

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ZONA DE ACTUACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.....</b>	<b>3</b>
3.1.-	Caudales.....	3
3.2.-	Caudales de avenida .....	6
<b>4.</b>	<b>PARAMETROS DE CÁLCULO .....</b>	<b>8</b>
4.1.-	Modelo hidráulico.....	8
4.2.-	Hidrogramas de cálculo .....	10
4.3.-	Condiciones de contorno .....	12
4.4.-	Coeficiente de rugosidad .....	12
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>13</b>
5.1.-	Estado actual.....	13
5.1.1.-	Láminas de inundación.....	14
5.1.1.-	Velocidad máxima .....	16
5.2.-	Situación proyectada .....	17
5.2.1.-	Láminas de inundación.....	17
5.2.1.-	Velocidad máxima .....	19
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>21</b>



CVE: 4c0cAFH20951  
Verificación: <https://sede.xunta.gal/cve>



INSTITUTO  
GALEGO DA  
VIVENDA E SOLO

Diligencia pola que se fai constar que o documento coincide co contido no expediente aprobado inicialmente o 01/12/2023.  
Xefe de Servizos de Planificación e Ordenación do Solo  
Alberto Feijóo Rodríguez

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene por objeto analizar la inundabilidad de la parcela donde se localizará el parque empresarial de Coristanco, definido en el Plan Estructurante de Ordenación del Suelo Empresarial del Parque Empresarial (PEOSE). Para este fin, se ha desarrollado un modelo hidráulico bidimensional de la zona de actuación a través de la interfaz gráfica GeoHECRAS.

El objetivo de la modelización es analizar la inundabilidad de la parcela, zona de actuación, a través de la identificación de las láminas de inundación para la situación actual (sin alteraciones en la parcela), considerando los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, y las alteraciones en las láminas de inundación debidas a la implantación del parque empresarial en dicha parcela.

En primer lugar, se presentan los datos disponibles de caudal y la caracterización hidrológica realizada para la zona de actuación con el objetivo de determinar los caudales de avenida a utilizar en la modelización hidráulica. A seguir, se muestran los criterios establecidos en la modelización hidráulica bidimensional, los datos de partida adoptados, las condiciones de contorno definidas y toda la información empleada para la realización de este modelo.

Por último, se muestran las láminas de inundación obtenidas con base en la modelización realizada, para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, para el estado actual de la parcela y para la situación proyectada, que considera la implementación del parque empresarial en la parcela.

## 2. ZONA DE ACTUACIÓN

La parcela, objeto de estudio, se localiza en Coristanco (A Coruña), en las proximidades del Río Grande (CODRIO 149019) y del Rego da Balsa (CODRIO 149021), así como de tres cursos de agua sin denominación (IDECURSO 950140076887, IDCURSO 983610005573, IDCURSO 950140070576), los cuales pertenecen a la red pendiente de revisión, según el visor GIS de la Demarcación Hidrográfica Galicia Costa (<http://mapas.xunta.gal/visores/dhgc/>). Igualmente, la zona de actuación se localiza inmediatamente aguas arriba de la confluencia del Río Grande con el Río Anllóns.

En la Figura 1 y Figura 2, se muestra la localización de la zona de actuación y la identificación de los principales cursos de agua existentes en las proximidades. Como se puede observar, a su vez, aguas arriba de la zona de actuación se localiza la confluencia del Río Rosende con el Río Grande.





Figura 1. Localización de la zona de actuación, en las proximidades del Río Grande y del Rego da Balsa



Figura 2. Identificación de los principales cursos de agua

La zona de actuación no se encuentra en ninguna Área con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI) identificada por Augas de Galicia. No obstante, se encuentra cerca de la ARPSI denominada Río Anllóns - Carballo (APSFRCODE ES014-CO-10-01-04).

Asimismo, la zona de actuación se encuentra en la Zona de Policía del Río Grande, la cual se define como la zona constituida por una franja lateral de cien metros de anchura a cada lado, contados a partir de la línea que delimita el cauce, en las que se **condiciona el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen**, de acuerdo con la legislación de aguas (texto refundido de la Ley de Aguas).



Por estes motivos, con el fin de determinar si la parcela, zona de actuación, es afectada por la ocurrencia de inundaciones, se realiza el presente estudio de inundación.

### 3. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

En este apartado se muestran los caudales de partida disponibles para la identificación de los caudales de avenida necesarios para la modelización hidráulica y la caracterización hidrológica de las cuencas drenantes que contribuyen para la zona de actuación.

La caracterización hidrológica permite identificar los caudales de avenida en la zona de actuación, así como los respectivos caudales de cada cuenca aportante, necesarios para la modelización hidráulica de la zona de actuación. Para el desarrollo de la modelización hidráulica, se analiza la contribución de los cursos de agua más relevantes próximos a la zona de actuación.

#### 3.1.- CAUDALES

Para el cálculo de los caudales de avenida a utilizar en la modelización, se analizaron los datos de caudal de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (MAPRI) y los datos de observación de la estación de aforo más próxima a la zona de actuación. La única estación de aforo disponible se localiza en el Río Anllóns, en el cual desemboca el Río Grande aguas abajo de la zona de actuación. A pesar de que la confluencia entre ambos ríos está ubicada aguas abajo de la zona de actuación, la ARPSI Río Anllóns - Carballo podría tener influencia en la inundabilidad de la parcela, siendo necesario considerar su contribución en el modelo.

La definición de las secciones de control se realizó con base en los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (MAPRI) de forma a permitir una mejor identificación de los caudales a definir en el modelo, así como la comparación de los resultados.

#### Datos de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (MAPRI)

Los valores de caudales se recogen en el documento de **Implantación del Segundo Ciclo de la Directiva de Inundables (2007/60/CE): Actualización y Revisión de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica Galicia Costa para el Ciclo 2021-2027**, y aparecen reflejados en el visor GIS de la Demarcación Hidrográfica Galicia Costa (<http://mapas.xunta.gal/visores/dhgc/>).

Para la zona de actuación, aún no están disponibles los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (MAPRI). Por tanto, para la identificación de los caudales de avenida se recurre a las láminas de inundación más próximas disponibles, las cuales se sitúan en el Río Grande y en el Río Anllóns. Asimismo, cabe destacar que no existen láminas de inundación disponibles a lo largo del Río Rosende, el cual también contribuye para la zona de actuación, que permitan determinar los respectivos caudales de avenida,



En la Figura 3, se muestra, a título de ejemplo, el caudal de avenida en la zona de actuación para un periodo de retorno de 500 años ( $T=500$  años) para el Río Grande y en Río Anllóns. Los caudales de avenida se obtuvieron para la sección final de cada tramo de inundación, que corresponde a los respectivos puntos de control de aguas arriba a definir en el modelo.

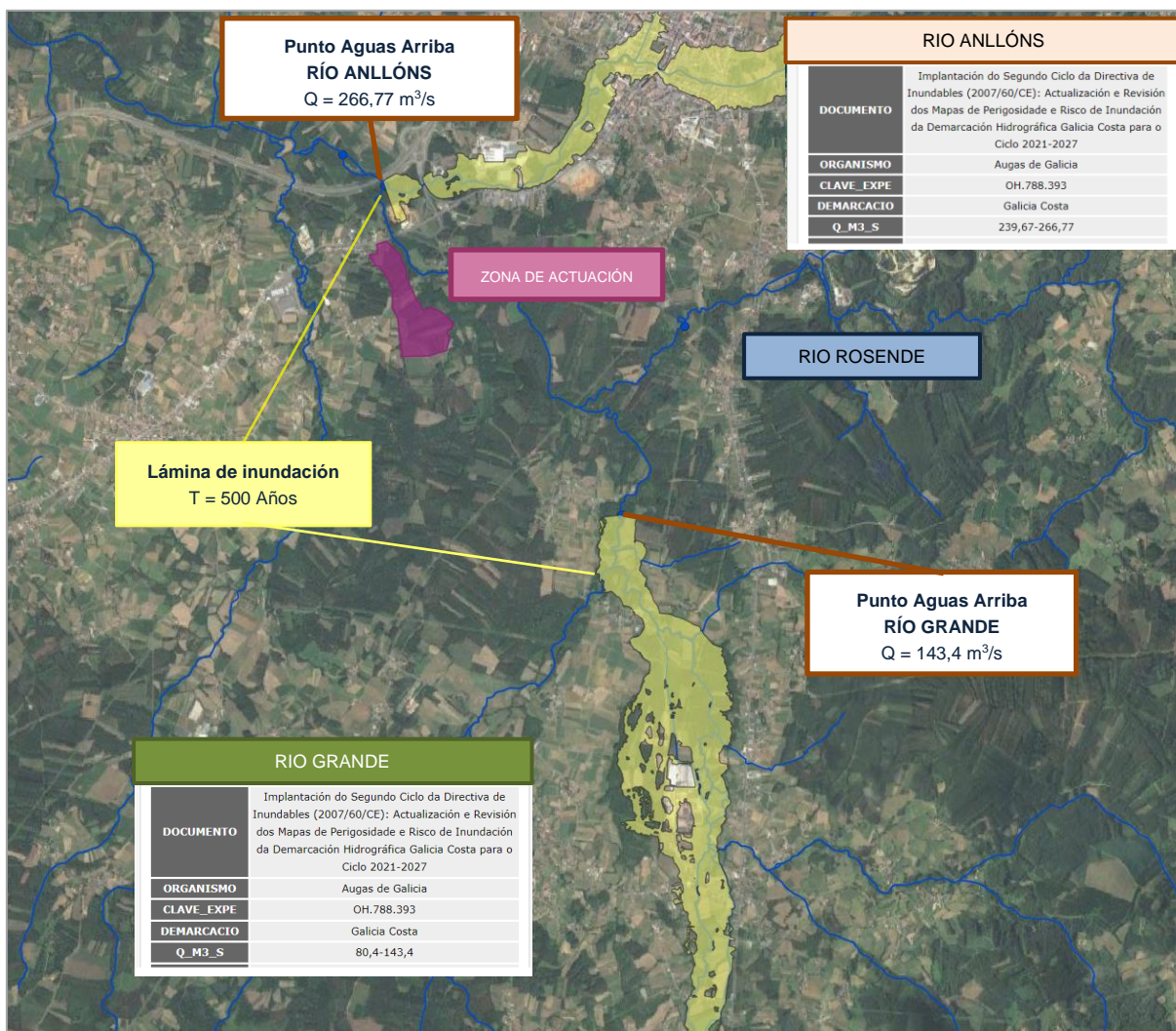


Figura 3. Caudal de avenida  $T = 500$  años del Río Grande y del Río Anllóns, con base en el visor de la Demarcación Hidrográfica Galicia-Costa

A continuación, se muestran los caudales de avenida para la zona de actuación, considerando los diferentes periodos de retorno ( $T= 10, 100$  y  $500$  años), según el visor de la Demarcación Hidrográfica Galicia Costa.



Tabla 1. Caudales de avenida para la zona de actuación, considerando los diferentes periodos de retorno ( $T= 10, 100$  y  $500$  años), según el visor de la Demarcación Hidrográfica Galicia-Costa

Punto de Control	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>500</sub> (m <sup>3</sup> /s)
<u>Río Grande</u>			
Aguas arriba	77,2	115,2	143,40
<u>Río Anllóns</u>			
Aguas arriba	141,45	212,69	266,67
<u>Río Rosende</u>			
Aguas arriba	No disponible	No disponible	No disponible

Por su menor magnitud, y por estar localizado a una distancia significativa de la zona de actuación, así como no estar disponibles datos de caudal, no se considera la contribución del Rego da Balsa.

#### Datos de observación

Para la zona de actuación solo se dispone de datos de aforo en el Río Anllóns, registrados en la estación de aforo **Nº 483 – ANLLÓNS (Carballo)**. A continuación, se analizan los datos observados en esta estación, obtenidos a través de la página de Augas de Galicia. Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa, en los Anuarios de Aforos disponibles.

Se analizaron los caudales máximos diarios de los últimos 11 años (2010-2021) e, posteriormente, se estimaron los caudales de avenida en el punto de aforo a través de una función de Gumbel. En la Tabla 2, se muestra los caudales de avenida obtenidos a través del ajuste de Gumbel para la estación de aforo Nº 483 – Anllóns – Carballo.



Tabla 2. Ajuste de Gumbel de los caudales de avenida de la estación de aforo Nº 483 – Anllóns - Carballo

<b>FICHA ESTACIÓN DE AFORO 483 – ANLLÓNS - Carballo</b>					
Caudal máximo anual					
Ajuste de la serie temporal mediante la función Gumbel					
Nº DE ORDEN	AÑO	Q. MÁX DIARIO (m <sup>3</sup> )	PERIODO DE RETORNO (anos)	PROB. SUCESO	CAUDAL AJUST. Q (m <sup>3</sup> /s/día)
1	2010/11	52,73	<b>GUMBEL</b>		
2	2011/12	11,69	5	0,200	60,80
3	2012/13	25,49	10	0,100	83,60
4	2013/14	21,61	25	0,040	112,40
5	2014/15	22,17	50	0,020	133,80
6	2015/16	111,72	100	0,010	155,00
7	2016/17	10,09	500	0,002	204,00
8	2017/18	14,97			
9	2018/19	14,13			
10	2019/20	29,18			
11	2020/21	21,25			
<b>GUMBEL:</b> $x - \sigma / \sigma n * (\ln(\ln(\text{Tr}/(\text{Tr}-1)))+y_n)$			VALOR MEDIO $\bar{x}$ 30,4573		
			DESVIACIÓN TÍPICA $\sigma$ 29,3789		
$\sigma n = 0.9676$			COEFICIENTE VAR. $C_v = 0,964594563$		
$y_n = 0.4996$					

Como indicado en el portal de la Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa, la estación de aforos se localiza en una sección del Río Anllóns totalmente compuesta por estructura de hormigón, delimitada por muros verticales a ambos lados, presentando un cauce totalmente regular.

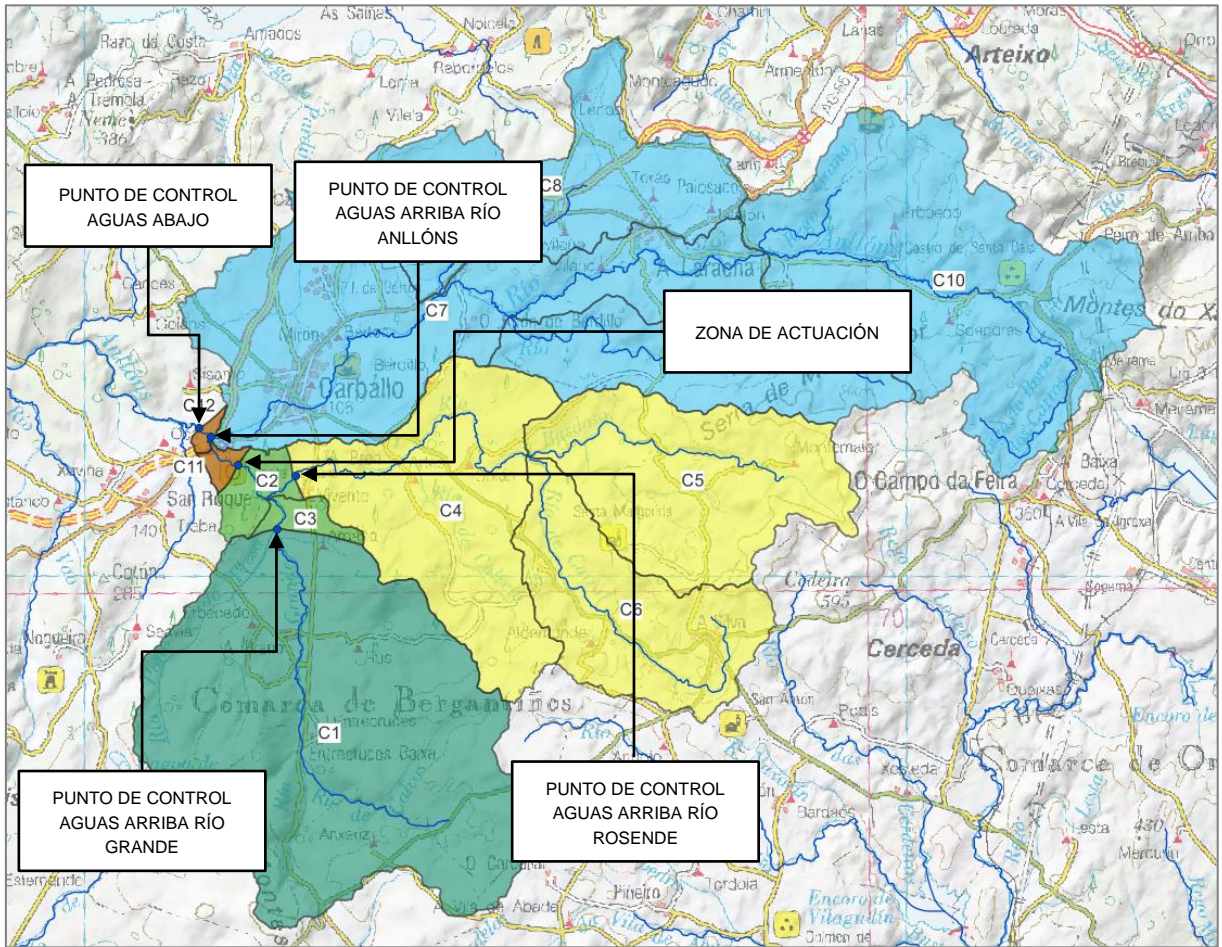
### 3.2.- CAUDALES DE AVENIDA

Para determinar los caudales correspondientes a los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años en la zona de actuación, se considera la proporcionalidad de los caudales de diseño en función de la superficie de las cuencas de drenaje en cada punto de control. Por consiguiente, se adopta la hipótesis de que las cuencas disponen de usos del suelo similares entre ellas dada la homogeneidad existente en el entorno de la zona de actuación.

En la Figura 4, se muestran las cuencas de drenaje para cada uno de los puntos de control considerados para el cálculo de los caudales de avenida.







*Figura 4. Identificación de los puntos de control y las respectivas cuencas de drenaje (Azul: cuenca del punto de control aguas arriba – Río Anllóns; Amarillo: cuenca del punto de control aguas arriba – Río Rosende; Verde oscuro: cuenca del punto de control aguas arriba – Río Grande; Verde claro: cuenca del punto de control de la zona de actuación; Marrón: cuenca del punto de control aguas abajo)*

Una vez identificadas las respectivas cuencas, se calculan los caudales en la zona de actuación de forma proporcional a los caudales de avenida del Río Grande, que considera la contribución del mismo en el tramo localizado aguas arriba y del Río Rosende. A continuación, en la Tabla 3, se identifican los caudales de avenida estimados.



Tabla 3. Caudales de avenida en la zona de actuación para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años

Río	Puntos de control	Superficie cuencas (km <sup>2</sup> )	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>500</sub> (m <sup>3</sup> /s)
<u>Río Anllóns</u>	Aguas arriba Río Anllóns	133,93	141,45	212,69	266,67
<u>Río Grande</u>	Aguas arriba Río Grande	65,00	77,2	115,2	143,40
<u>Río Rosende*</u>	Aguas arriba Río Rosende	72,57	86,19	128,61	160,09
<b>Zona de actuación</b>		<b>4,34</b>	<b>168,54</b>	<b>251,50</b>	<b>313,07</b>

\*Caudales estimados con base en los caudales de avenida del Río Grande.

Como referido, por falta de datos de caudal procedentes de los Mapas MAPRI y de datos de aforo, así como por ser cuencas con características semejantes, los caudales de avenida para el Río Rosende se estimaron con base en la hipótesis de proporcionalidad en función de los caudales disponibles para el Río Grande.

#### 4. PARAMETROS DE CÁLCULO

##### 4.1.- MODELO HIDRÁULICO

Para analizar las zonas de inundación, se ha desarrollado un modelo hidráulico bidimensional del entorno utilizando con base en el modelo de terreno LiDAR 2ª cobertura del Instituto Geográfico Nacional, procesado a una malla de elevaciones geotiff, con paso de 1x1 m.

Para la modelización, se adoptó un paso de malla de 10 m y se identificaron las líneas de rotura necesarias para el definir los límites de los cauces del Río Grande, Anllóns y Rosende, en cada caso de cálculo. Para los cursos de agua, se adoptó un paso de malla inferior (5 m). El paso de malla adoptado permite analizar la inundabilidad en la zona de actuación con la precisión necesaria, sin alcanzar tiempos de cálculo excesivos. Asimismo, se incorporaron las edificaciones existentes, con base en la información disponible en la Sede electrónica del Catastro, como barreras al flujo de agua en el modelo.

En las Figura 5, se muestra la malla computacional utilizada en el modelo bidimensional para el estado actual y para la situación proyectada. En el presente estudio, se adoptó un tiempo de simulación de 24 horas en flujo no permanente, con intervalo de computación de 5 segundos. A lo largo de las diferentes simulaciones, no se registraron inestabilidades numéricas ni excesos de iteración.



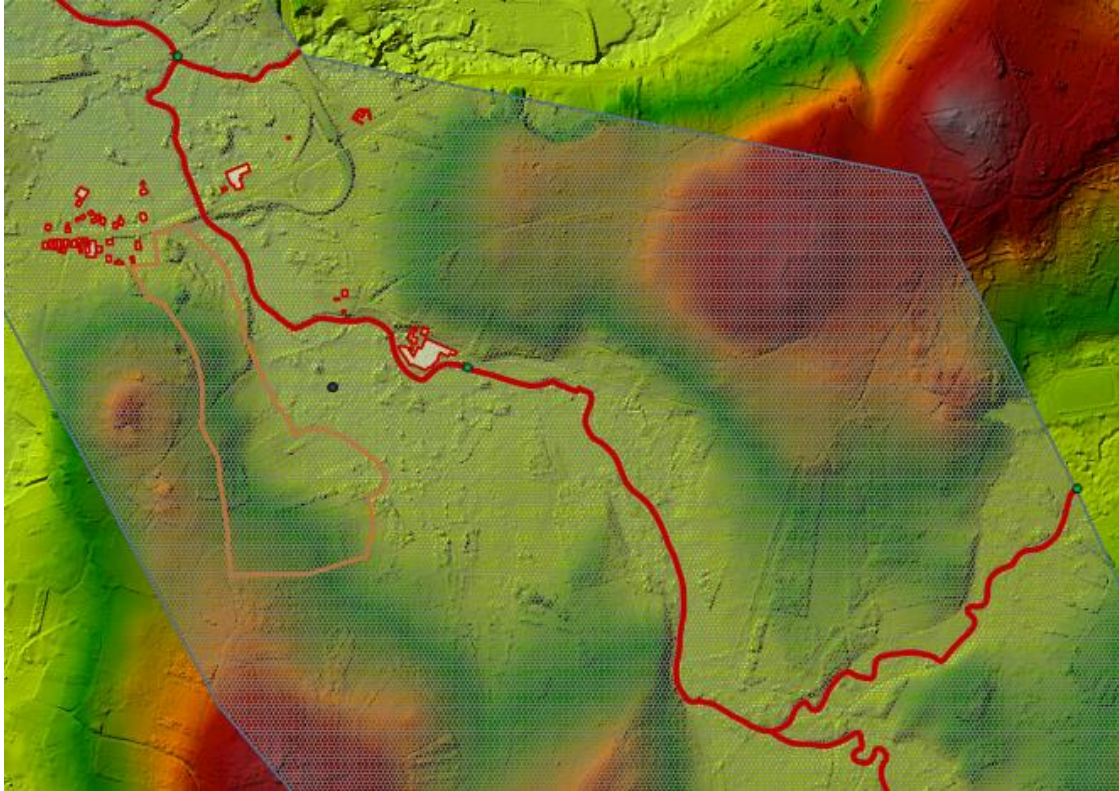


Figura 5. Malla computacional empleada en estado actual y en la situación proyectada

En la Figura 6, se muestra un detalle de la malla computacional alrededor de la parce, objeto de estudio, para la situación proyectada.



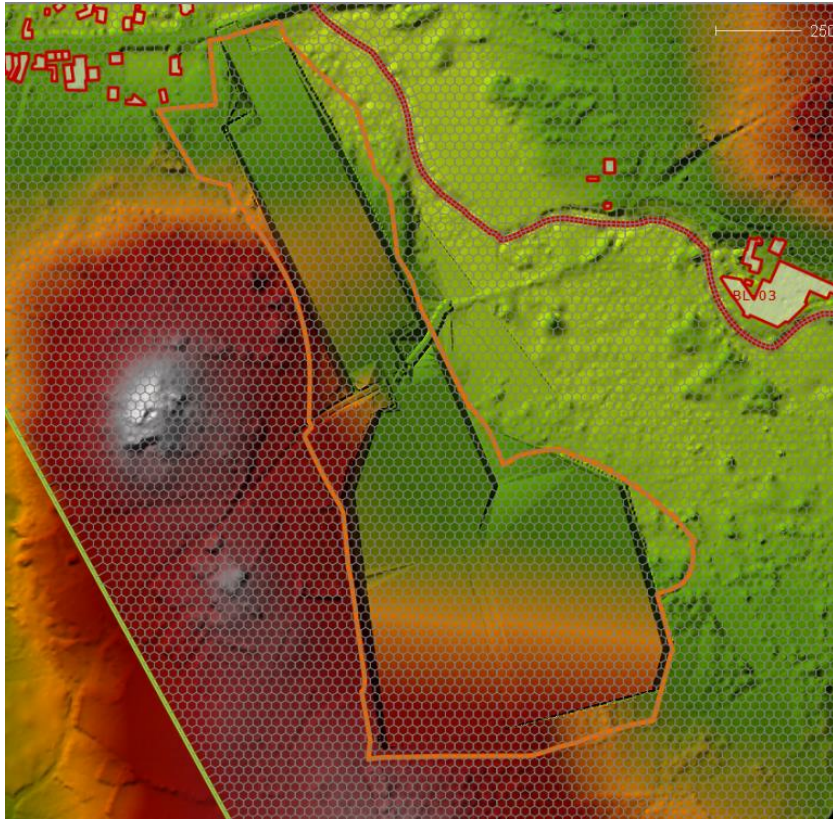


Figura 6. Detalle de la malla computacional en la parcela, objeto de estudio, para la situación proyectada

#### 4.2.- HIDROGRAMAS DE CÁLCULO

La simulación del caudal en régimen no permanente se desarrolla mediante la definición de los hidrogramas, los cuales se calibran previamente con base en los caudales pico para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, indicados en la Tabla 3. Para la modelización de la zona de actuación, es necesaria la obtención de los hidrogramas de caudal para el Río Grande, el Río Rosende y el Río Anllóns.

Con base en los caudales pico para cada periodo de retorno, se calibraron los hidrogramas para cada curso de agua a partir del método del hidrograma unitario del S.C.S. (*Soil Conservation Service*), de los Estados Unidos de América, el cual considera los datos particulares de la cuenca para la obtención del tiempo pico.

Se muestran a continuación, a título de ejemplo, los resultados obtenidos para el Río Grande.



<b>Tiempo de concentración (Kirpich)</b>	$t_c$	<b>2,121 h</b>
Longitud del Cauce Principal	L	13,886 km
Pendiente del cauce principal	i	0,0235
<b>Duración en exceso</b>	$d_e$	<b>2,121 h</b>
<b>Tiempo de retraso</b>	$t_r$	<b>1,273 h</b>
<b>Tiempo pico</b>	$t_p$	<b>2,333 h</b>

Como no se dispone de datos de aforo para el Río Grande, así como para el Río Rosende, se adopta la hipótesis de que el caudal de base es nulo.

En la Figura 7 se representan los hidrogramas definidos como condición de contorno en el punto de control aguas arriba del Río Grande para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

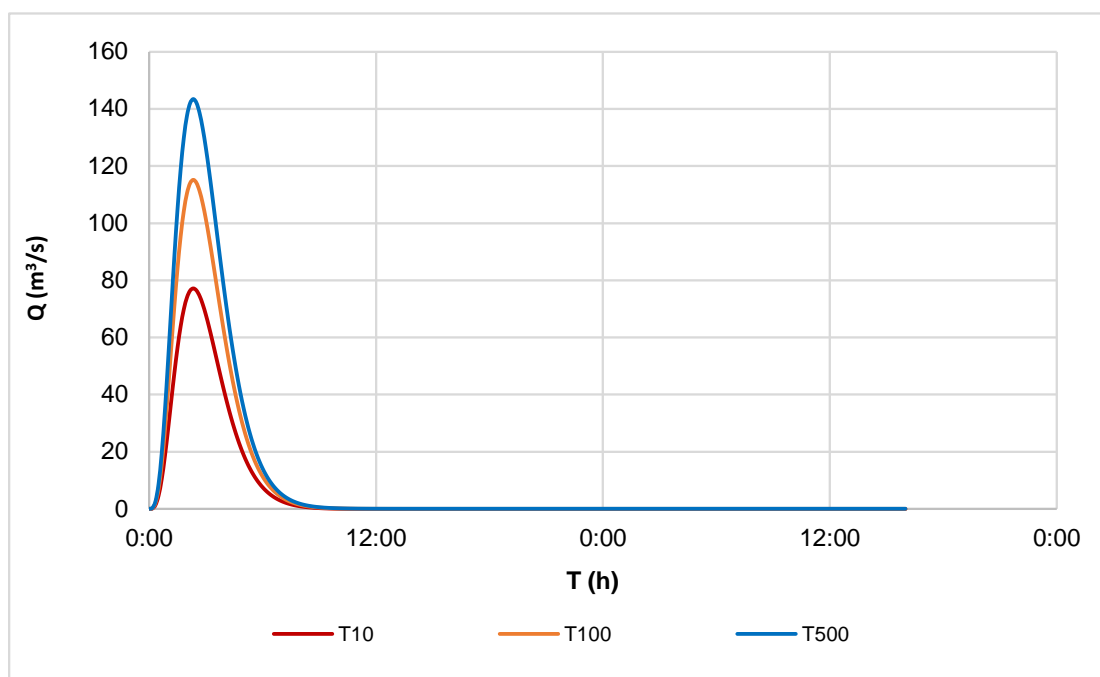


Figura 7. Hidrogramas de cálculo calibrados para el punto de control aguas arriba en el Río Grande, para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años

Aplicando el mismo método, se determinan los respectivos hidrogramas de cálculo para los Ríos Anllóns y el Río Rosende.



En el caso del Río Anllóns, se calcula también el caudal base ( $Q_b$ ), a definir en el punto de control aguas arriba, como promedio de los datos recogidos en la estación de aforo **Nº 483 – ANLLÓNS (Carballo)**. El  $Q_b$  adoptado para el Río Anllóns es de  $7,80 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 4.3.- CONDICIONES DE CONTORNO

Se identificaron las condiciones de contorno en los puntos de control de aguas arriba de cada curso de agua, Río Grande, Anllóns y Rosende, y en el punto de control de aguas abajo. Dada la localización de la parcela, fue necesario identificar las condiciones de contorno aguas arriba en todos los cursos de agua existente con el fin de simular adecuadamente la lámina de inundación.

Como condiciones de contorno aguas arriba se definieron los hidrogramas de cálculo de cada curso de agua a lo largo del borde de la llanura de inundación. Con respecto a la condición de contorno aguas abajo, se estableció el calado normal para una pendiente  $i = 0,005$ .

#### 4.4.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

Para la estimación de los valores del coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ) se han utilizado los valores recogidos en el anejo V de la Guía Metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables, editado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. En este anejo, se proponen valores del coeficiente de Manning para cada uno de los usos de suelo contemplados en el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE) y del CORINE 2000. Para el ámbito en estudio se han utilizado los datos recogidos en el SIOSE AR 2017.

Los valores aplicados en el cálculo se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Distribución de coeficientes de rugosidad de Manning

CODIGO IGE	DESCRIPCIÓN	n
101	Edificación	0,1
102	Zona verde artificial y arbolado urbano	0,09
104	Zonas pavimentadas o selladas	0,1
105	Piscina	0,025
106	Balsas y estanques	0,015
111	Otras construcciones	0,1
112	Construcción deportiva	0,1
121	Suelo no edificado	0,04
122	Zona abierta	0,04
133	Zonas de vertido	0,04
140	Red de transporte terrestre sin catalogar	0,1



CODIGO IGE	DESCRIPCIÓN	n
141	Autopistas y autovías	0,1
143	Vías urbanas	0,1
144	Caminos y sendas	0,1
200	Cultivos	0,05
210	Cultivos herbáceos	0,04
219	Cultivos herbáceos y prados	0,04
223	Frutales no cítricos	0,06
231	Viñedo	0,05
280	Huerta	0,05
290	Prados	0,035
300	Pastizal	0,035
301	Pastizal-matorral	0,035
302	Pasto arbolado	0,035
310	Arbolado	0,07
312	Fronosas caducifolias	0,07
313	Fronosas perennifolias	0,07
316	Coníferas	0,07
317	Arbolado mixto	0,07
320	Matorral	0,05
330	Terrenos con escasa o nula vegetación	0,035
511	Cursos de agua	0,04
513	Lagos y lagunas	0,025

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1.- ESTADO ACTUAL

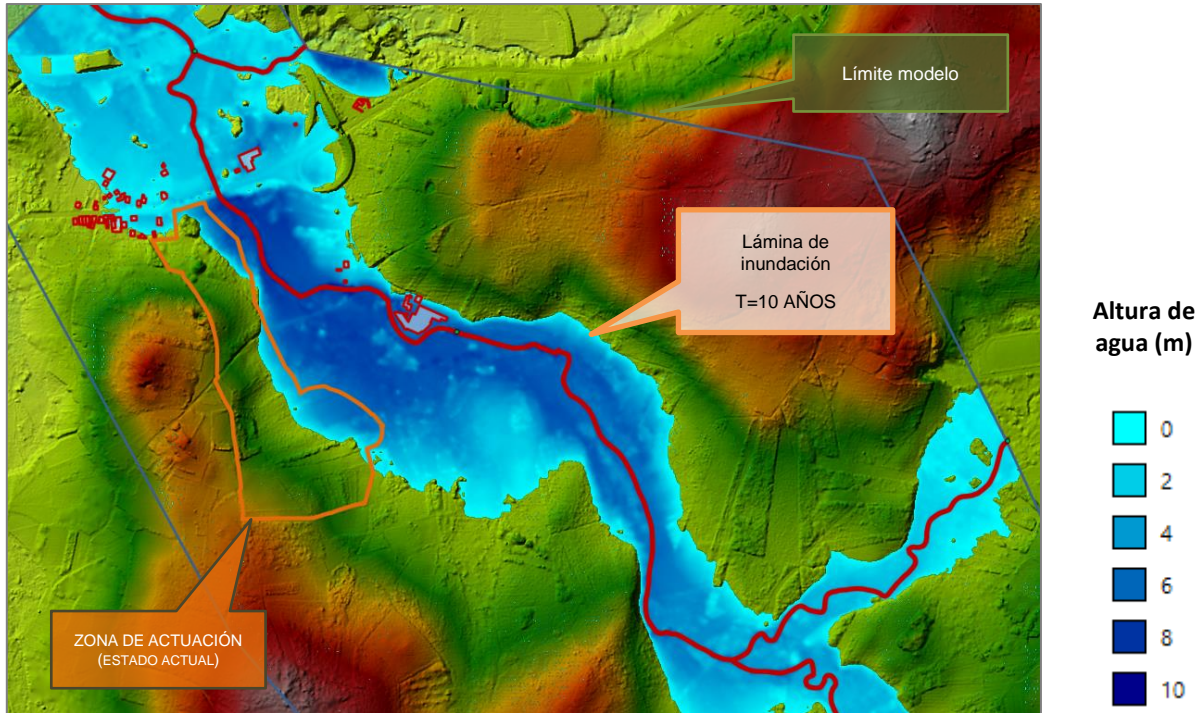
Siguiendo los pasos anteriormente descritos, se ha realizado una simulación del modelo del terreno del estado actual con una duración de 24 horas. Se obtuvieron las láminas de inundación, así como el campo de velocidades máximas, para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

El objeto de la modelización del estado actual es identificar la inundabilidad en la parcela, objeto de actuación, para los diferentes periodos de retorno, así como validar la idoneidad del modelo digital del terreno disponible para la zona de estudio. Como antes referido, actualmente no se encuentran disponibles los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (MAPRI) para la zona de actuación.



### 5.1.1.- Láminas de inundación

A continuación, en las Figura 8, Figura 9 y Figura 10, se muestran las láminas de inundación para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, junto con la zona de actuación.





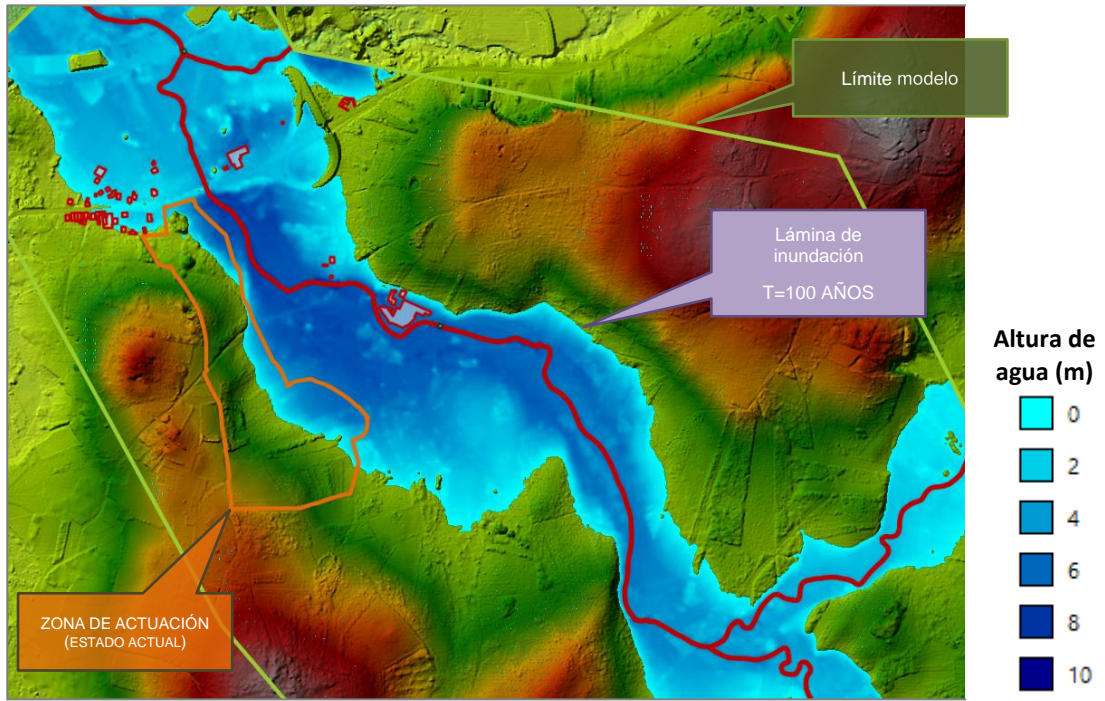


Figura 9. Estado actual. Lámina de inundación para T=100 años

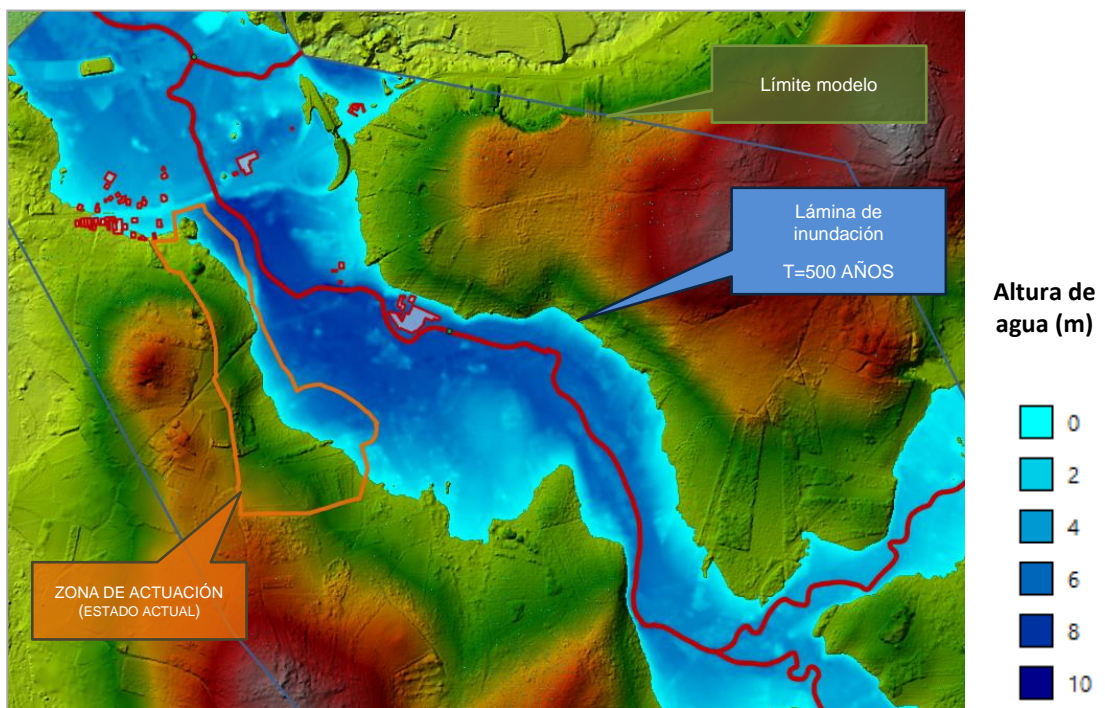


Figura 10. Estado actual. Lámina de inundación para T=500 años



### 5.1.1.- Velocidad máxima

A continuación, se muestran el campo de velocidades máximas para el estado actual de la parcela, considerando los diferentes periodos de retorno.

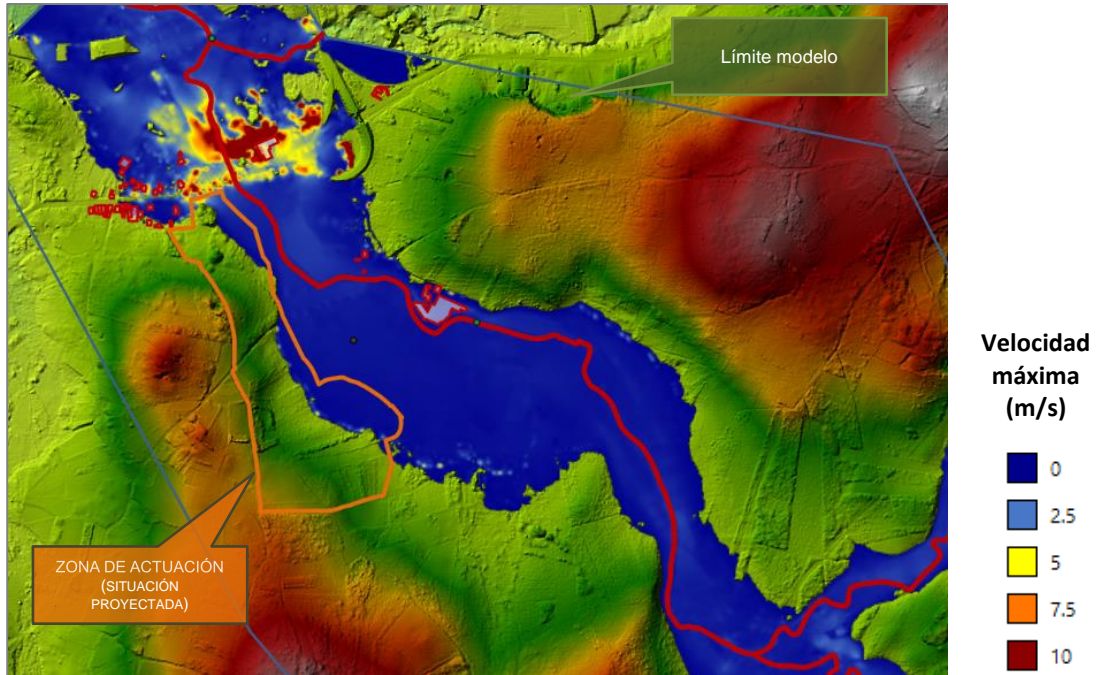


Figura 11. Situación proyectada. Velocidad máxima para T=10 años

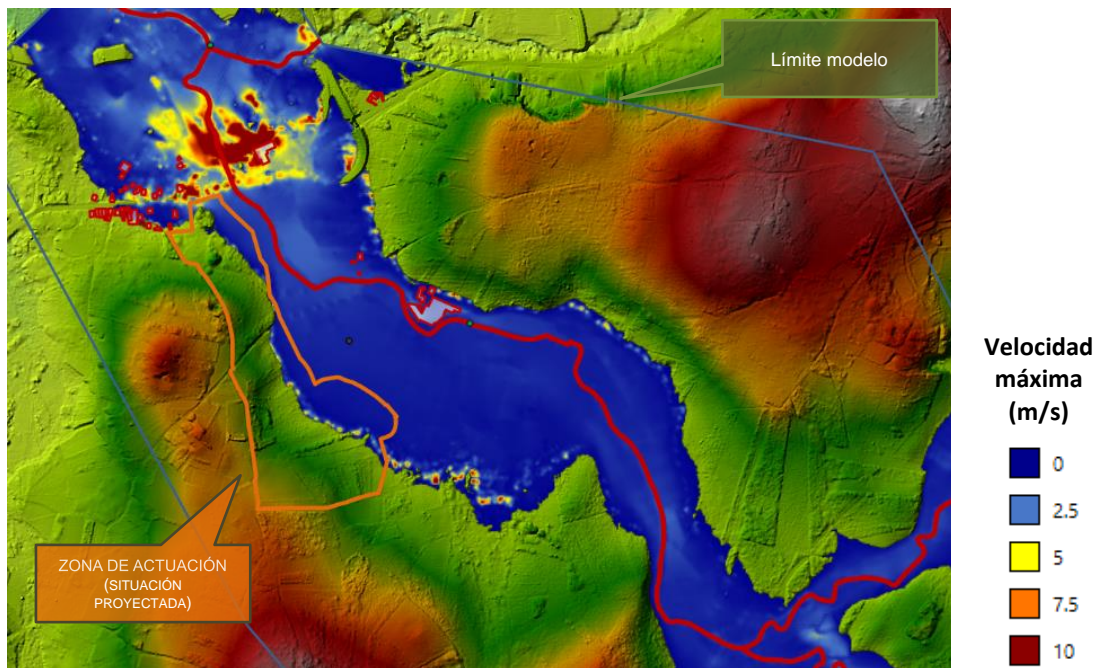


Figura 12. Situación proyectada. Velocidad máxima para T=100 años



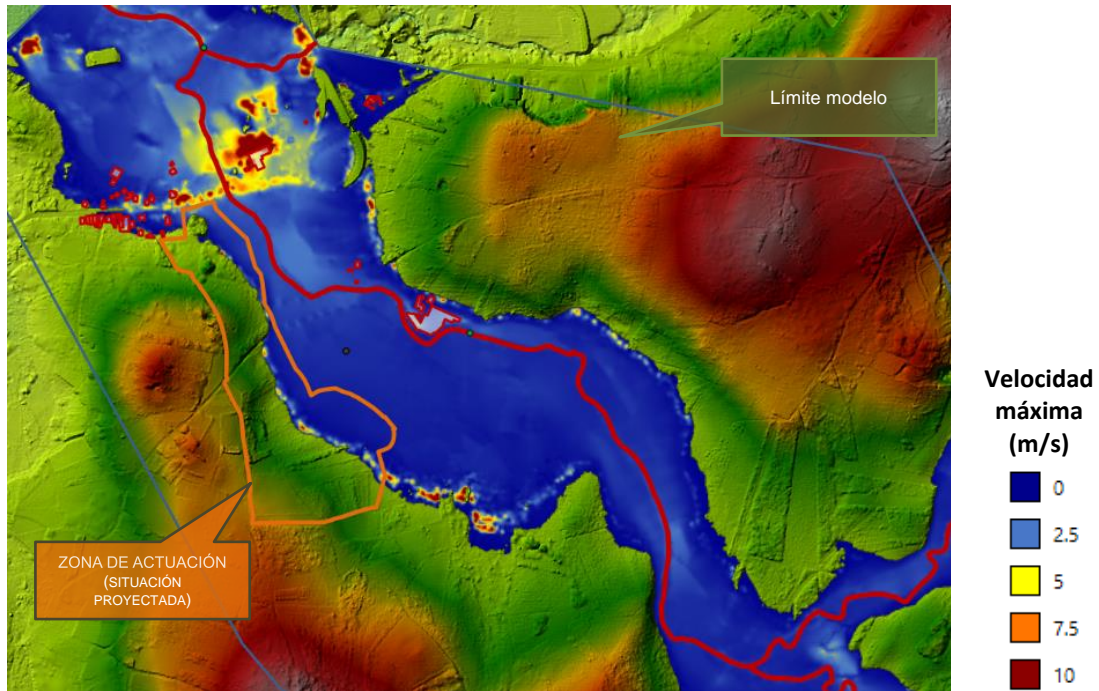


Figura 13. Situación proyectada. Velocidad máxima para T=500 años

## 5.2.- SITUACIÓN PROYECTADA

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la situación proyectada de la parcela para una duración de 24 horas, la cual considera la implementación del parque empresarial de Coristanco.

Se obtuvieron las láminas de inundación, así como el campo de velocidades máximas, para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

### 5.2.1.- Láminas de inundación

En este epígrafe se muestran los resultados obtenidos para la situación proyectada, que considera la implementación del parque empresarial en la parcela.



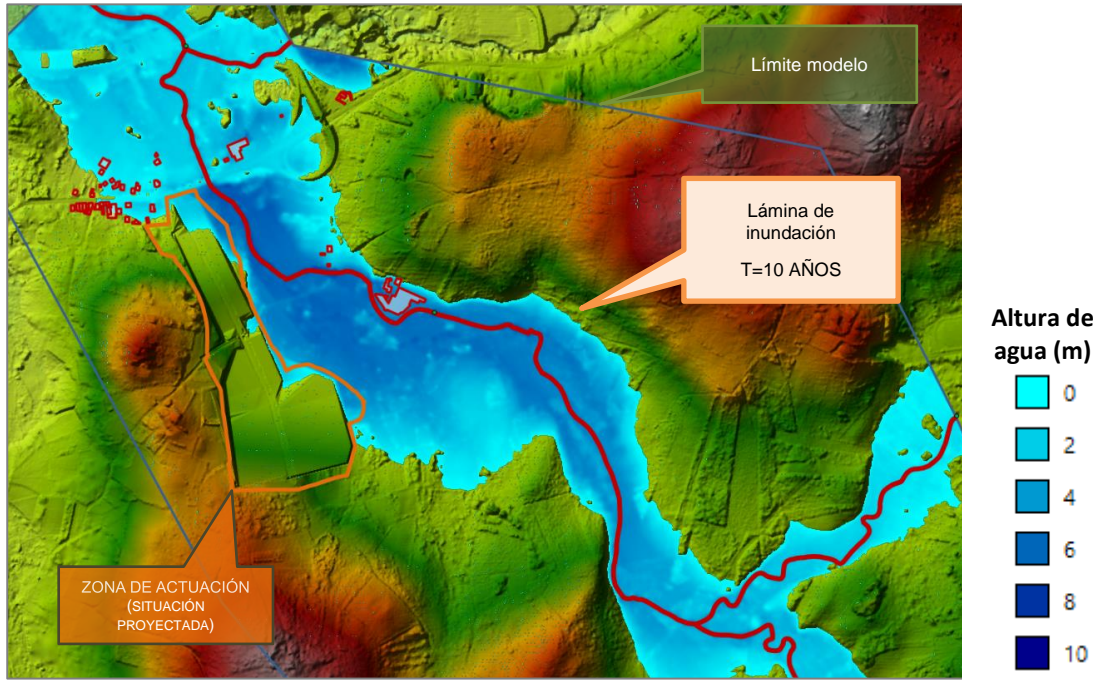


Figura 14. Situación proyectada. Cota de lámina de inundación para T=10 años

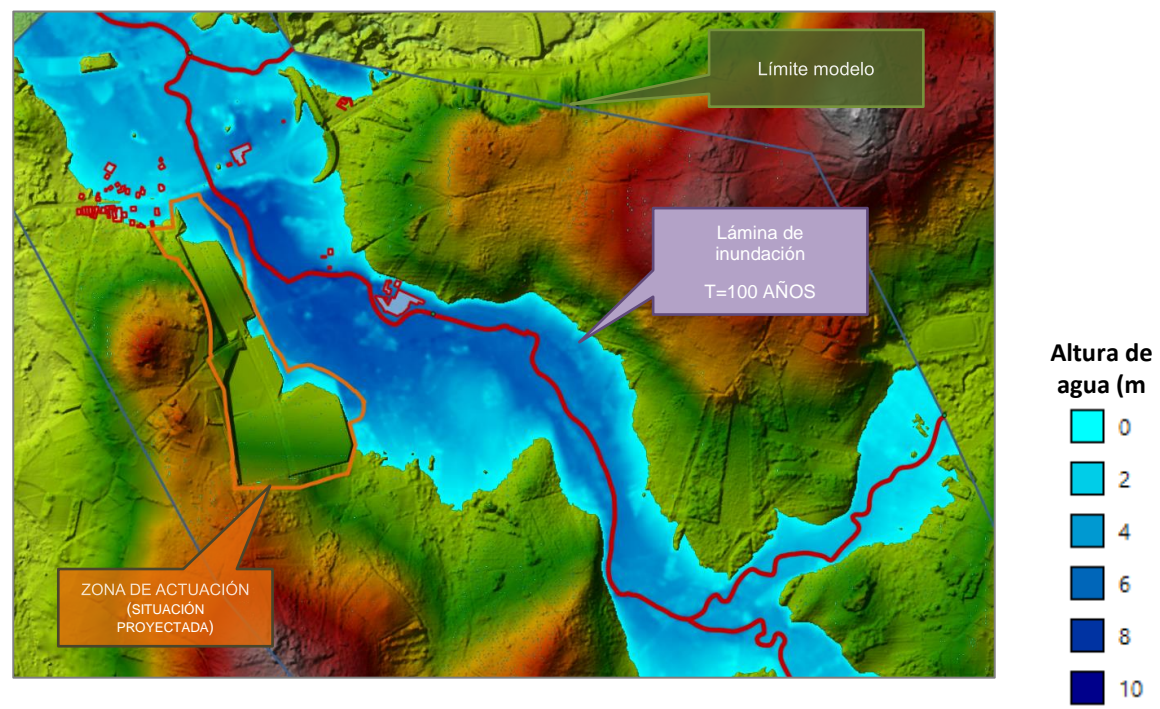


Figura 15. Situación proyectada. Cota de lámina de inundación para T=100 años



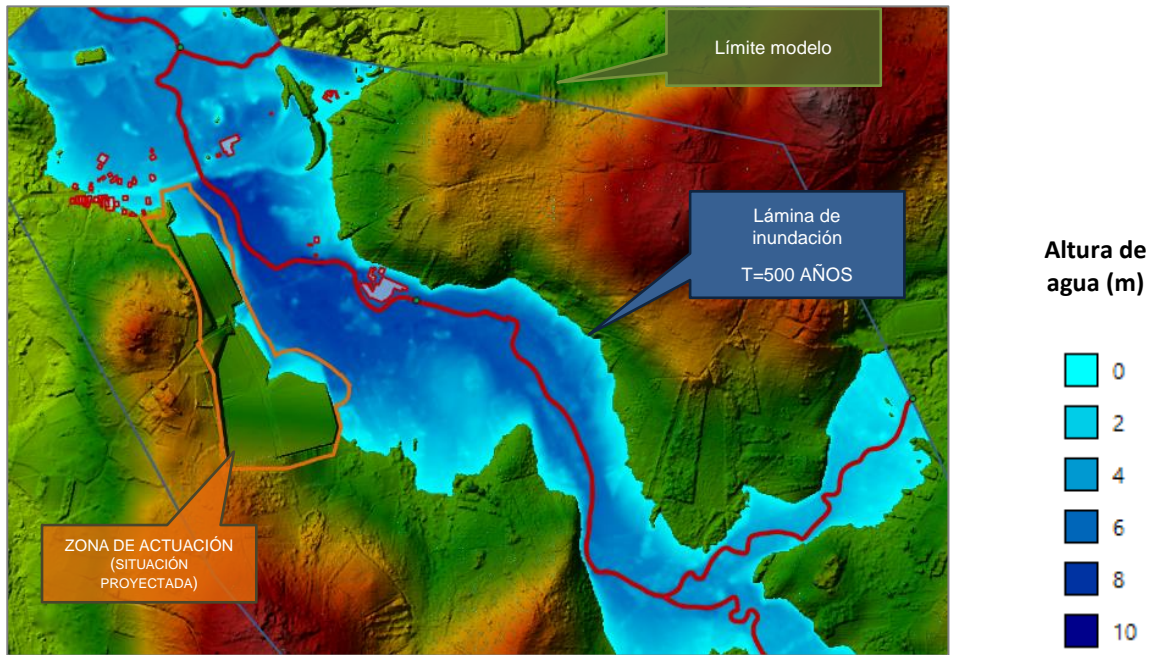


Figura 16. Situación proyectada. Cota de lámina de inundación para T=500 años

### 5.2.1.- Velocidad máxima

A continuación, se muestra el campo de velocidades máximas para la situación proyectada de la parcela, considerando los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

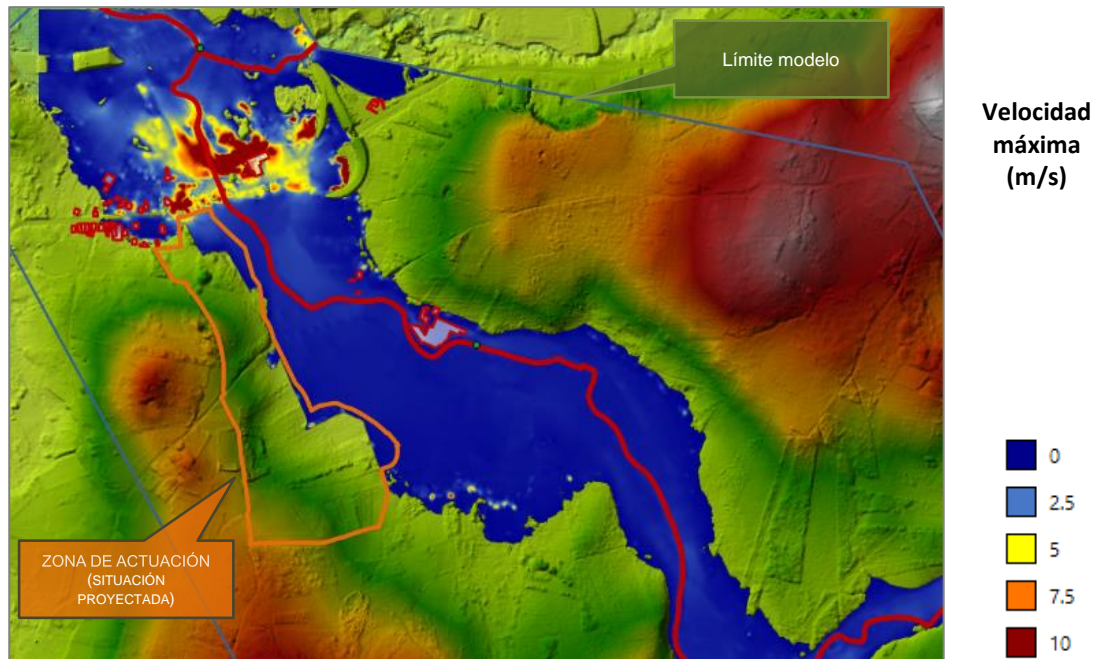


Figura 17. Situación proyectada. Velocidad máxima para T=10 años



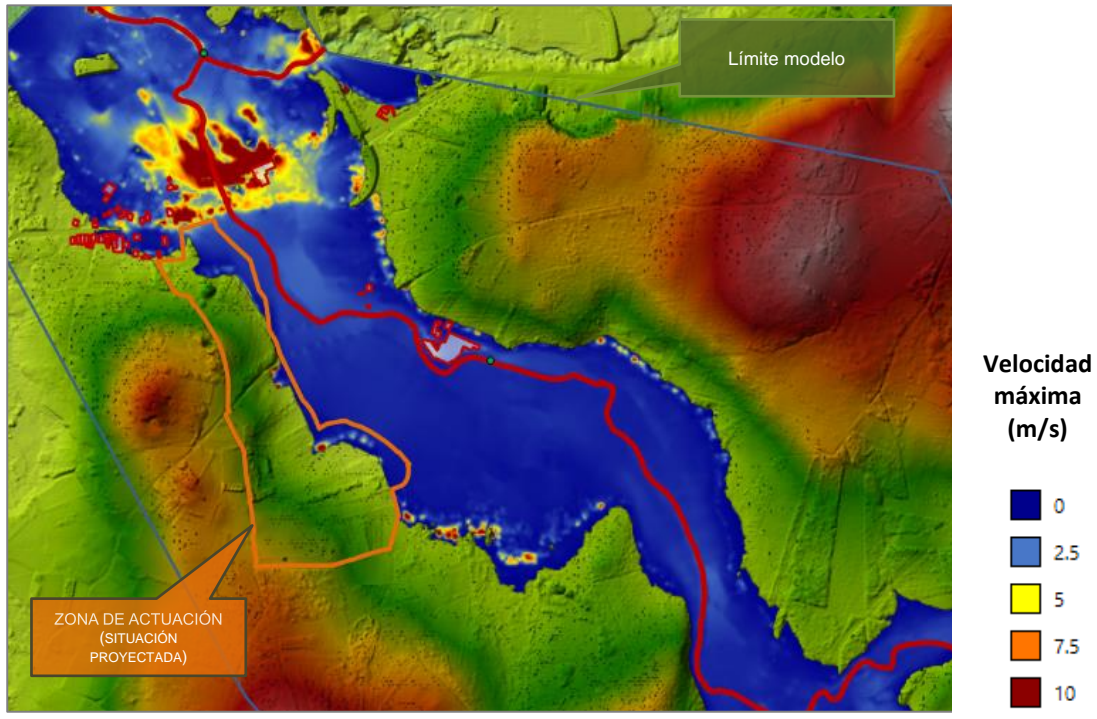


Figura 18. Situación proyectada. Velocidad máxima para T=100 años

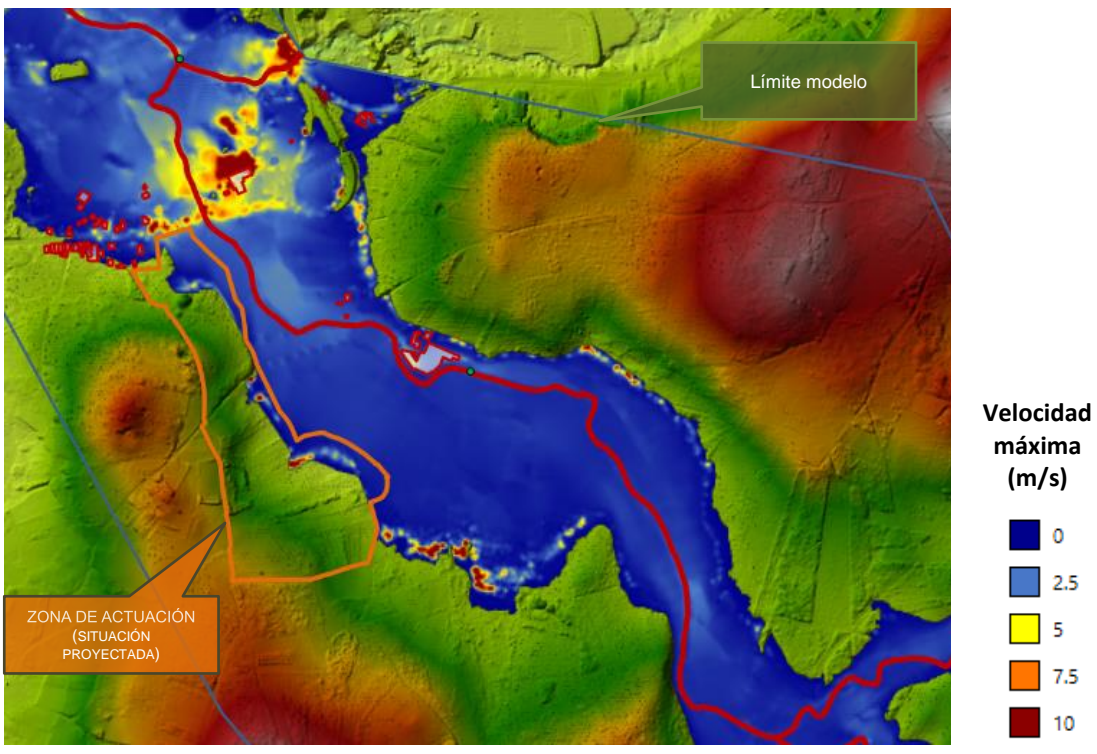


Figura 19. Situación proyectada. Velocidad máxima para T=500 años



## 6. CONCLUSIONES

El ámbito de actuación no está afectado por ninguna ARPSI delimitada por Aguas de Galicia.

En el informe emitido por el área de autorizaciones y concesiones de la subdirección general de gestión del dominio público hidráulico de fecha 25 de mayo de 2020 en relación al Estudio de Viabilidad para el desarrollo del Parque Empresarial de Coristanco se requería el análisis de la zona noreste del ámbito como posible área de inundación, debiéndose incorporar el correspondiente estudio de inundabilidad del río Grande en el documento urbanístico a desarrollar.

El presente estudio de inundabilidad desarrolla una modelización para períodos de retorno de 10, 100 y 500 años tanto para la situación actual como para la situación proyectada.

A tenor de lo expuesto en el presente estudio de inundabilidad cabe concluir que la actuación proyectada no genera modificaciones significativas en las zonas inundables actuales.

