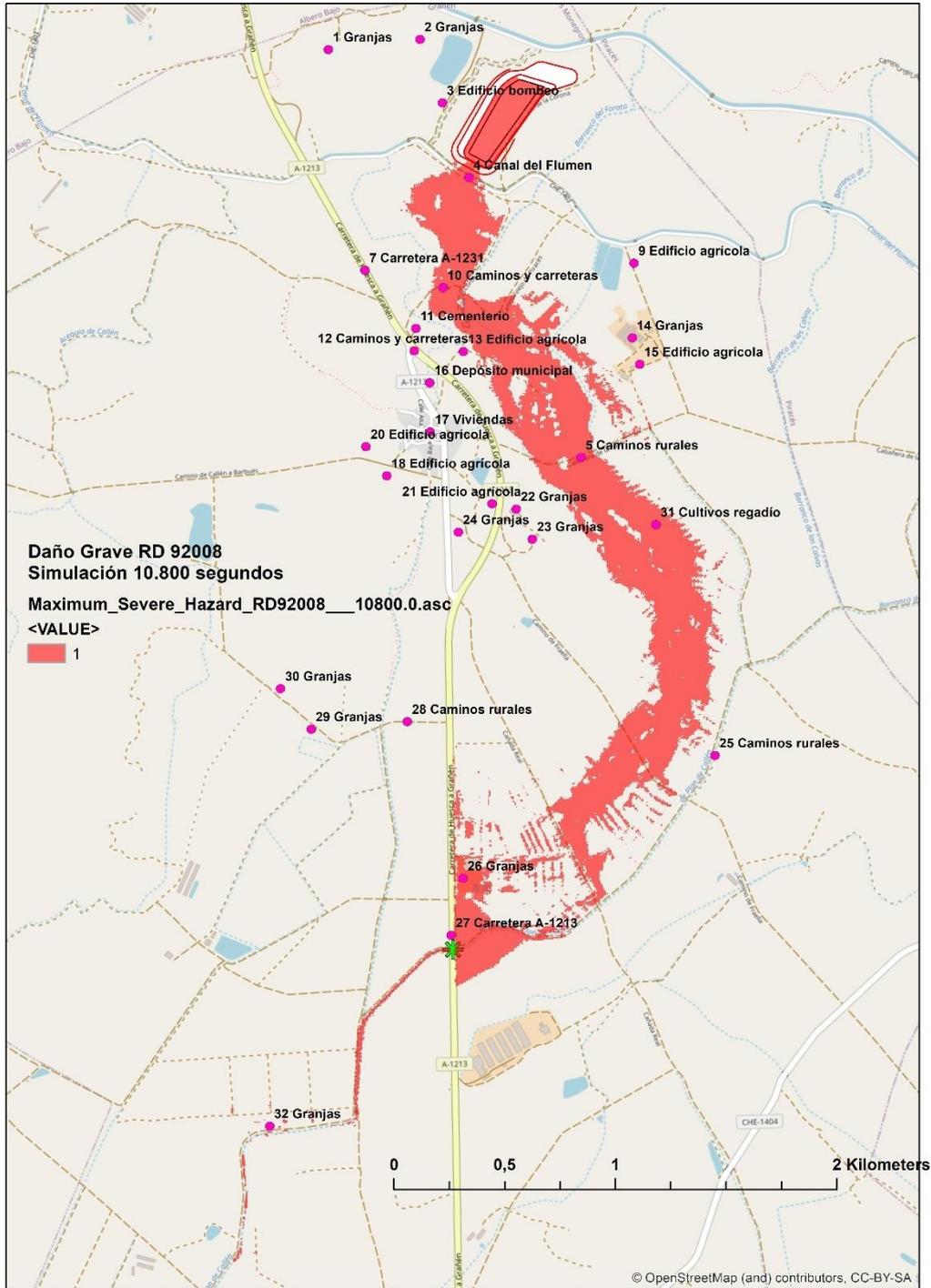


Ilustración 14: Mapa de riesgo grave.

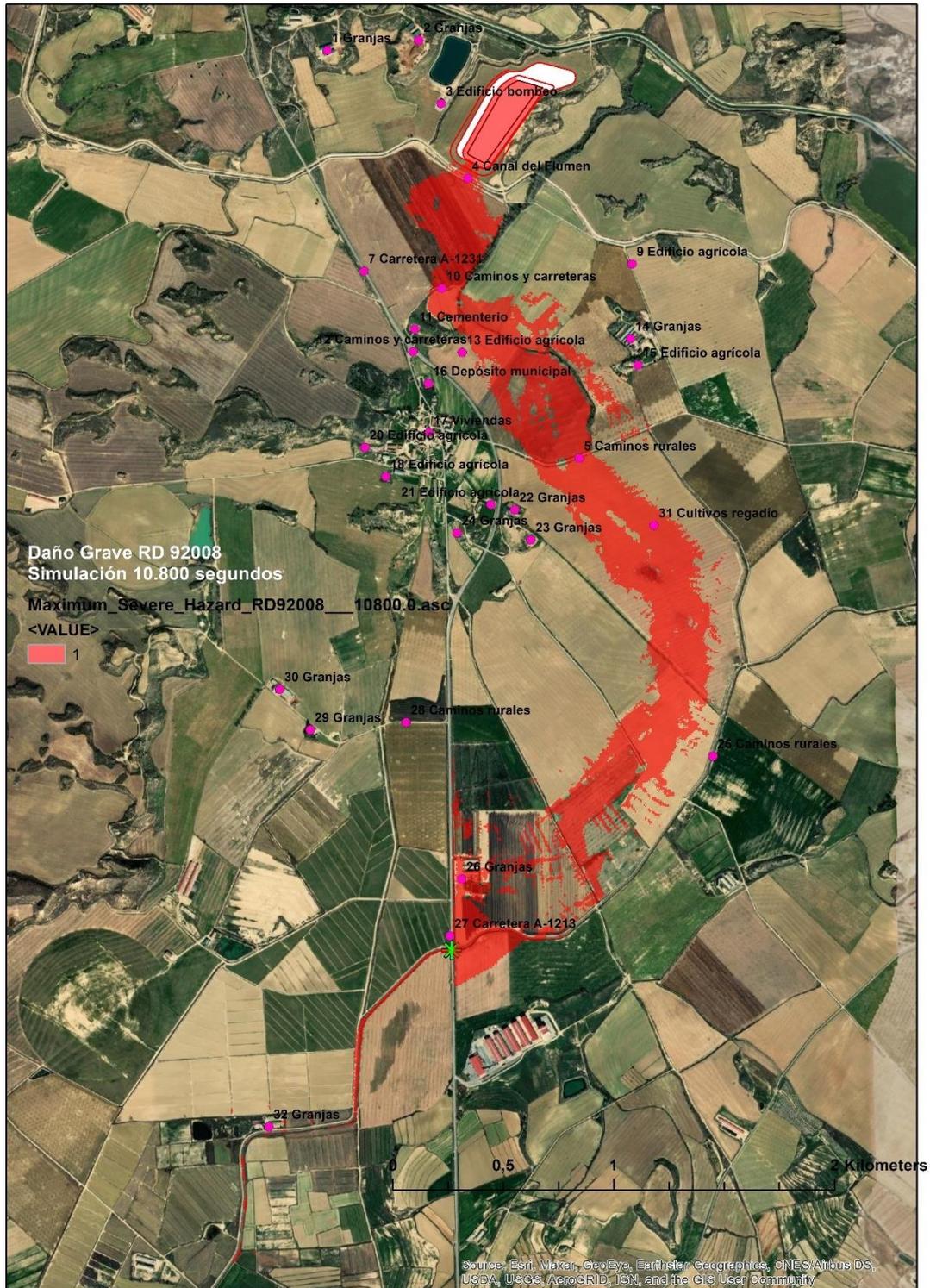


Ilustración 15: Mapa de riesgo grave con ortofoto.

### 3.1.2. RELACIÓN DE AFECCIONES.

#### 3.1.2.1. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS AFECTADOS

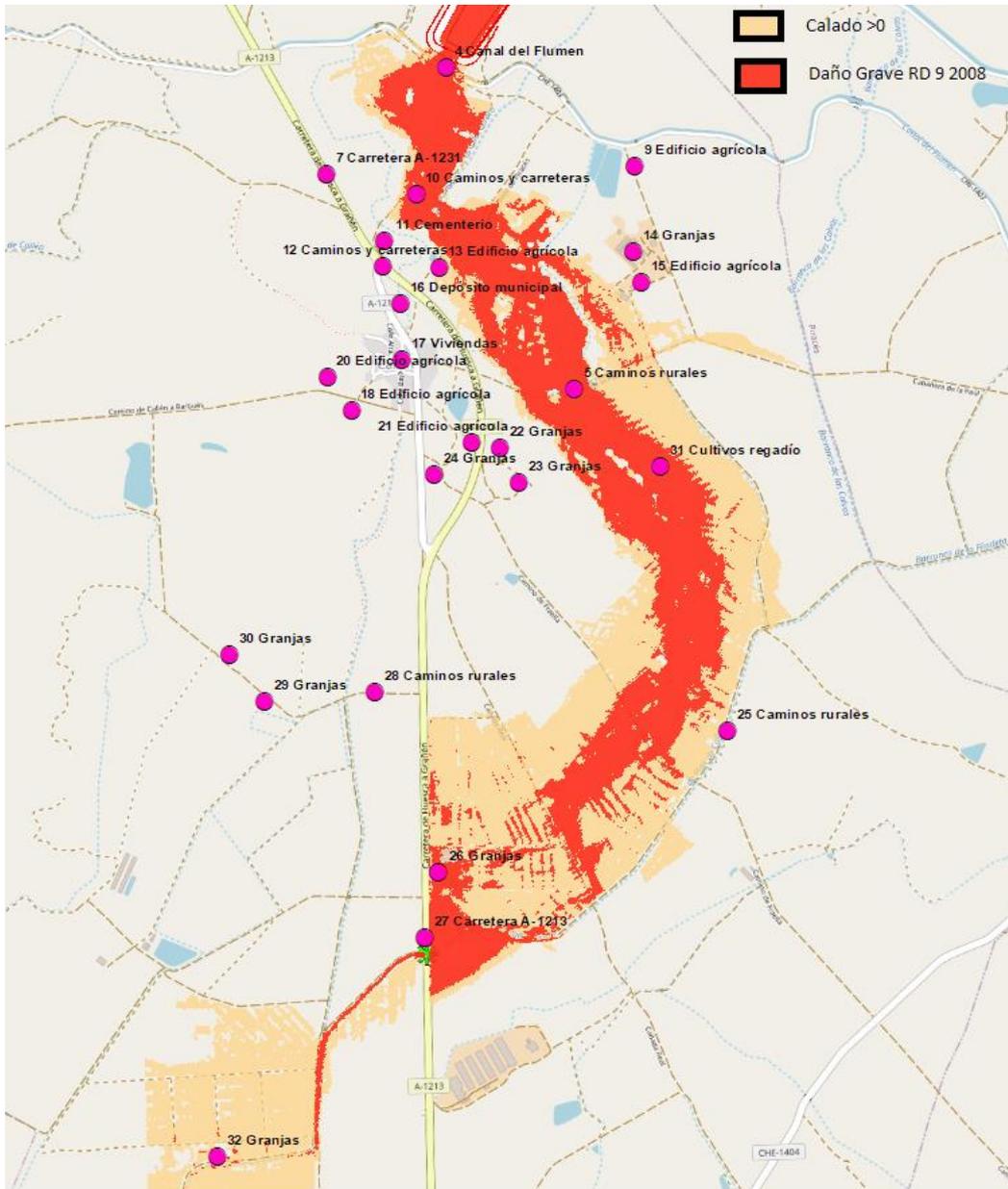


Ilustración 16: Mapa afecciones rotura balsa  
REGULACIÓN.

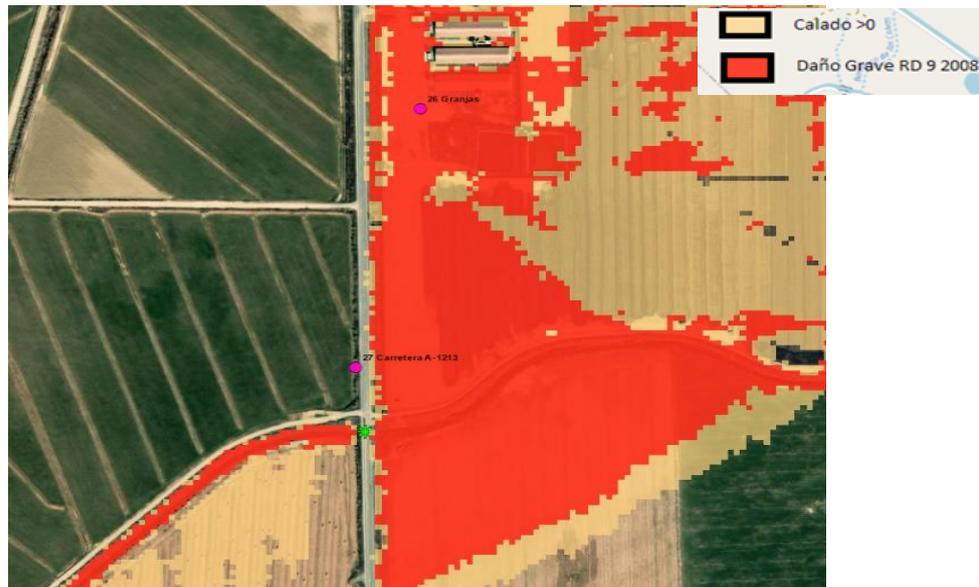


Ilustración 17: Ampliación detalle mapa afecciones en Carretera A1213

Los elementos afectados por la onda de rotura son:

- ELEMENTO 4 Canal del Flumen y vías de acceso a este
- ELEMENTO 10 Caminos Rurales
- ELEMENTO 5 Caminos Rurales
- ELEMENTO 26 Granja “Los Morteros”
- ELEMENTO 31 Cultivos
- ELEMENTO 32 Granja

Para los elementos lineales o de superficie, se toma un punto representativo. Se ha adoptado como referencia representativa del área de cultivos un punto en la superficie de daño grave (ELEMENTO 31). Se tendrá en cuenta para la valoración de afecciones el área total de cultivos afectados.

Como representación de caminos rurales se ha tomado dos puntos de los caminos más importantes del área afectada.

La carretera A-1213 en el punto ELEMENTO 39 no se ve afectada por la “mancha de calado >0”.

### 3.1.2.2. TABLA AFECCIONES

N.º	Descripción	Distancia (km)	T LLEGADA onda (s)	T LLEGADA MAX CALADO (s)	MAX CALADO (m)	T LLEGADA MAX VEL(s)	MAX VEL (m/s)	T LLEGADA MAX Q esp(s)	MAX Q esp (m2/s)	Tipo Afección	Daño Grave RD 92008	Daños Materiales
4	Canal del Flumen	0,04	60	120	1,41	120	11,87	120	15,3	Material/Servicios	si	Daño Moderado. El servicio de regadío no queda afectado gravemente
10	Caminos	0,555	300	540	1,49	540	0,37	540	0,48	Material/Servicios	si	Daño Moderado
5	Caminos	1,405	900	1.200	0,79	1.200	2,56	1.200	1,99	Material/Servicios	si	Daño Moderado
26	Granja "Los Morteros"	3,229	3.360	4.320	1,47	3.360	0,5	4.680	0,69	Material	si	Daño Moderado < 10 instalaciones
31	Cultivos regadío	1,823	1.200	1.500	0,69	1.500	1,76	1.500	1,2	Material	si	Daño Moderado. <1.000 ha de regadío
32	Granja	4,499	5.220	8.640	0,73	5.220	0,24	8.640	0,111	Material	no	Daño Moderado. <1.000 ha de regadío

Tabla 6: Tabla DE Afecciones

### 3.1.3. HIDROGRAMA DE ROTURA DE LA Balsa

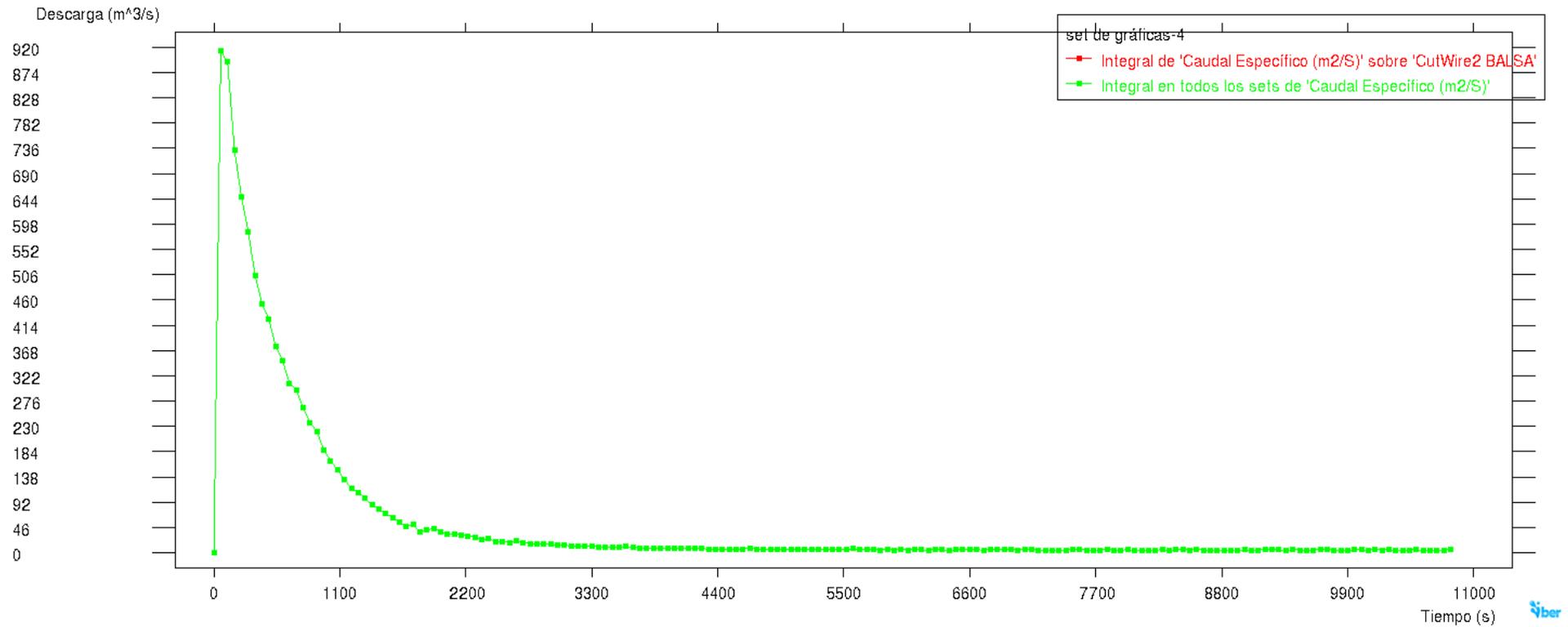


Ilustración 18: Hidrograma rotura Balsa

### 3.1.4. CURVAS DE EVOLUCIÓN EN AFECCIONES

#### 3.1.4.1. ELEMENTO 4 CANAL DEL FLUMEN

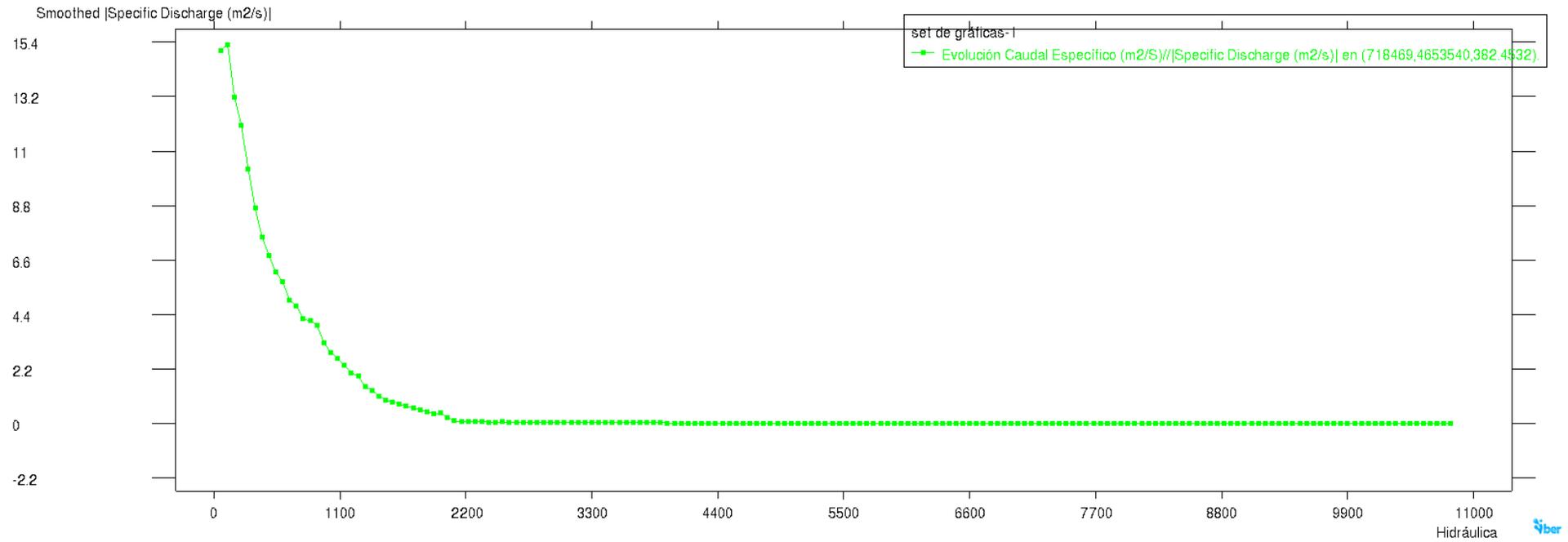


Ilustración 19: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO. Elemento 4 en Canal del Flumen

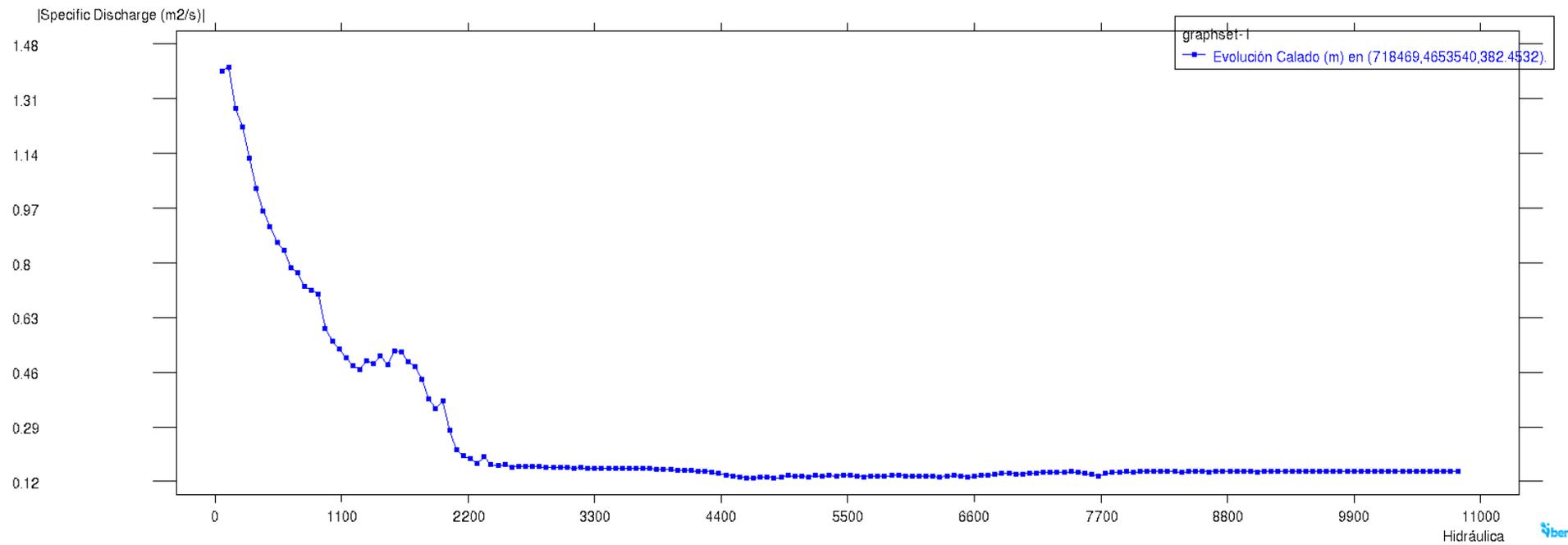


Ilustración 20: Evolución CALADO. Elemento 4 en Canal del Flumen

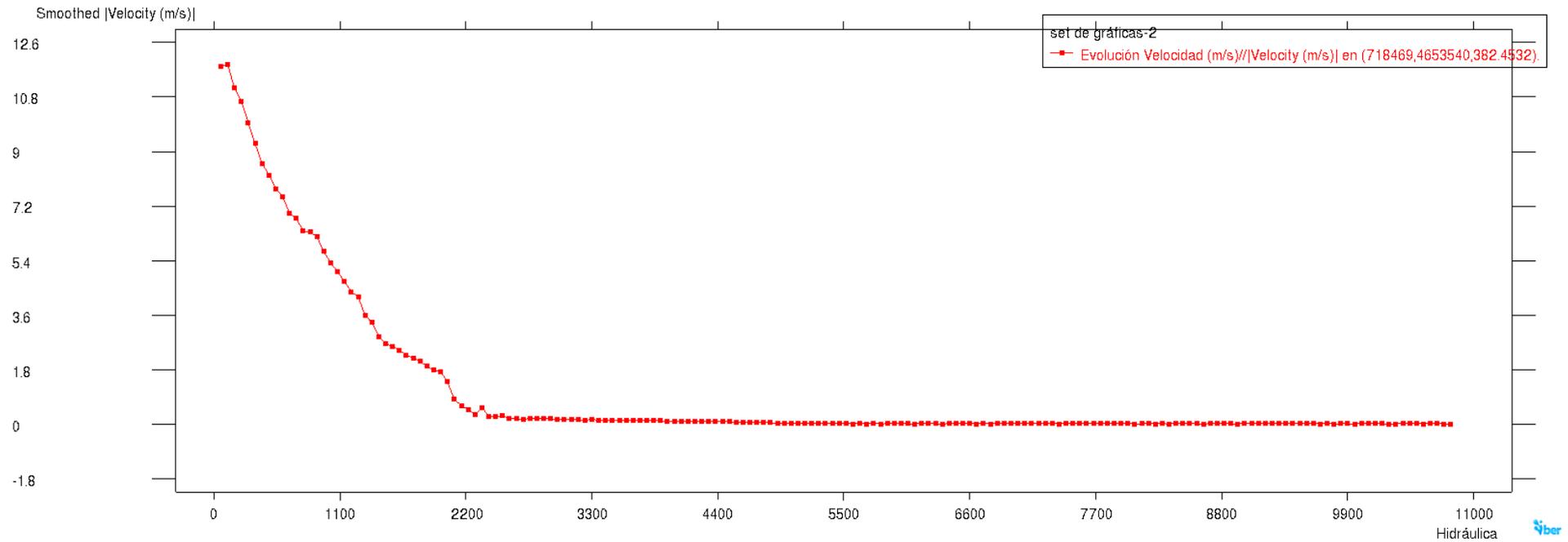


Ilustración 21: Evolución VELOCIDAD. Elemento 4 en Canal del Flumen

**3.1.4.2. ELEMENTO 10 CAMINOS RURALES**

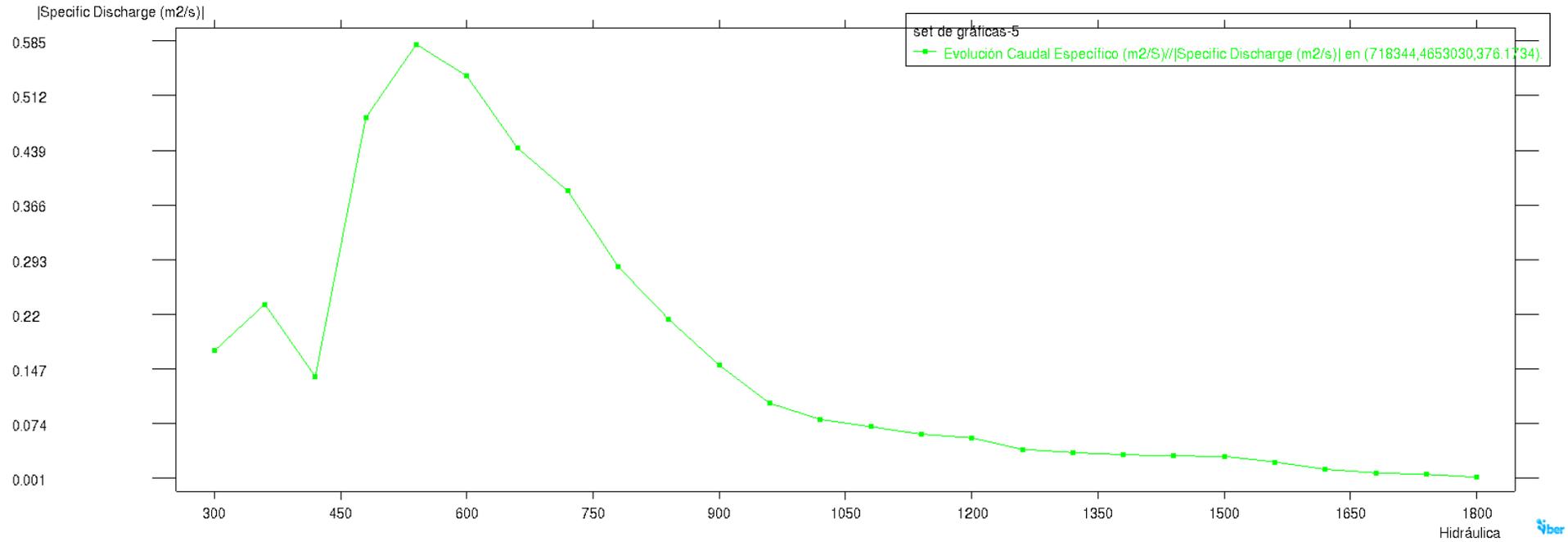


Ilustración 22: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO. Elemento 10 Caminos rurales

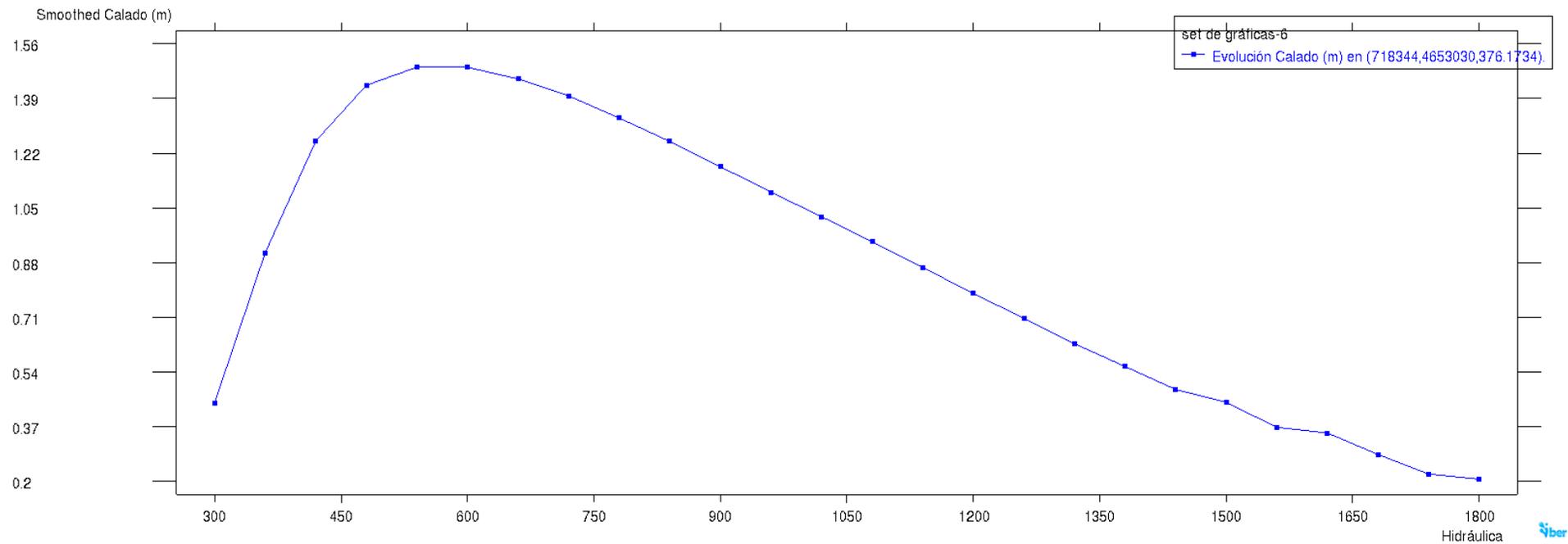


Ilustración 23: Evolución CALADO. Elemento 10 Caminos rurales

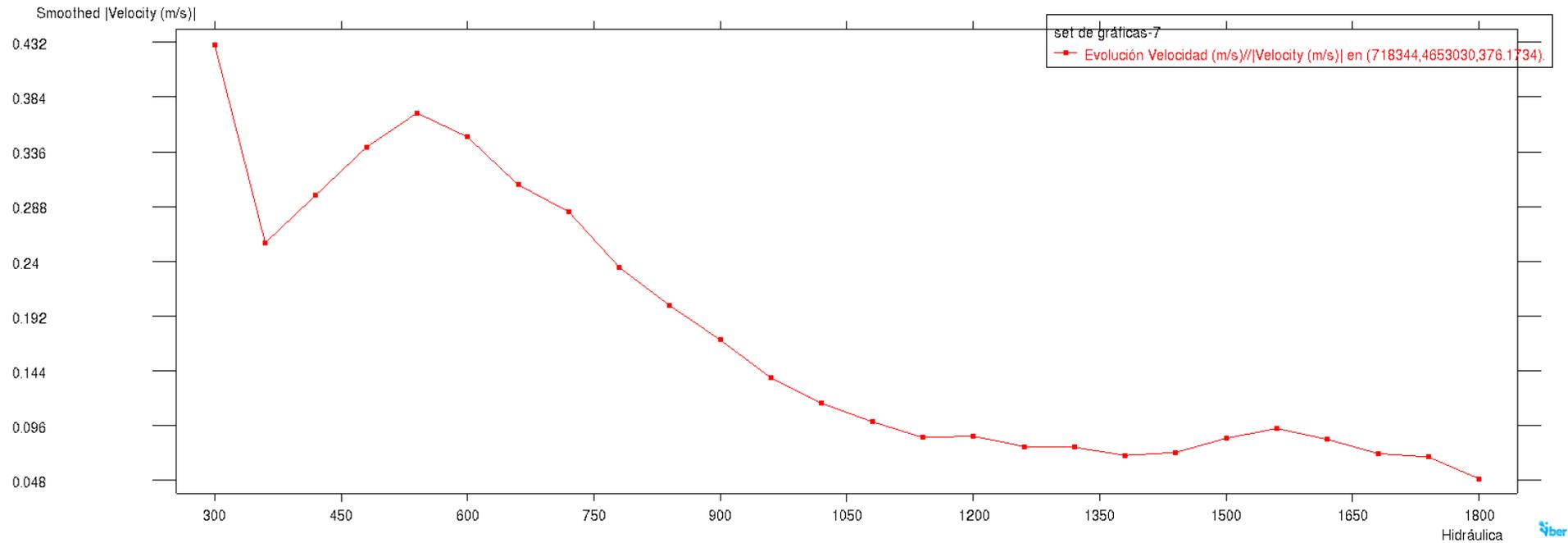


Ilustración 24: Evolución VELOCIDAD. Elemento 10 Caminos rurales

**3.1.4.3. ELEMENTO 5 CAMINOS RURALES**

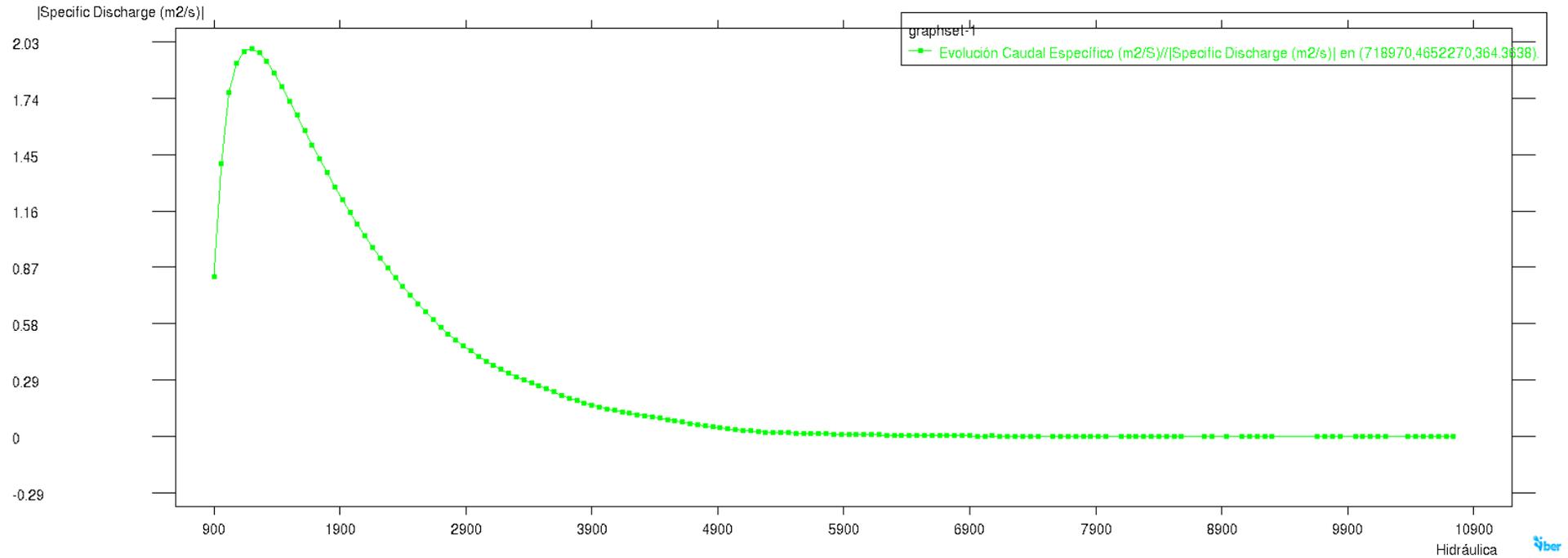


Ilustración 25: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO. Elemento 5 Caminos rurales

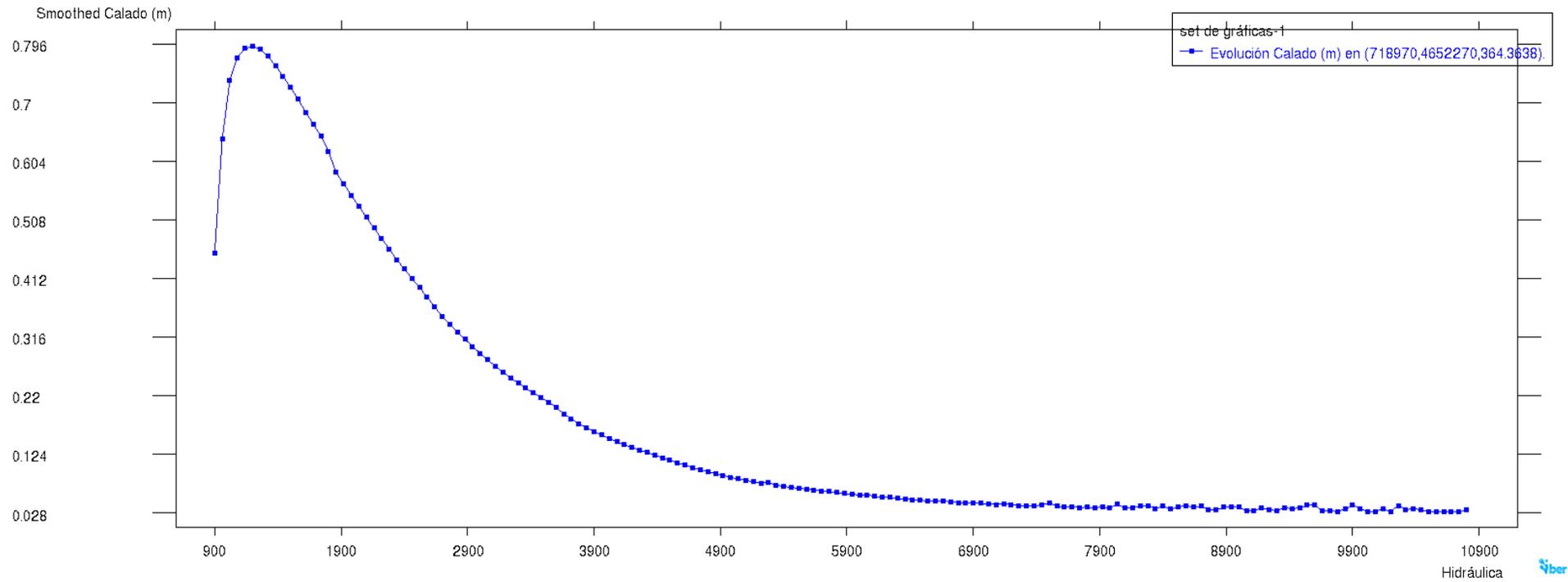


Ilustración 26: Evolución CALADO. Elemento 5 Caminos rurales

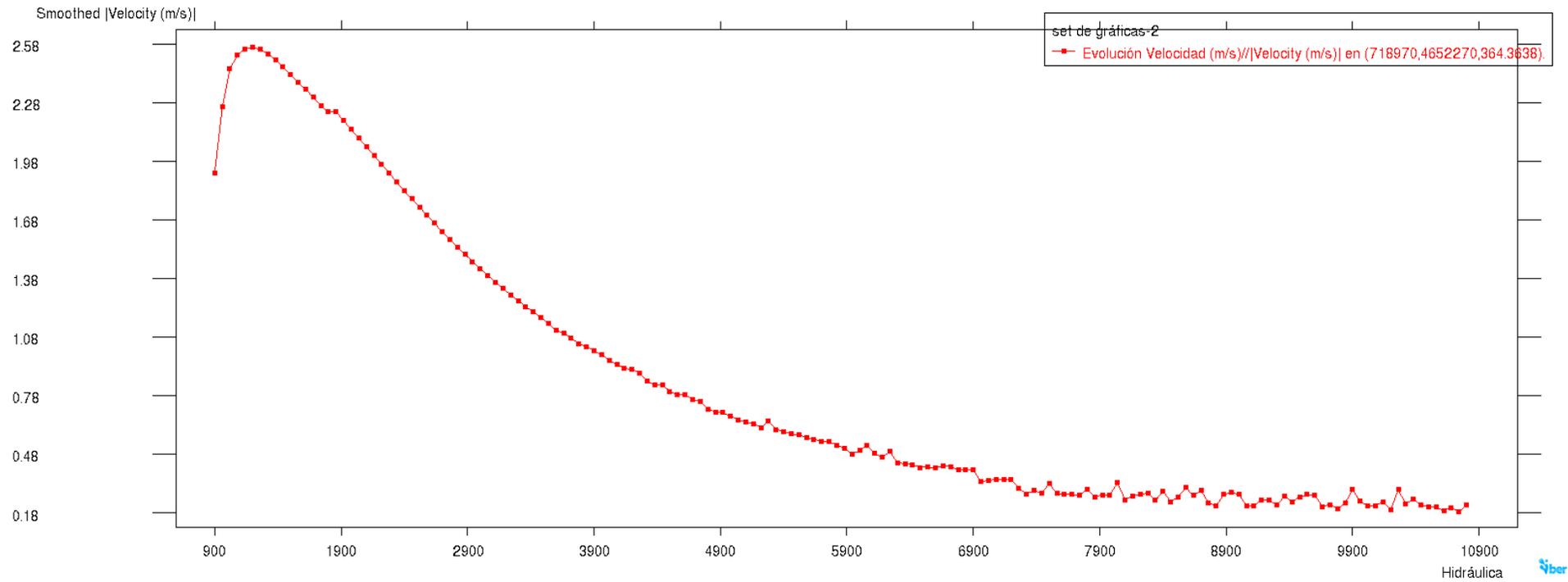


Ilustración 27: Evolución VELOCIDAD. Elemento 5 Caminos rurales

**3.1.4.4. ELEMENTO 31 CULTIVOS**

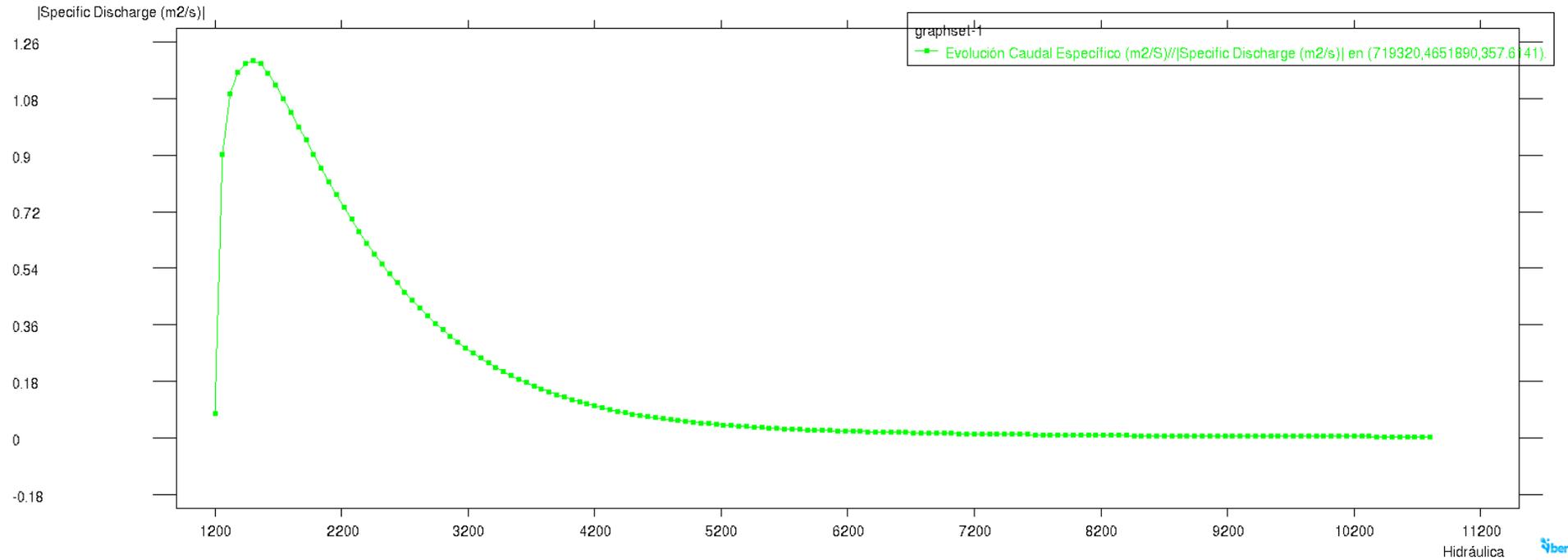


Ilustración 28: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO. Elemento 31 Cultivos

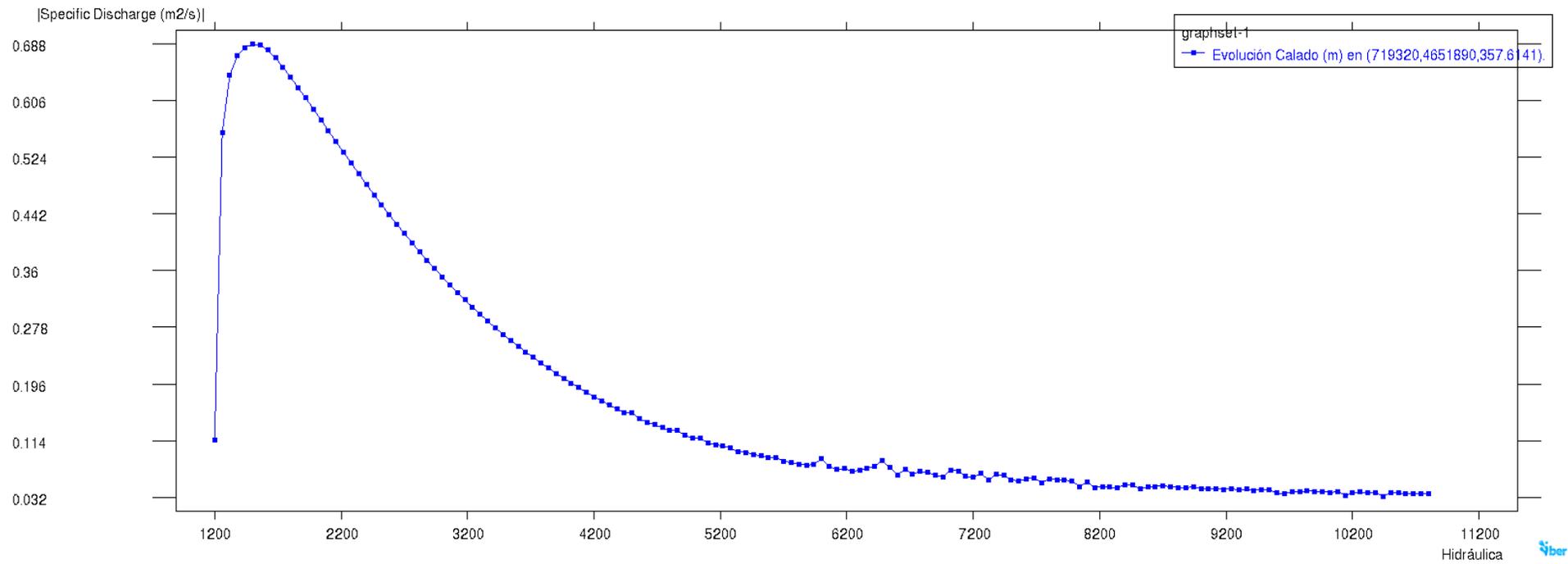


Ilustración 29: Evolución CALADO. Elemento 31 Cultivos

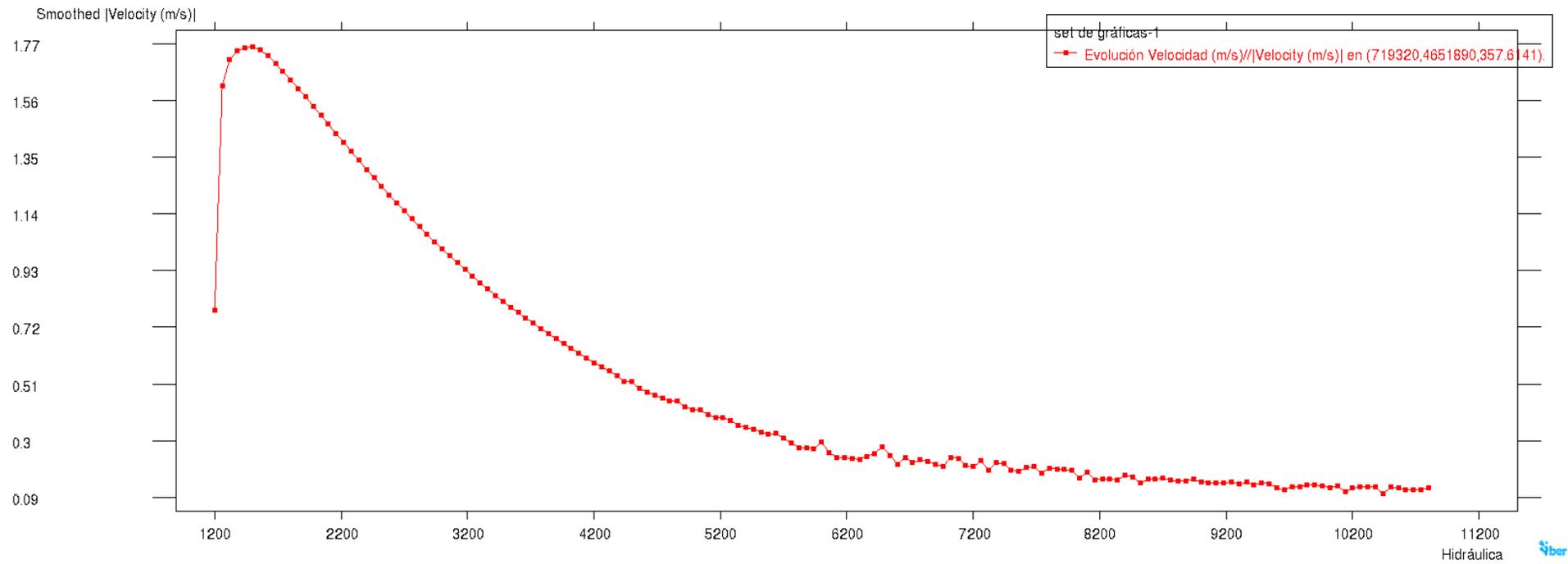


Ilustración 30: Evolución VELOCIDAD. Elemento 31 Cultivos

**3.1.4.5. ELEMENTO 26 GRANJA**

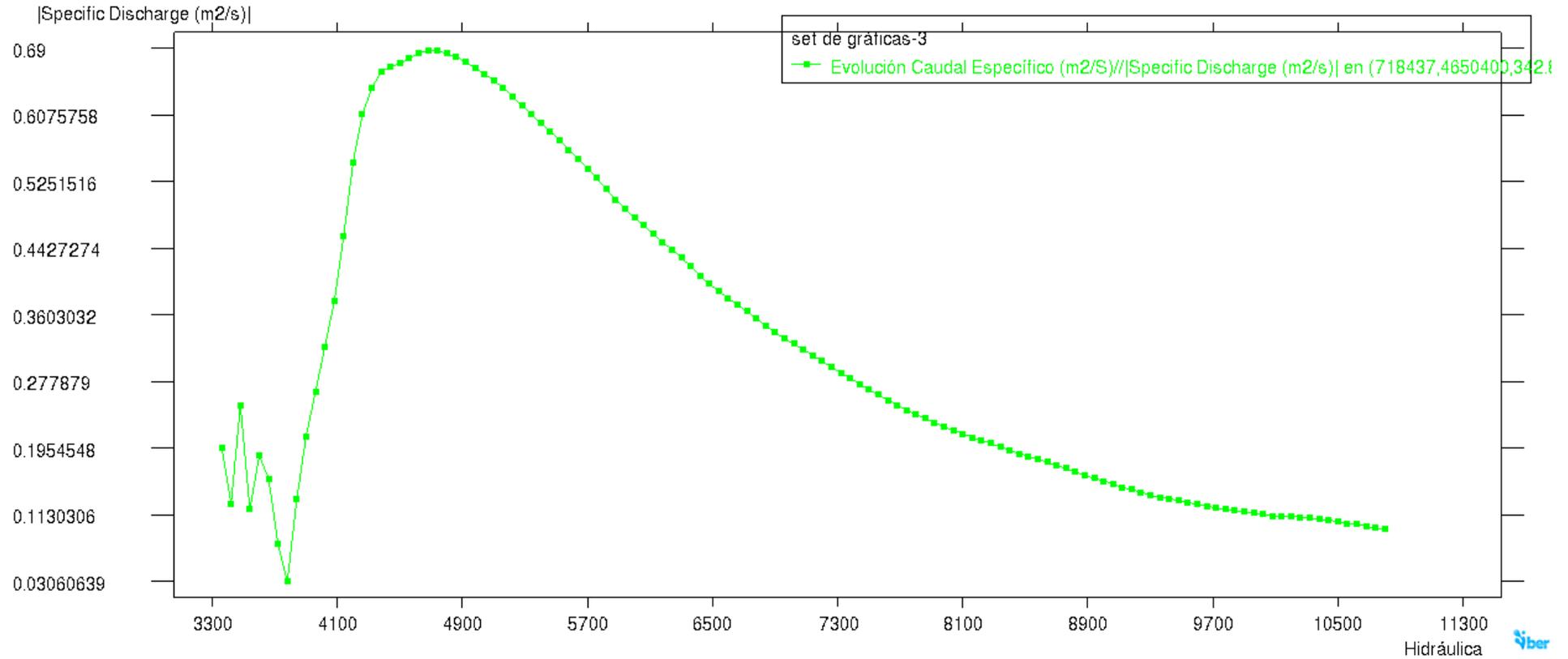


Ilustración 31: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO. Elemento 26 Granja

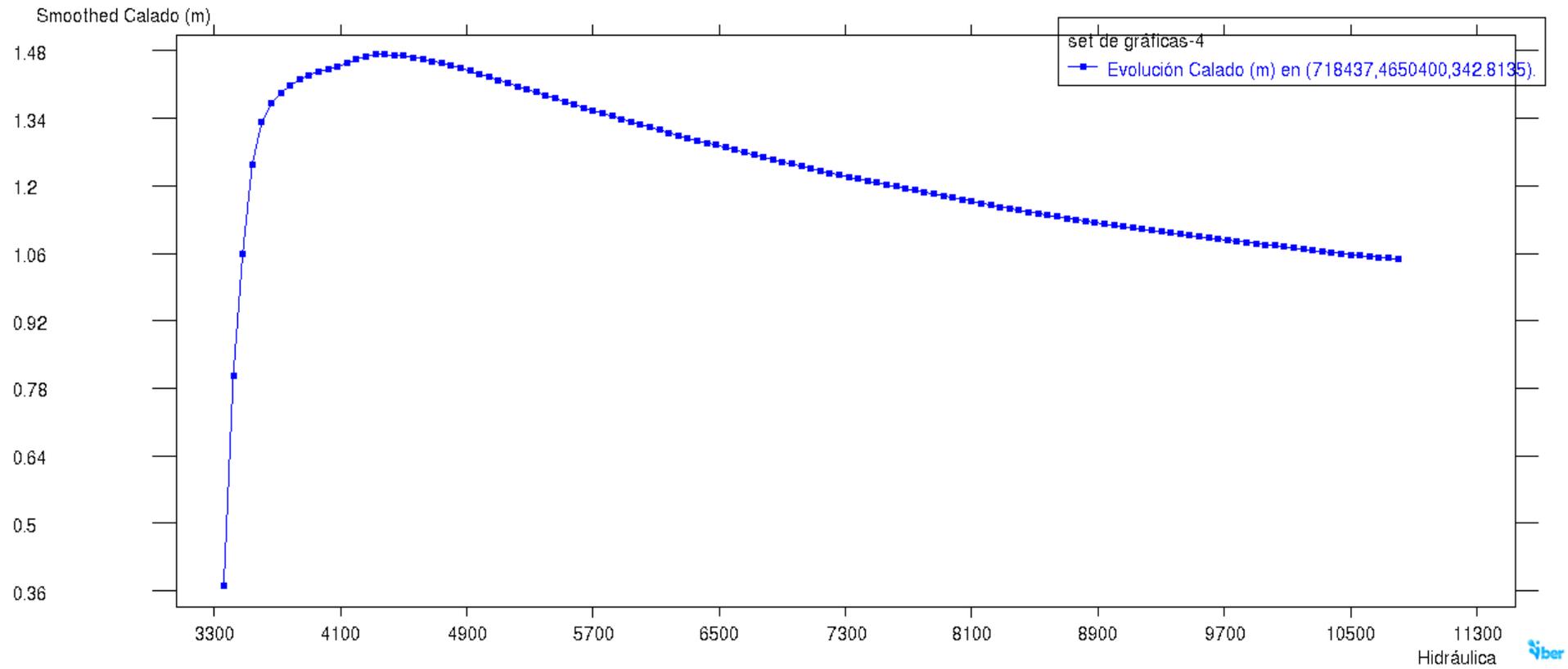


Ilustración 32: Evolución CALADO. Elemento 26 Granja

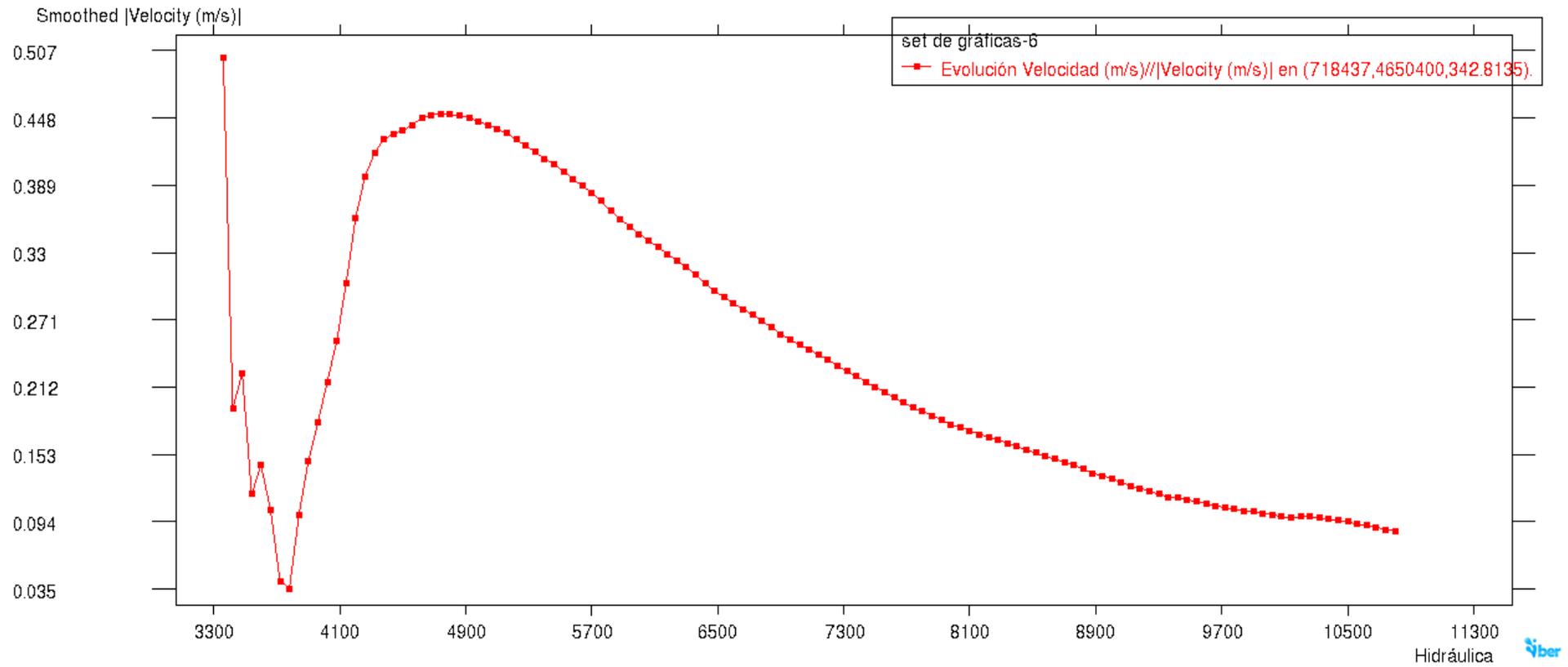


Ilustración 33: Evolución VELOCIDAD. Elemento 26 Granja

**3.1.4.6. ELEMENTO 32 GRANJA**

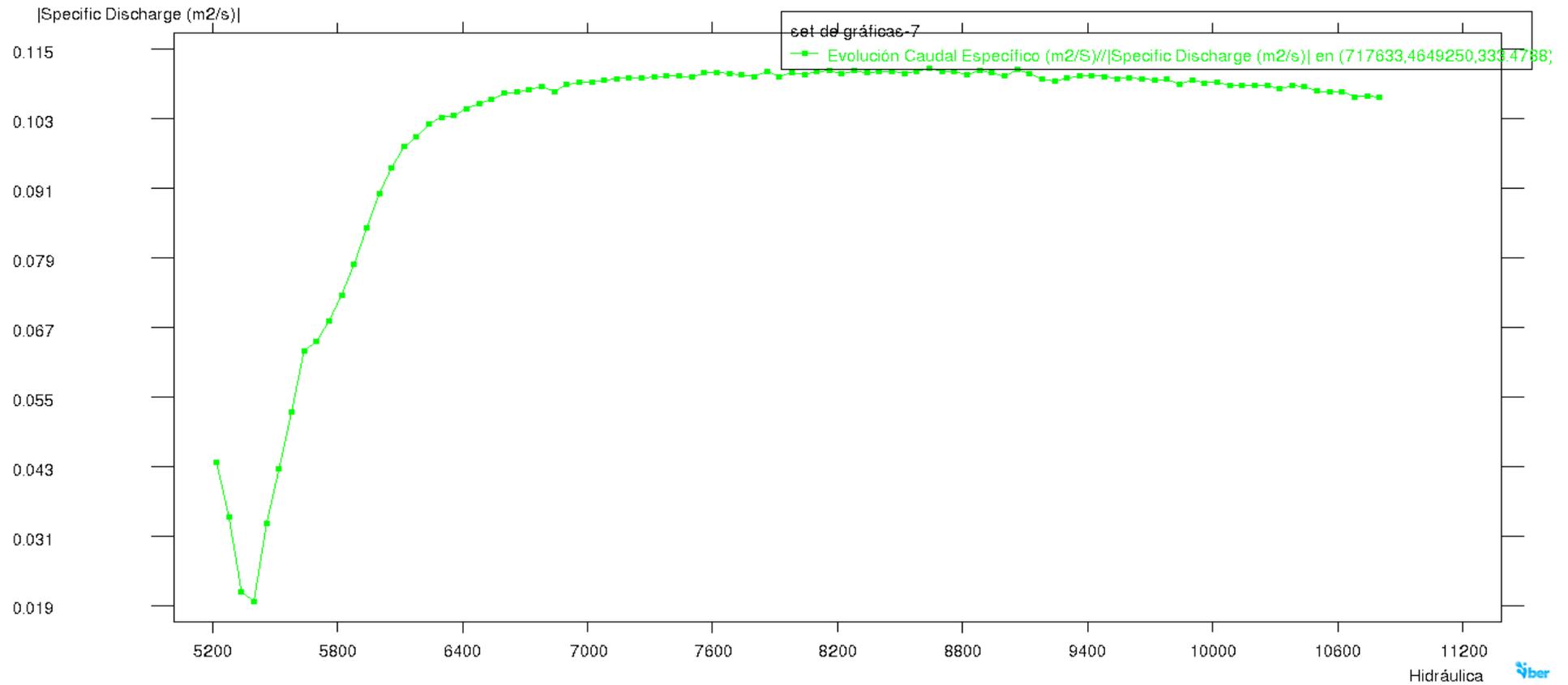


Ilustración 34: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO. Elemento 32 Granja

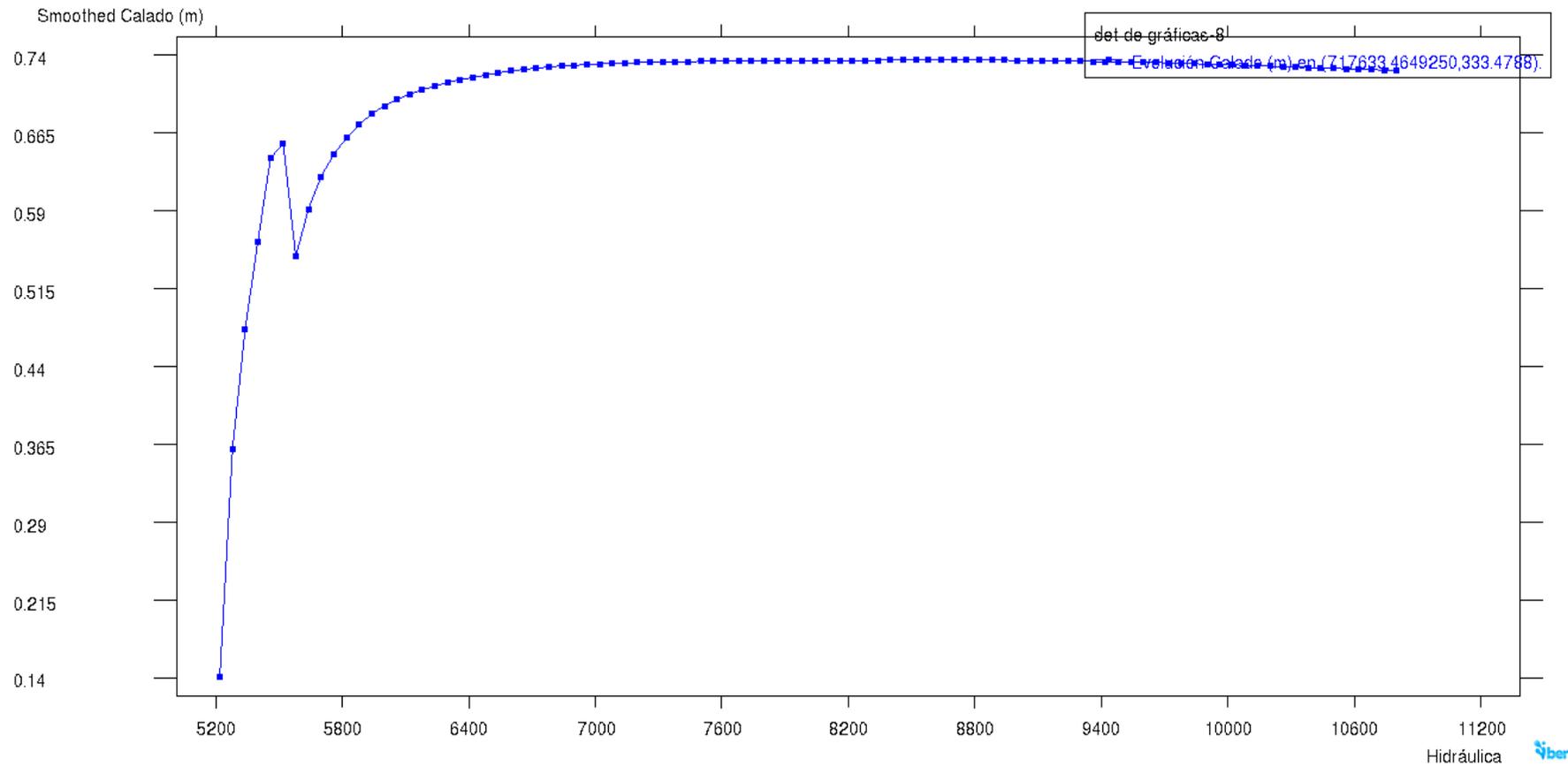


Ilustración 35: Evolución CALADO. Elemento 26 Granja

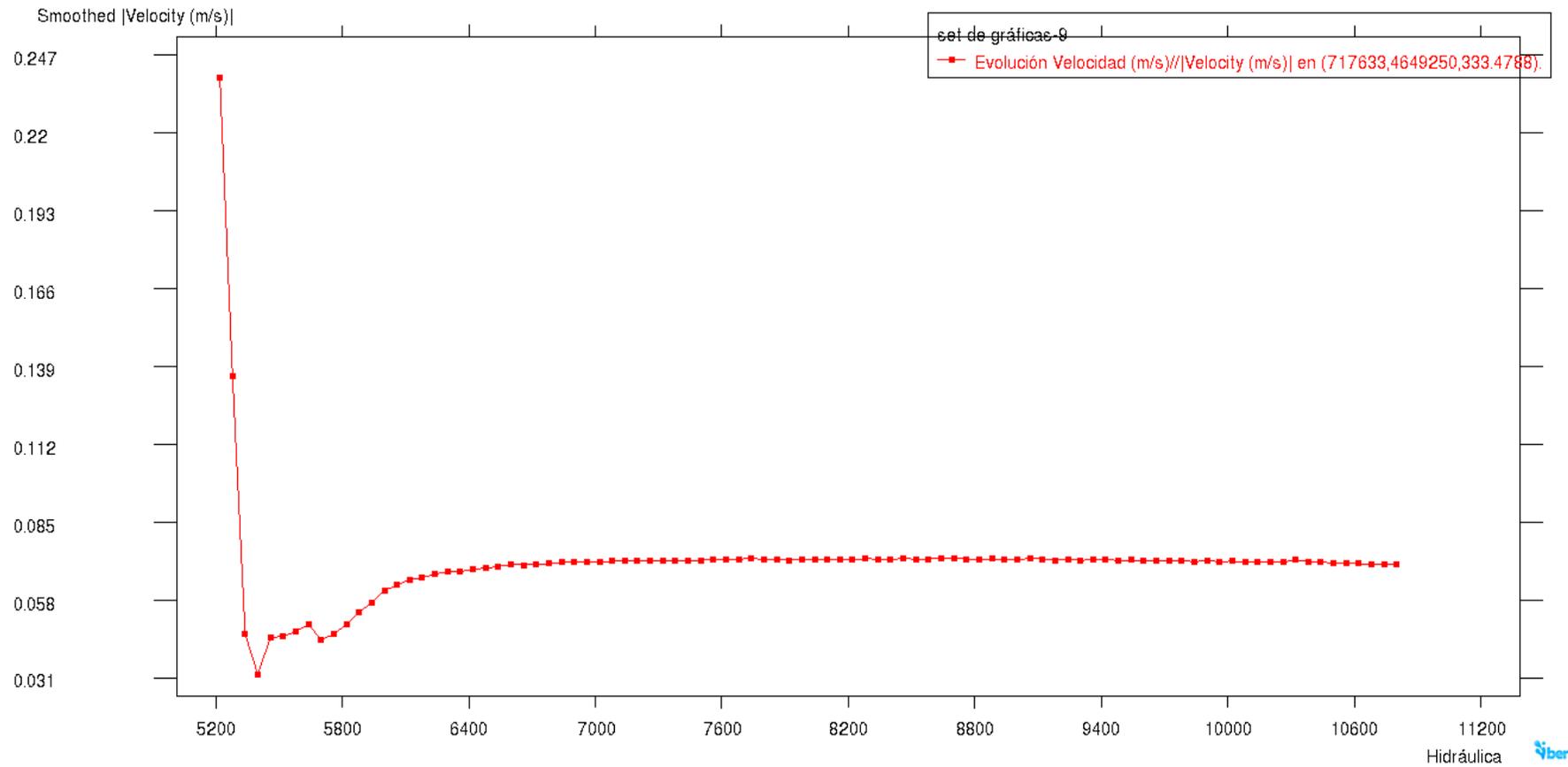


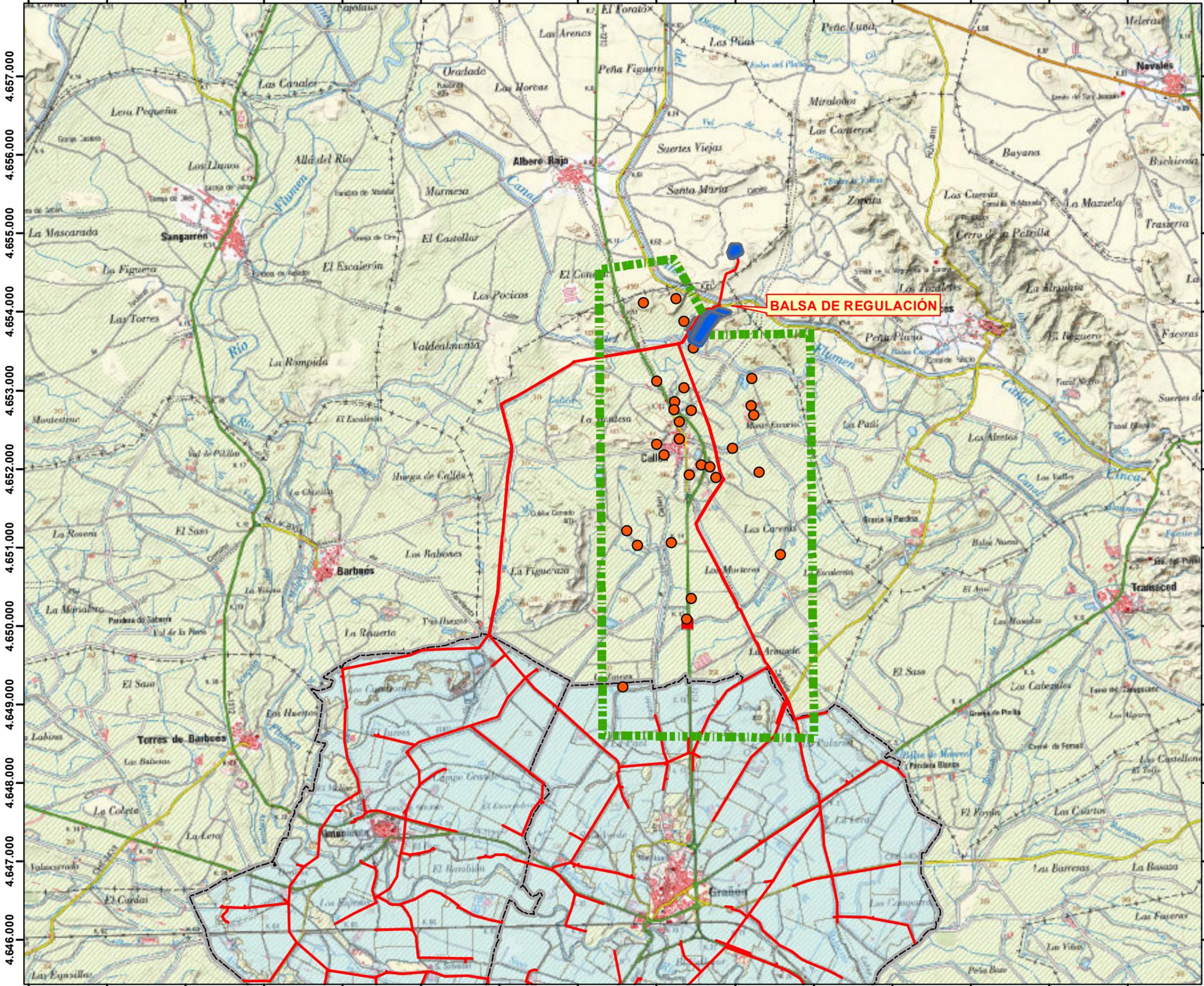
Ilustración 36: Evolución VELOCIDAD. Elemento 26 Granja

## 4. PLANOS

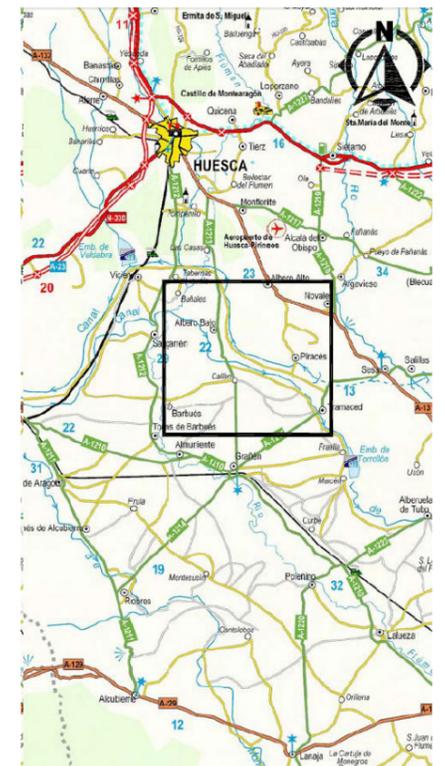
### ÍNDICE DE PLANOS

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. PLANTA GENERAL
3. Balsa de regulación punto de rotura sección mayor talud
4. Balsa de regulación máximo calado
5. Balsa de regulación máxima velocidad
6. Balsa de regulación planta de afecciones
7. ALIVIADERO
  - 7.1. EMPLAZAMIENTO
  - 7.2. PLANTA Y SECCIÓN
8. DESAGÜE DE FONDO
  - 8.1. PLANTA GENERAL
  - 8.2. DETALLE

710.000 711.000 712.000 713.000 714.000 715.000 716.000 717.000 718.000 719.000 720.000 721.000 722.000 723.000 724.000



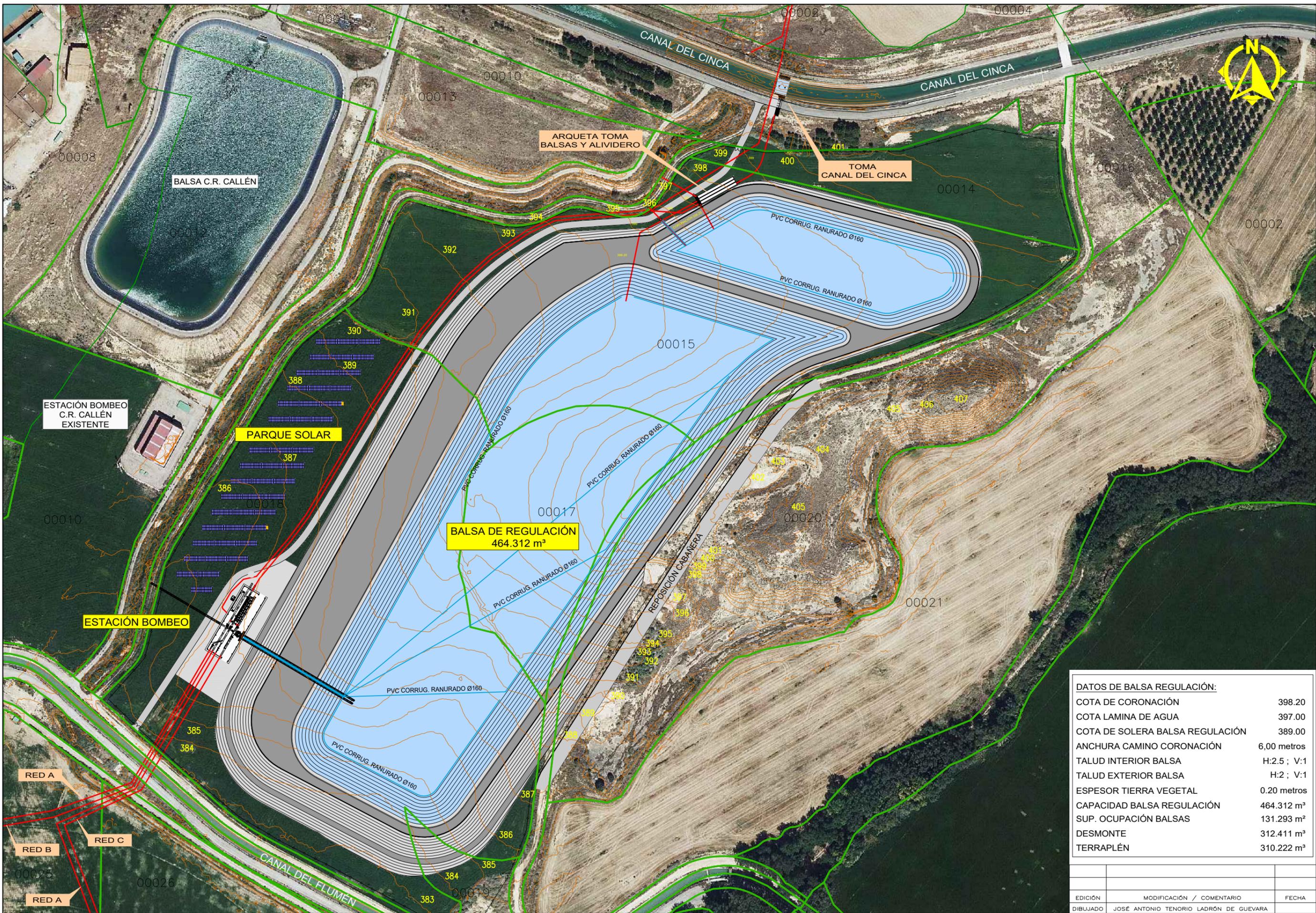
4.657.000  
4.656.000  
4.655.000  
4.654.000  
4.653.000  
4.652.000  
4.651.000  
4.650.000  
4.649.000  
4.648.000  
4.647.000  
4.646.000



**LEYENDA**

- BALSAS
- DELIMITACIÓN SUR
- ELEMENTOS SUSCEPTIBLES
- OBRA DE PASO EN CARRETERA
- RED DE RIEGO
- LÍMITES CCRR
- SUPERFICIE REGABLE

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	R. OLONA	
FECHA:	DESIGNACIÓN:	Nº DE PLANO:
DICIEMBRE DE 2.021	<b>SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</b>	<b>1</b>
REFERENCIA:		Nº DE HOJA:
6.325		<b>1 de 1</b>



**DATOS DE Balsa REGULACIÓN:**

COTA DE CORONACIÓN	398.20
COTA LAMINA DE AGUA	397.00
COTA DE SOLERA Balsa REGULACIÓN	389.00
ANCHURA CAMINO CORONACIÓN	6,00 metros
TALUD INTERIOR Balsa	H:2.5 ; V:1
TALUD EXTERIOR Balsa	H:2 ; V:1
ESPESOR TIERRA VEGETAL	0.20 metros
CAPACIDAD Balsa REGULACIÓN	464.312 m³
SUP. OCUPACIÓN BALSAS	131.293 m²
DESMONTE	312.411 m³
TERRAPLÉN	310.222 m³

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	JOSÉ ANTONIO TENORIO LADRÓN DE GUEVARA	

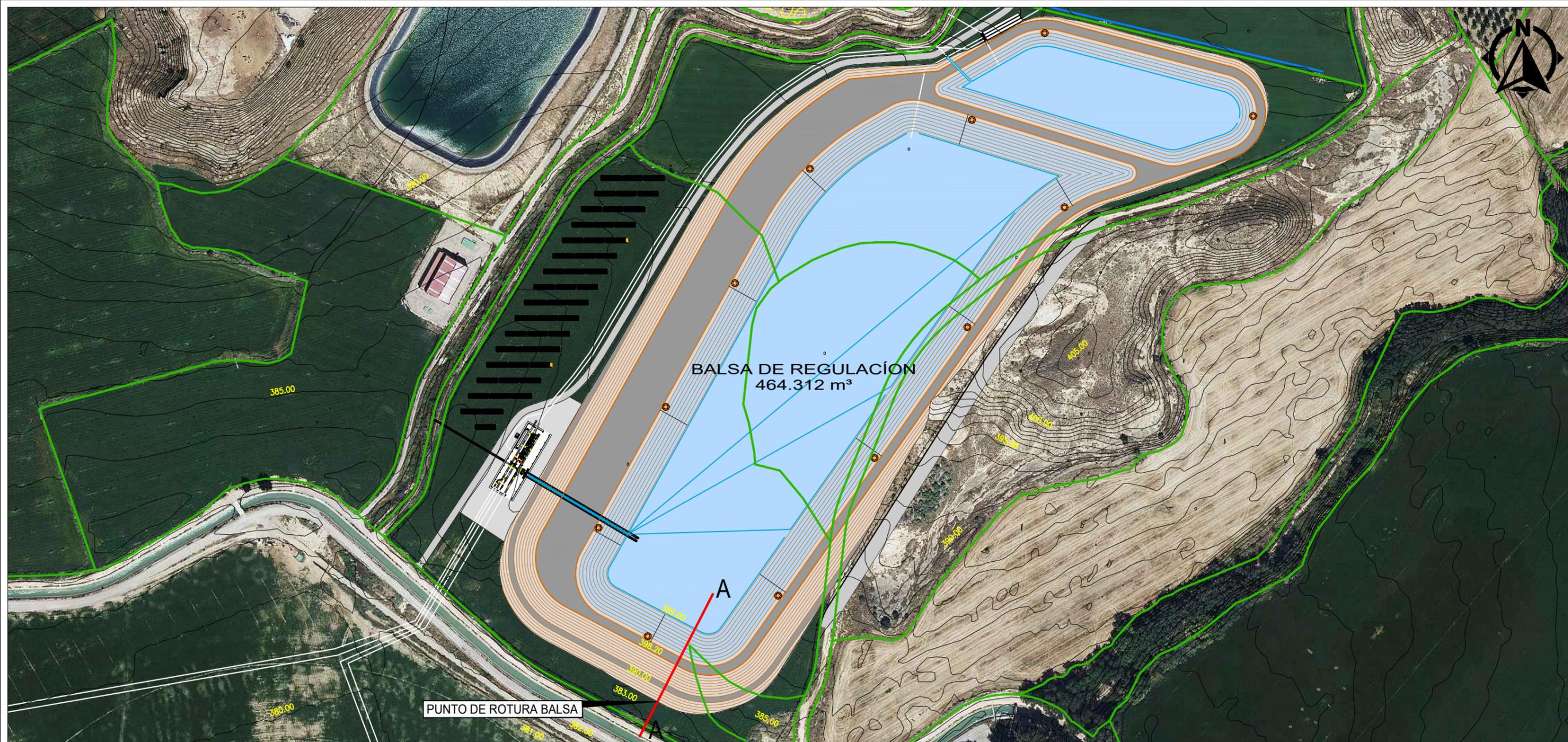
PROMOTOR:

**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA)**

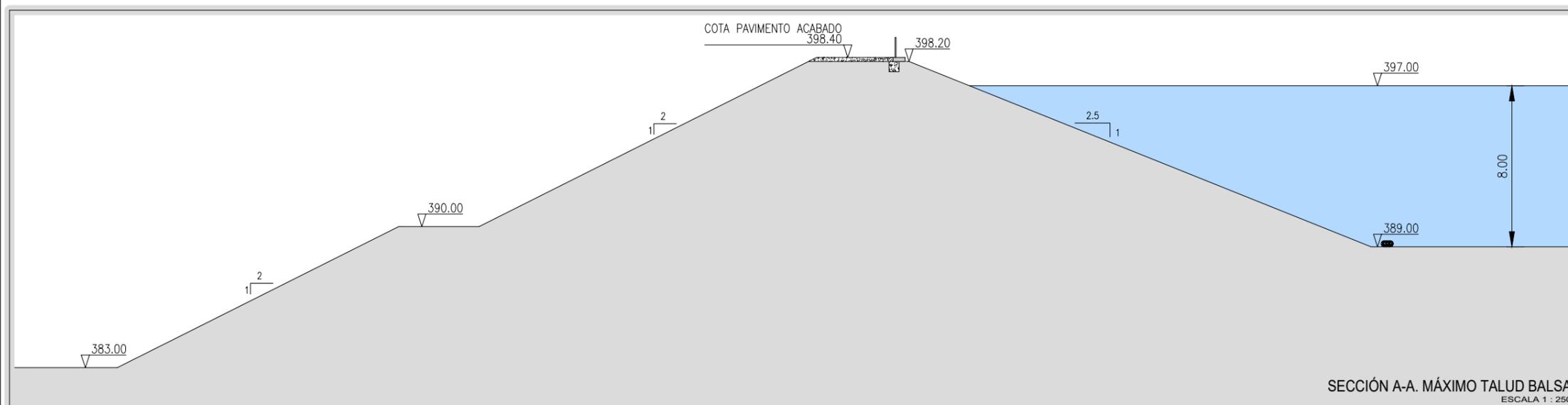
CONSULTORES:

ESCALAS:  
1 : 2.500  
UNE A3 ORIGINAL GRAFICAS

FECHA: DICIEMBRE DE 2.021  
REFERENCIA: 6.325  
DESIGNACIÓN: **PLANTA GENERAL**  
Nº DE PLANO: 2  
Nº DE HOJA: 1 de 1

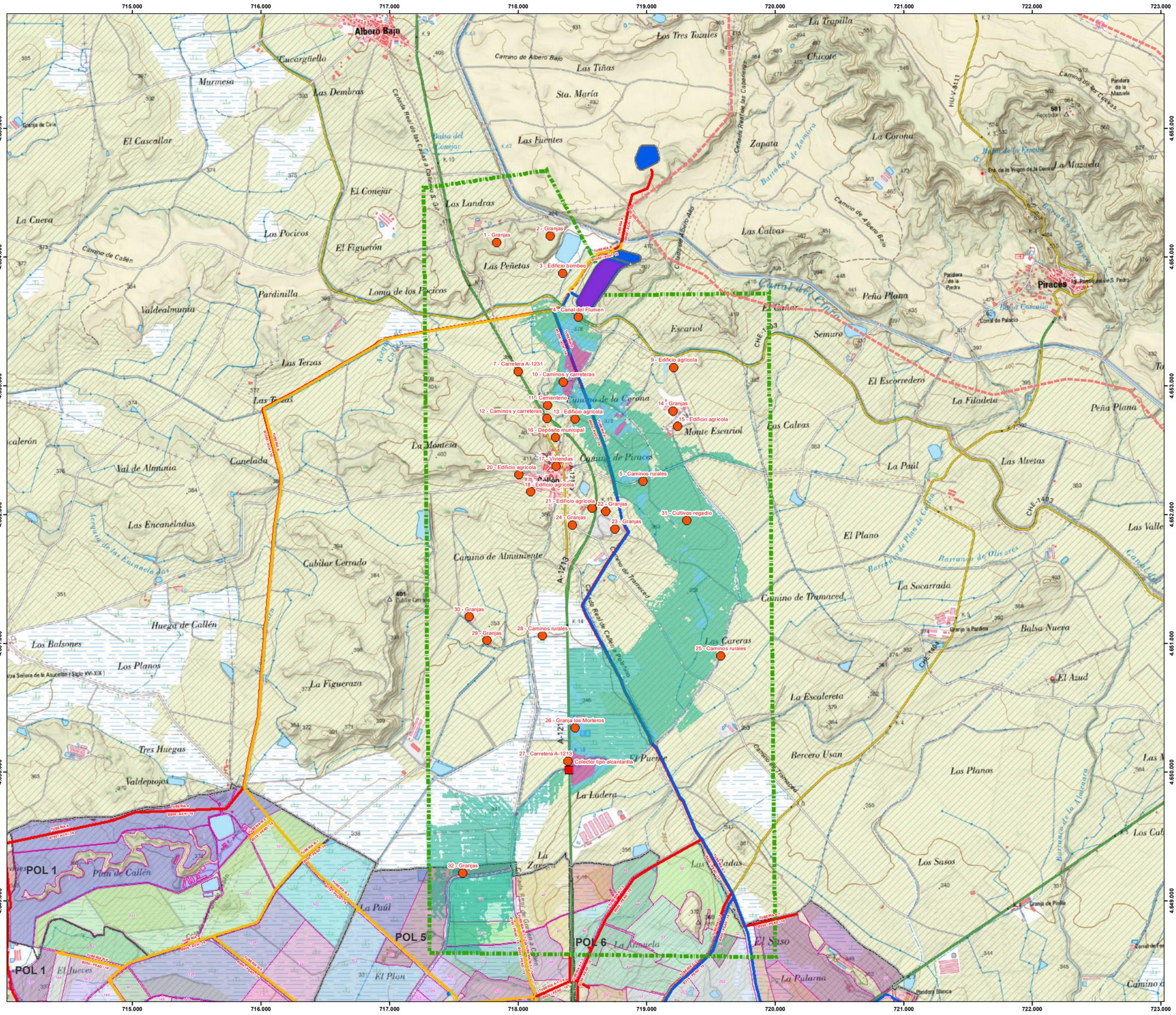


PLANTA TOPOGRAFIA Balsa DE REGULACIÓN  
ESCALA 1 : 3.000



SECCIÓN A-A. MÁXIMO TALUD Balsa  
ESCALA 1 : 250

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	JOSÉ ANTONIO TENORIO LADRÓN DE GUEVARA	
FECHA:	DESIGNACIÓN:	Nº DE PLANO:
DICIEMBRE DE 2.021	Balsa DE REGULACIÓN	3
REFERENCIA:	PUNTO DE ROTURA	Nº DE HOJA:
6.325	SECCIÓN MAYOR TALUD	1 de 1



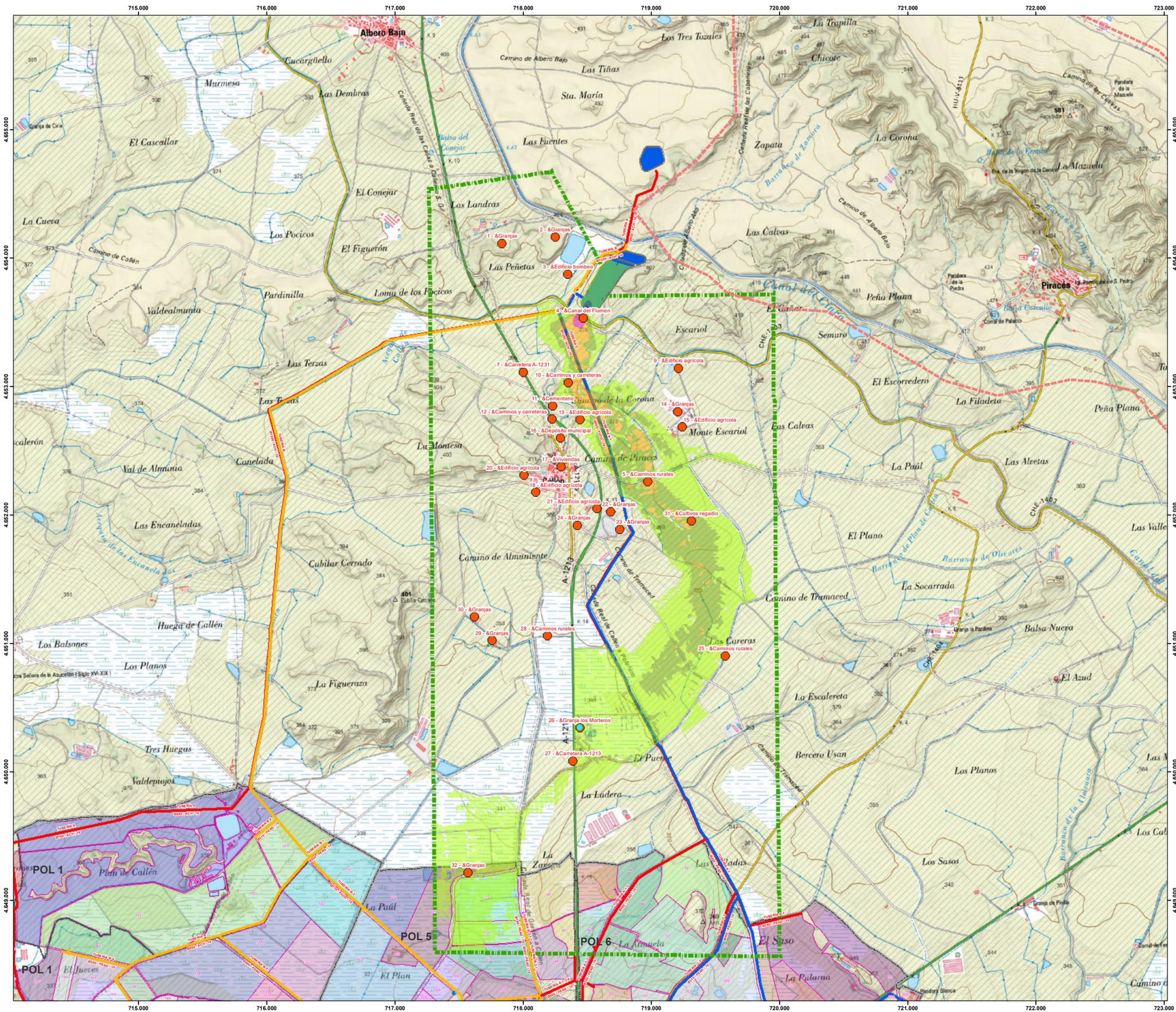
**LEYENDA**

- Red Natura - Z.E.P.A.S.
- - - DELIMITACIÓN
- ELEMENTOS SUSCEPTIBLES
- OBRA DE PASO EN CARRETERA

**MÁXIMO CALADO**

Valores

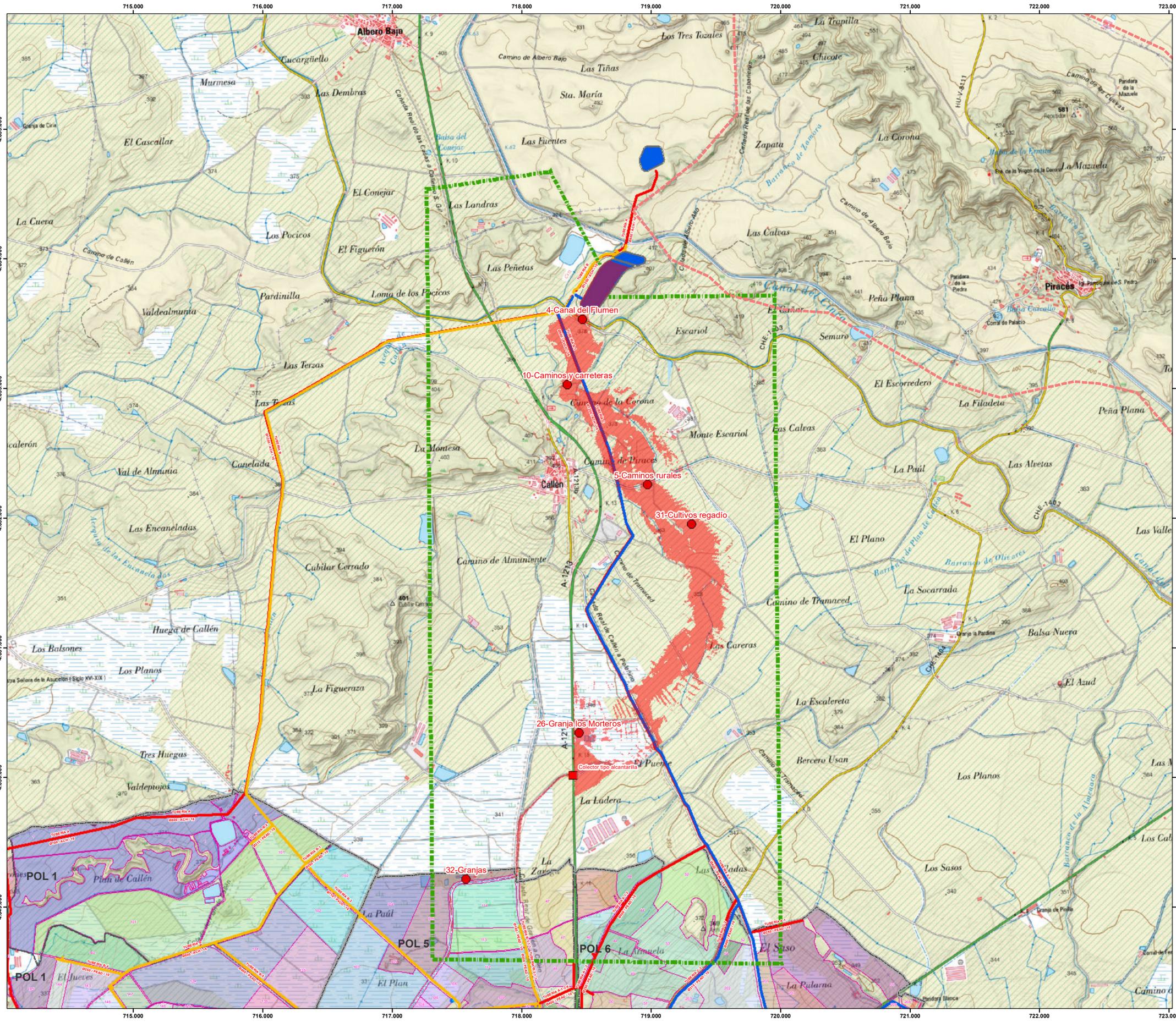
- Hasta 1 m
- Entre 1 y 2 m
- Entre 2 y 6 m
- Entre 6 y 8 m



**LEYENDA**

- Red Natura - Z.E.P.A.S.
- DELIMITACION
- ELEMENTOS SUSCEPTIBLES
- MÁXIMA VELOCIDAD**
- Valores**
- Hasta 1 m/s
- Entre 1 y 2 m/s
- Entre 2 y 5 m/s
- Entre 5 y 20 m/s

EDICIÓN	MODIFICACION / COMENTARIO	FECHA
DISEÑADO	R. OLONA	
PROYECTO	PROYECTO	
FECHA	FECHA	
DICIEMBRE DE 2021		
ESCALA	ESCALA	
1:15.000		
LINEAS	LINEAS	
ORIGINAL	ORIGINAL	
6.325		
BALSA DE REGULACIÓN MÁXIMA VELOCIDAD		5
		1 de 1



**AFECCIONES**  
 CALADO > 1,00 m Ø  
 VELOCIDAD > 1,00 m/s Ø  
 CALADO x VELOCIDAD > 0,50 m<sup>3</sup>/s

**PASOS DE AGUA EN CARRETERA A-123**

DESCRIPCIÓN	TIPO	COORD. X.	COORD. Y
Paso agua carretera	colector tipo alcantarilla	718.397	4.650.021

N.º	Descripción	Distancia (km)	T LLEGADA onda (s)	T LLEGADA MAX CALADO (s)	MAX CALADO (m)	T LLEGADA MAX VEL (s)	MAX VEL (m/s)	T LLEGADA MAX Q esp (s)	MAX Q esp (m <sup>3</sup> /s)	Tipo Afeción	Daño Grave RD 33008	Daños Materiales	Coordenadas ETRS89 HD
4	Canal del Flumen	0,04	60	120	1,41	120	11,87	120	15,3	Material/Señicos	si	Daño Moderado. El servicio de regadío no queda afectado por el gobierno	X=718,469 Y=4.653.534
10	Caminos	0,555	300	540	1,49	540	0,37	540	0,48	Material/Señicos	si	Daño Moderado	X=718,352 Y=4.653.032
5	Caminos	1,405	900	1.200	0,79	1.200	2,56	1.200	1,99	Material/Señicos	si	Daño Moderado	X=718,973 Y=4.652.260
26	Granja "Los Morteros"	1,229	3360	4320	1,47	3360	0,5	4680	0,69	Material	si	Daño Moderado < 10 instalaciones	X=718,441 Y=4.650,345
31	Cultivos regadio	1,823	1200	1500	0,69	1500	1,76	1500	1,2	Material	si	Daño Moderado < 1.000 ha de regadío	X=719,311 Y=4.651.954
32	Granja	4,499	5220	8640	0,73	5220	0,24	8640	0,111	Material	no	Daño Moderado < 1.000 ha de regadío	X=717,571 Y=4.649,217



CANAL DEL CINCA

TOMA CANAL DEL CINCA

TUBERIA IMPULSIÓN Y RIEGO A Balsa ELEVADA  
ACERO HELICOSOLDADO Ø813x5.5

VALLADO PERIMETRAL Balsa Y PSF 2.00m. ALTURA

TUBERIA DE TOMA CANAL DEL CINCA  
ACERO HELICOSOLDADO Ø1524x12.5

TUBERIA ALIVIADERO A DESAGÜE EXISTENTE  
ACERO HELICOSOLDADO Ø1524x12.5

DESAGÜE EXISTENTE

ARQUETA ALIVIADERO

TUBERIA CONEXIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO RED B  
ACERO HELICOSOLDADO Ø1524x12.5

TUBERÍA VACIADO Balsa  
PVC Ø400

CORONACIÓN Balsa 398.20

TUBERIA TOMA Balsa SIEMPRE LLENA  
ACERO HELICOSOLDADO Ø1524x12.5

ARQUETA VÁLVULA DE VACIADO Balsa  
ARO PREFABRICADO Ø2.00

FILTRO TOMA DE FONDO  
Ø1600 H=1.00m

Balsa SIEMPRE LLENA  
34.836 m³

TUBERÍA VACIADO Balsa  
ACERO HELICOSOLDADO Ø400

FILTRO TOMA DE FONDO VACIADO  
Ø800 H=0.50m

CORONACIÓN Balsa 398.20

TUBERIA LLENADO Balsa DE REGULACIÓN  
ACERO HELICOSOLDADO Ø1524x12.5

Balsa DE REGULACIÓN  
464.312 m³

CORONACIÓN Balsa 398.20

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	JOSÉ ANTONIO TENORIO LADRÓN DE GUEVARA	
DESIGNACIÓN:	Balsa REGULACIÓN EMPLAZAMIENTO ALIVIADERO	Nº DE PLANO: 7.1
REFERENCIA:	6.325	Nº DE HOJA: 1 de 1

PROMOTOR:

**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA)**

CONSULTORES:

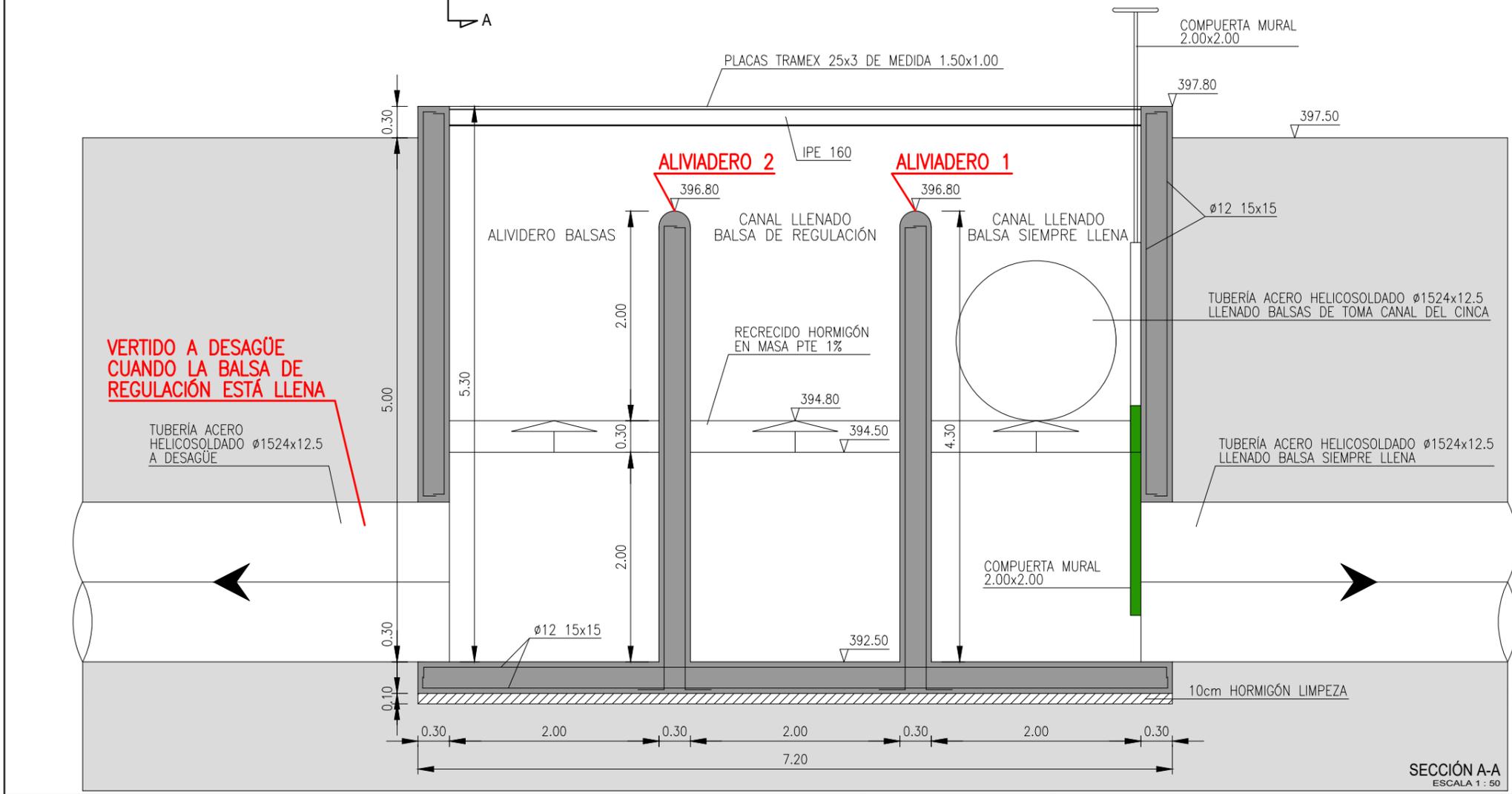
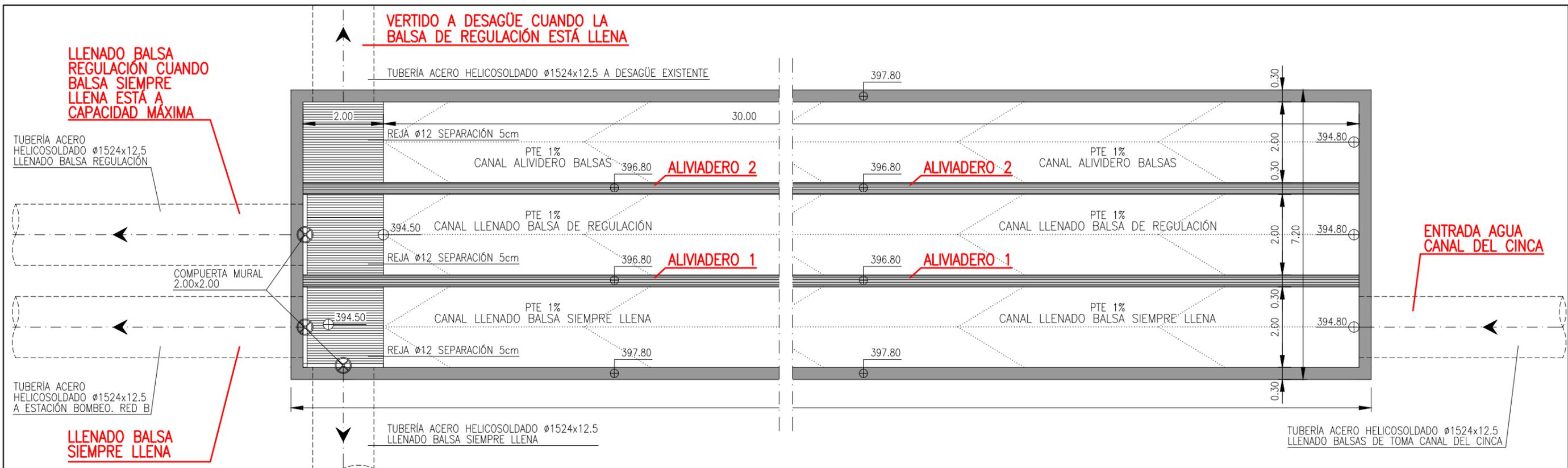
ESCALAS:

1 : 600

UNE A3 ORIGINAL

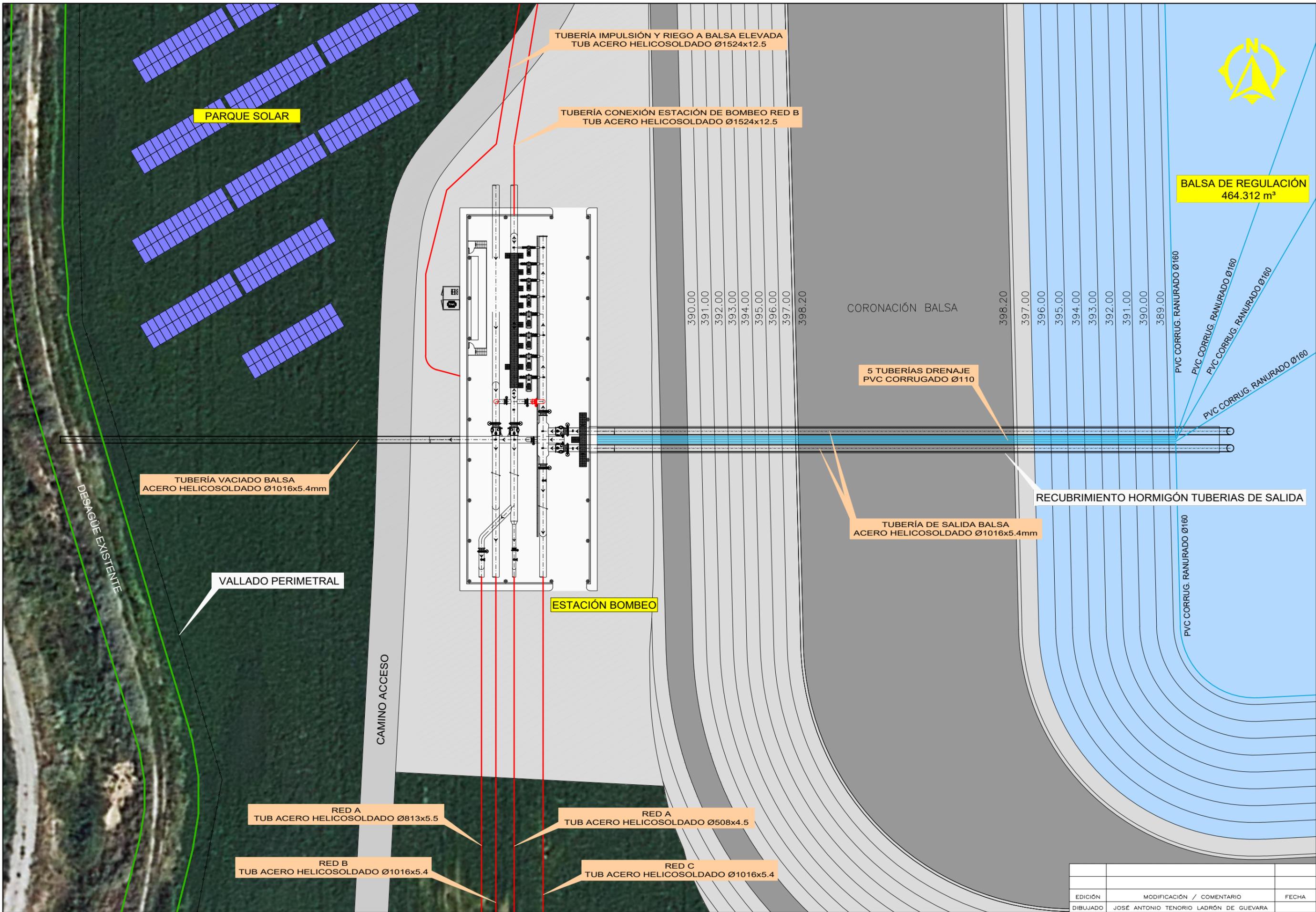
FECHA:

MARZO DE 2.022



PLANTA OBRA DE TOMA Y ALIVADERO BALSAS. DISTRIBUCIÓN MUROS  
ESCALA 1 : 100

SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 50



**Balsa de Regulación**  
464.312 m³

CORONACIÓN Balsa

5 TUBERÍAS DRENAJE  
PVC CORRUGADO Ø110

RECUBRIMIENTO HORMIGÓN TUBERIAS DE SALIDA

TUBERÍA DE SALIDA Balsa  
ACERO HELICOSOLDADO Ø1016x5.4mm

TUBERÍA VACIADO Balsa  
ACERO HELICOSOLDADO Ø1016x5.4mm

**ESTACIÓN BOMBEO**

VALLADO PERIMETRAL

DESAGÜE EXISTENTE

CAMINO ACCESO

RED A  
TUB ACERO HELICOSOLDADO Ø813x5.5

RED A  
TUB ACERO HELICOSOLDADO Ø508x4.5

RED B  
TUB ACERO HELICOSOLDADO Ø1016x5.4

RED C  
TUB ACERO HELICOSOLDADO Ø1016x5.4

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	JOSÉ ANTONIO TENORIO LADRÓN DE GUEVARA	

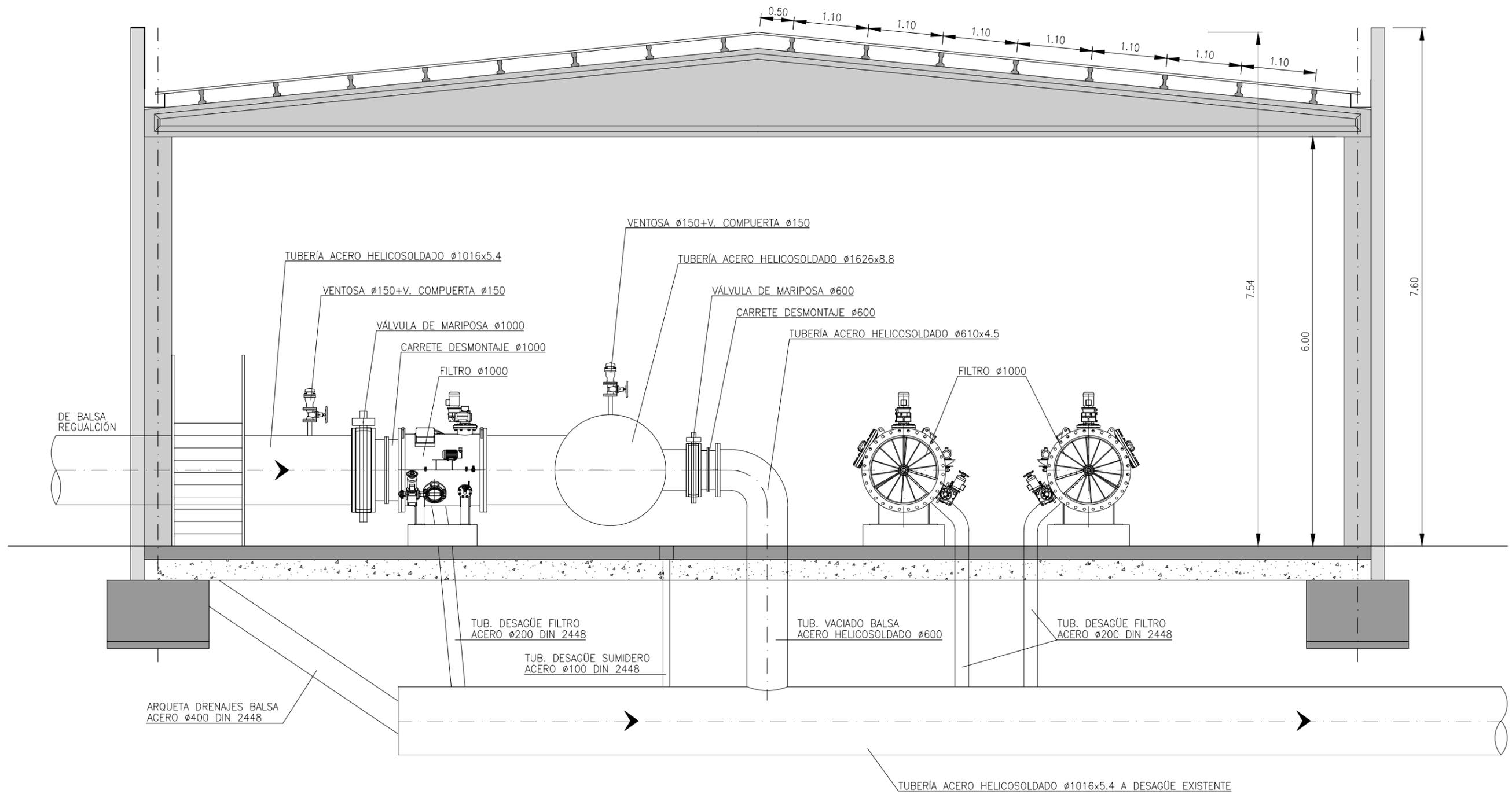


**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA)**



ESCALAS: 1 : 500  
UNE A3 ORIGINAL GRAFICAS

FECHA: MARZO DE 2.022	DESIGNACIÓN: TUBERÍA SALIDA Balsa PLANTA	Nº DE PLANO: 8.1
REFERENCIA: 6.325		Nº DE HOJA: 1 de 1

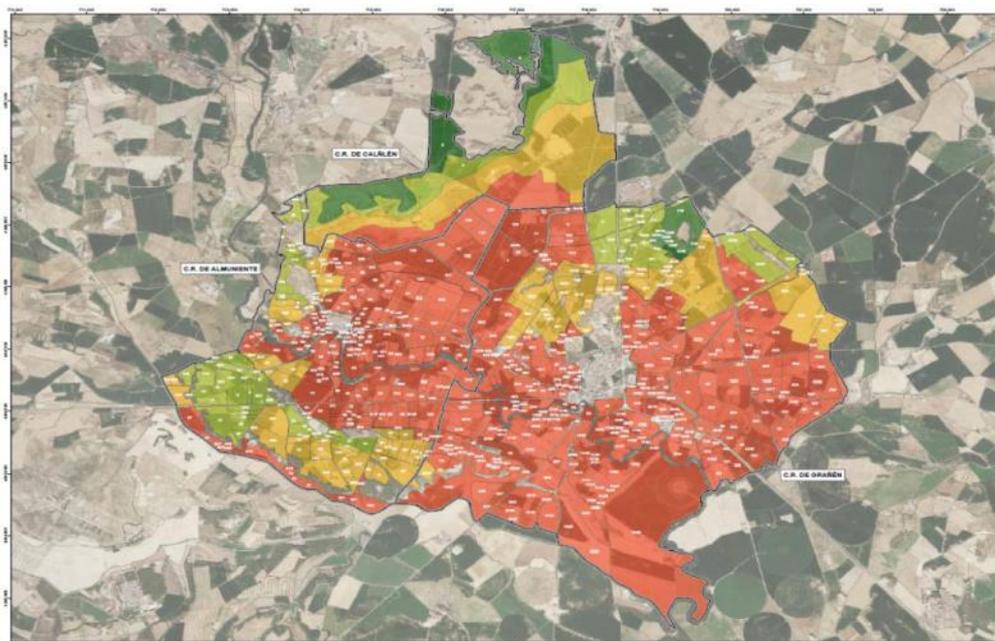


EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	JOSÉ ANTONIO TENORIO LADRÓN DE GUEVARA	
FECHA:	DESIGNACIÓN:	Nº DE PLANO:
DICIEMBRE DE 2.021	Balsa REGULACIÓN DESAGÜE FONDO	8.2
REFERENCIA:	DETALLE	Nº DE HOJA:
6.325		1 de 1

## **2 ANÁLISIS DE RIESGO Y PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE Balsa DE ELEVADA**

# PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA).

## ANÁLISIS DE RIESGOS Y PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA Balsa ELEVADA



PROMOTOR:

Diciembre de 2021

CONSULTORES:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN



## INDICE:

<b>1. FICHA PROPUESTA CLASIFICACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MEMORIA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. INTRODUCCIÓN. ....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE.....</b>	<b>6</b>
2.2.1. IDENTIFICACIÓN.....	6
2.2.2. SITUACIÓN DEL EMBALSE. ....	7
2.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE .....	7
2.2.4. SISTEMA DE LLENADO DE LA BALSA.....	8
2.2.5. CURVA VOLUMÉTRICA .....	8
2.2.6. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS.....	9
2.2.7. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 H Y EN 1 H.....	9
2.2.8. AVENIDA DE ENTRADA EN LA BALSA .....	10
2.2.9. ALIVIADERO.....	11
2.2.10. DESAGÜE DE FONDO .....	13
2.2.11. CURVA VACIADO DE LA BALSA .....	15
<b>2.3. CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE AGUAS ABAJO .....</b>	<b>16</b>
2.3.1. HACIA EL SUR.....	16
2.3.2. HACIA EL OESTE .....	16
<b>2.4. METODOLOGÍA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS.....</b>	<b>17</b>
2.4.1. METODOLOGÍA GENERAL Y METODO DE ANÁLISIS APLICADO.....	17
2.4.2. LONGITUD DE CAUCE ANALIZADO Y JUSTIFICACIÓN.....	18
2.4.3. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL CAUCE Y JUSTIFICACIÓN. ....	23
2.4.4. GEOMETRIA DE LA BALSA Y DEL TERRENO .....	25
2.4.5. HIPÓTESIS DE ROTURA.....	26
2.4.6. DIMENSIONES DE LA BRECHA. TIEMPO DE DESARROLLO Y JUSTIFICACIÓN.....	26
2.4.7. CONFIGURACIÓN DE ESTRUCTURAS.....	29
2.4.8. DATOS DE CÁLCULO Y SIMULACIÓN .....	31
<b>2.5. CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DE AFECCIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>2.6. EVALUACIÓN DE LAS AFECCIONES Y CLASIFICACIÓN .....</b>	<b>33</b>
2.6.1. AFECCIONES GRAVES A NÚCLEOS URBANOS:.....	33

2.6.2.	SERVICIOS ESENCIALES:.....	34
2.6.3.	DAÑOS MATERIALES. ....	37
2.6.4.	DAÑOS MEDIOAMBIENTALES. ....	38
<b>2.7.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO .....</b>	<b>39</b>
3.1.1.	MAPAS DE RESULTADOS ROTURA SUR.....	39
3.1.2.	MAPAS DE RESULTADOS ROTURA OESTE .....	45
3.1.3.	RELACIÓN DE AFECCIONES. ....	51
3.1.4.	HIDROGRAMAS ROTURA Balsa .....	56
3.1.5.	CURVAS DE EVOLUCIÓN EN AFECCIONES ROTURA SUR.....	58
3.1.6.	CURVAS DE EVOLUCIÓN EN AFECCIONES ROTURA OESTE .....	76
<b>4.</b>	<b>PLANOS .....</b>	<b>87</b>
1.	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO. ....	87
2.	PLANTA GENERAL.....	87
3.	PUNTO DE ROTURA SUR.....	87
4.	PUNTO DE ROTURA ESTE.....	87
5.	MÁXIMO CALADO .....	87
6.	MÁXIMA VELOCIDAD.....	87
7.	PLANO DE AFECCIONES .....	87
8.	SECCIÓN Balsa ELEVADA .....	87
9.	ARQUETA DE VÁLVULAS.....	87
10.	PLANTA GENERAL DESAGÜE .....	87

## ANÁLISIS DE RIESGOS Y PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA ELEVADA.

### 1. FICHA PROPUESTA CLASIFICACIÓN.

<b>Denominación</b>	Balsa elevada de las Comunidades de Regantes de Grañén-Flumen y Almuniente
<b>Propuesta de clasificación</b>	C
<b>Fecha</b>	Diciembre de 2021
<b>Promotor</b>	SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS, S.A. (SEIASA)
<b>Beneficiarios</b>	Comunidades de Regantes de Grañén-Flumen y Almuniente
<b>Facultativos que la proponen</b>	- Antonio Romeo Martín. Ingeniero Agrónomo. Colegiado N°. 754 - Santiago Olona Domingo. Ingeniero Industrial. Colegiado N°. 3056
<b>Cargo que ocupan</b>	Ingenieros al servicio de la UTE INESA-ROM VIII
<b>Listado de documentos adjuntos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. FICHA PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN</li> <li>2. MEMORIA</li> <li>3. RESULTADOS MODELO HIDRÁULICO</li> <li>4. PLANOS</li> </ol>

## 2. MEMORIA.

### 2.1. INTRODUCCIÓN.

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (Directriz Básica en adelante), aprobada por acuerdo del Consejo de Ministros el 9 de diciembre de 1994 y publicada en el Boletín Oficial del Estado con fecha 14 de febrero de 1995, establece en su artículo 3.5.1.3. la obligatoriedad de que las presas se clasifiquen en categorías en función del riesgo potencial que pueda derivarse de su rotura o funcionamiento incorrecto. Asimismo, se establecen en ella los criterios fundamentales de clasificación, el procedimiento a seguir y determinadas obligaciones que, para los titulares de presas, se derivan de la categoría asignada.

Con la aprobación de la Directriz Básica de Protección Civil se establece la necesidad de clasificar las presas en función del riesgo potencial derivado de su posible rotura. Esta clasificación consiste en evaluar los daños inducidos por una eventual rotura de la presa, según los cuales las presas se pueden clasificar en tres categorías:

- **Categoría A:** Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- **Categoría B:** Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un número reducido de viviendas.
- **Categoría C:** Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales o medioambientales de moderada importancia y solo incidentalmente pérdida de vidas humanas. En todo caso, a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las Categorías A y B.

En la Orden Ministerial de 12 de marzo de 1996, por la que se aprueba el “Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses”, publicada en el Boletín Oficial del Estado de fecha 30 de marzo de 1996, se establece en su artículo quinto que los titulares o concesionarios de todas las presas en servicio, independientemente de su titularidad dentro del ámbito de competencias del Estado, deben presentar a la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de Aguas, en el plazo de un año desde la entrada en vigor de la Orden, la propuesta razonada de clasificación frente al riesgo en los términos previstos por la Directriz

Básica y el Reglamento Técnico, debiendo resolver la Dirección General en un plazo máximo de 1 año.

A través del REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, quedan incluidas en el ámbito de aplicación de la seguridad de presas, embalses y balsas, además de todas las consideradas como gran presa, aquellas presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m<sup>3</sup>, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estando obligados a solicitar su clasificación y registro.

Para facilitar los criterios de clasificación, procedimientos y metodologías, el Área de Tecnología y Control de Estructuras de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE redacta la Guía Técnica para la Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial. La cual ha servido de guía para la redacción de la presente propuesta.

Más recientemente, en el REAL DECRETO 264/2021, de 13 de abril, se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses.

El objeto de este documento es estudiar los riesgos, daños y perjuicios derivados de la rotura de las balsas proyectadas así como realizar una propuesta de clasificación.

## 2.2. CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE.

### 2.2.1. IDENTIFICACIÓN.

<b>Denominación</b>	Balsa elevada de las Comunidades de Regantes de Grañén-Flumen y Almuniente
<b>Titular</b>	SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS, S.A. (SEIASA)
<b>Beneficiarios</b>	Comunidades de Regantes de Grañén-Flumen y Almuniente
<b>Domicilio</b>	Calle Joaquín Costa, 40; 22.260 Grañén (Huesca)
<b>Observaciones</b>	Las Comunidades de Regantes Grañén-Flumen y Almuniente en los TT.MM. de Grañén y Almuniente (Huesca), pertenecen a las Comunidades de Riegos del Alto Aragón.

### 2.2.2. SITUACIÓN DEL EMBALSE.

<b>Cuenca Hidrográfica</b>	EBRO
<b>Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30</b>	X: 718.975 Y: 4.654.748
<b>Plano</b>	Hoja 286 del plano 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional
<b>Ubicación</b>	Polígono 507, Parcela 28; Paraje El Saso Municipio de Albero Bajo Provincia de Huesca Comunidad Autónoma de Aragón

El embalse está situado en la margen derecha del Canal del Cinca, fuera de la zona regable y se ubica en una zona elevada en el municipio de ALBERO BAJO. La tipología de la zona es de cultivos herbáceos extensivos de secano.

En el plano nº 1 se indica la situación a escala 1:50.000.

### 2.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

<b>Tipo presa</b>	Materiales sueltos y semi-excavada
<b>Cota de Coronación</b>	440 m.s.n.m.
<b>Cota umbral aliviadero</b>	439 m.s.n.m.
<b>Cota de fondo</b>	430,5 m.s.n.m.
<b>Cota cimentación talud exterior dique sur</b>	430 m.s.n.m.
<b>Altura dique sur</b>	10 m
<b>Nivel máximo EMBALSE normal (N.M.N)</b>	439 m.s.n.m.
<b>Nivel máximo EMBALSE extraordinario (N.M.E)</b>	439,25 m.s.n.m.
<b>Talud exterior</b>	2H:1V
<b>Talud interior</b>	2,5H:1V
<b>Órganos de desagüe</b>	Aliviadero Desagüe de fondo
<b>Volumen EMBALSE a cota N.M.M (439)</b>	167.794 m <sup>3</sup>
<b>Volumen EMBALSE a cota de coronación (440)</b>	194.076 m <sup>3</sup>
<b>Resguardo nivel de agua normal</b>	1 m
<b>Pendiente mínima de la solera</b>	0,5 %
<b>Ancho total del camino de coronación</b>	5,0 m
<b>Longitud de coronación</b>	605,72 m

#### 2.2.4. SISTEMA DE LLENADO DE LA Balsa

El sistema de llenado de la balsa se realiza a través de la misma toma de fondo para la salida de agua.

Consiste en una tubería de acero helicosoldada de tamaño Ø813x5,5 mm encamisada en una tubería de hormigón de Ø1.000 mm, y recubierta por 20 cm de hormigón armado. La salida/entrada de agua está protegida por un bulbo enrejillado o “alcachofa” de 1,5 m de altura y un Ø1.000 mm.

La balsa se llena desde la estación de bombeo, mediante agua procedente de la balsa de regulación. El caudal nominal de llenado es de **0,817 m<sup>3</sup>/s**. Este caudal se corresponde con las necesidades de riego de la Red A para 785 ha, elevadas en 113 horas a la semana de las 168 horas que tiene una semana (785 ha x 0,7 l/s x (168/113)).

A la entrada de la balsa existe una arqueta de válvulas para la apertura/cierre de la entrada/salida de agua. Se instalarán doble válvula de mariposa de Ø800 mm PN16 motorizadas.

#### 2.2.5. CURVA VOLUMÉTRICA

VOLUMEN DE EMBALSE DE LA Balsa ELEVADA EN FUNCIÓN DE LA COTA POR MÉTODO DE LAS SEMISUPERFICIES DE LAS CURVAS DE NIVEL						
DESCRIPCIÓN	CURVA NIVEL	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	ALTURA (m.)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	ALTURA Balsa ACUMULADA(m.)	VOLUMEN ACUM. (m <sup>3</sup> )
FONDO	430,500	14.351,24				
	431,0	14.933,69	0,50	7.321	0,50	7.321
	432,0	16.128,38	1,00	15.531	1,50	22.852
	433,0	17.362,80	1,00	16.746	2,50	39.598
	434,0	18.636,97	1,00	18.000	3,50	57.598
	435,0	19.950,88	1,00	19.294	4,50	76.892
	436,0	21.304,53	1,00	20.628	5,50	97.519
	437,0	22.697,93	1,00	22.001	6,50	119.521
	438,0	24.131,06	1,00	23.414	7,50	142.935
COTA MÁXIMA AGUA	439,0	25.586,94	1,00	24.859	8,50	167.794
CORONACIÓN	440,0	26.977,00	1,00	26.282	9,50	194.076
<b>VOLUMEN TOTAL A COTA MÁXIMA NORMAL</b>				<b>167.794</b>		
<b>VOLUMEN TOTAL A CORONACIÓN</b>				<b>194.076</b>		

Tabla 1: Curva volumétrica.

## 2.2.6. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS.

El embalse tiene una función de regulación para ajustar el bombeo discontinuo de agua de las CC. RR. a la demanda variable de los regantes. Se encuentra fuera de cauce natural, en una zona elevada respecto al resto del cauce natural y por tanto sin avenidas.

El embalse se proyecta de materiales sueltos e impermeabilizado con lámina de PEAD 2,00 mm.

## 2.2.7. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 H Y EN 1 H.

La precipitación máxima en 24 h. y en 1 h. se ha calculado a partir de la siguiente documentación:

- Máximas lluvias diarias en la España peninsular. Ministerio de Fomento. 1999.
- Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. BOE de Jueves 10 de marzo de 2016.

Se ha calculado para:

- Grañén.
- Período de retorno de 500 años.

Los resultados son los siguientes:

- Precipitación máxima en 24 h. para período retorno 500 años: 140,76 mm.
- Precipitación máxima en 1 h. para período retorno 500 años: 58,65 mm.

CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MEDIA DE LA HORA MÁS LLUVIOSA DÍA			
Localidad	Grañén	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	
Período retorno (años)	500		Máximas lluvias diarias España Peninsular
Hoja serie 4C	4-2 (Zaragoza)	Plano 1 anejo	
Pm(mm/día) precipitación P diaria máxima anual media	45	Tomado de hoja 4-2	
Cv	0,4	Página 7	
Yt cuantil adimensional regional (500 años y Cv= 0,4)	3,128	Página 13	
I24 Precipitación máxima 24 h, Xt cuantil local (Xt=Yt*Pm) (mm/24 h. 500 años)	140,76		norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.
Id Intensidad media diaria (I24/24) (mm/h.). Periodo retorno 500 años.	5,865	Página 18887 BOE	
Índice de torrencialidad	10	Página 18900 BOE	
It Intensidad media hora más lluviosa día (mm/h.). Período retorno 500 años.	58,65		

Tabla 2: Precipitaciones máximas para un período de retorno de 500 años.

En este caso, y dado que esta balsa no tiene cuenca, la única aportación sería la lluvia.

El resguardo de la balsa con respecto al nivel normal es de 1,00 m = 100 cm. Por ello, caso de una lluvia máxima para un período de retorno de 500 años, la balsa tendría una subida de nivel de 14 cm en 24 h. y de 5,8 cm en la hora de mayor intensidad de lluvia. Si no funcionara el aliviadero y la balsa estuviera a máximo nivel normal (N.M.N = 439,00), el nivel de la balsa a las 24 h. sería de 439,14, inferior al N.M.E = 439,25. El resguardo de la balsa en esta situación sería mayor a 0,75 m.

El volumen máximo que entraría en la balsa para la lluvia en la hora más lluviosa sería:

$$V = It * s$$

Donde;

- It: Intensidad media hora más lluviosa día (mm/h.). Período retorno 500 años.
- S: Superficie de la arista interior de coronación de la balsa.

$$V = 58,65 \text{ mm} * 26.977 \text{ m}^2 = 1.582 \text{ m}^3.$$

El caudal medio a evacuar sería, en el caso más desfavorable  $1.582 \text{ m}^3/\text{h} = 439 \text{ l/s}$ .

### 2.2.8. AVENIDA DE ENTRADA EN LA BALSA

El caudal máximo de entrada por el sistema de llenado es de 0,817 m3/s.

La lluvia recogida que precipita sobre la superficie interior de la balsa equivale a un caudal de 0,439 m3/s, calculado según el apartado anterior

La avenida considerada es la resultante de sumar el caudal originado por la lluvia más el caudal de entrada por el sistema de llenado, es decir **1,256 m3/s**.

El hidrograma de entrada es el siguiente:

T(h)	Q (m3/s)
0	1,256
1,0	1,256
1,5	1,256

Tabla 3: Hidrograma precipitación en balsa.

### 2.2.9. ALIVIADERO

Se diseña un aliviadero para el supuesto caso de que las medidas de protección fallen, se llene la balsa y ésta se rebose. Por lo tanto, se diseña el aliviadero para que sea capaz de evacuar el total del caudal de bombeo y la máxima avenida de agua por lluvia. Este caudal, de acuerdo al apartado anterior, es de **1,256 m<sup>3</sup>/s**.

Se ejecutara un aliviadero, mediante paredes de hormigón armado, de tipo rectangular con una longitud de 6 m y una altura de 1,5 m (cota 439 a 437,50). A la salida del aliviadero se conectará una tubería de PVC de Ø630 mm 1,6 Mpa que se conectará a la tubería de desagüe de la balsa del mismo tamaño.

Se diseña un aliviadero tipo “vertedero de cresta ancha”. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q = m * b * \sqrt{2 * g} * h^{3/2}$$

donde:

- b: longitud del aliviadero en metros. b= 6,00 m.
- m: coeficiente de desagüe. 0,385
- h: carga del aliviadero (m)
- Q: caudal (m<sup>3</sup>/s).

Se adjunta cuadro donde se indica el caudal evacuado en función de la carga del aliviadero:

<b>Coeficiente m</b>	<b>Anchura vertedero b (m)</b>	<b>Carga aliviadero h (m)</b>	<b>Caudal Q (m3/s)</b>
0,385	6,00	0,20	0,9147
0,385	6,00	0,21	0,9842
0,385	6,00	0,22	1,0553
0,385	6,00	0,23	1,1281
0,385	6,00	0,24	1,2024
<b>0,385</b>	<b>6,00</b>	<b>0,25</b>	<b>1,2784</b>
0,385	6,00	0,26	1,3558
0,385	6,00	0,27	1,4348
0,385	6,00	0,28	1,5152
0,385	6,00	0,29	1,5971
0,385	6,00	0,30	1,6804

Tabla 3: Cálculo del caudal que evacua el aliviadero.

Se aprecia que el aliviadero con 25 cm de carga es capaz de evacuar el caudal máximo de la avenida de entrada a la balsa.

El aliviadero descarga el agua en una tubería de PVC de Ø630 mm 1,6 Mpa que conduce el agua hasta un desagüe existente natural paralelo al Canal del Cinca.

Las especificaciones del desagüe previsto para evacuar el agua del aliviadero son las siguientes:

<b>Longitud del desagüe</b>	688,53 m
<b>Cota inicio aliviadero</b>	439 m.s.n.m
<b>Cota de entrega caño</b>	401,43 m.s.n.m
<b>Desnivel geométrico</b>	37,57 m
<b>Tubería del desagüe</b>	PVC-O-630 1,6 Mpa.
<b>Diámetro interior</b>	595,4 mm
<b>Caudal máximo aliviadero</b>	<b>1,256 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Velocidad máxima del alivio</b>	4,51 m/s
<b>Presión dinámica al final de la tubería</b>	21,99 m.c.a

Por ello, las conclusiones son las siguientes:

- El aliviadero proyectado es capaz de evacuar el caudal máximo de entrada en la balsa (817 l/s) más el caudal producido por las lluvias (439 l/s), es decir, un total de 1.256 l/s y que se evacuaría por el aliviadero en caso de que el episodio de lluvia se produjera cuando la balsa está a máximo nivel normal. Para el momento de rotura se considera Nivel Normal de Explotación. Según la Guía Técnica Española capítulo 5.1 “A los efectos de clasificación, únicamente se analizarán los efectos de rotura potencial, sin considerar otros posibles fallos de funcionamiento”, por lo que no consideramos fallo de los aliviaderos.
- El embalse tiene una función de regulación para la optimización de los costes energéticos. Se encuentra fuera de cauce natural, en una zona elevada respecto al resto del cauce natural y por tanto sin avenidas externas.

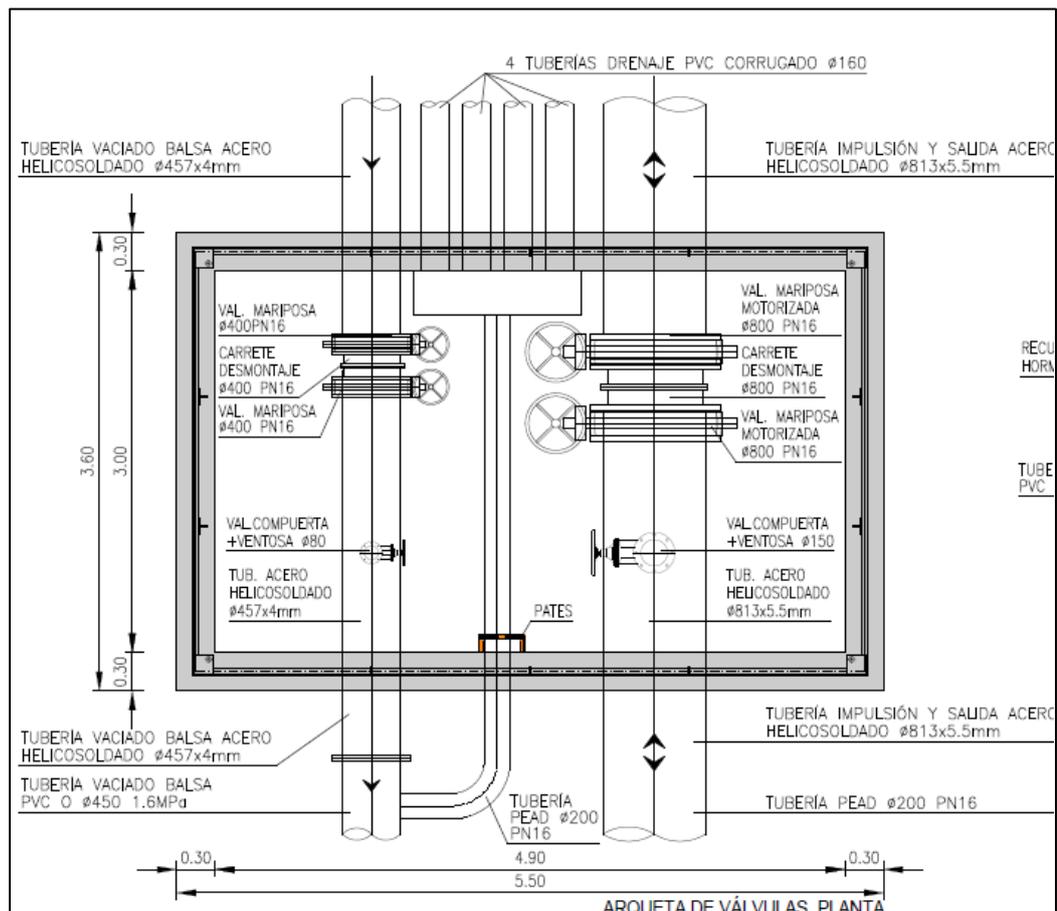
## 2.2.10. DESAGÜE DE FONDO

El sistema de desagüe de la balsa se realiza a través de una toma de fondo paralela a la entrada/salida de agua.

Consiste en una tubería de acero helicosoldada de tamaño  $\text{Ø}457 \times 4$  mm encamisada en una tubería de hormigón de  $\text{Ø}600$  mm, y recubierta por 20 cm de hormigón armado. La salida/entrada de agua está protegida por un bulbo enrejillado o "alcachofa" de 1 m de altura y un  $\text{Ø}600$  mm.

El desagüe de la balsa se conecta al desagüe general (donde está conectado el aliviadero) el cual se compone de una tubería de PVC de  $\text{Ø}630$  mm 1,6 Mpa con una longitud de 688 m, que vierte a un desagüe natural paralelo al Canal del Cinca.

A la entrada de la balsa existe una arqueta de válvulas donde se instalarán dos válvulas de mariposa de  $\text{Ø}400$  mm PN 16 para la apertura/cierre del desagüe de la balsa.



Detalle de arqueta de válvulas balsa elevada

Existen una diferencia entre la cota de fondo y la salida del desagüe de 29 m altura aproximadamente. De acuerdo a la ecuación de Bernoulli ( $v=\sqrt{2 \cdot g \cdot H}$ ), la velocidad de salida de agua en la cota de fondo será de 23,84 m/s ( $\sqrt{2 \times 9,8 \times 29}$ ) (sin tener en cuenta pérdidas de carga).

Para evitar posibles daños en las tuberías y elementos de control, se ha optado por limitar el caudal máximo de salida a 4,5 m/s en las conducciones de Ø630. Así pues, **se limita el caudal por el desagüe de fondo a 1,256 m3/s.**

La limitación de caudal se realizará mediante los elementos de control consistentes en válvulas de mariposa.

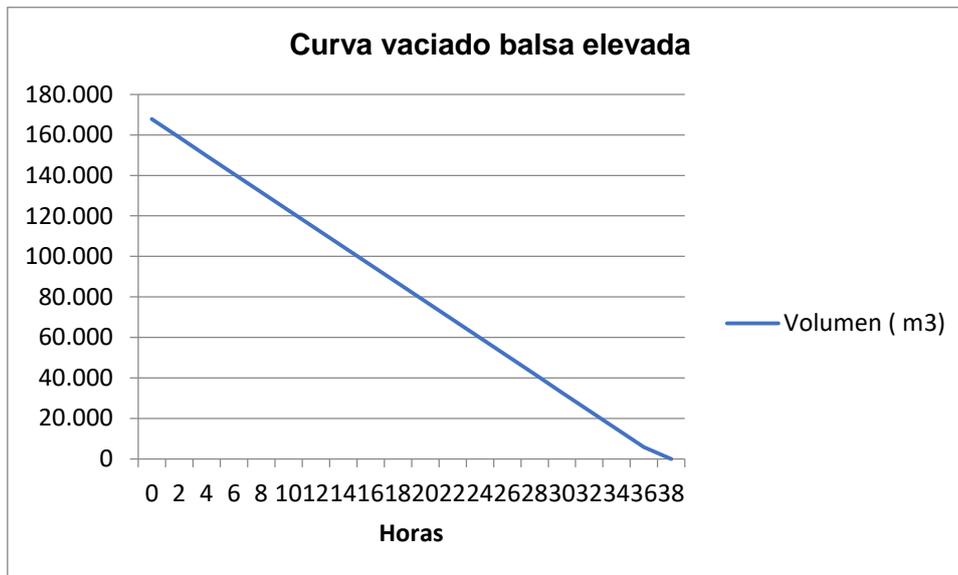
Las especificaciones del desagüe previsto para evacuar el agua de balsa son las siguientes:

<i>Longitud del desagüe</i>	688,53 m
<i>Cota inicio aliviadero</i>	439 m.s.n.m.
<i>Cota de fondo de la balsa</i>	430,5 m.s.n.m.
<i>Cota de entrega caño</i>	401,43 m.s.n.m.
<i>Desnivel geométrico cota aliviadero</i>	37,57 m
<i>Desnivel geométrico fondo balsa</i>	29,07 m
<i>Tubería del desagüe</i>	PVC-O DN630 1,6 Mpa.
<i>Diámetro interior</i>	595,4 mm
<i>Caudal máximo desagüe</i>	<b>1,256 m3/s</b>
<i>Velocidad máxima de desagüe general tubería PVC</i>	4,51 m/s
<i>Presión dinámica al final de la tubería</i>	13,49 m.c.a.
<i>Volumen EMBALSE a cota N.M.M (439)</i>	167.794 m3
<i>Tiempo de vaciado</i>	<b>37,1 horas</b>

### 2.2.11. CURVA VACIADO DE LA BALSA

Como se ha indicado en el apartado anterior, se ha limitado el caudal de desagüe de forma que la **capacidad máxima del desagüe de fondo sea de 1,256 m<sup>3</sup>/s.**

El siguiente gráfico muestra la curva de vaciado de la balsa:



CURVA VACIADO BALSA ELEVADA		
Tiempo (h)	Caudal salida (m3/s)	Volumen ( m3)
0	1,25	167.794
2	1,25	158.794
4	1,25	149.794
6	1,25	140.794
8	1,25	131.794
10	1,25	122.794
12	1,25	113.794
14	1,25	104.794
16	1,25	95.794
18	1,25	86.794
20	1,25	77.794
22	1,25	68.794
24	1,25	59.794
26	1,25	50.794
28	1,25	41.794
30	1,25	32.794
32	1,25	23.794
34	1,25	14.794
36	1,25	5.794
38	1,25	0

## **2.3. CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE AGUAS ABAJO**

La situación de la zona y los elementos susceptibles de verse afectados pueden verse localizados en los planos adjuntos.

Para el terreno de la zona de estudio se ha utilizado un modelo digital del terreno del vuelo LIDAR. Modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m, con la misma distribución de hojas que el MTN50. Estos datos están disponibles en el Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica.

El agua del embalse tiene salida a través de un sistema de tuberías a presión para el riego de cultivos.

Contemplamos dos escenarios de rotura. Hacia el Sur y hacia el Oeste por encontrarse hacia esa orientación las infraestructuras vulnerables y mayor superficie de daño potencial.

### **2.3.1. HACIA EL SUR**

Encontramos una zona agrícola con campos de cultivo extensivo de herbáceos, edificios agrícolas, granjas dispersas y caminos de servicio agrícola principalmente. El Canal del Cinca discurre de Oeste a Este en el área de posibles afecciones.

La localidad de Callén perteneciente al término municipal de Grañén, se encuentra a 2,4 km del embalse. Se trata de un núcleo de viviendas con 48 habitantes censados, y sus servicios asociados

La carretera autonómica A-1213 discurre de norte a sur, dando acceso a Callén.

Numerosos barrancos de drenaje del regadío surcan los campos de cultivo, facilitando la evacuación de agua.

### **2.3.2. HACIA EL OESTE**

Se trata de un terreno de zona agrícola con campos de cultivos extensivos. Encontramos alguna edificación agrícola y caminos rurales, el Canal del Cinca, el del Flumen y la carretera A-1213. EL barranco de Vall de Conejar puede servir de ayuda para evacuar volumen de la onda de avenida, con un paso tipo túnel por debajo de la carretera. Este paso será configurado en el modelo para tener en cuenta su efecto.

En esta zona de posible inundación, no se registran viviendas ni otros servicios esenciales.

## **2.4. METODOLOGÍA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS.**

### **2.4.1. METODOLOGÍA GENERAL Y METODO DE ANÁLISIS APLICADO.**

La metodología utilizada se corresponde con la consideración del escenario más desfavorable, rotura del dique con el embalse a plena capacidad y sin coincidencia con avenidas pues, tal y como se ha justificado anteriormente, el embalse se ubica en una zona elevada y fuera de cauce natural.

Se utiliza el método Iber, modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente GEAMA (Universidad de A Coruña), el Grupo Flumen (Universitat Politècnica de Catalunya y Universitat de Barcelona) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE (vinculado a la Universidad Politècnica de Cataluña), en el marco de un Convenio de Colaboración suscrito entre el CEDEX y la Dirección General del Agua.

Iber es una herramienta de modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas, es decir, para calcular niveles de agua y velocidades en ríos, estuarios, canales, llanuras de inundación, obras hidráulicas.

Resuelve el calado y la velocidad con un módulo de cálculo de hidrodinámica. Algunas de las capacidades de este software son el uso de mallas irregulares para poder optimizar la representación geométrica y el tiempo de cálculo, la importación de geometrías y mallas de gran variedad de formatos.

Emplea esquemas numéricos robustos, sin problemas de convergencia, que permiten calcular flujos con resaltos hidráulicos y frentes de onda.

Permite considerar rugosidad variable y puede considerar el efecto de distintos tipos de estructuras como compuertas, vertederos, puentes, obras de drenaje... Además se puede simular la formación de una brecha en una presa o dique.

El módulo de hidrodinámica para obtener el calado y la velocidad, resuelve unas ecuaciones que se deducen de dos leyes físicas de conservación elementales:

- Conservación de la masa
- Conservación de la cantidad de movimiento (la segunda ley de Newton aplicada a un fluido)

Estas leyes físicas se traducen en unas expresiones matemáticas que son las ecuaciones de Navier – Stokes, que gobiernan el movimiento de un fluido en las tres dimensiones del espacio. De las ecuaciones de Navier-Stokes se deducen las ecuaciones de aguas someras, también conocidas como ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones, que son las ecuaciones básicas que resuelve el módulo hidrodinámico de Iber.

Este método utiliza métodos paramétricos para el establecimiento y progresión de la brecha de rotura y métodos hidráulicos de análisis de régimen variable para el estudio del avance de la onda de rotura y la determinación de las áreas de inundación. También proporciona directamente resultados en términos de cota máxima de lámina alcanzada y velocidad del agua.

#### **2.4.2. LONGITUD DE CAUCE ANALIZADO Y JUSTIFICACIÓN.**

Para determinar los escenarios de rotura, además de tener en cuenta la pendiente del terreno, se ha tenido en cuenta para determinar el análisis de ruptura, las posibles afecciones y su gravedad potencial.

El límite del tramo del cauce a analizar se ha determinado considerando que los elementos susceptibles de ser dañados agua abajo ya no inducen una elevación de la categoría. Además se establecen estos límites tras una primera simulación en la que se determina la no peligrosidad. En plano nº 7 de afecciones se observa que el área catalogada peligrosa no alcanza los límites de modelización. Es decir, más allá de esos límites no se producen velocidades mayores de 1 m/s ni calados mayores de 1 m ni el producto de estas magnitudes supera 0,5 m<sup>2</sup>/s. No hay afecciones aguas debajo de esos límites

El agua es evacuada en general por los barrancos y azarbes de la zona discurriendo el caudal por estos trayectos en los que no hay elementos de riesgo.

De esta manera se acota el área de estudio y se aligera el modelo de cálculo.

#### **ESCENARIO ROTURA DIQUE SUR**

Debido a la cercanía del núcleo urbano de Callén y del Canal del Cinca hacia el sur, y la dirección de la pendiente decreciente hacia esa orientación se ha optado por el análisis de ruptura del dique en su lado sur hasta que la onda se encauza en el barranco de Callén

Las salidas del modelo 1 es la correspondiente al avance por el Canal del Cinca. La onda avanza por el cauce de este sin desbordarse.

En el caso de la salida 2, el frente se detiene en los campos próximos a la carretera y parte del flujo es evacuado por el barranco de Callén con pico de caudal de 2,52 m<sup>3</sup>/s. Aguas abajo no existen elementos susceptibles que puedan elevar de categoría la clasificación.

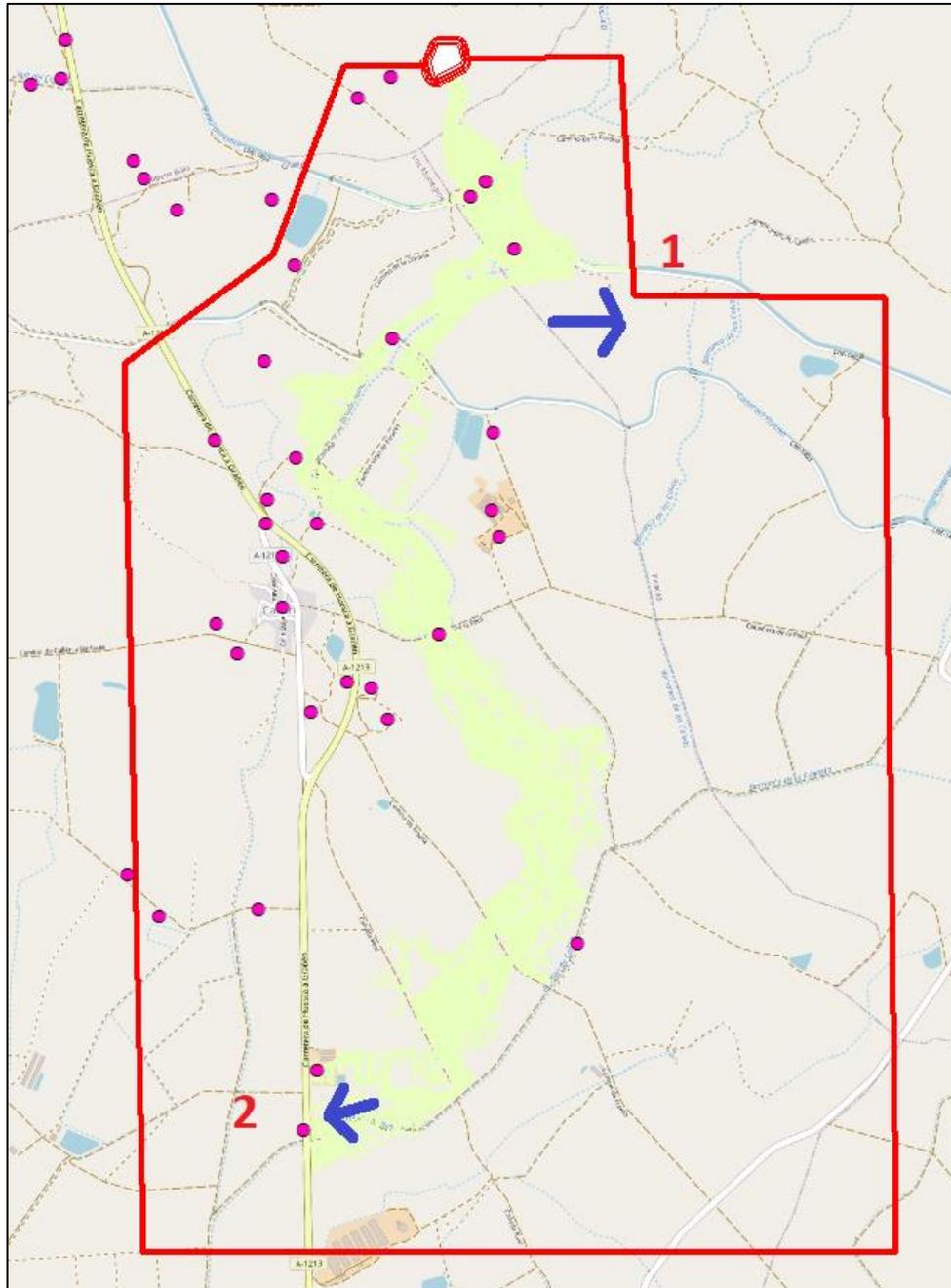


Ilustración 1: Límites de estudio rotura SUR.

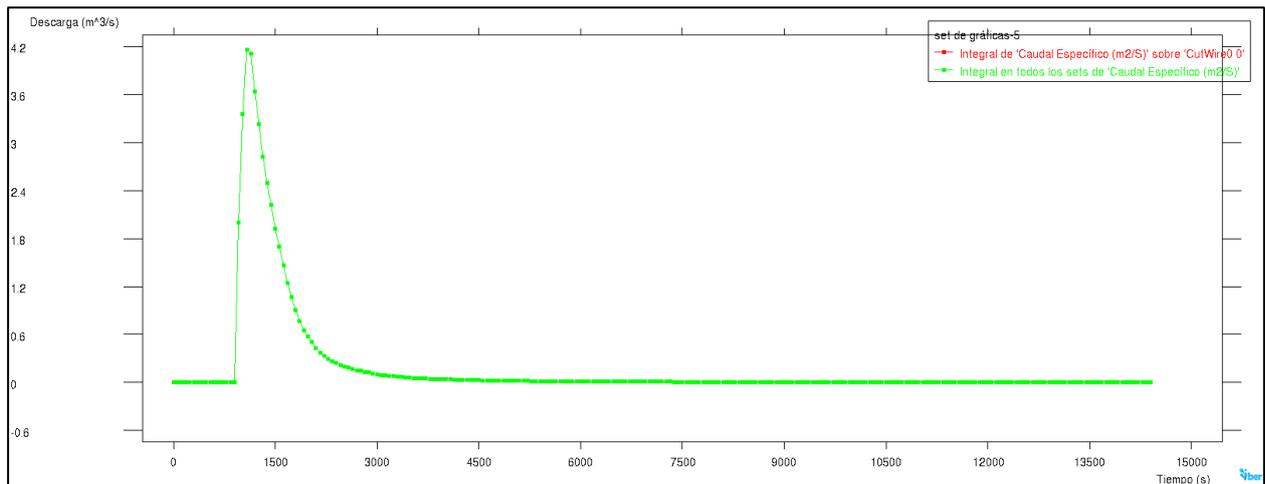


Ilustración 2: Hidrograma salida 1 rotura SUR: CANAL CINCA

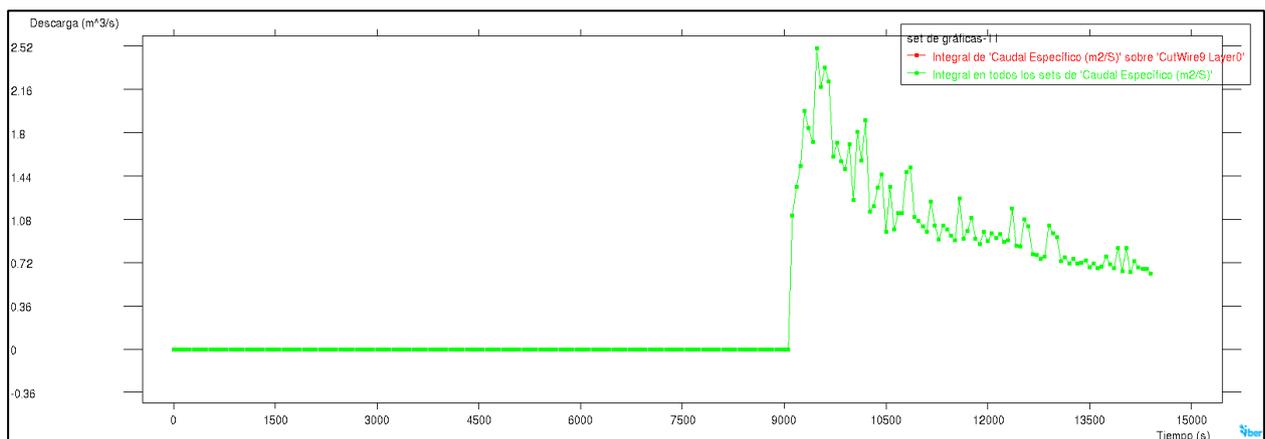


Ilustración 3: Hidrograma salida 2 rotura SUR: BARRANCO CALLÉN

## ESCENARIO ROTURA DIQUE OESTE

Hacia el Oeste se encuentra como posibles afecciones la carretera A-1223, el Canal del Cinca y el Canal del Flumen y algún edificio agrícola aislado. Se analizará hasta el Canal del Flumen.

Tras primeras simulaciones, se ajusta al mínimo el área de estudio descartando superficies a las que no alcanza la onda, para aligerar el cálculo.

Las salidas de agua del modelo se producen en tres sentidos (1, 2 y 3 marcados en la ilustración 4)

En el punto 1, tras 7200 segundos se comprueba que la onda de avenida se detiene en los campos próximos al canal del Flumen sin alcanzar el límite de estudio (línea roja en la ilustración). Según el hidrograma aportado para este frente, la onda esta en retroceso ya llegando a valores mínimos, por lo que pasados los valores máximos el agua no ha avanzado más allá del Canal.

Las salidas del modelo 2 y 3 son las correspondientes al avance por el Canal del Cinca. La onda avanza por el cauce de este sin desbordarse.

En el caso de la salida 2, el caudal máximo de onda es de 8,6 m<sup>3</sup>/s, caudal asumible por el canal. Además la dirección de la onda es contraria a la dirección de la corriente natural en condiciones de flujo constantes, por lo que esta onda se suavizará hasta recuperar el régimen constante.

En la salida 3 el máximo de la onda es prácticamente despreciable a efectos de peligrosidad.



Ilustración 4: Límites de estudio rotura OESTE.

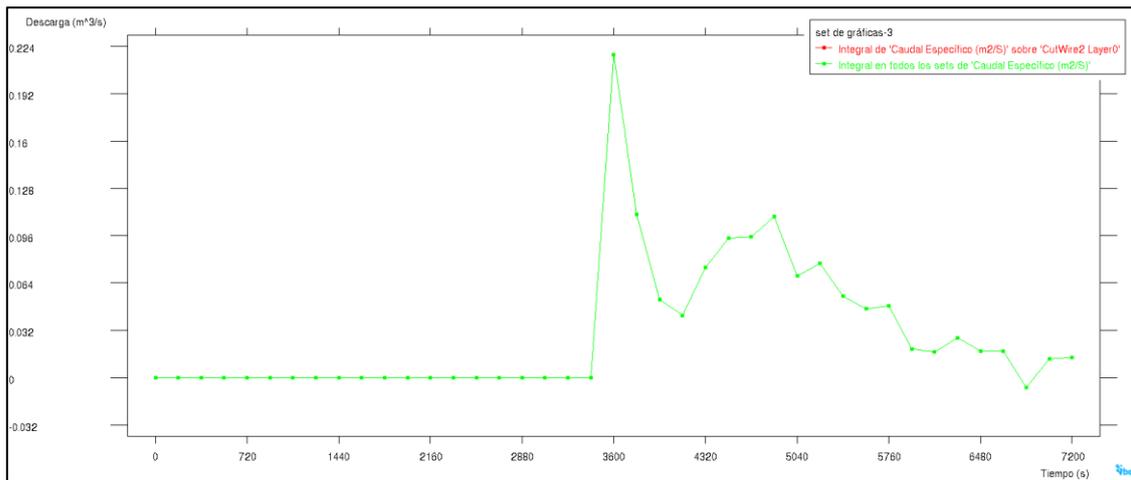


Ilustración 5: Hidrograma salida 1 rotura OESTE: CAMPOS PROXIMOS CANAL FLUMEN

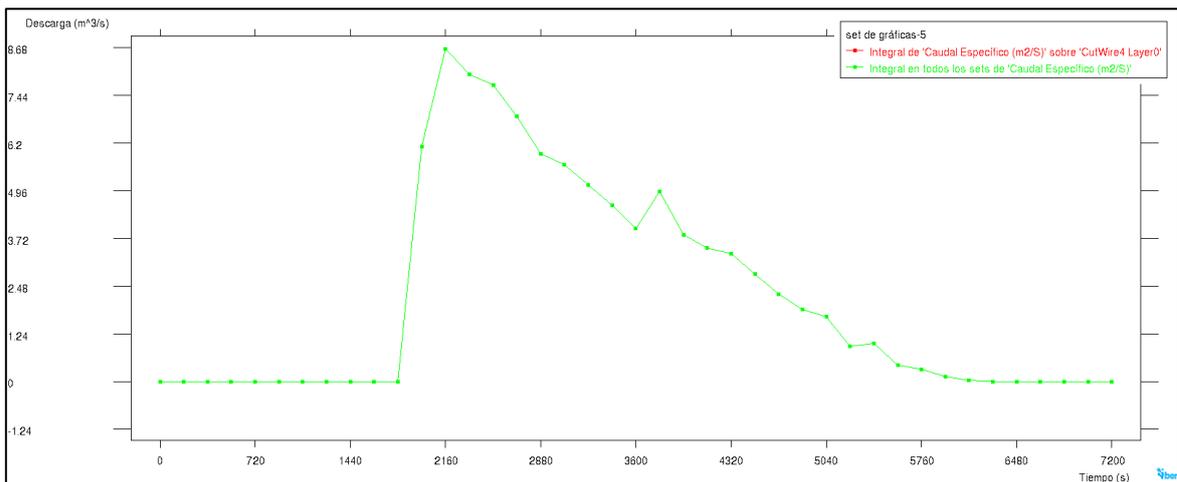


Ilustración 6: Hidrograma salida 2 rotura OESTE: CANAL DEL CINCA

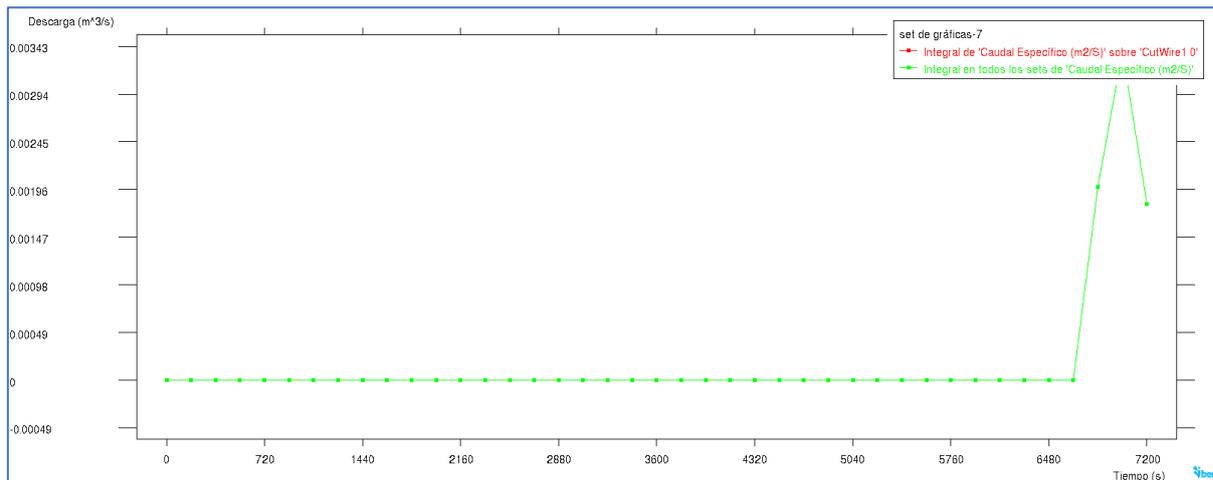


Ilustración 7: Hidrograma salida 3 rotura OESTE: CANAL DEL CINCA

### 2.4.3. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL CAUCE Y JUSTIFICACIÓN.

El software utilizado Iber asigna la rugosidad a través de un coeficiente de rugosidad de Manning.

El valor del número de Manning es representativo de la resistencia que ofrece una superficie al fluido, es decir, de la rugosidad de esa superficie. Esto implica que, a mayor rugosidad de la superficie, mayor será la resistencia que ofrece al flujo y el valor de Manning será más alto.

En la modelización de avenidas fluviales las superficies que ofrecen una mayor resistencia y que por tanto ralentizan el movimiento del agua son las zonas arboladas, las zonas de matorral o aquellas con alta densidad de edificación.

Por el contrario, las superficies sin edificar o zonas con vegetación o cultivos herbáceos tendrán una resistencia menor y por tanto un valor de coeficiente de Manning menor.

La asignación de valores de Manning a distintos tipos de uso o aprovechamientos del suelo sólo se puede resolver por medio de estudios experimentales por lo que generalmente habrá que basarse en otras experiencias para decidir qué valores debemos asignar a cada aprovechamiento. A este respecto, la información de usos de suelo y las ortofotografías resultan de gran ayuda.

La gran mayoría de manuales de hidráulica recogen diferentes valores de Manning en función de alguno o varios de estos factores. Así por ejemplo la siguiente tabla muestra valores del coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce.

Uso de suelo	Coefficiente n Manning
Canal	0,022
Suelo desnudo	0,023
Granjas	0,1
Infraestructura	0,02
Área cultivada	0,045
Hormigón	0,018

Tabla 4: Coeficientes de Manning para distintas superficies.

Todas las superficies del modelo deben tener un valor de coeficiente de Manning asignado para definir su rugosidad. Esta asignación se realiza a través de los usos de suelo, configurados en este caso de la siguiente manera:

### Rotura dique SUR



Ilustración 8: Características zona afectada por rotura dique Sur.

## Rotura dique OESTE

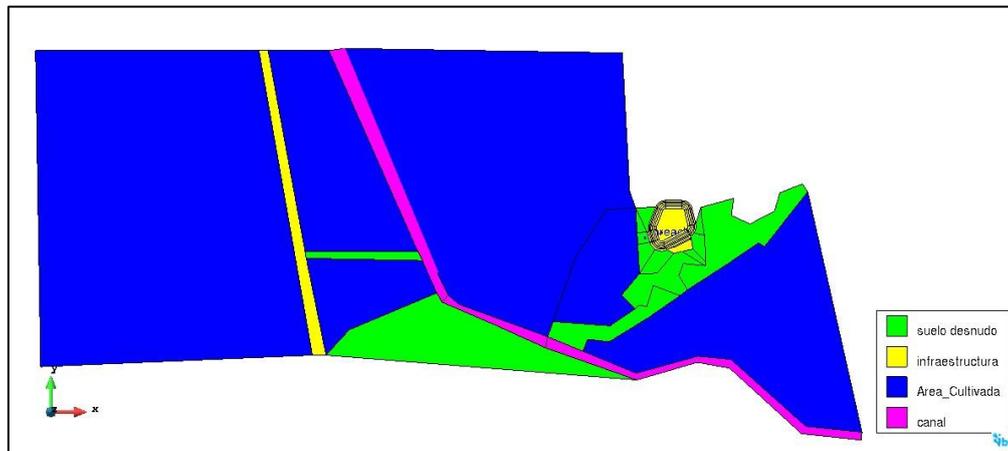


Ilustración 9: Características zona afectada por rotura dique Sur.

### 2.4.4. GEOMETRIA DE LA BALSA Y DEL TERRENO

Para modelizar la balsa se ha incorporado las curvas de nivel para obtener la geometría, así como las cotas.

Para el terreno de la zona de estudio se ha utilizado un modelo digital del terreno del vuelo LIDAR. Modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m, con la misma distribución de hojas que el MTN50. LIDAR (Light Detection and Ranging) es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de x, y, z.

En todas las superficies de estudio se ha generado una malla no estructurada de tamaño 10 m para el terreno y tamaño 5 m para la zona del embalse y del canal. En zonas que requieren más detalle se ha usado puntualmente malla de 2 m.

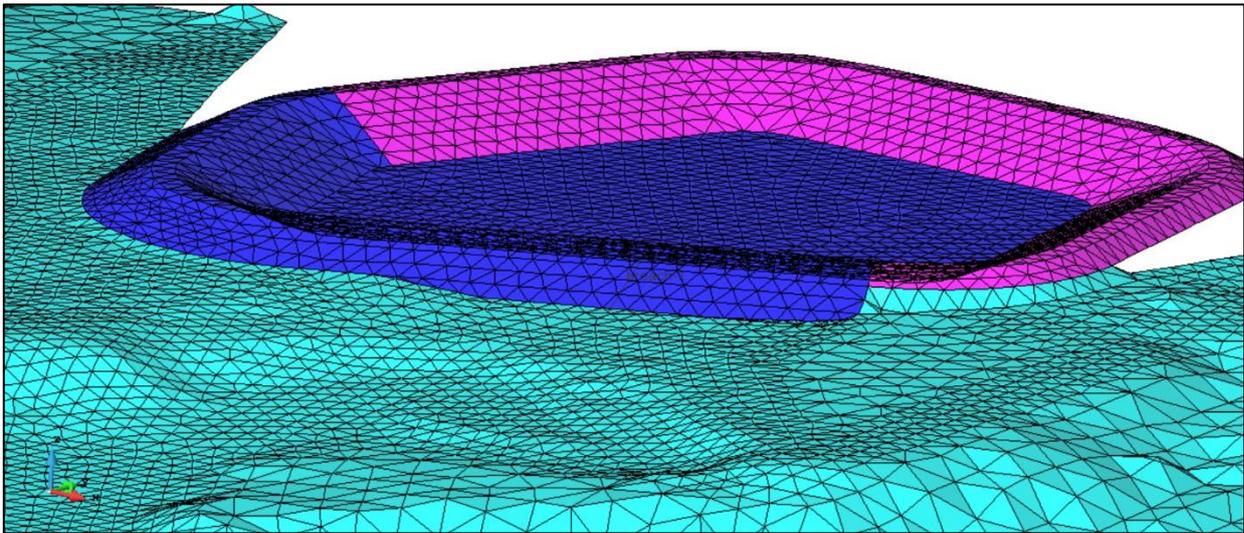


Ilustración 10: Geometría de la balsa

#### 2.4.5. HIPÓTESIS DE ROTURA

Para este análisis de onda de avenida se simula la hipótesis de rotura H2, considerando la balsa llena hasta nivel de coronación (440 m) en el instante 0 y simulando una avenida como caudal de entrada en la balsa de 1,256 m<sup>3</sup>/s, resultante del caudal originado por las precipitaciones máximas para período de retorno de 500 años (0,439 m<sup>3</sup>/s) más el caudal de entrada por el sistema de llenado (0,817 m<sup>3</sup>/s), durante toda la simulación.

#### 2.4.6. DIMENSIONES DE LA BRECHA. TIEMPO DE DESARROLLO Y JUSTIFICACIÓN.

La forma y dimensión de la brecha, así como el tiempo de rotura se han calculado de acuerdo a lo establecido en la Guía Técnica para la Clasificación de presas en función del riesgo potencial en su apartado 5.3.

En las presas de materiales sueltos, como suele ser en las balsas, la rotura se produce de forma progresiva en el tiempo

La Guía Técnica para estos casos, propone una geometría de rotura trapezoidal, con las siguientes fórmulas para calcular el tiempo de rotura y el ancho medio (Froehlich, D.C. 1987):

$$b \text{ (m)} = 20 \left( V \text{ (Hm}^3\text{)} - h \text{ (m)} \right)^{0,25}$$

Dónde:

- b (m): anchura media de la brecha
- V( Hm3): Volumen embalsado movilizable
- h(m): profundidad de la brecha, hasta el contacto con el cauce en el pie del talud.

$$T \text{ (horas)} = 4,8 \cdot V^{0,5} \text{ (Hm}^3\text{)} / h \text{ (m)}$$

Dónde:

- T (horas): tiempo de formación de la brecha (tiempo que tardará en generarse)
- V( Hm3): Volumen embalsado movilizable
- h(m): profundidad de la brecha, hasta el contacto con el cauce en el pie del talud.

La formación de la brecha que se realiza por la Guía Técnica seguirá el siguiente esquema:

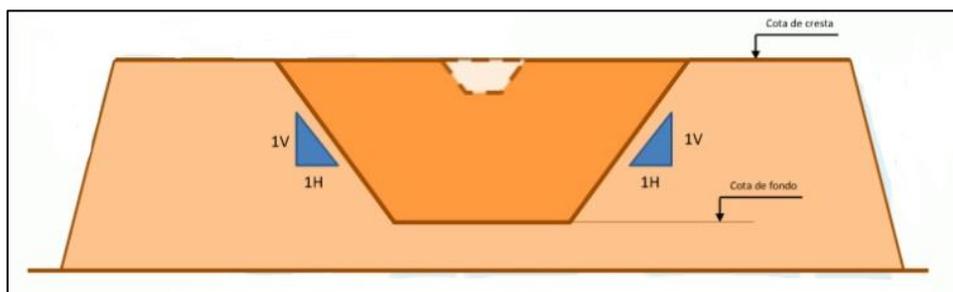


Ilustración 11: Geometría brecha trapezoidal

En las presas de materiales sueltos, como es el caso, la rotura es progresiva en el tiempo y con evolución desde formas geométricas iniciales hasta la práctica totalidad de la presa.

#### 2.4.6.1. ROTURA SUR.

Los datos de la posible brecha en lado sur del dique son los siguientes:

- Volumen movilizable: 0,194076 Hm3 (embalse lleno hasta coronación)
- Cota coronación: 440 m
- Cota fondo: 430,50 m.s.n.m
- Cota terreno base dique exterior: 430 m.s.n.m

Por lo tanto:

<b>h brecha (altura brecha)</b>	10 m
<b>Volumen</b>	0,194076 Hm <sup>3</sup>
<b>t</b>	0,211 horas
<b>b anchura media</b>	6,9 m

#### 2.4.6.2. ROTURA OESTE.

El talud del dique sur corta con el terreno en cota 433, por lo que el fondo de la brecha sería a esa cota reduciéndose el volumen movilizable 154.478 m<sup>3</sup>.

- Volumen movilizable 0,154478 Hm<sup>3</sup>
- Cota coronación: 440 m
- Cota fondo: 430,5 m.s.n.m.
- Cota base dique exterior: 433 m.s.n.m.

Por lo tanto:

<b>h brecha (altura brecha)</b>	7 m
<b>Volumen</b>	0,154478 Hm <sup>3</sup>
<b>t</b>	0,269 horas
<b>b anchura media</b>	5,02 m

## 2.4.7. CONFIGURACIÓN DE ESTRUCTURAS.

### COLECTOR TIPO ALCANTARILLA 1

Se ha modelizado el paso de agua bajo la carretera A-1213 en el barranco de la Vall de Conejar. Se trata de un paso tipo alcantarilla de hormigón (coeficiente de Manning 0,018) planta cuadrada sección 2 x 2 m. Este paso se ubica en las coordenadas ETRS89 Huso 30, X: 717.392 e Y: 4.654.649.

Se adjunta plano nº 7 de afecciones donde aparecen localizados los pasos bajo carretera mediante colector.



Ilustración 12: Modelización IBER Paso bajo la carretera A-1213 (colector 1)



Ilustración 13: Fotos paso bajo carretera A-1213

### COLECTOR TIPO ALCANTARILLA 2

Se ha modelizado el paso de agua bajo la carretera A-1213 en el barranco de Callén Se trata de un paso tipo alcantarilla de hormigón (coeficiente de Manning 0,018) planta cuadrada sección 2 x 2 m. Este paso se ubica en las coordenadas ETRS89 Huso 30, X: 718.397 e Y: 4.650.021.

Se adjunta plano nº 7 de afecciones donde aparecen localizados los pasos bajo carretera mediante colector.



Ilustración 14: Modelización IBER Paso bajo la carretera A-1213(colector 2)

#### 2.4.8. DATOS DE CÁLCULO Y SIMULACIÓN

Los datos para el cálculo en este caso, han sido los siguientes:

- Tiempo total de simulación 14.400 s para rotura SUR y 7.200 para rotura OESTE
- Intervalo de escritura de resultados 60 s
- Incremento de tiempo máximo 1 s
- CFL 0.45

Condición inicial:

- Cota agua en la superficie interior del embalse: 440 m (lleno hasta coronación, escenario más desfavorable)
- Calado en el resto del terreno: 0 m (terreno seco)

Condiciones de contorno:

- Salida 2D Condición de Flujo Supercrítico/Crítico: en los límites de las áreas de simulación.
- Entrada 2D en balsa: Tipo Caudal Total según el siguiente hidrograma. Entra en la balsa un caudal de 1,256 m/s correspondiente al escenario de máxima avenida (precipitaciones máximas periodo retorno 500 años + caudal máximo de entrada por el sistema de llenado).

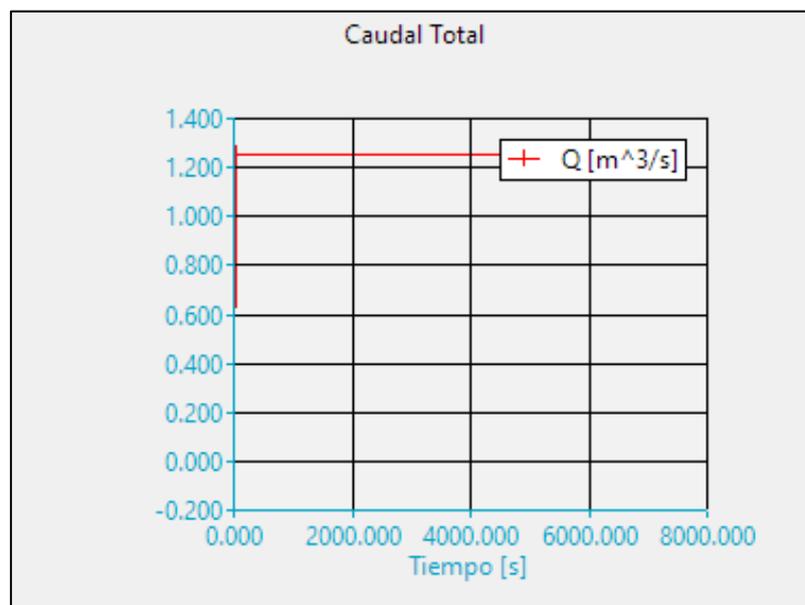


Ilustración 15: Hidrograma de entrada en balsa equivalente a Máxima Avenida

## 2.5. CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DE AFECCIONES.

Como consecuencia de lo previsto en la Directriz y en el Reglamento Técnico y de las consideraciones anteriores, se establece que la clasificación de las presas se basará en una evolución progresiva de los daños potenciales, desde la categoría C hacia la A.

Se entiende por análisis de la evolución progresiva el proceso según el cual en primer lugar se evalúa la posibilidad de incluir el aspecto considerado en la Categoría C, según su definición estricta. Caso de no responder a los criterios que definen la Categoría C, se establece que la presa debe incluirse en las Categorías B o A, repitiendo el proceso según los criterios definitorios de la Categoría B. Los criterios generales de clasificación son los siguientes:

**a) Categoría C:** Puede producir solo incidentalmente pérdida de vidas humanas. No puede afectar a vivienda alguna y solo de manera no grave a algún servicio esencial. Los daños medioambientales que puede producir deben ser poco importantes o moderados. Únicamente puede producir daños económicos moderados.

**b) Categoría B:** Puede afectar a un número de viviendas inferior al que se considere mínimo para constituir una afección grave a un núcleo urbano o a un número de vidas equivalente, o producir daños económicos o medioambientales importantes. Puede afectar solo de manera no grave a alguno de los servicios esenciales de la comunidad.

**c) Categoría A:** Supera la categoría anterior, pudiendo afectar gravemente, al menos, a un núcleo urbano o número de viviendas equivalente, con lo que pudiera poner en situación de riesgo a un número de vidas humanas semejante al que ocupa el número de viviendas considerado como límite máximo para la categoría B, o afectar gravemente a alguno de los servicios esenciales de la comunidad o producir daños económicos o medioambientales muy importantes.

Los aspectos para analizar son, por tanto:

- Riesgo potencial a vidas humanas. Población en riesgo.
- Afecciones a servicios esenciales.
- Daños materiales.
- Daños medioambientales.

De acuerdo con la Guía Técnica para la clasificación de presas en función de su riesgo potencial, apartado 2 “criterios para la definición de categorías”, el elemento esencial para la

clasificación es el relativo a la población y a las vidas humanas con riesgo potencial de afección por la hipotética rotura de la presa. Para ello, la Directriz define esta población con riesgo de una forma cualitativa según la afección potencial sea de tipo grave a núcleos urbanos (categoría A), afecte a un número reducido de viviendas (categoría B) o pudiera afectar solo incidentalmente a vidas humanas (categoría C). Como consecuencia debe partirse de que el elemento primordial en la clasificación es la afección potencial a las vidas humanas, por lo que este es el primer aspecto que debe ser considerado en el proceso.

## **2.6. EVALUACIÓN DE LAS AFECCIONES Y CLASIFICACIÓN**

Aplicando el artículo 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico que define la zona donde se puedan producir graves daños durante una avenida sobre personas y los bienes cuando se cumpla alguna de estas condiciones:

- Que el calado sea superior a 1,0 m
- Que la velocidad sea superior a 1,0 m/s
- Que el producto entre el calado y la velocidad sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s

Los resultados del análisis en los que se basa esta evaluación se presentan en el apartado 3 de "RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO".

### **2.6.1. AFECCIONES GRAVES A NÚCLEOS URBANOS:**

De acuerdo con la definición del Instituto Nacional de Estadística, se entiende como "Núcleo Urbano" el conjunto de al menos diez edificaciones, que estén formando calles, plazas y otras vías urbanas. Por excepción, el número de edificaciones podrá ser inferior a 10, siempre que la población de derecho que habita las mismas supere los 50 habitantes. Se incluyen en el núcleo aquellas edificaciones que, estando aisladas, distan menos de 200 metros de los límites exteriores del mencionado conjunto, si bien en la determinación de dicha distancia han de excluirse los terrenos ocupados por instalaciones industriales o comerciales, parques, jardines, zonas deportivas, cementerios, aparcamientos y otros, así como los canales o ríos que puedan ser cruzados por puentes.

Se entenderá como afección grave a un núcleo urbano aquella que afecte a más de cinco (5) viviendas habitadas y represente riesgo para las vidas de los habitantes, en función del calado y la velocidad de la onda.

### CALLÉN Y ALBERO BAJO

De los resultados del análisis que se muestran en el apartado de “Resultados del Modelo Hidráulico” se observa que **no se produce afección a ninguna vivienda habitada**. Las únicas viviendas habitadas se encuentran en el núcleo urbano de Callén y de Albero Bajo a los cuales no alcanza la onda de avenida en ninguno de los dos escenarios analizados.

### PRESENCIA DE PERSONAS

Los terrenos por los que discurriría la avenida son terrenos agrícolas con una presencia muy reducida en el tiempo por parte del personal que realiza las labores por lo que se considera que puedan producirse pérdidas de vidas humanas serían incidentales.

#### **2.6.2. SERVICIOS ESENCIALES:**

Se entiende como servicios esenciales aquellos que son indispensables para el desarrollo de las actividades humanas y económicas normales del conjunto de la población.

Se considerará servicio esencial aquel del que dependan, al menos, del orden de 10.000 habitantes.

En cuanto a la tipología de los servicios esenciales, estos incluyen, al menos, las siguientes:

- Abastecimiento y saneamiento.
- Suministro de energía.
- Sistema sanitario.
- Sistema de comunicaciones.
- Sistema de transporte.

Se considerará como afección grave aquella que no puede ser reparada de forma inmediata, impidiendo permanentemente y sin alternativa el servicio, como consecuencia de los potenciales daños derivados del calado y la velocidad de la onda.

Servicios esenciales en la zona:

### CARRETERA A-1213

Tanto en los resultados de rotura OESTE como en los de la rotura SUR, las respectivas ondas de agua alcanzan las **zonas próximas** a la carretera, pero no la invaden.

Los pasos para el agua bajo la carretera en el barranco de Vall de Conejar y en el barranco de Callén transportan el agua al otro lado de la carretera dando continuidad a los barrancos por lo que esta vía de transporte no se ve afectada en ninguno de los dos puntos.

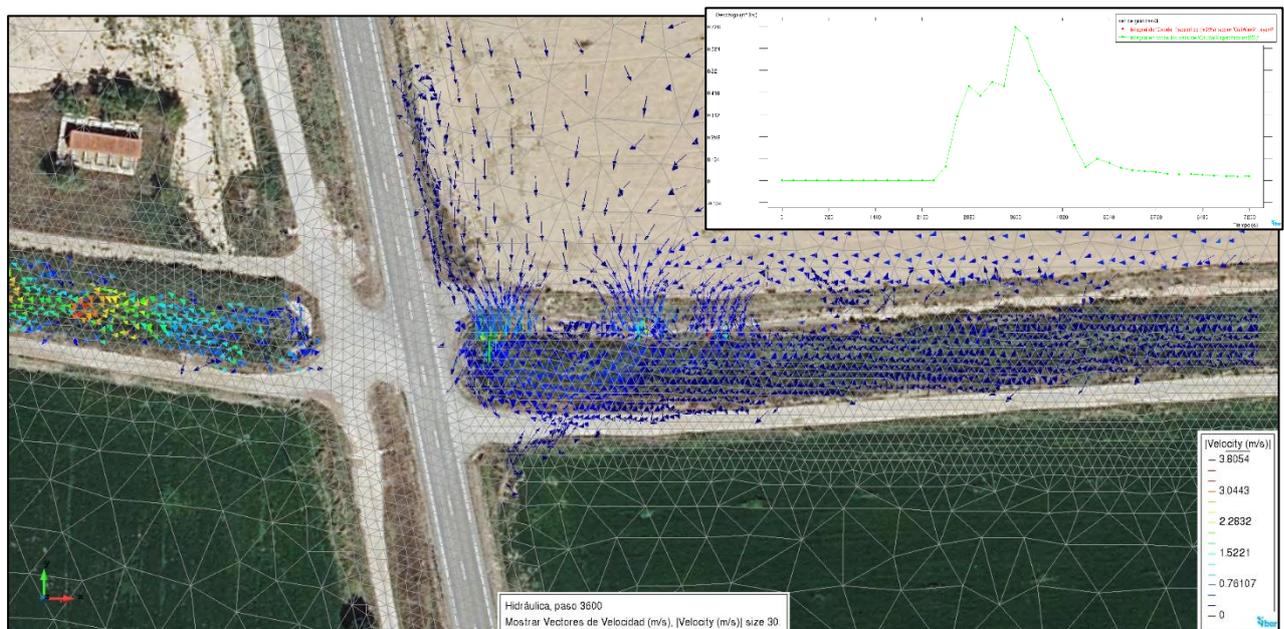


Ilustración 16: Flujo en colector 1 barranco Vall de Conejar

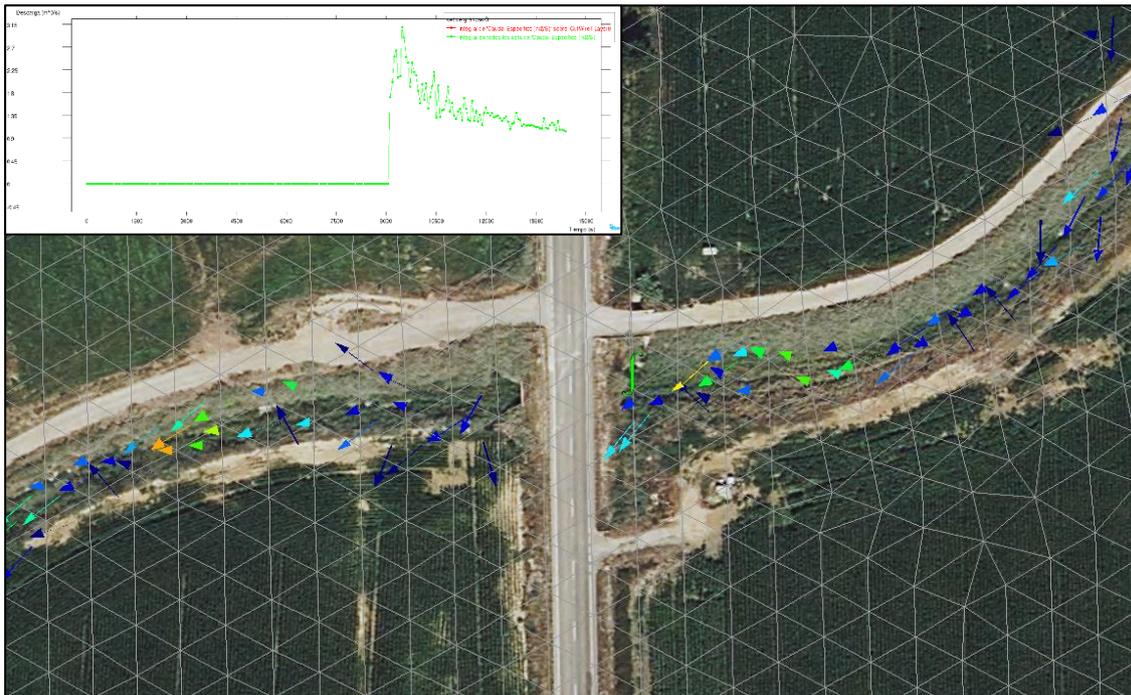


Ilustración 17: Flujo en colector 2 barranco de Callén

### CANAL DEL CINCA

El Canal del Cinca es alcanzado por la onda con valores de peligrosidad (calados y velocidades mayores de 1), tanto en el caso de la rotura OESTE como en el de rotura SUR, pero en diferentes puntos.

Estas condiciones de calado y peligrosidad se clasifican como daño grave a personas y bienes. Pero la afección no es considerada de gravedad porque el Canal dispone de desagües que permitirían la rápida limpieza de lodos de manera que el servicio no se interrumpiría de forma permanente. Además, las Comunidades de Regantes disponen de los pertinentes sistemas de filtrado por lo que no se interrumpiría el servicio. Todos los usuarios del Sistema de Riegos del Alto Aragón están obligados a disponer de un sistema de almacenamiento que les suponga una autonomía suficiente para poner en marcha de nuevo el servicio de distribución de agua.

### CANAL DEL FLUMEN

El Canal del Flumen es alcanzado en la rotura hacia el SUR con condiciones de calado y velocidad clasificados como daño grave a bienes.

Pero la afección no es considerada de gravedad porque el Canal dispone de desagües que permitirían la rápida limpieza de lodos de manera que el servicio no se interrumpiría de forma permanente. Además, las Comunidades de Regantes disponen de los pertinentes sistemas de filtrado por lo que no se interrumpiría el servicio. Todos los usuarios del Sistema de Riegos del Alto Aragón están obligados a disponer de un sistema de almacenamiento que les suponga una autonomía suficiente para poner en marcha de nuevo el servicio de distribución de agua

### **2.6.3. DAÑOS MATERIALES.**

Los únicos daños materiales que se producirían serían los asociados a los daños a cultivos, y a algún edificio agrícola. Las superficies y los puntos vulnerables afectados en mayor o menor medida por la onda se muestran en el plano nº 7 de afecciones.

#### CARRETERA A-1213

Esta vía de transporte no se ve afectada tal y como se ha justificado en el apartado anterior. El flujo y calado previsto sobre el terraplén de la carretera, no tiene capacidad de producir daños sobre la plataforma de esta. El flujo es conducido por las pendientes del terreno a los colectores bajo la carretera.

#### CULTIVOS REGADÍO

La superficie en la que en algún momento el calado es mayor de 0, es decir, llega a mojarse no supera las 1.000 ha.

La Guía Técnica califica los daños materiales como moderados si la superficie afectada es <3000 ha de secano y < 1000 ha de regadío. Por lo tanto, estos daños son considerados **moderados**.

#### INDUSTRIAS Y PROPIEDADES RÚSTICAS

Los daños a industrias y propiedades rústicas se consideran también **moderados** (< de 10 instalaciones).



### 3. RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO

#### 3.1.1. MAPAS DE RESULTADOS ROTURA SUR

##### 3.1.1.1. MÁXIMOS CALADO ROTURA SUR

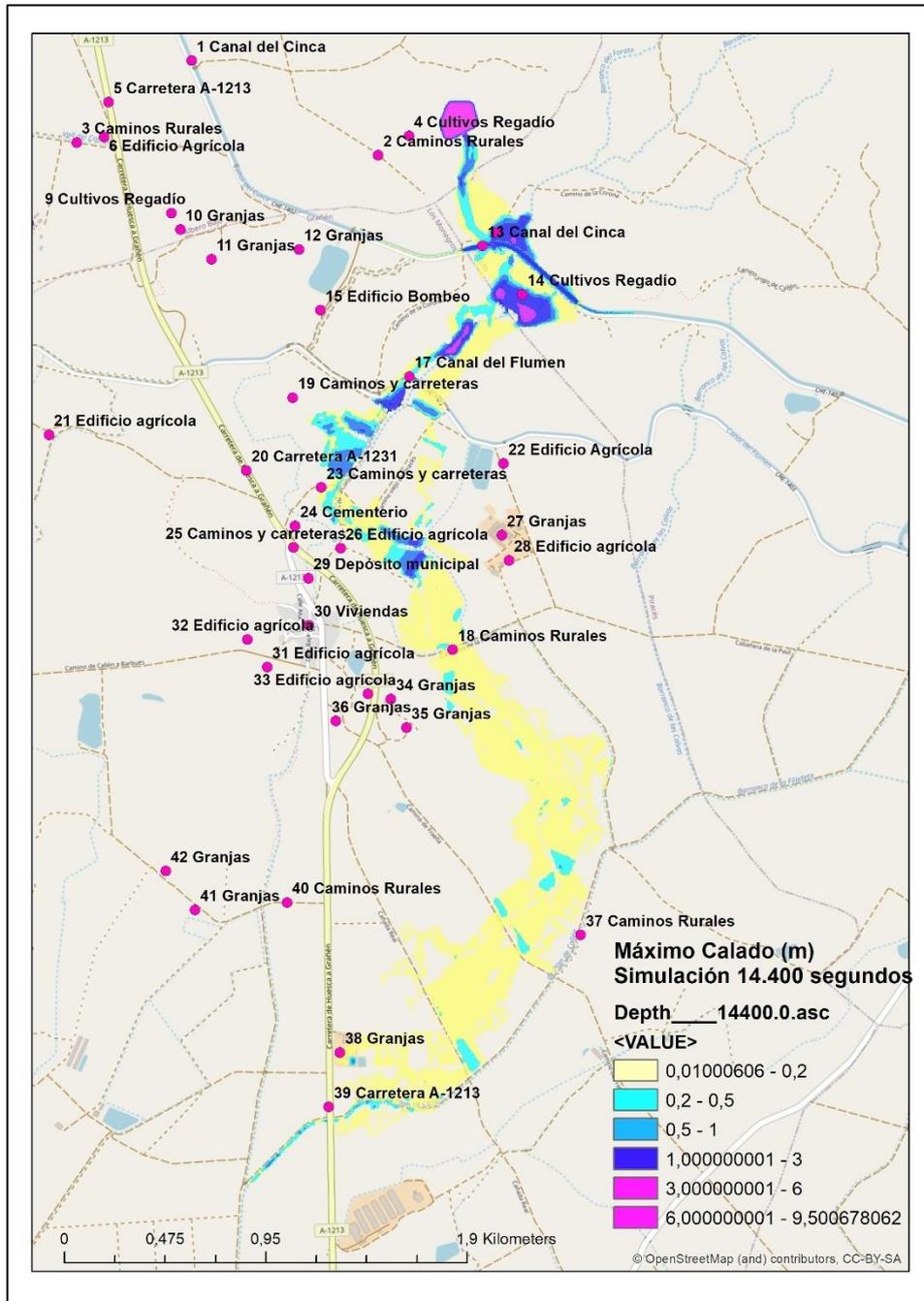


Ilustración 18: Máximos calados rotura Sur.

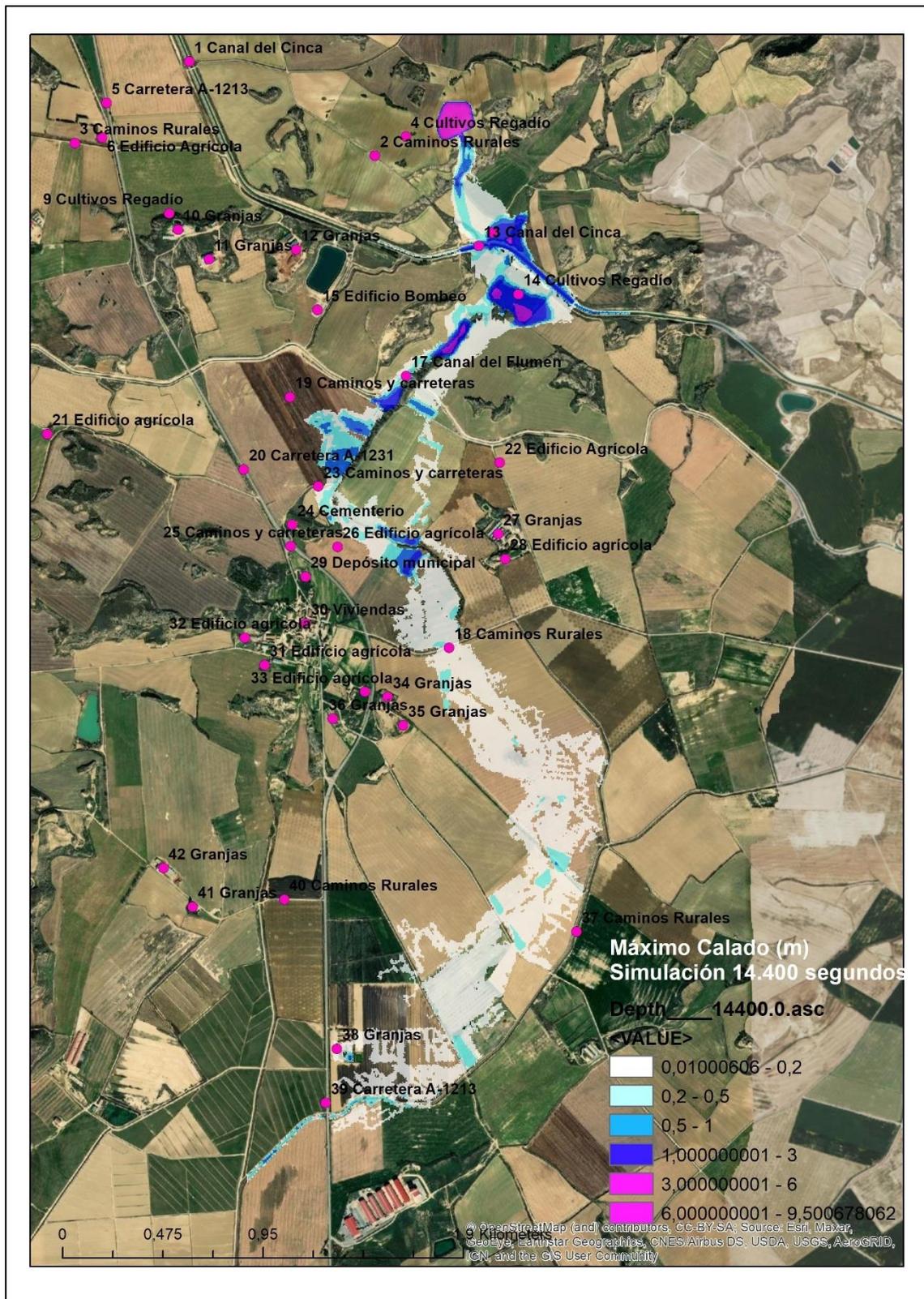


Ilustración 19: Máximos calados rotura Sur con ortofoto.

3.1.1.2. MÁXIMOS DE VELOCIDAD ROTURA SUR

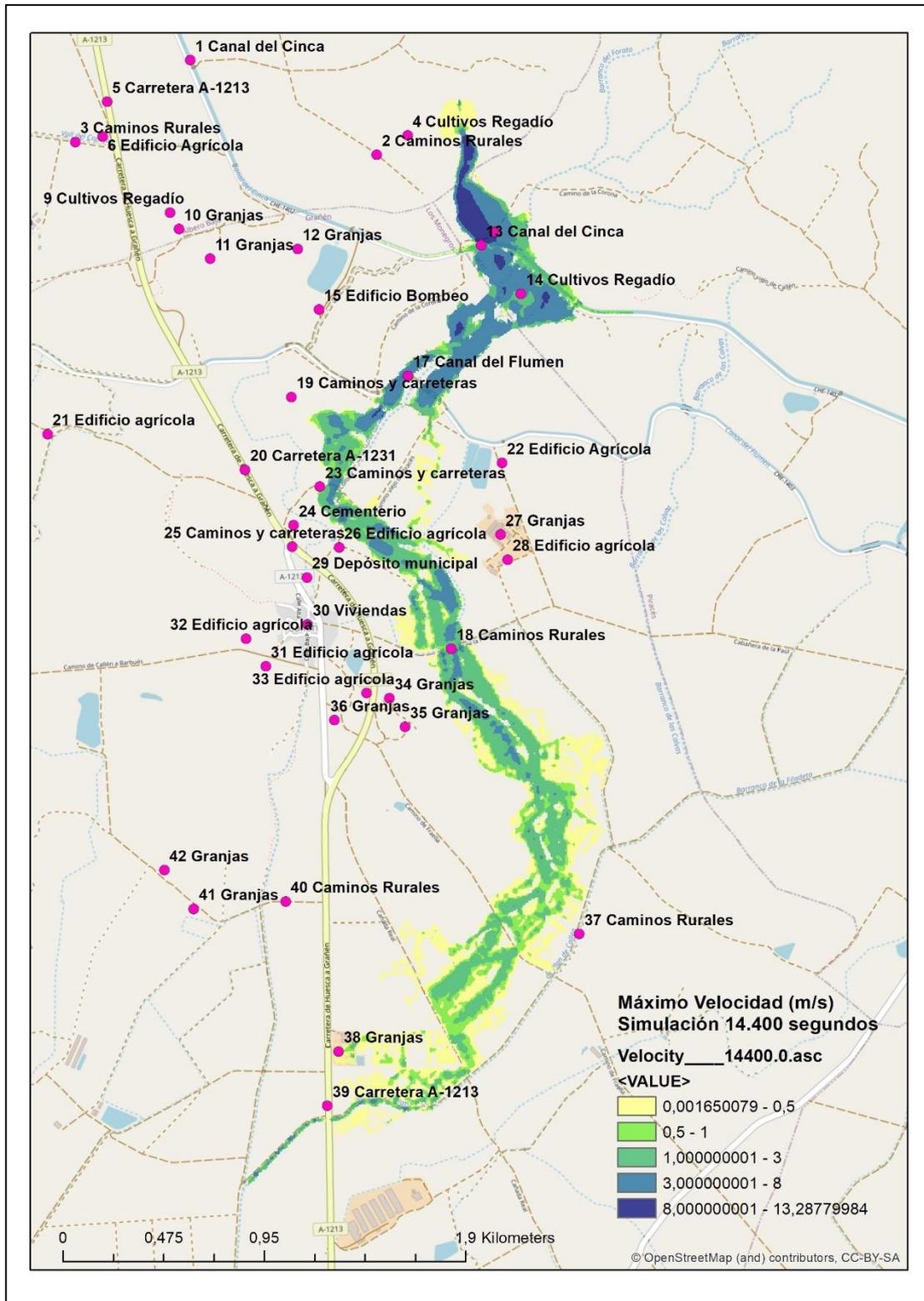


Ilustración 20: Máximos de velocidad rotura Sur.

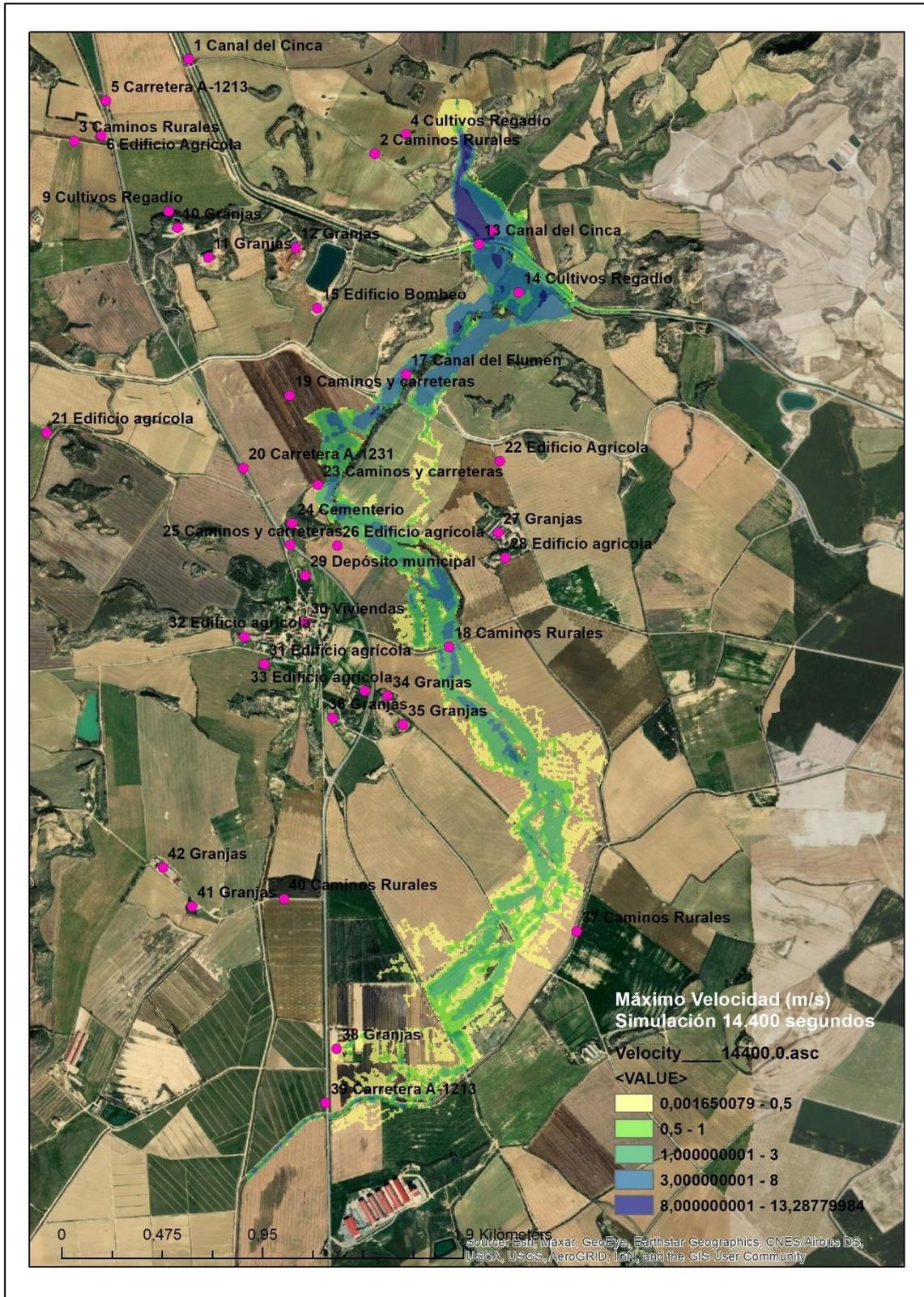


Ilustración 21: Máximos de velocidad rotura Sur con ortofoto.

3.1.1.3. MÁXIMO DAÑO GRAVE DR 9/2008 ROTURA SUR

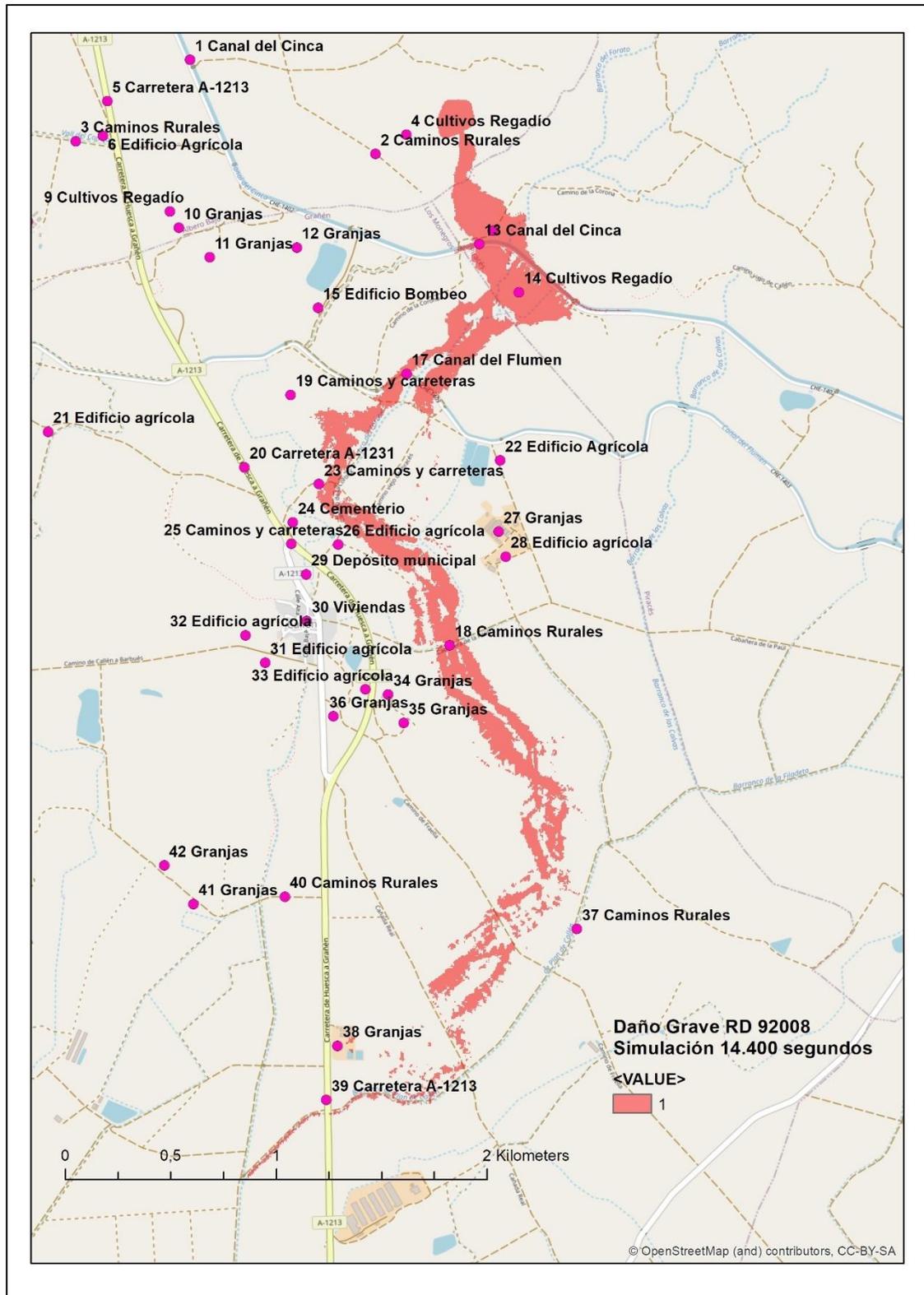


Ilustración 22: Mapa de riesgo grave rotura Sur.

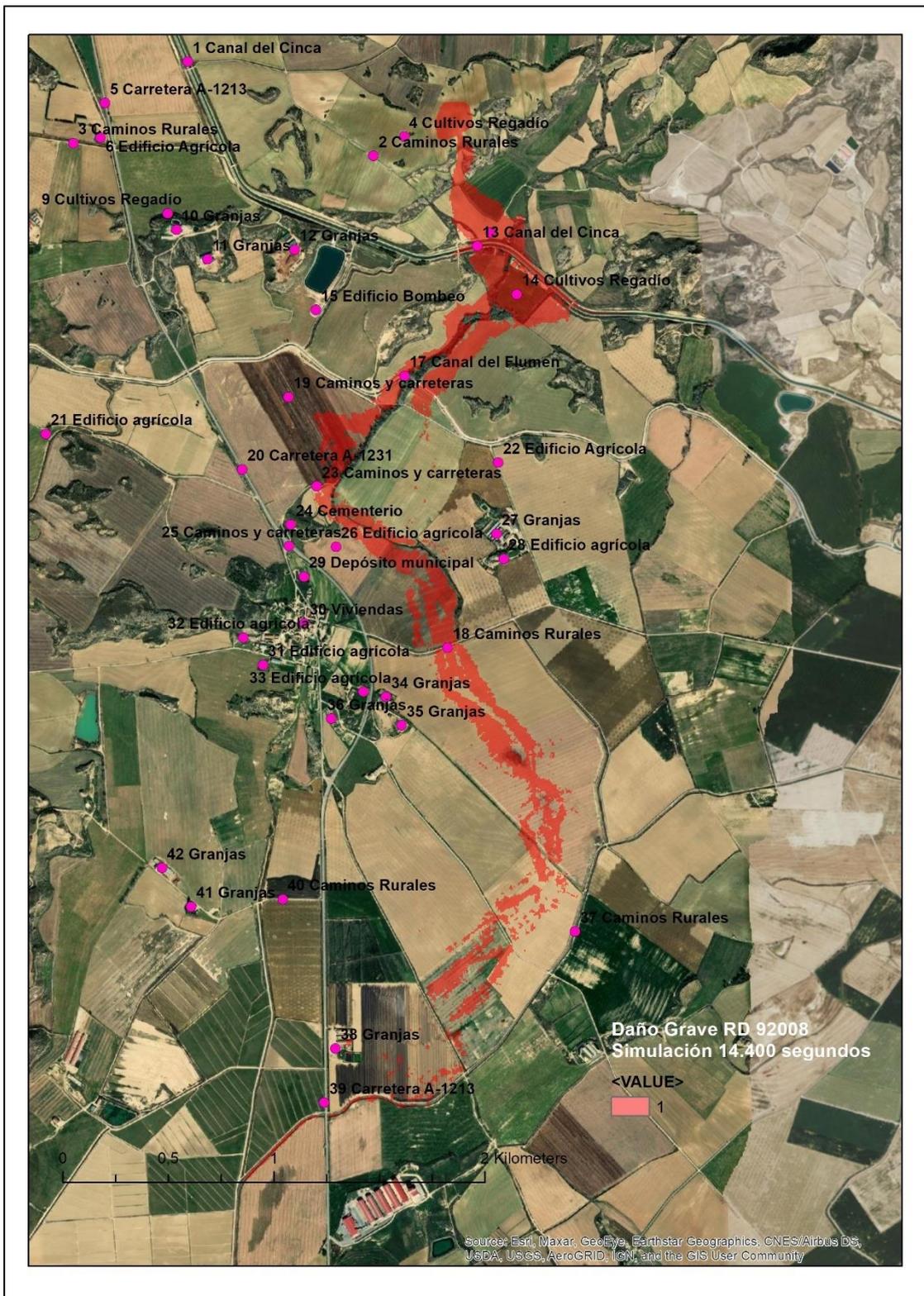


Ilustración 23: Mapa de riesgo grave rotura Sur con ortofoto.

### 3.1.2. MAPAS DE RESULTADOS ROTURA OESTE

#### 3.1.2.1. MÁXIMOS CALADO ROTURA OESTE

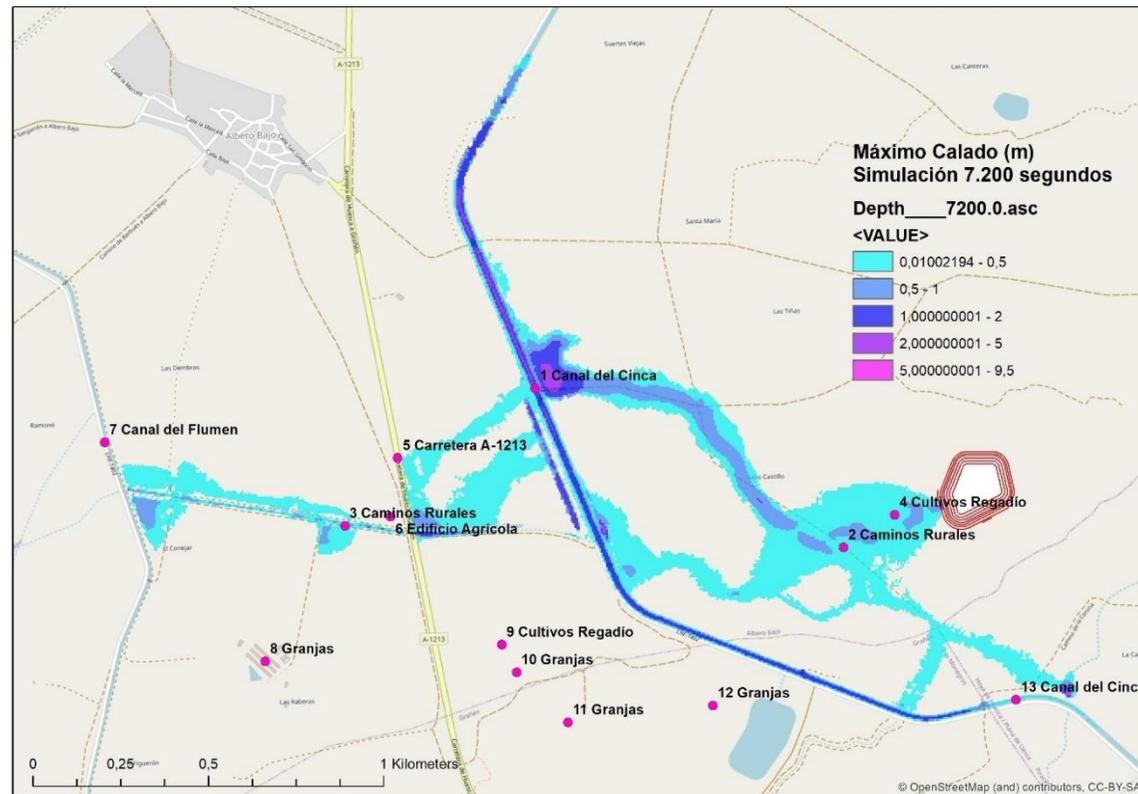


Ilustración 24: Máximos calados rotura Oeste.

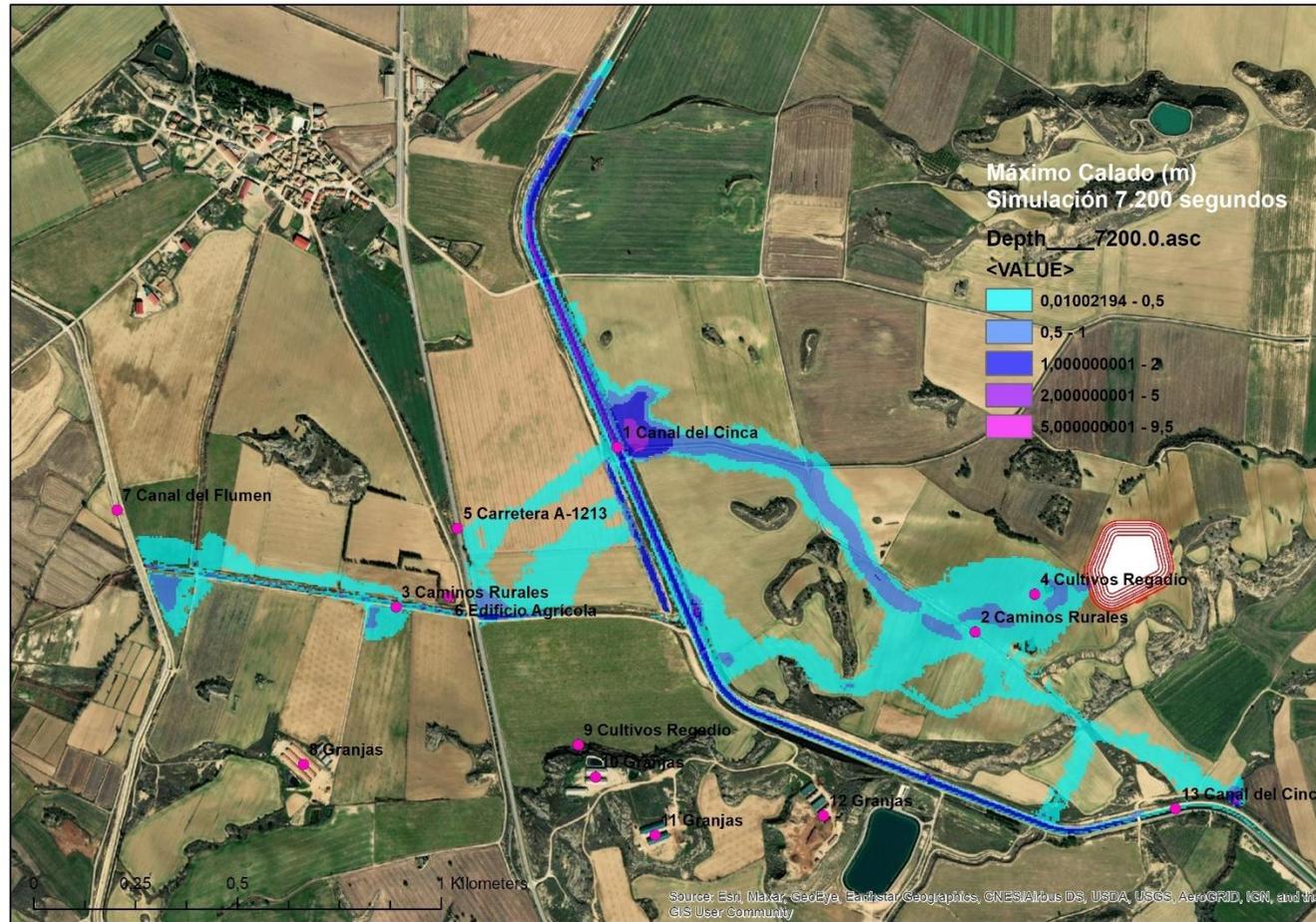


Ilustración 25: Máximos calados rotura Oeste con ortofoto.

3.1.2.2. MÁXIMOS DE VELOCIDAD ROTURA OESTE

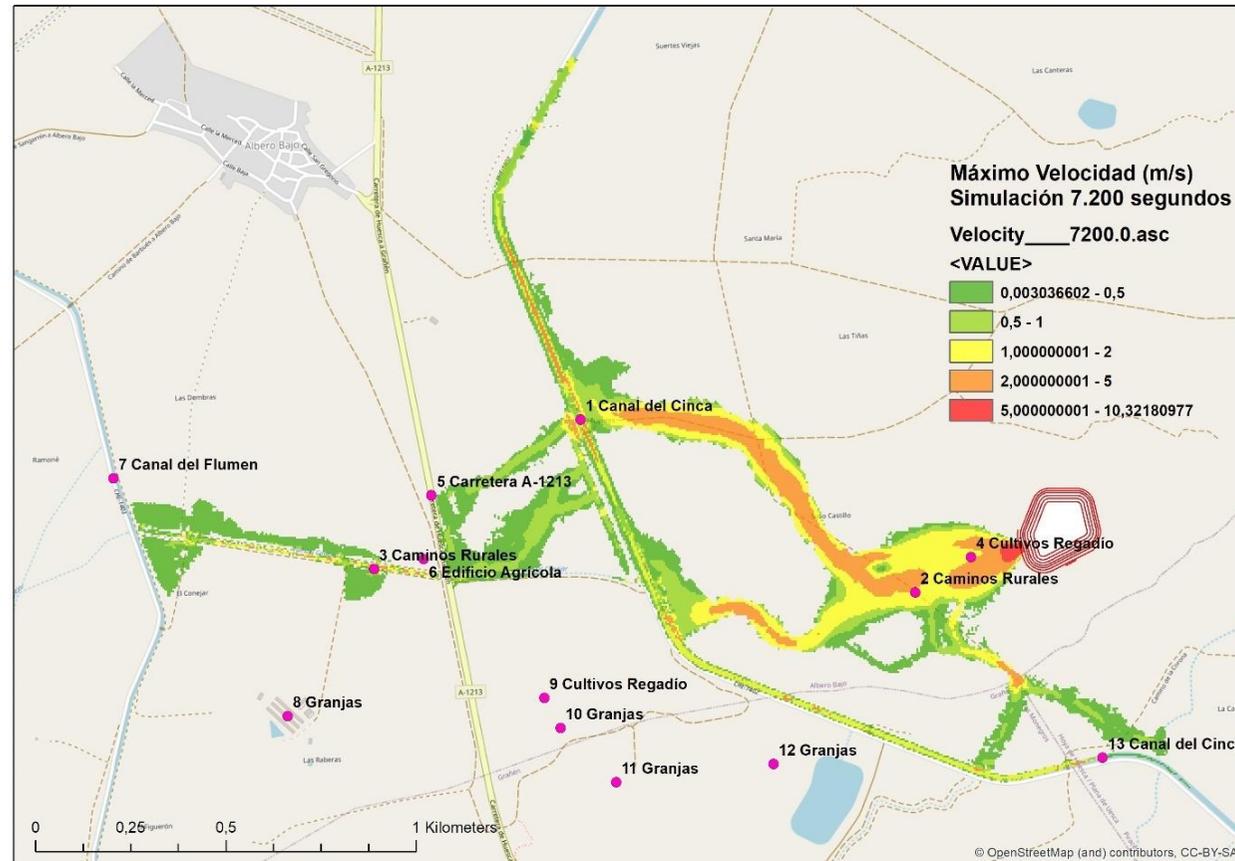


Ilustración 26: Máximos de velocidad rotura Oeste.



Ilustración 27: Máximos de velocidad rotura Oeste con ortofoto.

3.1.2.3. MÁXIMO DAÑO GRAVE RD 9/2008 ROTURA OESTE

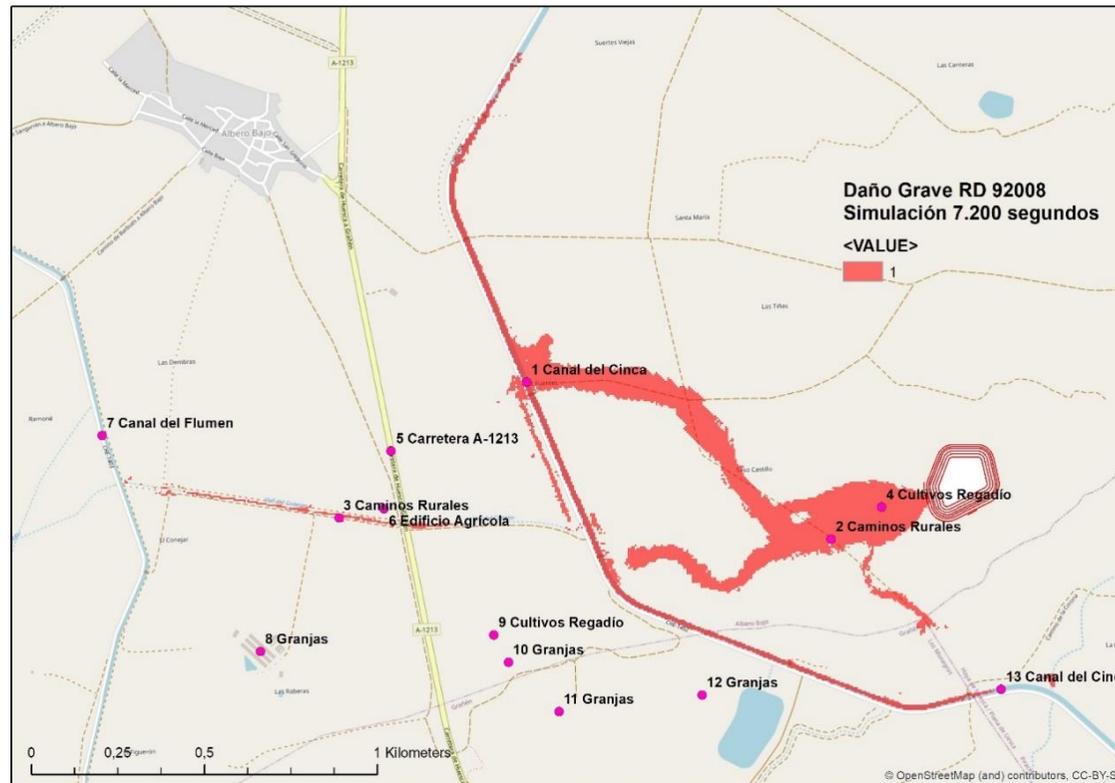


Ilustración 28: Máximo daño grave rotura Oeste.



Ilustración 29: Máximo daño grave rotura Oeste con ortofoto.

### 3.1.3. RELACIÓN DE AFECCIONES.

#### 3.1.3.1. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS AFECTADOS



Ilustración 30: Mapa afecciones rotura balsa ELEVADA ROTURA OESTE.

Los elementos afectados por la onda de rotura Oeste en la zona son:

- ELEMENTO 1 Canal del Cinca y vía de servicio de este
- ELEMENTO 2 Caminos Rurales
- ELEMENTO 3 Caminos Rurales
- ELEMENTO 4 Cultivos

Para los elementos lineales o de superficie, se toma un punto representativo.

Se ha adoptado como referencia representativa del área de cultivos un punto en la superficie de daño grave (ELEMENTO 4). Se tendrá en cuenta para la valoración de afecciones el área total de cultivos afectados.

Como representación de caminos rurales se ha tomado dos puntos de los caminos más importantes del área afectada.

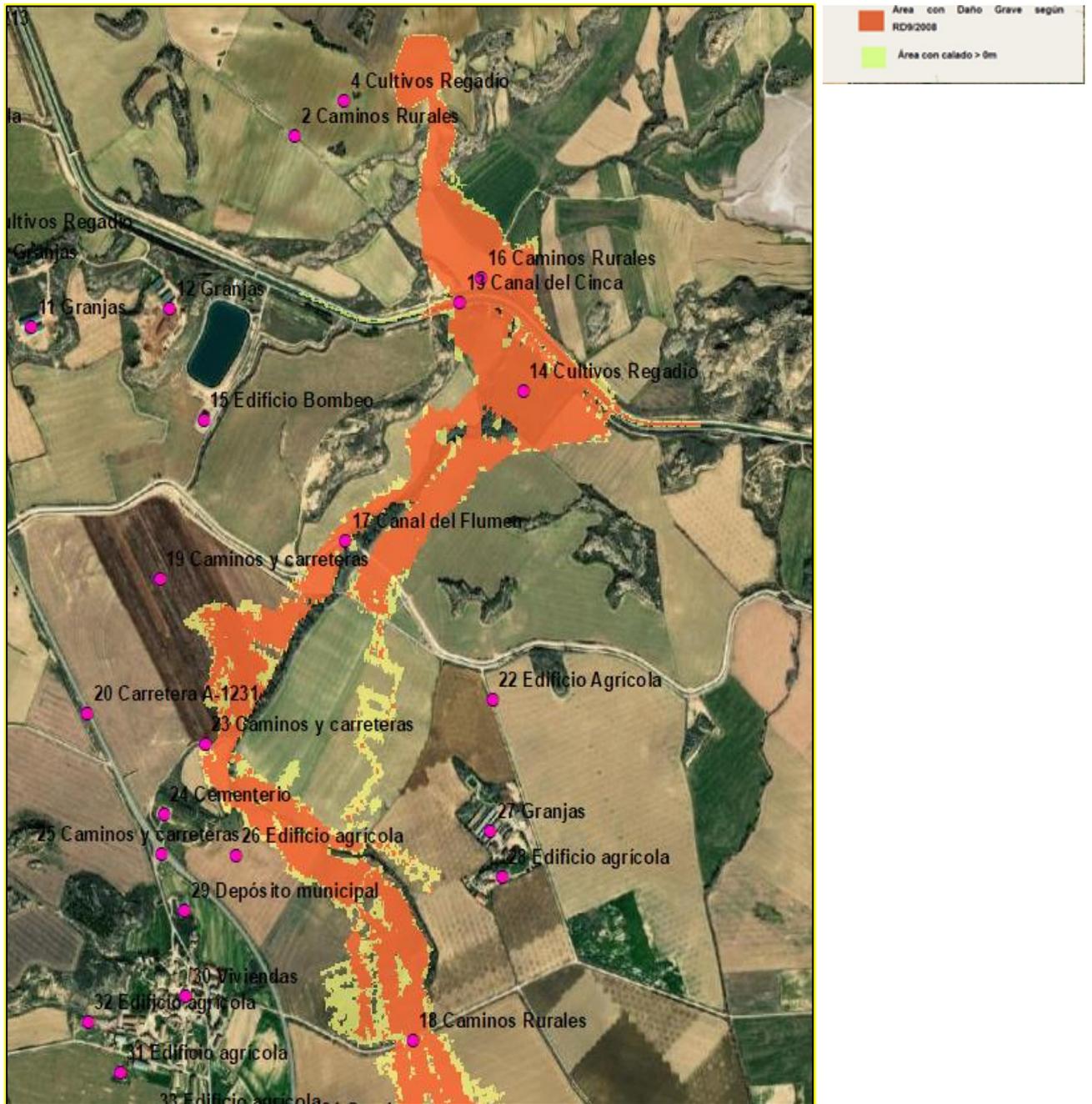


Ilustración 31: Mapa afecciones rotura balsa ELEVADA ROTURA SUR. Parte 1

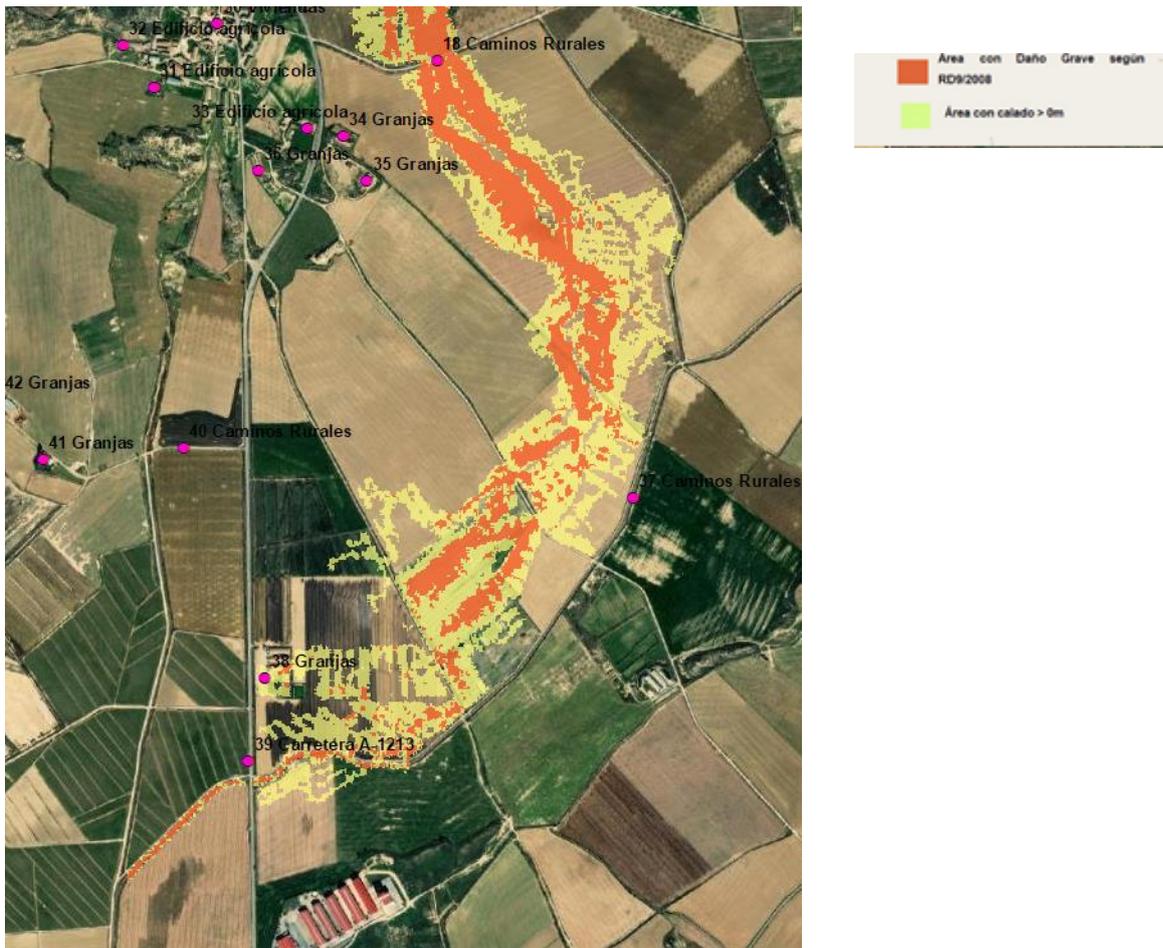


Ilustración 32: Mapa afecciones rotura balsa ELEVADA ROTURA SUR. Parte 2

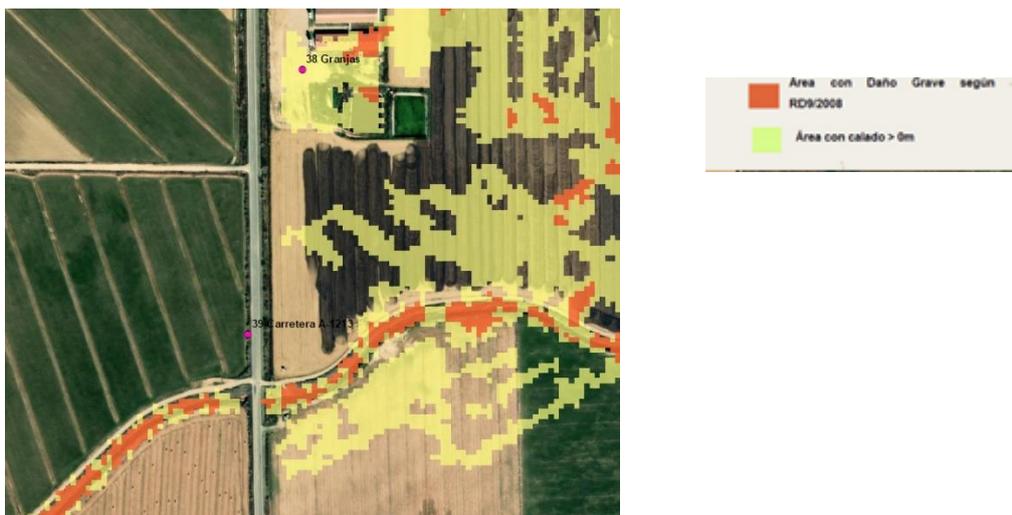


Ilustración 33: Ampliación detalle mapa afecciones en Carretera A1213

Los elementos afectados por la onda de rotura Sur en la zona son:

- ELEMENTO 13 Canal del Cinca y vía de servicio de este
- ELEMENTO 14 Cultivos de regadío
- ELEMENTO 16 Caminos rurales (camino de La Corona)
- ELEMENTO 17 Canal del Flumen
- ELEMENTO 18 Caminos rurales
- ELEMENTO 38 Granja (granja Los Morteros)

Para los elementos lineales o de superficie, se toma un punto representativo.

Se ha adoptado como referencia representativa del área de cultivos un punto en la superficie de daño grave (ELEMENTO 14). Se tendrá en cuenta para la valoración de afecciones el área total de cultivos afectados.

Como representación de caminos rurales se ha tomado dos puntos de los caminos más importantes del área afectada.

La carretera A-1213 en el punto ELEMENTO 39 no se ve afectada por la “mancha de calado >0”.

### 3.1.3.2. Tabla afecciones

N.º	Descripción	Dist (km)	T LLEGADA onda (s)	T LLEGADA MAX CALADO(s)	MAX CALADO (m)	T LLEGADA MAX VEL(s)	MAX VEL (m/s)	T LLEGADA MAX Q esp(s)	MAX Q esp (m2/s)	Tipo Afección	Daños
<b>OESTE</b>											
1	Canal Cinca	1,228	1.080	1.800	<b>2,13</b>	1.260	<b>1,12</b>	1.260	<b>1,99</b>	Material/Servicios	Daño Moderado. El servicio de regadío no queda afectado gravemente
2	Caminos rurales	0,324	360	1.980	<b>0,18</b>	1080	<b>1,74</b>	1080	<b>0,37</b>	Material/Servicios	Daño Moderado
3	Caminos rurales	1,599	2.880	3.240	<b>0,03</b>	3.240	<b>0,98</b>	3.240	<b>0,03</b>	Material/Servicios	Daño Moderado
4	Cultivos regadío	2,253	360	900	<b>0,24</b>	900	<b>1,7</b>	900	<b>0,36</b>	Material	Daño Moderado. <1.000 ha de regadío
<b>SUR</b>											
13	Canal Cinca	0,54	240	840	<b>2,07</b>	840	<b>2,07</b>	840	<b>14,06</b>	Material/Servicios	Daño Moderado. El servicio de regadío no queda afectado gravemente
14	Cultivos regadío	0,811	660	1.320	<b>2,32</b>	720	<b>2,19</b>	900	<b>1,01</b>	Material	Daño Moderado. <1.000 ha de regadío
16	Caminos rurales	0,493	240	600	<b>0,43</b>	780	<b>12,84</b>	600	<b>5,72</b>	Material/Servicios	Daño Moderado
17	Canal del Flumen	1,182	1.500	1.860	<b>0,22</b>	1.740	<b>7,25</b>	1.800	<b>2,73</b>	Material/Servicios	Daño Moderado. El servicio de regadío no queda afectado gravemente
18	Caminos rurales	2,453	3.660	4.020	<b>0,049</b>	3.960	<b>2,99</b>	4.020	<b>0,22</b>	Material/Servicios	Daño Moderado
38	Granja Los Morteros	4,406	11.800	14.400	<b>0,13</b>	12.120	<b>0,37</b>	12.240	<b>0,02</b>	Material	Daño Moderado. <10 instalaciones

Tabla 5: Tabla de afecciones.

### 3.1.4. HIDROGRAMAS ROTURA BALSA

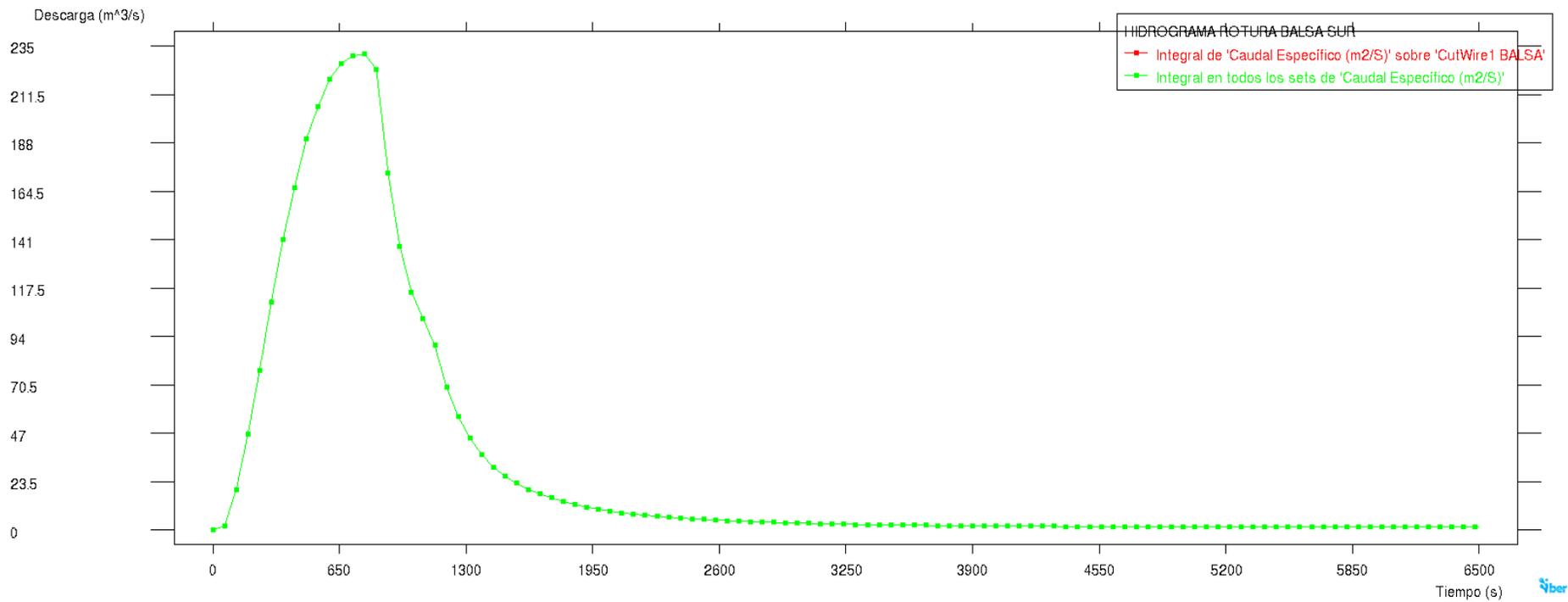


Ilustración 34: Hidrograma rotura balsa OESTE

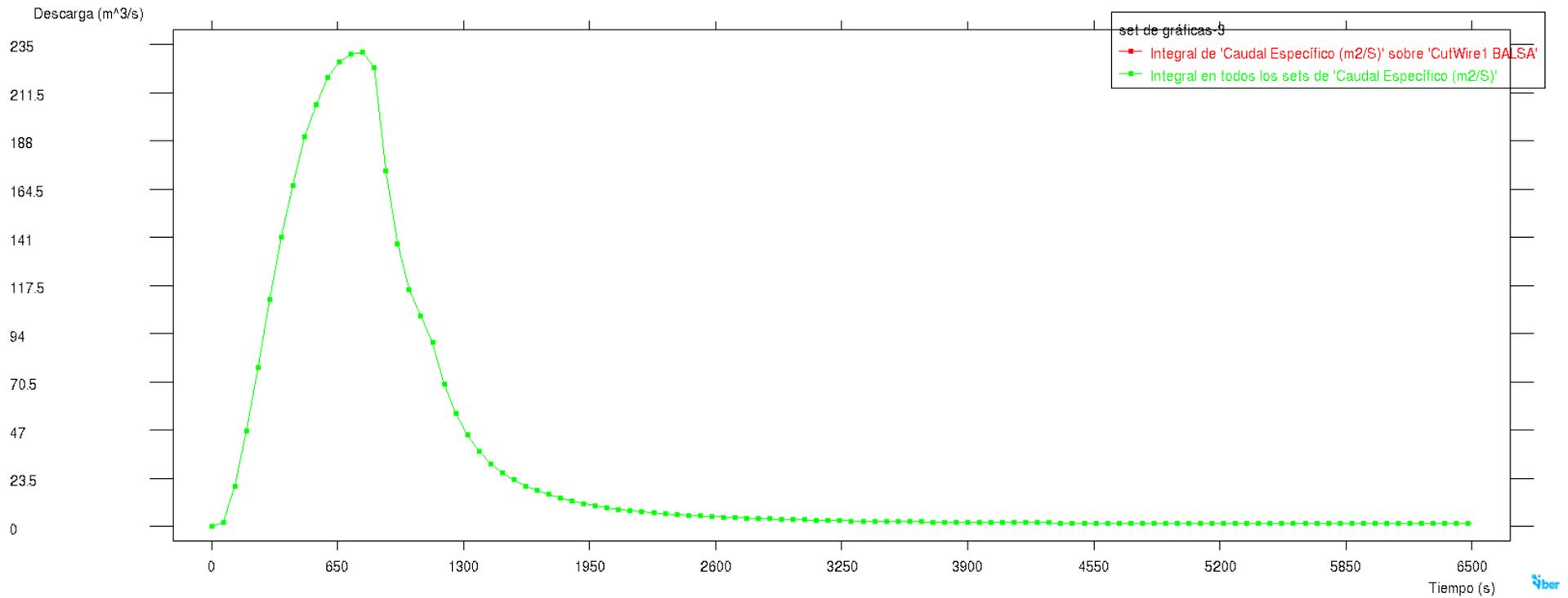


Ilustración 35: Hidrograma rotura balsa SUR

### 3.1.5. CURVAS DE EVOLUCIÓN EN AFECCIONES ROTURA SUR

#### 3.1.5.1. ELEMENTO 13: CANAL DEL CINCA ROTURA SUR

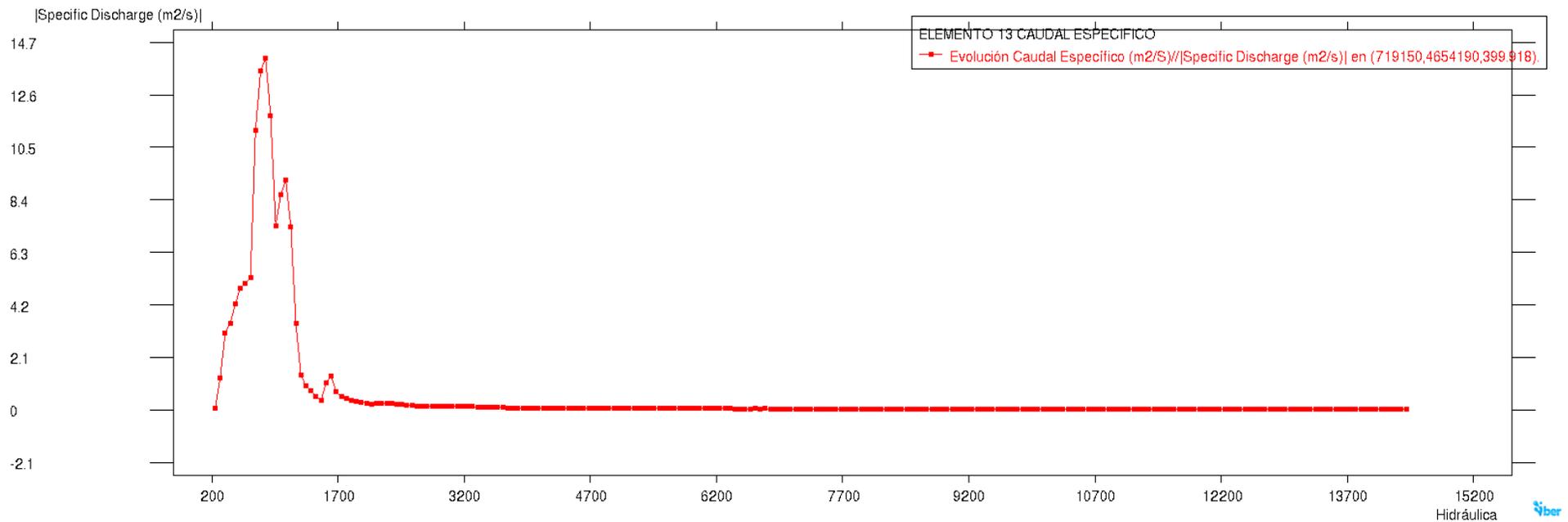


Ilustración 36: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 13, CANAL CINCA ROTURA SUR.

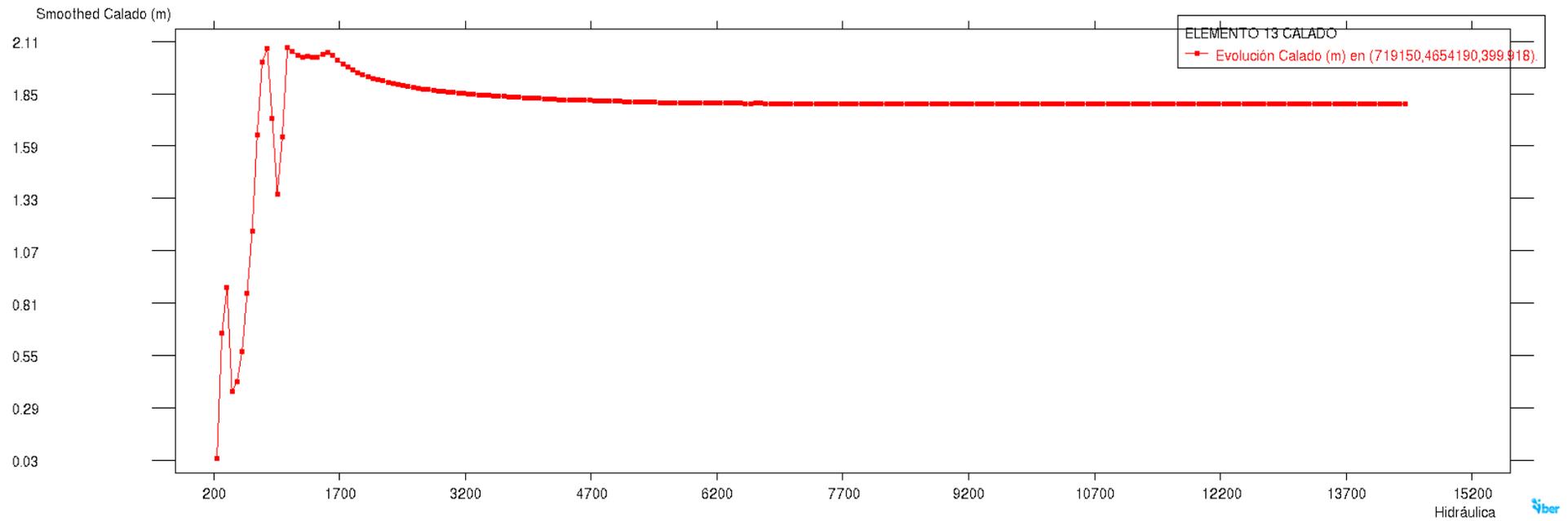


Ilustración 37: Evolución CALADO en ELEMENTO 13, CANAL CINCA ROTURA SUR.

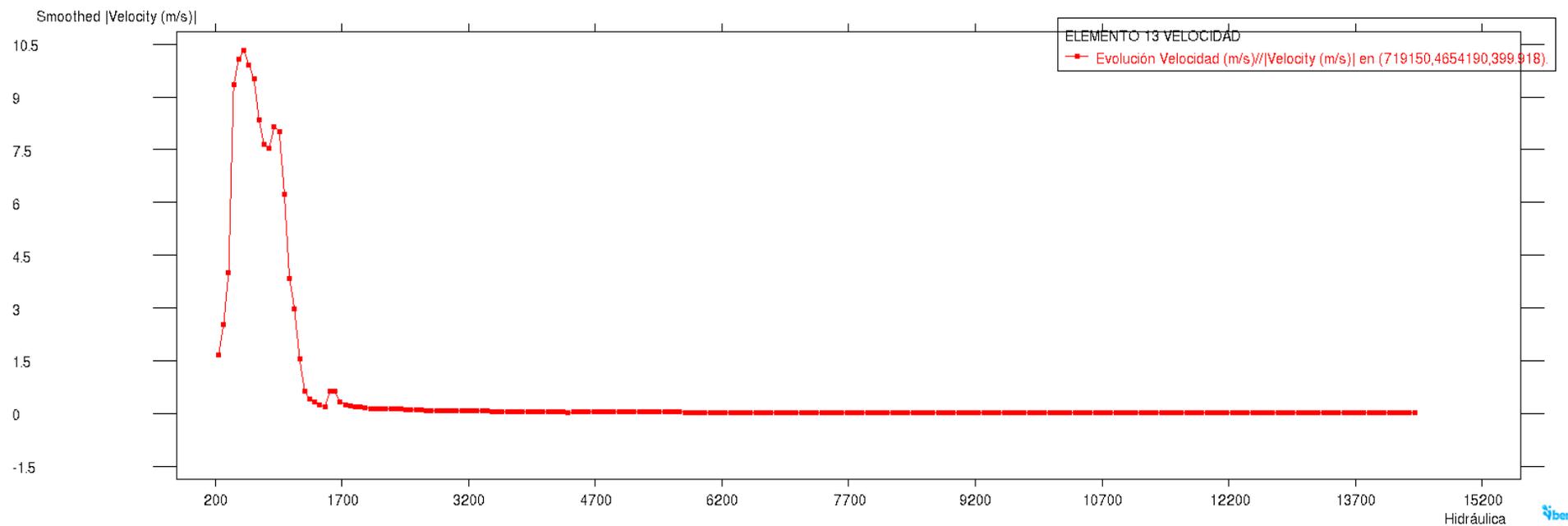


Ilustración 38: Evolución VELOCIDAD en ELEMENTO 13, CANAL CINCA ROTURA SUR.

3.1.5.2. ELEMENTO 14 CULTIVOS REGADÍO

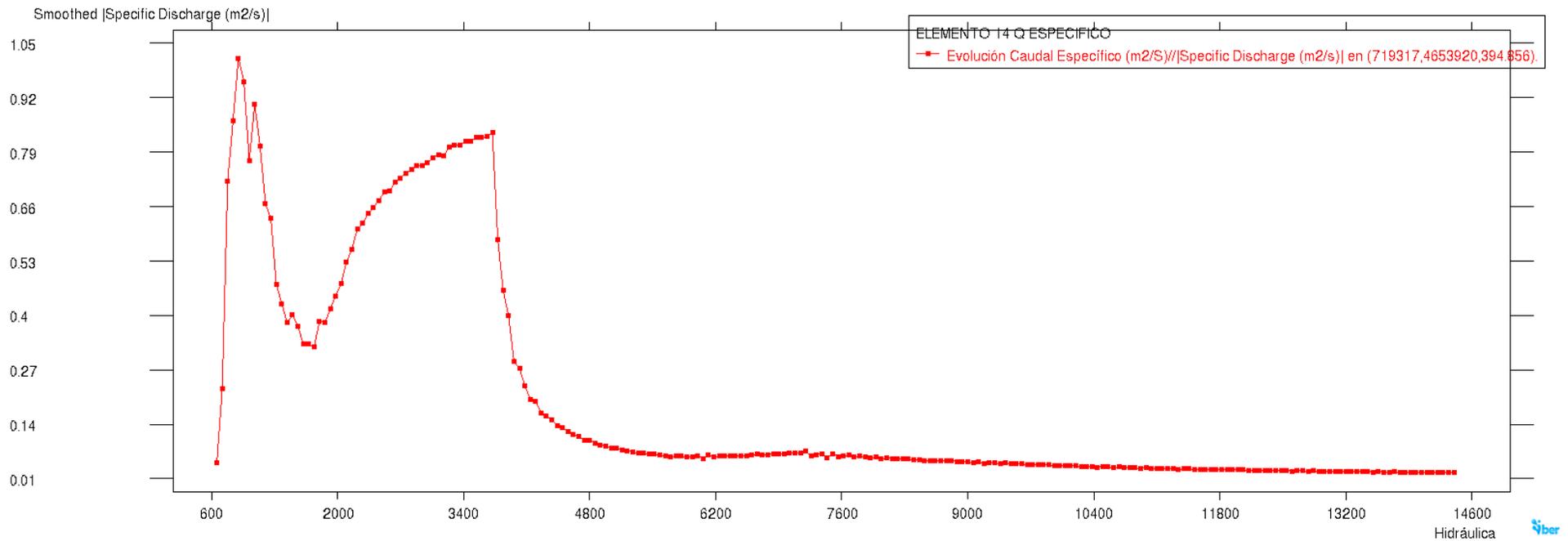


Ilustración 39: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 14, CULTIVOS REGADÍO

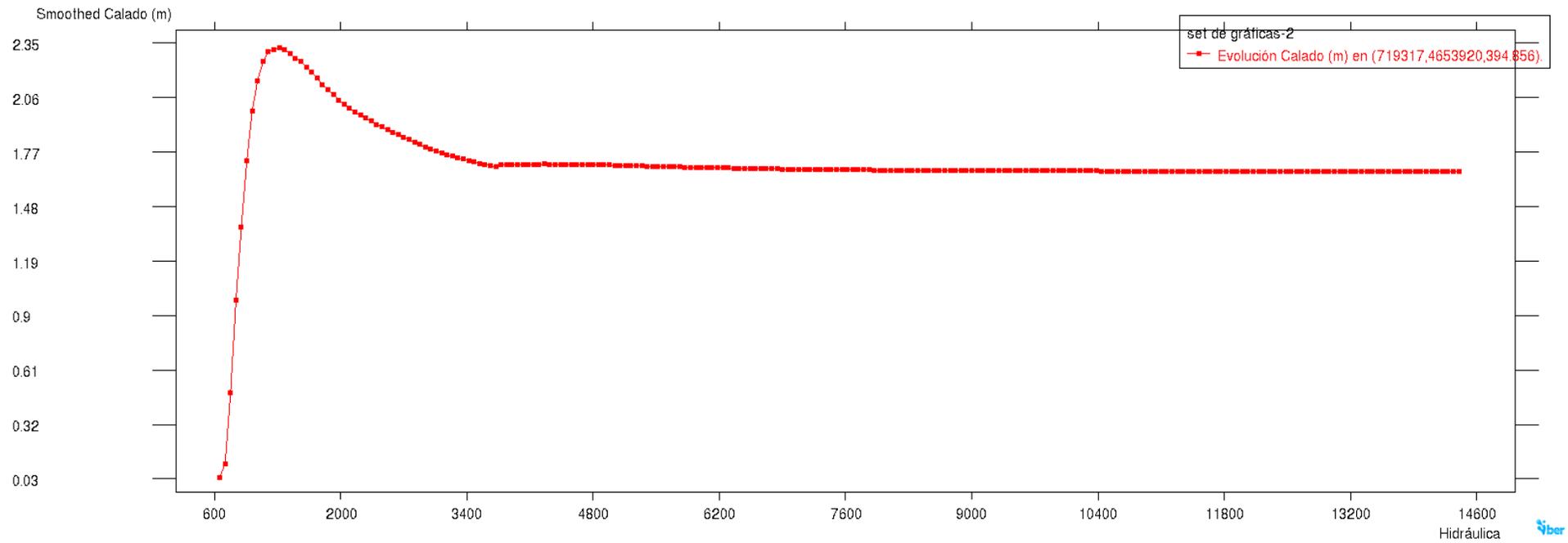


Ilustración 40: Evolución CALADO en ELEMENTO 14, CULTIVOS REGADÍO

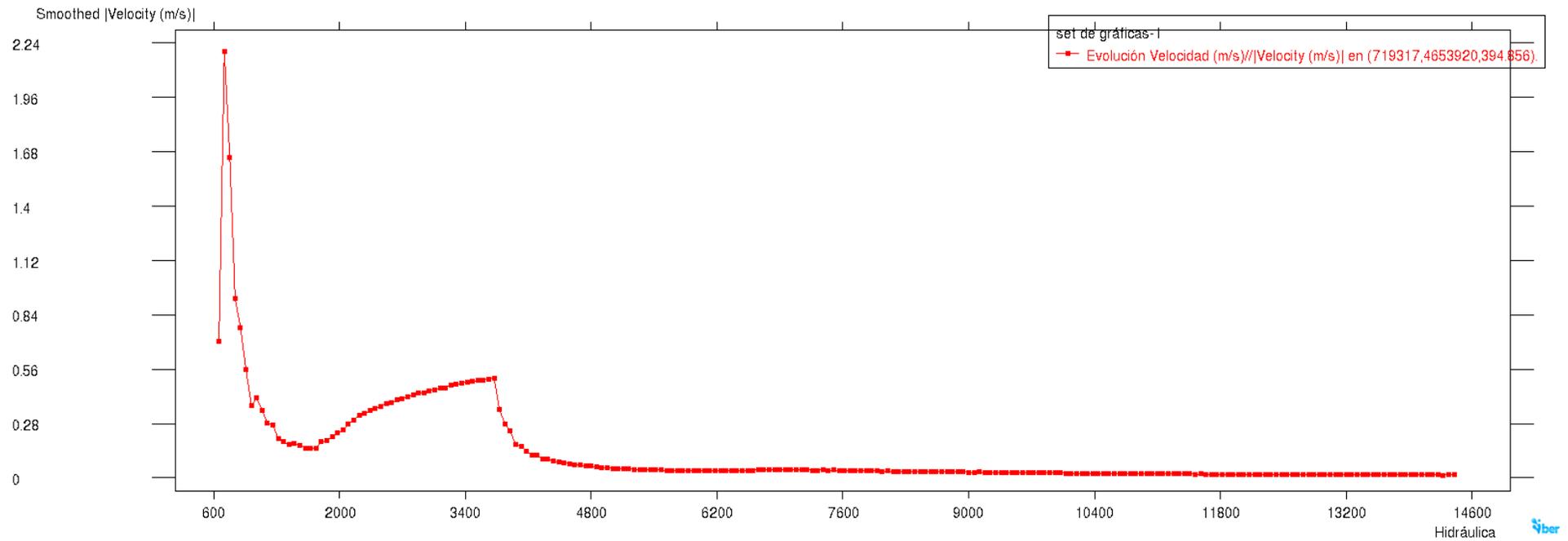


Ilustración 41: Evolución VELOCIDAD en ELEMENTO 14, CULTIVOS REGADÍO

3.1.5.3. ELEMENTO 16 CAMINO RURAL (Camino de La Corona)

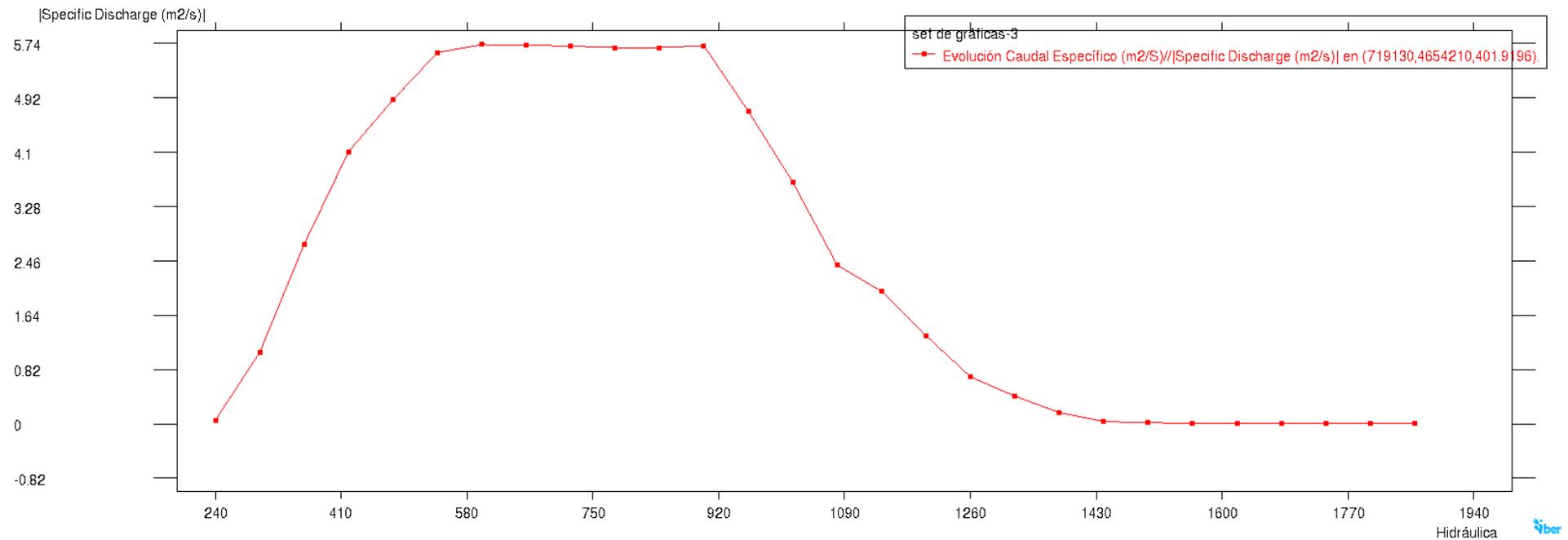


Ilustración 42: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 16, CAMINO RURAL

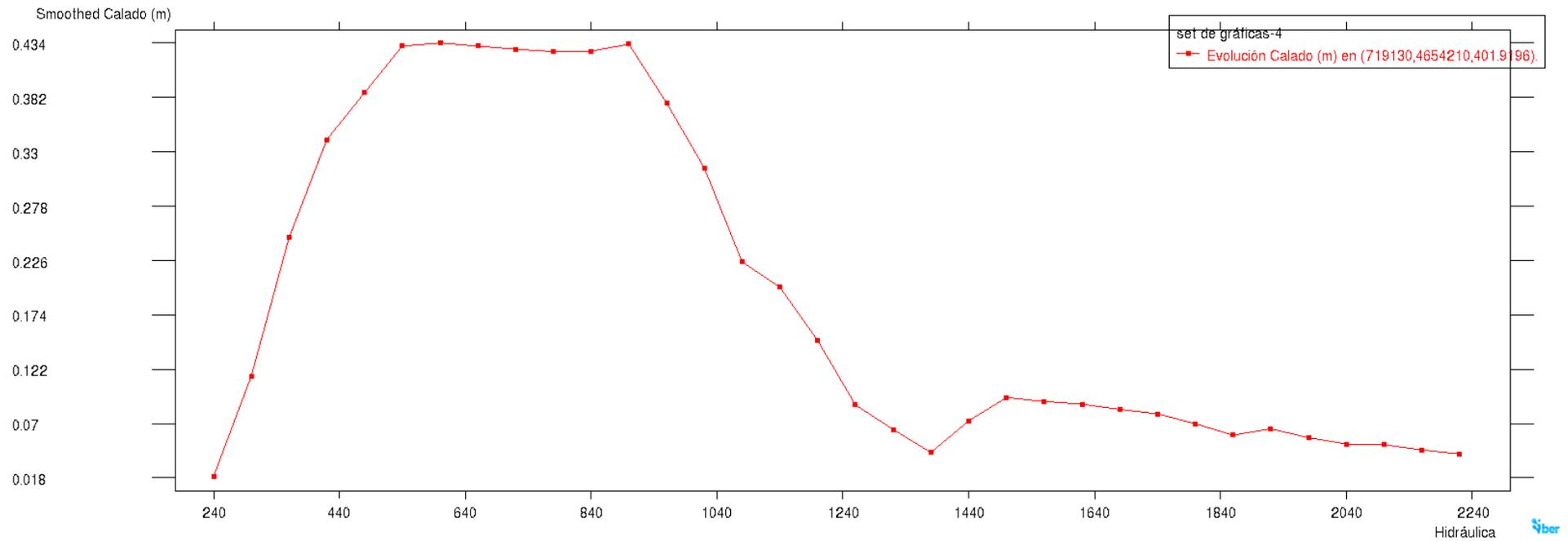


Ilustración 43: Evolución CALADO en ELEMENTO 16, CAMINO RURAL

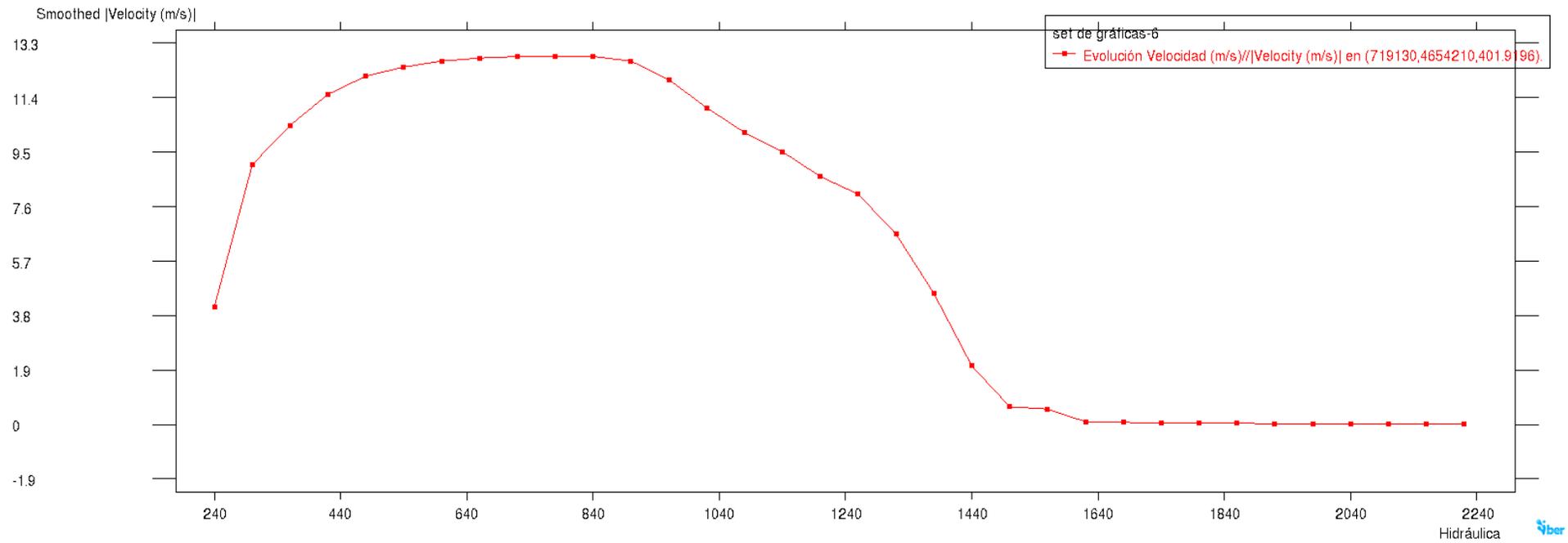


Ilustración 44: Evolución VELOCIDAD en ELEMENTO 16, CAMINO RURAL

3.1.5.4. ELEMENTO 17 CANAL DEL FLUMEN

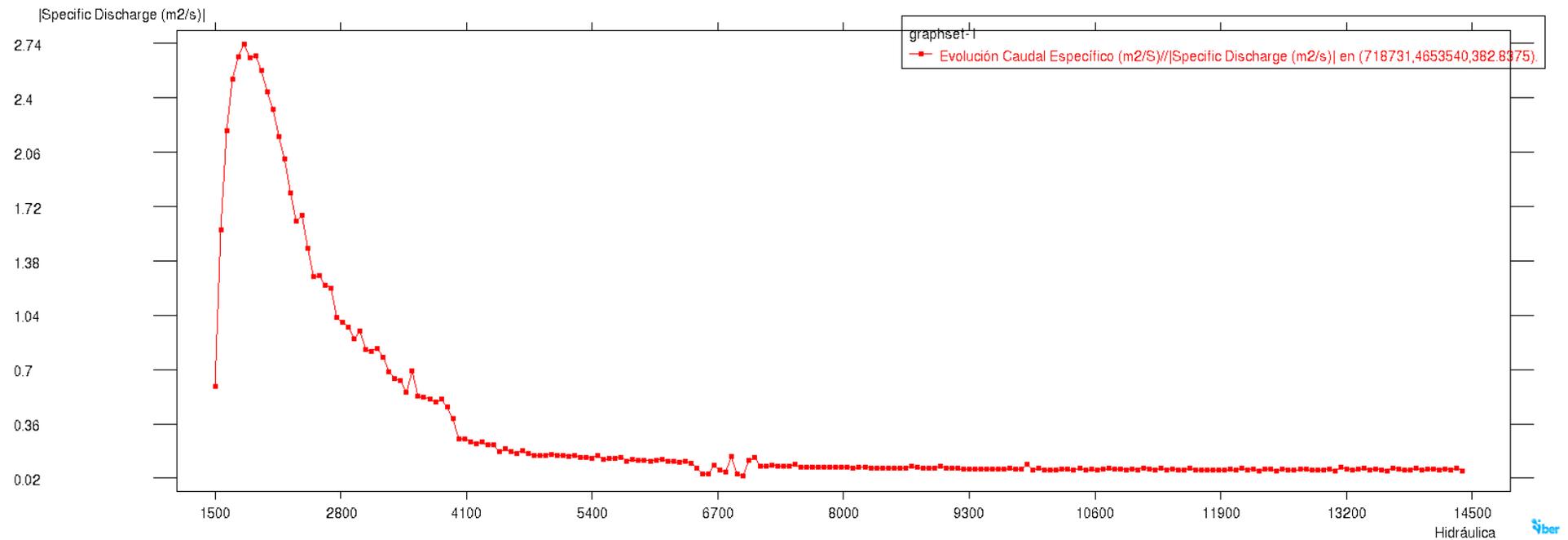


Ilustración 45: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 17, CANAL DEL FLUMEN

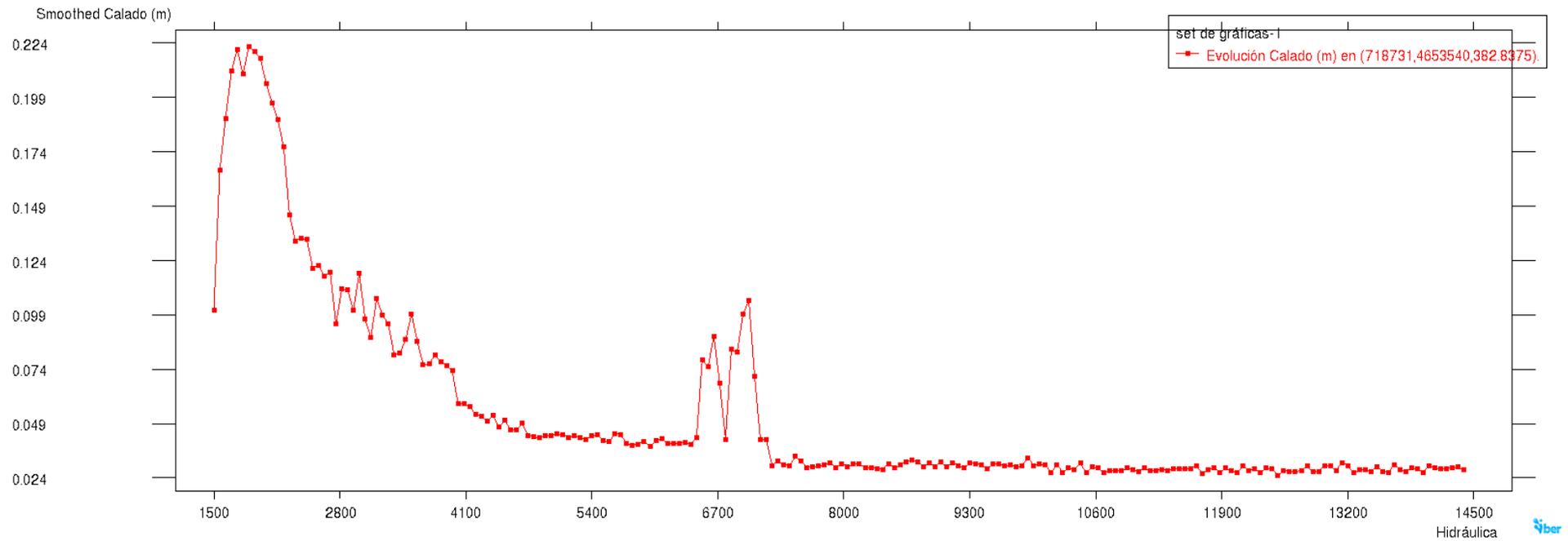


Ilustración 46: Evolución CALADO en ELEMENTO 17, CANAL DEL FLUMEN

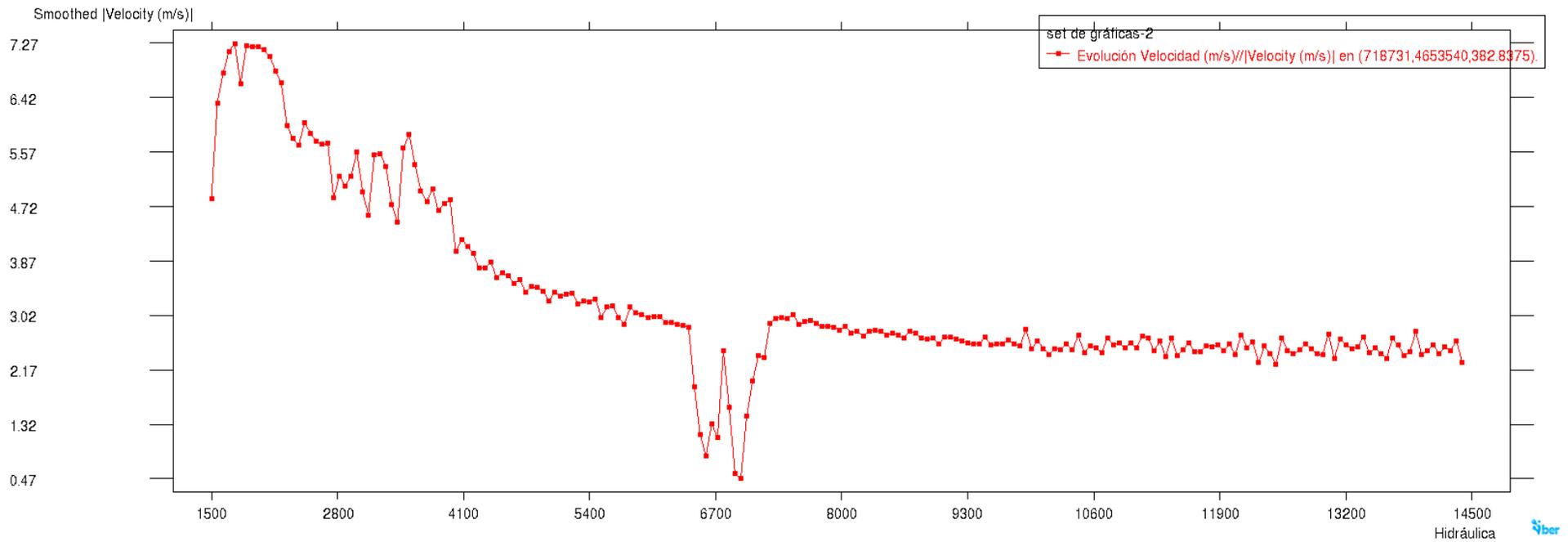


Ilustración 47: Evolución VELOCIDAD en ELEMENTO 17, CANAL DEL FLUMEN

3.1.5.5. ELEMENTO 18 CAMINO RURAL

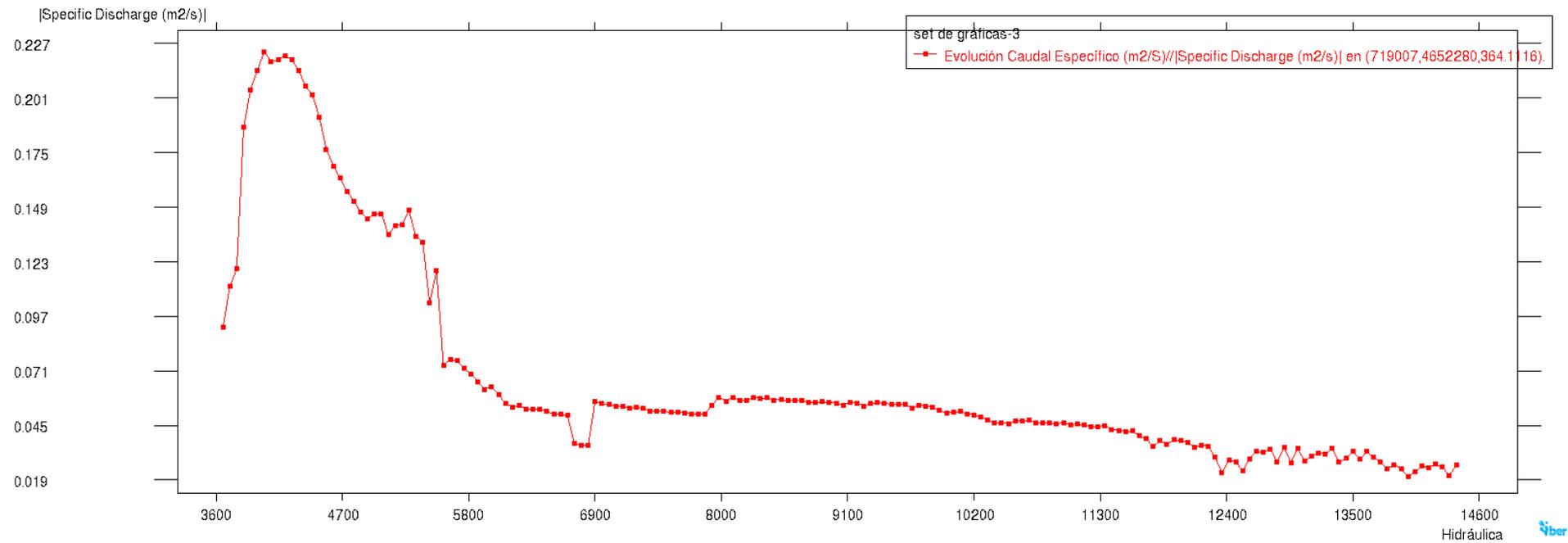


Ilustración 48: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 18, CAMINO RURAL

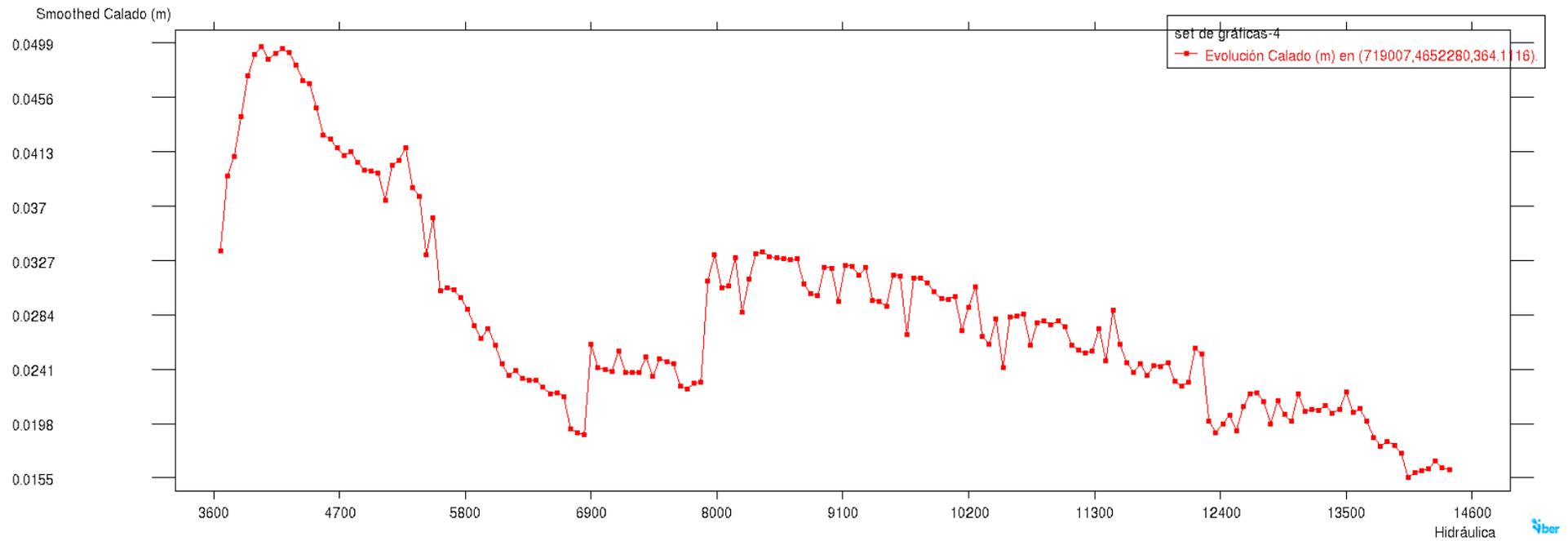


Ilustración 49: Evolución CALADO en ELEMENTO 18, CAMINO RURAL

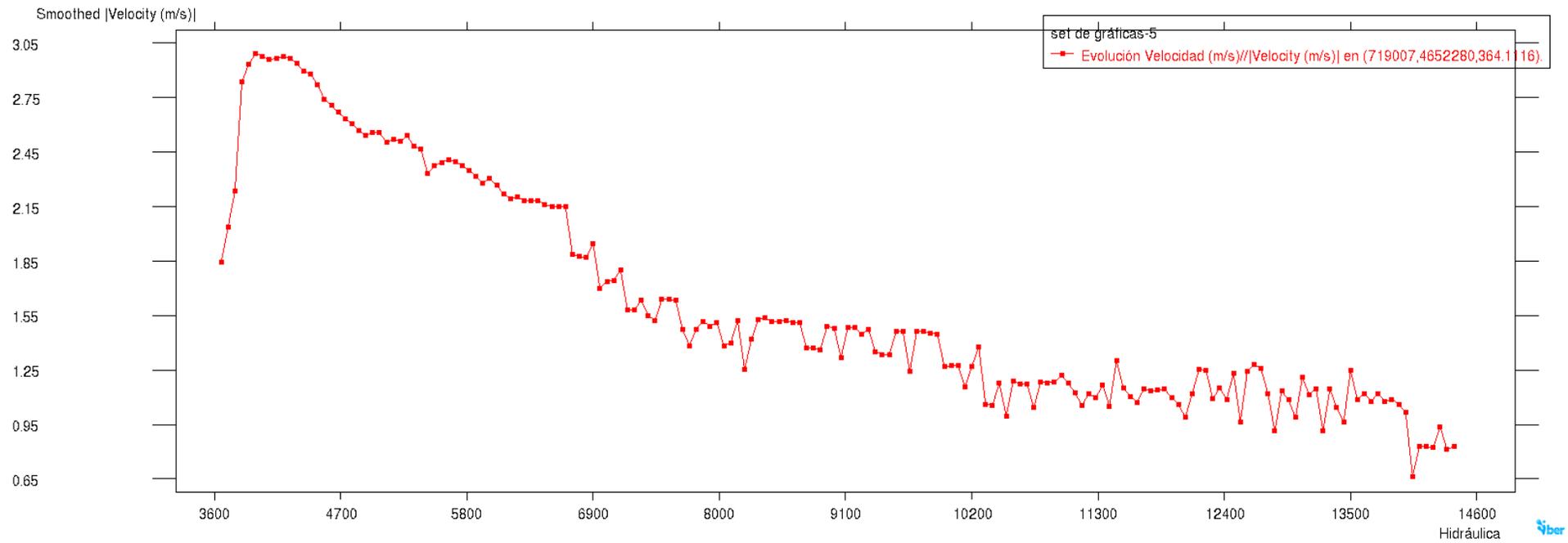


Ilustración 50: Evolución VELOCIDAD en ELEMENTO 18, CAMINO RURAL

3.1.5.6. ELEMENTO 38 GRANJA LOS MORTEROS

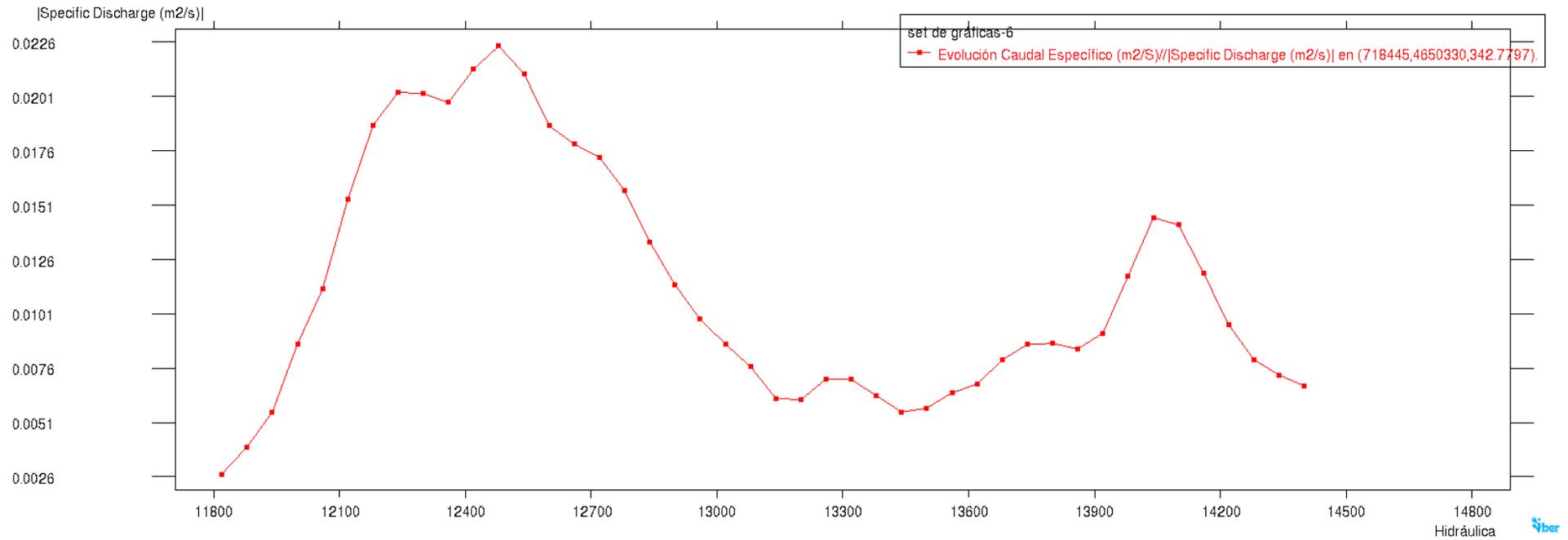


Ilustración 51: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 38, GRANJA LOS MORTEROS

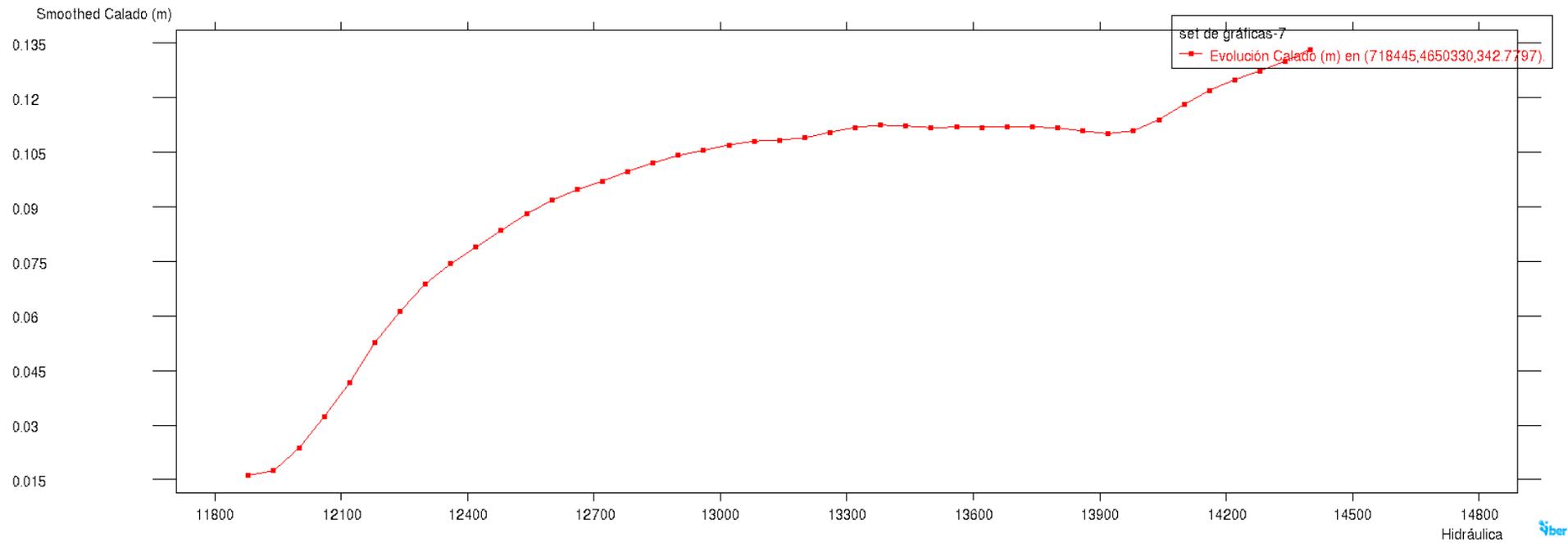


Ilustración 52: Evolución CALADO en ELEMENTO 18, GRANJA LOS MORTEROS

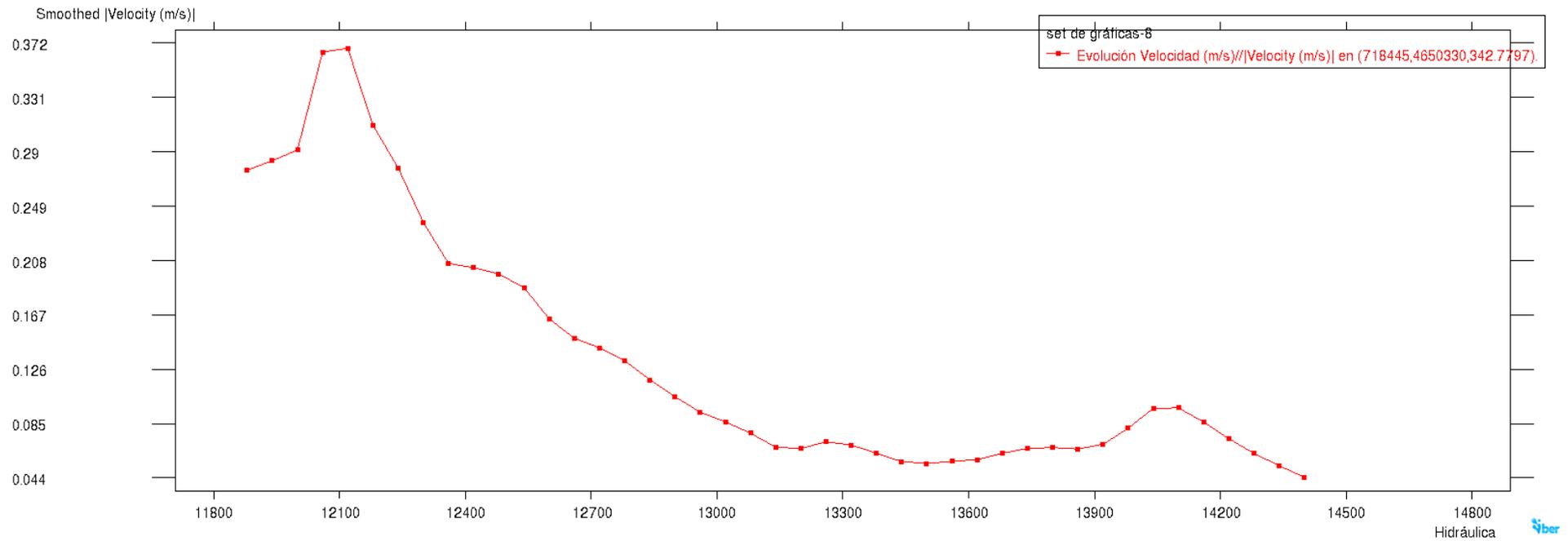


Ilustración 53: Evolución VELOCIDAD en ELEMENTO 18, GRANJA LOS MORTEROS

### 3.1.6. CURVAS DE EVOLUCIÓN EN AFECCIONES ROTURA OESTE

#### 3.1.6.1. ELEMENTO 1: CANAL DEL CINCA ROTURA OESTE.

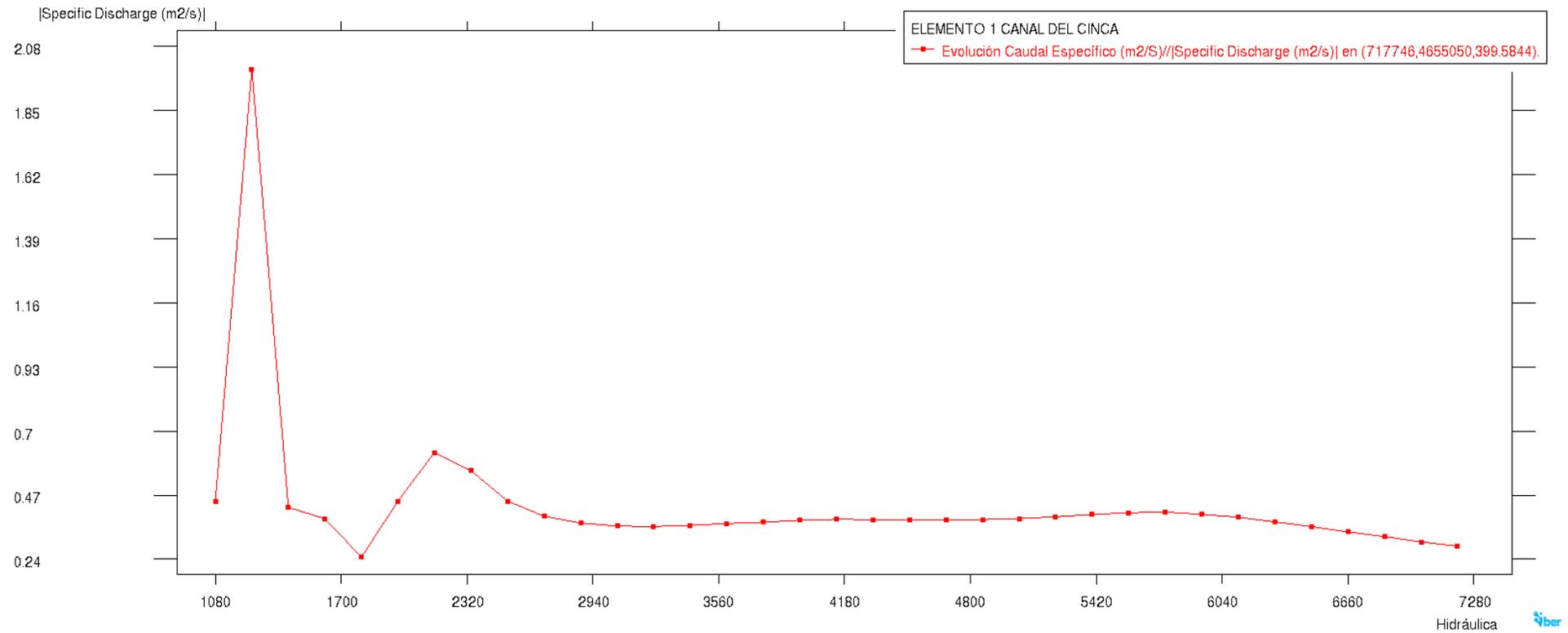


Ilustración 54: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 1 Canal del Cinca.

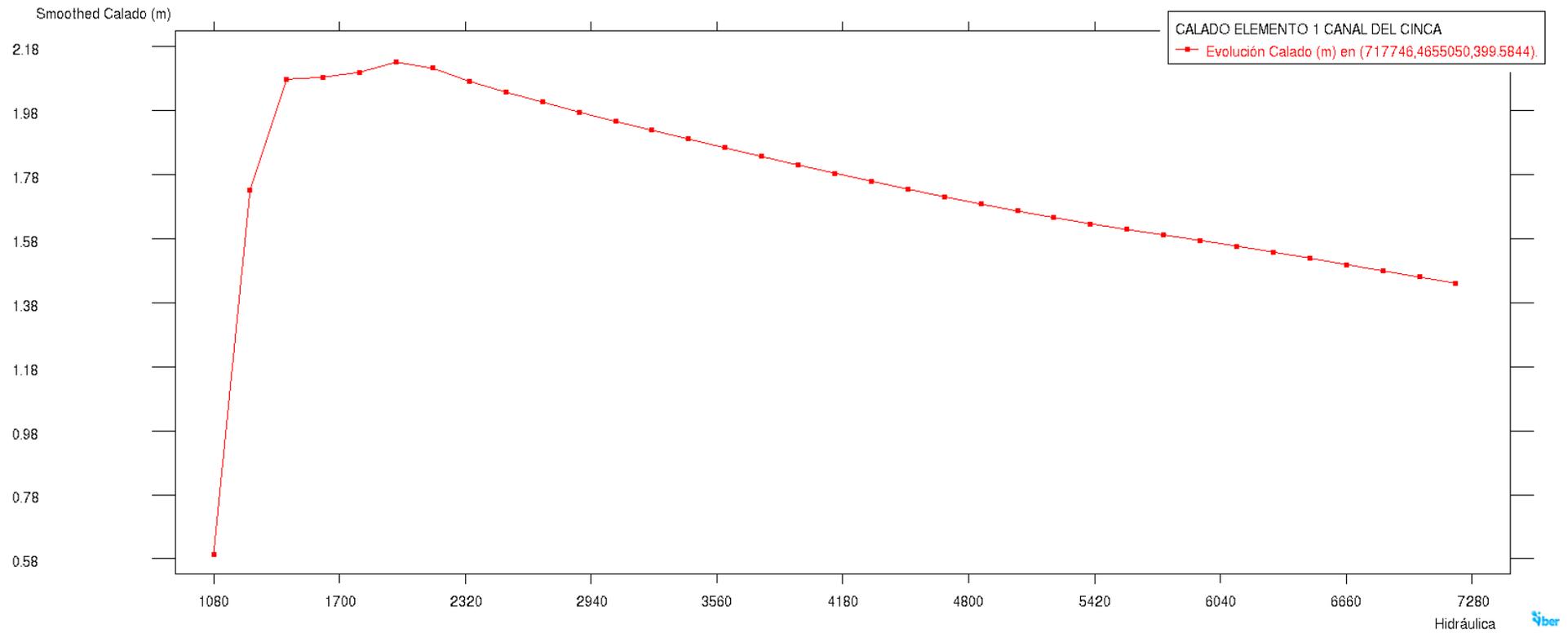


Ilustración 55: Evolución CALADO (m.) en ELEMENTO 1, Canal del Cinca.

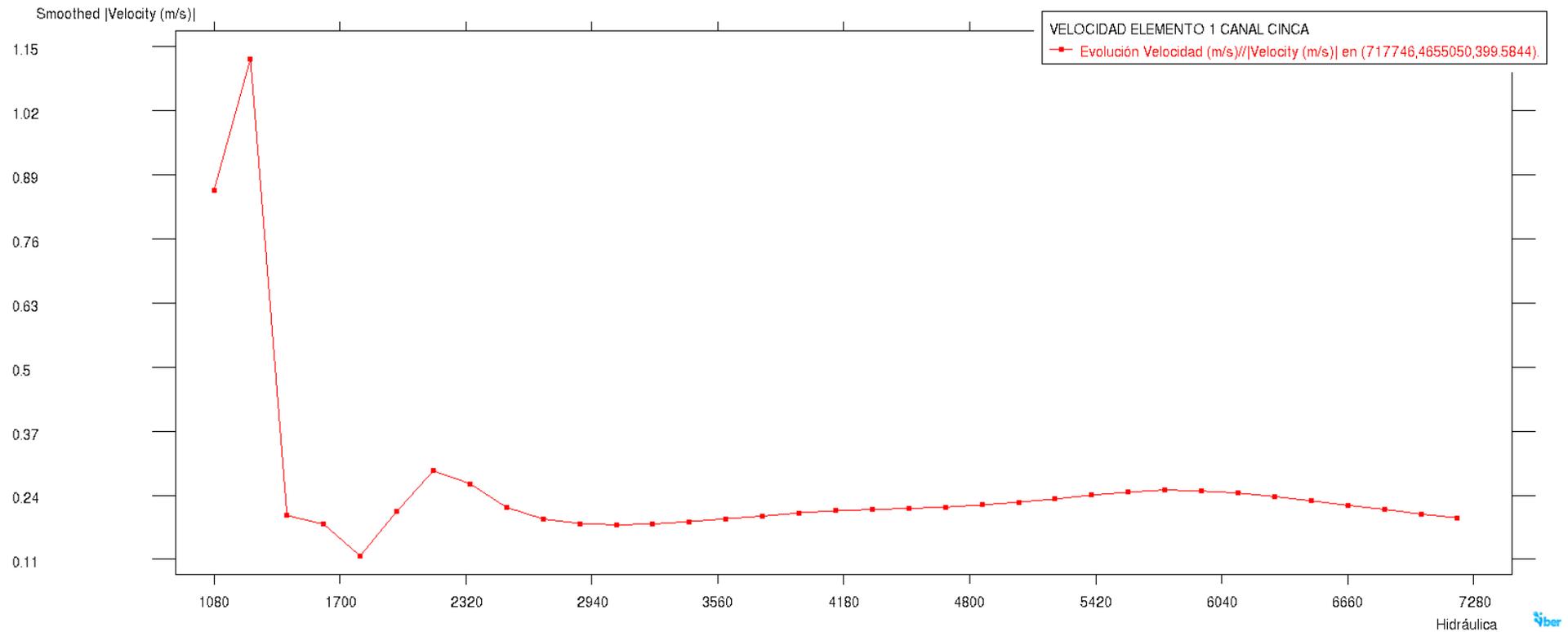


Ilustración 56: Evolución VELOCIDAD (m/s.) en ELEMENTO 1, Canal del Cinca.

3.1.6.2. ELEMENTO 2: CAMINOS RURALES ROTURA OESTE

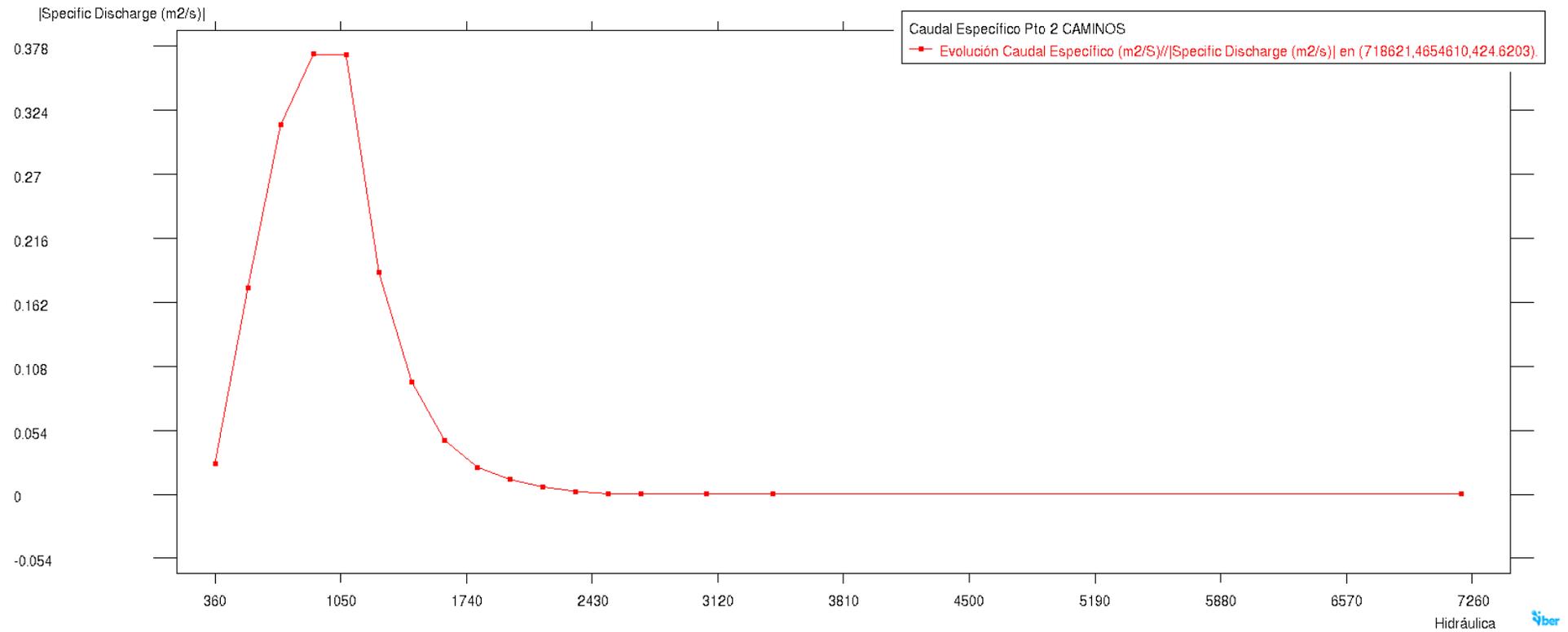


Ilustración 57: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 2, Caminos rurales

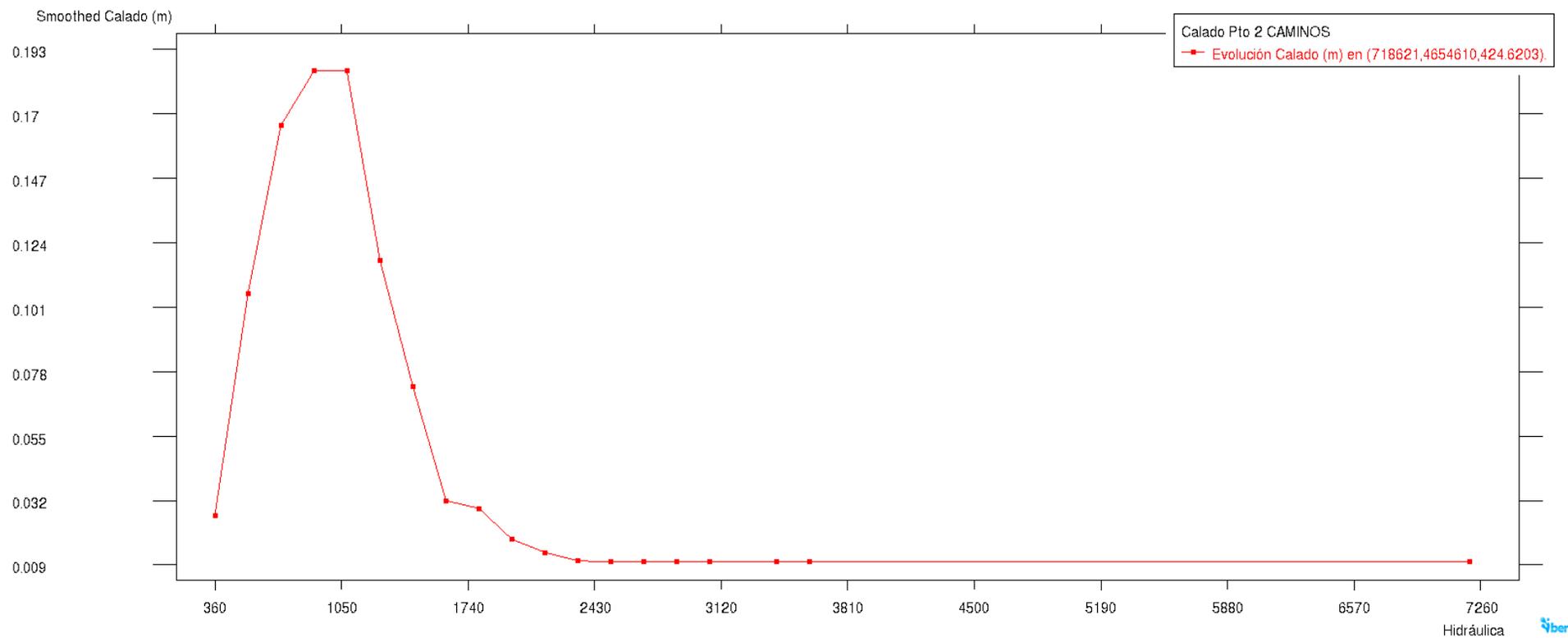


Ilustración 58: Evolución CALADO en ELEMENTO 2, Caminos rurales

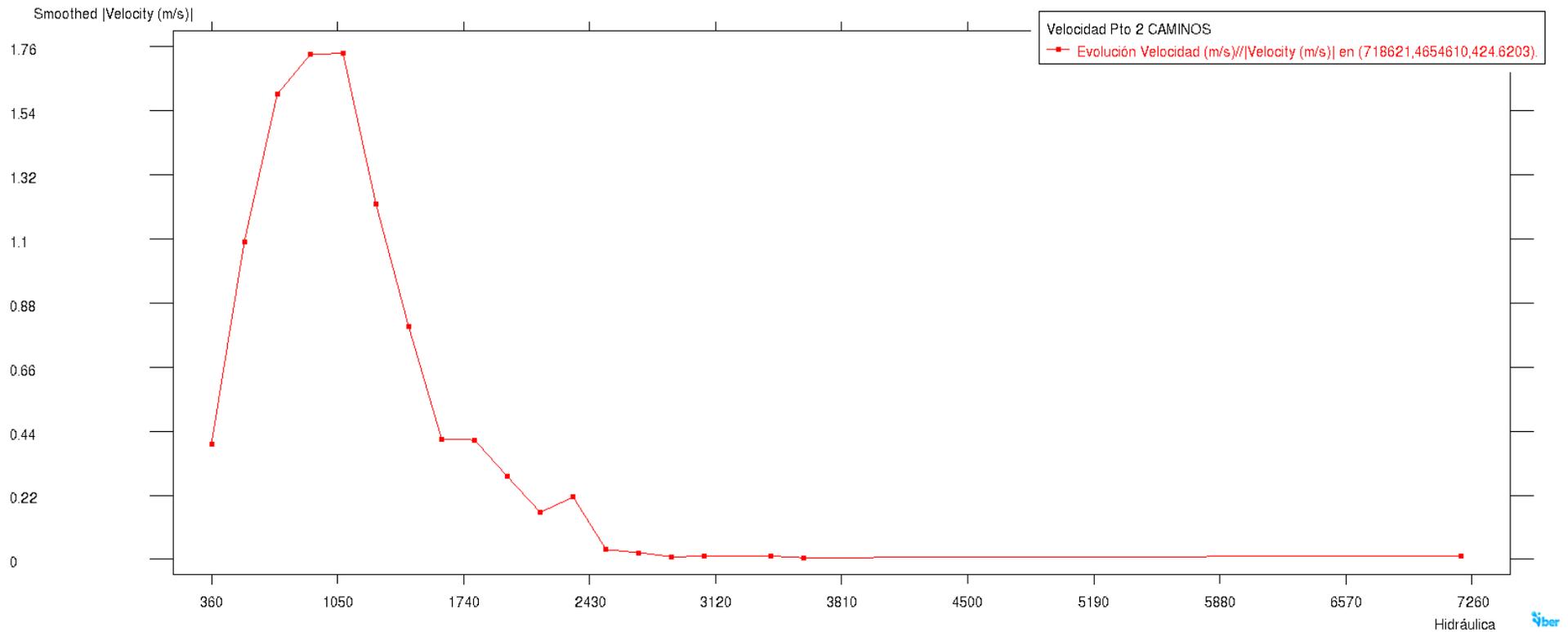


Ilustración 59: Evolución VELOCIDAD en ELEMENTO 2, Caminos rurales

3.1.6.3. ELEMENTO 3: CAMINOS RURALES ROTURA OESTE

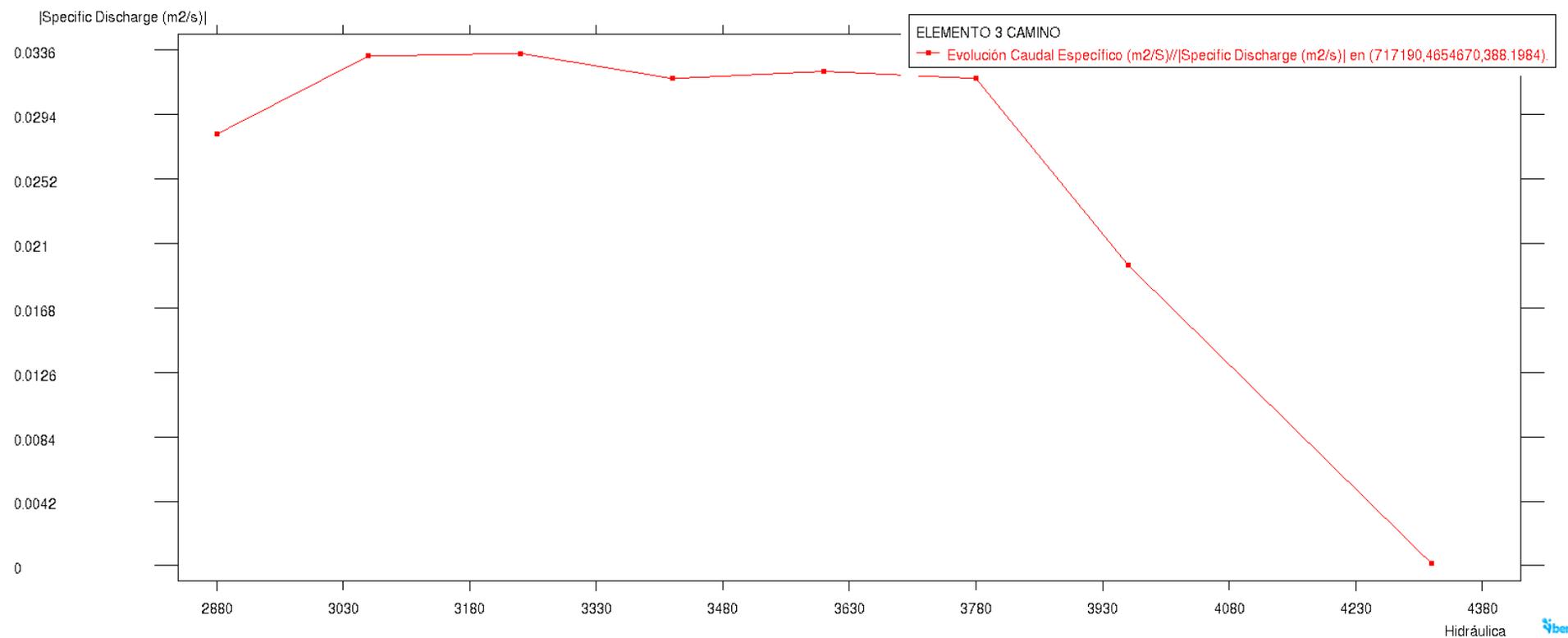


Ilustración 60: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 3, Caminos rurales.

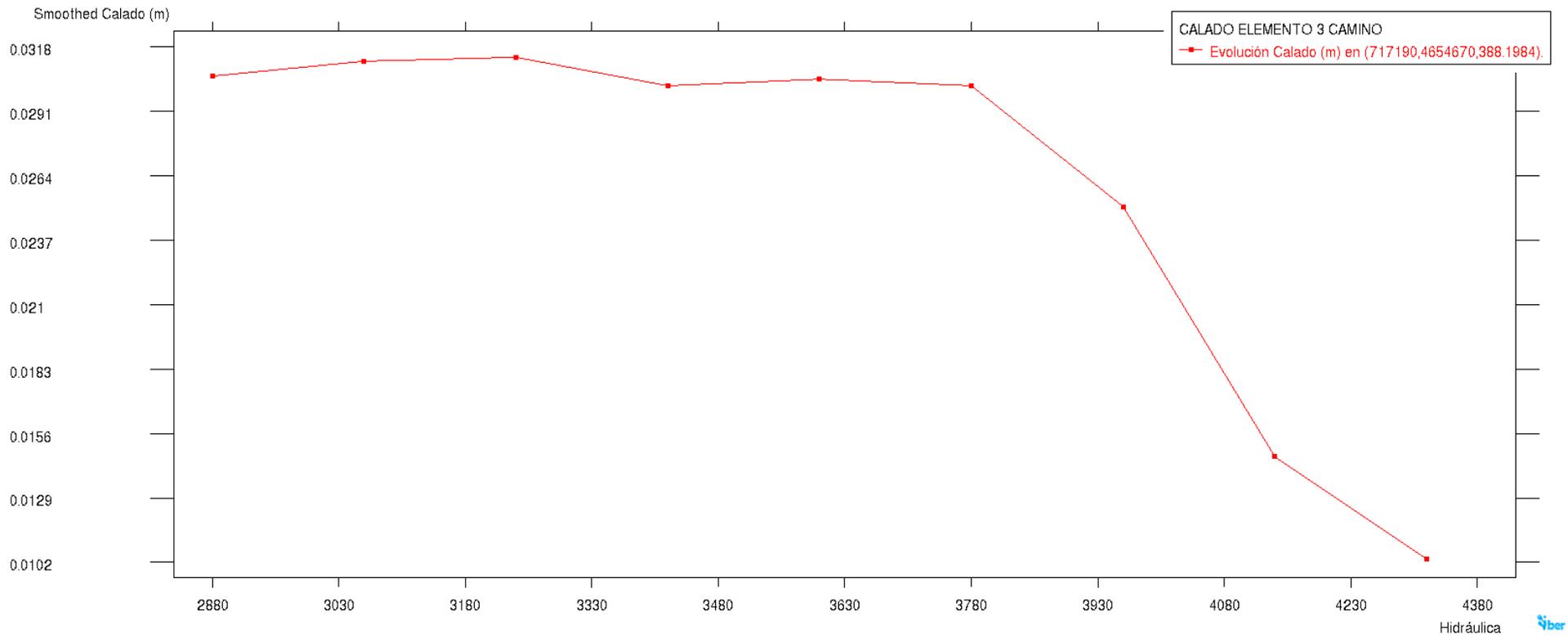


Ilustración 61: Evolución CALADO en ELEMENTO 3, Caminos rurales.

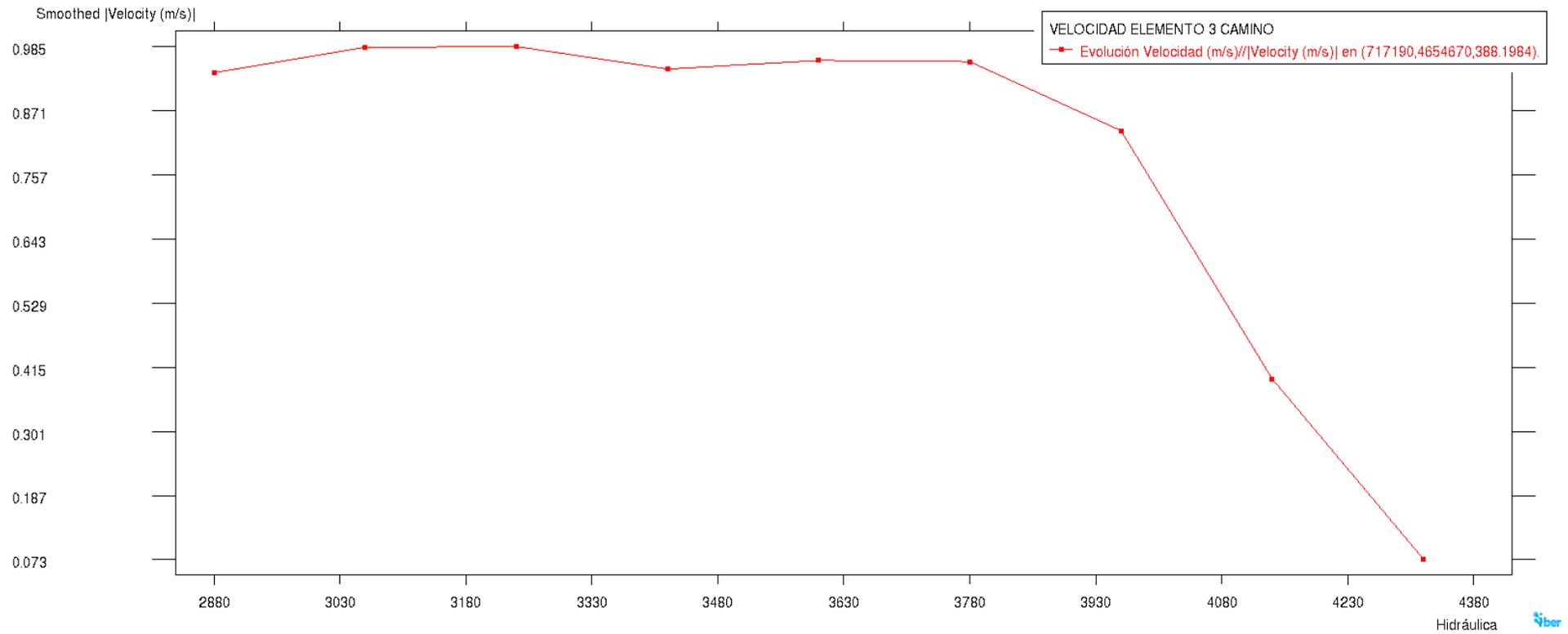


Ilustración 62: Evolución VELOCIDAD en ELEMENTO 3, Caminos rurales.

3.1.6.4. ELEMENTO 4: CULTIVOS REGADÍO ROTURA OESTE

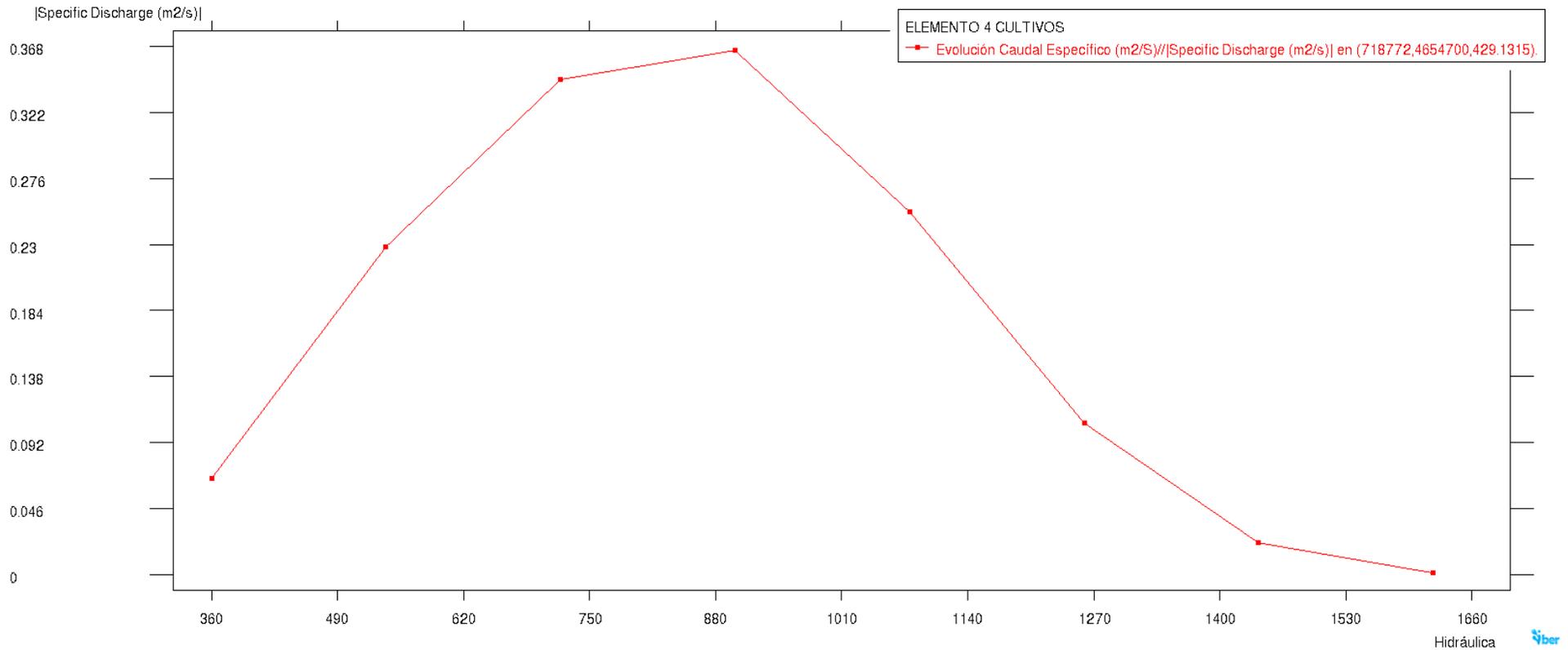
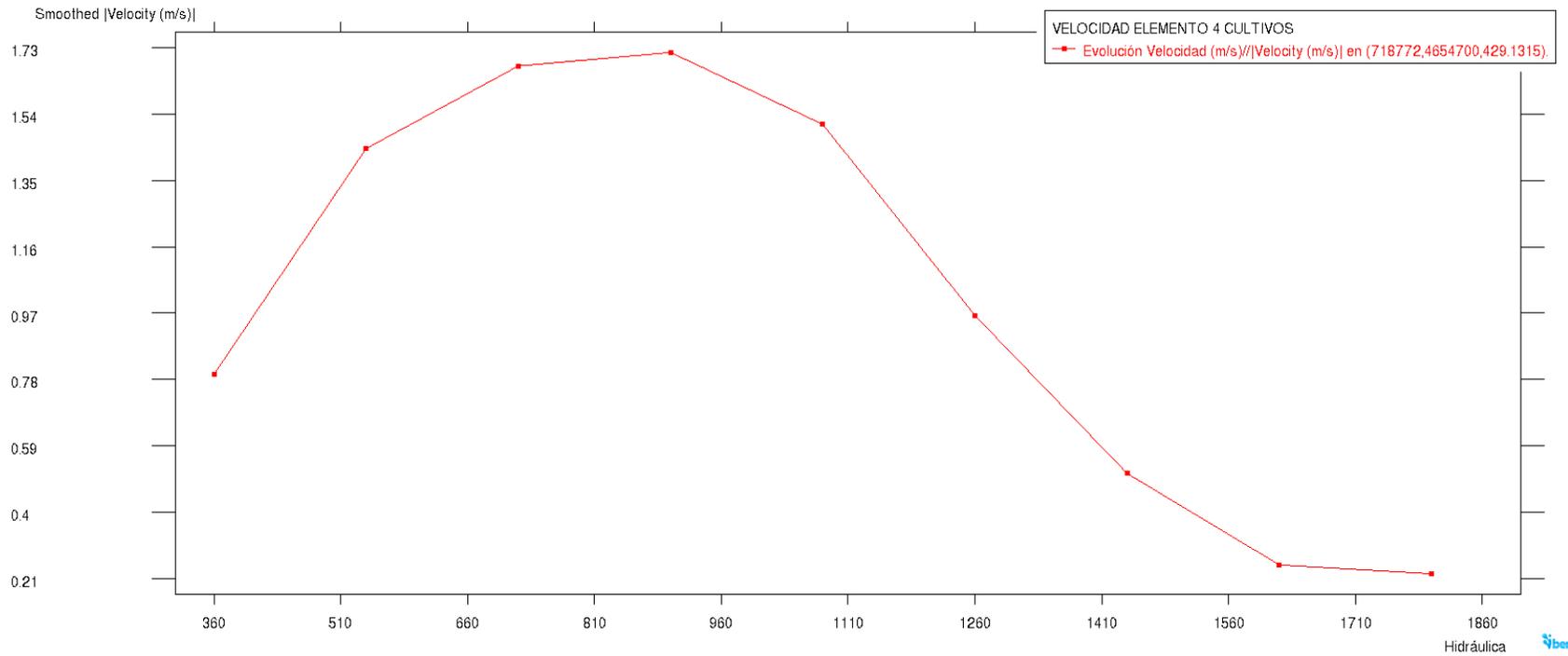


Ilustración 63: Evolución CAUDAL ESPECÍFICO en ELEMENTO 4, Cultivos de regadío.

**Ilustración 64: Evolución CALADO en ELEMENTO 4, Cultivos de regadío.**

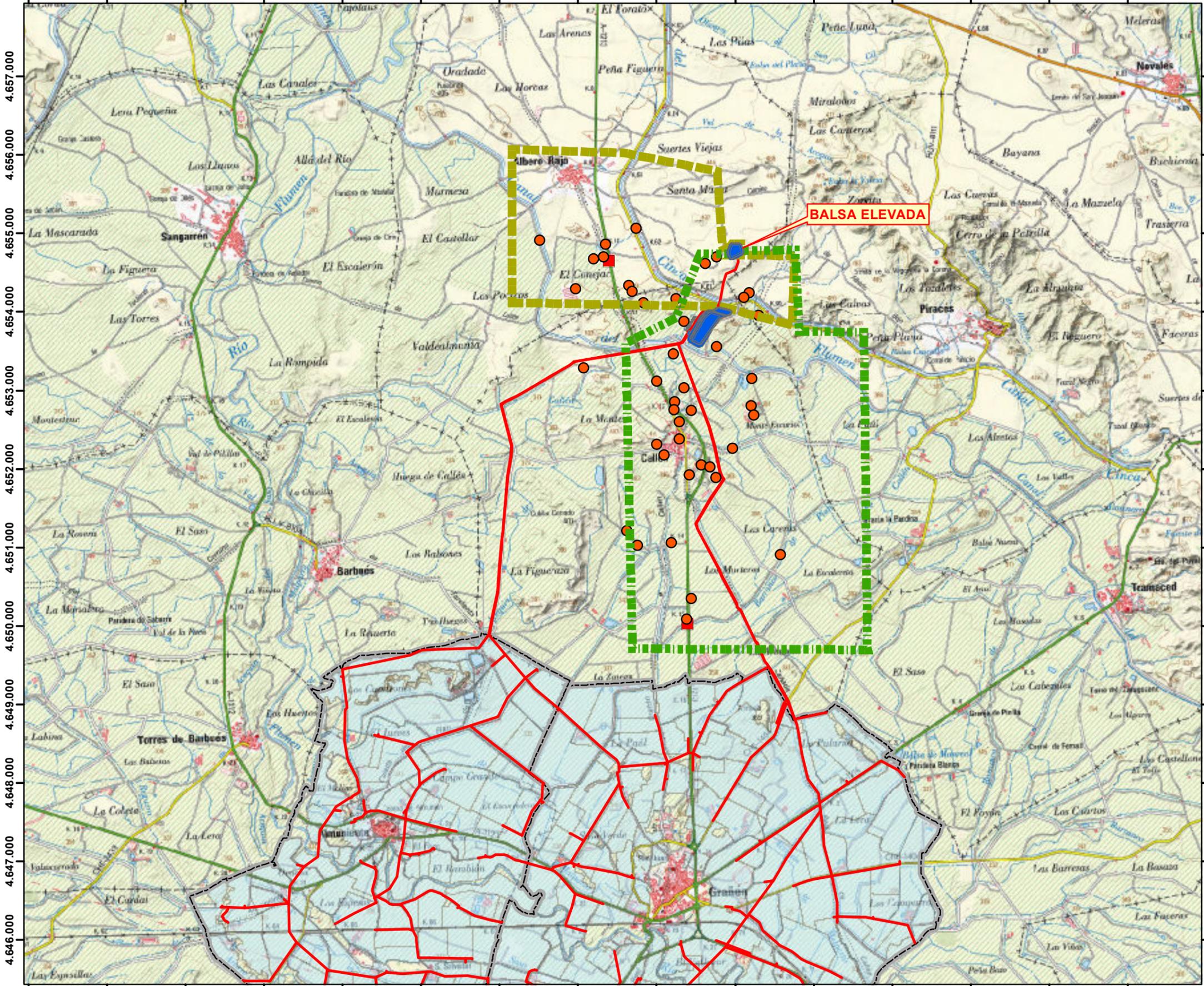


**Ilustración 65: Evolución VELOCIDAD en ELEMENTO 4, Cultivos de regadío.**

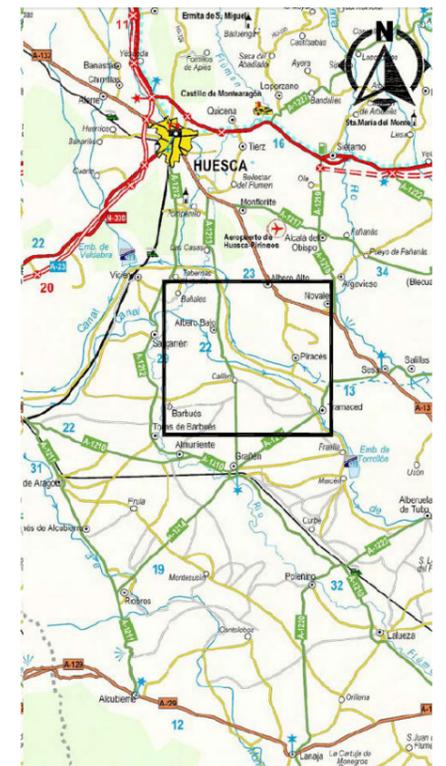
## **4. PLANOS**

- 1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.**
- 2. PLANTA GENERAL**
- 3. PUNTO DE ROTURA SUR**
- 4. PUNTO DE ROTURA ESTE**
- 5. MÁXIMO CALADO**
- 6. MÁXIMA VELOCIDAD**
- 7. PLANO DE AFECCIONES**
- 8. SECCIÓN Balsa ELEVADA**
- 9. ARQUETA DE VÁLVULAS**
- 10. PLANTA GENERAL DESAGÜE**

710.000 711.000 712.000 713.000 714.000 715.000 716.000 717.000 718.000 719.000 720.000 721.000 722.000 723.000 724.000



4.657.000  
4.656.000  
4.655.000  
4.654.000  
4.653.000  
4.652.000  
4.651.000  
4.650.000  
4.649.000  
4.648.000  
4.647.000  
4.646.000



**LEYENDA**

- BALSAS
- ▬▬▬ DELIMITACIÓN SUR
- ▬▬▬ DELIMITACIÓN OESTE
- ELEMENTOS SUSCEPTIBLES
- OBRA DE PASO EN CARRETERA
- RED DE RIEGO
- LÍMITES CCRR
- SUPERFICIE REGABLE

PROMOTOR:

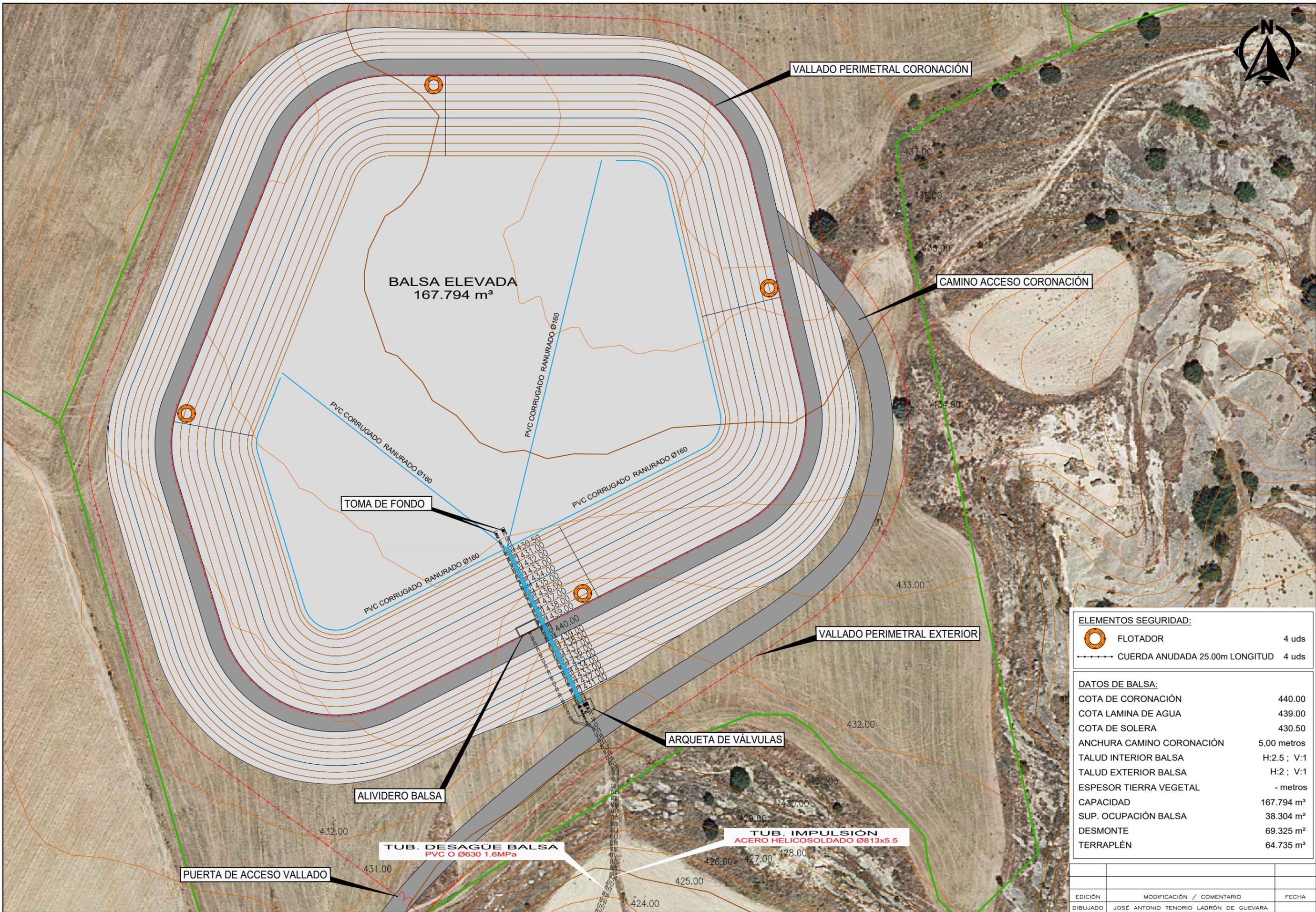
**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA)**

CONSULTORES:

INGENIERO INDUSTRIAL: SANTIAGO OLIVA DOMINGO  
INGENIERO AGRÓNOMO: ANTONIO ROMEO MARTÍN

ESCALAS: 1:50.000  
UNE A3 ORIGINAL

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	R. OLONA	
FECHA:	DESIGNACIÓN:	Nº DE PLANO:
DICIEMBRE DE 2.021	<b>SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</b>	<b>1</b>
REFERENCIA:		Nº DE HOJA:
6.325		<b>1 de 1</b>



**ELEMENTOS SEGURIDAD:**

	FLOTADOR	4 uds
	CUERDA ANUDADA 25.00m LONGITUD	4 uds

**DATOS DE Balsa:**

COTA DE CORONACIÓN	440.00
COTA LAMINA DE AGUA	439.00
COTA DE SOLERA	430.50
ANCHURA CAMINO CORONACIÓN	5,00 metros
TALUD INTERIOR Balsa	H:2.5 ; V:1
TALUD EXTERIOR Balsa	H:2 ; V:1
ESPESSOR TIERRA VEGETAL	- metros
CAPACIDAD	167.794 m <sup>3</sup>
SUP. OCUPACIÓN Balsa	38.304 m <sup>2</sup>
DESMONTE	69.325 m <sup>2</sup>
TERRAPLÉN	64.735 m <sup>3</sup>

PROMOTOR:

**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA)**

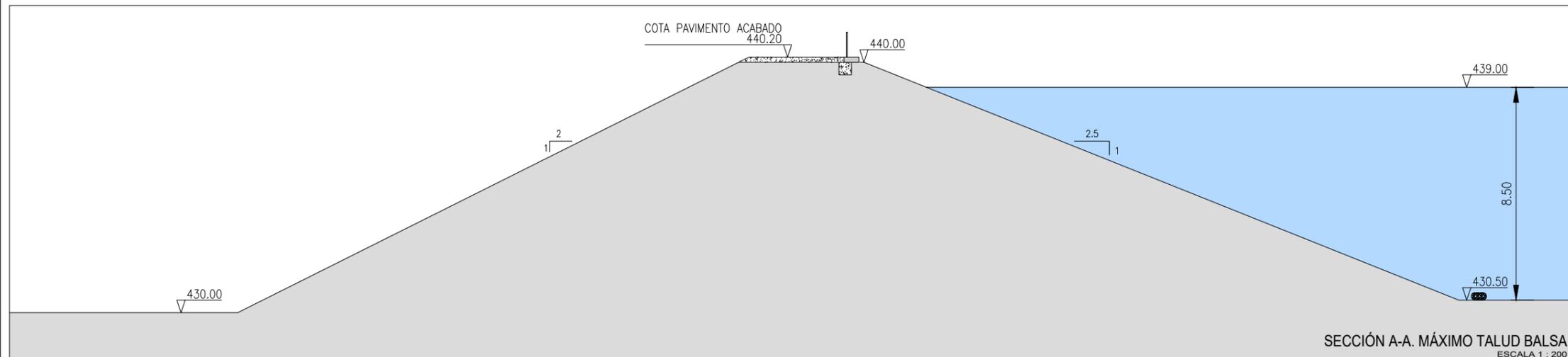
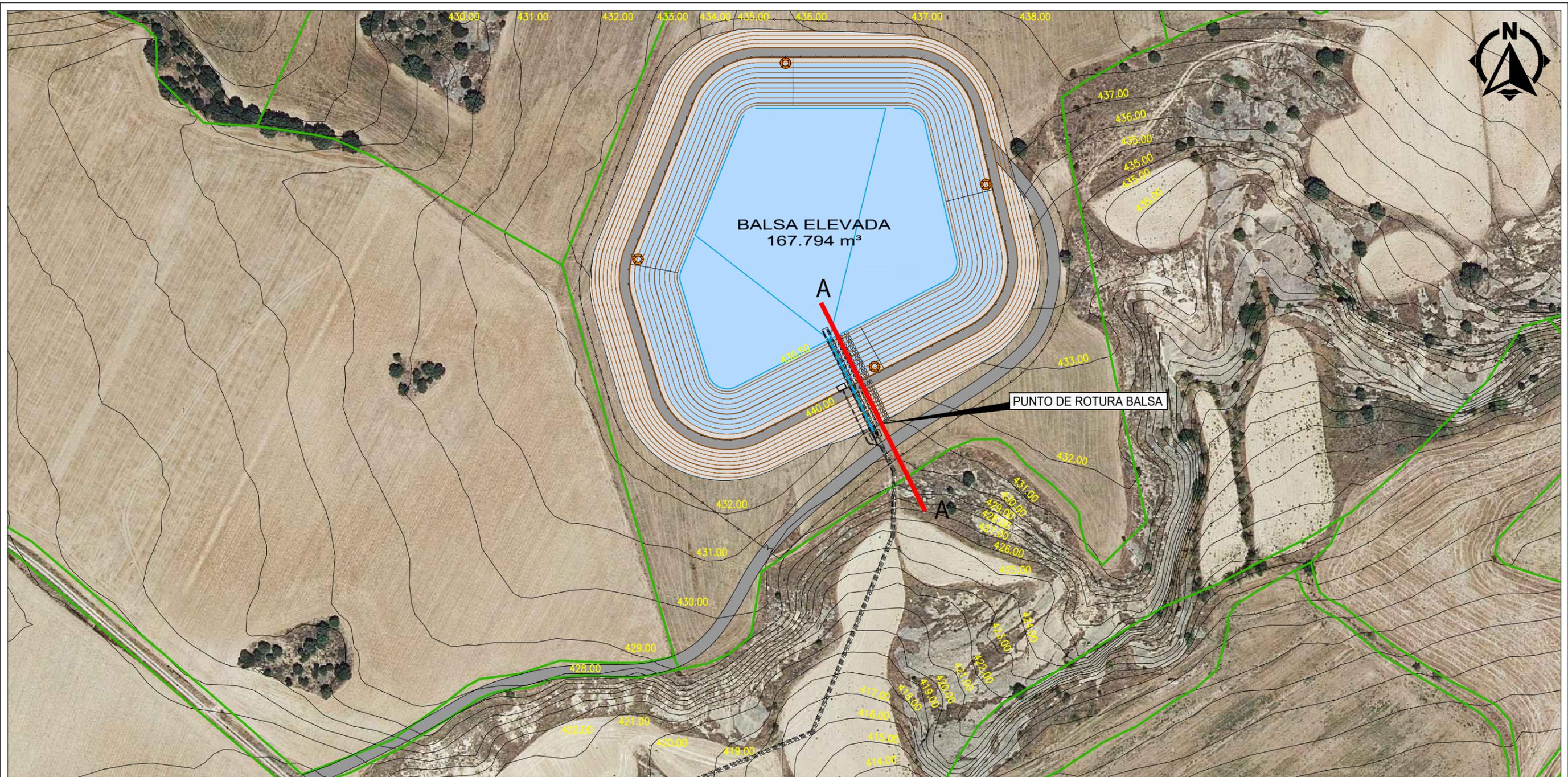
CONSULTORES:

ESCALAS:

1 : 1.000

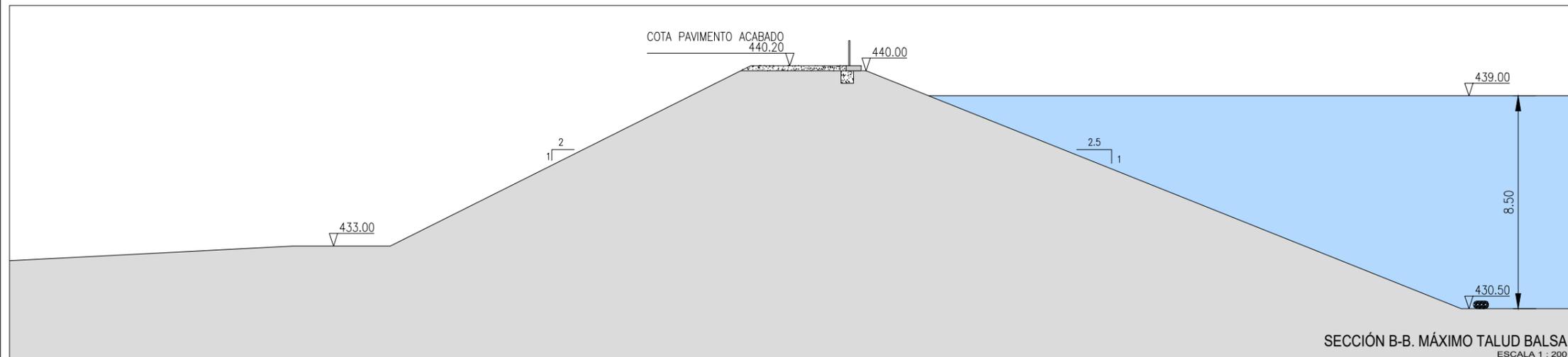
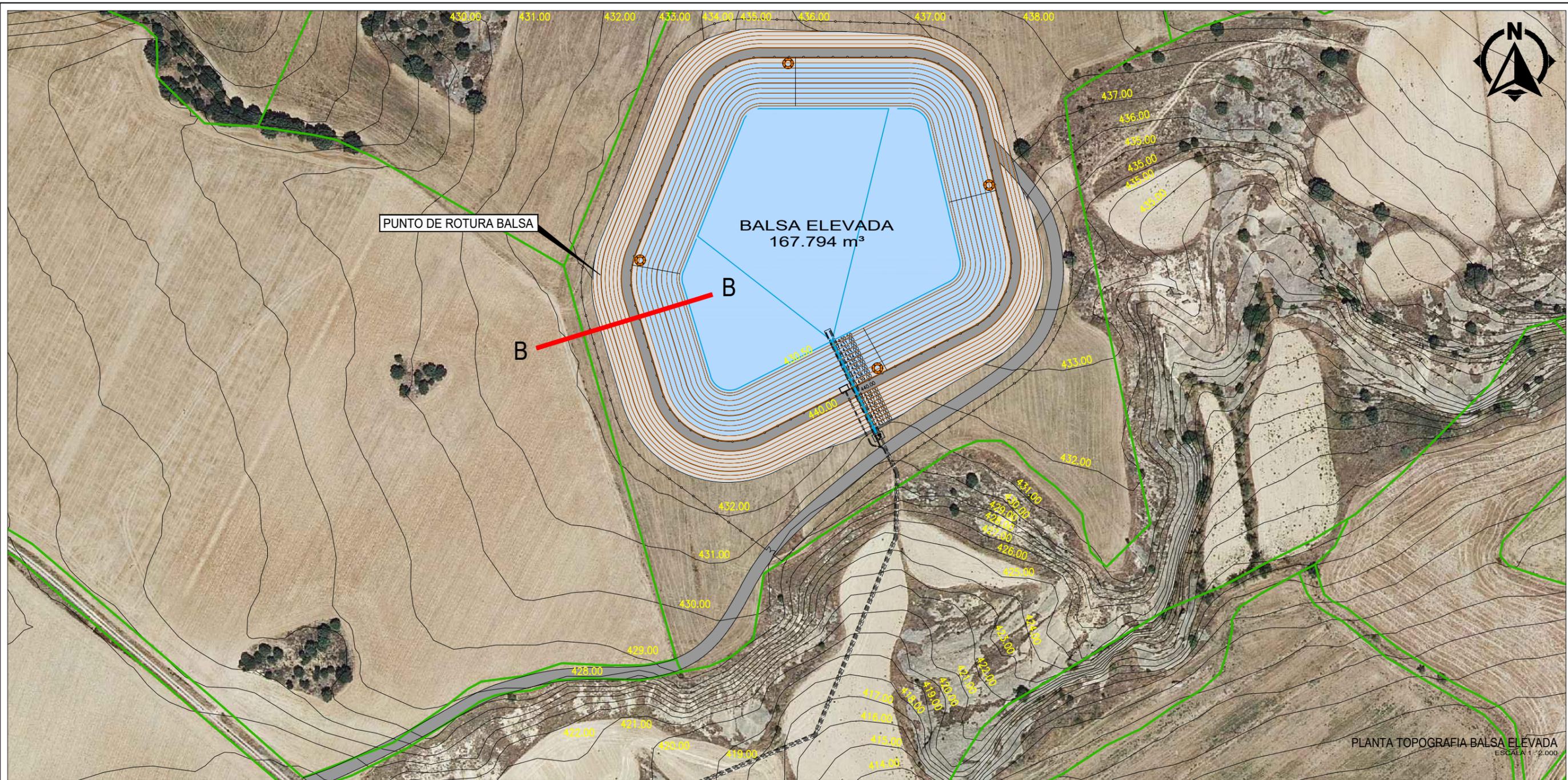
UNE A3 ORIGINAL GRAFICAS

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	JOSÉ ANTONIO TENORIO LADRÓN DE GUEVARA	
FECHA:	DICIEMBRE DE 2.021	
REFERENCIA:	6.325	
DESIGNACIÓN:	Balsa Elevada	Nº DE PLANO: 2
	PLANTA GENERAL	Nº DE HOJA: 1 de 1



PLANTA TOPOGRAFIA Balsa ELEVADA  
ESCALA 1 : 2.000

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	JOSÉ ANTONIO TENORIO LADRÓN DE GUEVARA	
FECHA:	DESIGNACIÓN:	Nº DE PLANO:
DICIEMBRE DE 2.021	<b>Balsa ELEVADA</b>	<b>3</b>
REFERENCIA:	<b>PUNTO DE ROTURA SUR</b>	Nº DE HOJA:
6.325	<b>SECCIÓN MAYOR TALUD</b>	<b>1 de 1</b>



EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	J. GARCÍA	
FECHA:	DICIEMBRE DE 2.021	
REFERENCIA:	6.325	
<b>SECCIÓN MAYOR TALUD</b>		Nº DE PLANO: 4
<b>Balsa Elevada</b>		Nº DE HOJA: 1 de 1
<b>PUNTO DE ROTURA OESTE</b>		

PROMOTOR:

**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA)**

CONSULTORES:

INGENIERO INDUSTRIAL  
INGENIERO AGRÓNOMO

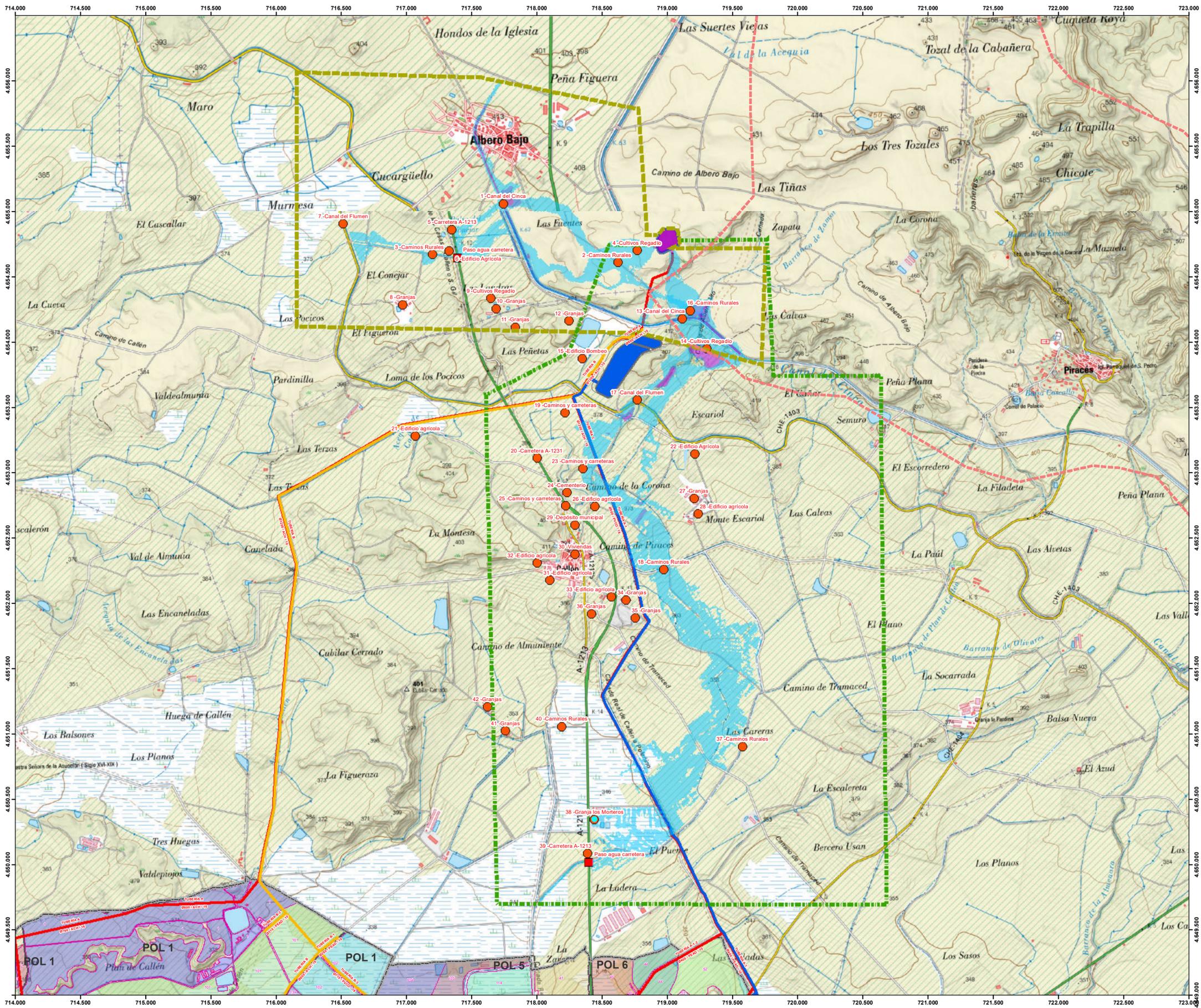
SANTIAGO OLONA DOMINGO  
Colegiado nº 3.056

ANTONIO ROMEO MARTÍN  
Colegiado nº 754

ESCALAS:

GRÁFICAS

UNE A3 ORIGINAL



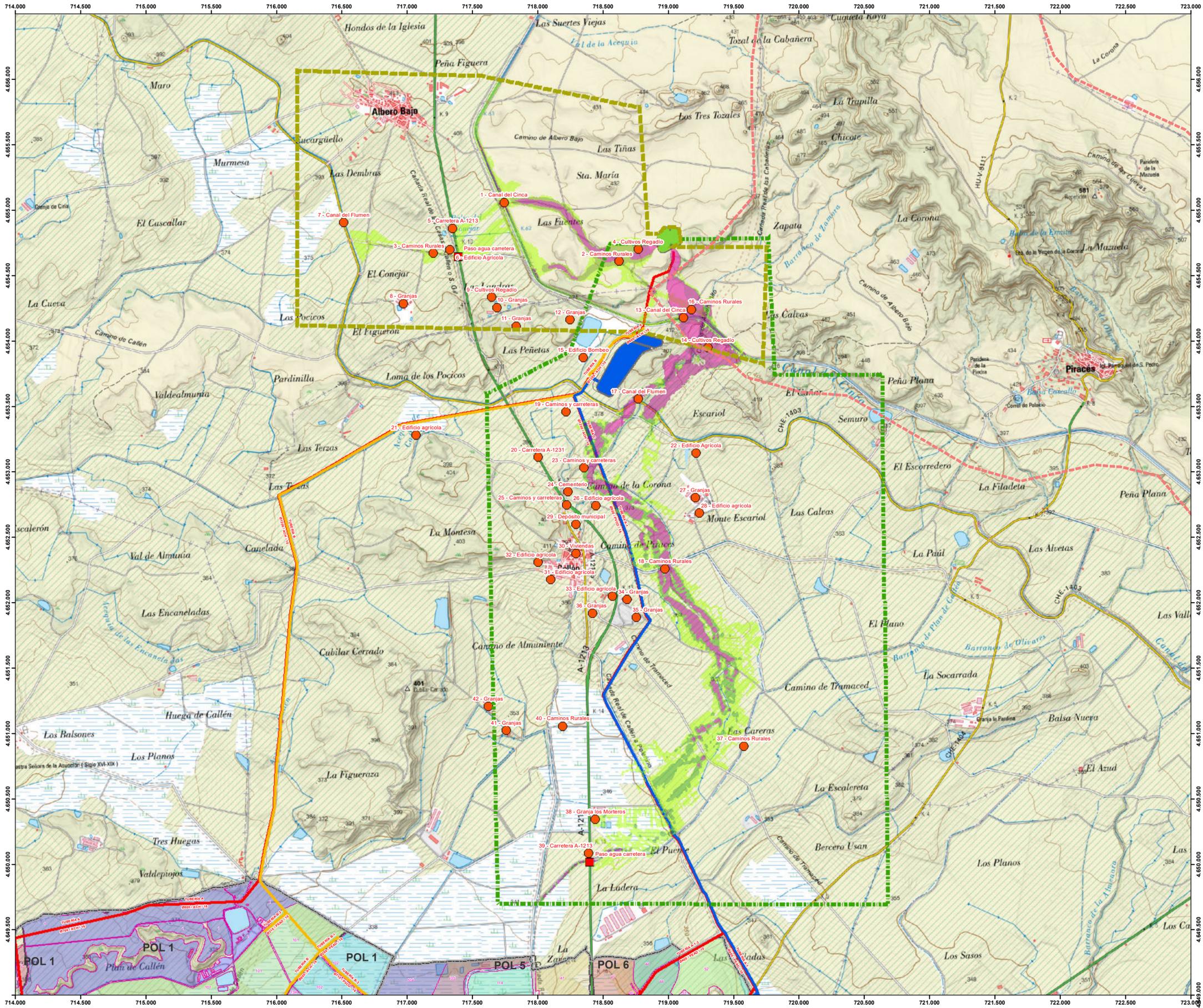
**LEYENDA**

- Red Natura - Z.E.P.A.S.
- DELIMITACIÓN SUR
- DELIMITACIÓN OESTE
- ELEMENTOS SUSCEPTIBLES
- OBRA DE PASO EN CARRETERA

**MÁXIMO CALADO**

Valores

- hasta 1 m
- Entre 1 y 2 m
- Entre 2 y 7 m
- Entre 7 y 10 m



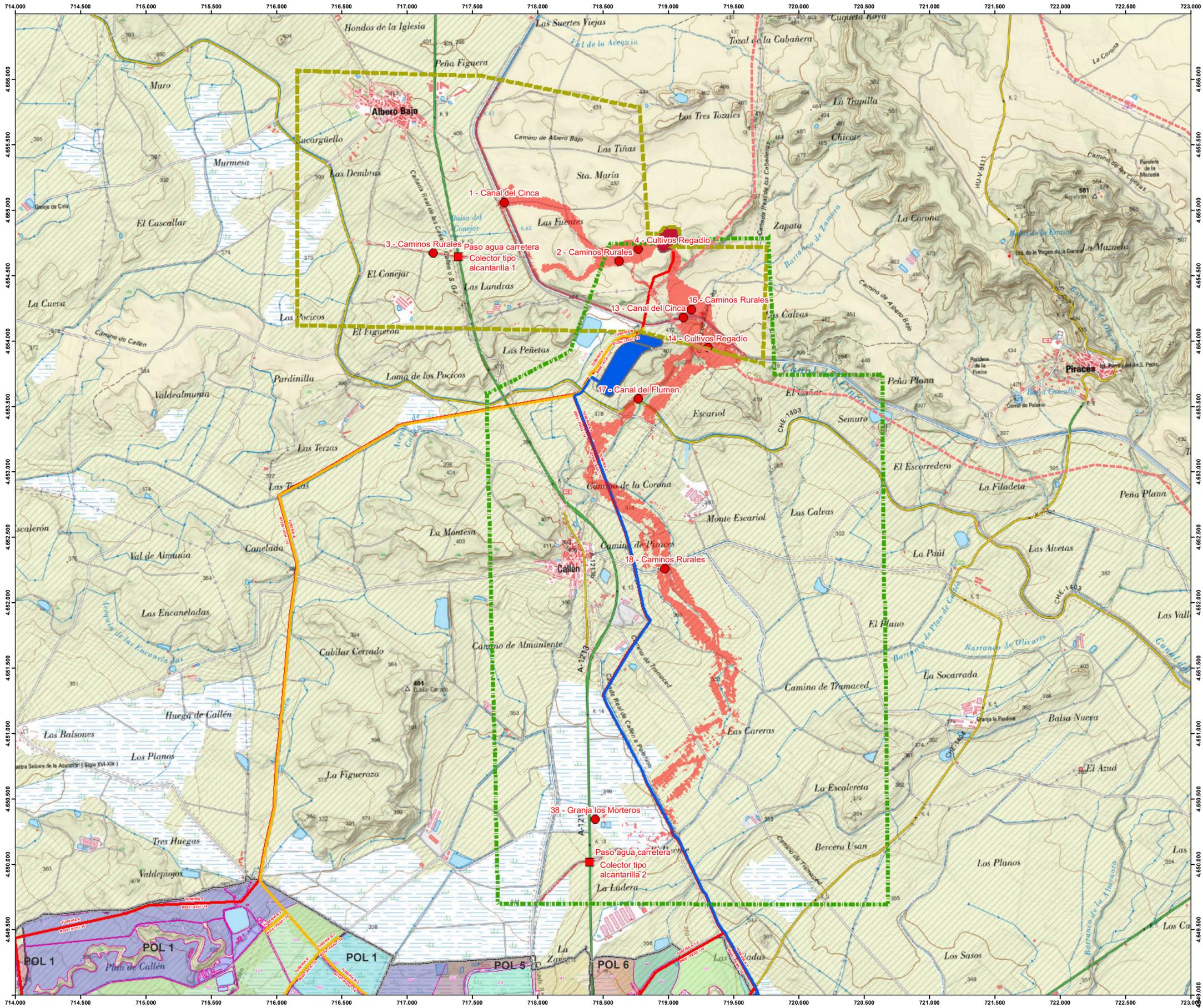
**LEYENDA**

- Red Natura - Z.E.P.A.S.
- DELIMITACIÓN SUR
- DELIMITACIÓN OESTE
- ELEMENTOS SUSCEPTIBLES
- OBRA DE PASO EN CARRETERA

**MÁXIMA VELOCIDAD**

Valores

- Hasta 1 m/s
- Entre 1 y 2 m/s
- entre 2 y 6 m/s
- Entre 6 y 10 m/s



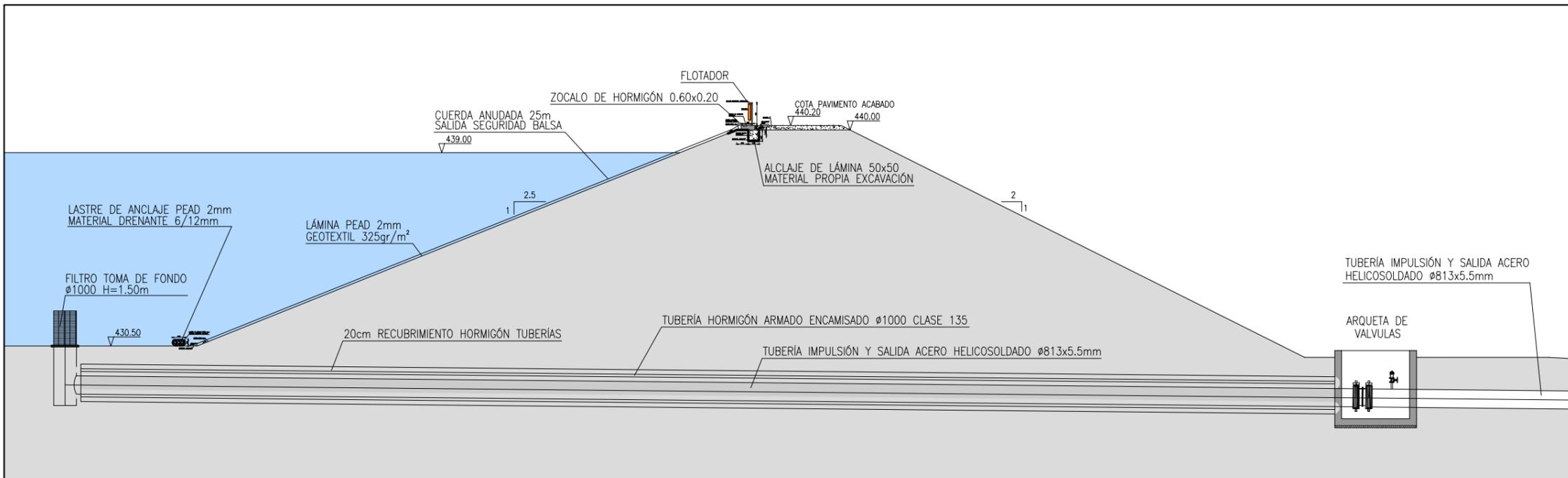
**AFECCIONES**

- CALADO > 1,00 m Ó
- VELOCIDAD > 1,00 m/s Ó
- CALADO x VELOCIDAD > 0,50 m<sup>2</sup>/s

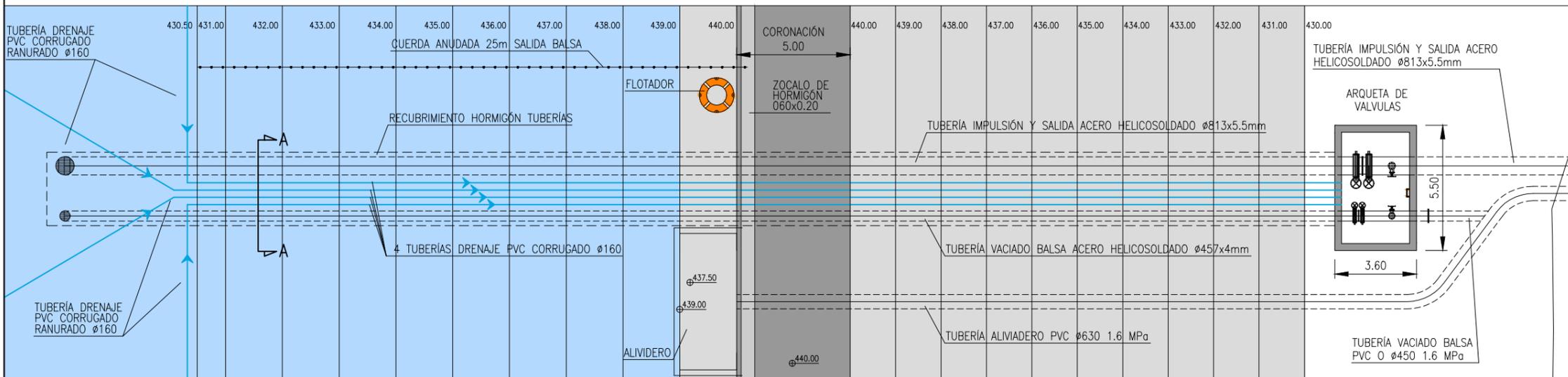
**PASOS DE AGUA EN CARRETERA A-1213**

DESCRIPCIÓN	TIPO	COORD X	COORD Y
Paso agua carretera	Colector tipo alcantarilla 1	717.392	4.654.649
Paso agua carretera	Colector tipo alcantarilla 2	718.397	4.650.021

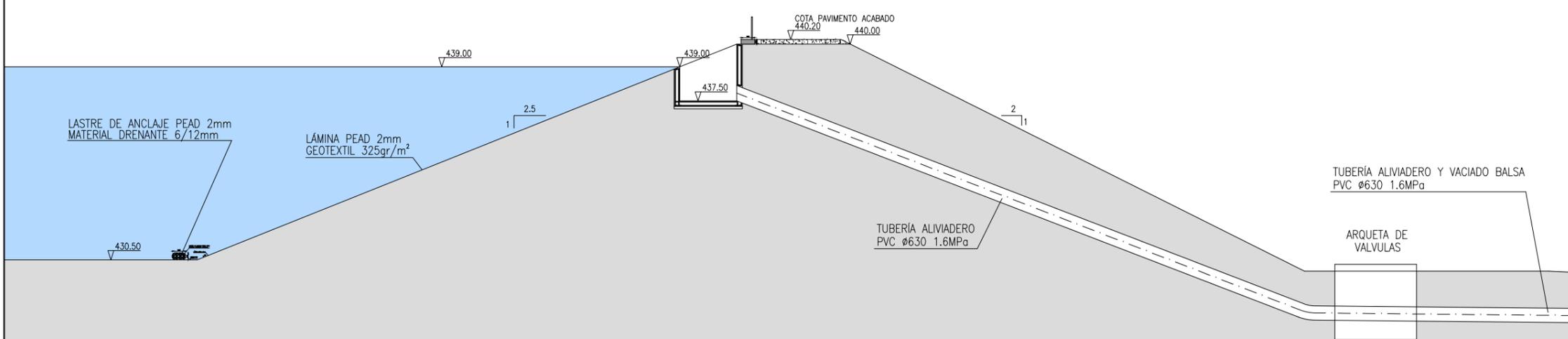
N.º	Descripción	Dist. (km)	T LLEGADA onda (s)	T LLEGADA MAX CALADO (s)	MAX CALADO (m)	T LLEGADA MAX VEL (s)	MAX VEL (m/s)	T LLEGADA MAX Q esp (s)	MAX Q esp (m <sup>3</sup> /s)	Tipo Afección	Daños	Coordenadas ETRS89 H30
<b>OESTE</b>												
1	Canal Cinca	1,228	1,080	1,800	2,13	1,260	1,12	1,260	1,99	Material / Servicios	Daño Moderado. El servicio de riego no queda afectado gravemente	X=717.741 Y=4.655.060
2	Caminos rurales	0,324	360	1,980	0,18	1,080	1,74	1,080	0,37	Material / Servicios	Daño Moderado	X=718.621 Y=4.654.610
3	Caminos rurales	1,599	2,880	3,240	0,03	3,240	0,98	3,240	0,03	Material / Servicios	Daño Moderado	X=717.198 Y=4.654.671
4	Cultivos regadio	2,253	360	900	0,24	900	1,7	900	0,36	Material	Daño Moderado. <1.000 ha de regadio	X=718.767 Y=4.654.701
<b>SUR</b>												
13	Canal Cinca	0,54	240	840	2,07	840	2,07	840	14,06	Material / Servicios	Daño Moderado. El servicio de riego no queda afectado gravemente	X=719.113 Y=4.654.179
14	Cultivos regadio	0,811	660	1,320	2,32	720	2,19	900	1,01	Material	Daño Moderado. <1.000 ha de regadio	X=719.301 Y=4.653.949
16	Caminos rurales	0,493	240	600	0,43	780	12,84	600	5,72	Material / Servicios	Daño Moderado	X=719.177 Y=4.654.243
17	Canal del Flumen	1,182	1,500	1,860	0,22	1,740	7,25	1,800	2,73	Material / Servicios	Daño Moderado. El servicio de riego no queda afectado gravemente	X=718.769 Y=4.653.558
18	Caminos rurales	2,453	3,660	4,020	0,049	3,960	2,99	4,020	0,22	Material / Servicios	Daño Moderado	X=718.973 Y=4.652.260
38	Granja Los Morteros	4,406	11,800	14,400	0,13	12,120	0,37	12,240	0,02	Material	Daño Moderado. <10 instalaciones	X=718.441 Y=4.650.345



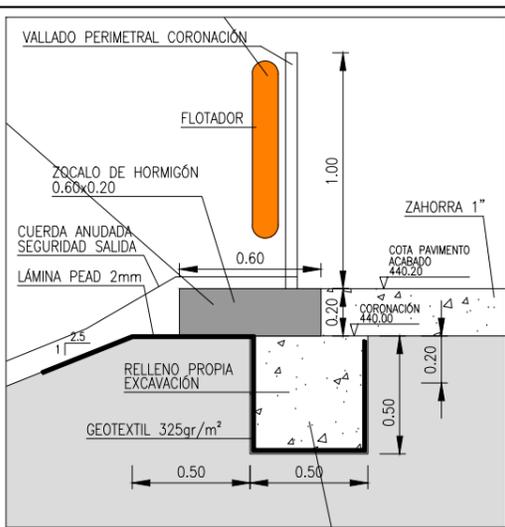
SECCIÓN LONGITUDINAL TUBERÍAS DE SALIDA Y DRENAJES BALSA  
ESCALA 1 : 200



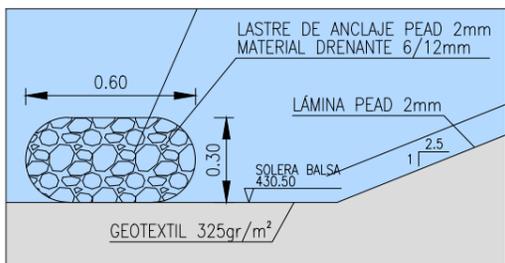
PLANTA TUBERÍAS DE SALIDA Y DRENAJES BALSA  
ESCALA 1 : 200



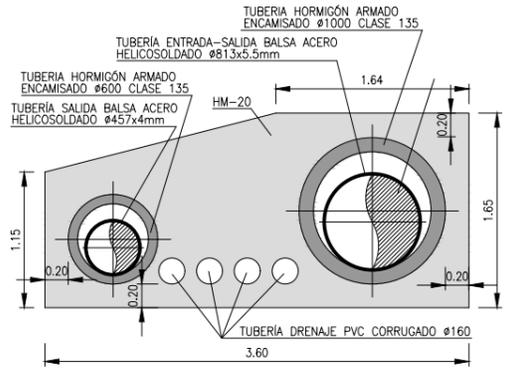
SECCIÓN LONGITUDINAL TUBERÍASALIDA ALIVIDERO  
ESCALA 1 : 200



DETALLE ANCLAJE LAMINA EN CORONACIÓN BALSA  
ESCALA 1 : 30



DETALLE SUJECCIÓN LAMINA EN SOLERA BALSA  
ESCALA 1 : 25



SECCIÓN A-A. DETALLE TUBERÍAS DE SALIDA Y DRENAJES BALSA  
ESCALA 1 : 60

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGUN EHE						
ELEMENTO	LOCALIZACIÓN	ESPECIFIC. ELEMENTO art. 39.2 EHE	NIVEL DE CONTROL 95 EHE	COEFICIENTE PONDERACION	Yc	Yt
HORMIGÓN	ARQUETAS	HA-25/P/40/1/a	NORMAL	1.5		
	PILARES					
	VIGAS					
ACERO DE ARMADURAS	ANCLAJES			1.1		
	CIMENTACION Y MUROS	B-500 S	NORMAL			
	PILARES					
EJECUCION	VIGAS		NORMAL			1.6
	LOSAS Y FORJADOS					
	CIMENTACION Y MUROS					

NOTAS: RESISTENCIA DEL TERRENO  $\sigma_{R1} = 2 \text{ kg/cm}^2$

ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES Y HORMIGONES						
TIPO DE HORMIGONES	ARIDO A EMPLEAR		CEMENTO	CONSISTENCIA	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA ESPECIFICADA f <sub>cd</sub> en MPa/cm	
	TIPO DE ARIDO	TAMAÑO MAX.	DESIGNACION 26 EHE	Art. 30.6 EHE	A LOS 7 DIAS	A LOS 28 DIAS
HA-25/P/40/1/a	RODADO	40 M/M	CEM. I 42.5/SR	PLASTI.(3-5)	225	300

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	JOSÉ ANTONIO TENORIO LADRÓN DE GUEVARA	

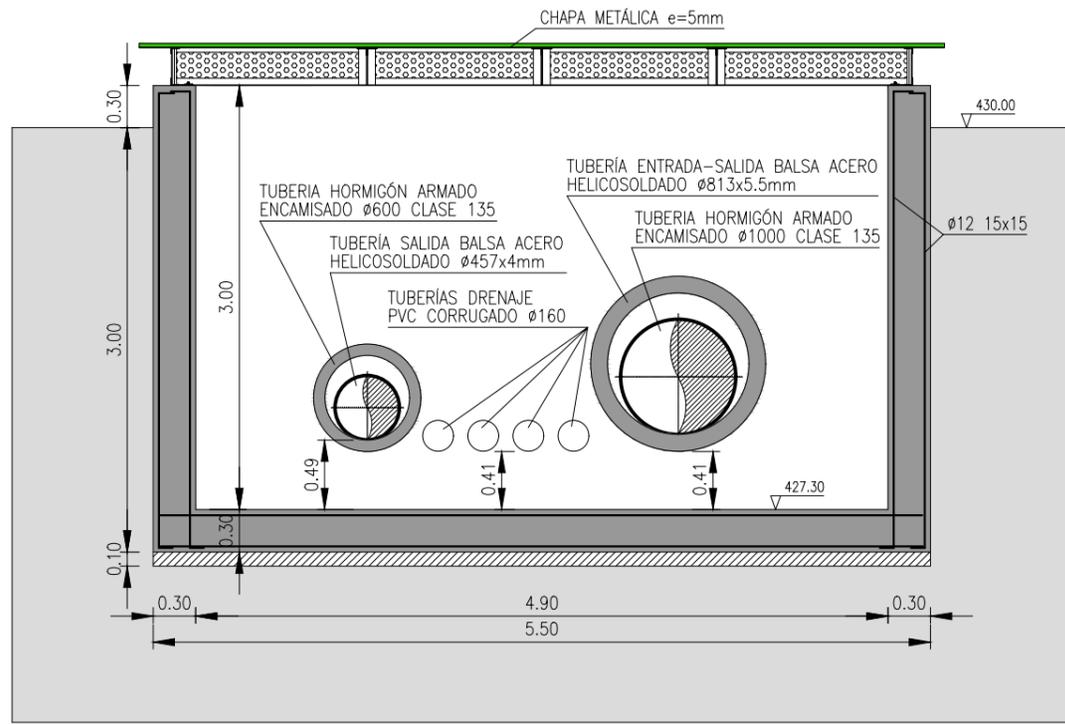
PROMOTOR:

**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE GRAÑÉN-FLUMEN Y ALMUNIENTE (HUESCA)**

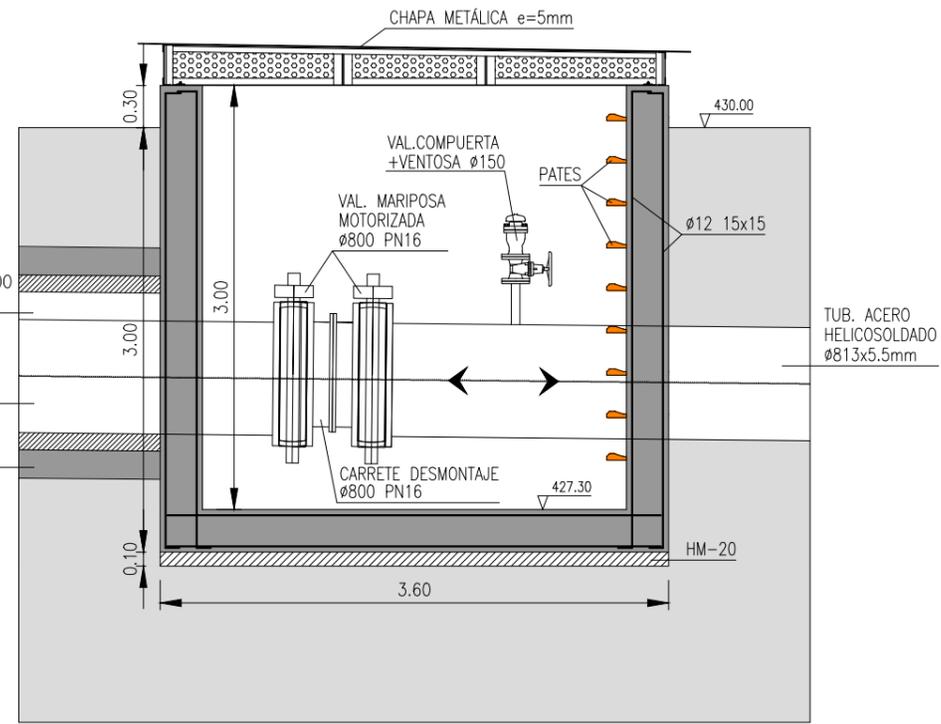
CONSULTORES:

ESCALAS: 1 : 200, 1 : 60, 1 : 25  
UNE A3 ORIGINAL GRAFICAS

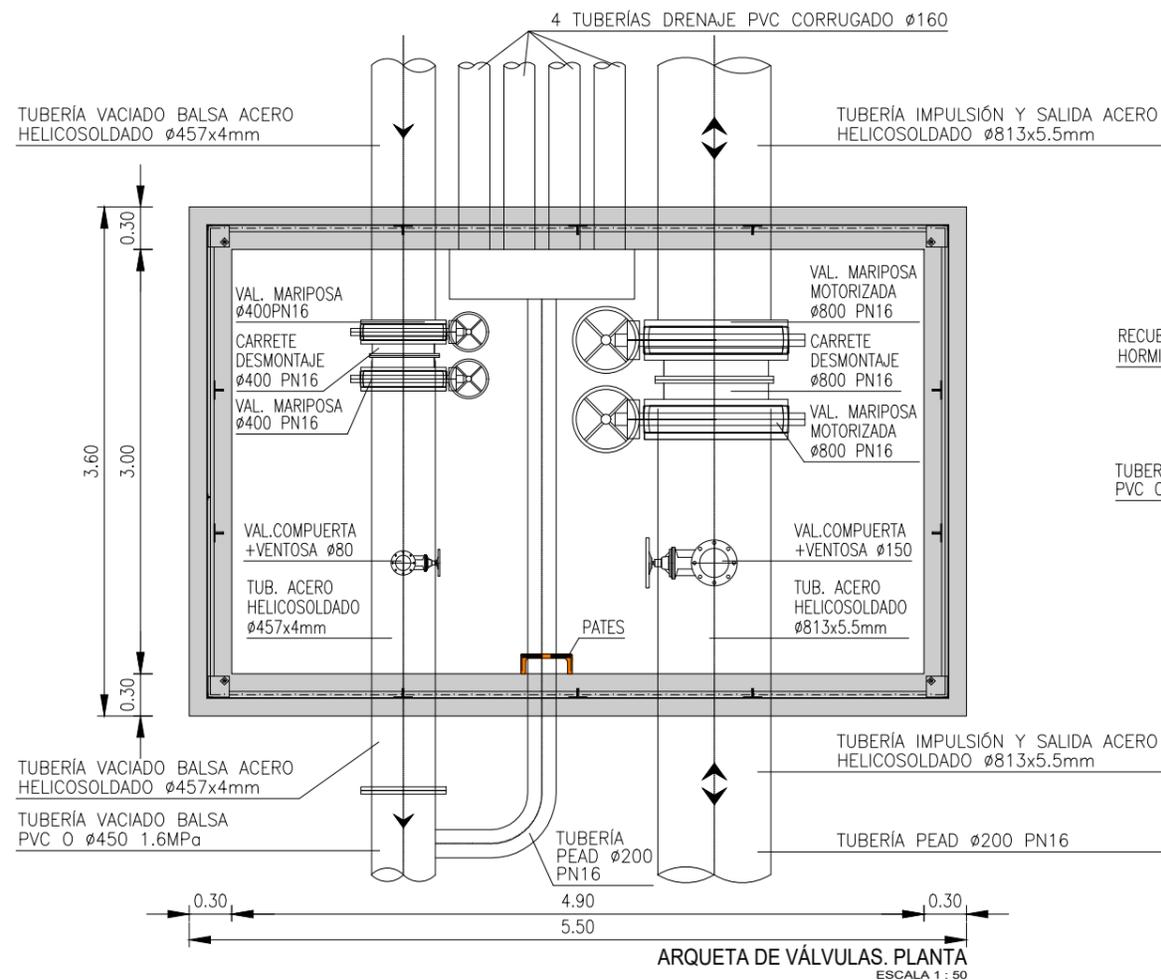
FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.021  
DESIGNACION: SECCIÓN BALSA ELEVADA  
REFERENCIA: 6.325  
Nº DE PLANO: 8  
Nº DE HOJA: 1 de 1



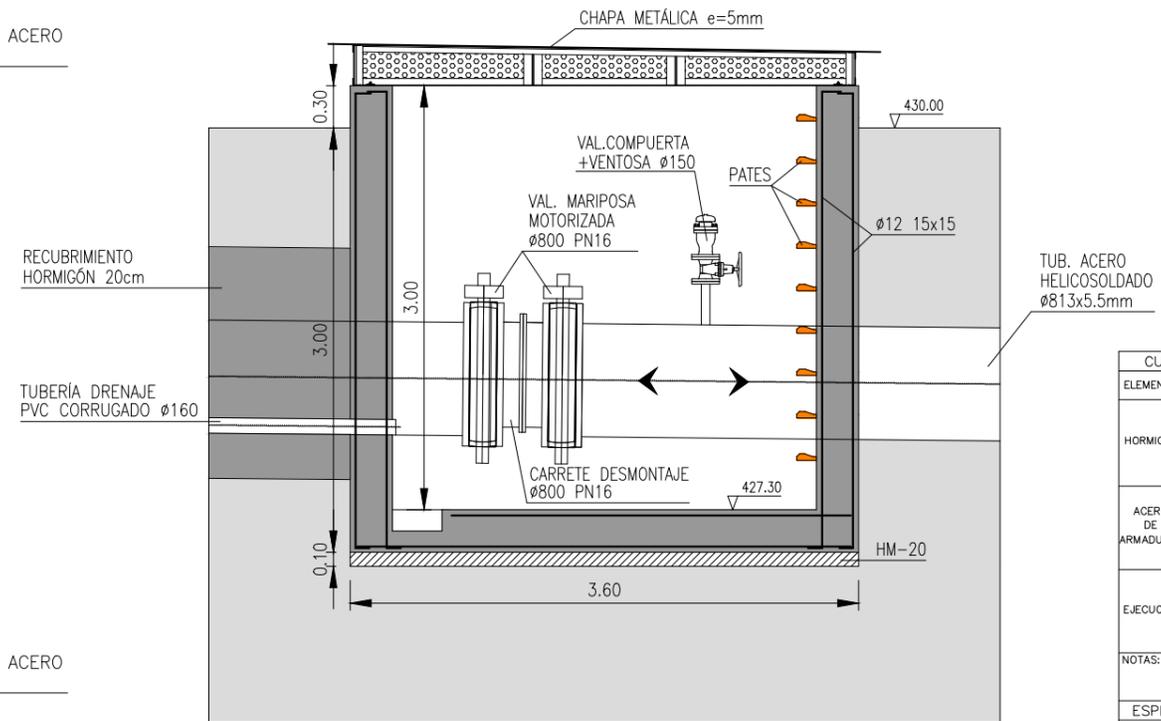
ARQUETA DE VÁLVULAS. SECCIÓN LONGITUDINAL  
ESCALA 1 : 50



ARQUETA DE VÁLVULAS. SECCIÓN TRANSVERSAL  
ESCALA 1 : 50



ARQUETA DE VÁLVULAS. PLANTA  
ESCALA 1 : 50



ARQUETA DE VÁLVULAS. SECCIÓN TRANSVERSAL TUBERÍAS DRENAJE  
ESCALA 1 : 50

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGUN EHE						
ELEMENTO	LOCALIZACION	ESPECIFIC. ELEMENTO art. 39.2 EHE	NIVEL DE CONTROL 95 EHE	COEFICIENTE PONDERACION		
				Yc	Ys	Yt
HORMIGÓN	ARQUETAS	HA-25/P/40/11a	NORMAL	1.5		
	PILARES					
	VIGAS					
	ANCLAJES					
ACERO DE ARMADURAS	IGUAL TODA LA OBRA	B-500 S	NORMAL	1.1		
	CIMENTACION Y MUROS					
	PILARES					
	VIGAS					
EJECUCION	IGUAL TODA LA OBRA		NORMAL			1.6
	CIMENTACION Y MUROS					
	PILARES					
	VIGAS					
NOTAS:						
RESISTENCIA DEL TERRENO $\sigma_{Rd} = 2 \text{ kg/cm}^2$						

ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES Y HORMIGONES						
TIPO DE HORMIGONES	ARIDO A EMPLEAR		CEMENTO	CONSISTENCIA	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA ESPECIFICADA f <sub>cd</sub> en MPa/cm	
	TIPO DE ARIDO	TAMAÑO MÁX.	DESIGNACION 26 EHE	Art. 30.6 EHE	A LOS 7 DIAS	A LOS 28 DIAS
HA-25/P/40/11a	RODADO	40 M/M	CEM. I 42.5/SR	PLASTI.(3-5)	225	300

EDICIÓN	MODIFICACIÓN / COMENTARIO	FECHA
DIBUJADO	JOSÉ ANTONIO TENORIO LADRÓN DE GUEVARA	

