



ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN  
DEL BARRANCO DE LA MUERTE  
EN EL T.M. DE ZARAGOZA  
(ZARAGOZA)  
INFORME PELIMINAR



Agosto 2023

<b>Historial de revisión</b>						
<b>Rev.</b>	<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>	<b>Autor</b>	<b>Revisor</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Aprobación del cliente</b>
1	26/08/2023	Memoria Técnica	Eduardo Lastrada Marcén	Julio López Blázquez	Primer Borrador	
2	28/08/2023	Memoria Técnica	Eduardo Lastrada Marcén	Julio López Blázquez	Informe Preliminar	
3	29/08/2023	Memoria Técnica	Eduardo Lastrada Marcén	Julio López Blázquez	Informe Preliminar	
4						
5						

***Declaración Responsable:***

*Los autores responsables de la preparación y elaboración de este informe declaran no tener, ni esperar tener un derecho de usufructo en el área de estudio de este proyecto y la voluntad de no beneficiarse de ninguna de las recomendaciones formuladas en este informe.*

*La preparación de este informe ha estado de acuerdo con la información e indicaciones proporcionados por el cliente y se ha confiado en la información, los datos y los resultados previstos o recogidos de las fuentes.*

*Toda la información contenida en este informe está preparada para el uso exclusivo del cliente y no debe ser utilizado para ningún otro propósito o por cualquier otra persona o entidad sin su consentimiento. No debe confiarse en la información contenida en este informe para cualquier otro propósito aparte de los expuestos en él.*

*Los autores responsables de la preparación y elaboración de este informe no asumen ninguna responsabilidad por cualquier pérdida, daño o inconveniente que surja de cualquier persona o entidad que utilice la información de este estudio para fines distintos a los indicados anteriormente.*

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	1
1.2. EQUIPO TÉCNICO.	1
1.3. ANTECEDENTES TÉCNICOS.	2
1.4. NORMATIVA Y RECOMENDACIONES.	4
1.5. ÁMBITO DEL ESTUDIO. DEFINICIÓN DE LA CUENCA.	5
<b>2. ESTUDIO HISTÓRICO Y GEOMORFOLÓGICO.</b>	<b>6</b>
2.1. CONFIGURACIÓN HISTÓRICA	6
2.2. SITUACIÓN ACTUAL	10
<b>3. ESTUDIO DE INUNDABILIDAD.</b>	<b>15</b>
3.1. ALCANCE Y METODOLOGÍA.	15
3.1.1. Información de partida	15
3.1.2. Fases de estudio.	16
<b>4. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO.</b>	<b>18</b>
4.1. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO.	18
4.2. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE PLUVIÓMETROS.	20
4.3. MAPAS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PRECIPITACIONES EN LA CUENCA.	22
4.4. ANÁLISIS EXTREMAL DE LAS LLUVIAS	26
<b>5. CÁLCULO DE CAUDALES SEGÚN EL MÉTODO RACIONAL.</b>	<b>33</b>
5.1. INTRODUCCIÓN.	33
5.2. METODOLOGÍA.	35
5.3. RESULTADOS.	46
<b>6. MODELO PLUVIOMÉTRICO – HIDRÁULICO 2D</b>	<b>51</b>
6.1. DOMINIO DE CÁLCULO. CAUCES ESTUDIADOS.	51
6.2. METODOLOGÍA.	51
6.3. CARTOGRAFÍA.	53
6.3.1. VUELO LiDAR.	53
6.3.2. Modelo Digital del Terreno.	54
6.3.2.1. Eliminación de puentes	55
6.3.2.2. Vectorización de edificios y otros obstáculos.	55

6.3.2.3.	Identificación de motas y terraplenes de obras lineales	57
6.3.2.4.	Productos finales. MDT.	57
<b>6.4.</b>	<b>COEFICIENTES DE RUGOSIDAD.</b>	<b>59</b>
<b>6.5.</b>	<b>INFRAESTRUCTURAS.</b>	<b>62</b>
6.5.1.	Red de colectores.	62
6.5.2.	Parque del Barranco.	65
6.5.3.	Cementerio de Torrero.	68
6.5.4.	Z-40, línea de ff.cc. AVE y aguas arriba.	70
6.5.5.	Otros.	72
<b>6.6.</b>	<b>MALLADO.</b>	<b>77</b>
<b>6.7.</b>	<b>CALIBRACIÓN DEL MODELO.</b>	<b>78</b>
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS EN SITUACIÓN ACTUAL.</b>	<b>80</b>
<b>7.1.</b>	<b>EVENTO DEL 6 DE JULIO.</b>	<b>80</b>
7.1.1.	Caudales circulantes.	80
7.1.2.	Calados máximos.	81
7.1.3.	Velocidades máximas.	82
7.1.4.	Zona de Graves Daños.	82
<b>7.2.</b>	<b>CAUDAL DE DISEÑO. T = 500 AÑOS.</b>	<b>84</b>
7.2.1.	Caudales circulantes.	84
7.2.2.	Calados máximos.	85
7.2.3.	Velocidades máximas.	86
7.2.4.	Zona de Graves Daños.	86
<b>8.</b>	<b>PLANTEAMIENTO Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS.</b>	<b>88</b>
<b>8.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>88</b>
<b>8.2.</b>	<b>FASE DE EJECUCIÓN Nº1.</b>	<b>92</b>
8.2.1.	Incremento de la capacidad de la O.D.T. del barranco de la Muerte.	92
8.2.2.	Muro de protección del CEIP María Zambrano.	92
8.2.3.	Canal perimetral aguas arriba de muro y prolongación de muro en C/Giovani Batista.	95
<b>8.3.</b>	<b>FASE DE EJECUCIÓN Nº 2.</b>	<b>99</b>
8.3.1.	Dique de laminación del barranco del Camino de Arráez.	99
8.3.2.	Dique de laminación inmediatamente aguas arriba del existente en el parque del barranco.	100
8.3.3.	Diques de laminación aguas arriba de la Z-40.	104
8.3.4.	Depósitos de tormenta en los campos de fútbol junto al cementerio de Torrero.	108

<b>8.4. OTRAS ALTERNATIVAS.</b>	<b>110</b>
8.4.1. Soterramiento del barranco de la Muerte en la Z-30.	110
8.4.2. Desvío del barranco de la Muerte o del barranco del camino de Arráez.	113
8.4.3. Reforestación aguas arriba para incrementar la infiltración.	113
<b>9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>114</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El evento hidrológico excepcional ocurrido en Zaragoza el día 6 de julio de 2023 y que tuvo su mayor impacto en los elementos vulnerables situados en el barranco de la Muerte, ocasionó cuantiosos daños materiales y humanos (heridos), poniendo de manifiesto el elevado riesgo de inundación, potencialmente significativo del citado barranco.

Los objetivos del presente estudio son:

- 1) Representar el evento ocurrido mediante un modelo pluviométrico-hidráulico bidimensional (gemelo digital pluviométrico-hidráulico).
- 2) Caracterizar el evento del día 6 de julio en términos probabilísticos.
- 3) Estudiar posibles actuaciones con el fin de minimizar el riesgo de inundación existente.

, con el fin de realizar un estudio para la reducción del riesgo de inundación del barranco de la Muerte, en el T.M. de Zaragoza.

### 1.2. EQUIPO TÉCNICO.

D. Eduardo Lastrada Marcén

Dr. I.C.C.P.

(+15 años experiencia)

D. Guillermo Cobos Campos

Dr. I.C.C.P.

(+25 años experiencia)

D. Juan Fernando Gutiérrez Argul

Ldo. CC. Geológicas.

(+30 años experiencia)

D. J. Agustín Collado Tramoyeres

Ldo. CC. Físicas.

(+30 años experiencia)

D. Alfonso Pedrero Muñoz	I. Topografía y Geodesia. (+30 años experiencia)
D. Alberto Barseló Ferrer	I. T. Agrícola (+10 años experiencia)
D. José Manuel Ballano	Delineación. (+30 años experiencia)

El presente estudio ha contado con la colaboración del Área de Hidrología y Sistema de Ayuda a la Decisión de la C.H.del Ebro, así como de la Agencia Estatal de METeorología.

### 1.3. ANTECEDENTES TÉCNICOS.

El barranco de la Muerte no aparece cartografiado por el Instituto Geográfico Nacional en la cartografía 1:25.000 vectorial, ni en los mapas raster. Tampoco aparece identificado en la cartografía 1:25.000 vectorial elaborada por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Sí que aparece citado el barranco de la Muerte por diversos acontecimientos de índole histórica en diversa documentación histórica.

Desde el punto de vista hidráulico, es importante comentar dos aspectos. En primer lugar, la existencia de una Obra de Drenaje Transversal en el antiguo trazado del Canal Imperial y que a día de hoy aun se conserva. Se trata de una sección abovedada de 4.0 m de altura y 2.70 m de altura, lo que supone una sección de aproximadamente 9.1 m<sup>2</sup>.



*Antigua O.D.T. en el antiguo trazado del Canal Imperial sobre el barranco de la Muerte.*

En segundo lugar, conviene mencionar que este barranco sufrió un evento excepcional de lluvias el 3 de octubre de 2007, recogido en un reciente INFORME DEL EVENTO DE LLUVIAS DEL 3 DE OCTUBRE DE 2007. POSIBLE AFECCIÓN AL BARRANCO DE LA MUERTE, elaborado por C. H. del Ebro. En el mismo, se expone:

*“[...] las cantidades registradas en ambos eventos (2007 y 2023) fueron también similares, de modo que, el periodo de retorno de las lluvias, en los pluviómetros de Casablanca y Sagasta, fueron muy parecidos también.*

*Ahora bien, esto no significa que el evento de lluvias de octubre de 2007 diese lugar a una crecida similar en el barranco de la Muerte dado que, al tratarse de fenómenos tormentosos, la distribución y extensión geográfica de estos eventos es relativamente pequeña y no pueden ser detectados perfectamente con la información pluviométrica disponible en 2007. Se debe tener en cuenta que el pluviómetro de la AEMet en Valdespartera no existía en 2007, siendo este el pluviómetro que más registró en el evento de 2023. Del mismo modo, tampoco existía toda la red de pluviómetros de aficionados, como el existente en Cuarte de Huerva, que, aunque no son utilizados, sí sirven de apoyo para definir el campo de precipitaciones.*

A continuación, se enumeran diversos estudios antecedentes realizados hasta la fecha en el ámbito del presente trabajo. Al margen de estos trabajos, se encuentran los correspondientes a la construcción de la Z-40 y del ramal de la línea de ff.cc del AVE. De los siguientes, destaca el realizado en febrero de 2009 para el desagüe del Barranco de la Muerte.

- PROYECTO DE URBANIZACIÓN DEL SECTOR 88/3-1 “PUERTO VENECIA”. Octubre de 2002.



- PROYECTO DE URBANIZACIÓN DEL SECTOR 88/1 CANAL IMPERIAL-PINARES DE TORRERO. Julio de 2003.
- ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE REGULACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE. Noviembre de 2006.
- **ESTUDIO DEL DESAGÜE DEL BARRANCO DE LA MUERTE. Febrero de 2009.**

Este último estudio recoge una serie de alternativas de actuación, entre las que se encontraban los diques de laminación del parque del barranco.

#### 1.4. NORMATIVA Y RECOMENDACIONES.

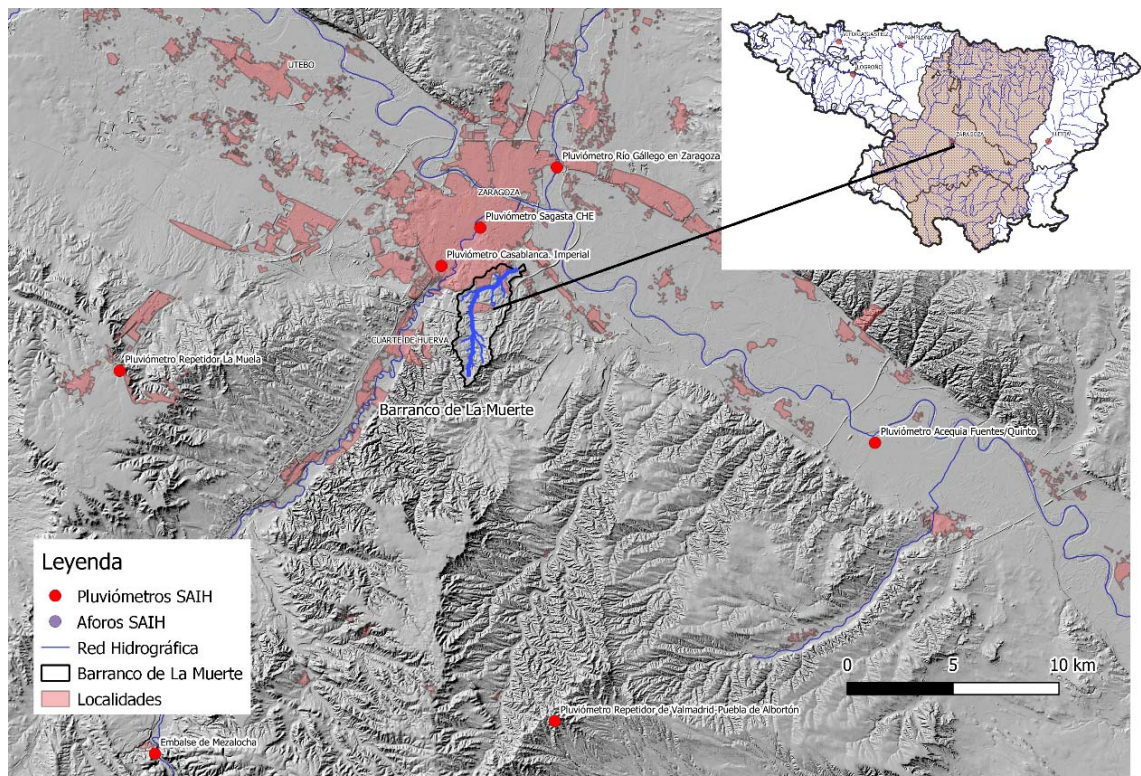
A continuación, se muestran la normativa y recomendaciones que se han seguido en el presente documento:

- *Real Decreto 638/2016, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales.*
- *«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».*
- *«Normas para el cálculo hidráulico de obras de fábrica sobre cauces naturales". Correspondientes con el Anejo 11 de la ORDEN de 13 de agosto de 1999 por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro, aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio. BOE núm. 222, de 16 de septiembre de 1999, páginas 33450 a 33452 (páginas del anejo).»*
- *«Mapa de caudales máximos de avenida para la red fluvial de la España Peninsular», CEDEX.*
- *Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.*

### 1.5. ÁMBITO DEL ESTUDIO. DEFINICIÓN DE LA CUENCA.

La cuenca de aportación del denominado barranco de la Muerte se encuentra ubicada al sur-sureste del núcleo urbano de Zaragoza. Recoge el agua de lluvia de una superficie total de aproximadamente 9.25 km<sup>2</sup> hasta el cruce con el nuevo paso elevado del Canal Imperial y drenando en la llanura de aguas abajo del acceso con la Z-40.

Su divisoria Oeste linda con los barrancos de margen derecha del río Huerva. Su divisoria Este linda con el barranco del Platero.



*Mapa de situación. Fuente. C.H.E.*

Esta cuenca es atravesada aproximadamente en su centro geométrico por dos infraestructuras lineales de gran entidad (ramal de la línea de ff.cc. de alta velocidad y Z-40, nombrados de aguas arriba a aguas abajo).

El barranco de la Muerte se divide a su vez en dos cuencas que confluyen en la Av. de la Policía Local / Av. Tiziano a la altura del CEIP María Zambrano. La de mayor entidad, y que por tanto daría nombre al barranco de la Muerte, comienza en el cabezo de las Zorras, a 401 msnm de altitud, con una pendiente media elevada, de

aproximadamente un 2.5% y una longitud de cauce de 7.5 km, con un área aproximada de 3.85 km<sup>2</sup> hasta el cruce con la Z-40 y con un área de 2.41 km<sup>2</sup> hasta la citada confluencia con la cuenca secundaria. Inmediatamente aguas abajo de la confluencia, por su margen izquierda, se añaden las aguas provenientes del cementerio de Torrero y Z-30, con una cuenca de 0.5 km<sup>2</sup>.

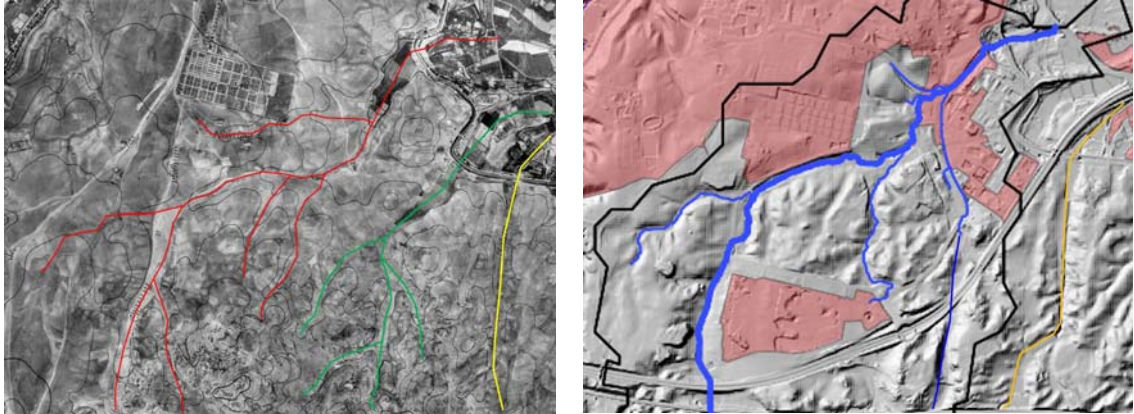
La cuenca secundaria, recoge las aguas entre el Acampo de Arráez y la Cuenta del Royo a una cota de 337 msnm hasta llegar a la Av. de la Policía Local / Av. Tiziano con una superficie de 2.05 km<sup>2</sup> y de aproximadamente 1.14 km<sup>2</sup> hasta la confluencia con la Z-40. Esta cuenca, como se verá en el epígrafe posterior, fue desviada recientemente.

## 2. ESTUDIO HISTÓRICO Y GEOMORFOLÓGICO.

### 2.1. CONFIGURACIÓN HISTÓRICA

El conocido como Barranco de la Muerte se sitúa al sur del área urbana de la ciudad de Zaragoza. Se trata de un barranco con rasgos similares a los de otros muchos que jalonan las márgenes del Ebro en este sector de su cuenca, de funcionamiento ocasional ligado a eventos de precipitación extraordinarios, con sus cabeceras abiertas en los pequeños relieves que enmarcan el curso del Ebro y que mueren al llegar al fondo del valle, sin llegar a alcanzar el cauce del río principal. Pero se diferencia del resto por las dimensiones de su cuenca, próxima a los 10 km<sup>2</sup>, y, como consecuencia del crecimiento de Zaragoza, su curso bajo, tras superar el cementerio municipal de Torrero, se adentra en el tejido urbano de la ciudad, concretamente en el del barrio de Parque Venecia.

La configuración actual de la cuenca del Barranco de la Muerte no es la original, siendo resultado de las modificaciones introducidas progresivamente en el territorio a partir de, aproximadamente, el año 2001 como consecuencia de la aprobación y posterior desarrollo del PGOU de Zaragoza, en concreto, del Plan Parcial del Sector 88/1 (Canal Imperial-Pinares de Torrero), y la construcción de los distintos cinturones de circunvalación de Zaragoza (Z-30 y Z-40) y el by-pass del AVE. Como resultado de ello, el Barranco de la Muerte vio incrementada de forma efectiva su cuenca vertiente, pasando de poco más de 8 km<sup>2</sup> a acercarse a los 10 km<sup>2</sup>, al incorporar la de un segundo barranco (barranco del Camino de Arráez) que hasta esas fechas tenía entidad propia.



*Configuración de la red hidrográfica en 1927 (izquierda), con el barranco de la Muerte en rojo, el barranco del Camino de Arráez en verde y el barranco del Platero en amarillo, y la situación actual, con el barranco de la Muerte unificado en azul y el barranco del Platero en amarillo.*

Desde el punto de vista morfológico, el barranco de la Muerte y los diferentes tributarios menores asociados responden a los valles de fondo plano conocidos como “vales” en Aragón. Se trata de valles o vaguadas poco o moderadamente encajadas en el terreno cuyo fondo, formado por limos con algunas intercalaciones de arenas y gravas, presenta una morfología sensiblemente plana, sin cauce definido propiamente dicho. Como consecuencia de ello, en situaciones de precipitaciones intensas es todo el fondo del valle el que entra en carga.

En este caso, las cuencas tanto el barranco de la Muerte como el del camino de Arráez se abren en terrenos yesíferos terciarios y sólo aguas abajo de la autovía de circunvalación Z-40 aparecen recubrimientos cuaternarios significativos bajo la forma de antiguos depósitos de glaciares y, en el contacto con el fondo del valle del Ebro, de niveles de terrazas.

Los materiales terciarios yesíferos, aunque técnicamente puedan considerarse como impermeables, en la práctica han desarrollado una cierta permeabilidad secundaria por carstificación, con desarrollo de formas erosivas por disolución de tipo lapiaz y pequeñas dolinas, las cuales suelen pasar desapercibidas al encontrarse total o parcialmente recubiertas por depósitos recientes.

Por su parte, entre las formaciones cuaternarias hay que diferenciar entre los glaciares y terrazas y los depósitos de fondo de valle. Los antiguos glaciares y los niveles de terraza están formados por materiales granulares gruesos con matriz fina en proporción variable, por lo que su permeabilidad varía entre media-alta (glaciares) a muy alta (terrazas). En el caso de los rellenos limosos de fondo de valle, el tamaño de grano

(limo) reduce significativamente su permeabilidad, pudiéndose considerar como baja, pero nunca como materiales impermeables; ítem más, en estos suelos se desarrollan fenómenos de piping (sufusión o tubificación), susceptibles de formar complejas redes de drenaje subsuperficiales que permiten que el agua se infiltre por ellas y circule a través de estas formaciones limosas.

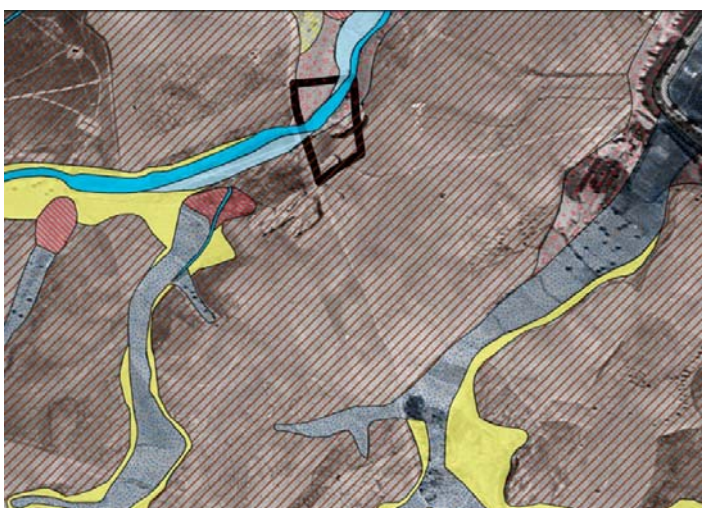
Por tanto, se puede considerar que, en condiciones naturales, las zonas de cabecera y del tramo medio de los dos barrancos presentarían una permeabilidad baja, pero no nula, mientras que los terrenos localizados en el sector correspondiente al curso bajo responderían a unas permeabilidades que irían creciendo hacia aguas abajo desde valores medios a altos.

Sin entrar en su origen natural o artificial, actualmente todos los barrancos y vaguadas significativas de la cuenca tienen esta morfología de valle de fondo plano o “val”. Sin embargo, la documentación gráfica histórica disponible (fotoplanos aéreos de CEFTA del año 1927 y los vuelos americanos de los años 1946 y 1956) muestran que el barranco de la Muerte presentaba en la mayor parte de su curso bajo, desde lo que es en la actualidad la ampliación del cementerio de Torrero (antiguos terrenos de los polvorines del ejército) hasta alcanzar el fondo del valle del Ebro, un cauce funcional bien desarrollado con, incluso, llanura de inundación asociada, signo inequívoco de funcionamiento hidráulico relativamente frecuente.



*Presencia de cauce ordinario bien desarrollado en el curso bajo del barranco de la Muerte reflejadas en imágenes aéreas históricas (Fotoplano de 1927 de CEFTA para la, entonces, Confederación Sindical del Ebro).*

En este curso bajo, la red hidrográfica discurre ligeramente encajada sobre materiales yesíferos terciarios y depósitos de antiguos glacis cuaternarios hasta alcanzar los frentes de terraza del Ebro, pasando a hacerlo sobre ellos. Como ya se ha indicado, tanto los glacis como las terrazas están formados por materiales granulares de permeabilidad alta o muy alta, circunstancia que favorece una acusada infiltración en el terreno de los caudales circulantes, conllevando ello la progresiva pérdida de identidad del curso, que no llega a alcanzar en ningún caso el Ebro, y la deposición de los sedimentos que pudiera transportar, con génesis de un cono de deyección relativamente amplio al alcanzar el fondo del valle del Ebro.


**CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA  
SITUACIÓN 1956**

- Cauce. Canal activo
- Llanura de inundación
- Terraza del río Ebro. Nivel T10-15 m
- Terraza del río Ebro. Nivel T35\_40 m
- Terraza del río Ebro. Nivel T60 m
- Rellenos de fondo de valle. Fondo plano de val
- Cono de deyección activo
- Cono de deyección inactivo
- Coluviones. Derrames laterales parcialmente modificados
- Glacis antiguo no funcional
- Sustrato terciario. Caja del valle
- Rellenos antrópicos. Terraplenes
- Área urbana o periurbana. Plataforma regularizada

*Configuración geomorfológica de los barrancos de la Muerte (arriba izquierda) y del Camino de Arréz*

*(derecha) en el año 1956 en el entorno del CEIP María Zambrano (polígono negro) y su trasposición sobre la ortofoto actual. Nótese la ubicación de la parcela del CEIP María Zambrano sobre el cauce histórico del barranco de la Muerte y el trazado del cauce del barranco del Camino de Arráez sobre la parcela del Colegio Público y el área residencial de Puerto Venecia.*

## 2.2. SITUACIÓN ACTUAL

Con el desarrollo urbanístico del sector 88/1 y la construcción de las actuales infraestructuras de transporte se ha modificado de forma sustancial tanto la red de drenaje natural como la propia topografía de la zona.

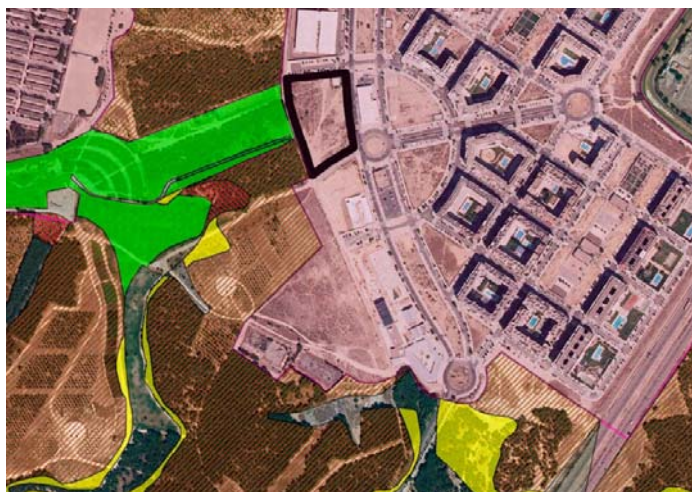
El desarrollo del ordenamiento urbanístico ha supuesto proceder a la regularización topográfica de las superficies destinadas a áreas residenciales y de servicios, desmantelando las zonas más elevadas y rellenando las deprimidas, incluyendo el fondo de los valles de ambos barrancos (de la Muerte y del Camino de Arráez), y a la reordenación el fondo del valle del barranco principal, transformándolo en un parque (Parque del Barranco) en el que, aprovechando su geometría, se han tendido dos diques transversales levantados con gaviones que funcionan a modo de sendas presas cuyos vasos asociados actúan, en caso de crecida del barranco, como dos pequeñas balsas de laminación.





*Elementos de laminación de avenidas construidos en el Parque del Barranco. Arriba: cola del vaso (izquierda) y paramento de aguas abajo del dique de aguas arriba (derecha). Abajo: Vaso (izquierda) y dique de aguas abajo (derecha).*

Aunque se ha procedido a captar y derivar este barranco mediante una toma soterrada, esta última circunstancia, unida a la limitada capacidad de la toma y de las balsas de laminación, supone la interrupción de la circulación del agua por el barranco en situaciones de crecidas significativas, las cuales desbordarán directamente sobre la plataforma urbanizada. En esta situación, la parcela correspondiente al CEIP María Zambrano, situada sobre el antiguo cauce del barranco y enfrentada directamente al cauce remodelado, sufrirá siempre de forma directa la embestida de las aguas desbordadas antes de que éstas se desparramen por el ámbito urbanizado en busca de su salida natural hacia el valle del Ebro, actualmente ocupada por un sector de la carretera de circunvalación Z-30 (Ronda de la Hispanidad).



CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA SITUACIÓN ACTUAL	
	Morfologías antrópicas. Sectores transformados por actuaciones urbanísticas
	Rellenos antrópicos. Terraplenes
	Áreas urbanas e industriales y grandes infraestructuras. Plataformas regularizadas
	Encauzamiento. Cauce artificial
	Encauzamiento. Zona inundable
	Cauce. Canal activo
	Llanura de inundación
	Terraza del río Ebro. Nivel T10-15 m
	Terraza del río Ebro. Nivel T35-40 m
	Terraza del río Ebro. Nivel T60 m
	Rellenos de fondo de valle. Fondo plano de val
	Cono de deyección activo
	Cono de deyección inactivo
	Coluviones. Derrames laterales parcialmente modificados
	Glacis antiguo no funcional
	Sustrato terciario. Caja del valle

*Actual configuración geomorfológica de los barrancos de la Muerte (arriba izquierda) y del Camino de*



*Arráez (derecha) en el entorno del CEIP María Zambrano (polígono negro). Nótese la extensión de la plataforma regularizada correspondiente a la zona residencial de Puerto Venecia y el relleno de los fondos de valle de los dos barrancos que recorrían la zona.*



*Canalización y obra de captación del barranco de la Muerte frente al CEIP María Zambrano (Fuente: Google Maps).*

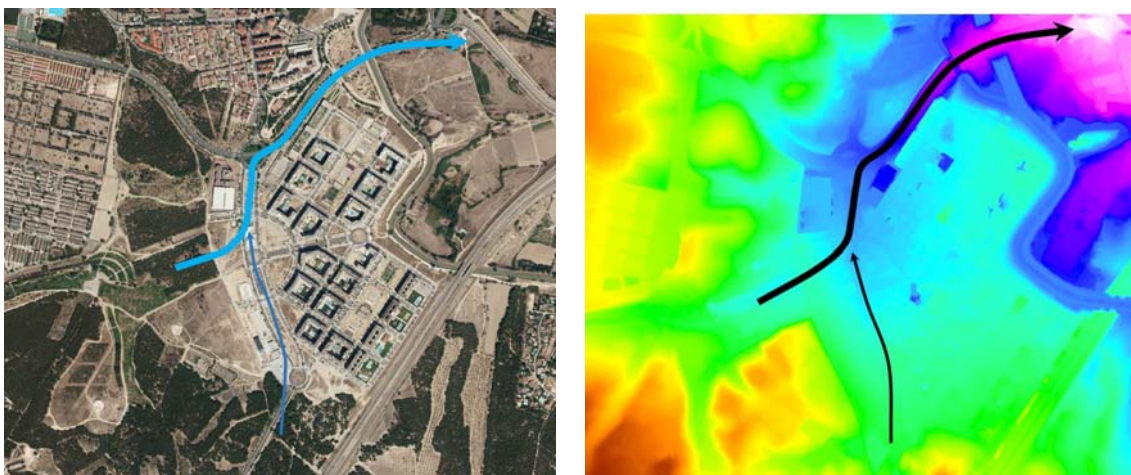
Por lo que respecta al segundo de los barrancos (barranco del Camino de Arráez), en este caso son la carretera de circunvalación Z-40 y la Avenida de Puerto Venecia las que interrumpen su cauce. La primera dispone de dos vías que permiten el flujo del agua bajo ella: el paso inferior habilitado para el camino de la Paridera de Arráez y, ligeramente aguas abajo, una pequeña alcantarilla que prácticamente desemboca en lo que se conserva de la vaguada original al otro lado de la Z-40.

Por su parte, la Avenida de Puerto Venecia, que corre en este sector por el fondo de una de las antiguas vaguadas tributarias del barranco del Camino de Arráez, capta las aguas derivadas bajo la Z-40 a través del paso del camino de la Paridera de Arráez mediante un colector de 1.800-1.500 mm de diámetro que las conduce hasta converger con el soterramiento del barranco de la Muerte.



*Arriba: intercepción del barranco del Camino de Arráz por la carretera de circunvalación Z-40. Abajo: intercepción por la Avenida de Puerto Venecia.*

En caso de desbordamiento de los barrancos por crecidas significativas, sus aguas invadirían, por tanto, las áreas urbanizadas de Puerto Venecia. Aunque inicialmente tenderían a desparramarse por los viales próximos a los puntos de intercepción, los condicionantes topográficos del área urbanizada hacen que el bulevar formado por la avenida de Parque Venecia y la calle Tiziano actúe como potencial colector de las aguas superficiales, conduciéndolas hasta la Ronda de la Hispanidad, que, al ocupar el antiguo lecho del barranco de la Muerte, constituye la actual vía de desagüe natural de toda la cuenca.



*Representación sobre ortofoto (izquierda) y modelo digital del terreno (derecha) de las vías de drenaje que adoptarían las aguas superficiales en caso de desbordamiento de los barrancos de la Muerte a la altura de Parque Venecia. Nótese que las vías asociadas a los dos barrancos convergerían a la altura del CEIP María Zambrano.*

Además de estos factores, hay que añadir que las modificaciones morfológicas de toda la zona inducidas por su urbanización tienen dos efectos importantes sobre la dinámica de las aguas superficiales en situaciones de precipitaciones intensas. Por un lado, se incrementa la superficie impermeable (calzadas, pavimentos, edificaciones, etc.) y, por otro, desaparecen áreas de permeabilidad elevada que contribuían a la infiltración del agua de escorrentía. El resultado de ello, para idénticos eventos hidrometeorológicos, se ha de traducir en un incremento en los caudales circulantes y en la violencia de la dinámica fluvial ligada con respecto a la existente antes de urbanizar la zona.



### 3. ESTUDIO DE INUNDABILIDAD.

#### 3.1. ALCANCE Y METODOLOGÍA.

Se realiza un **Modelo pluviométrico-hidráulico bidimensional**, mediante el software **Infoworks ICM v. 2022**, para toda la cuenca del barranco de la Muerte, de aproximadamente **10 km<sup>2</sup>**.

##### 3.1.1. Información de partida

En primer lugar, se muestra la información que sirve de base para la elaboración de los estudios. El ámbito de aplicación del estudio, marca el grado de detalle necesario para cada una de ellas.

HIDROLOGÍA - HIDRÁULICA		
Pluviometría	Intensidades (mm/h) 10 min	AEMET
	Intensidades (mm/h) 5 min	CHE
	Intensidades (mm/h) 10 min	Otros
Escorrentía	Mapa de umbrales de escorrentía 25x25	Mapa usos del suelo SIOSE / MDT / Mapa Litoestratigráfico (MALIPER)
Topografía	Modelo Digital del Terreno (MDT) 1X1	Vuelo LiDAR CNIG
	Cartografía 1:1000-1:5000	Ayto. Zaragoza
	Levantamientos de detalle	Ayto. Zaragoza
Usos del suelo	Mapa de rugosidades	SIOSE / cartografía 1:1000
Infraestructuras	Red de colectores	ECOCIUDAD / Ayto. Zaragoza
	Otras	Topografía Ayto. Zaragoza
Indicios de avenidas	Reportaje fotográfico y mediciones	Tragsatec (C.H. Ebro) Topografía Ayto. Zaragoza. Medio Natural Ayto. Zaragoza. Elaboración propia.

Adicionalmente, se tendrá en cuenta la información y su análisis realizados por diferentes organismos y entidades:

- *NOTA PREVIA (INFORME PROVISIONAL Y PRELIMINAR) RELATIVO A LA SITUACIÓN METEOROLÓGICA QUE AFECTÓ A LA CIUDAD DE ZARAGOZA EL 6 DE JULIO DE 2023. Fuente. AEMET. Fecha: 14 de julio de 2023.*
- *EL EPISODIO HIDROMETEOROLÓGICO DE ZARAGOZA. Tierra y Teconología. 13 de Julio de 2023. Autores: Jesús Mateo Lázaro, Carlos Alberto Revuelto Gimeno, Manuel Virgilio Arce Montejo y Carlos Enrique Carnicer Rodrigo.*
- *AMPLIACIÓN DE LA MEMORIA DE DATOS Y MEDICIONES DE LA REALIDAD FÍSICA TRAS LOS EVENTOS DE INUNDACIONES DE FECHA 6 DE JULIO DE 2023 EN LA ZONA DEL BARRANCO DE LA MUERTE (ZARAGOZA). Fuente: Tragsatec.*
- *INFORME DE LA CRECIDA SÚBITA DEL BARRANCO DE LA MUERTE. Fecha: Julio 2023. Fuente: Área de Hidrología y Cauces, SAIH y SAD.*
- *INFORME EVENTO DE LLUVIAS DEL 3 DE OCTUBRE DE 2007. POSIBLE AFECCIÓN AL BARRANCO DE LA MUERTE. Fecha: Julio 2023. Fuente: Área de Hidrología y Cauces, SAIH y SAD.*

### 3.1.2. Fases de estudio.

A modo de resumen, la metodología empleada para la realización del estudio hidráulico es la siguiente:

- 1) Estudio pluviométrico.
  - a. Descripción del evento.
  - b. Análisis y selección de pluviómetros.
  - c. Elaboración de mapas de precipitaciones 10 minutales.
  - d. Análisis extremal de las lluvias.
- 2) Modelo pluviométrico - hidráulico bidimensional.
  - a. Definición del dominio de cálculo.
  - b. Elaboración y Análisis del Modelo Digital del Terreno 1x1 .
  - c. Mapa de rugosidades.

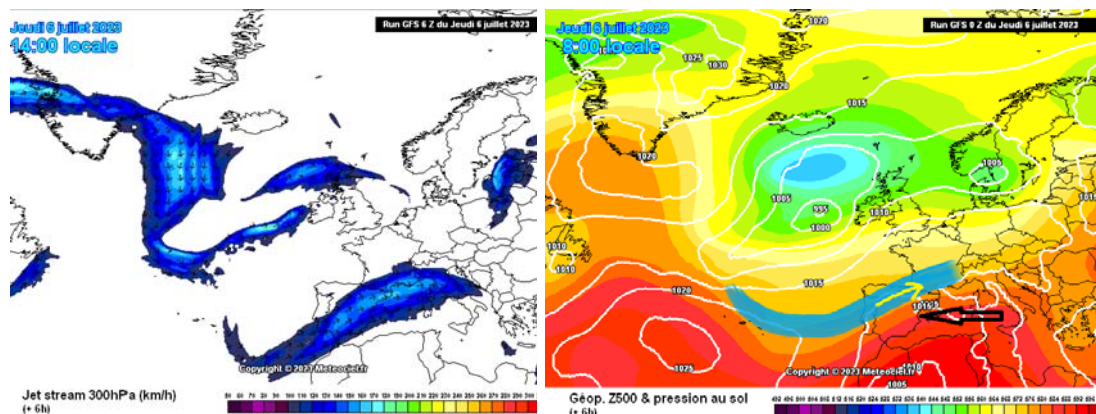
- d. Mapa de umbrales de escorrentía.
- e. Trabajo de campo. Croquis de obras de fábrica. Introducción de puentes, estructuras lineales...etc.
- f. Introducción de una capa (.shp) con la rugosidad.
- g. Introducción de las condiciones iniciales y condiciones de contorno (mapa de coeficientes de escorrentía).
- h. Post-proceso de resultados.
- i. Diseño, cálculo y post-proceso de soluciones.

## 4. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO.

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO.

A continuación, se muestra un extracto del INFORME DE LA CRECIDA SÚBITA DEL BARRANCO DE LA MUERTE, elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro que describe el evento meteorológico ocurrido el 6 de Julio de 2023.

*Durante la jornada del 6 de julio de 2023 una profunda vaguada alcanzó la península ibérica por el oeste, con un máximo en el flujo de vientos de los niveles superiores abarcando la práctica totalidad del territorio de la cuenca del Ebro y con una advección de vorticidad ciclónica que favoreció la inestabilidad en niveles bajos. Esta situación en altura es una configuración suficiente y muy proclive al desarrollo de tormentas.*



*Situación de flujo de vientos en capas altas de la atmósfera y situación en superficie (vaguada en trazo grueso azul, sentido de la vaguada con flecha amarilla y sentido del viento en flecha negra. Modelo GFS.*

*El flujo de vientos fue claramente del sureste en toda la depresión del Ebro, siendo un flujo de vientos que, en esta ocasión, aportó un elevado contenido de vapor de agua. Además de esto, cabe destacar, porque es uno de los factores más importantes y trascendente en la formación de tormentas, las líneas de convergencia que se lograron desarrollar, sobre todo en torno al Sistema Ibérico y la cuenca alta del Ebro, donde tuvo lugar un notable disparo dinámico como consecuencia de estas convergencias, también fomentado por las características orográficas locales.*

*Durante la jornada del 6 de julio se produjeron chubascos tormentosos organizados que afectaron a muchas partes de la cuenca del Ebro, destacando la Comunidad Foral de Navarra, el centro de la depresión del Ebro y el Bajo Aragón.*

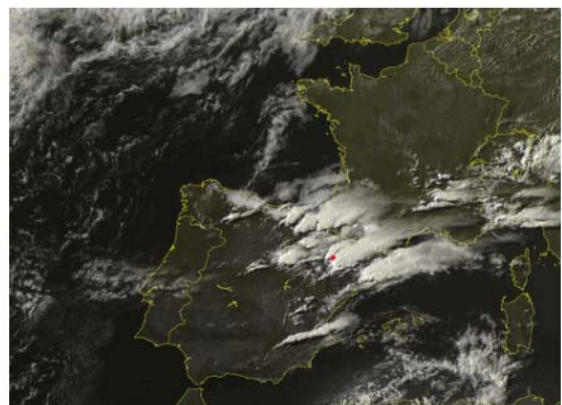
*La actividad convectiva se inició a las dos de la tarde con la formación de dos núcleos tormentosos, uno en la provincia de Soria y otro en el centro de la cuenca del Jalón. El núcleo que se formó en la cuenca del Jalón se desplazó en sentido este-noreste, siguiendo el flujo de vientos marcado por la vaguada, pasó al sur de la localidad de Zaragoza, afectando especialmente al Campo de Cariñena y Campo de Belchite.*

*El núcleo tormentoso, que afectó al Campo de Belchite, se acabó desplazando y afectando intensamente también al Bajo Martín y Bajo Aragón como puede verse en la siguiente imagen. Simultáneamente, al oeste de Zaragoza, ya se había formado lo que a la larga iba a ser la tormenta que afectó a la ciudad de Zaragoza hacia las seis de la tarde.*

*Cerca de las seis de la tarde, la tormenta formada en el entorno del Moncayo entre las tres y cuatro de la tarde, acabó alcanzando Zaragoza, descargando con intensidad durante una hora.*



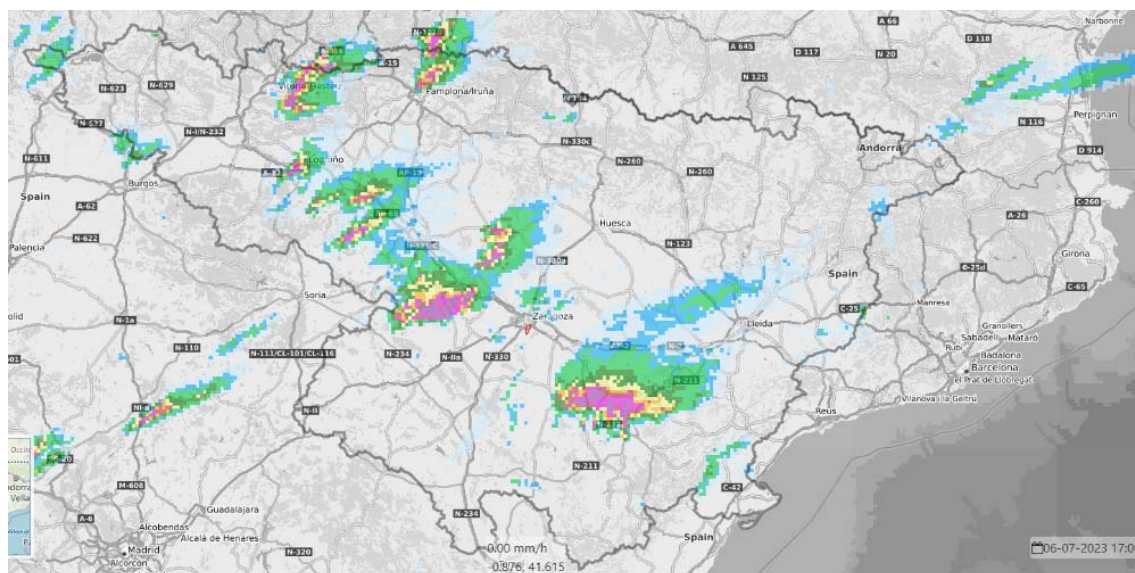
2023-07-06 18:00 CEST



2023-07-06 19:00 CEST

*A través de la información de la reflectividad ofrecida por los radares de la AEMet podemos también observar la situación de las dos principales células convectivas que afectaron a amplios sectores de la margen derecha.*





*Imagen RADAR entre las 16:00 y las 17:00*

#### 4.2. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE PLUVIÓMETROS.

Para analizar las precipitaciones recogidas durante el evento, se han utilizado los datos meteorológicos medidos en diversas estaciones meteorológicas distribuidas espacialmente en el entorno del Barranco de la Muerte. Estas estaciones pertenecen a dos redes de estaciones oficiales, unas están enmarcadas en la red de estaciones SAIH de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) y otras pertenecen a la red de estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Estas estaciones miden y envían a los centros de control, los datos de precipitación cada 5 minutos, para el caso de las estaciones SAIH de la CHE, y cada 10 minutos, para las estaciones AEMET.

CÓDIGO ESTACIÓN	RED A LA QUE PERTENECE	NOMBRE	X_ETRS89	Y_ETRS89
<b>PC04</b>	SAIH	SAIH Sagasta PC04	676034	4612460
<b>A089</b>		SAIH Santa Isabel A089	679657	4615310
<b>R044</b>		SAIH La Muela R044	658988	4605699
<b>C040</b>		SAIH Acequia Fuentes-Quinto C040	694693	4602298
<b>AEMET</b>	AEMET	AEMet Valdespartera	672034	4609740

En ausencia de datos radar de calidad (debido a un efecto de apantallamiento), y para ampliar la red de estaciones con el objetivo de tener una mejor cobertura espacial, se han utilizado otras estaciones pertenecientes a redes de ámbito particular, que también registran datos con escalas temporales análogas a las anteriores.

En la siguiente tabla se recogen estas otras estaciones.

RED A LA QUE PERTENECE	NOMBRE	X_ETRS89	Y_ETRS89
<b>Wunderground</b>	Parque Venecia	677370	4609752
	Hecho Cuarte	670661	4605449
	Pastriz	684342	4609656
<b>Meteoclimatic</b>	Zaragoza - La Floresta	673027	4611768

En la siguiente imagen se muestran todas estas estaciones ubicadas geográficamente, así como la delimitación del barranco de la Muerte



Red de pluviómetros utilizados.

### 4.3. MAPAS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PRECIPITACIONES EN LA CUENCA.

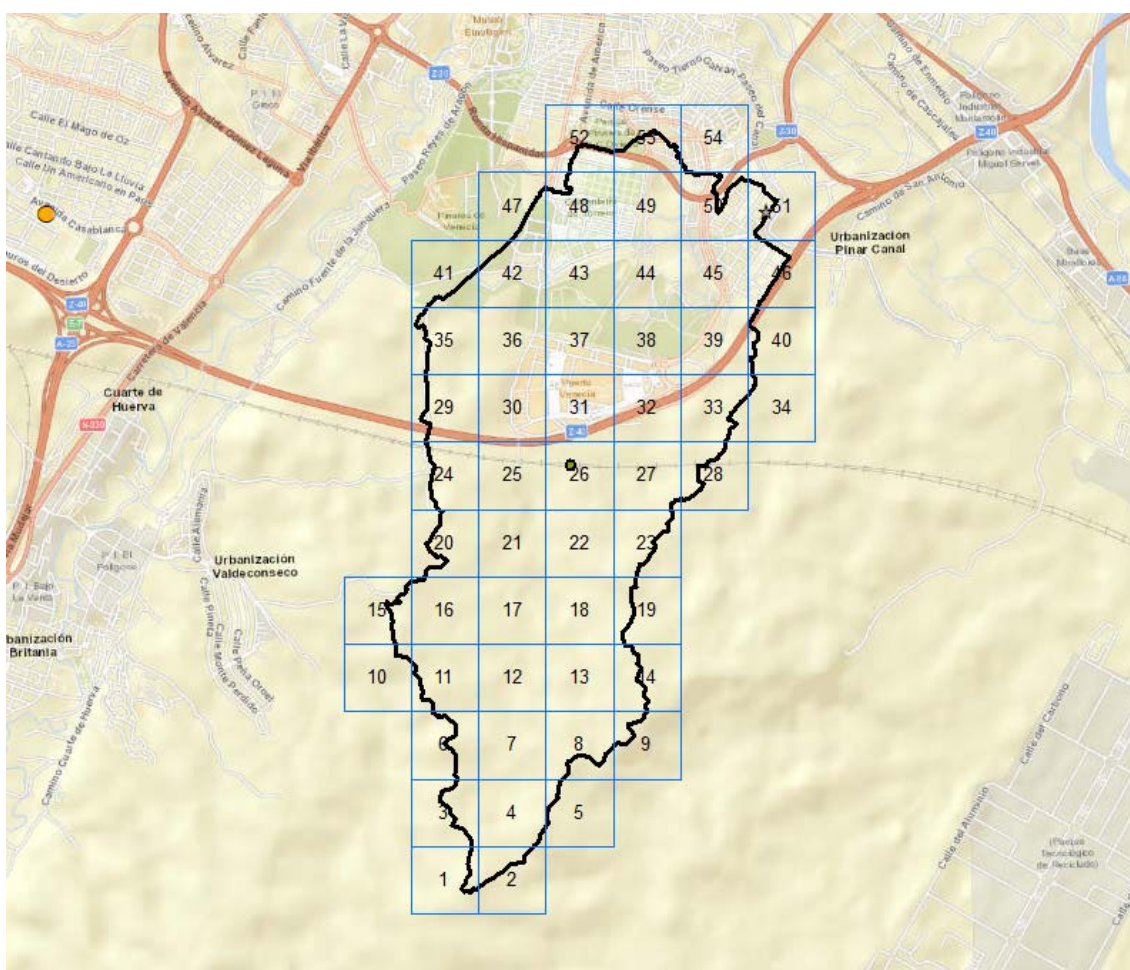
En la siguiente tabla se recogen los datos de las precipitaciones acumuladas cada 10 minutos en cada una de las estaciones, durante el intervalo temporal que duró el evento:

ESTACIÓN	Precipitación para cada instante del evento (mm/10min).										Acum. Evento (mm)	Int. Máxima (mm/h)
	17:30	17:40	17:50	18:00	18:10	18:20	18:30	18:40	18:50	19:00		
Sagasta PC04	0.0	0.4	13.2	8.4	4.6	6.8	1.0	0.0	0.0	0.0	34.4	79.2
Santa Isabel A089	0.0	1.0	1.6	1.0	1.6	3.0	2.6	1.6	1.2	1.0	14.6	9.6
La Muela R044	1.6	5.2	2.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	31.2
Acequia Fuentes-Quinto C040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	4.6	0.2	15.0	61.2
Val-despartera 9434P	0.0	0.0	15.6	11.6	7.0	19.6	0.4	0.0	0.0	0.0	54.2	117.6
Parque Venecia	0.0	0.0	16.0	14.2	8.6	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	43.2	85.2
Zaragoza - La Floresta	0.0	0.0	16.0	11.9	7.2	20.1	0.4	0.0	0.0	0.0	55.6	120.6
Hecho Cuarte	0.0	0.0	15.8	23.6	8.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	49.0	141.6
Pastriz	0.0	0.0	3.5	13.2	4.0	10.4	2.8	0.0	0.0	0.0	33.8	79.2

*Precipitación para cada instante del evento (mm/10min). Duración del evento: 1h 40min*

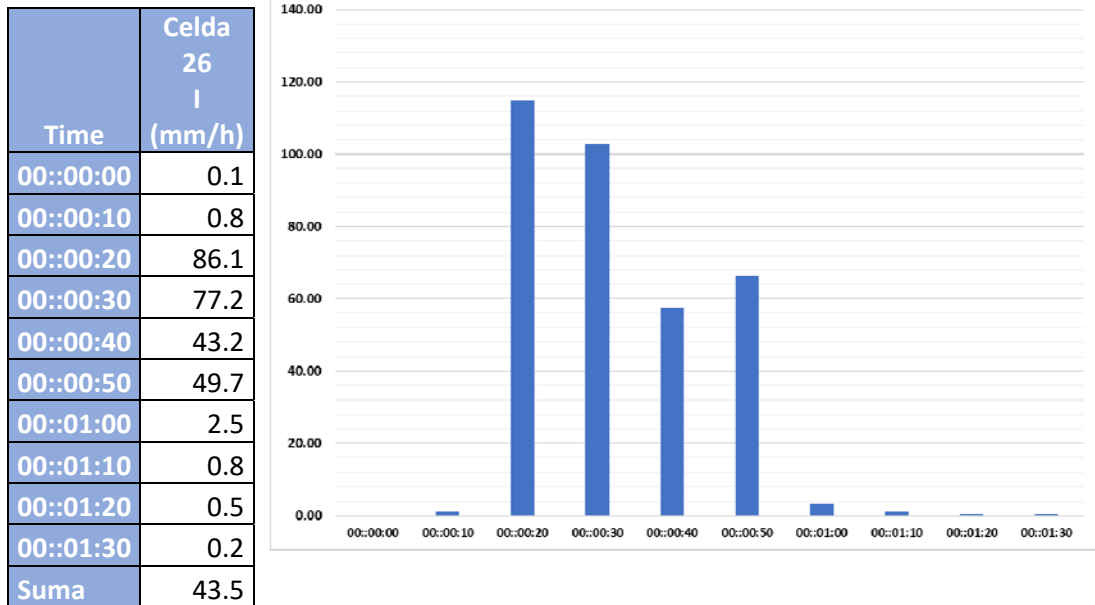
Como puede verse, el evento tuvo una duración de aproximadamente 40 min.

A partir de estos datos, y para cada uno de los instantes que componen el evento, se han calculado los mapas de precipitaciones distribuidas temporal y espacialmente, utilizando para ello el método de interpolación de inverso de la distancia al cuadrado, generando una retícula de pluviómetros en la cuenca con una resolución espacial de 500 x 500 m<sup>2</sup>.



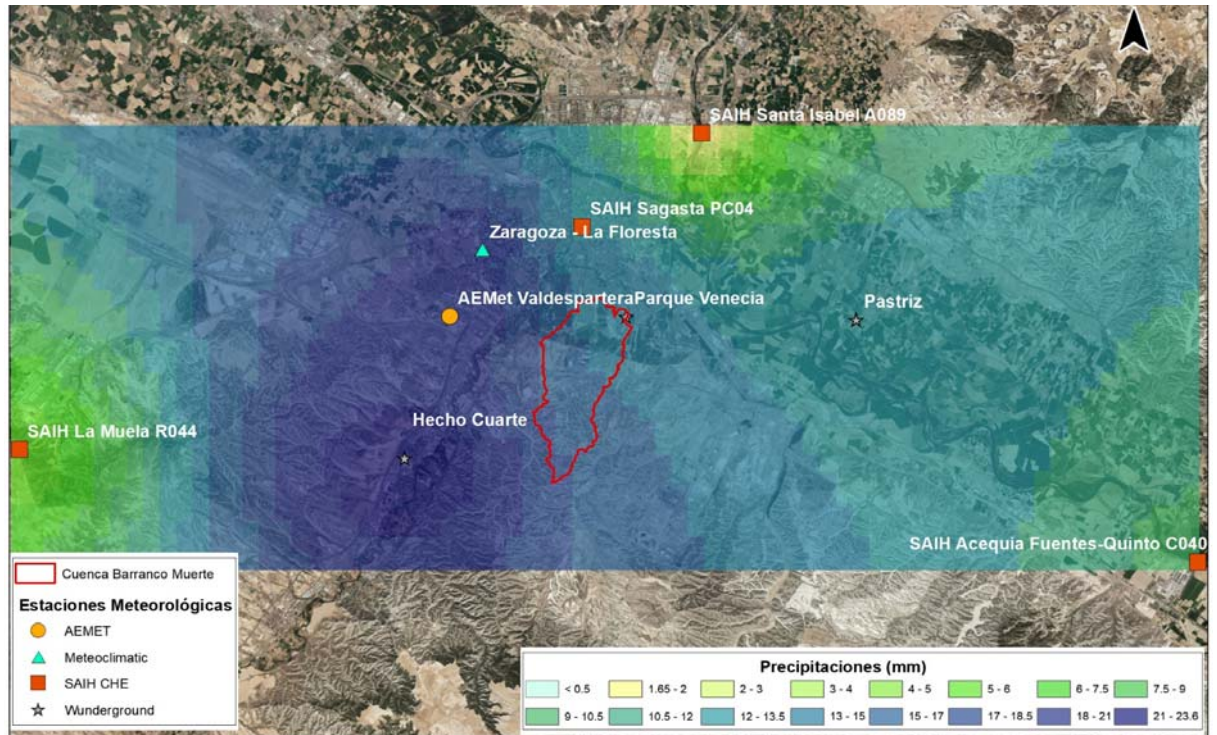
*Retícula de distribución de lluvias.*

A continuación, se muestra a modo de ejemplo el hietograma correspondiente a la celda del centroide de la cuenca (celda 26):



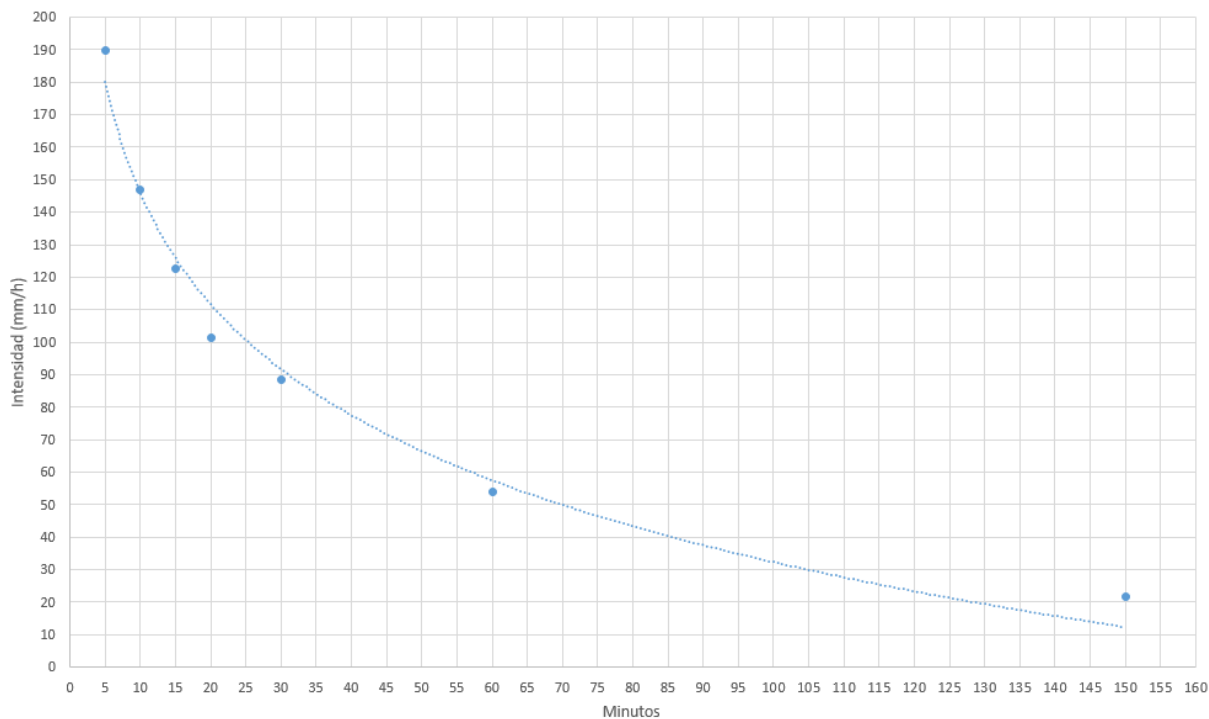
*Hietograma del evento para la celda correspondiente al centroide de la cuenca.*

A continuación, se muestra el mapa de intensidades máximas de precipitación (no coincidentes temporalmente).



*Intensidades máximas de precipitación (mm/h).*

En la siguiente gráfica se expresa la máxima intensidad de precipitación registrada en diversos intervalos de tiempo: 5, 10, 15, 20, 30, 60 minutos y 2h30. Como es de esperar, la intensidad máxima sostenida en 60 minutos estuvo próxima a los 55 mm, con base en el pluviómetro de AEMET en Valdespartera, mientras que, si calculamos la intensidad máxima en el tiempo de concentración de la cuenca, 2-3 horas, sale un valor algo superior a 20 mm/h.



*Curva característica de Intensidad-Duración del evento. Fuente: C.H. Ebro.*

#### 4.4. ANÁLISIS EXTREMAL DE LAS LLUVIAS

Para el cálculo de las precipitaciones extremas en las diversas estaciones, se ha procedido a recopilar las series de datos observados históricos y se han agrupados para crear series temporales de orden superior (30, 45 o 60 minutales).

A partir de estas series se han obtenido los valores máximos anuales, y con ellos se han calculado las distribuciones extremas de Gumbel y SQRT para aquellas estaciones para las que se disponía de un amplio histórico de datos, que otorguen credibilidad a las series extremas obtenidas.

Para analizar la influencia del evento de julio de 2023, se han calculado dos series extremas para cada estación y serie temporal: una teniendo en cuenta los datos registrados durante el evento, y otra sin tener en cuenta estos datos, previa a su ocurrencia. Como se verá y era esperable dada su excepcionalidad, añadir en el cálculo el propio evento, aumenta los valores extremas, si bien la larga serie histórica disponible origina un aumento moderado de los mismos.

En primer lugar, se muestra el análisis realizado por AEMET para los pluviómetros del aeropuerto de Zaragoza (9434) y de Valdespartera (9434P), sin tener en cuenta el evento, para intensidades máximas (10 min), y duraciones de 30 min y 60 min.

Como puede observarse, la excepcionalidad del evento radica en su duración. Con un número de observaciones igual a 37, el periodo de retorno del evento ocurrido el 6 de julio de 2023 corresponde a 38 años para una duración de 30 minutos y de 93 años para 1 hora.

**9434: ZARAGOZA, AEROPUERTO**
**Ajuste a la distribución de Gumbel**

*Número de observaciones: 72; Valor máximo de la muestra: 138,0*

**ESTIMACIÓN INTENSIDAD MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN (mm/h)**

Periodo de retorno (años)	Valor de retorno estimado	Intervalo de confianza al 80%	
		Límite inferior	Límite superior
2	50,9	46,1	56,1
5	82,3	75,4	91,2
10	103,1	94,4	114,8
15	114,8	105,0	128,2
25	129,3	118,0	145,1
50	148,8	135,4	167,3
75	160,1	145,7	180,3
100	168,1	152,9	189,7
200	187,4	170,1	212,2
500	212,8	192,9	241,2

**PERÍODO DE RETORNO ESTIMADO PARA UN VALOR DE LA INTENSIDAD MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN**

Intensidad máxima de precipitación (mm/h)	Años	Intervalo de confianza al 80%
117,6	16,5	11 ; 25 (años)

Nota: Resultados a partir de los datos disponibles en el Banco Nacional de Datos Climatológicos a fecha 13 de julio de 2023

Nota: Las intensidades máximas podrían ser mayores dado que esta estación registra acumulados de precipitación diezminutales en intervalos fijos



**9434P: ZARAGOZA, VALDESPARTERA**
**Ajuste a la distribución de Gumbel**
*Número de observaciones: 11; Valor máximo de la muestra: 117,6*
**ESTIMACIÓN INTENSIDAD MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN (mm/h)**

Periodo de retorno (años)	Valor de retorno estimado	Intervalo de confianza al 80%	
		Límite inferior	Límite superior
2	50,1	39,1	63,1
5	79,0	63,6	102,8
10	98,2	78,8	130,5
15	109,0	87,2	146,4
25	122,4	97,8	166,1
50	140,3	111,4	192,2
75	150,7	119,7	207,5
100	158,1	125,4	218,3
200	175,9	138,8	243,6
500	199,3	155,9	278,3

**PERÍODO DE RETORNO ESTIMADO PARA UN VALOR DE LA INTENSIDAD MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN**

Intensidad máxima de precipitación (mm/h)	Años	Intervalo de confianza al 80%
117,6	20,8	7,2 ; 68 (años)

Nota: Resultados a partir de los datos disponibles en el Banco Nacional de Datos Climatológicos a fecha 13 de julio de 2023

Nota: Las intensidades máximas podrían ser mayores dado que esta estación registra acumulados de precipitación diezminutales en intervalos fijos

Nota: Ajuste incierto por serie corta

**Aeropuerto de Zaragoza (9434)**
**Ajuste a la distribución de Gumbel**

Número de observaciones: 37; Valor máximo de la muestra: 38,7  
 Serie analizada procedente del fichero: 30min 9434.csv

**ESTIMACIÓN PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 30 MINUTOS (mm)**

Periodo de retorno (años)	Valor de retorno estimado	Intervalo de confianza al 80%	
		Límite inferior	Límite superior
2	15,4	13,7	17,3
5	23,3	20,9	26,7
10	28,6	25,5	33,0
15	31,6	28,1	36,6
25	35,2	31,4	41,1
50	40,2	35,7	47,1
75	43,0	38,1	50,6
100	45,0	39,8	53,1
200	49,9	44,0	59,1
500	56,3	49,4	67,0

**PERÍODO DE RETORNO ESTIMADO PARA UN VALOR DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 30 MINUTOS**

Precipitación máxima en 30 minutos (mm)	Años	Intervalo de confianza al 80%
25,4	6,5	4,4 ; 9,8 (años)
38,2	38,0	18 ; 76 (años)

**Aeropuerto de Zaragoza**
**Ajuste a la distribución de Gumbel**

Número de observaciones: 37; Valor máximo de la muestra: 53,8  
 Serie analizada procedente del fichero: 1hora 9434.csv

**ESTIMACIÓN PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 1 HORA (mm)**

Periodo de retorno (años)	Valor de retorno estimado	Intervalo de confianza al 80%	
		Límite inferior	Límite superior
2	18,8	16,7	21,1
5	28,4	25,5	32,5
10	34,8	31,1	40,2
15	38,4	34,3	44,6
25	42,9	38,2	50,0
50	48,9	43,4	57,3
75	52,4	46,4	61,6
100	54,8	48,5	64,6
200	60,7	53,5	71,9
500	68,6	60,2	81,6

**PERÍODO DE RETORNO ESTIMADO PARA UN VALOR DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 1 HORA**

Precipitación acumulada en 1 hora (mm)	Años	Intervalo de confianza al 80%
29,8	5,8	4,0 ; 8,5 (años)
54,2	93,0	37 ; 219 (años)

En las siguientes tablas se recogen las comparativas entre estas dos series calculadas, así como los propios registros de la pluviometría recogida durante el evento. En ellas, se han sombreado para cada una de las series temporales, el periodo de retorno asociado al evento.

Estación P9434 AEROPUERTO DE ZARAGOZA (AEMET)				
Periodo de retorno (años)	30 minutos		60 minutos	
	Con evento	Sin evento	Con evento	Sin evento
2	16.0	15.5	19.6	19.0
5	24.5	23.5	30.8	29.0
10	30.2	28.7	38.2	35.7
25	<b>37.3</b>	<b>35.4</b>	<b>47.5</b>	44.1
50	<b>42.6</b>	<b>40.3</b>	<b>54.5</b>	<b>50.3</b>
100	47.9	45.2	61.3	<b>56.5</b>
200	53.1	50.1	68.2	62.7
500	60.0	56.5	77.2	70.8
Precipitaciones registradas durante el evento	<b>38.2</b>		<b>53.8</b>	

Adicionalmente, se analizan las dos estaciones pertenecientes al SAIH del Ebro:

Estación PC04 SAGASTA (SAIH)								
Periodo de retorno (años)	15 minutos		30 minutos		45 minutos		60 minutos	
	Con evento	Sin evento	Con evento	Sin evento	Con evento	Sin evento	Con evento	Sin evento
2	10.6	10.2	13.0	12.5	14.3	13.5	16.5	15.8
5	15.8	15.3	20.4	19.6	22.5	21.0	25.7	24.6
10	<b>19.2</b>	<b>18.6</b>	<b>25.3</b>	<b>24.3</b>	<b>28.0</b>	26.0	<b>31.8</b>	<b>30.4</b>
25	23.5	<b>22.8</b>	<b>31.5</b>	<b>30.3</b>	<b>34.9</b>	<b>32.2</b>	<b>39.5</b>	<b>37.7</b>
50	26.7	25.9	36.1	34.7	40.1	<b>36.8</b>	45.2	43.2
100	29.9	29.0	40.6	39.1	45.2	41.4	50.9	48.6
200	33.1	32.1	45.2	43.4	50.2	46.0	56.5	53.9
500	37.3	36.2	51.2	49.2	56.9	52.1	64.0	61.0

Estación PC04 SAGASTA (SAIH)								
Periodo de	15 minutos		30 minutos		45 minutos		60 minutos	
	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin
Precipitaciones registradas durante el evento	19.2		26.2		34		34	

Estación C045 CASABLANCA (SAIH)								
Periodo de retorno (años)	15 minutos		30 minutos		45 minutos		60 minutos	
	Con evento	Sin evento	Con evento	Sin evento	Con evento	Sin evento	Con evento	Sin evento
2	8.9	8.5	11.8	11.2	12.8	12.1	14.3	13.6
5	13.4	12.5	17.7	16.2	20.3	18.3	23.0	21.5
10	<b>16.4</b>	15.2	21.6	19.5	25.3	22.5	<b>28.7</b>	26.7
25	<b>20.1</b>	<b>18.6</b>	<b>26.5</b>	23.7	<b>31.5</b>	27.7	<b>35.9</b>	<b>33.3</b>
50	22.9	<b>21.1</b>	<b>30.2</b>	<b>26.8</b>	<b>36.2</b>	<b>31.6</b>	41.3	<b>38.2</b>
100	25.6	23.5	33.8	<b>29.9</b>	40.8	<b>35.5</b>	46.7	43.0
200	28.4	26.0	37.4	32.9	45.4	39.3	52.0	47.8
500	32.0	29.3	42.2	37.0	51.5	44.4	59.0	54.2
Precipitaciones registradas durante el evento	19.8		28.6		34.8		34.8	

Finalmente, se adjuntan los resultados para las distribuciones de Gumbel y SQRT teniendo cuenta el evento.

P9434 - AEROPUERTO DE ZARAGOZA (AEMET)				
PERIODO RETORNO	30 minutales		60 minutales	
	Gumbel	SQRT	Gumbel	SQRT
2	16.0	14.5	19.4	17.6
5	24.5	21.8	29.7	26.4
10	30.2	27.4	36.5	33.1

P9434 - AEROPUERTO DE ZARAGOZA (AEMET)				
30 minutos			60 minutos	
PERIODO RETORNO	Gumbel	SQRT	Gumbel	SQRT
25	37.3	35.1	45.1	42.4
50	42.6	41.4	51.5	50.0
100	47.9	48.0	57.9	58.1
200	53.1	55.2	64.2	66.7
500	60.0	65.2	72.5	<b>78.8</b>

Teniendo en cuenta que la duración asociada al mayor periodo de retorno era la de 60 minutos, para el diseño del evento extremal se adoptan los resultados de la ley de frecuencias SQRTmax, del lado de la seguridad, tomando como hietograma tipo el correspondiente a la celda del centroide de cuenca, con la diferencia con respecto al evento de adoptar una lluvia uniforme en toda la cuenca, también del lado de la seguridad al despreciar el factor de corrección areal.

Tiempo	Intensidad (mm/h) T500	Intensidad (mm/h) Evento 6 Julio
00::00:00	0.2	0.0
00::00:10	1.4	0.0
00::00:20	155.8	93.6
00::00:30	139.7	69.6
00::00:40	78.2	42.0
00::00:50	90.0	117.6
00::01:00	4.6	2.4
00::01:10	1.4	0.0
00::01:20	0.9	0.0
00::01:30	0.4	0.0

## 5. CÁLCULO DE CAUDALES SEGÚN EL MÉTODO RACIONAL.

### 5.1. INTRODUCCIÓN.

A continuación, se muestra a título informativo los caudales que se obtendrían utilizando el método racional. Existen diversas fórmulas para la determinación de este caudal, variando sus resultados en función de las mismas. Se expone el método racional modificado, según la norma 5.2.-I.C. de Drenaje Superficial, por ser la de mayor aceptación en la península ibérica.

Se introducirá como variante la determinación el tiempo de concentración. En primer lugar, es importante recalcar que este método no tiene en cuenta posibles alteraciones antrópicas que puedan alterar el tiempo de concentración de la cuenca, como puede ser el caso de infraestructuras que ejerzan una importante acción laminadora.

Según la norma 5.2. – I.C. de Drenaje Superficial, *“El caudal máximo anual correspondiente a un determinado período de retorno QT, se debe determinar a partir de la información sobre caudales máximos que proporcione la Administración Hidráulica competente”*, en este caso la Confederación Hidrográfica del Ebro. No obstante, en caso de no disponerse de dicha información, los caudales máximos se deberán calcular a través de alguna de las metodologías establecidas por dicha norma 5.2-IC.

La elección del método de cálculo más adecuado a cada caso concreto debe seguir el siguiente procedimiento:

- En cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados ( $A < 50 \text{ km}^2$ ):
  - Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.

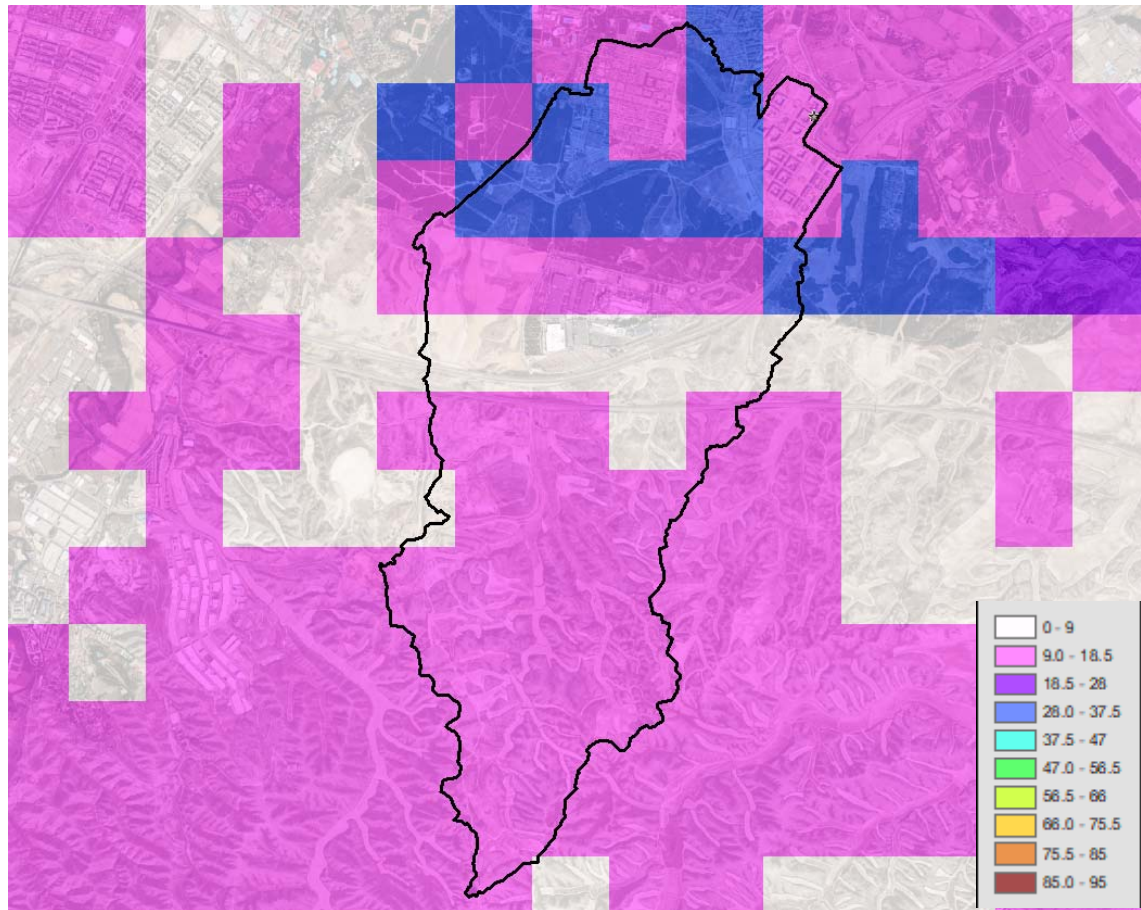
- Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos se debe aplicar el método racional modificado.

Dentro del ámbito del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (en adelante SNCZI), el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, encargó al CEDEX mediante un Convenio de colaboración la elaboración de un mapa de los caudales máximos asociados a distintas probabilidades de recurrencia en la red de ríos que gestiona a través de las distintas Confederaciones Hidrográficas.

Este trabajo se presenta en la aplicación CAUMAX (Versión mayo 2014), integrada en un sistema de información geográfica, en la que es posible consultar los caudales máximos instantáneos en régimen natural asociados a distintos periodos de retorno para los cauces con una cuenca superior a 50 km<sup>2</sup> y calcular estos caudales mediante el método racional modificado para cauces con cuencas inferiores a 50 km<sup>2</sup>.

La aplicación, presenta problemas para cuencas inferiores a 10 km<sup>2</sup> y se vuelve inoperativa para cuencas menores de 1km<sup>2</sup>.

Sin embargo, se puede consultar la información de entrada como son el mapa de precipitaciones o el de umbrales de escorrentía.



*Mapa de umbrales de escorrentía 500x500 (mm)*

Se puede consultar la memoria técnica que explica el proceso de realización de estos trabajos en la siguiente dirección:

<http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/mapa-de-caudales-maximos/>

## 5.2. METODOLOGÍA.

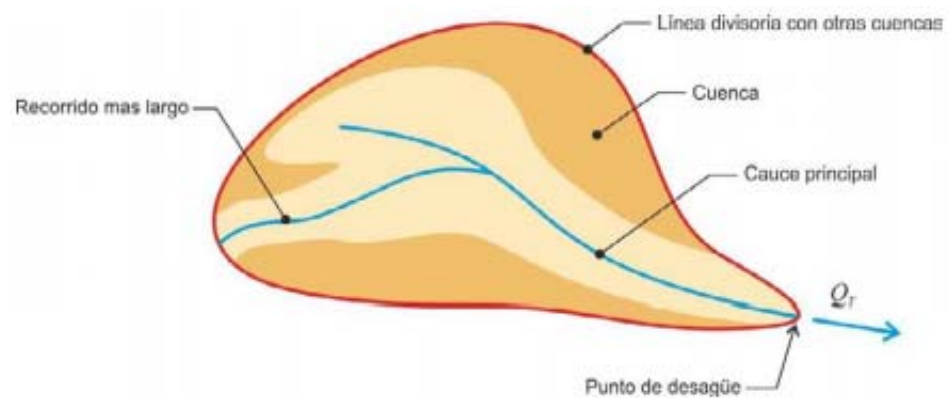
El caudal máximo anual  $Q_T$ , correspondiente a un período de retorno  $T$ , se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_f}{3,6}$$



, donde:

- $Q_T$  ( $m^3/s$ )
  - Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno  $T$ , en el punto de desagüe de la cuenca (figura 2.2).
- $I(T, t_c)$  (mm/h)
  - Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado  $T$ , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ , de la cuenca.
- $C$  (adimensional)
  - Coeficiente medio de esorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- $A$  ( $km^2$ )
  - Área de la cuenca o superficie considerada.
- $K_t$  (adimensional)
  - Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.



Esquema de cuenca. Fuente. Norma 5.2. I.C.

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

#### A. Tiempo de Concentración ( $T_c$ )

Es el tiempo mínimo (en horas) necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando esorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, mediante las siguientes formulaciones:

$$T_c = 0,3 \cdot \left( \frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

, donde:

- L
  - Longitud del cauce mayor (km)
- J
  - Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

Existen diversas formulaciones además de la expuesta anteriormente para calcular el tiempo de concentración. No existe ninguna expresión con validez universal ya que estas fórmulas dependen en gran medida de la similitud de la cuenca de estudio con las cuencas utilizadas para su deducción.

Según las *Recomendaciones técnicas para los estudios de inundabilidad de ámbito local* de la Agencia Catalana del Agua, la fórmula de Témez expuesta anteriormente da buenos resultados, pero resulta interesante la variante que presenta con un coeficiente corrector para distinguir las cuencas urbanas de las rurales, en función del grado de urbanización. De esta manera, la fórmula anterior es válida para cuencas con un grado de urbanización inferior al 4% del área de la cuenca. Para cuencas con un grado de urbanización superior al 4% del área de la cuenca, distingue entre:

- 1) Cuencas con urbanizaciones independientes y sin saneamiento unitario o completo, curso principal no revestido de material impermeable y de baja rugosidad como el hormigón.

$$T_c = \frac{1}{1 + \sqrt{\mu}(2 - \mu)} \cdot 0,3 \cdot \left( \frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

- 2) Cuencas con urbanizaciones independientes y con saneamiento unitario o completo y/o curso principal canalizado, revestido de material impermeable y de baja rugosidad como el hormigón.

$$T_c = \frac{1}{1 + 3\sqrt{\mu}(2 - \mu)} \cdot 0,3 \cdot \left( \frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

En este caso el % de urbanización se puede asumir como aproximadamente de 0.25. (0.22).

B. Coeficiente de Uniformidad

El coeficiente  $K_t$  tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

, donde:

- $T_c$ 
  - Tiempo de concentración (horas)

C. Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor ( $K_A$ )

Si  $A < 1 \text{ km}^2$        $K_A = 1$

$$K_A = 1 - (\log_{10} A/15)$$

Si  $A \geq 1 \text{ km}^2$

, donde:

- $A$ 
  - Área de la cuenca ( $\text{Km}^2$ )

D. Precipitación máxima corregida sobre la cuenca ( $P$ )

$$P = k_A P_d$$

, donde:

- $k_A$ 
  - Factor reductor
- $P_d$ 
  - Precipitación máxima diaria (mm)

### E. Intensidad de Precipitación ( I )

La intensidad de precipitación  $I(T, t)$  correspondiente a un período de retorno  $T$ , y a una duración del aguacero  $t$ , a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

, donde:

- $I(T, t)$  (mm/h)
  - Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno  $T$  y a una duración del aguacero  $t$ .
- $I_d$  (mm/h)
  - Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$
- $F_{int}$  (adimensional)
  - Factor de intensidad

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal mximo anual para el período de retorno  $T$ , en el punto de desagüe de la cuenca  $QT$ , es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ( $t = t_c$ ) de dicha cuenca.

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$ , se obtiene mediante la fórmula

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

, donde:

- $I_d$  (mm/h)
  - Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$
- $P_d$  (mm)
  - Precipitación diaria correspondiente al período de retorno  $T$
- $K_A$  (adimensional)
  - Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

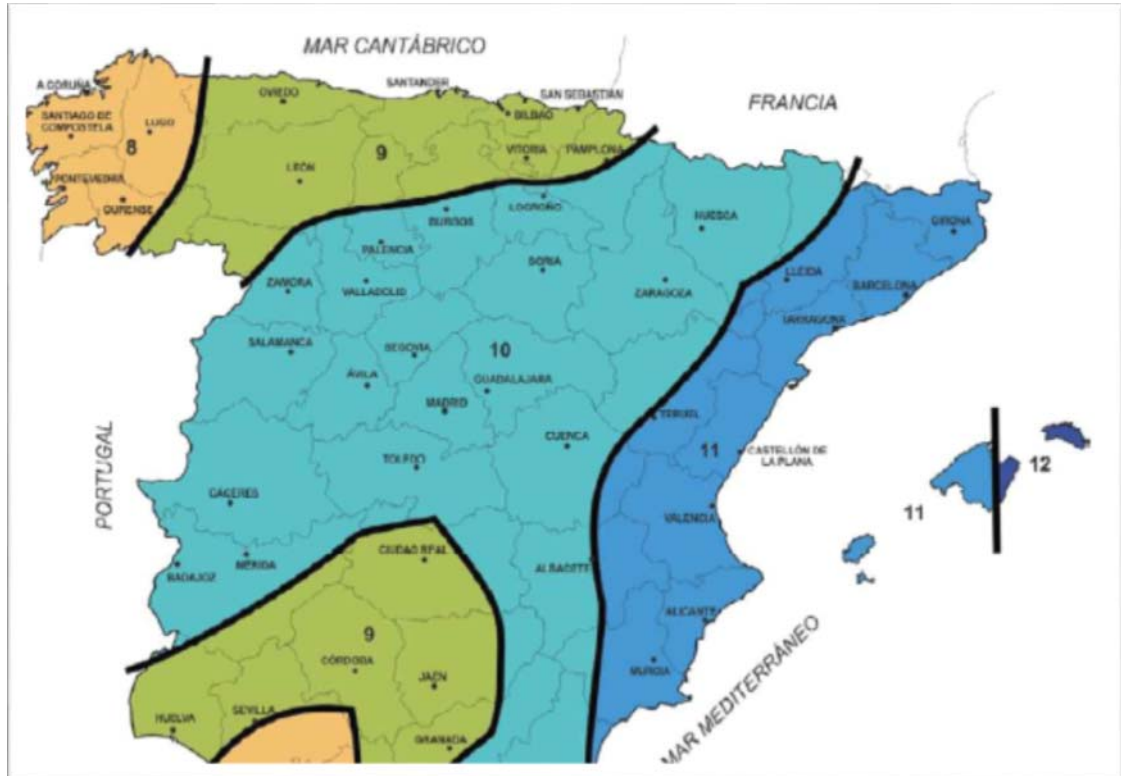
Para la determinación de la precipitación diaria correspondiente al período de retorno T, Pd, se adopta el valor del mapa de caudales máximos del organismo de cuenca.

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de la duración del aguacero t, a partir del índice de torrencialidad (I1/I<sub>d</sub>)

$$F_a = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 t^{0,1}}$$

, donde:

- Fa (adimensional)
  - Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I1/I<sub>d</sub>).
- t (horas)
  - Duración del aguacero.
- I1/I<sub>d</sub> (adimensional)
  - Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa siguiente.



Mapa de torrencialidad (I1/Id)

F. Coefficiente de Escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad I (T, tc) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía C, se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\left( \frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1 \right) \left( \frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23 \right)}{\left( \frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11 \right)^2}$$

, donde:

- Pd:
  - Precipitación máxima diaria correspondiente al periodo de retorno T (mm)
- Po:

- Umbral de escorrentía (mm)
- Ka
  - Factor reductor de la precipitación por área.

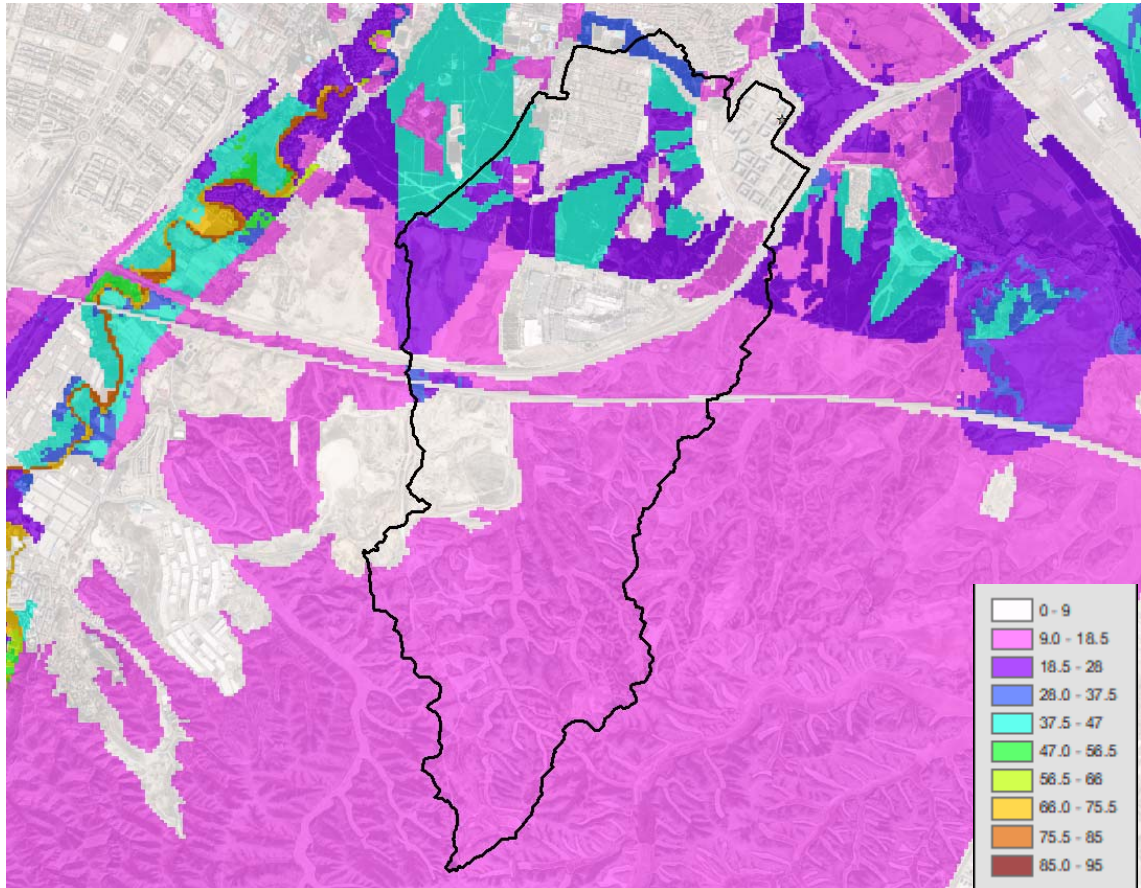
El umbral de escorrentía  $P_0$ , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

, donde:

- $P_0$  (mm)
  - Umbral de escorrentía
- $P_{0i}$  (mm)
  - Valor inicial del umbral de escorrentía
- $\beta$  (adimensional)
  - Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

La formulación del método racional efectuada en los epígrafes precedentes requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía  $\beta$ .

Cuando no se disponga de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se puede tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla 2.5 de la norma 5.2-IC, que se puede encontrar más adelante.



*Mapa de umbrales de escorrentía 25x25 procedente del SIOSE y MALIPER (mm)*

Como se puede ver, el mapa de umbrales de escorrentía 25x25 procedente del SIOSE y MALIPER, fruto de una metodología validada por el SNCZI del Ebro, proporciona un nivel de detalle mucho más adecuado al tamaño de cuenca con el que nos encontramos.

Si se usan los datos del mapa de umbrales de escorrentía de CAUMAX 500X500, se debe aplicar el producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía por un factor dependiente del período de retorno T, considerado para el caudal de proyecto en el elemento de que en cada caso se trate:

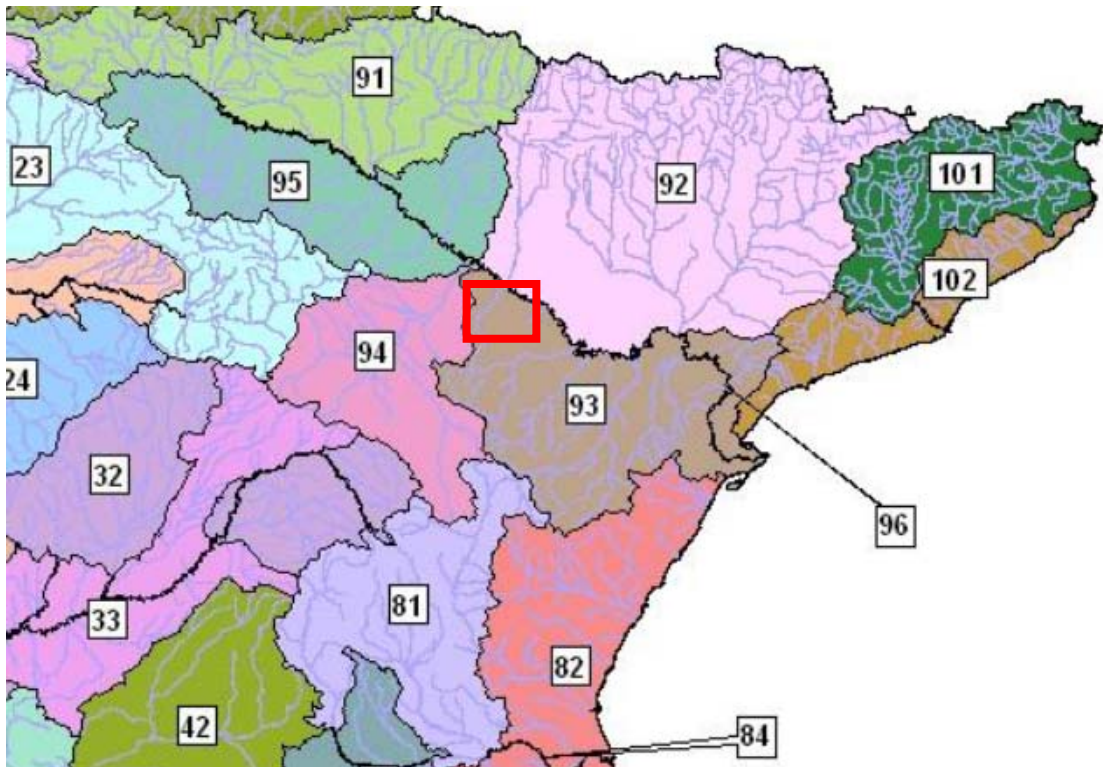
$$\beta^{PM} = \beta_m \cdot F_T$$

, donde:

- $\beta^{PM}$  (adimensional)



- Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares
- $\beta m$  (adimensional)
  - Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía
- FT (adimensional)
  - Factor función del período de retorno T

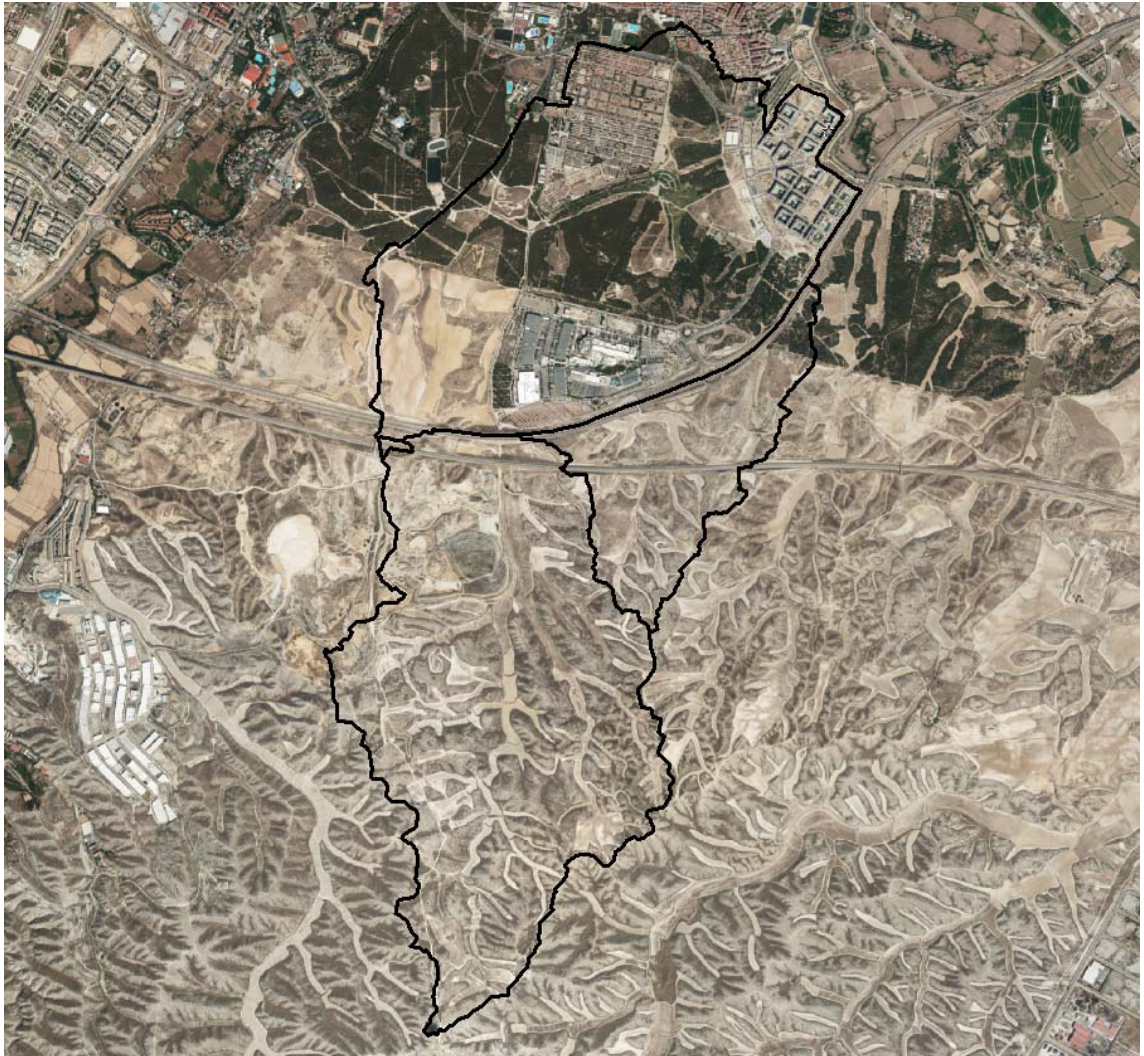


*Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente Corrector del umbral de escorrentía.*

Región	Valor medio, $\beta_m$	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno $T$ (años), $F_T$				
		50% $\Delta_{50}$	67% $\Delta_{67}$	90% $\Delta_{90}$	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54

### 5.3. RESULTADOS.

En primer lugar, mediante técnicas GIS y un modelo digital del terreno de 5x5 se identifican las cuencas vertientes y sus características físicas.



*Cuencas vertientes.*

	Arraez	Muerte_AAbZ39	Muerte_AArZ40	Total
<b>A (km2)</b>	1.136	4.269	3.845	9.250
<b>L (km)</b>	2.026	3.681	3.852	6.542
<b>Cota max</b>	337.07	310.43	400.68	400.68
<b>Cota min</b>	253.53	235.22	292.91	235.22
<b>I</b>	0.041	0.020	0.028	0.025
<b>Ka</b>	1.00	0.96	0.96	0.94
<b>Tc1 (h)</b>	0.94	1.69	1.65	2.51
<b>Tc2 (h)</b>	0.57	1.02	0.99	1.51
<b>Tc3 (h)</b>	0.32	0.57	0.55	0.84
<b>Kt</b>	1.03	1.07	1.07	1.11
<b>I1/Id</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Po (mm)</b>	9.93	15.11	10.07	15.39
<b>M</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Po' (mm)</b>	9.9	15.1	10.1	15.4

A continuación, se muestran los resultados obtenidos, realizando un análisis de sensibilidad a ciertos parámetros. En primer lugar, se comparan los resultados con y sin el coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

#### **Resultados sin coeficiente corrector (amplificador) del umbral de escorrentía.**

		Arraez	Muerte_AAbZ40	Muerte_AArZ40	Total
<b>Pd (mm)</b>	<b>10 yr</b>	64.00	63.13	64.00	64.00
	<b>100 yr</b>	103.00	101.69	103.00	103.00
	<b>500 yr</b>	134.00	132.69	134.00	134.00
<b>Pd' (mm)</b>	<b>10 yr</b>	63.76	60.47	61.50	59.88
	<b>100 yr</b>	102.62	97.41	98.98	96.37
	<b>500 yr</b>	133.51	127.11	128.77	125.37
<b>C</b>	<b>10 yr</b>	0.525	0.360	0.508	0.350
	<b>100 yr</b>	0.684	0.527	0.668	0.517
	<b>500 yr</b>	0.759	0.618	0.745	0.607
<b>Id</b>	<b>10 yr</b>	2.66	2.52	2.56	2.49
	<b>100 yr</b>	4.28	4.06	4.12	4.02
	<b>500 yr</b>	5.56	5.30	5.37	5.22
<b>It</b>	<b>10 yr</b>	27.54	18.40	19.01	14.22
	<b>100 yr</b>	44.32	29.64	30.59	22.88
	<b>500 yr</b>	57.65	38.68	39.80	29.77
<b>Q (m3/s)</b>	<b>10 yr</b>	<b>4.847</b>	<b>8.813</b>	<b>11.527</b>	<b>15.164</b>
	<b>100 yr</b>	<b>10.15</b>	<b>20.77</b>	<b>24.40</b>	<b>35.97</b>
	<b>500 yr</b>	<b>14.66</b>	<b>31.78</b>	<b>35.42</b>	<b>54.99</b>

**Resultados con coeficiente corrector (amplificador) del umbral de escorrentía.**

		Arraez	Muerte_AAbZ40	Muerte_AArZ40	Total
Pd (mm)	10 yr	64.00	63.13	64.00	64.00
	100 yr	103.00	101.69	103.00	103.00
	500 yr	134.00	132.69	134.00	134.00
Pd' (mm)	10 yr	63.76	60.47	61.50	59.88
	100 yr	102.62	97.41	98.98	96.37
	500 yr	133.51	127.11	128.77	125.37
C	10 yr	0.340	0.193	0.324	0.184
	100 yr	0.506	0.342	0.489	0.332
	500 yr	0.597	0.434	0.580	0.422
Id	10 yr	2.66	2.52	2.56	2.49
	100 yr	4.28	4.06	4.12	4.02
	500 yr	5.56	5.30	5.37	5.22
It	10 yr	27.54	18.40	19.01	14.22
	100 yr	44.32	29.64	30.59	22.88
	500 yr	57.65	38.68	39.80	29.77
Q (m3/s)	10 yr	<b>3.141</b>	<b>4.711</b>	<b>7.346</b>	<b>7.981</b>
	100 yr	<b>7.52</b>	<b>13.48</b>	<b>17.85</b>	<b>23.12</b>
	500 yr	<b>11.53</b>	<b>22.31</b>	<b>27.57</b>	<b>38.27</b>

En segundo lugar, se comparan los resultados con las diferentes fórmulas del tiempo de concentración.

En base a las grabaciones de videos, se observa que sobre las 19:30 horas podría haber terminado el drenaje del evento en su mayor parte. Siendo el final de la lluvia a las 18:30 horas, el tiempo de concentración de la cuenca fue de aproximadamente 1 hora. Estos valores serían coherentes con los resultados presentados para el Tc con grado de alteración urbana, encontrándose entre el Tc2 y el Tc3.

No obstante, si se observa el hidrograma del modelo pluviométrico, el Tc podría ser algo mayor, similar al Tc2.

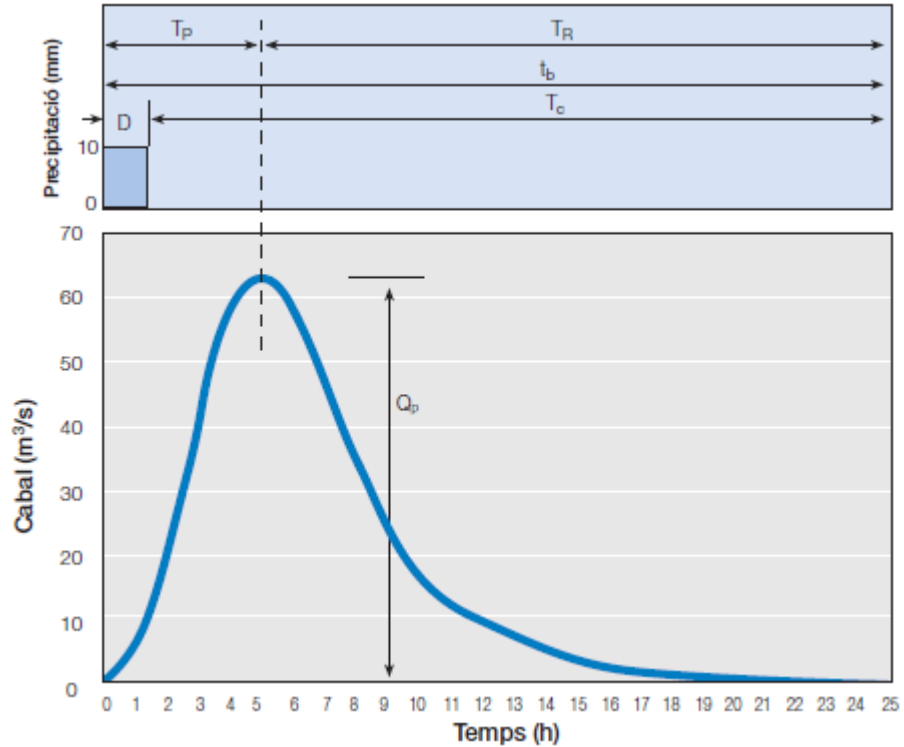


Ilustración del tiempo de concentración. Fuente: ACA.

A continuación, se muestran los resultados para un coeficiente corrector de 1.0 y diferentes tiempos de concentración:

		Arraez	Muerte_AAbZ40	Muerte_AArZ40	Total
Q (m3/s) Tc1	10 yr	4.847	8.813	11.527	15.164
	100 yr	10.15	20.77	24.40	35.97
	500 yr	14.66	31.78	35.42	54.99
		Arraez	Muerte_AAbZ40	Muerte_AArZ40	Total
Q (m3/s) Tc2	10 yr	6.283	11.377	14.885	19.442
	100 yr	13.16	26.81	31.51	46.12
	500 yr	19.00	41.02	45.74	70.51
		Arraez	Muerte_AAbZ40	Muerte_AArZ40	Total
Q (m3/s) Tc3	10 yr	8.448	15.347	20.080	26.155
	100 yr	17.69	36.17	42.50	62.05
	500 yr	25.55	55.33	61.71	94.86

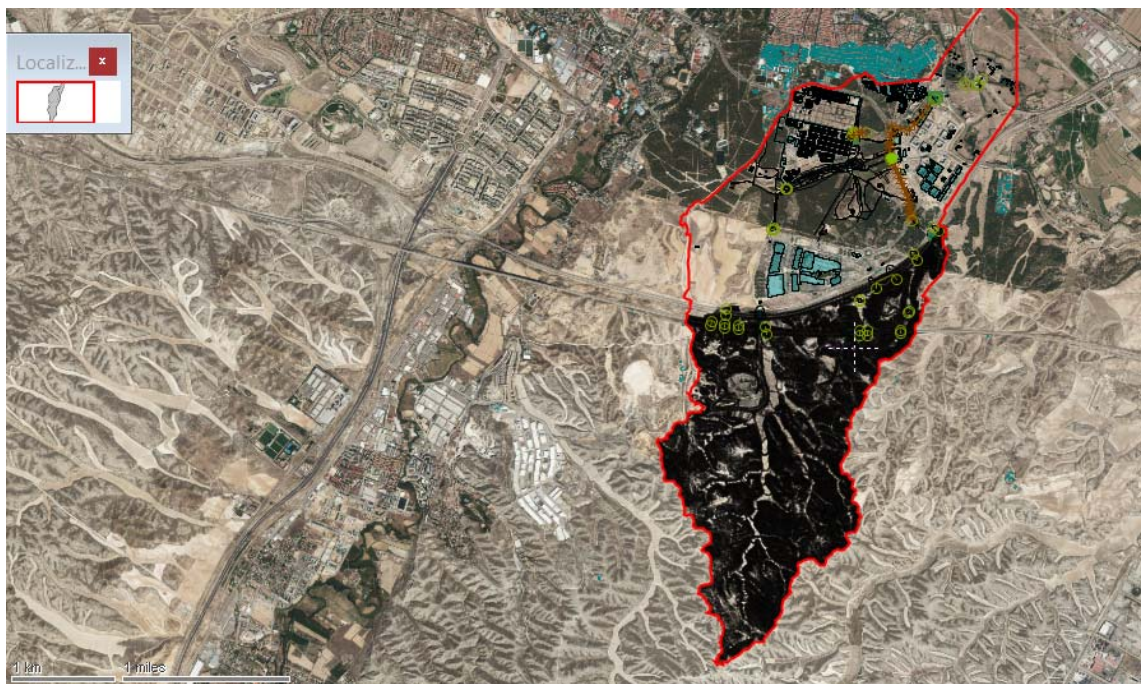
Adicionalmente, se podría hacer un análisis de sensibilidad a las lluvias máximas diarias.

Por tanto, el caudal circulante según esta metodología se encontraría para  $T = 500$  años entre  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $95 \text{ m}^3/\text{s}$ . Esta dispersión de resultados, pone de manifiesto la necesidad de elaborar un modelo de detalle pluviométrico-hidráulico, de manera que calcule en cada caso la escorrentía, laminación y tránsito de onda reales.

## 6. MODELO PLUVIOMÉTRICO – HIDRÁULICO 2D

### 6.1. DOMINIO DE CÁLCULO. CAUCES ESTUDIADOS.

A continuación, se muestra el dominio de cálculo utilizado, siendo la condición de contorno de salida el calado normal. La condición de entrada del modelo se corresponde con la retícula de lluvias de 500x500 m<sup>2</sup>, descrita en epígrafes anteriores. Puesto que se trata de un modelo pluviométrico-hidráulico, este dominio coincide con la totalidad de la cuenca drenante.



*Dominio de Cálculo modelo hidráulico.*

### 6.2. METODOLOGÍA.

Este software permite, mediante el cálculo por volúmenes finitos y malla triangular, la modelización numérica de flujo variable en dos dimensiones horizontales en la hipótesis de flujo verticalmente homogéneo.

Las hipótesis fundamentales de este modelo son las siguientes:



- Pérdidas en flujo estacionario similares a las pérdidas por fricción en flujo transitorio.
- Distribución de presiones en la vertical hidrostática o equivalentemente, aceleración en la vertical es pequeña, puesto que se produce una variación gradual de las ondas que se producen en la superficie.
- Aproximación de la tangente por el ángulo y las medidas en el fondo son equivalentes a medidas en el plano horizontal, ya que la pendiente promedio del fondo del cauce es pequeña.

El modelo plantea la integración de las ecuaciones de aguas poco profundas - shallow water equations (SWE)- o versión de profundidad media de las ecuaciones de Navier-Stokes. Asumen que el flujo es predominantemente horizontal y que la variación vertical de la velocidad es despreciable. Las ecuaciones que rigen el fenómeno son las siguientes:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D}$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( hu^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D} u_{1d}$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( hv^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial x} = S_{0,x} - S_{f,y} + q_{1D} v_{1d}$$

Las características del modelo:

- Proceso iterativo.
- Situación inicial ( $n$ ) de partida.
- Integración para la situación  $n+1$ , a lo largo de toda la geometría.
- Comprobación de que la precisión alcanzada es suficiente.
- En caso contrario, se itera incluso variando el  $Dt$ .

- Si la precisión es suficiente, se inicia un nuevo proceso iterativo para el siguiente momento temporal.

Para realizar estos cálculos es necesario disponer de un Modelo Digital del Terreno (MDT) en 3D y de la información de las infraestructuras lineales y transversales al cauce (puentes, motas, muros, compuertas,...).

### 6.3. CARTOGRAFÍA.

Para la modelización hidráulica del presente estudio se ha utilizado un Modelo Digital del Terreno de alta precisión (1x1) generado a partir de los datos LiDAR capturados en un vuelo del Instituto Geográfico Nacional (2ª cobertura), realizado el **15 de octubre de 2016**.

#### 6.3.1. VUELO LiDAR.

El LiDAR (Light Detection And Ranging) es un sistema que contiene un emisor de impulsos y un receptor de detección remota basado en un sensor láser. El instrumental se instala en un avión desde el cual se procedé a la emisión de un pulso láser y a la medida del tiempo que tarda dicho pulso en llegar a un objeto, en el cual rebota, y volver al avión. De este modo, a cada tiempo de respuesta se le asigna una cota. El sistema instalado en el avión no trabaja solamente en la vertical del mismo. También se realizan medidas transversalmente a la dirección de avance, con un cierto ángulo respecto a la vertical.

Según las características del objeto al que llega el pulso láser se pueden dar diferentes respuestas:

- En una superficie sólida (edificios, suelo, etc.), el rayo se refleja y vuelve al avión.
- En el agua, el rayo láser es absorbido y no vuelve al avión, por lo que no se obtiene información.
- En vegetación, al chocar con la copa del árbol parte del rayo se refleja y vuelve al avión, pero parte del rayo la atraviesa hasta llegar al suelo. En este caso, el sistema guarda el primer y último pulso.



Toma de datos de LIDAR

El registro del primer pulso permite describir la superficie (parte más alta) de los objetos, mientras que el registro del último eco se usa para conocer la superficie del suelo. La capacidad multi-retorno se utiliza para detectar vegetación y su altura.

**SE HA CONSTATADO UNA DIFERENCIA ENTRE LAS COTAS LIDAR Y LAS COTAS DE LAS BASES DE REPLANTEO ENTRE 0.05 m Y 0.10 m (INFERIOR LAS DEL LIDAR), POR LO QUE LAS COTAS DE INUNDACIÓN MOSTRADAS DEBERÁN SER CORREGIDAS (DEL LADO DE LA SEGURIDAD) SEGÚN ESTAS DIFERENCIAS.**

### 6.3.2. Modelo Digital del Terreno.

Los productos obtenidos inicialmente, previos a tratamientos específicos, son los siguientes:

#### **Modelo digital de superficies (MDS)**

A partir de la nube de puntos original. Se obtiene el MDS que almacenará la altura máxima medida para cada unidad de superficie.

#### **Modelo digital de intensidades (MDI)**

A partir de la nube de puntos original, se obtiene el MDI que almacenará los valores de la intensidad medida por el LIDAR para cada uno de los pulsos emitidos. Esta imagen de intensidades puede dar información de diferentes tipos de superficies.

Estos productos iniciales deberán ser tratados para obtener aquéllos que se emplearán en los estudios. Para ello será necesario realizar un estudio detallado del MDS en base a la ortofotografía disponible y a las imágenes de intensidades. A partir de la ortofoto se pueden identificar zonas donde se localicen edificaciones u otras

construcciones como antenas, aerogeneradores, catenarias, puentes y pasos elevados, vegetación y vehículos que, debido a la técnica de levantamiento del MDS del sistema LIDAR, den lugar a cotas que necesiten ser restituidas

#### **6.3.2.1. Eliminación de puentes**

Como se ha indicado anteriormente, el pulso del LIDAR, al rebotar sobre el tablero de los puentes, da como resultado que la cota del MDS en el punto sea la cota superior del tablero del puente, no la del cauce, por lo que será necesario restituir las cotas del cauce para que las modelizaciones posteriores sean correctas.

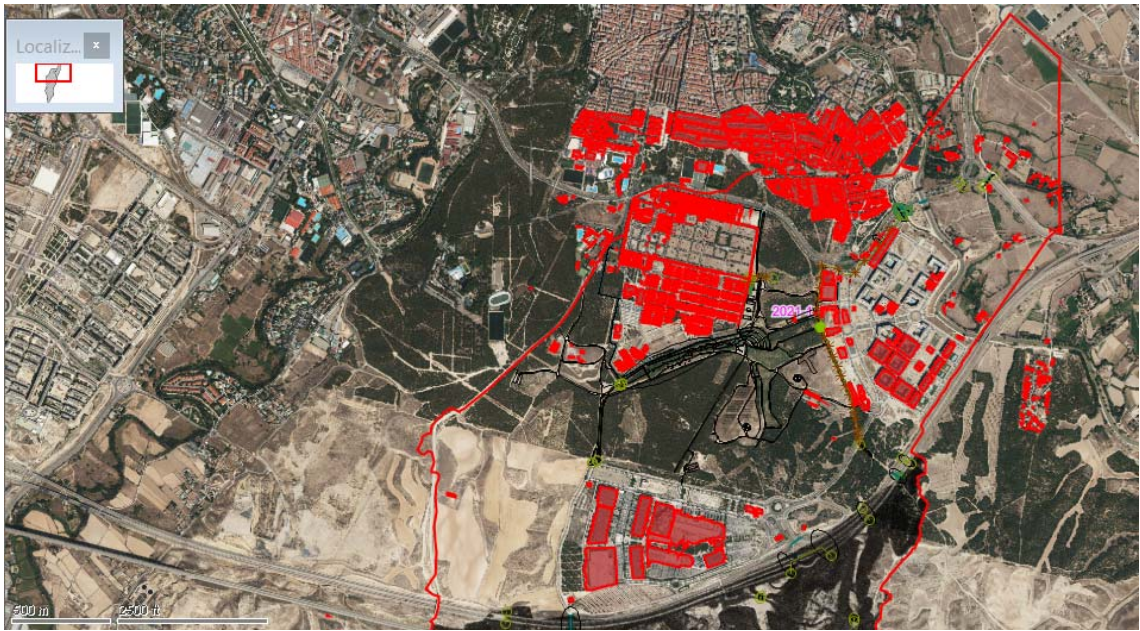
El proceso necesario para la eliminación de los puentes es el siguiente:

- Identificación de las zonas que son candidatas a ser clasificados como puentes o pasos elevados.
- Comprobación de si realmente se trata de un puente o paso elevado o, de lo contrario, se trata de un falso positivo.
- En el caso de tratarse de un puente, retoque manual de la parte del mismo que se quiere eliminar.
- Eliminación de las alturas de los puntos del MDS correspondientes a la zona que se haya seleccionado como puente. Es necesario definir líneas de rotura por medio de puntos que representen geoméricamente la estructura. Estos puntos se seleccionan de forma visual, con la seguridad de que pertenecen al punto más bajo del puente. Posteriormente, sobre el MDS al que se le han eliminado los puntos del puente, se dibujan las líneas de rotura desde el valor de altura de los puntos rojos hasta el valor de altura de los azules.
- Generación del MDT final.

#### **6.3.2.2. Vectorización de edificios y otros obstáculos.**

Los edificios influyen en las líneas de flujo de la modelización, por lo que cualquier simulación en régimen real debe considerarlos de forma adecuada.

A partir de los datos LIDAR y con el apoyo necesario de la cartografía 1:1000 y las ortofotos disponibles (generalmente procedentes del PNOA), será necesario introducir los edificios presentes en la zona de estudio, de forma que se pueda obtener un MDT eliminando la vegetación y demás objetos, manteniendo la altura de los edificios.



*Edificios introducidos en el modelo.*

En la Z-30 y, puesto que se trata de la zona de calibración más adecuada, se han dispuesto una serie de obstáculos correspondientes a vehículos, obtenida de información gráfica, con una permeabilidad del 50% (polígono poroso), para representar su obstrucción al flujo en esta zona.



*Vehículos introducidos en el modelo*

### **6.3.2.3. Identificación de motas y terraplenes de obras lineales**

Las motas y terraplenes de obras lineales que bordean los cauces son elementos que afectan especialmente a las modelizaciones, ya que delimitan la zona por la que circulan los caudales y pueden restringir el Dominio Público Hidráulico.

Las motas deberán estar bien definidas, por lo que será necesario su identificación en ortofoto y su comprobación en el MDT. Puesto que en ocasiones la precisión del MDT no es suficiente para definir la estructura, se caracterizan por medio de la cartografía 1:1000 existente o levantamientos ad-hoc. Es el caso de los dos cordones de tierra que sufrieron daños en el barranco de la Muerte y en el barranco del Camino de Arráez, representando la situación final de esas brechas.



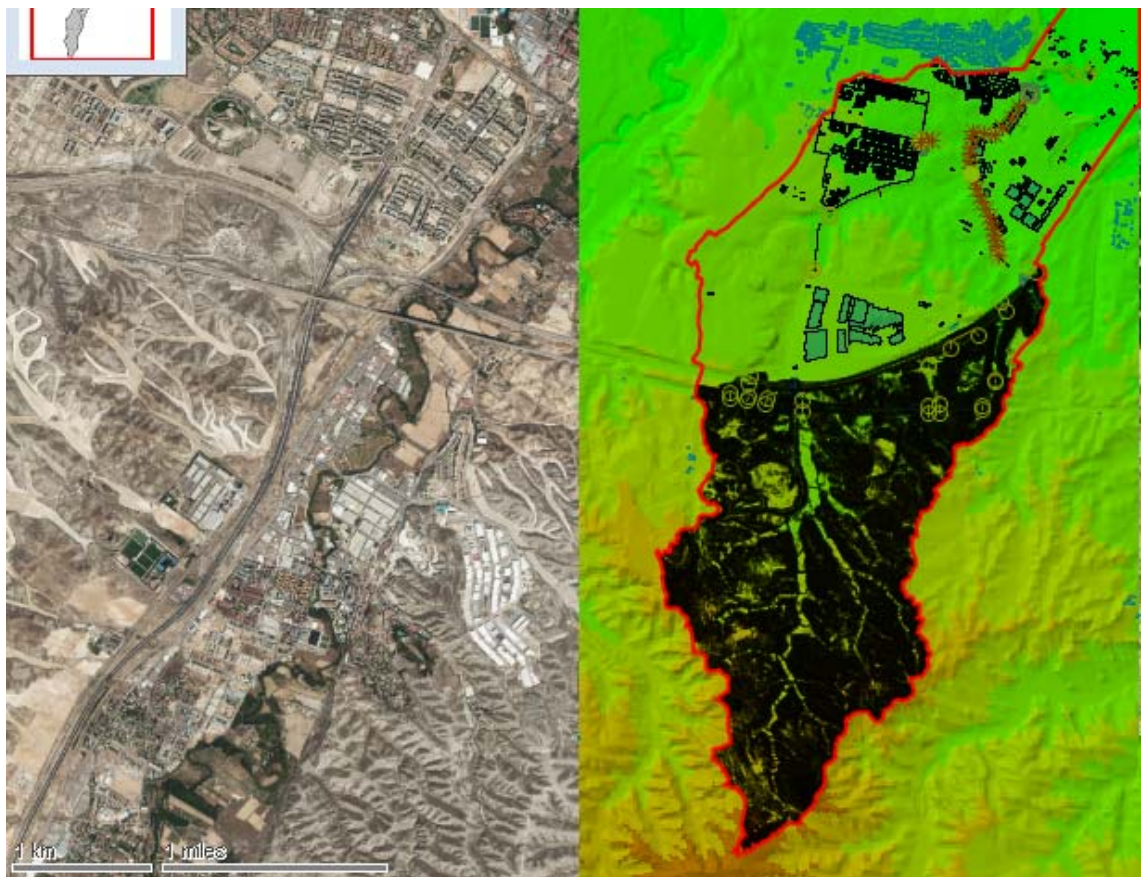
*En rojo, situación de motas.*

Es destacable también la introducción de todo el muro perimetral del cementerio de Torrero, teniendo en cuenta la permeabilidad y drenaje de su zona más baja.

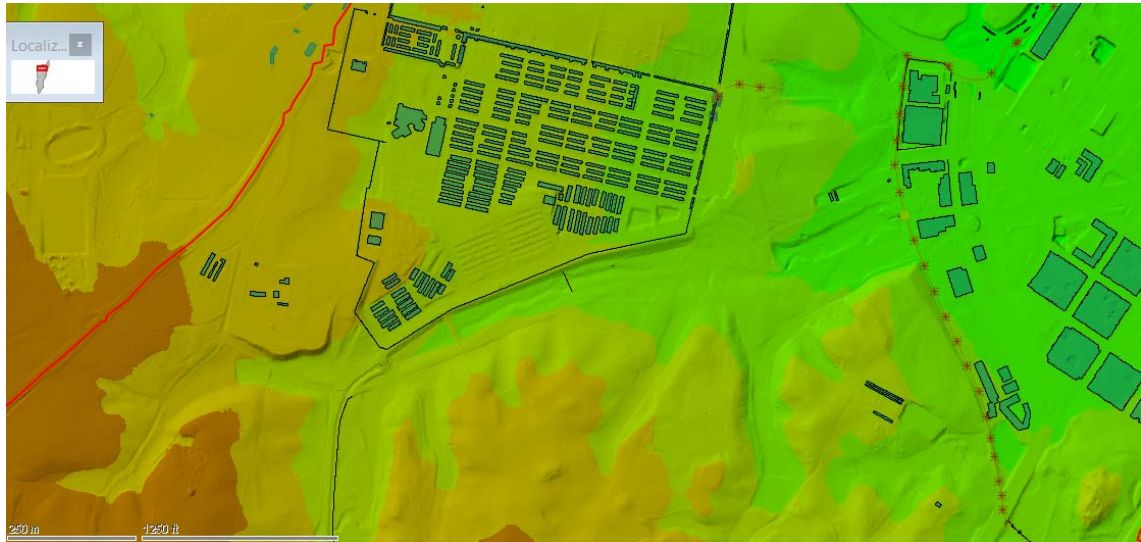
### **6.3.2.4. Productos finales. MDT.**

Para la realización de la modelización hidráulica correspondiente a la situación actual de la llanura de inundación, es decir, con una geometría del terreno alterada por

las posibles modificaciones antrópicas existentes, se utilizará el MDTreal que consistirá en el modelo digital de superficies en el que se habrán eliminado los elementos correspondientes a la vegetación, se habrán corregido las profundidades de cauce, se habrán eliminado los puentes y se habrán incluido (y revisado) aquellos elementos antrópicos de larga duración, tales como edificios, motas, terraplenes, etc.



*MDT 1 X 1 procedente de LIDAR. General.*



MDT 1 X 1 procedente de LIDAR.Detalle.

#### 6.4. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD.

La rugosidad en la llanura de inundación depende fundamentalmente de los usos del suelo presentes en la misma. Aplicando la metodología expuesta en la “**Guía Metodológica para el desarrollo del SNCZI**” finalmente se han definido las rugosidades distribuidas de cada uno de los modelos hidráulicos.

Como información de partida sobre los usos del suelo se ha utilizado el Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE) llevado a cabo por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Se trata de una capa de información en formato SIG que ofrece una delimitación de los polígonos de ocupación del suelo a escala 1:25.000. Las posibles ocupaciones del suelo vienen dadas por una clasificación de usos simples (cuando éstos sean únicos en el polígono) y compuestos (cuando éstos se encuentren formados por dos o más usos simples y/o compuestos a su vez) que pueden llevar atributos asociados. En función del tipo de combinación, el uso compuesto será asociación o mosaico. La asociación es la combinación de usos que se encuentran entremezclados sin distribución geométrica ordenada. El mosaico es la combinación de usos cuya distribución geométrica y separación entre ellos es claramente perceptible.

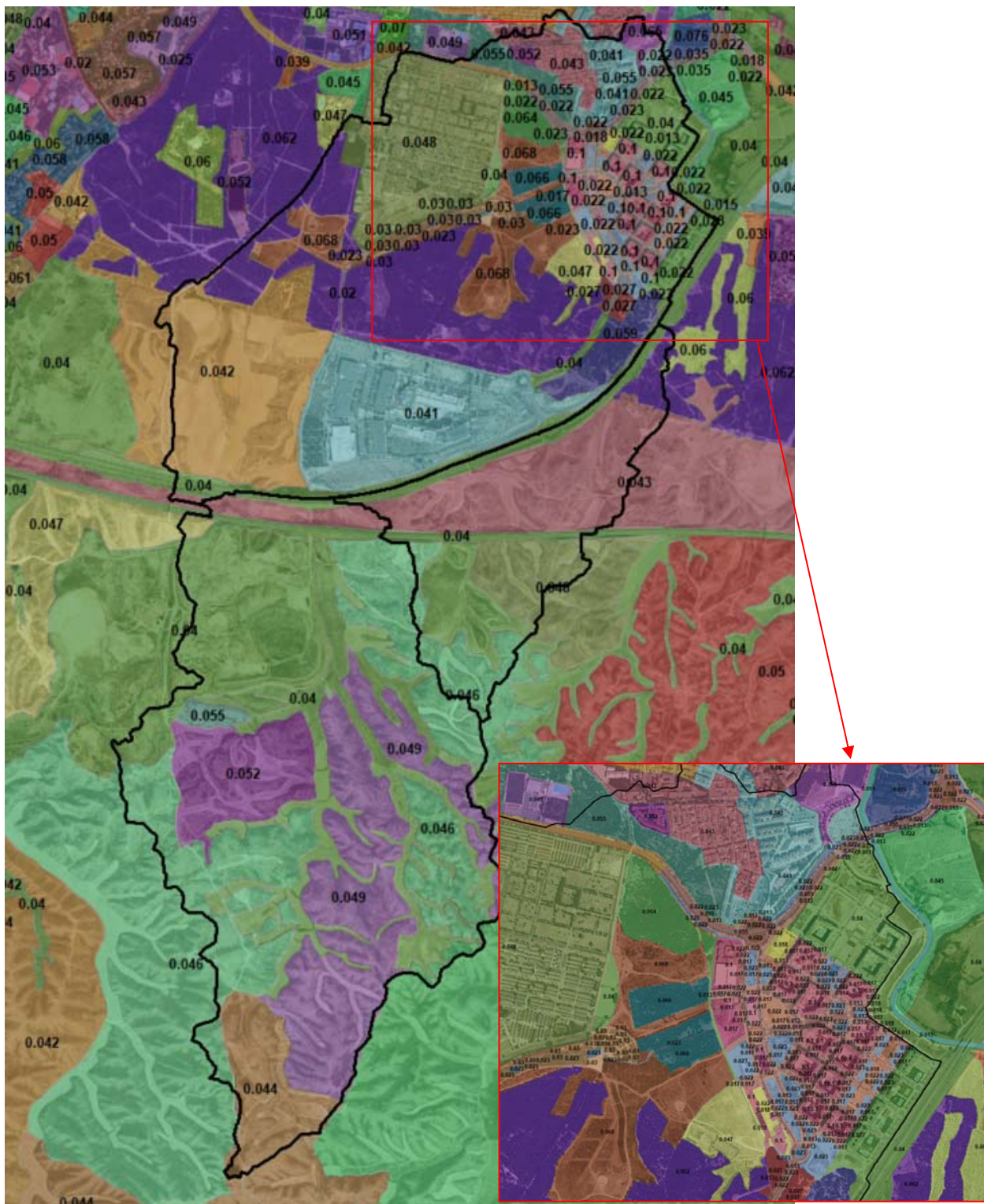
El valor del coeficiente de rugosidad de Manning en el caso de los usos compuestos de tipo mosaico (regular e irregular) y de las asociaciones del SIOSE, se



obtendrá como media de los números de Manning correspondientes a los usos simples que los integran ponderados según los porcentajes de superficie en los que están presentes. El proceso a desarrollar es el siguiente:

- Superponer los polígonos del SIOSE con las herramientas de los SIG sobre la ortofoto suministrada con el MDT del LIDAR.
- Rectificar los polígonos de usos del suelo en caso necesario.
- Asignar valores del coeficiente de rugosidad de Manning a los polígonos de usos del suelo tomando como punto de partida los valores de las tablas que se adjuntan en la guía metodológica del SNCZI.
- Revisar los valores del coeficiente de rugosidad de Manning en función de la densidad de la vegetación o de las edificaciones en la zona de estudio.

En este caso, se ha corregido con detalle las rugosidades de la zona urbanizada afectada. Así, por ejemplo, se ha dado una rugosidad de  $n = 0.013$  a las zonas asfaltadas,  $n = 0.017$  al suelo desnudo o de  $n = 0.055$  a las medianas con adelfas u otras plantaciones de medio porte.



Mapa de rugosidad generado a partir del SIOSE. Detalle zona urbanizada.

## 6.5. INFRAESTRUCTURAS.

Existen múltiples infraestructuras de entidad en el dominio de cálculo que han sido introducidas. El hecho de ser un modelo pluviométrico incrementa su número.

Se introduce en el modelo la red principal de colectores de drenaje y otras obras de paso e infraestructuras existentes en el parque del Barranco, Cementerio de Torrero, Canal Imperial, Z-30 y Z-40 y línea de ff.cc. Adicionalmente, existen una serie de diques aguas arriba de la Z-40 con tubos, que también se introducen en el modelo

### 6.5.1. Red de colectores.

En primer lugar, se introduce la red de colectores principal que drenan el barranco de la Muerte y el barranco del Camino de Arráez. En este caso, se ha recurrido a simplificar el modelo, no introduciendo la red secundaria de colectores, quedando del lado de la seguridad con respecto al coeficiente de escorrentía.

ID Nodo	X (m)	Y (m)	Nivel del terreno (m AD)
Marco_ds	677204.8	4610095.2	224.497
ODT_CEIP	676785.2	4609534.3	240.17
37408	676873.6	4609340	242.392
37418	676879.4	4609825.9	234.137
37867	677015	4609872.4	231.079
37405	676938	4609196	244.678
37406	676916.1	4609244.5	243.898
37407	676894.9	4609293.4	242.55
33309	676976.6	4609022.8	247.615
33310	676967.7	4609070.5	246.64
33308	676981.6	4608994.8	247.882
33319	676985.4	4608966.9	248.12
33317	676992.1	4608942	248.397
33321	676952.5	4609147.1	245.365
42667	676961.1	4609105.3	245.929
37409	676852.2	4609388.7	241.569
37410	676832.4	4609438.1	240.855
37411	676811.9	4609487.2	240.03
37413	676774.7	4609633.7	237.859
37414	676779.7	4609680.7	237.312

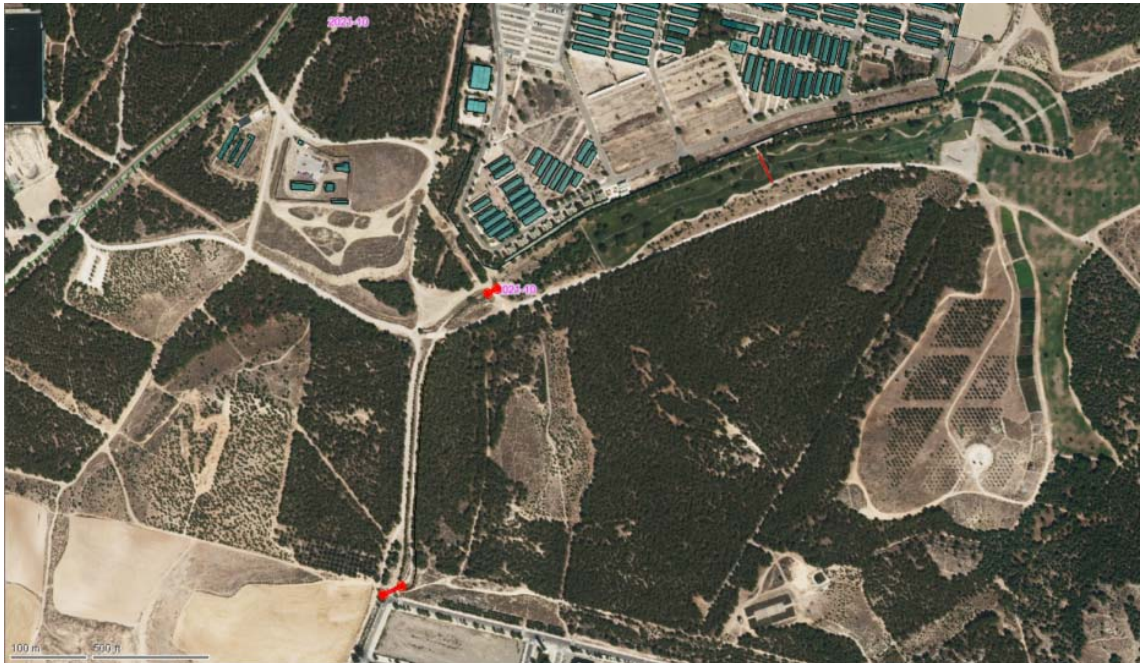
ID Nodo	X (m)	Y (m)	Nivel del terreno (m AD)
37415	676784.3	4609732.2	236.652
37416	676790.3	4609785.8	235.83
37424	676785.4	4609581.2	238.906
37417	676799.6	4609845.3	234.71
37869	677138.9	4610021.5	226.189
37866	677082.9	4609939.7	228.676
37864	676963.2	4609812.8	233.463
37865	677010.4	4609869.5	231.121
37412	676794.4	4609538.2	242



*Trazado colector principal*

### 6.5.2. Parque del Barranco.

La mayor parte de los elementos morfológicos del parque del barranco quedan representados con el Modelo Digital del Terreno de alta precisión, al ser una zona despejada y libre de vegetación, que permite tener una gran cantidad de puntos con el vuelo LiDAR. Se complementa con la introducción del dique inferior de gaviones y de las dos O.D.T. de caminos, compuestos por dos tubos gemelos de 1800 mm de diámetro. Adicionalmente, se introduce con topografía clásico mediante los medios propios del Excmo. Ayto. de Zaragoza la mota derecha del encauzamiento existente desde la Z-40 hasta el parque del Barranco.



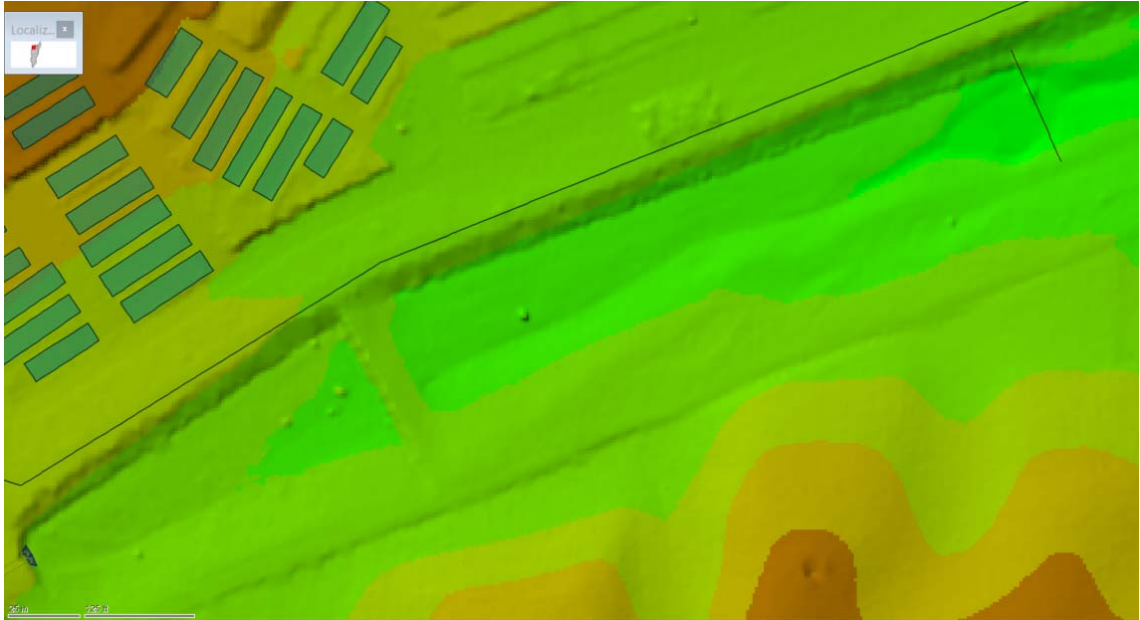
*Planta de infraestructuras.*



*Dique aguas abajo. Cota coronación variable. Mínima 254.51 msnm.*



*Dique aguas arriba. Recogido en el MDT. Cota coronación variable. Mínima 258.4 msnm*



Detalle MDT.



ODT Zona 4camino superior. ODT 19 camino inferior.

ID Nodo	X (m)	Y (m)	Nivel del terreno (m AD)
ODT19_us	675781.9	4609246.9	260.35
ODT19_us!	675783.1	4609244.8	260.35
ODT19_ds	675793.3	4609253.3	259.85
ODT19_ds!	675794.5	4609251.2	259.85
ODT_Zona4_us	675645.2	4608855.5	267.1
ODT_Zona4_us!	675646.2	4608853.5	267.4
ODT_Zona4_ds	675669.9	4608866.8	266.75
ODT_Zona4_ds!	675670.9	4608864.8	266.75





*Encauzamiento desde Z-40 hasta parque del Barranco. Vease roturas en margen derecha. (Vista hacia aguas arriba).*

### 6.5.3. Cementerio de Torrero.

Se compone de una red de colectores de 500 mm de diámetro y unos huecos en los muros para drenar la escorrentía superficial. Se tiene en cuenta una permeabilidad del 5% en las puertas metálicas de acceso.



*Planta del sistema de drenaje.*



*Detalle de elementos considerados.*

ID Nodo	X (m)	Y (m)	Nivel del terreno (m AD)
pozo	676438.2	4609783.3	252
32939	676428.7	4609786.2	247.588
3148	676555.5	4609779.6	245.233
3147	676515	4609785.3	245.829
3146	676474.7	4609789.8	246.36
32930	676421.9	4609761.3	248.41
3141	676434.5	4609765.6	247.428

ID	ID del Activo	Longitud (m)	Nivel (m AD)
cerramiento_cementerio1		0.6	253.1
cerramiento_cementerio1!		0.6	253.1
cerramiento_cementerio1!!		0.6	253.1
cerramiento_cementerio1!!!		0.6	253.1
cerramiento_cementerio1!!!!		0.6	253.1
cerramiento_cementerio1!!!!!		0.8	252.77
cerramiento_cementerio2		0.8	253
cerramiento_cementerio2!		0.8	253
cerramiento_cementerio1!!!!!!		0.5	253.01

#### 6.5.4. Z-40, línea de ff.cc. AVE y aguas arriba.

Existen múltiples ODTs tanto en la Z-40, como en la línea de ff.cc. del AVE, además de dos diques con tubo entre ambas. Destaca también la complejidad del drenaje de la Z-40 en su acceso a Puerto Venecia.



Planta de infraestructuras.

ID Nodo	X (m)	Y (m)	Nivel del terreno (m AD)
Zona7_us	675596.5	4607856	282.95
Zona7_ds!	675590.4	4607939.4	281.5
Zona7_us!!	675332.5	4607906.3	295.4

ID Nodo	X (m)	Y (m)	Nivel del terreno (m AD)
Zona7_ds!!!	675336.4	4607945	293.7
Zona7_us!!!!	675199.7	4607927.3	296.45
Zona7_ds!!!!!!	675204.6	4607961	295.65
Zona7_us!!!!!!	675207.4	4608049.1	290.05
Zona7_ds!!!!!!	675216.9	4608108.4	287.15
Zona7_us!!!!!!	675071.7	4607946	295.95
Zona7_ds!!!!!!	675076.9	4607980.3	295.5
Zona9_AVE	676485.3	4607846.1	285.4
Zona9_AVE!	676483.9	4607898.3	281.5
Zona9_AVE!!	676564.3	4607846.5	284.3
Zona9_AVE!!!	676562	4607901	282
Zona13_Camino	676488.3	4608174.2	274
Zona13_Camino!	676491.3	4608186.2	273.25
Zona9_AVE!!!!	676875.9	4607867.7	285.4
Zona9_AVE!!!!	676874.8	4607899.2	285.53
Zona12_camino	676957.1	4608063.2	277.85
Zona12_camino!	676960.8	4608077.7	277.45
Zona14_Z40	676645.7	4608299.4	267.65
Zona15_Z40	676846.4	4608389.7	262.4
Zona16_Z40	677035.8	4608570.6	257.25
Zona16_Z40!	677003	4608629.8	256.35
Zona18_Z40	677246.1	4608848.9	250.15
Zona18_Z40!	677199.4	4608879.1	250.05

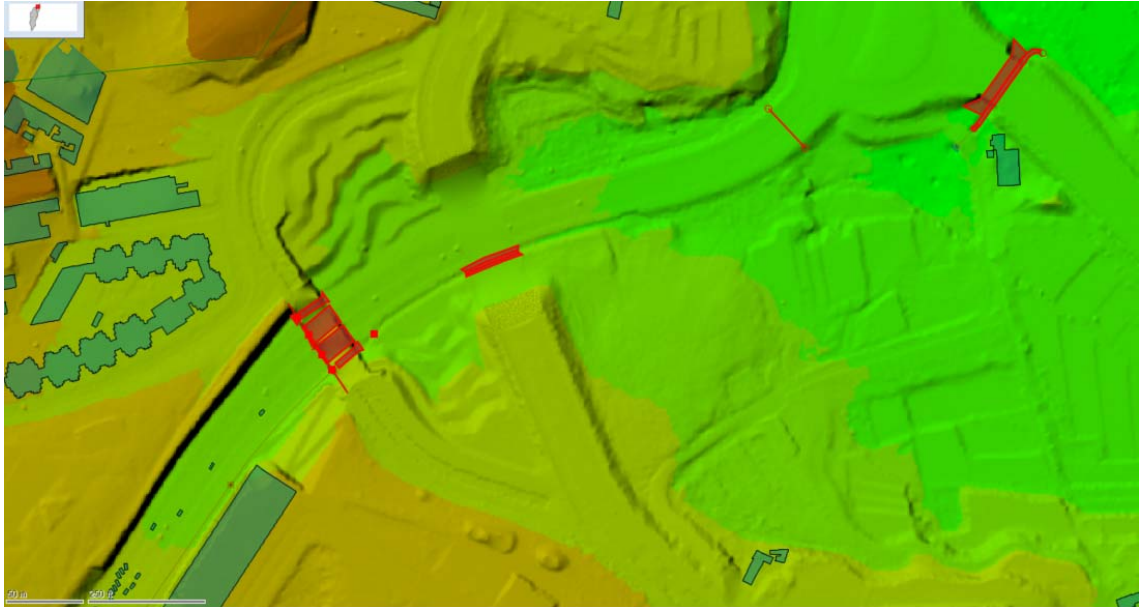
ID de nodo aguas arriba	ID Nodo Aguas Abajo	Longitud (m)	Anchura (mm)	Altura (mm)	Rugosidad del fondo Manning (n)	Rugosidad de la parte superior Manning (n)	Cota de fondo aguas arriba (m AD)	Cota de fondo aguas abajo (m AD)
Zona7_us	Zona7_us!	83.6	2500	2500	0.027	0.017	282.95	281.5
Zona7_us!!	Zona7_us!!!	38.9	1800		0.027	0.017	295.4	293.7
Zona7_us!!!!	Zona7_us!!!!	34	1800		0.027	0.017	296.45	295.65
Zona7_us!!!!	Zona7_us!!!!	60	1800		0.027	0.017	290.05	287.15
Zona7_us!!!!	Zona7_us!!!!	34.6	1800		0.027	0.017	295.95	295.5
Zona9_AVE	Zona9_AVE!	52.2	1800		0.027	0.017	285.4	281.5
Zona9_AVE!!	Zona9_AVE!!!	54.6	1800		0.027	0.017	284.3	282

ID de nodo aguas arriba	ID Nodo Aguas Abajo	Longitud (m)	Anchura (mm)	Altura (mm)	Rugosidad del fondo Manning (n)	Rugosidad de la parte superior Manning (n)	Cota de fondo aguas arriba (m AD)	Cota del fondo aguas abajo (m AD)
Zona13_Camino	Zona13_Camino!	12.4	1800		0.027	0.017	274	273.25
Zona9_AVE!!!	Zona9_AVE!!!!	31.5	1800		0.027	0.017	285.4	285.53
Zona12_camino	Zona12_camino!	14.9	1800		0.027	0.017	277.85	277.45
Zona14_Z40	Zona15_Z40	290.1	1800		0.027	0.017	267.65	262.4
Zona16_Z40	Zona16_Z40!	67.7	1800		0.027	0.017	257.25	256.35
Zona18_Z40	Zona18_Z40!	55.6	1800		0.027	0.017	250.15	250.05

ID	Longitud (m)	ID de estructura lineal de base (2D)	Nivel (m AD)
ODT_Z40_Zona6	8	ODT_Z40_Zona6	Variable
ODT_Z40_Zona5	10.9	ODT_Z40_Zona5	278.98
Zona8_AVE	8	Zona8_AVE	Variable
Zona17_Z40	6.9	Zona17_Z40	251.1

### 6.5.5. Otros.

Finalmente, se introducen otras obras de paso de entidad, como la obra de paso del tramo antiguo del Canal Imperial y del nuevo (como pilas), la ODT de la Z-30 y la ODT del acceso de la Z-30 a la Z-40 en el límite de aguas abajo del modelo. De aguas arriba hacia aguas abajo:



*Planta de infraestructuras.*

ID Nodo	X (m)	Y (m)	Nivel del terreno (m AD)
ODT_Acceso_Z40_previo_salida	677618	4610250.9	213.85
ODT_Acceso_Z40_previo	677607.3	4610239.7	213.9
ODT_Z30	677485.8	4610264	218.9
ODT_Z30!	677509.1	4610238.8	218.5

ID de nodo aguas arriba	ID Nodo Aguas Abajo	Longitud (m)	ID de la Forma	Anchura (mm)	Altura (mm)	Rugosidad del fondo Manning (n)	Rugosidad de la parte superior Manning (n)	Cota de fondo aguas arriba (m AD)	Cota del fondo aguas abajo (m AD)
ODT_Acceso_Z40_previo	ODT_Acceso_Z40_previo_salida	15.5	RECT	2500	1950	0.023	0.017	213.9	213.85
ODT_Z30	ODT_Z30!	34.4	CIRC	1200	1200	0.023	0.017	218.9	218.5



*Acceso Z-40*



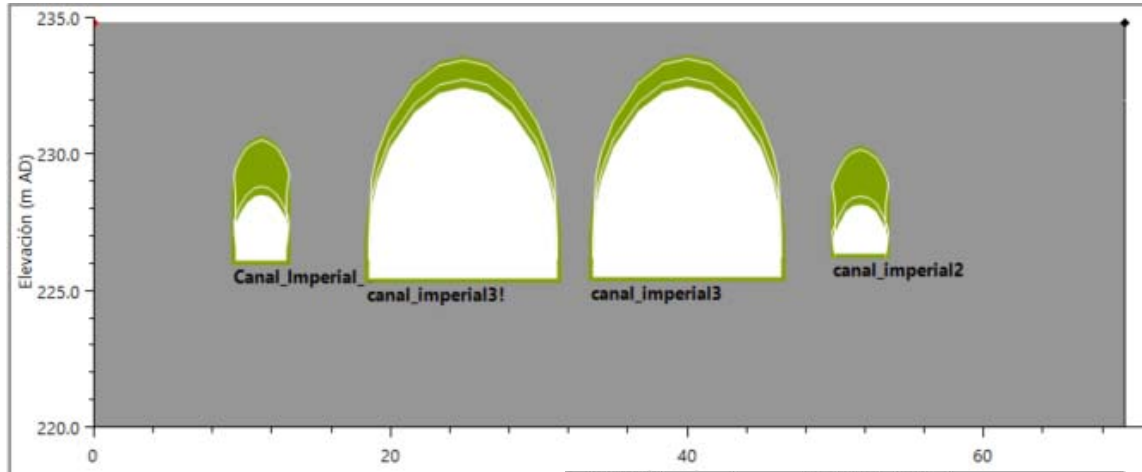
*ODT Z30*



*Nuevo tramo Canal Imperial y canal de desagüe. Pasarela.*

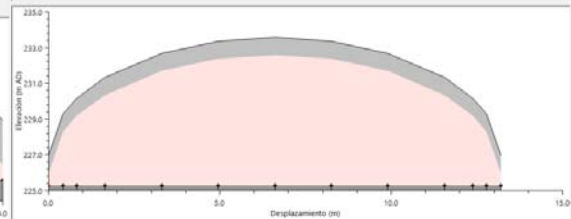
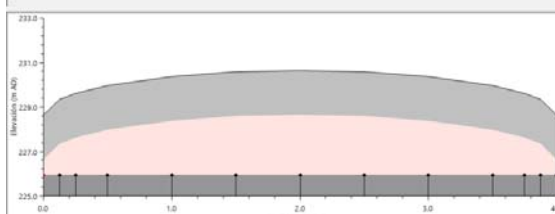


*Antiguo tramo Canal Imperial*



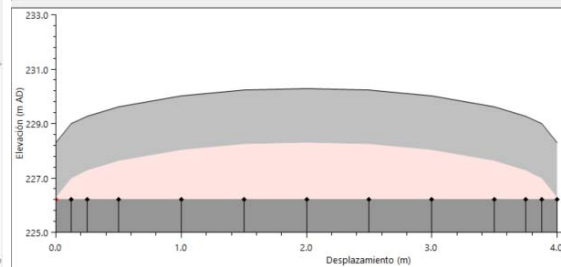
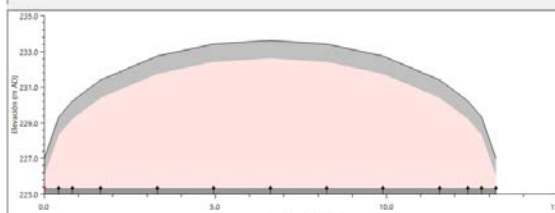
Desplazamiento (m)	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Altura de abertura (m)	Espesor de tablero (m)	
1	0.000	677180.868	4610130.872	0.700	2.000
2	0.125	677181.032	4610130.768	1.600	2.000
3	0.250	677181.101	4610130.664	1.670	2.000
4	0.500	677181.240	4610130.456	2.520	2.000
5	1.000	677181.517	4610130.040	2.430	2.000
6	1.500	677181.784	4610129.623	2.640	2.000
7	2.000	677182.071	4610129.207	2.700	2.000
8	2.500	677182.347	4610128.791	2.640	2.000
9	3.000	677182.614	4610128.374	2.430	2.000
10	3.500	677182.801	4610127.958	2.030	2.000
11	3.750	677183.040	4610127.750	1.670	2.000
12	3.875	677183.209	4610127.648	1.400	2.000
13	4.000	677183.178	4610127.542	0.700	2.000

Desplazamiento (m)	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Altura de abertura (m)	Espesor de tablero (m)	
1	0.000	677183.948	4610123.376	0.700	1.000
2	0.415	677186.176	4610122.033	3.000	1.000
3	0.825	677186.404	4610122.682	3.900	1.000
4	1.650	677186.961	4610122.005	5.070	1.000
5	3.300	677187.775	4610120.631	6.420	1.000
6	4.950	677188.689	4610119.257	7.290	1.000
7	6.600	677189.603	4610117.883	7.300	1.000
8	8.250	677190.517	4610116.510	7.090	1.000
9	9.900	677191.431	4610115.136	6.420	1.000
10	11.550	677192.345	4610113.762	5.070	1.000
11	12.375	677193.802	4610113.073	3.900	1.000
12	12.788	677193.030	4610112.732	3.000	1.000
13	13.200	677193.258	4610112.588	0.700	1.000



Desplazamiento (m)	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Altura de abertura (m)	Espesor de tablero (m)	
1	0.000	677194.313	4610110.806	0.700	1.000
2	0.415	677194.539	4610110.465	3.000	1.000
3	0.825	677194.765	4610110.119	3.900	1.000
4	1.650	677195.225	4610109.432	5.070	1.000
5	3.300	677196.139	4610108.059	6.420	1.000
6	4.950	677197.052	4610106.683	7.090	1.000
7	6.600	677197.966	4610105.311	7.300	1.000
8	8.250	677198.880	4610103.937	7.090	1.000
9	9.900	677199.794	4610102.563	6.420	1.000
10	11.550	677200.708	4610101.190	5.070	1.000
11	12.375	677201.163	4610100.503	3.900	1.000
12	12.788	677201.393	4610100.158	3.000	1.000
13	13.200	677201.622	4610099.816	0.700	1.000

Desplazamiento (m)	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Altura de abertura (m)	Espesor de tablero (m)	
1	0.000	677203.339	4610097.235	0.100	2.000
2	0.125	677203.498	4610097.131	0.800	2.000
3	0.250	677203.477	4610097.027	1.070	2.000
4	0.500	677203.616	4610096.818	1.420	2.000
5	1.000	677203.893	4610096.402	1.830	2.000
6	1.500	677204.170	4610095.986	2.040	2.000
7	2.000	677204.446	4610095.569	2.100	2.000
8	2.500	677204.723	4610095.153	2.040	2.000
9	3.000	677205.000	4610094.737	1.830	2.000
10	3.500	677205.277	4610094.321	1.420	2.000
11	3.750	677205.416	4610094.112	1.070	2.000
12	3.875	677205.485	4610094.008	0.800	2.000
13	4.000	677205.554	4610093.904	0.100	2.000





ID	Longitud (m)	Nivel (m AD)
pasarela	4	224
Canal_Imperial_1	4	225.95
canal_imperial2	4	226.2
canal_imperial3	13.2	225.33
canal_imperial3!	13.2	225.28

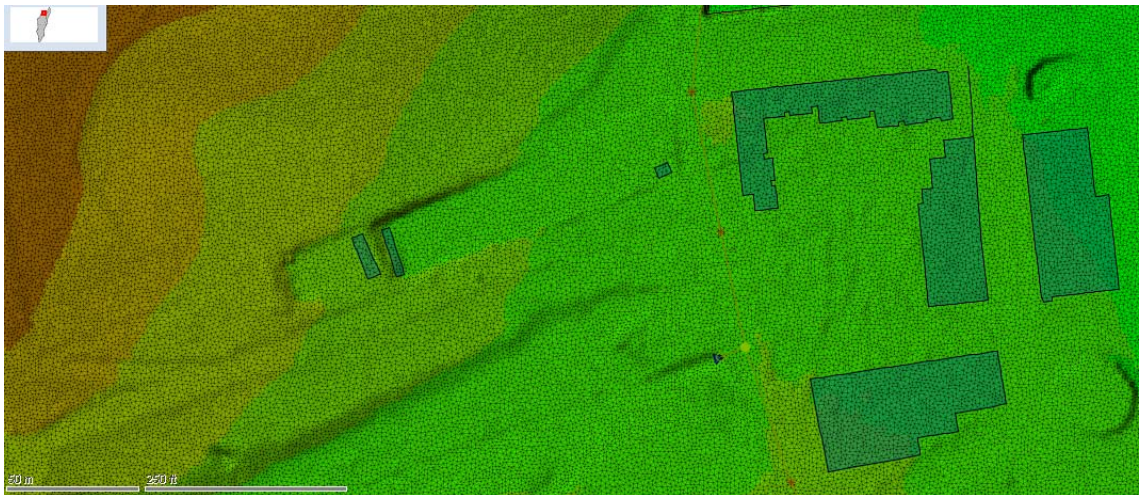


*Vista 3D modelo antiguo tramo Canal Imperial*

## 6.6. MALLADO.

Puesto que se trata de un modelo pluviométrico de toda la cuenca, el modelo o gemelo digital posee un gran número de celdas (5.149.207 elementos), con un tamaño medio de 1.95 m<sup>2</sup>. Para optimizar el detalle se ha dividido el dominio en dos resoluciones diferentes:

- Aguas arriba de la Z-40. Tamaño de malla entre 4.0 m<sup>2</sup> y 16.0 m<sup>2</sup>, sensible al terreno en 0.2 m.
- Aguas abajo de la Z-40. Tamaño de malla entre 0.5 m<sup>2</sup> y 2.0 m<sup>2</sup>, sensible al terreno en 0.2 m.



*Detalle de celdado.*

## 6.7. CALIBRACIÓN DEL MODELO.

Como se ha visto, el modelo depende de múltiples variables que tienen asociados diferentes niveles de incertidumbre (precipitaciones-magnitud y distribución espacio-temporal, infiltración, rugosidad). Adicionalmente, se realizan ciertas simplificaciones (Modelo Digital del Terreno de 1x1 m<sup>2</sup>, red de colectores, rotura de las motas fija, ante el desconocimiento de su forma de rotura (y su poca entidad)).

Por todo ello, es fundamental comprobar la bondad del modelo y en caso contrario proceder a su calibración. De esta manera, se simula el evento del 6 de julio con dos hipótesis iniciales de escorrentía:

- 1) Coeficientes de escorrentía calculados a partir de los umbrales de escorrentía corregidos (amplificados) por un factor  $\beta = 1.7$ .
- 2) Coeficientes de escorrentía calculados a partir de los umbrales de escorrentía sin corregir.

, siendo la segunda hipótesis la que mejor se adapta a los calados observados.

No obstante, conviene recordar que las actuaciones se van a diseñar para una lluvia superior a la observada en el evento y con la hipótesis de ser uniforme en cuanto a magnitud en toda la cuenca (del lado de la seguridad).



*Inundación observada en la confluencia del barranco de la Muerte con la Av. Tiziano. Fuente: Anónima.*



*Inundación observada en la Z-30 inmediatamente aguas arriba del antiguo trazado del Canal Imperial.*

*Fuente: Anónima.*

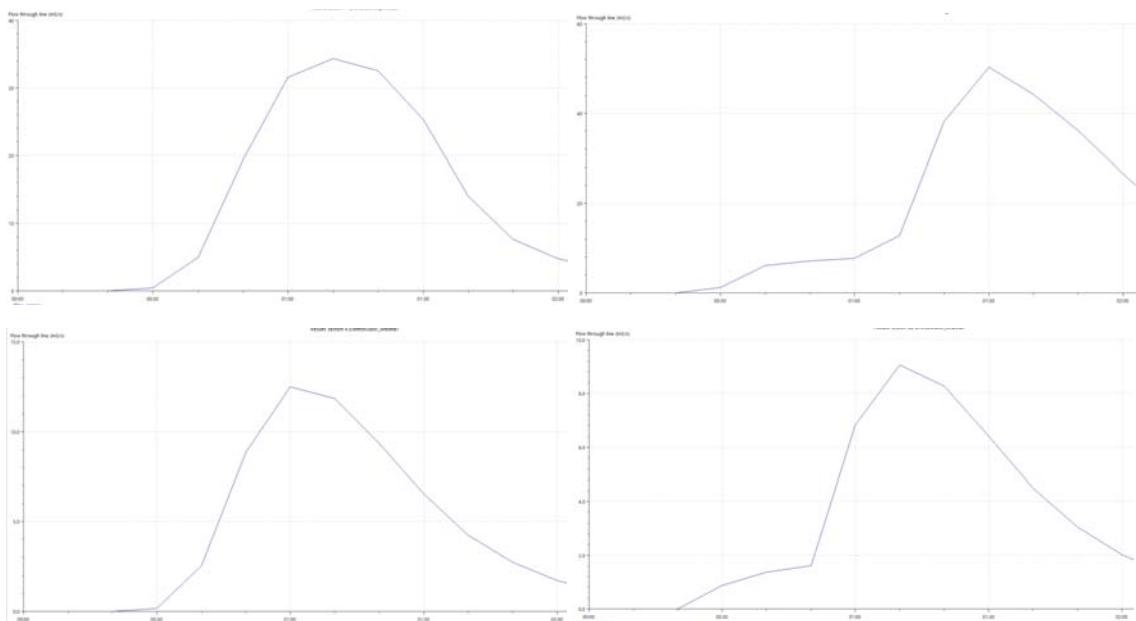
## 7. RESULTADOS EN SITUACIÓN ACTUAL.

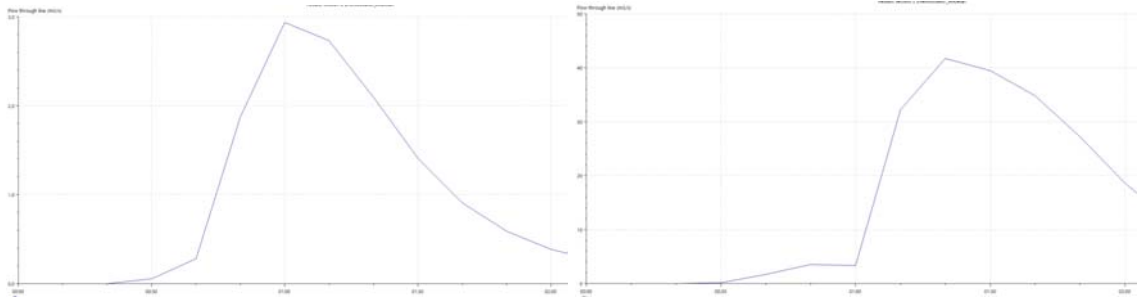
### 7.1. EVENTO DEL 6 DE JULIO.

#### 7.1.1. Caudales circulantes.

Se muestran los caudales en diferentes puntos de control de interés. Estos son:

- 1) ODT Z-40 Barranco de la Muerte = 35 m<sup>3</sup>/s
- 2) Parque del Barranco, inmediatamente aguas arriba del CEIP María Zambrano = 42 m<sup>3</sup>/s.
- 3) Cementerio de Torrero = 4 m<sup>3</sup>/s.
- 4) Barranco del camino de Arráez inmediatamente aguas abajo del cruce bajo la Z-40 = 12.5 m<sup>3</sup>/s.
- 5) Barranco del camino de Arráez en la Av. Tiziano, inmediatamente aguas arriba de la confluencia con el barranco de la Muerte en la Av. Tiziano = 9.1 m<sup>3</sup>/s.
- 6) Barranco de la Muerte en la Z-30 inmediatamente aguas arriba de la ODT del antiguo tramo del Canal Imperial = 55 m<sup>3</sup>/s.





*Hidrogramas de avenida.*

### 7.1.2. Calados máximos.

En este epígrafe se muestra el mapa de calados máximos para el evento del 6 de julio en la zona urbanizada.



*Mapa de calados máximos.*

### 7.1.3. Velocidades máximas.

En este epígrafe se muestra el mapa de velocidades máximas para el evento del 6 de julio en la zona urbanizada. Destacan las velocidades máximas alcanzadas.



*Mapa de velocidades máximas.*

### 7.1.4. Zona de Graves Daños.

La Zona de Graves Daños (Z.G.D.) o también llamada Zona de Inundación Peligrosa (Z.I.P.) se define como aquella en la que los calados son superiores a 1.0 m, la velocidad es superior a 1.0 m/s o el producto de los calados y la velocidad es superior a 0.5 m<sup>2</sup>/s.

Su definición se concibió para un periodo de retorno de 100 años, pero su estimación para otros caudales es también interesante, para discernir las zonas de flujo de mayor peligrosidad. Como se puede ver, las zonas afectadas se ubicaban en Zona de Graves Daños, debido fundamentalmente a velocidades elevadas.



*Zona de Graves Daños para el evento del 6 de Julio..*

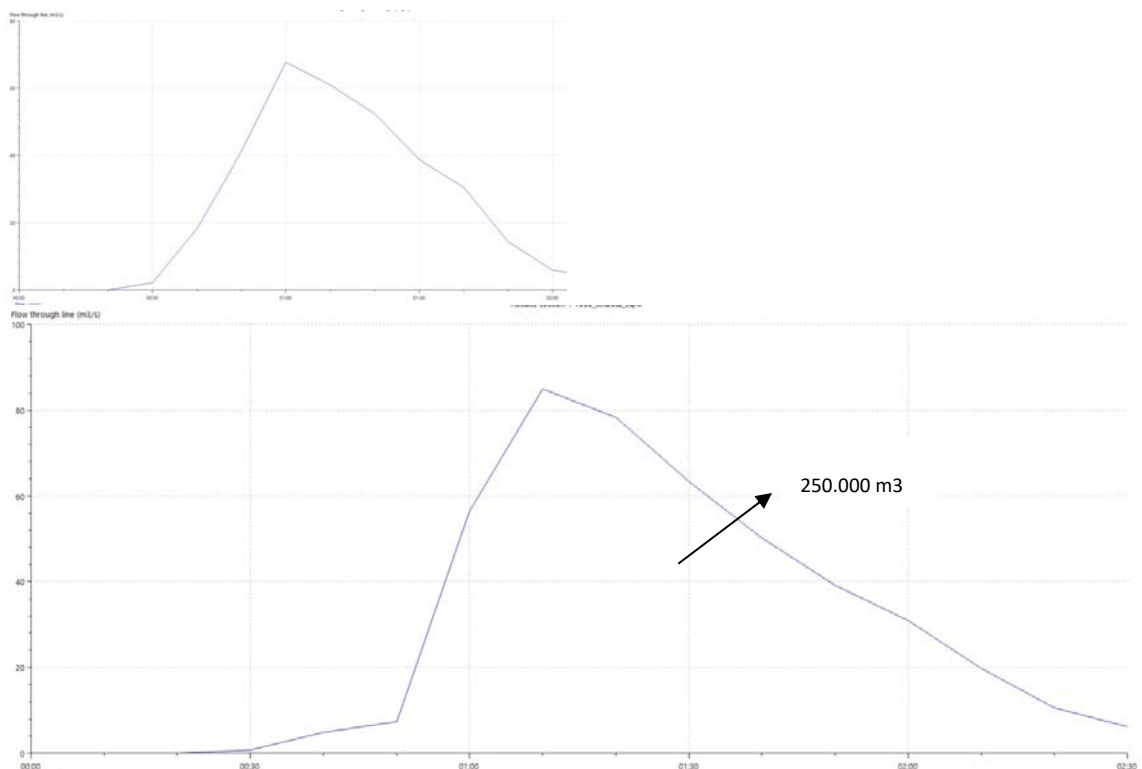


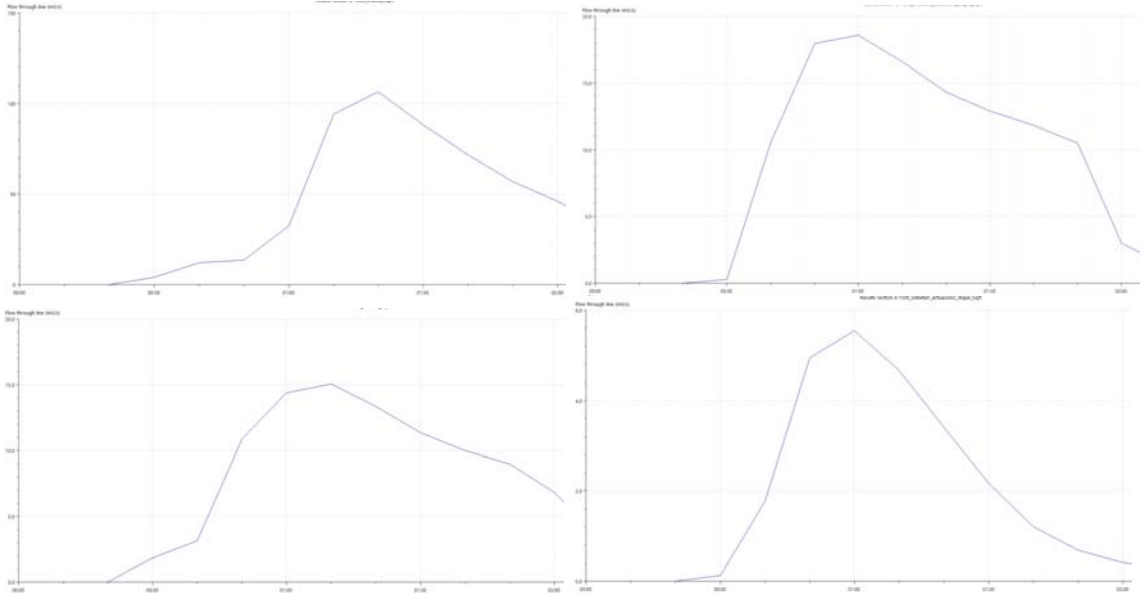
## 7.2. CAUDAL DE DISEÑO. T = 500 AÑOS.

### 7.2.1. Caudales circulantes.

Se muestran los caudales en diferentes puntos de control de interés. Estos son:

- 1) ODT Z-40 Barranco de la Muerte = 70 m<sup>3</sup>/s
- 2) Parque del Barranco, inmediatamente aguas arriba del CEIP María Zambrano = 85 m<sup>3</sup>/s. Aproximadamente 250.000 m<sup>3</sup> de hidrograma para caudales superiores a 20 m<sup>3</sup>/s.
- 3) Cementerio de Torrero = 6 m<sup>3</sup>/s.
- 4) Barranco del camino de Arráez inmediatamente aguas abajo del cruce bajo la Z-40 = 19 m<sup>3</sup>/s.
- 5) Barranco del camino de Arráez en la Av. Tiziano, inmediatamente aguas arriba de la confluencia con el barranco de la Muerte en la Av. Tiziano = 15.5 m<sup>3</sup>/s.
- 6) Barranco de la Muerte en la Z-30 inmediatamente aguas arriba de la ODT del antiguo tramo del Canal Imperial = 110 m<sup>3</sup>/s.

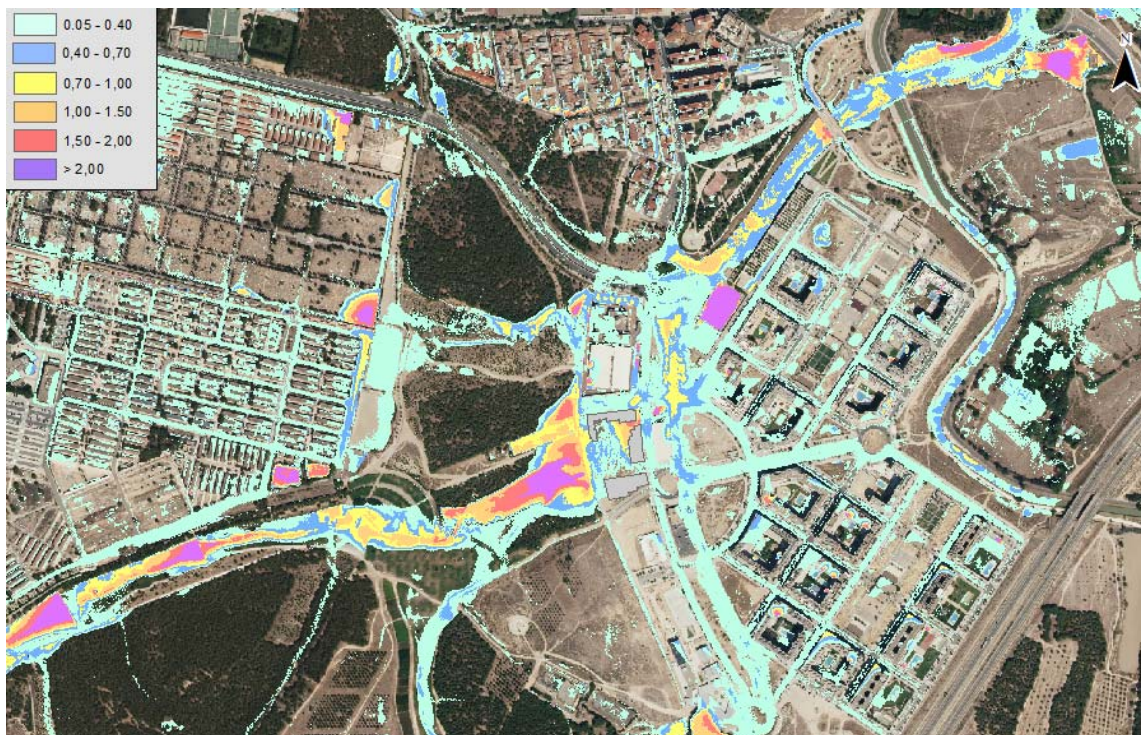




*Hidrogramas de avenida.*

### 7.2.2. Calados máximos.

En este epígrafe se muestra el mapa de calados máximos para la lluvia de diseño (T = 500 años) en situación actual.



*Mapa de calados máximos*

### 7.2.3. Velocidades máximas.

En este epígrafe se muestra el mapa de velocidades máximas para la lluvia de diseño (T = 500 años) en situación actual.



Mapa de velocidades máximas.

### 7.2.4. Zona de Graves Daños.

A continuación, se muestra la Zona de Graves Daños para la lluvia de diseño (T = 500 años).



*Zona de Graves Daños.*

## 8. PLANTEAMIENTO Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS.

### 8.1. INTRODUCCIÓN.

Los componentes del análisis de riesgos son: peligrosidad (que nos habla de la probabilidad de que ocurra un evento y de su capacidad de generar daño), exposición (personas y bienes que pueden ser afectados por el evento) y vulnerabilidad (o grado de susceptibilidad de la sociedad y los bienes a sufrir el daño)

#### **Riesgo = Peligrosidad x Vulnerabilidad x Exposición**

Por tanto, para reducir el riesgo de inundación, se puede actuar sobre cada uno de los tres factores que lo conforman.

Reducir la Vulnerabilidad implica cambiar los usos del suelo por unos menos vulnerables, lo cual se traduce en trasladar el CEIP María Zambrano o el centro comercial LiDL. Sin embargo, esta actuación ha de tener en cuenta otros factores externos que permitan su ejecución. No obstante, otros usos como los viales que dan acceso y conectan esta parte de la ciudad con el resto, no tienen la posibilidad de ser sustituidos.

Reducir la Exposición implica proteger los elementos vulnerables, mediante la construcción de motas o muros de defensa, plataformas...etc.

Reducir la Peligrosidad implica reducir los calados y velocidades del flujo, mediante diques de laminación, derivaciones y muros, soterramientos, SUDs,..etc.

Según el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica del Ebro, las medidas se clasifican según:

- **Prevención.**
  - Ordenación del Territorio.
  - Restauración.
  - Predicción y gestión hidrológica.
  - Protección Civil, Planes de emergencia, ...

- **Preparación.**
  - Predicción y gestión hidrológica.
  - Protección Civil, Planes de emergencia.
  - Protección Civil
- **Protección.**
  - Restauración.
  - **Mejora del drenaje**
  - Predicción y gestión hidrológica.
  - **Intervención. Obras estructurales.**
- **Recuperación y revisión.**
  - Lecciones aprendidas
  - Promoción de los seguros.
  - **Intervención. Obras estructurales.**

, todas ellas se complementan para cumplir el objetivo de reducir el riesgo de inundación.

El presente estudio se centra en las medidas de intervención (obras estructurales) y de mejora del drenaje, sin obviar otras medidas como las de predicción y gestión hidrológica.

A la vista de todos los condicionantes existentes, incluido el condicionante administrativo y de plazo y presupuesto de ejecución de las medidas, se plantean las siguientes alternativas, divididas en dos fases de ejecución u horizontes temporales diferentes. Se ordenan de menor a mayor complejidad y de mayor a menor efectividad. Todas ellas se diseñarán para un periodo de retorno de  $T = 500$  años. **La fase de ejecución nº 2 deberá ser estudiada con mayor profundidad.**

- 1) **Alternativa 0. Ordenación del territorio. Traslado de los elementos vulnerables.**

- a. No es objeto del presente estudio.

**2) Fase de ejecución nº1. Reducción del riesgo de inundación de elementos más vulnerables (CEIP M<sup>a</sup> Zambrano...).**

- a. Sensores de nivel y lluvia.
- a. Incremento de la capacidad de la O.D.T. del barranco de la Muerte.
- b. Muro de protección del CEIP María Zambrano
- c. Canal perimetral aguas arriba de muro y prolongación de muro y C/Giovani Batista.

**3) Fase de ejecución nº 2. Reducción del riesgo de inundación en Z-30 y resto.**

- a. Dique de laminación del barranco del Camino de Arráez.
- b. Dique de laminación inmediatamente aguas arriba del existente en el parque del barranco.
- c. Diques de laminación aguas arriba de la Z-40.
- d. Depósitos o tanques de tormenta en los campos de fútbol junto al cementerio de Torrero.

**4) Otras alternativas.**

Se trata de actuaciones que conllevan una complejidad técnica y de afección a servicios en la ciudad consolidada que pueden cuestionar su viabilidad. Adicionalmente requieren un plazo de ejecución y presupuesto muy elevados y su efectividad es limitada

- a. Soterramiento del barranco de la Muerte en la Z-30.
- b. Desvío del barranco de la Muerte o del barranco del camino de Arráez.

c. Reforestación aguas arriba para incrementar la infiltración.

A continuación, se muestra una planta general de las actuaciones de las fases 1 y 2:



Planta General de Actuaciones. Textos en rojo. Fase 1. Textos en negro. Fase 2.



## 8.2. FASE DE EJECUCIÓN N°1.

### 8.2.1. Incremento de la capacidad de la O.D.T. del barranco de la Muerte.

Esta actuación consiste en la sustitución de los 9.0 m.l. de la O.D.T. existente en el barranco de la Muerte, inmediatamente aguas arriba del CEIP M<sup>a</sup> Zambrano, de diámetro 1200 mm., por otra de diámetro 1800 mm, hasta la conexión con el pozo que lo conecta con el colector del camino de Arráez (de 1500 mm) y continúa hacia la Z-30 con un diámetro de 1800 mm. A la vista de los tamaños de cada una de las cuencas, la configuración actual no guarda una jerarquía acorde con dichos tamaños de cuenca.

Esta actuación incrementaría el caudal interceptado de 3.2 m<sup>3</sup>/s a aproximadamente 5.0 m<sup>3</sup>/s.



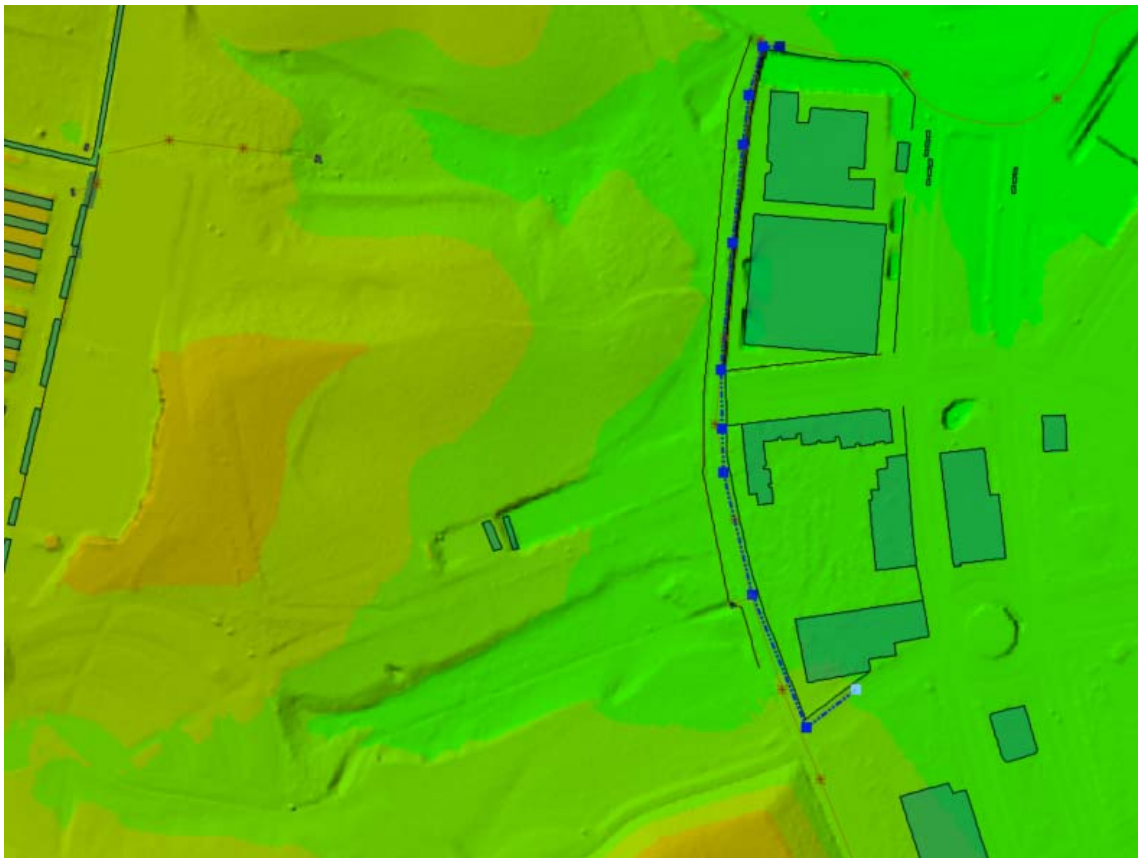
*Colector a sustituir. Planta de actuación.*

### 8.2.2. Muro de protección del CEIP María Zambrano.

Consiste en la ejecución de un muro aguas arriba de ambas instalaciones, con el fin de evitar la entrada de agua procedente del Barranco de la Muerte. Según datos proporcionados, la coronación del muro se encuentra a la cota 243.07 msnm.

A continuación, se muestra la cota del agua que se alcanza para un periodo de retorno de  $T = 500$  años (243.4 msnm) y 242.9 msnm para el evento del 6 de julio.

La opción de no cerrar la C/Giovani Batista disminuye la altura del muro, pero aumenta el riesgo de inundación en este vial y aguas abajo (Av. Tiziano, centro comercial, entrada de policía,..).



*Planta de perfil longitudinal*

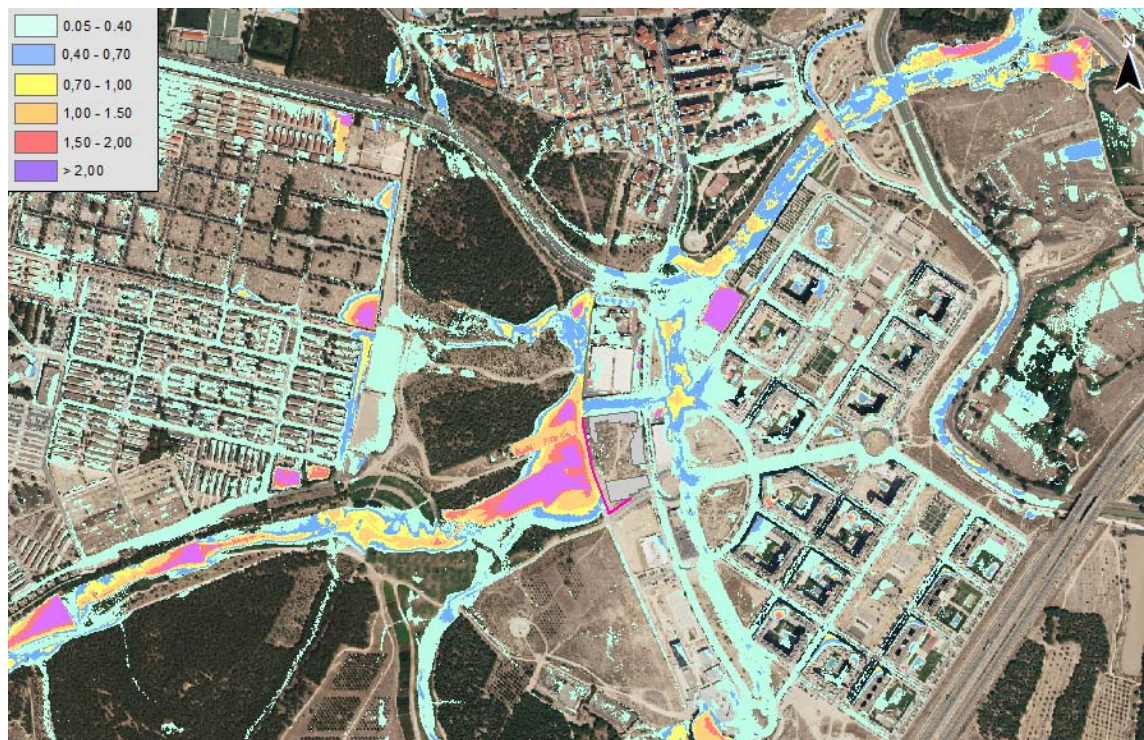


*Perfil longitudinal de la cota de inundación para el diseño del muro de protección. T500*



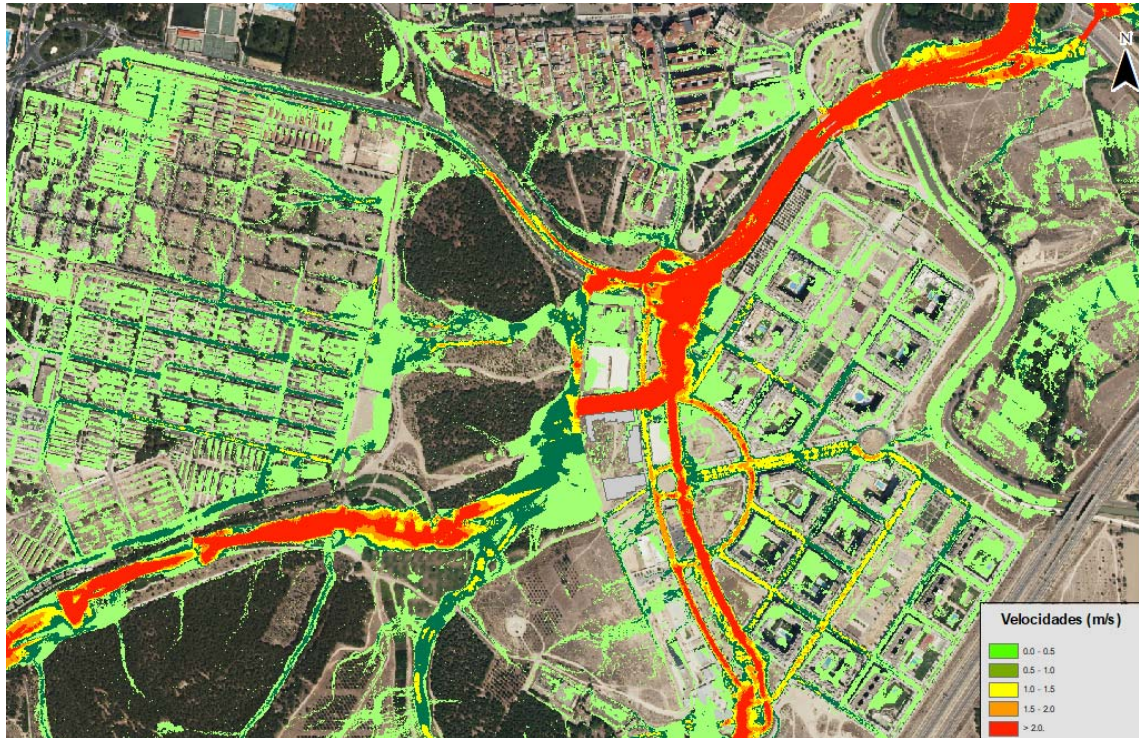
*Perfil longitudinal de la cota de inundación para el diseño del muro de protección. Evento 6 de Julio de 2023*

**Calados máximos.**



*Mapa de calados máximos.*

### Velocidades máximas.

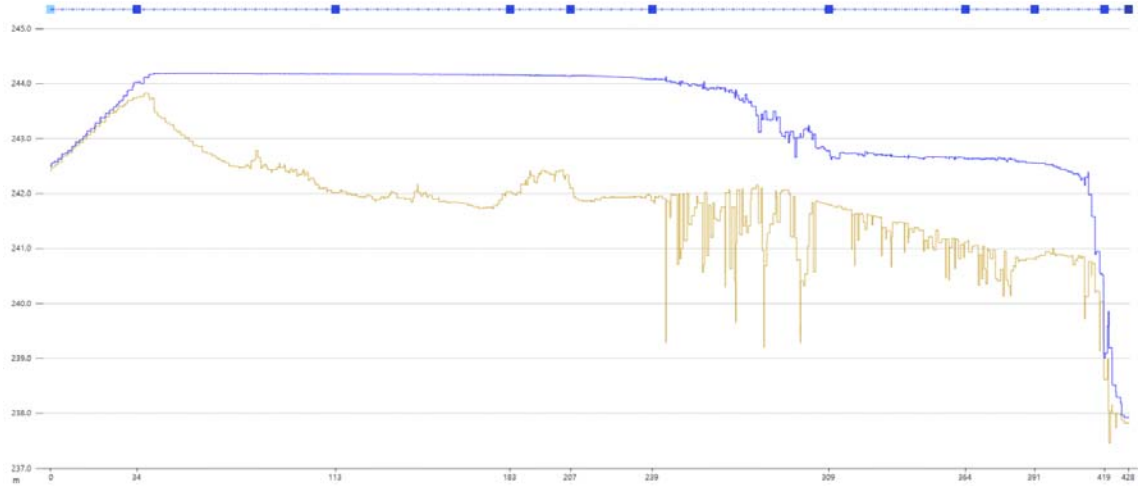


*Mapa de velocidades máximas*

#### 8.2.3. Canal perimetral aguas arriba de muro y prolongación de muro en C/Giovani Batista.

Se ha optado por prolongar este muro por la C/Giovani Batista y la Policía Local ya que la ejecución de un muro únicamente en el CEIP María Zambrano empeoraría la peligrosidad de estos elementos contiguos.

La construcción del muro hace que el agua tenga que coger cota para poder ser desaguada por el lateral.



*Perfil longitudinal de la cota de inundación para el diseño del muro de protección sin canal perimetral.*

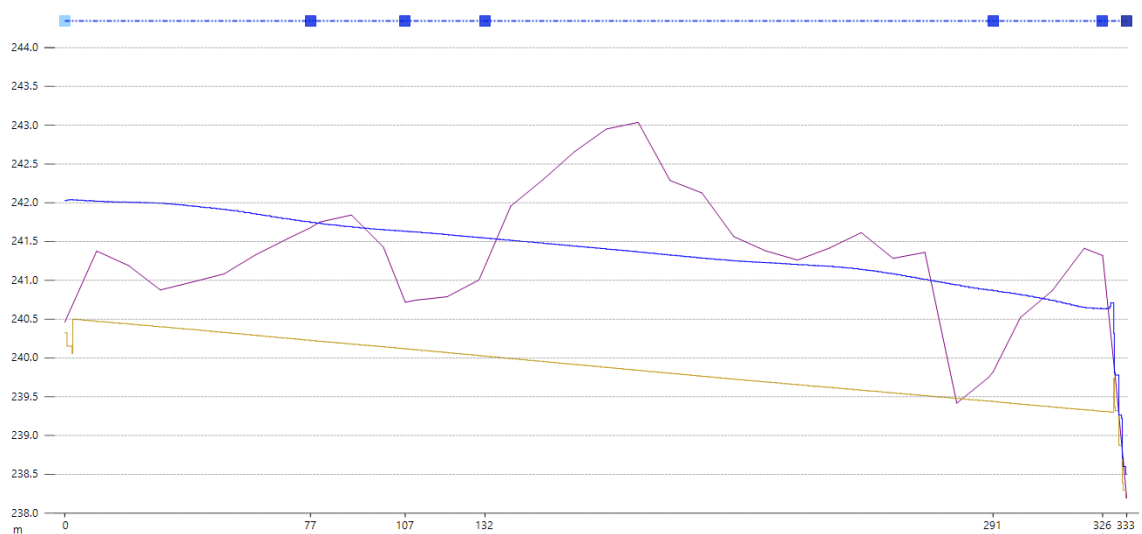
Por ello, se considera necesario disponer un canal perimetral que desagüe hacia la Z-30 inmediatamente aguas arriba del nuevo muro. Este canal puede ser de múltiples dimensiones. A continuación, se muestra aquel que tendría una efectividad máxima, con unas dimensiones de 360 m. l. y una anchura media de 18.0 m.



*Planta de actuación*

La cota de entrada del canal se plantea a 240.5 msnm, por encima de la ODT (239.87 msnm). La salida se plantea a la cota 239.3 msnm, ligeramente superior a la Z-30, a cota 238.3 msnm para poder plantear una estructura de restitución o amortiguación (vertedero escalonado o similar).

La cubicación aproximada sería de 10.000 m<sup>2</sup> de excavación, incluidos 0.2 m para una supuesta solera de hormigón o revestimiento (encachado o similar).



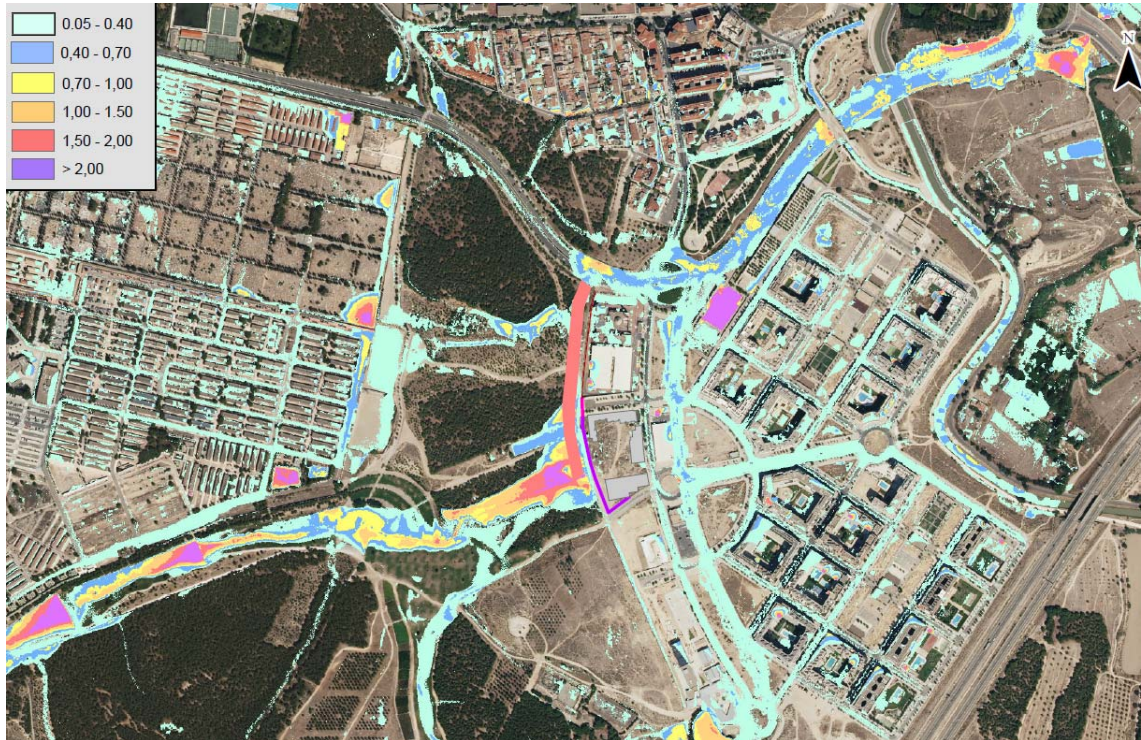
*Perfil longitudinal del canal.*

A continuación, se muestra la altura de muro necesaria que, como se puede ver, disminuye en aproximadamente 1.7 m de altura de la cota 244.2 msnm a la cota 242.50 msnm) gracias a este canal perimetral.



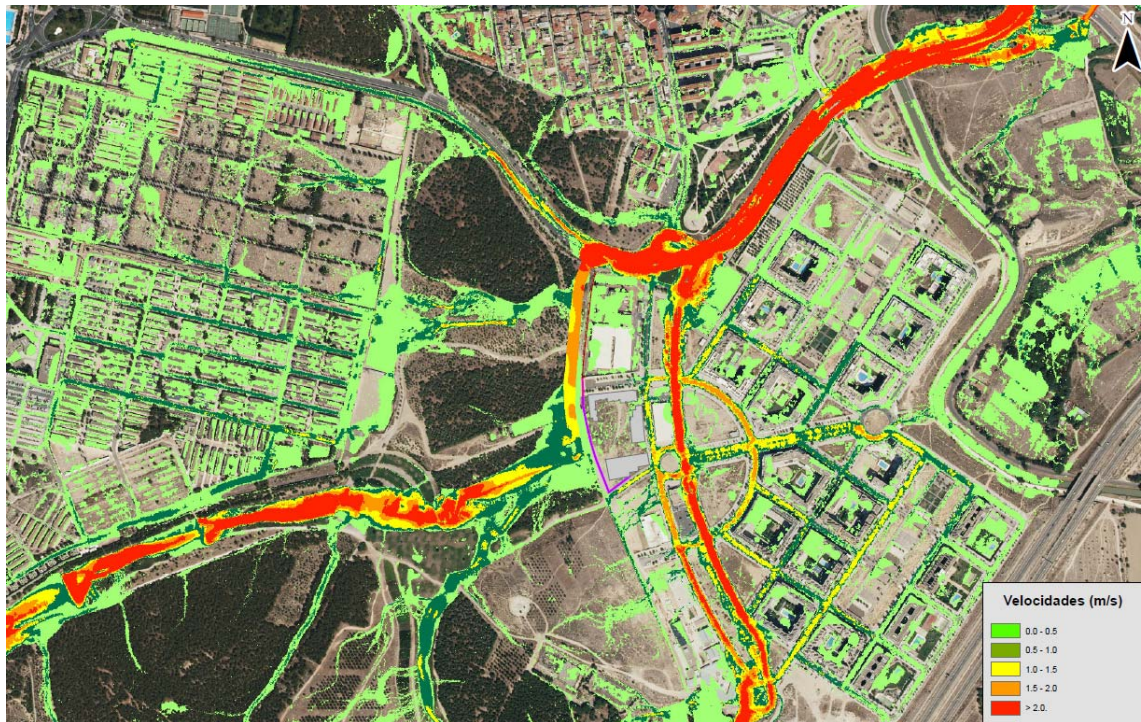
*Perfil longitudinal del muro con canal.*

### Calados máximos.



Mapa de calados máximos (sin diques).

### Velocidades máximas

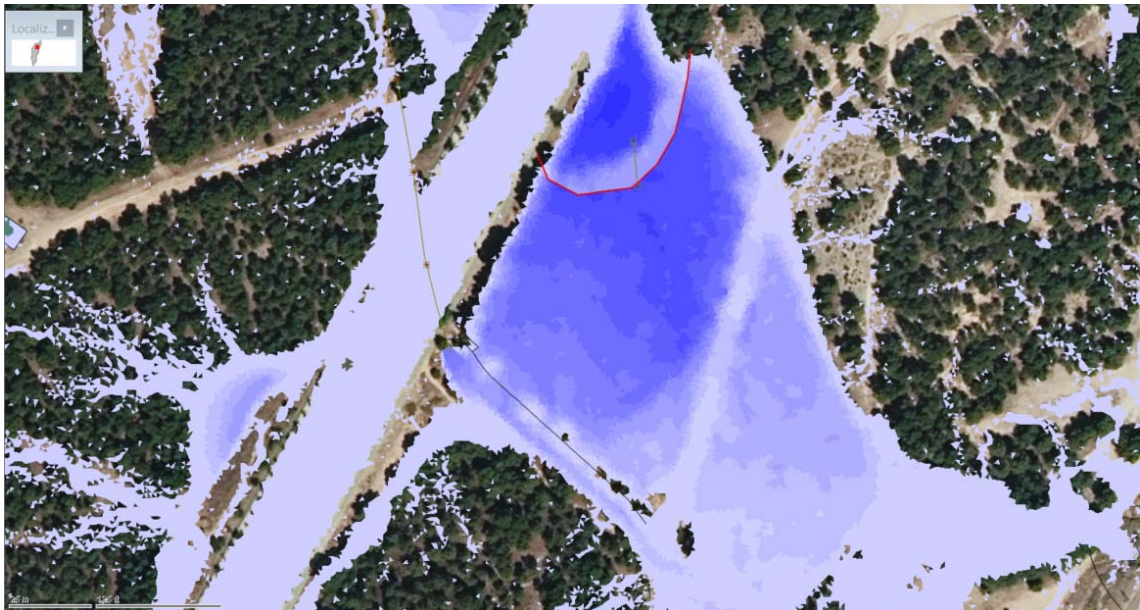


Mapa de velocidades máximas (sin diques).

### 8.3. FASE DE EJECUCIÓN Nº 2.

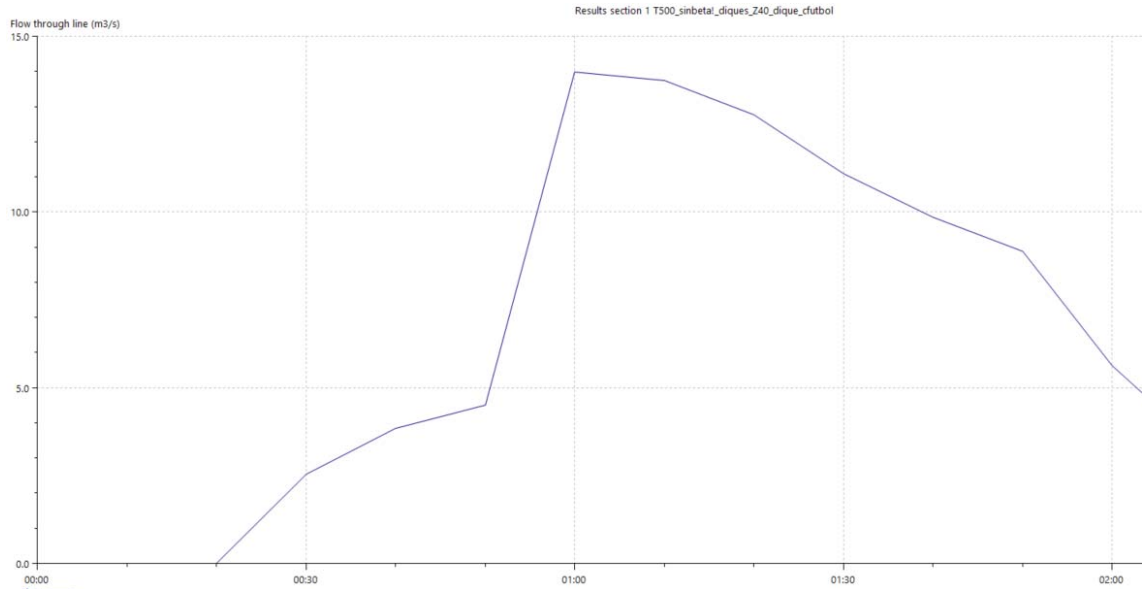
#### 8.3.1. Dique de laminación del barranco del Camino de Arráz.

Consiste en un pequeño dique de aproximadamente 80 m.l. y altura máxima de 2.3 m (cota 249.50 msnm), sito aguas abajo de la mota que encauza este barranco hacia su soterramiento bajo la Av. de Puerto Venecia. Aprovecha una pequeña depresión existente. Al igual que el anterior, estará provisto de un desagüe de 800 mm que permita el paso de caudales de escasa entidad, con el fin de no agotar la capacidad de almacenamiento antes de la llegada del caudal máximo o caudal punta. El caudal de la avenida Tiziano se reduce de 15.5 m<sup>3</sup>/s a 14.0 m<sup>3</sup>/s o algo menor en caso de disponer un desagüe de dimensiones ligeramente mayores.



*Planta de inundación*

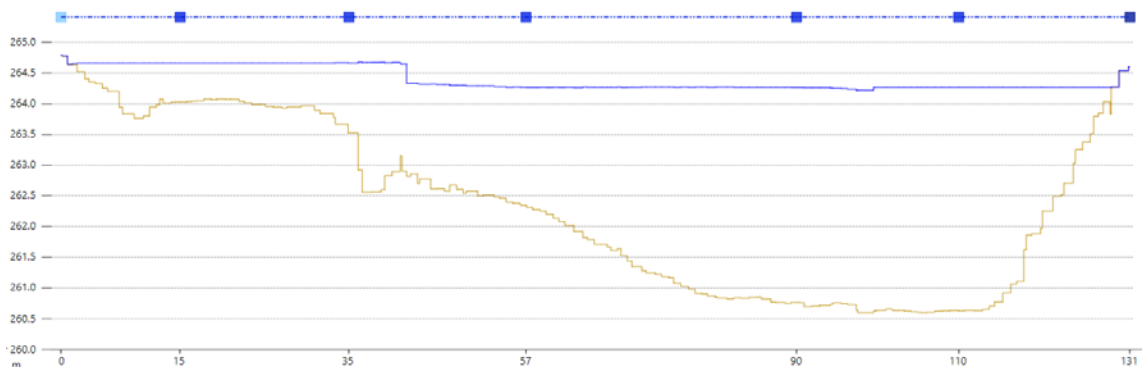




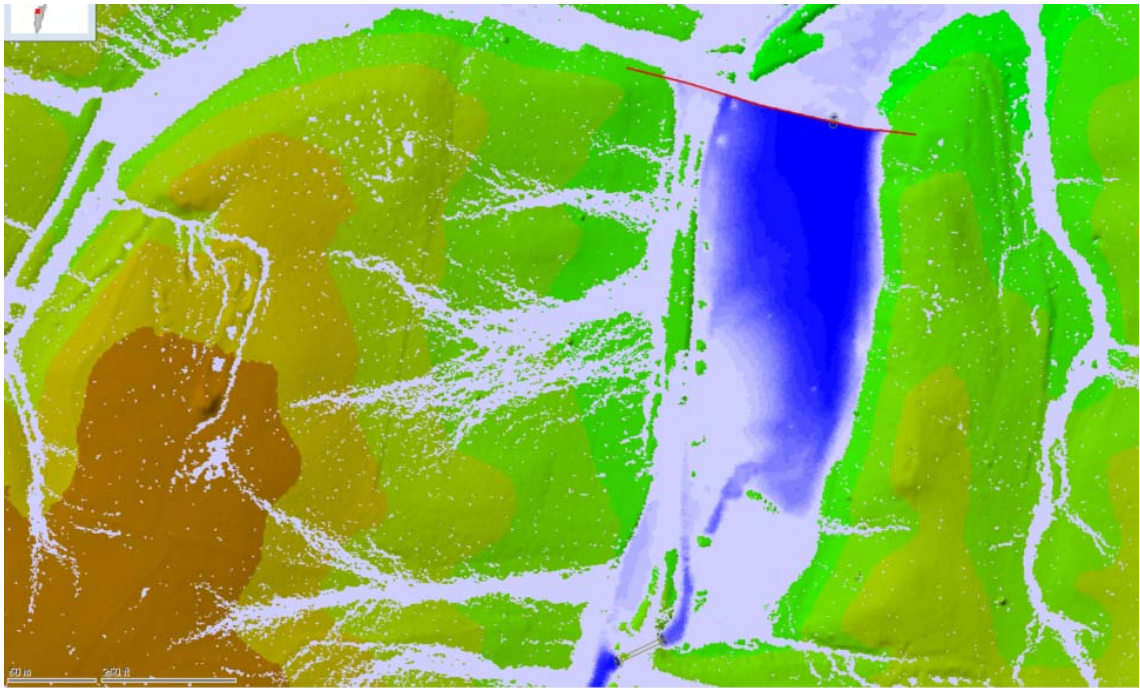
*Hidrograma*

### 8.3.2. Dique de laminación inmediatamente aguas arriba del existente en el parque del barranco.

Consiste en ejecutar un dique de unos 130 m.l. a la altura del vado que cruza el barranco de la Muerte justo antes de que cambie de dirección (de Sur-Norte a Oeste-Este) y entre en el parque del barranco. Aprovecha la depresión existente y el confinamiento orográfico. Se trata de un dique de 4.0 m de altura máxima, que genera una capacidad de embalse de aproximadamente 28.000 m<sup>3</sup>. Este dique estará provisto de un desagüe que permite el paso de caudales de escasa entidad, con el fin de no agotar la capacidad de almacenamiento antes de la llegada del caudal máximo o caudal punta. Para una anchura de coronación de 5.0 m y taludes 2:1 son necesario aproximadamente 3.400 m<sup>3</sup> de tierras.



*Perfil longitudinal del dique.*



*Planta de inundación*

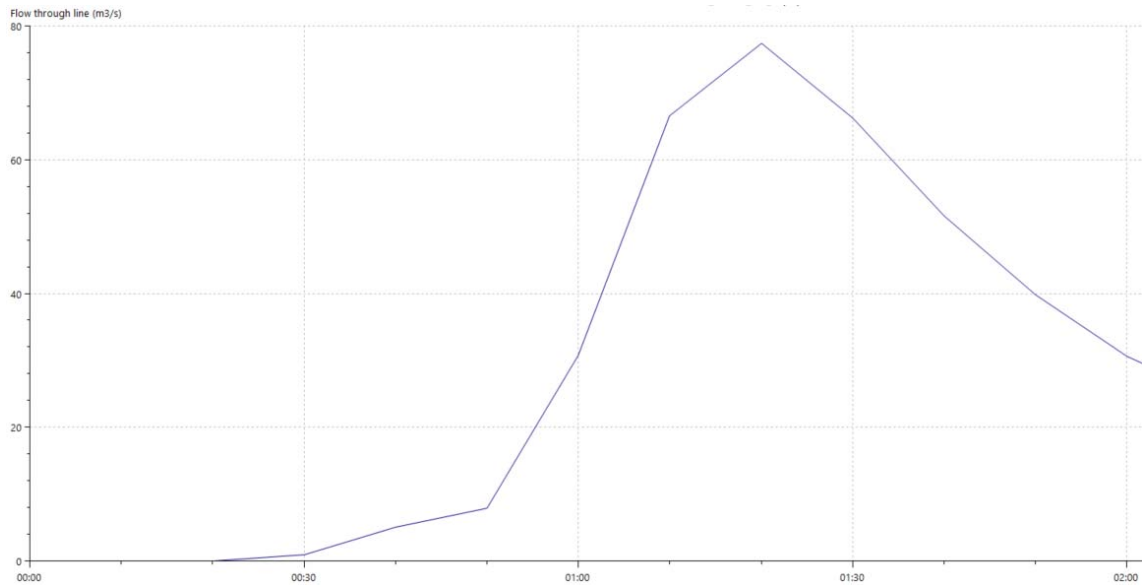


*Vado del camino donde se ubicaría el dique.*

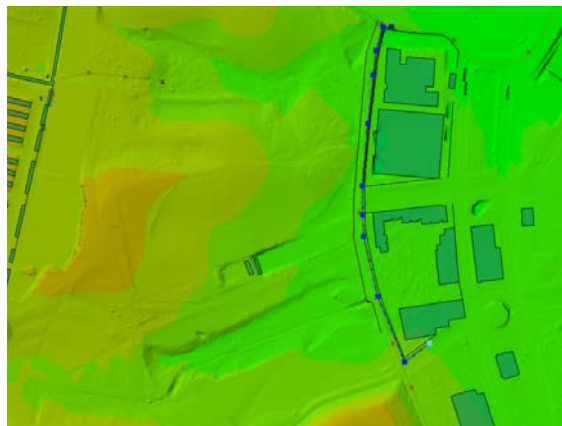
A continuación, se muestran la longitud de este dique, su altura, su volumen y el volumen de embalse que generan.

	Sup (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Altura Dique (m)	Vol. Terraplén (m <sup>3</sup> )	Sup. Embalse (m <sup>2</sup> )	Vol. Embalse (m <sup>3</sup> )
<b>Dique A.arr Parque Barranco</b>	283	130	4	3362	14000	28000

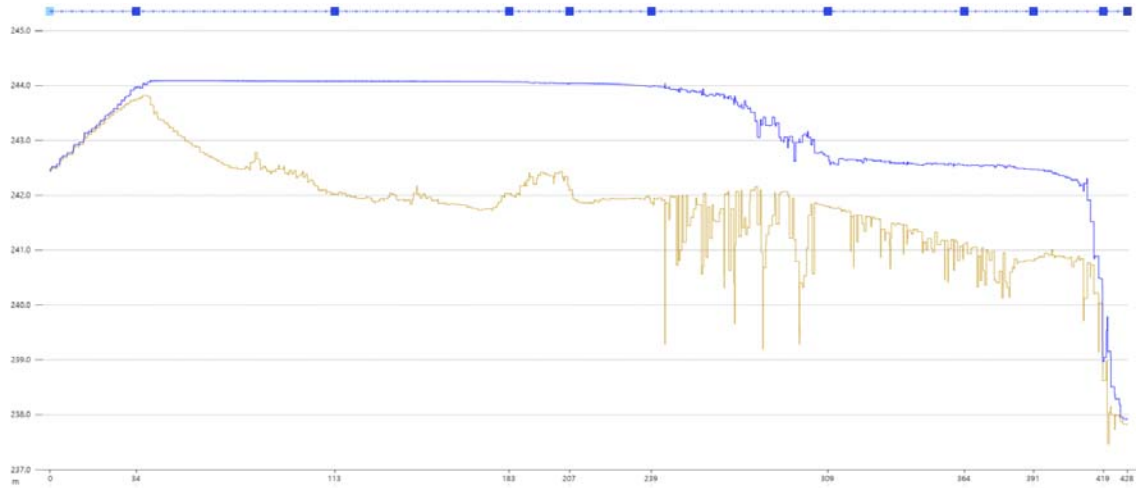
El caudal se reduciría de 85 m<sup>3</sup>/s a 78 m<sup>3</sup>/s en el Parque del Barranco, inmediatamente aguas arriba del CEIP María Zambrano. Estos resultados se dan para un desagüe de diámetro 1800 mm (similar al existente aguas abajo, pero la mitad que el del paso de aguas arriba). Esta actuación requiere un estudio de detalle que impida pasar caudales mayores para lluvias pequeñas, pero que permita pasar caudales mayores para esta lluvia de diseño, con el fin de laminar algo más la punta. Esto se podrá conseguir con un desagüe situado a cota superior. Optimizando la laminación, se podrían reducir los caudales hasta los 60 m<sup>3</sup>/s.



*Hidrograma*



*Planta de perfil longitudinal*



*Perfil longitudinal de la cota de inundación para el diseño del muro de protección*

### Calados máximos.



*Mapa de calados máximos. (Sin canal perimetral)*

**Velocidades máximas.**


*Mapa de velocidades máximas (Sin canal perimetral).*

**8.3.3. Diques de laminación aguas arriba de la Z-40.**

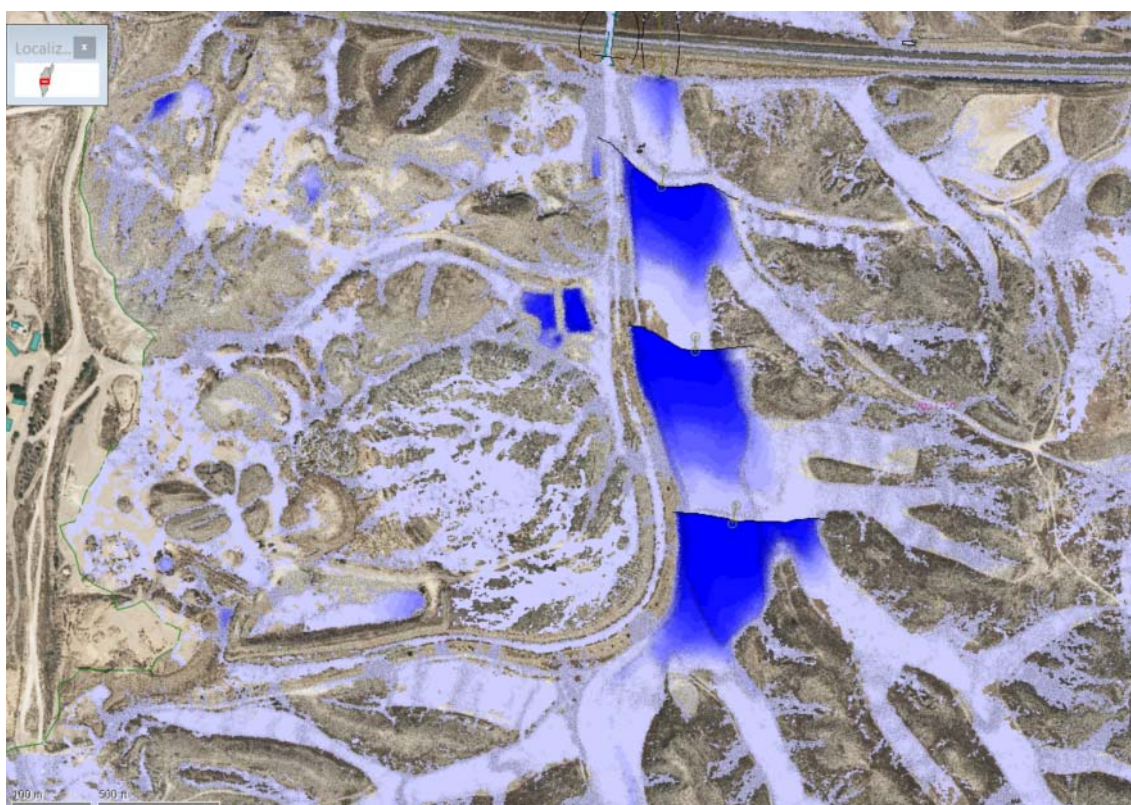
Consiste en realizar tres diques sucesivos inmediatamente aguas arriba de la Z-40, aprovechando un camino y un bancal en el caso de los ubicados aguas abajo y aguas arriba respectivamente. Se diseñan con un desagüe de 1800 mm, semejantes a los diques existentes en vales paralelas.

Existe la alternativa de ejecutar un solo dique de mayor tamaño, en la ubicación del dique intermedio o del dique superior (A.Arriba)

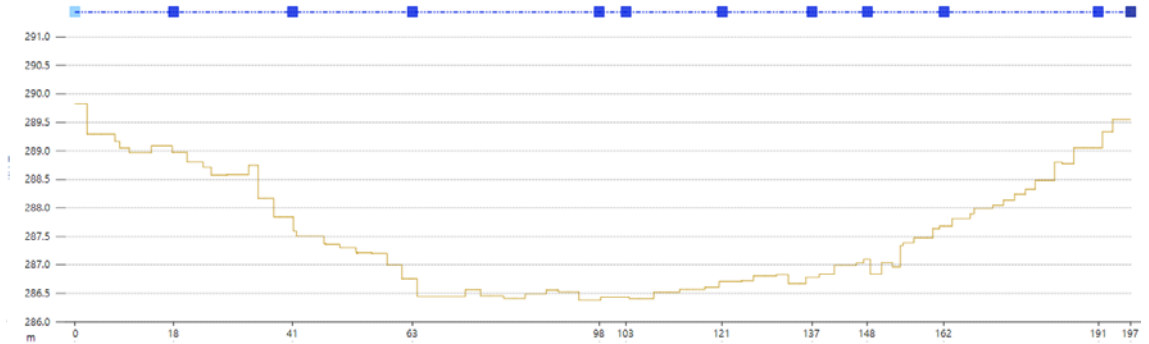
A continuación, se muestran la longitud de estos diques, su altura, su volumen y el volumen de embalse que generan.

	Sup (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Altura Dique (m)	Vol. Terraplén (m <sup>3</sup> )	Sup. Embalse (m <sup>2</sup> )	Vol. Embalse (m <sup>3</sup> )
<b>DiqueZ40 Inferior A. abajo</b>	432	200	3.3	4334.4	18000	29700

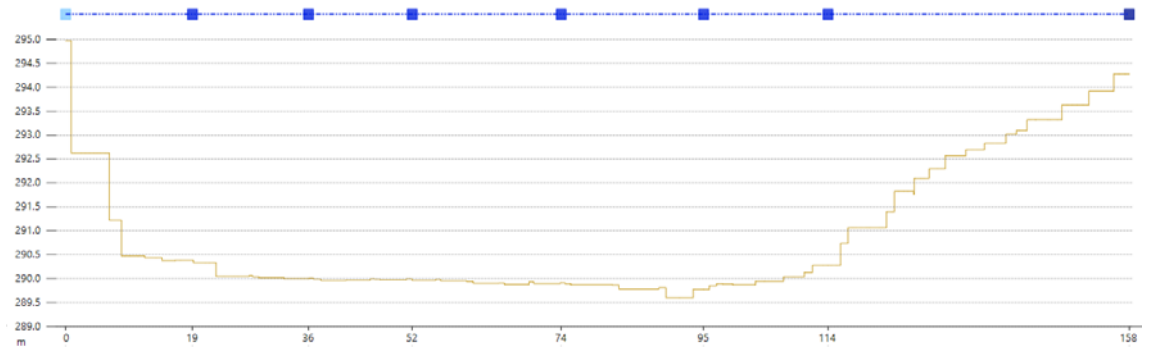
	Sup (m2)	Longitud (m)	Altura Dique (m)	Vol. Terraplén (m3)	Sup. Embalse (m2)	Vol. Embalse (m3)
<b>DiqueZ40 Intermedio</b>	514	160	4.5	5676	17600	39600
<b>DiqueZ40 Superior A. arriba</b>	635	190	4.5	6888	15750	35400
<b>Dique A.arr Parque Barranco</b>	283	130	4	3362	14000	28000
<b>TOTAL</b>				20260		132700



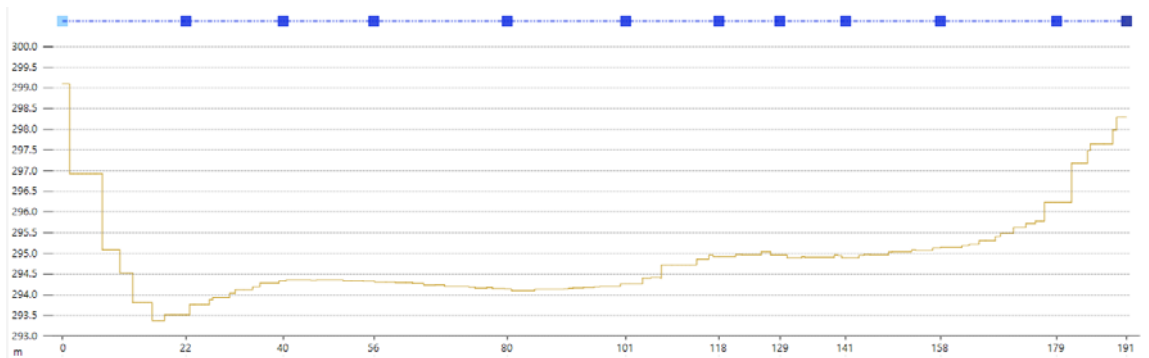
*Planta de inundación.*



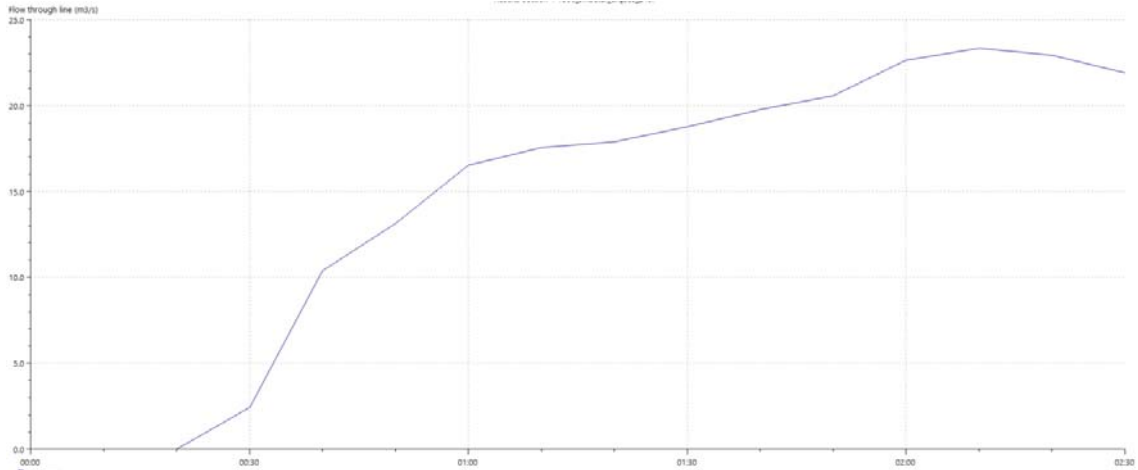
*Perfil longitudinal dique de aguas abajo.*



*Perfil longitudinal dique intermedio.*



*Perfil longitudinal dique aguas arriba.*



*Hidrograma*

El caudal se disminuye de 70 m<sup>3</sup>/s a menos de 25 m<sup>3</sup>/s en la ODT de la Z40 (inmediatamente aguas abajo). En combinación con el nuevo dique de aguas abajo (inmediatamente aguas arriba del Parque del Barranco), el caudal inmediatamente aguas arriba del CEIP María Zambrano pasaría de 38 m<sup>3</sup>/s (recoge 13 m<sup>3</sup>/s adicionales en la intercuenca) a 29 m<sup>3</sup>/s.

**Calados máximos.**



*Mapa de calados máximos*



### Velocidades máximas



Mapa de velocidades máximas

#### 8.3.4. Depósitos de tormenta en los campos de fútbol junto al cementerio de Torrero.

Reducen el caudal en el entorno del Cementerio de Torrero de 6.0 m<sup>3</sup>/s a menos de 1.0 m<sup>3</sup>/s. Se trata de una actuación de envergadura, exigiendo la excavación de algo más de 20.000 m<sup>3</sup>.



*Planta de actuación.*



## 8.4. OTRAS ALTERNATIVAS.

### 8.4.1. Soterramiento del barranco de la Muerte en la Z-30.

En la actualidad existe un marco de 2.00 x 1.50 m<sup>2</sup> que discurre por la acera sur de la Z-30 y desagua en la obra de paso gemela a la obra de paso originaria del antiguo tramo del Canal Imperial. A partir de ahí circula en aguas abiertas.



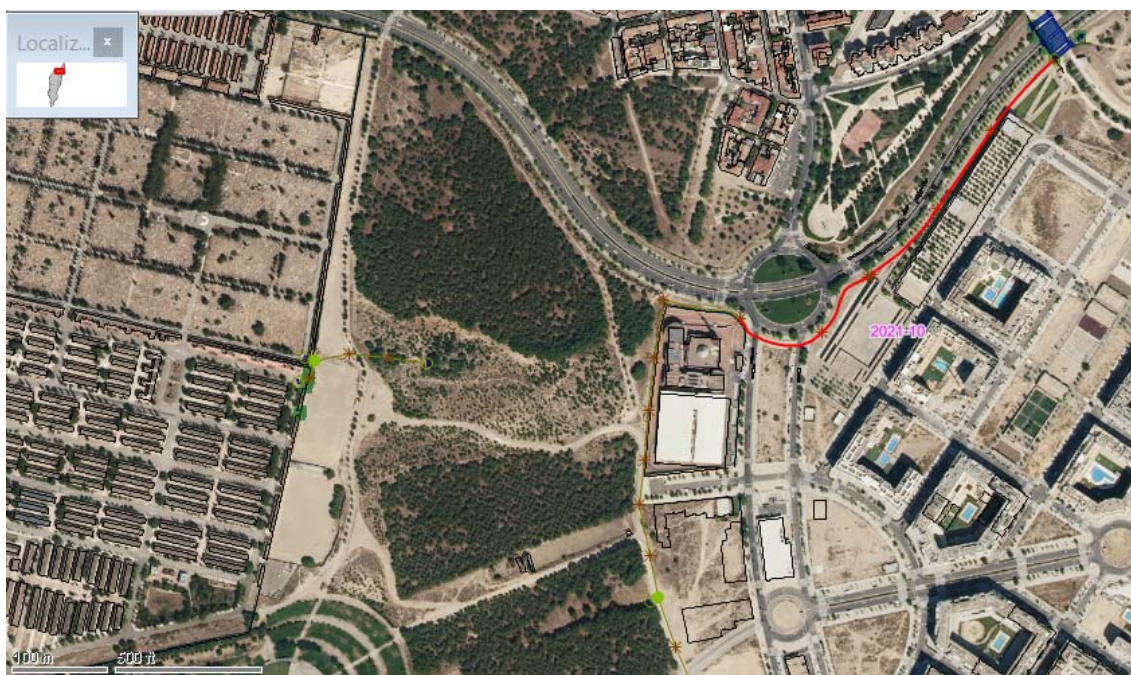
*Detalle desagüe marco de 2.00 x 1.50 m<sup>2</sup>.*

En primer lugar, se plantea prolongar esta sección hasta la O.D.T. del barranco de la Muerte. Esto supone pasar de un caudal de desagüe de 7.0 m<sup>3</sup>/s a aproximadamente 9.0 m<sup>3</sup>/s. Se trata de sustituir por un marco de 2.00 x 1.50 m<sup>2</sup> (o duplicar) la tubería existente de diámetro 1800 mm en una longitud de 472 m.l.



Trazado de tubería de diámetro 1800 mm

Duplicar este desagüe es una de las opciones que se plantean. Se trata de una longitud de aproximadamente 475 m.l. No obstante, requeriría modificar este desagüe aguas arriba del desagüe del Canal Imperial para que ambos tengan espacio suficiente para verter. Con esta opción los 9.0 m<sup>3</sup>/s desaguados pasaría a ser de 18.0 m<sup>3</sup>/s.



Trazado de marco de 2.00 x 1.50 m<sup>2</sup>



*Desagüe de marco duplicado.*

Otra opción sería acometer un soterramiento de mayor envergadura (4.00 x 1.50 m<sup>2</sup>) por el vial, atravesando el antiguo tramo del Canal Imperial y el nuevo y vertiendo aguas abajo. En total sería 900 m.l. desde la Z-30 o de aproximadamente 1.200 m.l. desde el barranco del Muerte. En este caso a los 7.0 m<sup>3</sup>/s habría que añadirle los 18.0 m<sup>3</sup>/s de esta nueva sección, totalizando 25.0 m<sup>3</sup>/s.



*Trazado de soterramiento por el vial de la Z-30.*

El soterramiento del barranco de la Muerte en la Z-30 requiere una actuación de gran envergadura por los múltiples servicios existentes. Adicionalmente, la segunda

opción tiene la complejidad técnica de atravesar al antiguo tramo del Canal Imperial y generaría una concentración elevada del flujo en un punto concreto, con una efectividad limitada desde el punto de vista de la intercepción de caudales y de reducción del riesgo de inundación.

#### **8.4.2. Desvío del barranco de la Muerte o del barranco del camino de Arráez.**

Se ha analizado la posibilidad de desviar parte de la cuenca del barranco de la Muerte y del barranco del camino de Arráez. El primero de ellos, debido a la posición del cauce con la divisoria, relativamente centrada, es complicada.

Desviar el barranco del camino de Arráez, devolviéndolo a su antigua configuración o interceptando la parte superior de la cuenca hacia el barranco del Platero, tampoco se antoja fácil. Esto es debido principalmente a la existencia de las recientes actuaciones antrópicas del barrio de Parque Venecia y de la Z-40. Adicionalmente, estos dos cauces presentan también limitaciones de drenaje, por lo que se podría acentuar el problema.

#### **8.4.3. Reforestación aguas arriba para incrementar la infiltración.**

A largo plazo, se recomienda reforestar zonas aguas arriba de las ya existentes, con el fin de incrementar la capacidad de retención de agua del terreno.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio contempla la documentación que se considera relevante para el análisis del riesgo ante inundaciones del barranco de la Muerte, cumpliendo con los principales objetivos establecidos.

Desde el punto de vista geomorfológico, se puede constatar que el barranco tiene una cuenca drenante de una moderada entidad, a la que se le añade el creciente grado de urbanización, con el añadido del desvío que se realizó al barranco contiguo innominado (denominado barranco del camino de Arráez).

Desde el punto de vista hidrológico, el evento ocurrido el 6 de julio de 2023 tuvo un periodo de retorno de aproximadamente 100 años para una duración de 1 hora, similar al tiempo de concentración de la cuenca.

Tomando una lluvia de diseño de  $T = 500$  años, los caudales que se obtienen son del orden del doble que los ocurridos en el evento del 6 de julio de 2023.

En primer lugar, se crea un modelo pluviométrico-hidráulico que representa el evento ocurrido el 6 de julio de 2023 y caracteriza dicho evento en términos probabilísticos, poniendo de manifiesto el elevado riesgo de inundación existente en la zona, en términos de peligrosidad, pero también en términos de exposición y vulnerabilidad de ciertos elementos, como el CEIP María Zambrano, centro comercial o viales públicos.

En segundo lugar, se estudian posibles medidas o actuaciones, con el fin de minimizar el riesgo de inundación existente. Según el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica del Ebro, las medidas se clasifican según:

- **Prevención.**
  - Ordenación del Territorio.
  - Restauración.
  - Predicción y gestión hidrológica.
  - Protección Civil, Planes de emergencia, ...
- **Preparación.**

- Predicción y gestión hidrológica.
- Protección Civil, Planes de emergencia.
- Protección Civil
- **Protección.**
  - Restauración.
  - Mejora del drenaje
  - Predicción y gestión hidrológica.
  - Intervención. Obras estructurales.
- **Recuperación y revisión.**
  - Lecciones aprendidas
  - Promoción de los seguros.
  - Intervención. Obras estructurales.

, todas ellas se complementan para cumplir el objetivo de reducir el riesgo de inundación.

El presente estudio se centra en las medidas de intervención (obras estructurales) y de mejora del drenaje, sin obviar otras medidas como las de predicción y gestión hidrológica.

A la vista de todos los condicionantes existentes, incluido el condicionante administrativo y de plazo y presupuesto de ejecución de las medidas, se plantean las siguientes alternativas, divididas en dos fases de ejecución u horizontes temporales diferentes. Se ordenan de menor a mayor complejidad y de mayor a menor efectividad. Todas ellas se diseñarán para un periodo de retorno de  $T = 500$  años. **La fase de ejecución nº 2 deberá ser estudiada con mayor profundidad.**

### **1) ALTERNATIVA 0. ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. TRASLADO DE LOS ELEMENTOS VULNERABLES.**

No es objeto del presente estudio.



## 2) FASE DE EJECUCIÓN Nº1. REDUCCIÓN DEL RIESGO DE ELEMENTOS MÁS VULNERABLES.

Se trata de actuaciones que requieren un breve plazo de ejecución.

### a. Medidas de predicción y gestión hidrológica.

- i. Instalación de sensores de nivel y aviso en secciones de control singulares para el barranco de la Muerte (Z-40) y barranco del camino de Arráez (Z-40).
- ii. Instalación de estación meteorológica en la cuenca, aguas arriba de la Z-40, con sistemas de aviso por intensidades de precipitación.

### b. Incremento de la capacidad de la O.D.T. del barranco de la Muerte.

- i. Pasando de un diámetro de 1200 mm a un diámetro de 1800 mm (9.0 m.l.). Tiene escasa importancia, pasando de una capacidad de 3.0 m<sup>3</sup>/s a una capacidad de 5.0 m<sup>3</sup>/s, pero disminuye además el riesgo de taponamientos, siendo además una actuación relativamente sencilla.

### c. Muro de protección del CEIP María Zambrano.

- i. Evita los daños, con una cota de inundación de 242.80 msnm para un evento similar al del 6 julio de 2023 (calados en torno a 1.0 m) y de 243.30 msnm (calados en torno a 1.50 m) para la lluvia de diseño (T = 500 años). La cota de coronación del muro se encuentra a la 243.07 msnm, según datos proporcionados.
- ii. La opción de no cerrar la C/Giovani Batista disminuye la altura del muro, pero aumenta el riesgo de inundación en este vial y aguas abajo (Av. Tiziano, centro comercial, entrada de policía...)

**d. Canal perimetral aguas arriba de muros de fase 1 y prolongación muro C/Giovani Batista y Policía Local.**

- i. Su efectividad depende en gran medida de su tamaño. Con una longitud de 360 m.l. y una anchura máxima de 18.0 m, consigue reducir los calados aguas arriba del CEIP M<sup>a</sup> Zambrano, desviando el flujo aguas arriba de la glorieta de la Z-30 y Av. Tiziano. Para un evento similar al del 6 de julio, el muro no se vería afectado. Para la lluvia de diseño, los calados serían en torno a 0.40 m., quedando protegido para un periodo de retorno superior a T500.
- ii. La prolongación del muro protege el resto de equipamientos y viales aguas abajo en la Av. Tiziano.

**e. Estas medidas deben ser complementadas con las medidas de predicción y gestión hidrológica (sensores de nivel y lluvia y sistemas de avisos ...) y medidas de protección civil (planes de emergencia, autoprotección...).**

**3) FASE DE EJECUCIÓN Nº 2. REDUCCIÓN DEL RIESGO EN Z-30 Y RESTO.**

Se trata de actuaciones que requieren un plazo de ejecución (o autorización o disponibilidad de los terrenos) y/o presupuesto más elevado.

**a. Dique de laminación del barranco del Camino de Arráez.**

- i. Tiene escaso impacto en la peligrosidad, reduciendo el caudal de la Av. de Tiziano de 15.5 m<sup>3</sup>/s a 14.0 m<sup>3</sup>/s para el caudal de diseño, pero se trata de una actuación sencilla en el barranco del Camino de Arráez.

**b. Dique de laminación inmediatamente aguas arriba del existente en el parque del barranco.**

- i. Reduce el caudal de diseño circulante desde 85 m<sup>3</sup>/s a 78 m<sup>3</sup>/s o inferior, en caso de aumentar el desagüe de fondo. Optimizando la laminación, se podrían reducir los caudales hasta los 60 m<sup>3</sup>/s.

**c. Diques de laminación aguas arriba de la Z-40.**

- i. El caudal se disminuye de 70 m<sup>3</sup>/s a menos de 25 m<sup>3</sup>/s en la ODT de la Z40 (inmediatamente aguas abajo). En combinación con el nuevo dique de aguas abajo (inmediatamente aguas arriba del Parque del Barranco), el caudal inmediatamente aguas arriba del CEIP María Zambrano pasaría de 38 m<sup>3</sup>/s a 29 m<sup>3</sup>/s. De esta manera, en la Z-30 y Av. Tiziano el riesgo de inundación para T= 500 años sería inferior al ocurrido en el evento del 6 de Julio de 2023 y muy inferior aguas arriba del CEIP María Zambrano. Asimismo, el riesgo de inundación para un evento similar al del 6 de julio de 2023 sería muy inferior al mismo en todo el ámbito de estudio.
- ii. Se puede ejecutar **un solo dique de mayor entidad en la posición del dique superior o del intermedio.**
- iii. A continuación, se muestran las dimensiones y volúmenes de estos diques, y el volumen de embalse que generan.

	Sup (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Altura Dique (m)	Vol. Terraplén (m <sup>3</sup> )	Sup. Embalse (m <sup>2</sup> )	Vol. Embalse (m <sup>3</sup> )
DiqueZ40 Inferior A. abajo	432	200	3.3	4334.4	18000	29700
DiqueZ40 Intermedio	514	160	4.5	5676	17600	39600
DiqueZ40 Superior A. arriba	635	190	4.5	6888	15750	35400
Dique A.arr Parque Barranco	283	130	4	3362	14000	28000
<b>TOTAL</b>				20260		132700

**d. Depósitos de tormenta en los campos de fútbol junto al cementerio de Torrero.**

- i. Reducen el caudal en el entorno del Cementerio de Torrero de 6.0 m<sup>3</sup>/s a menos de 1.0 m<sup>3</sup>/s. Se trata de una actuación de envergadura, exigiendo la excavación de algo más de 20.000 m<sup>3</sup>.

**4) OTRAS ALTERNATIVAS.**

Se trata de actuaciones que conllevan una complejidad técnica y de afección a servicios en la ciudad consolidada que pueden cuestionar su viabilidad. Adicionalmente requieren un plazo de ejecución y presupuesto muy elevados y su efectividad es limitada.

**a. Soterramiento del barranco de la Muerte en la Z-30.**

- i. En primer lugar, se plantea prolongar esta sección hasta la O.D.T. del barranco de la Muerte. Esto supone pasar de un caudal de desagüe de 7.0 m<sup>3</sup>/s a aproximadamente 9.0 m<sup>3</sup>/s. Se trata de sustituir por un marco de 2.00 x 1.50 m<sup>2</sup> (o duplicar) la tubería existente de diámetro 1800 mm en una longitud de 472 m.l.
- ii. Duplicar este desagüe es una de las opciones que se plantean. Se trata de una longitud de aproximadamente 475 m.l. Con esta opción los 9.0 m<sup>3</sup>/s desaguados serían den 18.0 m<sup>3</sup>/s.
- iii. Otra opción sería acometer un soterramiento de mayor envergadura (4.00 x 1.50 m<sup>2</sup>) por el vial, atravesando el antiguo tramo del Canal Imperial y el nuevo y vertiendo aguas abajo. En total sería 900 m.l. desde la Z-30 o de aproximadamente 1.200 m.l. desde el barranco del Muerte. En este caso a los 7.0 m<sup>3</sup>/s habría que añadirle los 18.0 m<sup>3</sup>/s de esta nueva sección, totalizando 25.0 m<sup>3</sup>/s.
- iv. **A la vista de estos caudales, esta actuación por sí sola no sería suficiente para reducir el riesgo de inundación (caudal**

**punta de 110 m<sup>3</sup>/s para T = 500 años), por lo cual no se considera la más adecuada de entre las estudiadas.**

**b. Desvío del barranco de la Muerte o del barranco del camino de Arráez.**

- i. Debido a la posición del cauce principal del barranco de la Muerte con su divisoria, relativamente centrada, esta actuación es muy poco viable.
- ii. Desviar el barranco del camino de Arráez, devolviéndolo a su antigua configuración o interceptando la parte superior de la cuenca hacia el barranco del Platero, tampoco se antoja fácil. Esto es debido principalmente a la existencia de las recientes actuaciones antrópicas del barrio de Parque Venecia y de la Z-40. Adicionalmente, estos dos cauces presentan también limitaciones de drenaje, por lo que se podría acentuar el problema.

**c. Reforestación aguas arriba para incrementar la infiltración.**

- i. Se trata de una medida a muy largo plazo, que requiere actuar en una gran superficie, pero efectiva desde el punto de vista del aumento de la infiltración.

En resumen, El CEIP María Zambrano queda protegido para un evento similar al del 6 de Julio de 2023.

Para una protección superior, asociada a un periodo de retorno de T=500 años, es necesaria la construcción de un canal perimetral (caudales superiores al doble de los ocurridos el 6 de Julio de 2023).

Se plantea una actuación que, junto con la prolongación de este muro en la C/Giovani Batista (a una cota ligeramente inferior), protege para unos caudales asociados a un periodo de retorno superior a T=500 años.

Adicionalmente, quedarían protegidos todos los equipamientos y viales del entorno (Policía Local, equipamiento comercial, entrada de CEIP María Zambrano y Av. Tiziano) para estos caudales.

Con estas medidas, el CEIP María Zambrano quedaría protegido frente a inundaciones para un periodo de retorno superior a  $T = 500$  años.

Este nivel de protección es superior a los criterios de diseño establecidos en la normativa de referencia al respecto.

Estas medidas deben ser complementadas con las medidas de predicción y gestión hidrológica (sensores de nivel y lluvia y sistemas de avisos...) y medidas de protección civil (planes de emergencia, planes de autoprotección...).

Las medidas de la Fase1 no disminuyen el riesgo de inundación en la Z-30, para las que se deben implementar otras medidas adicionales. Estas medidas requieren de un estudio más avanzado y su solución ha de ser coordinada con el Organismo de Cuenca.

Se plantean unos diques de moderada entidad que reducen la inundación para  $T = 500$  años a valores inferiores a la ocurrida en el evento para la Z-30. Para reducir el nivel de riesgo en mayor medida, se exigirían medidas complementarias o diques de mayor entidad.

**Estas medidas deben ser complementadas con las medidas de predicción y gestión hidrológica (sensores de nivel y lluvia y sistemas de avisos...) y medidas de protección civil (planes de emergencia, autoprotección...).**

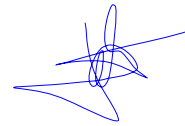
Con todo cuanto antecede se da por terminado el presente “**ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)**”, cumpliendo los objetivos planteados, quedando definido con detalle el riesgo de inundación existente en el ámbito de la actuación.

En Zaragoza, a 30 de agosto de 2023.

Los autores del estudio:



Fdo. Eduardo Lastrada Marcén  
Dr. I.C.C. y P.  
Nº Colegiado – 24.176



Fdo. Guillermo Cobos Campos  
Dr. I.C.C. y P.  
Nº. Colegiado – 13.327



Fdo. J. Fernando Gutiérrez Argul  
Lcdo. CC. Geológicas.  
Nº Colegiado – 1195

## LAMINAS.

0. PLANO GENERAL DE CUENCAS.
1. PLANTA GENERAL DE ACTUACIONES.
2. SITUACIÓN ACTUAL.
  1. EVENTO 6 DE JULIO
    - a. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS
    - b. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.
  2. T=500 AÑOS.
    - a. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS
    - b. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.
3. MURO CEIP MARÍA ZAMBRANO.
  1. EVENTO 6 DE JULIO
    - a. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS
    - b. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.
  2. T=500 AÑOS.
    - c. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS
    - d. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.
4. FASE 1. MURO + CANAL PERIMETRAL.
  1. EVENTO 6 DE JULIO
    - a. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS
    - b. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.
  2. T=500 AÑOS.
    - c. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS
    - d. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.



5. FASE 2. FASE 1 + DIQUES BCO. MUERTE.

1. EVENTO 6 DE JULIO

a. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS

b. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.

2. T=500 AÑOS.

c. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS

d. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.

6. FASE 2. ANTERIOR. + DIQUE ARRÁEZ + CEMENTERIO.

1. EVENTO 6 DE JULIO

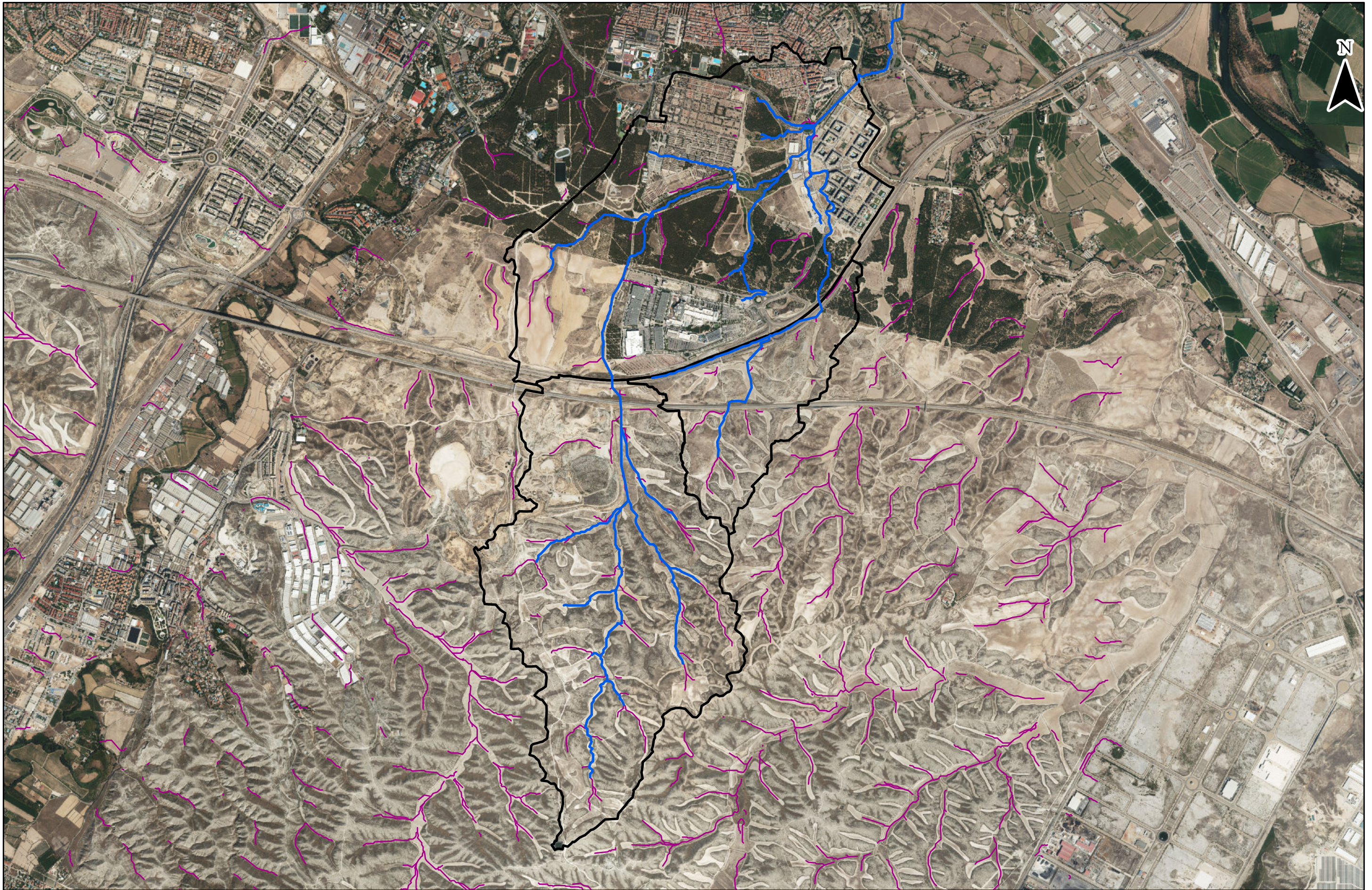
a. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS

b. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.

2. T=500 AÑOS.

c. MAPA DE CALADOS MÁXIMOS

d. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.



<p>PROMOTOR:</p>  <p><b>Zaragoza</b> AYUNTAMIENTO</p>	<p>PROYECTO:</p> <p>ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)</p>	<p>AUTOR DEL DOCUMENTO:</p>  <p>Fdo. J. Eduardo Lastrada Marcón Dr. I.C.C.P.</p> <p>Fdo. Guillermo Cobos Campos Dr. I.C.C.P.</p>	<p>ESCALA:</p> <p>1:25,377</p> <p>0 400 800 Meters</p> <p>ORIGINAL A-3</p>	<p>PLANO N°:</p> <p>0</p>	<p>DENOMINACIÓN:</p> <p>PLANO GENERAL DE CUENCAS</p>	<p>FECHA:</p> <p>AGOSTO 2023</p>
--	--	---	--	---------------------------	--	----------------------------------



PROMOTOR:



PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:

1:13,000  
0 200 400 Meters  
ORIGINAL A-3

PLANO N°:

1

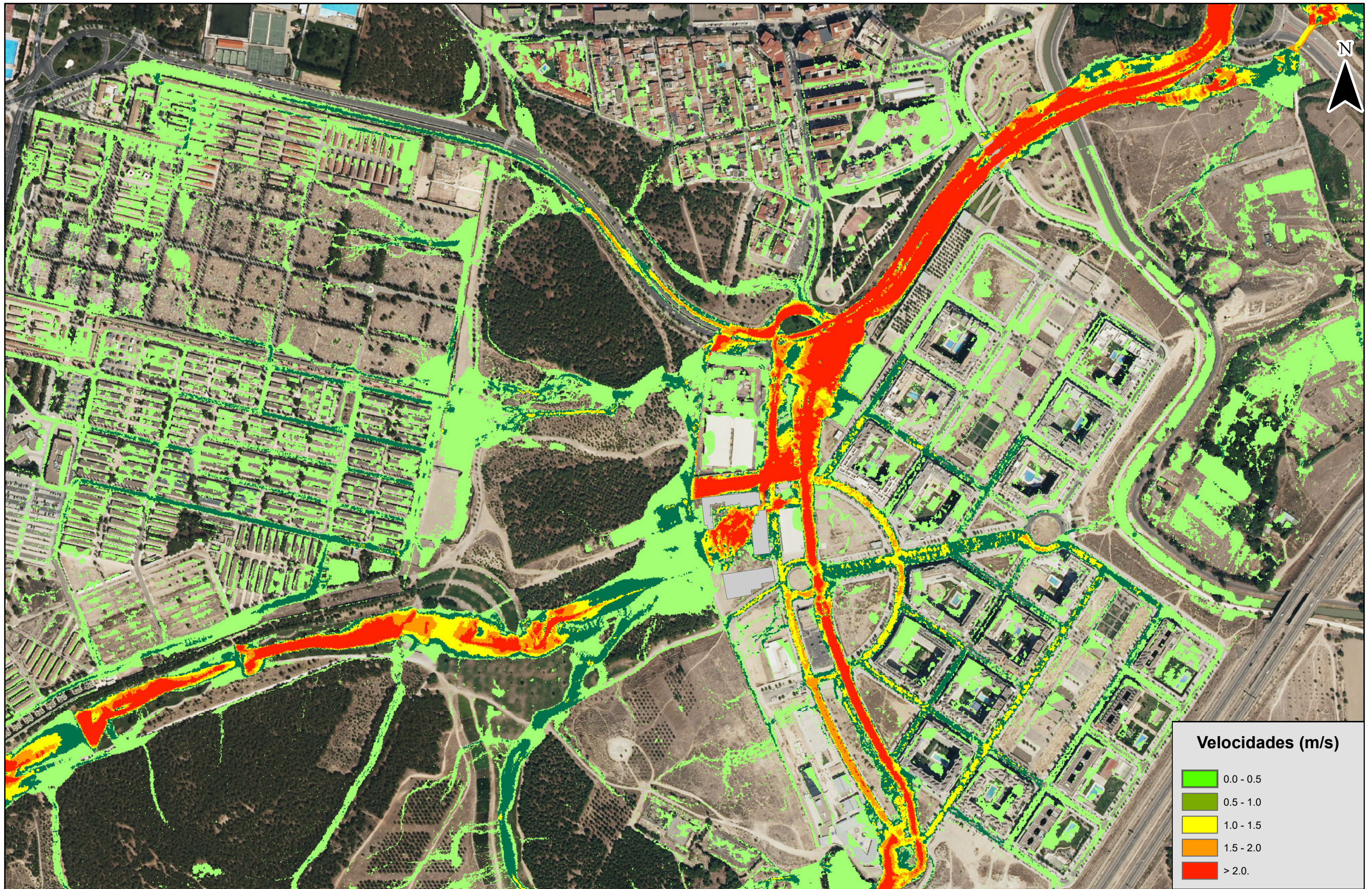
DENOMINACIÓN:

PLANTA GENERAL DE ACTUACIONES

FECHA:

AGOSTO 2023





PROMOTOR:



PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:

1:5,000  
0 75 150 Meters  
ORIGINAL A-3

PLANO N.º:

2.1.2

DENOMINACIÓN:

MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS  
EVENTO DEL 6 DE JULIO 2023  
SITUACIÓN ACTUAL

FECHA:

AGOSTO 2023



PROMOTOR:  <b>Zaragoza</b> AYUNTAMIENTO	PROYECTO: ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)	AUTOR DEL DOCUMENTO:  <small>Fdo. J. Eduardo Lastrada Marzá Dr. I.C.C.P. Fdo. Guillermo Cobos Campos Dr. I.C.C.P.</small>	ESCALA: 0 75 150 Meters ORIGINAL A-3	PLANO N.º: 2.2.1	DENOMINACIÓN: MAPA DE CALADOS MÁXIMOS T = 500 AÑOS. SITUACIÓN ACTUAL	FECHA: AGOSTO 2023
--	--	--	--	---------------------	---	-----------------------



PROMOTOR:



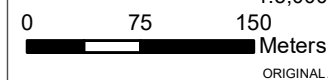
PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:



1:5,000

PLANO N°:

2.2.2

DENOMINACIÓN:

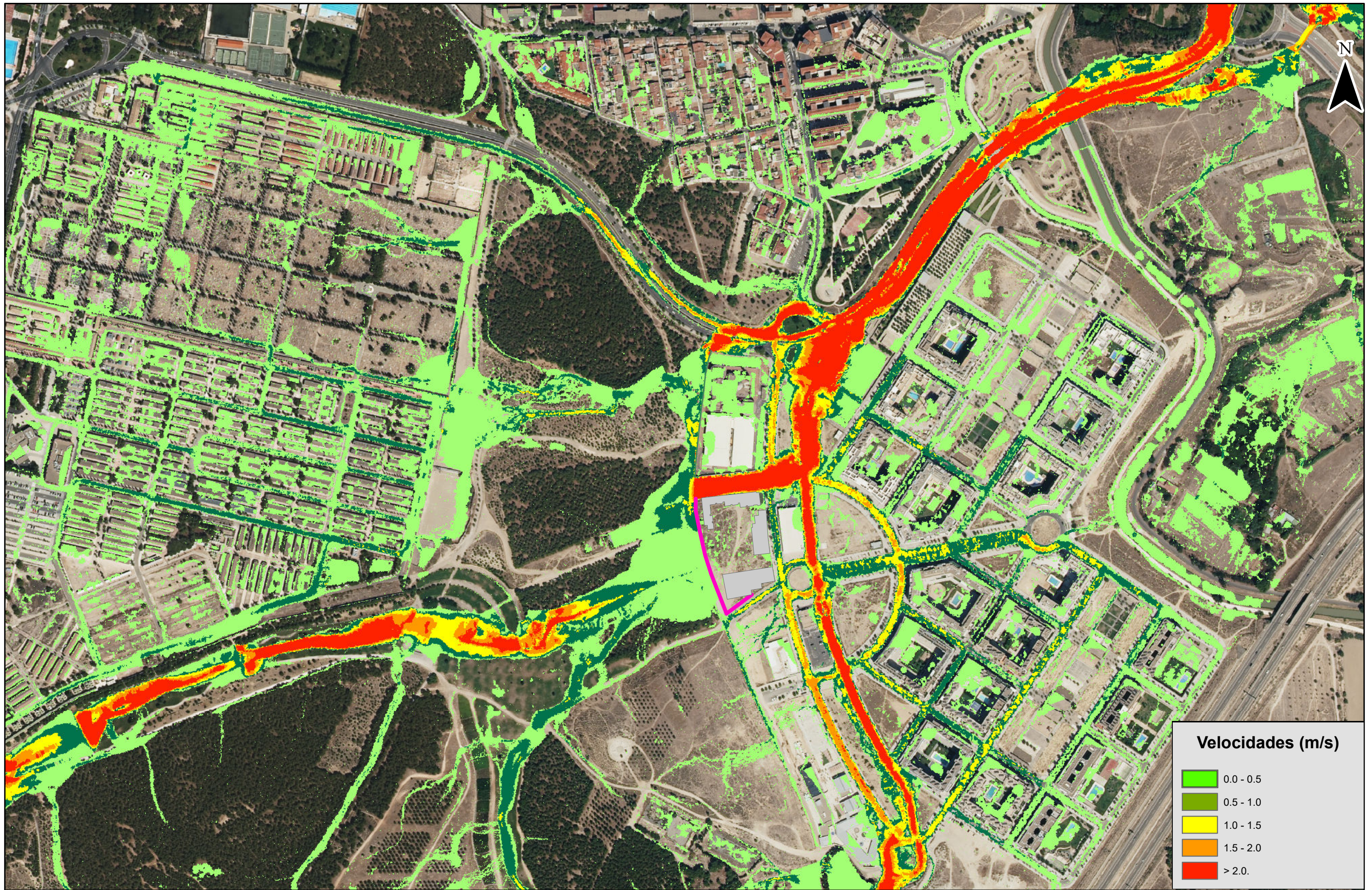
MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS  
T = 500 AÑOS  
SITUACIÓN ACTUAL

FECHA:

AGOSTO 2023







PROMOTOR:



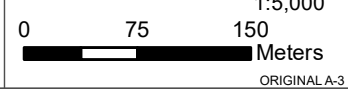
PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE  
EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:



PLANO N.º:

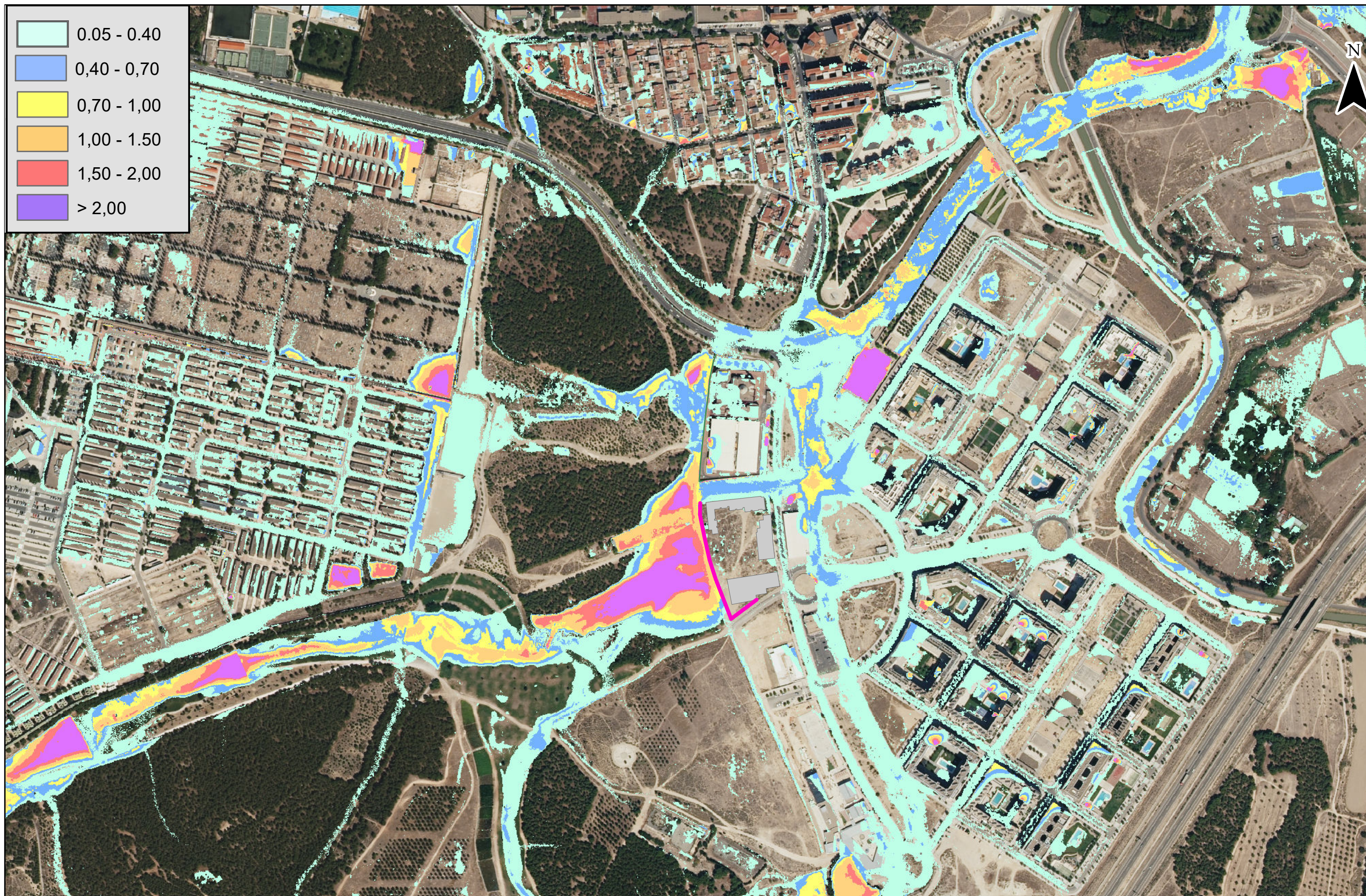
3.1.2



DENOMINACIÓN:

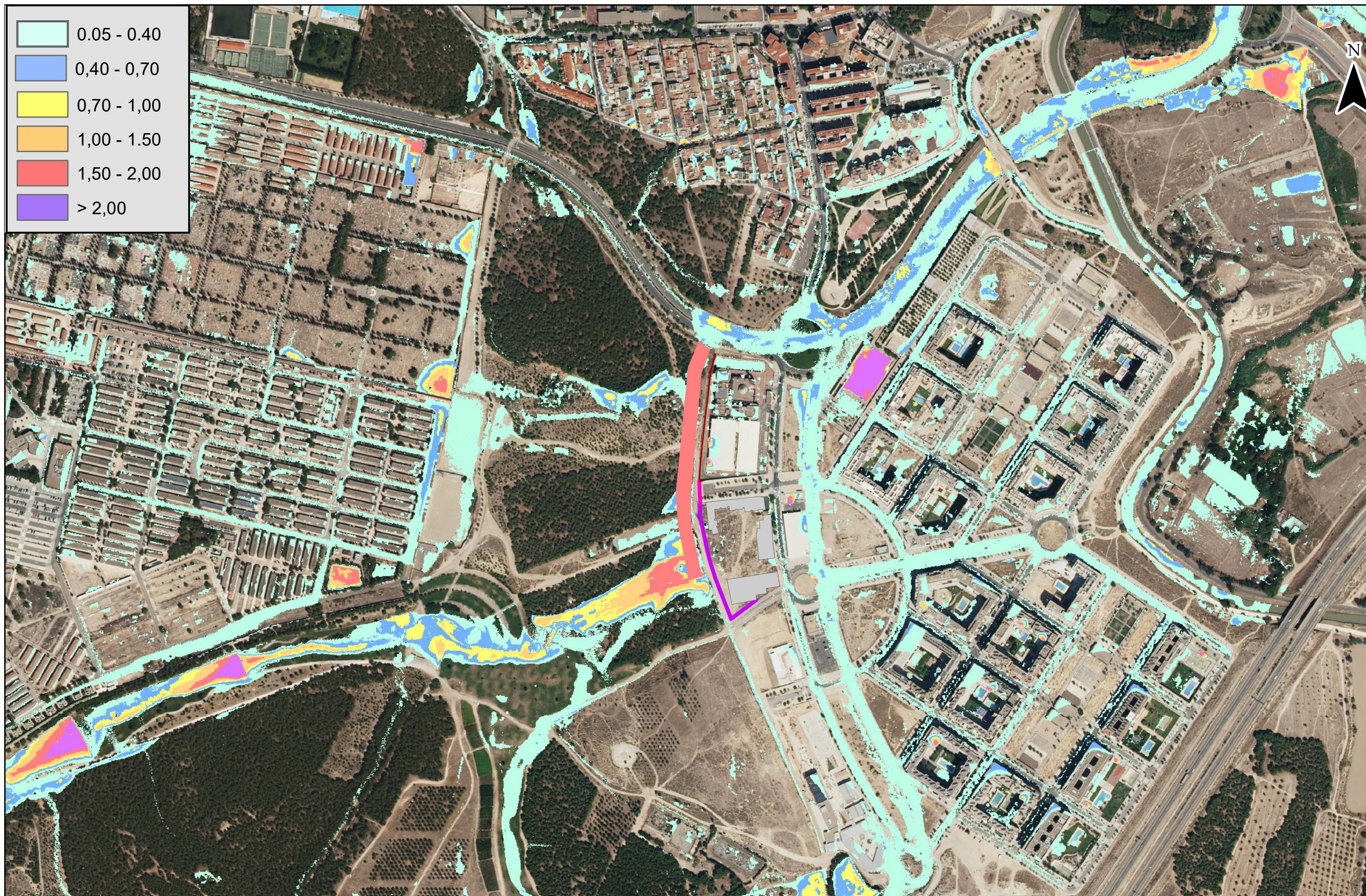
MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS  
EVENTO 6 JULIO DE 2023  
FASE 1. MURO

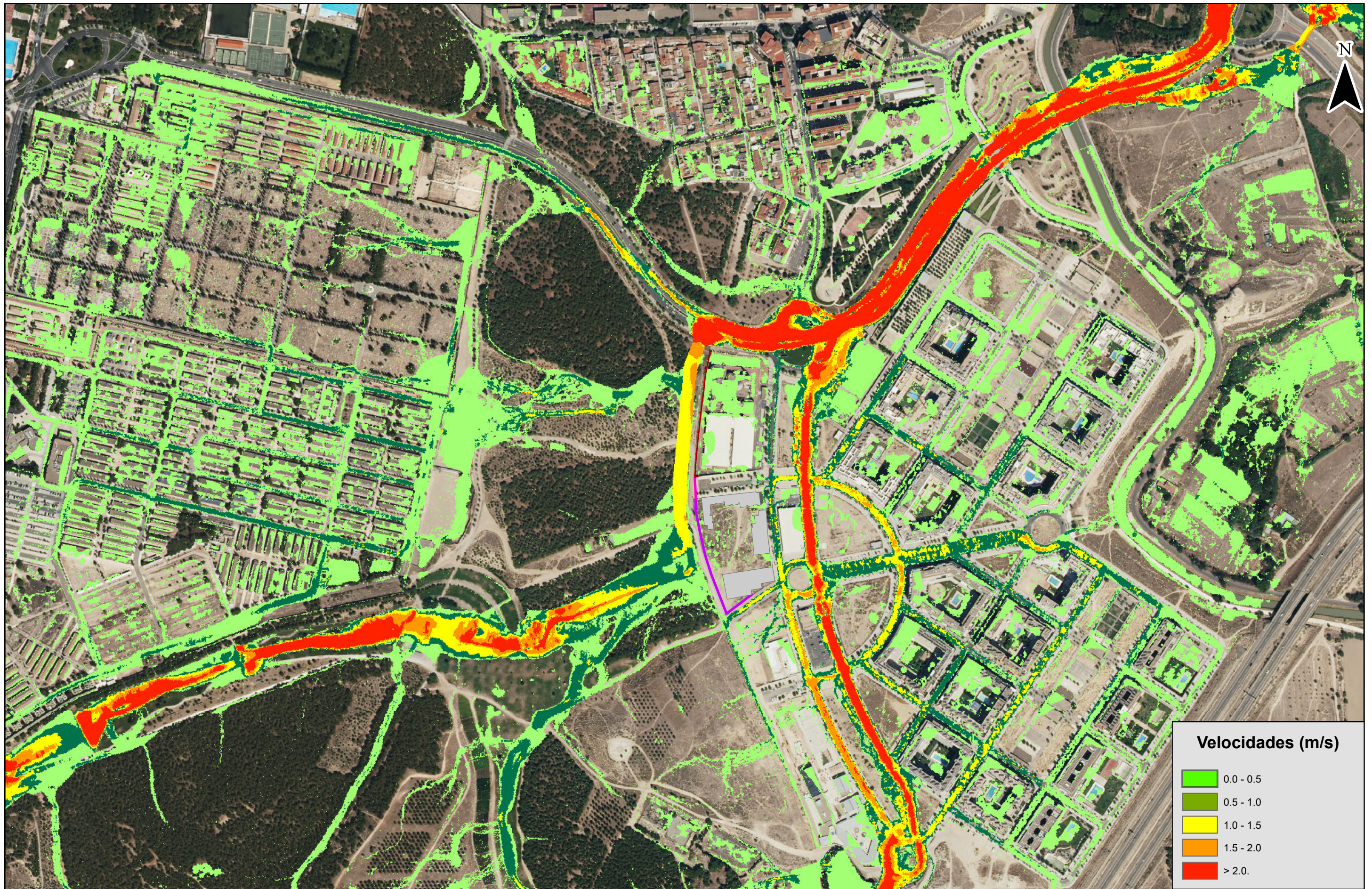
FECHA:

AGOSTO 2023



PROMOTOR:  <b>Zaragoza</b> AYUNTAMIENTO	PROYECTO: ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)	AUTOR DEL DOCUMENTO:  <small>Fdo. J. Eduardo Lastrada Marzá Dr. I.C.C.P. Fdo. Guillermo Cobos Campos Dr. I.C.C.P.</small>	ESCALA: 0 75 150 Meters ORIGINAL A-3	PLANO N.º: <b>3.2.1.</b>	DENOMINACIÓN: <b>MAPA DE CALADOS MÁXIMOS</b> <b>T = 500 AÑOS.</b> <b>FASE 1. MURO</b>	FECHA: AGOSTO 2023
--	--	--	--	-----------------------------	--	-----------------------





PROMOTOR:



PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:

1:5,000  
0 75 150 Meters  
ORIGINAL A-3

PLANO N.º:

4.1.2

DENOMINACIÓN:

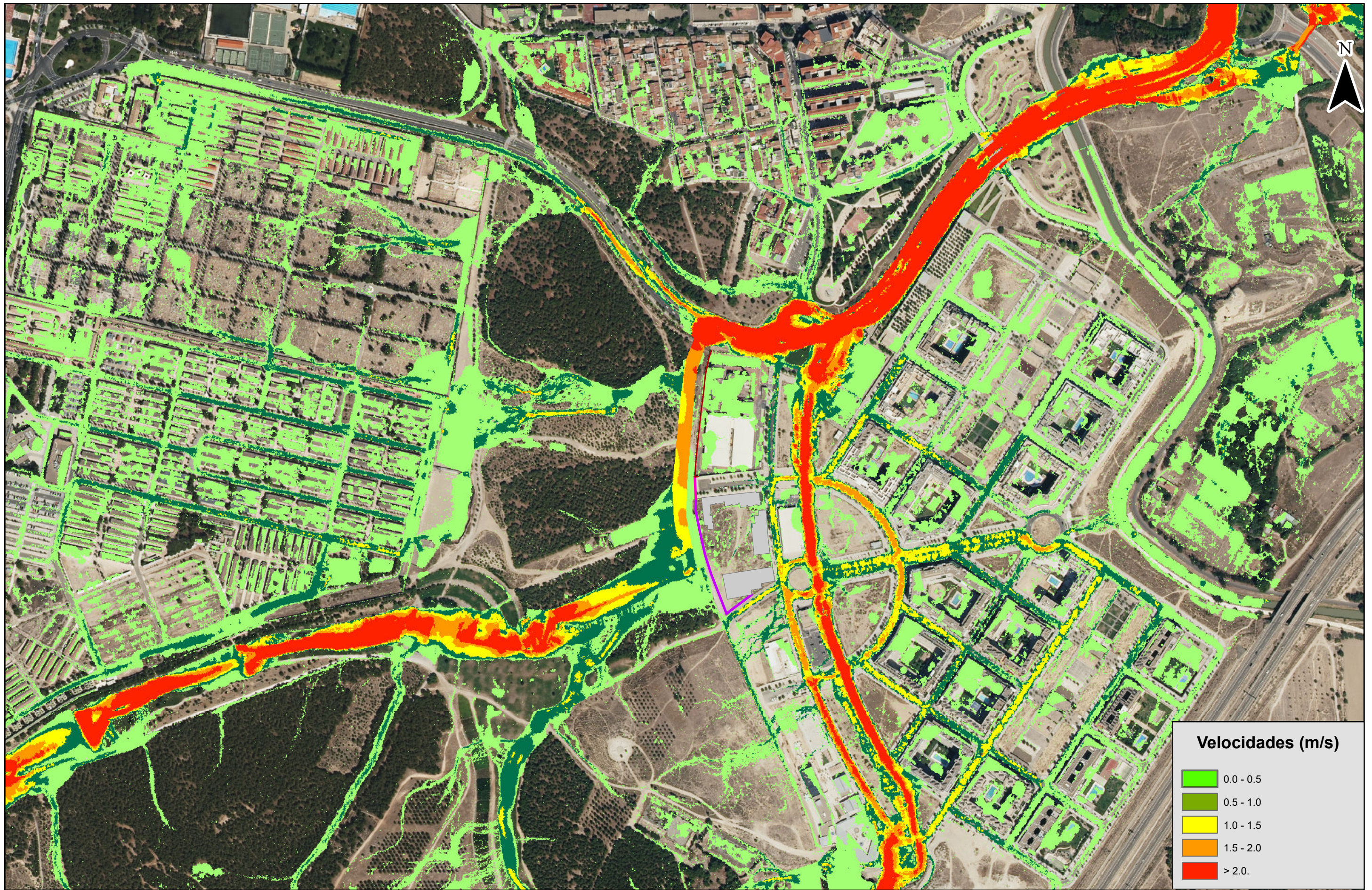
MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS  
EVENTO 6 DE JULIO DE 2023  
FASE 1. MURO + CANAL PERIMETRAL

FECHA:

AGOSTO 2023



PROMOTOR:  <b>Zaragoza</b> AYUNTAMIENTO	PROYECTO: ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)	AUTOR DEL DOCUMENTO:  <small>Fdo. J. Eduardo Lastrada Marzá Dr. I.C.C.P. Fdo. Guillermo Cobos Campos Dr. I.C.C.P.</small>	ESCALA: 0 75 150 Meters ORIGINAL A-3	PLANO N.º: 4.2.1.	DENOMINACIÓN: MAPA DE CALADOS MÁXIMOS T = 500 AÑOS. FASE 1. MURO + CANAL PERIMETRAL	FECHA: AGOSTO 2023
--	--	--	--	----------------------	--	-----------------------



PROMOTOR:



PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:

1:5,000  
0 75 150 Meters  
ORIGINAL A-3

PLANO N.º:

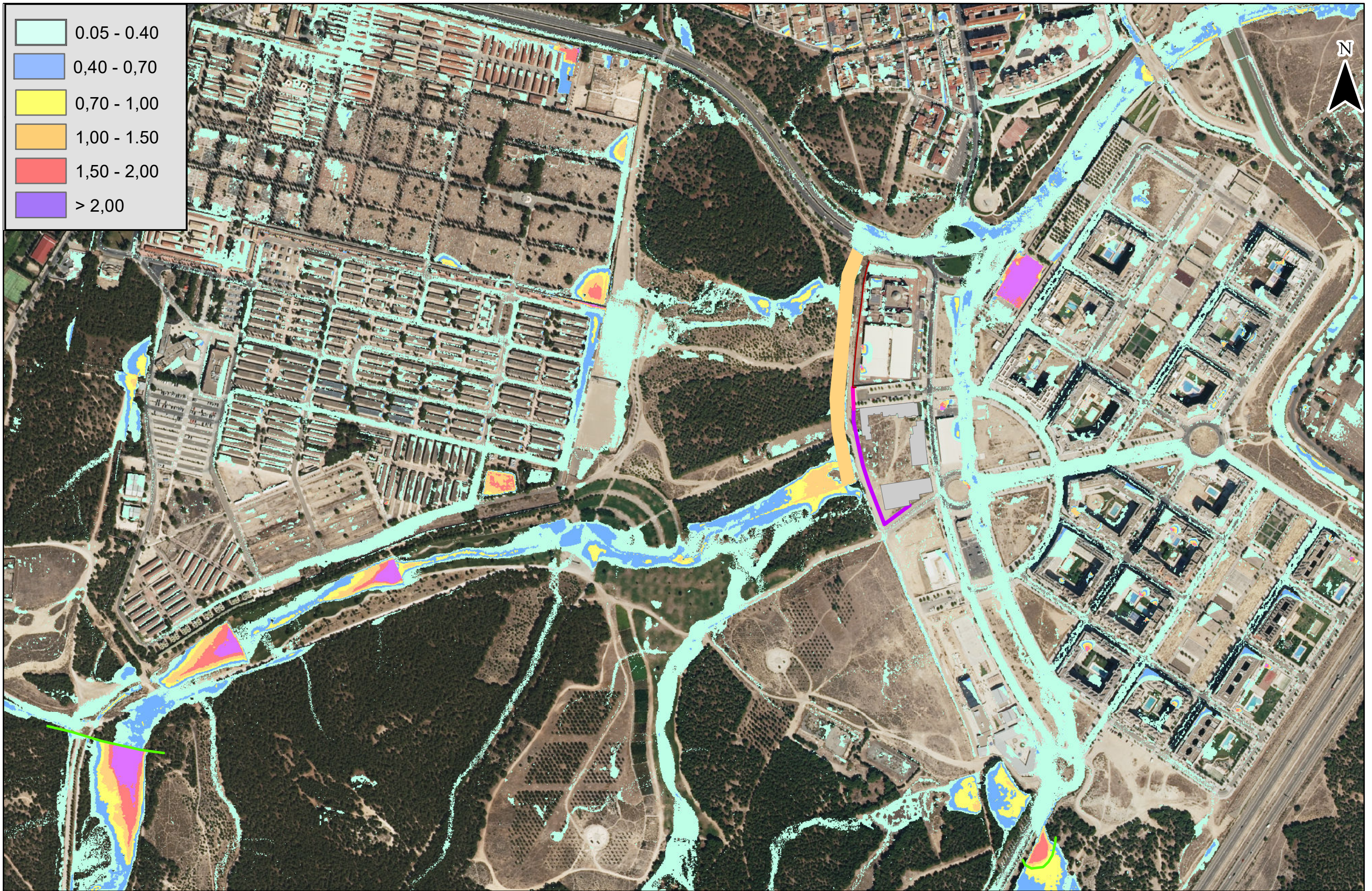
4.2.2

DENOMINACIÓN:

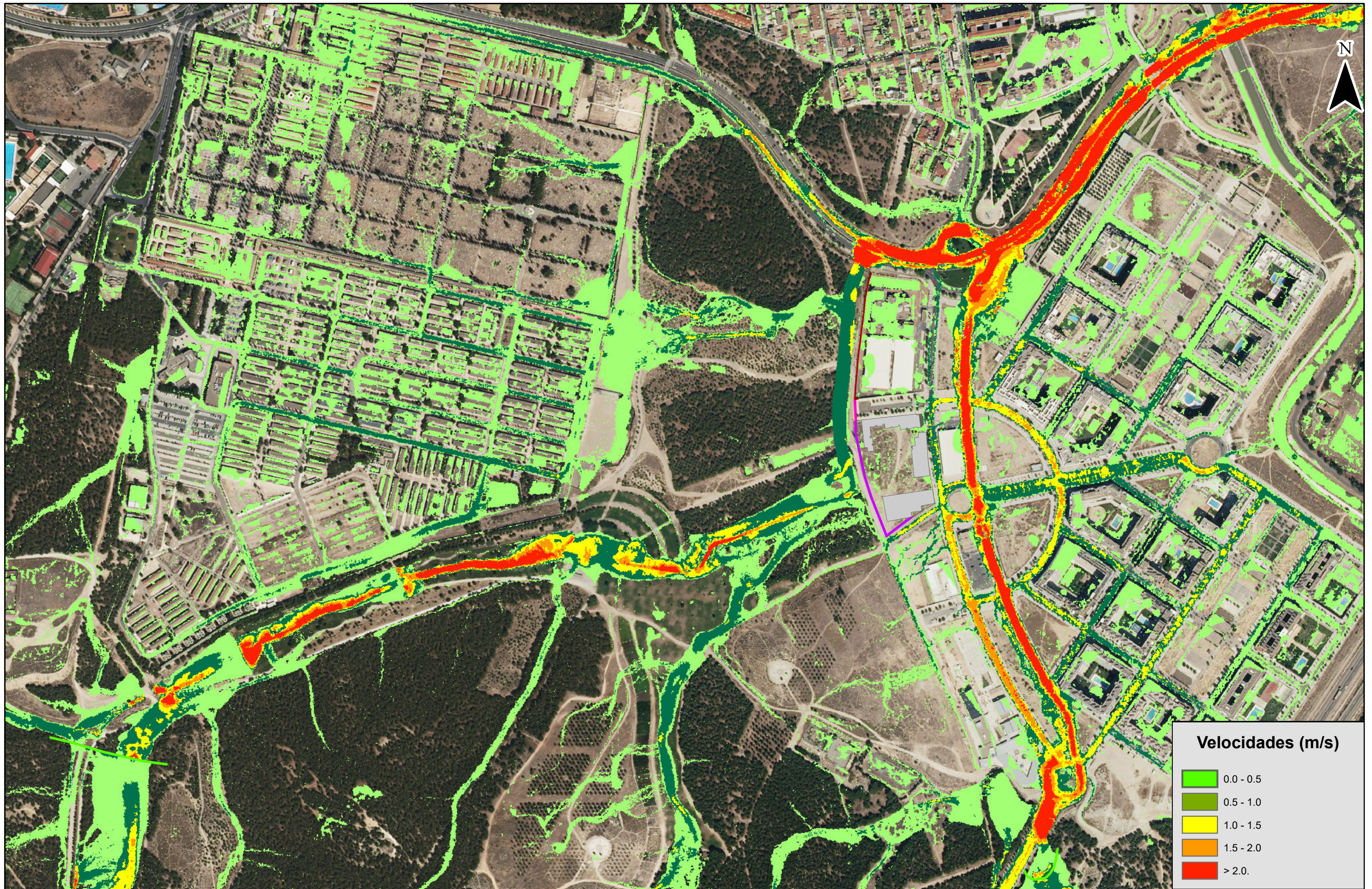
MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS  
T = 500 AÑOS  
FASE 1. MURO + CANAL PERIMETRAL

FECHA:

AGOSTO 2023



PROMOTOR: 	PROYECTO: ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)	AUTOR DEL DOCUMENTO:  <small>Fdo. J. Ramón Lastrada Marzá Dr. I.C.C.P. Fdo. Guillermo Cobos Campos Dr. I.C.C.P.</small>	ESCALA: 0 75 150 Meters 1:5,000 ORIGINAL A-3	PLANO N.º: 5.1.1.	DENOMINACIÓN: MAPA DE CALADOS MÁXIMOS EVENTO 6 DE JULIO DE 2023 FASE 1 + DIQUES	FECHA: AGOSTO 2023
--	--	--	---	----------------------	--	-----------------------



PROMOTOR:



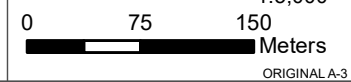
PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:



1:5,000

PLANO N.º:

5.1.2.

DENOMINACIÓN:

MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS  
EVENTO 6 DE JULIO DE 2023  
FASE 1 + DIQUES

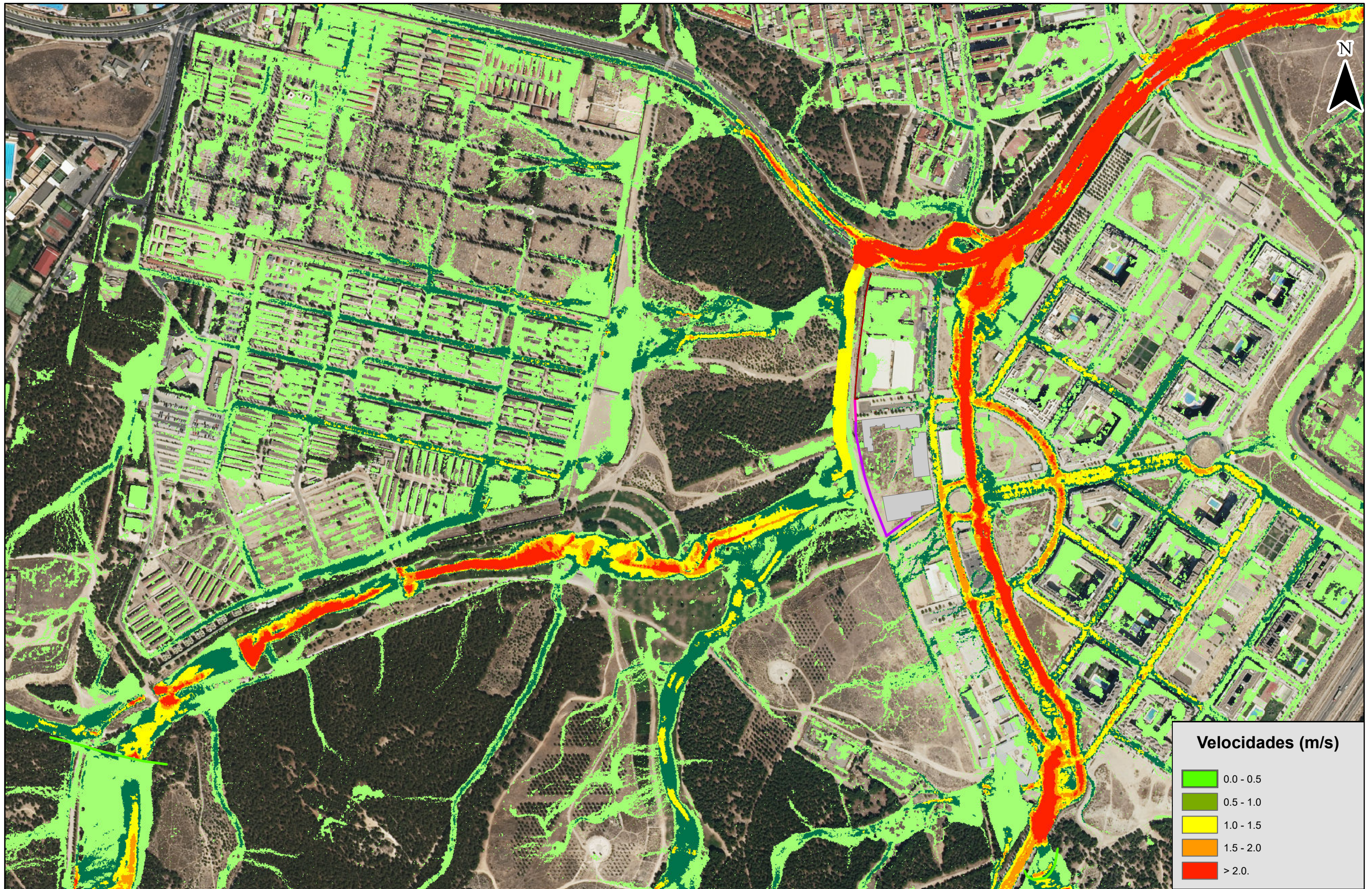
FECHA:

AGOSTO 2023





PROMOTOR:  <b>Zaragoza</b> AYUNTAMIENTO	PROYECTO: ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)	AUTOR DEL DOCUMENTO:  <small>Fdo. J. Eduardo Lastrada Marzá Dr. I.C.C.P. Fdo. Guillermo Cobos Campos Dr. I.C.C.P.</small>	ESCALA: 0 75 150 Meters ORIGINAL A-3	PLANO N.º: 5.2.1.	DENOMINACIÓN: MAPA DE CALADOS MÁXIMOS T = 500 AÑOS. FASE 1 + DIQUES	FECHA: AGOSTO 2023
--	--	--	--	----------------------	--	-----------------------



PROMOTOR:



PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:

1:5,000  
0 75 150 Meters  
ORIGINAL A-3

PLANO N.º:

5.2.2.

DENOMINACIÓN:

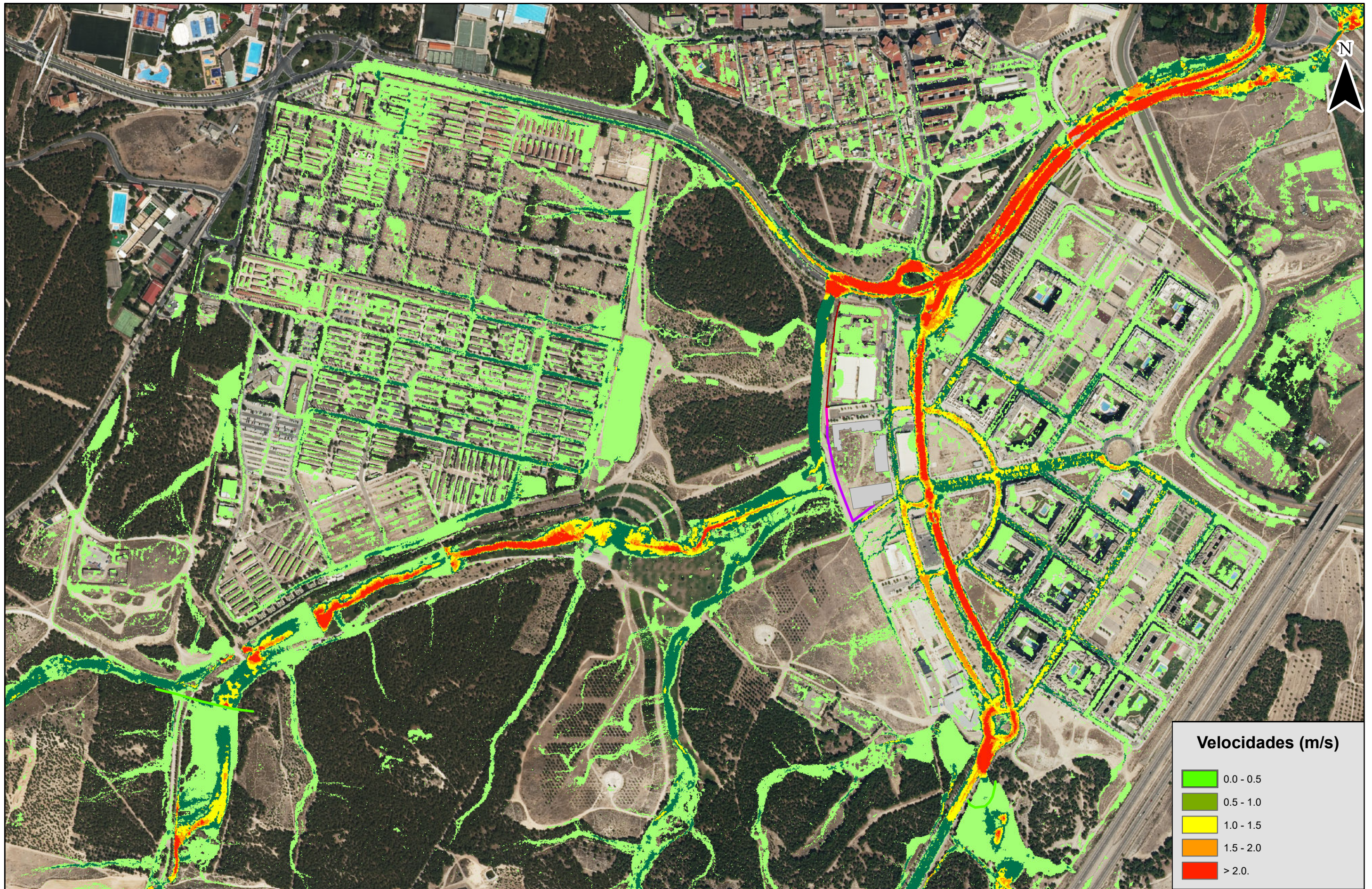
MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS  
T = 500 AÑOS  
FASE 1 + DIQUES

FECHA:

AGOSTO 2023



PROMOTOR:  <b>Zaragoza</b> AYUNTAMIENTO	PROYECTO: ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)	AUTOR DEL DOCUMENTO:  <small>Fdo. J. Eduardo Lastrada Marzá Dr. I.C.C.P. Fdo. Guillermo Cobos Campos Dr. I.C.C.P.</small>	ESCALA: 0 90 180  Meters ORIGINAL A-3	PLANO N.º: <b>6.1.1.</b>	DENOMINACIÓN: <b>MAPA DE CALADOS MÁXIMOS          EVENTO 6 DE JULIO 2023          FASE 2. ANTERIOR. +          DIQUE ARRÁEZ + CEMENTERIO.</b>	FECHA: AGOSTO 2023
--	--	--	--	-----------------------------	--	-----------------------



PROMOTOR:



PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:

1:6,000  
0 90 180 Meters  
ORIGINAL A-3

PLANO N.º:

6.1.2.

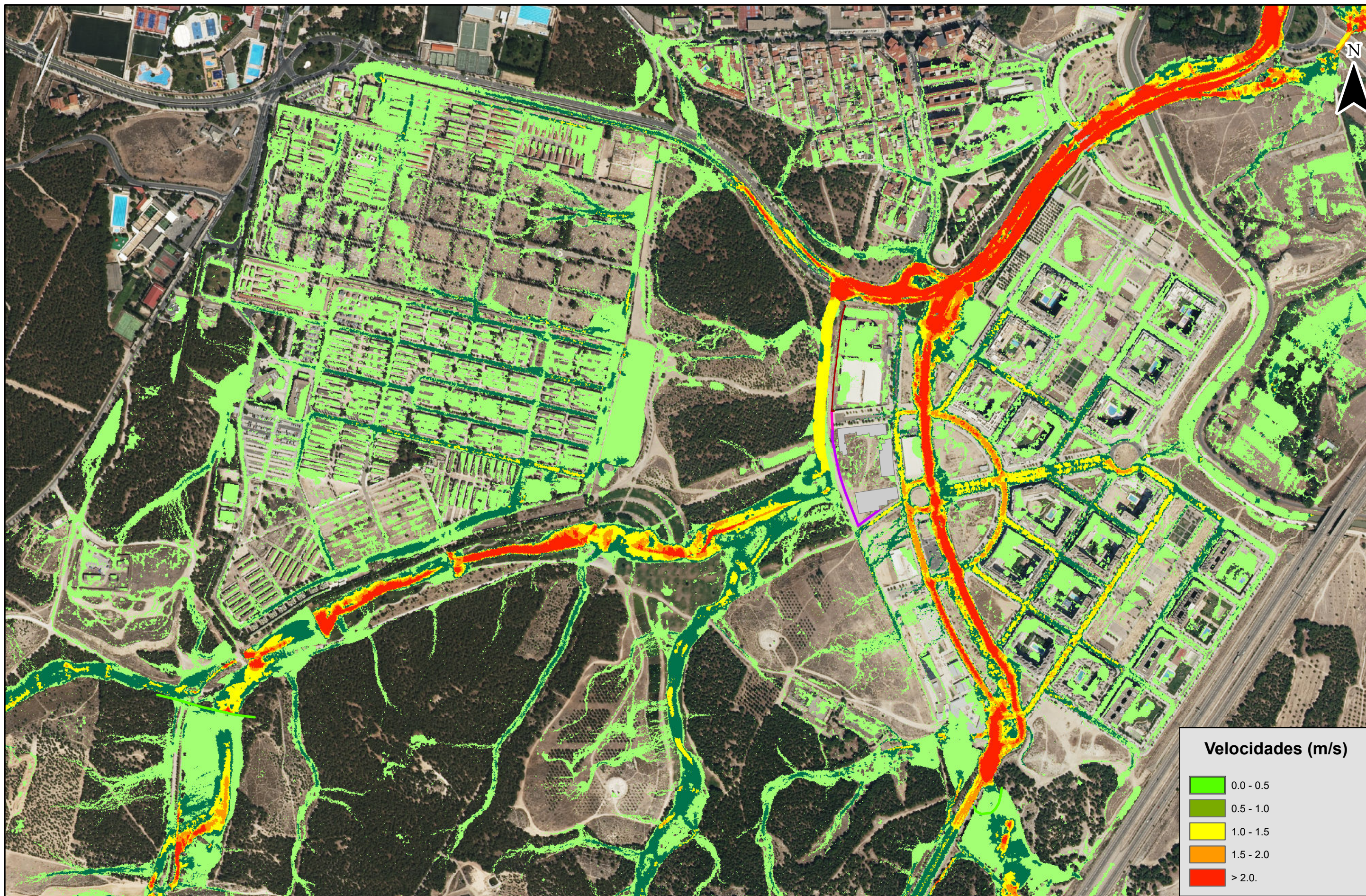
DENOMINACIÓN:

MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS  
EVENTO 6 DE JULIO 2023  
FASE 2. ANTERIOR. +  
DIQUE ARRÁEZ + CEMENTERIO..

FECHA:

AGOSTO 2023





PROMOTOR:



PROYECTO:

ESTUDIO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DEL BARRANCO DE LA MUERTE  
EN EL T.M. DE ZARAGOZA (ZARAGOZA)

AUTOR DEL DOCUMENTO:



ESCALA:

1:6,000  
0 90 180 Meters  
ORIGINAL A-3

PLANO N.º:

6.2.2.

DENOMINACIÓN:

MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS  
T = 500 AÑOS  
FASE 2. ANTERIOR. +  
DIQUE ARRÁEZ + CEMENTERIO..

FECHA:

AGOSTO 2023