



**ESTUDIO DE AVENIDAS Y MAPAS DE
PELIGROSIDAD E INUNDABILIDAD.
AFECCIONES A
INFRAESTRUCTURAS EN EL RÍO
AZUER**

*Study of Avenues and Hazard and
Flood Maps. Effects on infrastructures
in the Azuer River*

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN HIDROLOGÍA
Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

Presentado por:

D. JOSE ANGEL PANTOJA NAVARRO

Dirigido por:

Dr. FRANCISCO CARREÑO

Alcalá de Henares, a 12 de septiembre de 2022

AGRADECIMIENTOS.

A mi Padre. Agradecerle que me supo transmitir la importancia del trabajo y del esfuerzo en la vida cotidiana. Me hubiera gustado compartir algunas enseñanzas de este Master con él, como buen padre, buen fontanero que fue, y por estar siempre interesado en aprender.

También, a mi tutor por su paciencia y por las facilidades que me dio para terminar este Trabajo.

TABLA DE CONTENIDO.

1.RESUMEN	1
2.INTRODUCCION.....	2
3.JUSTIFICACION Y NORMATIVA.....	4
4.SITUACION ACTUAL DEL RIO AZUER.....	7
4.1. Alcance del estudio del PGRI por parte de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.....	7
5.ESTUDIO ZONA DE INUNDACION RIO AZUER. ARPSI CLM_007 Y CLM_008.....	16
5.1.Descripción obras de fábrica.....	17
5.2.Estudio Hidrológico.....	18
5.3.Estudio Hidráulico.....	24
5.4.Descripción infraestructuras afectadas.....	26
5.5.Propuesta de mejora de drenaje.....	30
5.6.Análisis del coste de las afecciones descritas por la CHG.....	32
6.RESULTADOS DEL TRABAJO.....	34
7.CONCLUSIONES.....	40
8.BIBLIOGRAFIA.....	42

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Revisión y Actualización del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación 2º ciclo. Población en riesgo por ARPSI T=100. www.chguadiana.es.

Figura 2. Plano de Planta de las Obras de Paso que aparecen en el Estudio de Avenidas de la CHG, de la zona de estudio ARPSI CLM_008.

Figura 3. Plano de Planta de las Obras de Paso que aparecen en el Estudio de Avenidas de la CHG, de la zona de estudio ARPSI CLM_008.

Figura 4. Análisis de peligrosidad y vulnerabilidad en función del tipo de vía. www.chguadiana.es. Revisión y Actualización del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación 2º ciclo.

Figura 5. Esquema del modelo cuenca del río Azuer hasta el punto de cierre en Manzanares. **Programa HEC-HMS.**

Figura 6. Datos de curva elevación-almacenamiento del embalse de Vallehermoso.

Figura 7. Mapa de la propuesta del canal de derivación, en rojo. Perfil longitudinal de este canal.

Figura 8. Sección del canal de derivación del río Azuer cuando existan problemas de avenidas entre Manzanares y Membrilla. Realizado con aplicación **Google Earth.**

Figura 9. Presupuesto del canal de derivación propuesto como solución en el río Azuer.

Figura 10. Lámina de inundación asociada a un periodo de retorno T=10 años.

Figura 11. Lámina de inundación asociada a un periodo de retorno T=100 años.

Figura 12. Lámina de inundación asociada a un periodo de retorno T=500 años.

Figura 13. Gráfico que muestra la curva de gasto del embalse de Vallehermoso para T500. Programa HEC-HMS.

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Caudales del río Azuer calculados por CHG en el punto de cierre de la cuenca. *wwwchguadiana.es*

Tabla 2. Inventario ODT de la zona estudiada ARPSI CLM_8. Conclusiones del PGRI para esta zona.

Tabla 3. Caudales calculados por CEDEX con el programa CAUMAX.

Tabla 4. Datos coeficiente de cada subcuenca del río Azuer siguiendo el método descrito en el documento “Máximas lluvias diarias de la España Peninsular”.

Tabla 5. Datos de lluvia de cada subcuenca del río Azuer hasta Manzanares. Calculados según el método descrito en el documento “Máximas lluvias diarias de la España Peninsular”.

Tabla 6. Caracterización de los tramos de río y subcuencas utilizados en el programa HEC-HMS.

Tabla 7. Tabla resumen estaciones meteorológicas de Villanueva de los Infantes y Valdepeñas. Episodio real de lluvia.

Tabla 8. Resultado del cálculo de los caudales de referencia extraído del programa HEC-HMS.

Tabla 9. Infraestructuras que afectan al drenaje de la zona de Manzanares y Membrilla. Capacidad hidráulica de cada una de ellas.

Tabla 10. Infraestructuras que aparecen en el PGRI y que deben modificarse según la CHG.

Tabla 11. Caudales de cálculo para el dimensionamiento del canal de derivación.

INDICE DE ABREVIATURAS.

A-4. Nomenclatura Autovía Madrid Andalucía.

ARPSI. Área Riesgo Potencial Significativo de Inundación.

C. Celeridad de la onda de propagación de la avenida. Propagación hidrológica-hidráulica en ríos. Método Muskingum.

CEDEX. Centro de estudios experimentales

CHG. Confederación Hidrográfica del Guadiana.

CM 9313. Nomenclatura Carretera autonómica Castilla La Mancha.

CR 6032. Nomenclatura Carretera comarcal provincia Ciudad Real.

DPH. Dominio Público Hidráulico.

EDAR. Estación Depuradora de Aguas Residuales.

EPRI. Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación.

Excmo. Ayto. Excelentísimo Ayuntamiento

FFCC. Línea de ferrocarril

INE. Instituto Nacional de Estadística.

J. Pendiente longitudinal

K. Tiempo de concentración. Propagación hidrológica-hidráulica en ríos. Método Muskingum.

L. Longitud del río.

MITMA. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

n. Número de Manning. Coeficiente que mide la rugosidad.

NC. Número de curva. Propagación hidrológica-hidráulica en ríos. Método Muskingum.

N-IV. Nomenclatura Carretera nacional Madrid Andalucía.

ODT. Obras de Drenaje Transversal.

P₀. Coeficiente de escorrentía.

PGRI. Plan de Gestión del Riesgo de Inundación.

Qt. Caudal asociado a un periodo de retorno.

SAIH. Sistema Automático de Información Hidrológica.

T_{lag}. Tiempo de desfase de la avenida.

T. Periodo de retorno.

X. Coeficiente de la curva de propagación. Propagación hidrológica-hidráulica en ríos. Método Muskingum.

1. RESUMEN

La Confederación Hidrográfica del Guadiana ha elaborado estudios de avenidas que se plasman en un plan de gestión del riesgo de inundación. Valora los posibles daños causados y las mejoras que se deben realizar para paliar los daños de estas avenidas.

Este trabajo se enmarca en la zona del río Azuer a su paso por Membrilla y Manzanares, describe las obras de fábrica que afectan al mal funcionamiento del drenaje de la zona, y de los organismos implicados en ellas. Se hace una simulación de la lámina de inundación con un ajuste de los datos reales de lluvia, y se calculan los caudales que llegan a los puntos de cierre de cada cuenca estimada.

La propuesta de mejora consistiría en un canal de derivación de unos 7 km, desde el cruce con la CR 6032 en Membrilla, hasta después de su paso por la EDAR de Manzanares, sería la creación de un parque fluvial.

Además, se describe el coste económico de las afecciones que enumera la CHG, y el presupuesto que asigna a la posible reparación. Como se aprecia, el coste de la solución propuesta es de 13,8 millones €, mientras que el coste económico en daños previsto es de 392 millones €.

Con los resultados de este trabajo se mejora la gestión de los recursos hidráulicos en episodios extraordinarios de avenida, y se desea disminuir los posibles daños económicos de la zona, e involucrar con mayor determinación a las distintas administraciones que influyen en esta correcta gestión.

2. INTRODUCCION.

Las inundaciones de una zona o comarca han causado a lo largo de la historia cambios significativos en la humanidad. Las catástrofes, que las inundaciones fluviales han generado en los pueblos y ciudades, han influido en el desarrollo de las civilizaciones, su asentamiento y su evolución. Este problema no ha sido superado, y está en continua evolución debido a los cambios humanos, ambientales, políticos, y de gestión del medio que se producen en la historia de la humanidad.

Por todo ello, se ha tratado de legislar para paliar los efectos de las inundaciones a lo largo del tiempo. Esta problemática se ha tenido en cuenta en los Planes Hidrológicos elaborados por cada cuenca hidrográfica. Según se define en el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (BOE 2001 s. f., art. 11). En el artículo 11 de esta ley se dice que “Los Organismos de cuenca darán traslado a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo de los datos y estudios disponibles sobre avenidas, al objeto de que se tengan en cuenta en la planificación del suelo y, en particular, en las autorizaciones de usos que se acuerden en las zonas inundables.” En el ámbito europeo, se establece un marco comunitario, la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, (2007/60/CE, s. f.), relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación transpuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 903/2010 de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación (BOE-A-2010-11184, s. f.).

La Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG), como parte integradora de una de las 25 Demarcaciones Hidrográficas Españolas, ha desarrollado el Plan Hidrológico para el segundo ciclo de planificación 2022-2027. Y corresponde a este organismo la revisión y actualización del plan de gestión del riesgo de inundación. La CHG ha elaborado unos estudios de avenidas, que consisten en la evaluación del riesgo de inundación, identificación de las áreas de riesgo potencial de inundación, elaboración de unos mapas de peligrosidad, y como conclusión un plan de gestión del riesgo de inundación. Además, la CHG ha calculado la lámina de inundación asociada a varios periodos de retorno que se produce en determinadas zonas, valora los posibles daños causados y las mejoras que se deben realizar para paliar los daños de estas avenidas. El nivel de detalle de estos estudios es muy

amplio ya que engloba ámbitos transversales, desde la descripción de las autoridades competentes, hasta el cálculo de las repercusiones del cambio climático, y la elaboración de unos indicadores para hacer un seguimiento al plan del riesgo de inundación, etc.

A día de hoy, estos estudios no se han realizado en todos los ríos y arroyos de las cuencas españolas. Además, aunque aquellos estudios son muy laboriosos y con muchos datos evaluados, el grado de aquel estudio tiene un alcance muy amplio, y cuando se trata de aplicar medidas muy concretas faltaría una mejor definición de la problemática de la inundación, y de las medidas a adoptar.

La CHG ha elaborado unos gráficos comparando la peligrosidad con el riesgo de inundabilidad, mediante unos indicadores cuantitativos. Resalta el importante valor económico a proteger en esta zona elegida para este Trabajo. Como se puede ver en la figura 1 de esta publicación de la CHG (www.chguadiana.es) (*PGRI 2 Ciclo Mapas afecciones ARPSI.pdf*, s. f.).

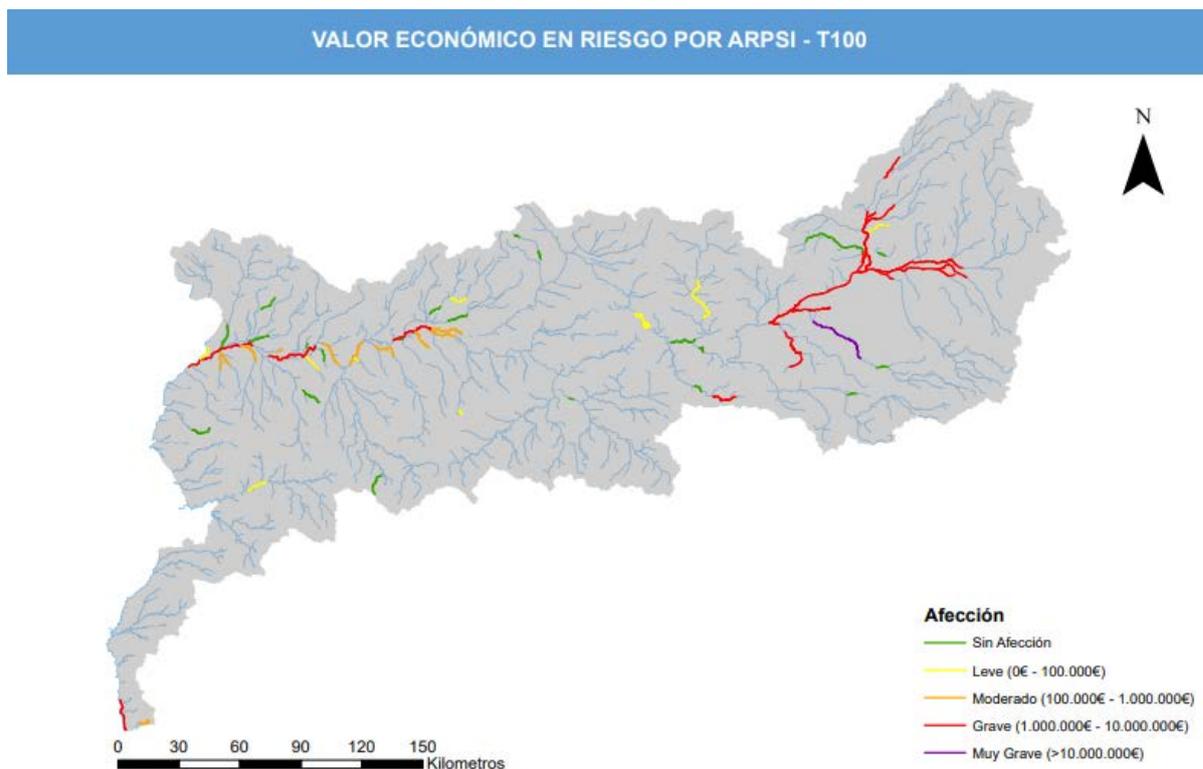


Figura 1. Revisión y Actualización del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación 2º ciclo.

Población en riesgo por ARPSI T=100. www.chguadiana.es

Además, existen numerosas inundaciones documentadas desde el siglo XIX, en las poblaciones de Membrilla, Manzanares y Daimiel. En el Blog de Enrique

Jimenez Villalta (Jimenez Villalta, 2013), se documentan estas inundaciones. Y cabe destacar que en los últimos 15 años hubo 2 inundaciones, en Enero-Febrero de 2010, y entre Diciembre 2013 y primavera 2014, que afectaron a estos municipios. Estos datos están enumerados en un trabajo de TFG Fernández-Calviño 2002 (Fernández-Calviño Villa, 2020).

En este Trabajo vamos a realizar un estudio de la afección de la avenida del río Azuer, asociado a tres periodos de retorno, a su paso por Membrilla y Manzanares. Estudiaremos los mapas de inundación y peligrosidad elaborados por la Confederación Hidrográfica del Guadiana CHG, y las medidas a adoptar como mejora del drenaje de esta zona, haciendo una valoración económica de esta posible solución.

3. JUSTIFICACION Y NORMATIVA

La directiva del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea establece reducir las consecuencias de las inundaciones sobre la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica. Se obliga a los estados miembros a la elaboración de las siguientes tareas con unos plazos determinados.

- Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), antes del 22 de diciembre de 2011.
- Elaboración de mapas de peligrosidad por inundación y mapas de riesgo de inundación, antes del 22 de diciembre de 2013.
- Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI), antes del 22 de diciembre de 2015. Actualmente en revisión.

Para seguir con estas directrices europeas, cada organismo de cuenca ha elaborado el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación. Este plan es un proyecto de actuación dotado de asignación económica, no está definido en todos y cada uno de los arroyos y ríos que forman la cuenca. La escala del estudio es relativamente amplia para tener una visión global del problema.

La Confederación Hidrográfica del Guadiana ha hecho público un informe llamado "Revisión y actualización de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación 2º ciclo". Este informe sigue los pasos de la Directiva 2007/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (transpuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real

Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación). Básicamente, el cumplimiento de esta normativa conlleva la realización de las siguientes tareas, periódicamente:

a) Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI):

Consiste en la identificación de las zonas para las cuales existe un riesgo potencial de inundación significativa. Posteriormente se establecen unos baremos de riesgo por peligrosidad y exposición, que permiten valorar los daños identificados, y se determinan los umbrales que definen el concepto de “significativo”, al objeto de seleccionar las áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPRI 2º ciclo, 2020).

La EPRI se somete a un proceso de consulta pública durante tres meses, previamente a su aprobación. El documento completo vigente de la EPRI se puede consultar en la página web www.chguadiana.es (EPRI 2º ciclo, 2019).

b) Mapas de peligrosidad por inundación y mapas de riesgo de inundación:

Para las ARPSI definidas en la fase anterior es necesario elaborar, tanto mapas de peligrosidad, que delimiten las zonas inundables y estimen los calados alcanzados por las aguas, como mapas de riesgo, que indiquen los daños potenciales que una inundación puede ocasionar a la población, a las actividades económicas y al medio ambiente. Todo ello para los escenarios de probabilidad que establece el Real Decreto 903/2010: probabilidad alta, cuando proceda; probabilidad media (período de retorno mayor o igual a 100 años), y para baja probabilidad o escenario de eventos extremos (período de retorno igual a 500 años). Los mapas de peligrosidad se someten a un periodo de consulta pública por un periodo mínimo de tres meses y se informan por el Comité de Autoridades Competentes de la Demarcación Hidrográfica.

c) Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI):

El ámbito territorial de los PGRI será el de las demarcaciones hidrográficas y, dentro de cada demarcación, serán objeto de los programas de medidas, aquellas zonas identificadas como Áreas con Riesgo Significativo de Inundación (ARPSI) en la Evaluación Preliminar de los Riesgos de Inundación (EPRI). Tienen como objetivo lograr una actuación coordinada de todas las administraciones públicas y

la sociedad para disminuir los riesgos de inundación y reducir las consecuencias negativas de las inundaciones. En el marco de los trabajos de implantación y seguimiento del PGRI del primer ciclo (2016-2021) de la implantación de la Directiva de Inundaciones 2007/60/CE, se ha realizado un inventario de obras de drenaje, con el objeto de identificar aquellas más problemáticas desde el punto de vista de la insuficiencia del drenaje, a partir de las modelizaciones hidráulicas desarrolladas para la ejecución de la cartografía de peligrosidad. Estas modelizaciones hidráulicas analizan, para los periodos de retorno establecidos en la normativa, el comportamiento (bidimensional) de los flujos desbordados, obteniéndose la extensión de la inundación y la cota alcanzada por la lámina de agua. La identificación de estas obras de drenaje transversal prioritarias se elabora con el objeto de la adaptación de las mismas por parte de sus titulares, para la disminución del riesgo de inundación en la ARPSI.

Por parte de la CHG, se han estudiado 52 zonas ARPSI, este trabajo se centrará en la denominada ES040_CLM_008 Azuer II (*PGRI 2 Ciclo ARPSI.CLM008.pdf*, s. f.), e indirectamente la ES040_CLM_007 (*PGRI 2 Ciclo ARPSI.CLM007.pdf*, s. f.). En cada uno de los tramos de estudio ARPSI se ha realizado un estudio hidrológico e hidráulico, llegando a estimar las posibles afecciones. Se describen los trabajos realizados y su metodología. Se calculan los caudales que van a llegar a los puntos de cierre de cada cuenca estimada, para luego hacer una simulación de la capacidad hidráulica de la zona y de las obras de paso de las infraestructuras lineales. Calculando la altura de la lámina de agua en los puntos de interés. Con esta lámina de agua se estima los daños causados por la avenida.

Hasta este punto llega el estudio de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, donde define las obras de paso que causan un mal o insuficiente drenaje de la cuenca del río Azuer, definiendo unos caudales para redimensionar las nuevas Obras de drenaje a modificar.

Nuestro objetivo es hacer un estudio de la lámina de inundación asociado a tres periodos de retorno distintos. Realizar un ajuste con datos de lluvia reales y con datos de inundaciones cercanas en el tiempo, y definir con la mayor precisión posible los caudales de cálculo. Para después, poder establecer de manera clara los futuros problemas, y llegar a conclusiones de mejora del drenaje de la zona, con

el objetivo de implicar a todas las administraciones afectadas y disminuir los efectos de una posible inundación.

Se expondrá una posible solución de este riesgo de inundación del río Azuer a su paso por Membrilla, y Manzanares. Como se muestra en este trabajo, paliar los efectos de inundación en este punto, disminuye los efectos aguas abajo de esta zona en Daimiel. Esta solución será valorada y se justificará su posible financiación.

4. SITUACION ACTUAL DEL RIO AZUER.

El río Azuer es un río afluente del Guadiana. Nace en la zona del campo de Montiel provincia de Ciudad Real, tiene como principales arroyos el Alhambra, Masegosa, Cañamares y Tortillo. En su tramo medio tiene un embalse que sirve para el abastecimiento y regadío de la zona, el embalse de Vallehermoso. Luego pasa por las localidades de Membrilla, Manzanares y Daimiel, donde desemboca en las Tablas de Daimiel, los llamados Ojos del Guadiana por la margen izquierda. En el mapa de la figura 2 y 3, se muestra la situación de los puntos estudiados por parte de la CHG.

El caudal del río es muy variable, con épocas sin caudal de agua. Tiene una baja pendiente y un cauce muy amplio con una gran llanura de inundación. Esto hace que en épocas de sequía sin caudal se haya ocupado parte de su cauce o modificado por los propietarios de fincas colindantes.

En el PGRI se contempla el Estado de calidad del agua como peor que bueno, y se marca el objetivo del Plan Hidrológico 2022-2027 alcanzar el Buen Estado.

4.1. Alcance del estudio del PGRI por parte de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

Se han estudiado 52 zonas ARPSI, este trabajo se centrará en la denominada ES040_CLM_008 Azuer II. La CHG ha realizado un estudio hidrológico e hidráulico, llegando a estimar las posibles afecciones de las inundaciones en esta zona. En este estudio, se calculan los caudales que van a llegar a los puntos de cierre de cada cuenca estimada, para luego hacer una simulación de la capacidad hidráulica de la zona y de las obras de paso de las infraestructuras lineales. Calculando la altura de la lámina de agua en los puntos de interés. Con esta lámina de agua se estima los daños causados por la avenida.

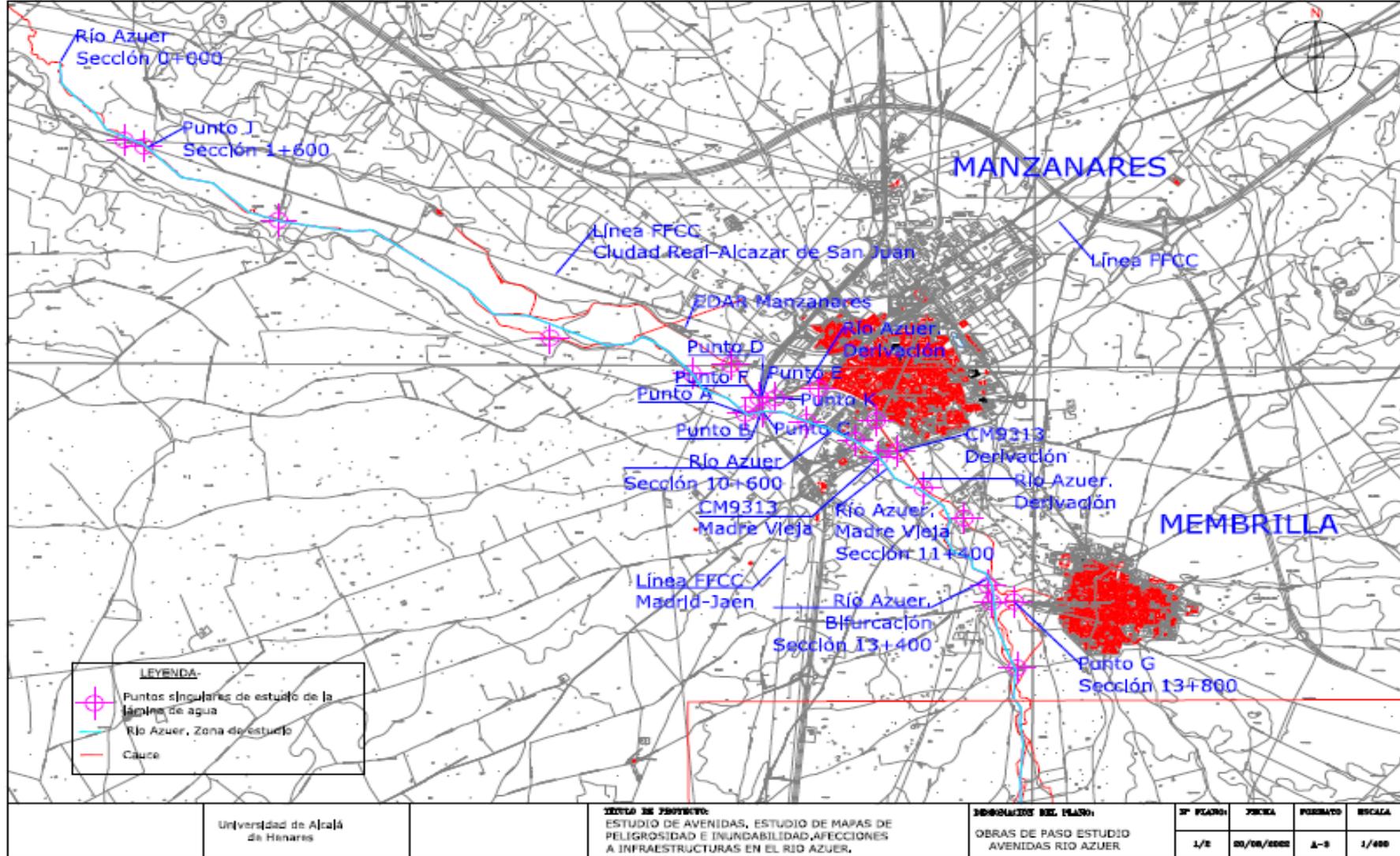


Figura 2. Plano de Planta de las Obras de Paso que aparecen en el Estudio de Avenidas de la CHG. Zona de estudio ARPSI CLM_008(PGRI 2º ciclo Anejo 2, 2022)

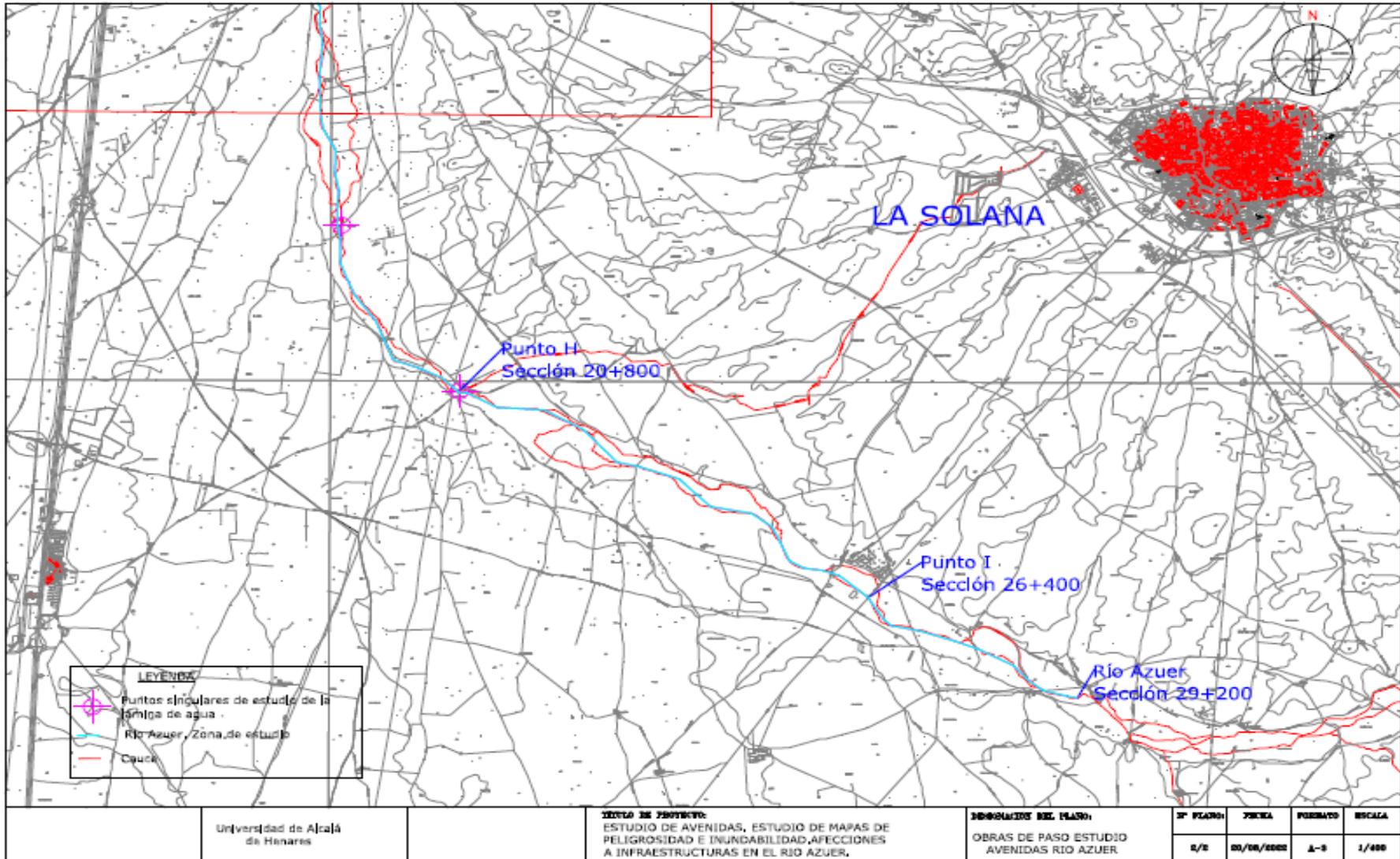


Figura 3. Plano de Planta de las Obras de Paso que aparecen en el Estudio de Avenidas de la CHG. Zona de estudio ARPSI CLM_008(PGRI 2º ciclo Anejo 2, 2022)

Para el estudio de los caudales el punto de cierre de la cuenca del Azuer es el cruce con la carretera CM9313, en Manzanares.

Los caudales del río Azuer calculados por la CHG en esta Revisión para las zonas de estudio son los siguientes, tabla 1:

Tabla 1. Caudales del río Azuer calculados por CHG en el punto de cierre de la cuenca.

www.chguadiana.es

ARPSI	Área km ²	Q MCO	Q T 10	Q T 100	Q T 500	Regulado
CLM_008	1400	53	75	316	598	SI

A continuación, se analiza el comportamiento del agua a su paso por las obras de drenaje transversal según el siguiente método. Identificación de las obras de drenaje definiendo su geometría y estado con respecto a su entorno. Análisis de la peligrosidad a partir de modelos hidráulicos según los distintos periodos de retorno. Análisis de la vulnerabilidad para estimar el riesgo asociado a la obra de drenaje, dependiendo de la categoría de la vía en la que se sitúa la obra de drenaje. Y con esta combinación se han confeccionado 4 niveles de riesgo según la figura 4 del estudio.

FRECUENCIA/PELIGROSIDAD				CAMINOS AGRÍCOLAS	CTRA PROVINCIAL	CTRAS AUTONÓMICAS, NACIONALES IMD < 10,000 VL/D	VIALES URBANOS CTRAS Y AUTOVÍAS AUTONÓMICAS, NACIONALES IMD > 10,000 VL/D FFCC
				A	B	C	D
PR 10 AÑOS	FRECUENTE	DESBORDA	11	11A	11B	11C	11D
		EN CARGA	12	12A	12B	12C	12D
PR 100 AÑOS	OCASIONAL	DESBORDA	21	21A	21B	21C	21D
		EN CARGA	22	22A	22B	22C	22D
PR 500 AÑOS	EXCEPCIONAL	DESBORDA	31	31A	31B	31C	31D
		EN CARGA	32	32A	32B	32C	32D

NIVELES DE RIESGO

BAJO
MEDIO
ALTO
MUY ALTO



Mapa de riesgo

Figura 4. Análisis de peligrosidad y vulnerabilidad en función del tipo de vía. www.chguadiana.es. Revisión y Actualización del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación 2º ciclo. (PGRI 2021)

Se han analizado también dos componentes, el riesgo aguas arriba de la obra lineal, para identificar el posible “efecto presa” que ésta pudiera ejercer sobre

elementos aguas arriba. Y lo que podríamos denominar “riesgo inverso”, y que se corresponde con el hecho de que la obra lineal puede ejercer de protección a los elementos aguas abajo de ésta.

Con esta combinación de peligrosidad, vulnerabilidad y afección aguas arriba y aguas debajo de la obra de paso, se definen así 3 categorías de actuación “críticas”, “urgentes”, “moderadas” y “leve”. Después, se ha identificado las obras que se necesita actuar con un orden de prioridad de actuación. A continuación, en la tabla 2, se muestra el listado de obras de fábrica que afectan a esta ARPSI.

La conclusión de esta ARPSI se detalla en la memoria el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la parte española de la demarcación hidrográfica del Guadiana. Segundo ciclo (2022-2027). www.chguadiana.es. (PGRI 2º ciclo. Anejo 1, 2022).

El ARPSI ES040_CLM_008, que afecta a los municipios de Membrilla, Manzanares, y Daimiel, acumula el 18% del valor económico en riesgo de la cuenca del Guadiana. Sin embargo, el valor en riesgo por unidad de superficie inundada es mayor en otras ARPSI. Tiene un riesgo alto de 3.6, y con una peligrosidad media-baja de 1.9. Según se ve en el anejo 1 de Caracterización de las ARPSI CLM_7 y ARPSI CLM_008, y en los mapas de peligrosidad y afección de este anejo de la CHG. (PGRI 2º ciclo Anejo 2, 2022). Como se ve en estos mapas, el riesgo de afección a la población para un T10 supera las 2000 personas, y para un T100 supera las 4000. El riesgo por pérdida de valor económico para un T0 supera el millón de €, y para un T100 es la única ARPSI que supera los 10 millones €.

Este estudio PGRI 2º ciclo en su anejo 2 Descripción del programa de medidas, muestra el listado de las Obras de drenaje que se necesitan modificar para mejorar el drenaje de la zona. Se muestra a continuación el listado de estas obras de fábrica. A su paso por la localidad de Manzanares, existen 3 cruces de infraestructuras que dificultan el buen drenaje de la zona, la carretera CM9313, las líneas de ferrocarril Ciudad Real-Alcázar de San Juan y Madrid-Jaén, y la Autovía A-4. Esta es la conclusión a la que llega el PGRI por parte de la CHG.

Tabla 2. Inventario ODT de la zona estudiada ARPSI CLM_8. Conclusiones del PGRI para esta zona.(ARPSI 2º ciclo, 2022)

ARPSI	NOMB_RÍO	X	Y	Municipio	Provincia	TIPO	MATRÍCULA	TITULAR	RiesgoVIA	RiesgoAR	RiesgoINV	ANÁLISIS	RIESGO	Priorización
CLM_008	AZUER II	459057.463	4319772.35	Manzanares	Ciudad Real	FF.CC	-	ESTADO	ALTO	-	NO	SI	MEDIO	
CLM_008	AZUER II	459280.205	4319692.07	Manzanares	Ciudad Real	FF.CC	-	ESTADO	ALTO	-	NO	SI	MEDIO	
CLM_008	AZUER II	460799.747	4318736.82	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	462130.798	4318427.93	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	463868.345	4317213.93	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	MUY ALTO	Inverso_10	SI	ALTO	URGENTE
CLM_008	AZUER II	465459.468	4316753.42	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	MEDIO	-	NO	NO	MEDIO	
CLM_008	AZUER II. Punto A	466069.683	4316232.36	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO A DAIMIEL	-	-	BAJO	MUY ALTO	Inverso_10	SI	ALTO	URGENTE
CLM_008	AZUER II. Punto B	466254.433	4316253.55	Manzanares	Ciudad Real	CARRETERA	A-4	ESTADO	MUY ALTO	MUY ALTO	Inverso_10	SI	MUY ALTO	URGENTE
CLM_008	AZUER II. Punto C	466269.936	4316257.02	Manzanares	Ciudad Real	CARRETERA	A-4	ESTADO	MUY ALTO	-	NO	SI	MUY ALTO	CRÍTICA
CLM_008	AZUER II	466760.634	4316123.92	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	MUY ALTO	Inverso_10	SI	ALTO	URGENTE
CLM_008	AZUER II	466812.103	4316104.45	Manzanares	Ciudad Real	FF.CC	-	ESTADO	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	467315.339	4315866.85	Manzanares	Ciudad Real	CALLE	AVENIDA DE ANDALUCÍA	MUNICIPAL	MUY ALTO	-	NO	SI	MUY ALTO	CRÍTICA

ARPSI	NOMB_RÍO	X	Y	Municipio	Provincia	TIPO	MATRÍCULA	TITULAR	RiesgoVIA	RiesgoAR	RiesgoINV	ANÁLISIS	RIESGO	Priorización
CLM_008	AZUER II	467312.297	4315888.18	Manzanares	Ciudad Real	CALLE	AVENIDA DE ANDALUCÍA	MUNICIPAL	MUY ALTO	-	NO	SI	MUY ALTO	CRÍTICA
CLM_008	AZUER II	467321.321	4315899.44	Manzanares	Ciudad Real	CALLE	AVENIDA DE ANDALUCÍA	MUNICIPAL	MUY ALTO	-	NO	SI	MUY ALTO	CRÍTICA
CLM_008	AZUER II	467577.612	4315662.03	Manzanares	Ciudad Real	CALLE	AVENIDA DE CASTILLA LA MANCHA	MUNICIPAL	MUY ALTO	-	NO	SI	MUY ALTO	CRÍTICA
CLM_008	AZUER II	468061.322	4315256.59	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	MEDIO	-	NO	NO	MEDIO	
CLM_008	AZUER II	468087.365	4315267.84	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	MUY ALTO	Inverso_10	SI	ALTO	URGENTE
CLM_008	AZUER II	469100.844	4313808.78	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	469103.549	4313803.18	Membrilla	Ciudad Real	CARRETERA	RP-6032	PROVINCIAL	ALTO	MUY ALTO	Inverso_10	SI	MODERADO	MODERADO
CLM_008	AZUER II	469159.647	4312939.7	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	469139.316	4312944.32	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	469118.541	4312967.78	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	469425.117	4309605.54	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	469425.685	4309596.35	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	MEDIO	-	NO	NO	MEDIO	

ARPSI	NOMB_RÍO	X	Y	Municipio	Provincia	TIPO	MATRÍCULA	TITULAR	RiesgoVIA	RiesgoAR	RiesgoINV	ANÁLISIS	RIESGO	Priorización
CLM_008	AZUER II Punto H	470757.917	4307456.31	Membrilla	Ciudad Real	CARRETERA	RP-6031	PROVINCIAL	ALTO	-	NO	SI	MUY ALTO	CRÍTICA
CLM_008	AZUER II	469128.091	4312923.18	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	MUY ALTO	Inverso_10	SI	ALTO	URGENTE
CLM_008	AZUER II Punto G	468857.858	4313753.27	Membrilla	Ciudad Real	CARRETERA	RP-6032	PROVINCIAL	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	468852.215	4313790.81	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	465903.014	4316866.16	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	MUY ALTO	Inverso_10	SI	ALTO	URGENTE
CLM_008	AZUER II	466224.532	4316439.91	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II. Punto D	466237.699	4316439.59	Manzanares	Ciudad Real	CARRETERA	A-4	ESTADO	ALTO	-	NO	SI	MEDIO	
CLM_008	AZUER II. Punto E	466253.608	4316442.7	Manzanares	Ciudad Real	CARRETERA	A-4	ESTADO	MUY ALTO	-	NO	SI	MUY ALTO	URGENTE
CLM_008	AZUER II. Punto F	466410.421	4316434.07	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	466525.101	4316474.73	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	466892.048	4316557.15	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	467561.916	4316145.16	Manzanares	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	467549.791	4316141.62	Manzanares	Ciudad Real	CALLE	AVENIDA DE ANDALUCÍA	MUNICIPAL	MUY ALTO	-	NO	SI	ALTO	URGENTE

ARPSI	NOMB_RÍO	X	Y	Municipio	Provincia	TIPO	MATRÍCULA	TITULAR	RiesgoVIA	RiesgoAR	RiesgoINV	ANÁLISIS	RIESGO	Priorización
CLM_008	AZUER II	467789.595	4315742.18	Manzanares	Ciudad Real	CALLE	AVENIDA DE CASTILLA LA MANCHA	MUNICIPAL	MUY ALTO	-	NO	SI	MUY ALTO	CRÍTICA
CLM_008	AZUER II	468417.502	4315051.15	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	468540.824	4314880.34	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	
CLM_008	AZUER II	468810.183	4314009.12	Membrilla	Ciudad Real	CAMINO	-	-	BAJO	-	NO	NO	BAJO	

5. ESTUDIO ZONA DE INUNDACION RIO AZUER. ARPSI CLM_007 Y CLM_008.

Una vez analizadas las conclusiones del estudio de la CHG sobre estos PGRI de 2º ciclo, se estima oportuno realizar un estudio más cercano a los problemas concretos de esta zona. Se va estudiar la lámina de inundación del río Azuer a su paso por Membrilla y Manzanares, donde empieza a producir daños, llegando a influir en la inundación de Daimiel.

Según se ve en las figuras 2 y 3, se han situado todos los puntos que se muestran en la tabla 2, Inventario de ODT de la zona CLM_008. Se ha representado el eje del río con una longitud limitada de 29+190 m, desde el paraje llamado Casas de Pardo en el término municipal de Membrilla, hasta el cruce con la línea de FFCC Ciudad Real-Alcázar de San Juan. La numeración de estas secciones se hace en el sentido de aguas abajo del río hacia aguas arriba, de igual manera que en la simulación hidráulica ejecutada con el programa informático HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, s. f.-b). De tal manera que, todos los puntos descritos en el estudio de ARPSI CLM_008 tienen una referencia con las secciones parciales de nuestro eje, y corresponden por lo tanto con la porción de este Trabajo sobre el río Azuer. La zona ARPSI CLM_007 está comprendida entre el embalse de Vallehermoso y el comienzo de nuestro estudio. En el comienzo de este tramo es donde está colocado el aforo que nos sirve para la calibración de nuestro modelo hidrológico E1-02 Vallehermoso.

- Inicio (459057.463, 4319772.35) Manzanares Ciudad Real FF.CC. Sección 1+600. En este punto existen 2 pasos bajo la línea de ferrocarril un paso rectangular de 5x2.5 m, y el segundo de 3 bóvedas de 5.5 ancho.
- Fin (470757.917,4307456.31) Membrilla Ciudad Real CARRETERA RP-6031 Sección 20+800.
- El río Azuer discurre desde el embalse de Vallehermoso en La Solana, hasta Membrilla. En la sección 13+400 del estudio, se produce una bifurcación hasta después de su paso por Manzanares, y no se vuelve a unir hasta pasado la EDAR de Manzanares en la sección 8+000, de tal manera que distinguiremos el tramo que parece original llamado Madre Vieja del Azuer, y por la derecha de este discurre la derivación del Azuer.
- Para el estudio de los caudales el punto de cierre de la cuenca del Azuer es el cruce con la carretera CM9313, sección 11+400.

- En la memoria de las ARPSI, elaborada por la CHG, se recoge la metodología seguida para la elaboración de los mapas de peligrosidad por inundación y los mapas de riesgo de inundación de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. Modelos hidrológicos e hidráulicos y aparece toda la justificación de los datos (*PGRI 2º ciclo Anejo 2, 2022*).

5.1. Descripción obras de fábrica.

Describiremos todas las obras de paso primero de la Madre Vieja del Azuer y después de la derivación. La Madre Vieja del Azuer se cruza con la estructura de la carretera CM9313, de 3 pontones de fábrica de ladrillo. Sigue por cauce natural dentro del municipio y pasa bajo la línea FFCC Madrid-Jaén con un puente de 5 vanos de unos 3 m de ancho. Continúa en cauce natural hasta el cruce con la Autovía A-4 cruzando 2 puentes distintos de épocas distintas. Primero en el denominado Punto C, 174+550 MI puente de vigas construido con el proyecto de desdoblamiento de la calzada en 1985. De manera casi solapada, el río se cruza con la obra denominada Punto B, 174+550 MD 3 bóvedas de fábrica construido con la carretera N-IV antes de 1956 (se desconocen los datos de construcción). Después a unos 180 m, está el llamado Punto A, puente de vigas de hormigón del camino a Daimiel, se desconoce su titularidad, y de reciente construcción.

Ahora describimos las obras de cruce de la derivación del Azuer. Esta derivación del Azuer se cruza con la CM9313 mediante 4 bóvedas de hormigón de 3 m de ancho, discurre en cauce natural hasta la antigua fábrica de harinas, donde se hizo una obra que recorre el municipio de Manzanares encauzado con marcos de hormigón de 2.5x2 soterrados, obra ejecutada por el Excmo. Ayto. de Manzanares en 2016. Esta derivación sigue soterrada hasta que pasa bajo la línea del ferrocarril, después discurre mediante un canal con solera de hormigón, y enchado de piedra, hasta el llamado Molino viejo. Aquí tiene otra obra de paso de titularidad desconocida, con dos marcos de hormigón de 2.5x1.5, ejecutados en la obra del Excmo. Ayto. de Manzanares en 2016. A continuación, el río llega al cruce con la Autovía con tres obras de paso aledañas de distinta fecha de construcción y tipología. La primera la denominada Punto E, 174+350 MI estructura de vigas de hormigón que se hizo en el proyecto de desdoblamiento de la calzada en 1985. La segunda llamada Punto D, 174+350 MD 3 bóvedas de fábrica construida con la carretera N-IV antes de 1956 (se desconocen los datos de

construcción). Y, por último, el Punto F, 174+350 MD bajo vía de servicio de la Autovía, marco 2x2 de titularidad estatal.

5.2. Estudio Hidrológico.

Una vez revisado los datos hidrológicos expuestos con anterioridad, se ha efectuado una serie de comprobaciones para ver el alcance de las modificaciones a realizar en las obras de fábrica analizadas. Según esta Revisión y Actualización de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de 2º Ciclo, habría que actuar en la mejora del drenaje transversal de la Autovía, el ferrocarril, y la carretera CM9313, en los puntos anteriormente expuestos de la zona ARPSI 008_CLM del término municipal de Manzanares y de Membrilla, y que se muestran en la figura 3 Plano de Planta de las Obras de Paso del río Azuer en la zona CLM_008.

Los caudales de referencia para los que se calcularían las posibles nuevas obras de paso tienen que seguir la Instrucción 5.2-IC "DRENAJE SUPERFICIAL". Estos caudales de cálculo estarían relacionados con un periodo de retorno $T=100$ años. Se ha hecho una comparativa con los caudales aportados por el programa CAUMAX, (CEDEX, 2014), para comparar con los calculados en esta Revisión de los Mapas de Peligrosidad de 2º ciclo. El programa CAUMAX sirve de consulta para hallar los caudales máximos instantáneos en régimen natural asociados a distintos periodos de retorno para los cauces con una cuenca superior a 50 km². El punto de cierre de esta cuenca del río Azuer es el cruce con la carretera CM9313, coordenadas UTM (X, Y), (467789.7, 4315755.6) en el municipio de Manzanares. Se adjuntan los datos de consulta de estos caudales, y a continuación se muestra una tabla resumen de estos datos.

Tabla 3. Caudales calculados por CEDEX con el programa CAUMAX.

CUENCA	Qt 5 (m ³ /s)	Qt 10 (m ³ /s)	Qt 25 (m ³ /s)	Qt 100 (m ³ /s)	Qt 500 (m ³ /s)
Manzanares cruce CM9313	13.0	19.0	28.0	43.0	69.0

Como se observa existe una diferencia muy clara sobre los caudales de referencia para el cálculo de la avenida asociada a los periodos de retorno característicos hallados por la CHG y que se muestran en la tabla 1. Estas diferencias tan grandes justifican la elaboración de este trabajo para definir los caudales de diseño de estas obras de fábrica.

La CHG ha definido, en otras ocasiones para otros estudios de la zona, para las avenidas ordinarias el caudal asociado a un periodo de retorno $T=5.5$ años, para avenidas extraordinarias de alta probabilidad $T=10$ años, probabilidad media $T=100$ años, y probabilidad baja $T=500$ años.

Para verificar los datos de uno u otro organismo en cada uno de estos informes, se ha hecho una modelización hidrológica para el cálculo de estos caudales de referencia siguiendo el siguiente método, muy parecido al que aparece en la Revisión y Actualización de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de 2º Ciclo.

1. Determinación de las precipitaciones máximas a partir de la publicación del Ministerio de Fomento “Máximas Lluvias diarias de la España Peninsular”, (Ministerio de Fomento, 1999) Según esta publicación se calculan las lluvias máximas, tal como aparece en la tabla 4. Se subdivide en zonas la cuenca total del Azuer para ser más precisos en cuanto a la extracción de datos básicos de lluvia. El modelo hidrológico de la cuenca sería el que aparece en la figura 4.

Tabla 4. Datos coeficiente de cada subcuenca del río Azuer siguiendo el método descrito en el documento “Máximas Lluvias diarias de la España Peninsular”.

Lluvias máximas	Pd	Cv	K5	K10	K25	K100	K500
Azuer a/arriba de la presa-Arroyo Cañamares-del Tortillo	38	0.38	1.24	1.469	1.793	2.327	3.014
Arroyo Alhambra-Masegosa-Embalse	38	0.39	1.243	1.484	1.808	2.357	3.067
Azuer a/debajo de la presa	36	0.39	1.243	1.484	1.808	2.357	3.067

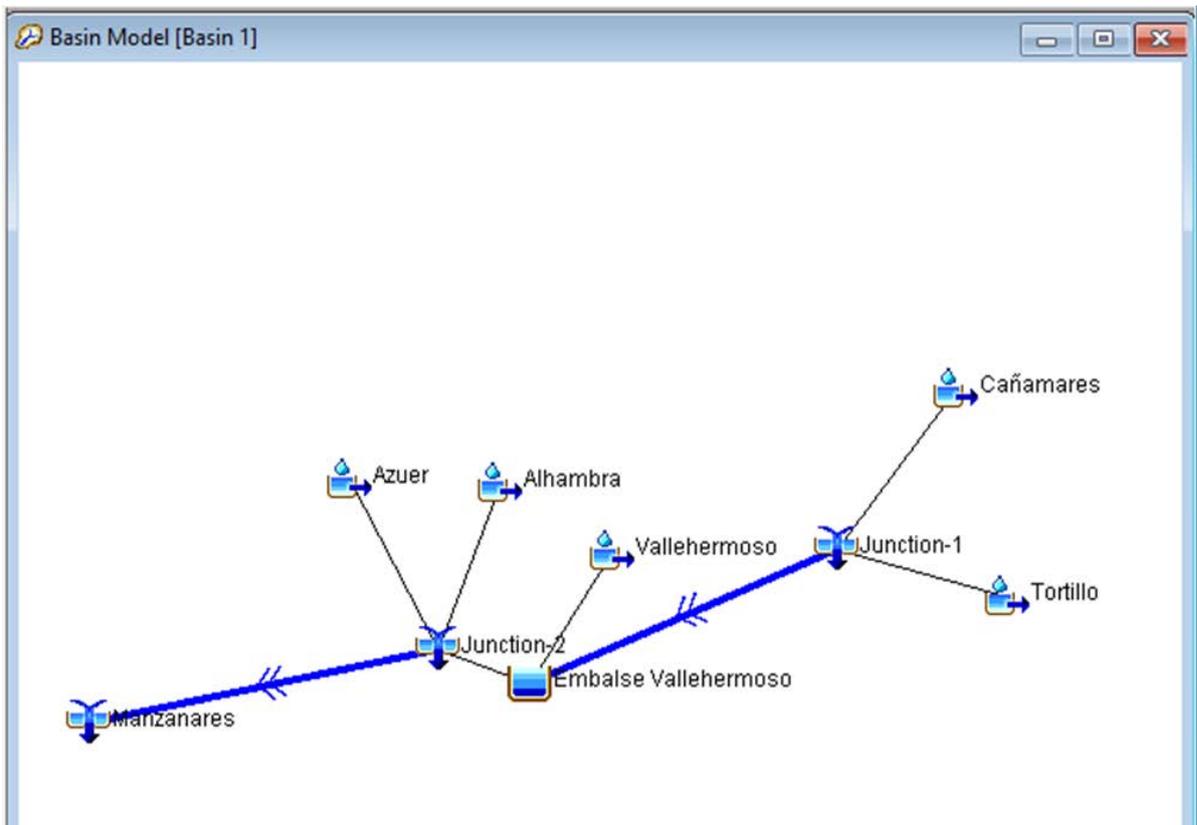


Figura 5. Esquema del modelo cuenca del río Azuer hasta el punto de cierre en Manzanares.

Programa HEC-HMS.

Con estos datos extraídos de la publicación del (Ministerio de Fomento, 1999), y siguiendo el método descrito en esta publicación, con esta subdivisión en subcuencas, embalse Vallehermoso, y tramos de río, se calcula los datos de lluvia máxima asociado a los distintos periodos de retorno, y para cada una de las subcuencas que forman el río Azuer hasta Manzanares. Se muestra a continuación, tabla 5, la hoja de cálculo resumen.

Tabla 5. Datos de lluvia de cada subcuenca del río Azuer hasta Manzanares. Calculados según el método descrito en el documento *“Máximas lluvias diarias de la España Peninsular”*.

CUENCA	AREA (km²)	L (km)	Zmax (m)	Zmin (m)	Pd 5 (mm)	Pd 10 (mm)	Pd 25 (mm)	Pd 100 (mm)	Pd 500 (mm)	J (%)
Arroyo Cañamares	235.850	54.000	1000.0	773.0	47.1	55.8	68.1	88.4	114.5	0.004
Arroyo Tortillo- Río Azuer hasta embalse	214.150	36.800	1000.0	750.0	47.1	55.8	68.1	88.4	114.5	0.007
Embalse Vallehermoso- Arroyo Masegosa	62.860	14.500	905.0	750.0	47.2	56.4	68.7	89.6	116.5	0.011
Arroyo Alhambra	156.240	20.000	900.0	730.0	47.2	56.4	68.7	89.6	116.5	0.009
Río Azuer desde presa hasta carretera N-430	260.450	27.890	730.0	657.0	44.7	53.4	65.1	84.9	110.4	0.003

2. Determinación de los datos que caracterizan cada uno de los elementos que conforman la cuenca del río Azuer. División en subcuencas figura 5, definición del embalse Vallehermoso hallando la capacidad de almacenamiento y curva de almacenamiento figura 6, tramificación del río para hacer un cálculo de la laminación de la avenida, tabla 6. Definición del eje del cauce y de la zona aledaña mediante secciones cada 200 m. Base de cartografía BTN25 escala 1:25.000.

Los datos para la caracterización de los tramos de río, el coeficiente de escorrentía P0, tiempos de concentración, celeridad de la onda, etc., se muestran a continuación en la tabla 6. Estos son los datos de cuenca empleados para la elaboración del modelo hidrológico utilizados en la aplicación HEC-HMS 4.8 (U.S. Army Corps of Engineers, s. f.-a).

Se ha estimado la capacidad del embalse con las curvas de nivel de los planos antiguos de cartografía, y haciendo un ajuste con los datos que aporta la CHG, según los cuales la capacidad de almacenamiento es de 7 Hm³. En la figura 6, aparecen los datos de las curvas Elevación-Almacenamiento-Capacidad desagüe del embalse.

Tabla 6. Caracterización de los tramos de río y subcuencas utilizados en el **programa HEC-HMS**.

CUENCA	AREA km2	L km	Tc (h)	J %	T _{lag}	NC	P0	C m/s	K	X	n° subtramos
Arroyo Cañamares	235.850	54.000	17.589	0.004	6.156	69.780	22	0.853	17.589	0.300	18
Arroyo Tortillo-Río Azuer hasta embalse	214.150	36.800	11.997	0.007	4.199	73.837	18	0.852	11.997	0.300	12
Embalse Vallehermoso-Arroyo Masegosa	62.860	14.500	5.423	0.011	1.898	76.048	16	0.743	5.423	0.300	5
Arroyo Alhambra	156.240	20.000	7.233	0.009	2.532	71.751	20	0.768	7.233	0.300	7
Río Azuer desde presa hasta carretera N-430	260.450	27.890	11.648	0.003	4.077	71.751	20	0.665	11.648	0.300	12

Reservoir Table Creator

Paired data functions for the combined table data

Storage-Discharge Function: Table 1

Elevation-Storage Function: Table 1

Elevation (M)	Storage (1000 M3)	Discharge (M3/S)
730,0	0,0	0,0
740,0	1103,0	0,1
744,0	4200,0	0,1
745,0	4900,0	0,1
746,0	5500,0	0,1
747,0	6000,0	0,1
748,0	6500,0	2,0
748,5	6750,0	4,0
749,0	7000,0	25,0
749,5	7200,0	80,0
750,0	7400,0	110,0
751,0	7550,0	163,0
752,0	7600,0	289,0

Figura 6. Datos de curva elevación-almacenamiento del embalse de Vallehermoso.

3. Modelización hidrológica mediante HEC-HMS para el cálculo de caudal asociado a los diferentes períodos de retorno $T=10$, $T=100$ y $T=500$ en el punto de cierre de la cuenca en Manzanares cruce con la carretera CM9313. El modelo meteorológico se ha realizado por pesos, mediante distribuciones temporales de las estaciones más cercanas a las subcuencas, y con los pesos de los datos de lluvia estimados según la tabla 7. Se ha utilizado los datos de pluviometría reales de un episodio de lluvias del 24 al 26 de diciembre 2013 que causaron inundaciones, para el ajuste de este modelo, extraídos de la página www.datosclima.es. Estos datos son de las estaciones meteorológicas de Valdepeñas y Villanueva de los Infantes.

Tabla 7. Tabla resumen estaciones meteorológicas de Villanueva de los Infantes y Valdepeñas. Episodio real de lluvia. www.datosclima.es

FECHA	Estación	Provincia	Precipitación 00-24h (mm)	Precipitación 00-06h (mm)	Precipitación 06-12h (mm)	Precipitación 12-18h (mm)	Precipitación 18-24h (mm)
24/12/2013	Villanueva de los Infantes	Ciudad Real	0,6	0	0	0	0,6
24/12/2013	Valdepeñas	Ciudad Real	0,4	0	0	0	0,4
25/12/2013	Villanueva de los Infantes	Ciudad Real	42	21,6	13,8	6,4	0,2
25/12/2013	Valdepeñas	Ciudad Real	39,6	26	7,4	6,2	0
26/12/2013	Villanueva de los Infantes	Ciudad Real	0	0	0	0	0
26/12/2013	Valdepeñas	Ciudad Real	0	0	0	0	0
27/12/2013	Villanueva de los Infantes	Ciudad Real	0	0	0	0	0
27/12/2013	Valdepeñas	Ciudad Real	0	0	0	0	0
28/12/2013	Villanueva de los Infantes	Ciudad Real	1,6	0	1,6	0	0
28/12/2013	Valdepeñas	Ciudad Real	0,4	0	0,4	0	0

4. Ajuste del modelo hidrológico mediante los datos reales del episodio de inundaciones en diciembre del 2013, con los datos de caudal del río extraídos de la red SAIH E1-02 Vallehermoso, aguas abajo del embalse. Para hacer un ajuste del modelo hidrológico se ha tenido en cuenta un episodio de las últimas inundaciones acaecidas en Manzanares. Se trata de un día de máximas lluvias después de una

época húmeda de la zona. Entre el 24 y 25 de diciembre de 2013 llovió más de 40 mm. Esto produjo un aumento de caudal registrado en la red de aforos SAIH de 3.2 m³/s. Con estos datos de caudal y de lluvia de las estaciones meteorológicas, se han ajustado los parámetros de los distintos elementos que forman parte de la cuenca. Y que aparecen detallados en la tabla 6.

5. Definición de los caudales de referencia para posterior comprobación hidráulica de los elementos de drenaje transversal y del cauce existente. Con el ajuste hecho en el punto anterior, se definen con mayor precisión los datos de caudal que servirán para dimensionar las ODTs de las vías que atraviesa el río Azuer. Sólo vamos a calcular para 3 periodos de retorno T10, T100 y T500, al igual que la simulación de la inundación.

Resumen de la simulación con HEC-HMS:

Tabla 8. Resultado del cálculo de los caudales de referencia extraído del **programa HEC-HMS**.

CUENCA	Qt 5 (m ³ /s)	Qt 10 (m ³ /s)	Qt 25 (m ³ /s)	Qt 100 (m ³ /s)	Qt 500 (m ³ /s)
Manzanares cruce CM9313		40.0		141.1	239.0

Los valores de esta tabla 8 son comparables con los datos de la tabla 1 y 3, apreciándose grandes diferencias. Se asume como válidos estos resultados, ya que están ajustados con los valores reales de la última inundación cuantiosa que se produjo en diciembre de 2013.

5.3. Estudio Hidráulico.

A continuación, se va a realizar un estudio hidráulico del cauce del arroyo, de las obras de paso que afectan directamente al cauce del Azuer a su paso por Manzanares y Membrilla, de las obras de paso de la Autovía, al igual que se analiza el flujo bajo el ferrocarril. Todo esto con los caudales característicos calculados en la anterior tabla 8.

Al igual que en la Revisión y Actualización de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de 2º Ciclo, para hacer este estudio se ha realizado una simulación hidráulica con los nuevos caudales calculados, para ver la afección de la lámina de inundación para los periodos de retorno T=10, 100, y 500 años.

Las características físicas de la cuenca del Azuer hacen que el cauce del río tenga una gran capacidad de laminar las avenidas, debido a la reducida pendiente longitudinal y transversal de su sección. Se ha estudiado 29.190 m de cauce, desde el paraje llamado Casas de Pardo en el término municipal de San Carlos del Valle (coordenadas UTM 477740.745,4303487.300), hasta el apartadero del Azuer en el término municipal de Manzanares (UTM 458330.458,4320774.508). Aguas arriba de la zona de estudio existe un embalse de Vallehermoso formado con una presa de materiales sueltos. Este embalse, como se verá, tiene una baja capacidad de laminación debido a su baja capacidad de 7 Hm³, según datos de la CHG. El río Azuer es un tipo de río transitorio, con grandes épocas sin caudal, y anastomosado en esta zona. Debido a esta tipología, se ha ocupado la franja del cauce y de ribera del río a lo largo de su trazado haciendo uso de estas zonas, y quedando el cauce real entre los 5 a 10 m de anchura, y de 0.5 a 1 m de profundidad. De tal manera que la capacidad hidráulica no supera los 10 m³/s. En algunas zonas del río se ha desviado el cauce ordinario por la parte alta de esta sección tan desigual, como se produce antes de su paso por Membrilla. Y discurre de la misma manera hasta llegar a Daimiel. Entre las poblaciones de Membrilla y Manzanares existen construcciones en zona de Dominio Público Hidráulico y en su zona de afección. Estas construcciones están en zonas rústicas de uso agrario y algunas urbanas. El esquema de las obras de paso se puede ver en las figuras 2 y 3, Plano de planta de obras de paso.

Vamos a estudiar el funcionamiento hidráulico del entorno del río Azuer a su paso por las localidades de Manzanares y Membrilla, y ver las afecciones que produce. Para hacer este estudio, se ha realizado una simulación hidráulica con el programa HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, s. f.-b). Para ello, se ha hecho un perfil longitudinal del cauce del río de 29.190 m. Se han tomado los datos de las secciones transversales cada 200 m, según la cartografía disponible. Con la definición geométrica descrita, y con las hipótesis características de los caudales descritos en la simulación hidrológica se ha calculado una simulación bidimensional que definirá la cota de la lámina de agua en todas las secciones definidas, y para los periodos de retorno estudiados.

En una primera modelización, se han realizado considerando un régimen Permanente Uniforme. El estudio se debería hacer en este régimen para las avenidas ordinarias asociadas a un T=5.5 años, y T=10 años, para el resto se

debería hacer en régimen Variado. Este régimen permanente y uniforme supone una velocidad constante. La velocidad no varía ni en el tiempo ni a lo largo del cauce, es decir, el calado y el caudal permanecen constantes en cualquier sección. La solera, superficie libre y línea de energía son paralelas a la pendiente del canal. Este régimen se da en muy pocos casos, para canales, pero da soluciones simples y satisfactorias. Se utiliza la fórmula de Manning. Se trata de una estimación inicial y totalmente válida para el alcance de este Trabajo. Para una simulación real y más precisa se debería tener una mejor base topográfica, y haber considerado el régimen Variado. Pero los resultados de este cálculo parecen satisfactorios, para la escala y precisión que se muestra en este documento.

Se considera n de Manning $n= 0.040$ cauce natural con maleza en los laterales y 0.02 para el fondo. Esta maleza es la que crece de un año para otro, para exigir cierto grado de conservación.

Los resultados de esta simulación aparecen en los resultados de este Trabajo donde se puede ver la altura de la lámina de agua en las secciones singulares, como son la entrada y salida de las obras de paso de la autovía, paso bajo el ferrocarril, carretera CM9313, zona urbana de Manzanares y Membrilla, y afección a la EDAR de Manzanares.

5.4. Descripción infraestructuras afectadas.

Se describen a continuación, en la tabla 9, las infraestructuras que afectan al drenaje del río Azuer desde la localidad de Membrilla hasta la localidad de Daimiel, desde la sección 29+500 hasta 1+600, y su capacidad hidráulica.

Se ha calculado la capacidad hidráulica de todas las obras que se ven afectadas por el análisis de la avenida en el entorno del río Azuer desde Membrilla sección 26+400 cruce con la CM3109 hasta Manzanares sección 1+600 cruce con la línea de FFCC Ciudad Real-Alcázar de San Juan. Se ha hecho desde aguas arriba hacia aguas abajo, para que se pueda distinguir que sección es insuficiente.

Es complejo el funcionamiento del drenaje al llegar a Manzanares, se describe a continuación. Se distinguen dos ramales del río Azuer desde su paso por Membrilla sección 11+400, hasta una vez pasado Manzanares sección 5+800. Una vez se cruza el río por la CM9313, se vuelve a unir en la sección 10+800, es una bifurcación forzada. Uno el llamado Madre vieja del Azuer que cruza con la Autovía A-4 mediante 2 ODTs en serie y corresponde con los puntos C, y B. El otro ramal

es una derivación del primitivo y se cruza con la Autovía A-4 en la misma sección del cauce, con 3 ODTs en serie, que son los puntos E, D, y F. Por esta derivación del Azuer, está limitado el flujo a unos 7 m³/s, sólo sirve de aliviadero del cauce de La Madre Vieja según las dimensiones de los marcos construidos de 2.5x2.5. Obra realizada por el Excmo. Ayto. de Manzanares en el 2016. En la tabla 9, aparecen las infraestructuras descritas.

Sólo 5 de las 18 obras de paso tienen capacidad hidráulica para poder evacuar el caudal de cálculo asociado a un periodo de retorno T=10 años. Tan sólo las obras de paso bajo la CM3109 y las existentes bajo la línea de FFCC Ciudad Real-Alcázar de San Juan Punto J, estarían dimensionadas para un T=100 años. Y en ningún caso están dimensionadas para soportar el caudal asociado a un T=500. Según la norma de carreteras, Norma 5.2-IC Drenaje Superficial, las obras deben estar diseñadas para un valor igual o mayor a T=100 años, supeditado a las exigencias de la Administración Hidráulica competente, este caso la CHG.

Por lo tanto, se produce en Membrilla en el cruce con la CM6032 un desbordamiento. El propio cauce está con construcciones aledañas que dificultan el flujo. En Manzanares se produce el efecto barrero por el mal drenaje de las obras de paso en la CM9313, también por el terraplén de la línea FFCC Madrid-Jaén y la cercanía de las construcciones en tramo urbano, el efecto de las obras de paso y terraplén de la Autovía A-4.

Si suponemos que la manera de ampliar esta capacidad de drenaje es la construcción de marcos 3x2 adosados a las existentes con una capacidad aproximada de 25 m³/s. Para cada una de las ODTs se ha calculado en la tabla 9 la cantidad de marcos a colocar, si utilizamos el valor de los caudales de referencia que aparecen en la tabla 8. Esto sirve para predimensionar una solución y mostrar de manera visual la imposibilidad de la solución que plantea la CHG. Se elige esta dimensión de los marcos por ser la altura aproximada que tiene el cauce en el cruce con las infraestructuras. Para un caudal asociado a un T100 habría que colocar 35 marcos de las dimensiones descritas, hablemos de marcos equivalentes. Y para un T500, serían 75 marcos equivalentes a construir, según se ve en la tabla 9.

Tabla 9. Infraestructuras que afectan al drenaje de la zona de Manzanares y Membrilla. Capacidad hidráulica de cada una de ellas.

DENOMINACION	DESCRIPCION	DIMENSIONES			Pte %	n MANNING	CAUDAL Q m ³ /S	VELOCIDAD v m/s	Necesidad ampliación Marco 3x2 T100	Necesidad ampliación Marco 3x2 T500
		Nº	ANCHO	ALTURA						
Paso bajo CR644. Punto fuera alcance estudio	2 Marcos 4,5x1,5+ 2 marcos 3x1,5	4	15	1.5	0.35	0.015	78.9	3.6	3	10
Paso bajo CM3109. Sección 26+400. Punto I fuera de estudio CLM_008	1 Marco 14x1,8+ 2 marcos 3x1,8	3	20	1.8	0.25	0.015	138.2	3.8		
Paso bajo CR 6031. Sección 20+800. Punto H	Pontón	1	3.5	2	0.3	0.02	18.3	2.7	5	10
Paso bajo CR 6032. Sección 13+800. Punto G	Marco hormigón 3,5*2	1	3.5	2	0.3	0.015	24.4	3.5	5	10
Cauce sección 11+400	Cauce natural pte lateral 1/1	1	15	1.5	0.3	0.04	40	1.62		
Paso bajo CM9313	3 Pontones de 2.9 m de ancho	3	2.9	1.8	0.3	0.03	24.69	1.58	4	8
Paso CM9313. Derivación Azuer	4 Bóvedas	4	3	1.5	0.3	0.02	30.6	2.3		
Cauce sección 10+600 Manzanares	Cauce natural pte lateral 1/1	1	20	2	0.3	0.04	53.42	1.66		
Paso Línea FFCC Madrid-Jaén. Puente losa sobre muros de fábrica.	4 vanos efectivos. 1 Utilizado como camino.	4	4.1	2	0.3	0.03	60	1.84	4	8
Paso Bajo A-4 pk 174+550 MI Puente vigas. Punto C	Paso rectangular	1	17.7	1.65	0.1	0.02	57.53	1.97	4	8
Paso Bajo A-4 pk 174+550 MD. 3 bóvedas. Punto B	3 Bóvedas de fábrica de ladrillo	3	4.9	1.85	0.1	0.03	29.7	1.09	5	9
Paso bajo camino a Daimiel. Punto A	Paso rectangular	1	10	2.4	0.1	0.02	52.4	2.18	4	8
Paso del molino. Punto K Derivación Azuer	2 Marcos 2,5x1,5	2	2.5	1.5	0.1	0.015	12.2	1.63		
Paso Bajo A-4 pk 174+350 MI Puente vigas. Punto E	Paso rectangular	1	10.5	1.7	0.1	0.02	33.34	1.87		
Paso Bajo A-4 pk 174+350 MD. 3 bóvedas. Punto D	3 Bóvedas de fábrica de ladrillo	3	3	1.7	0.1	0.03	13.86	0.91		
Paso Bajo Camino de Servicio A-4 pk 174+350 MD. 1 Marco. Punto F	Marco hormigón 2*2	1	2	2	0.1	0.015	6.44	1.61	1	1
Paso bajo la línea FFCC Ciudad Real-Alcazar de San Juan. Punto J Sección 1+600	Puente de vigas	1	5	2.5	0.5	0.02	51.3	4		3
Paso bajo la línea FFCC Ciudad Real-Alcazar de San Juan. Punto J Sección 1+600	3 Bóvedas	3	5.5	2	0.5	0.02	129	3.9		
Subtotales									35	75

En esta descripción existen al menos cuatro administraciones con competencias para poder intervenir en este problema de inundaciones. Por parte de la Autovía, línea FFCC, y gestión del río, son competencias del Estado. Por parte de las carreteras comarcales, la Diputación de Ciudad Real o la Junta de

Comunidades de Castilla La Mancha. Y, por último, los dos Ayuntamientos de Manzanares y Membrilla que elaboran los planes urbanísticos.

Se muestra en la tabla 10, las obras de drenaje afectadas con los tres grados de riesgo Moderado, Urgente, Crítico según aparece en la identificación de las medidas a adoptar en el PGRI 2º ciclo en el Anejo 2 (*PGRI 2º ciclo Anejo 2, 2022*). En este PGRI, aparecen como medidas de protección frente a inundaciones las medidas a adoptar para estas ARPSI, la creación de un inventario de obras de drenaje transversal prioritarias y la adaptación de infraestructuras por titulares (14.03.01. Código de estas medidas).

Parece cuanto menos insuficiente la solución y el nivel de detalle al que llega la CHG, en este apartado de medidas de protección a adoptar en el PGRI. Ya que, como ejemplo, no hace mención del efecto barrera que produce el terraplén de la línea de FFCC Madrid-Jaén. Al igual que propone modificar los pasos de la Autovía A-4 en los puntos B y C, y a escasos 50 m la ODT del punto A no modificarla cuando tiene la misma capacidad hidráulica.

Tabla 10. Infraestructuras que aparecen en el **PGRI** y que deben modificarse según la CHG.

ARPSI	X	Y	MUNICIPIO	TIPO	MATRÍCULA	TITULAR
CLM_008 Punto B	466254,433	4316253,55	Manzanares	Carretera	A-4	Estado
CLM_008 Punto E	466253,608	4316442,7	Manzanares	Carretera	A-4	Estado
CLM_008	467549,791	4316141,62	Manzanares	Calle	Avenida de Andalucía	Municipal
CLM_008	447689,729	4326198,22	Daimiel	Carretera	CR-201	Provincial
CLM_008 Punto C	466269,936	4316257,02	Manzanares	Carretera	A-4	Estado
CLM_008	467315,339	4315866,85	Manzanares	Calle	Avenida de Andalucía	Municipal
CLM_008	467312,297	4315888,18	Manzanares	Calle	Avenida de Andalucía	Municipal
CLM_008	467321,321	4315899,44	Manzanares	Calle	Avenida de Andalucía	Municipal
CLM_008	467577,612	4315662,03	Manzanares	Calle	Avenida de Castilla la Mancha	Municipal
CLM_008	470757,917	4307456,31	Membrilla	Carretera	CR-6031	Provincial
CLM_008	448208,677	4325282,94	Daimiel	Carretera	N-420	Estado
CLM_008	467789,595	4315742,18	Manzanares	Calle	Avenida de Castilla la Mancha	Municipal

5.5. Propuesta de mejora de drenaje.

Como se intenta mostrar en este Trabajo, no quedaría mejorado el drenaje de la zona sólo con mejorar el drenaje de algunas obras de fábrica, mientras las aledañas no se modifiquen, ni tampoco si no se mejora el cauce y la zona de afección. Por ejemplo, no basta con modificar los pasos de la Autovía A-4 en los puntos B y C, y a escasos 50 m la ODT del punto A no modificarla cuando tiene la misma capacidad hidráulica. Incluso el cauce se desborda con anterioridad causando daños económicos. Se pretende dar una solución global del mal funcionamiento de esta zona de drenaje. Ya que, las soluciones parciales de reparar tan sólo las obras de paso no eliminan el problema.

La propuesta consistiría en un canal de derivación de unos 7 km, desde el cruce con la CR 6032 en Membrilla, hasta después de su paso por la EDAR de Manzanares. Sería la creación de un parque fluvial al igual que se ha diseñado para mejorar la zona ARPSI denominada como CLM_018 en el afluente del río Jabalón, fuera del alcance de este Trabajo, pero totalmente diseñado y presupuestado en el anejo 2 del PGRI de 2º ciclo de la CHG (www.chguadiana.es). La figura 7 muestra la planta del canal de derivación propuesto, y su perfil longitudinal.

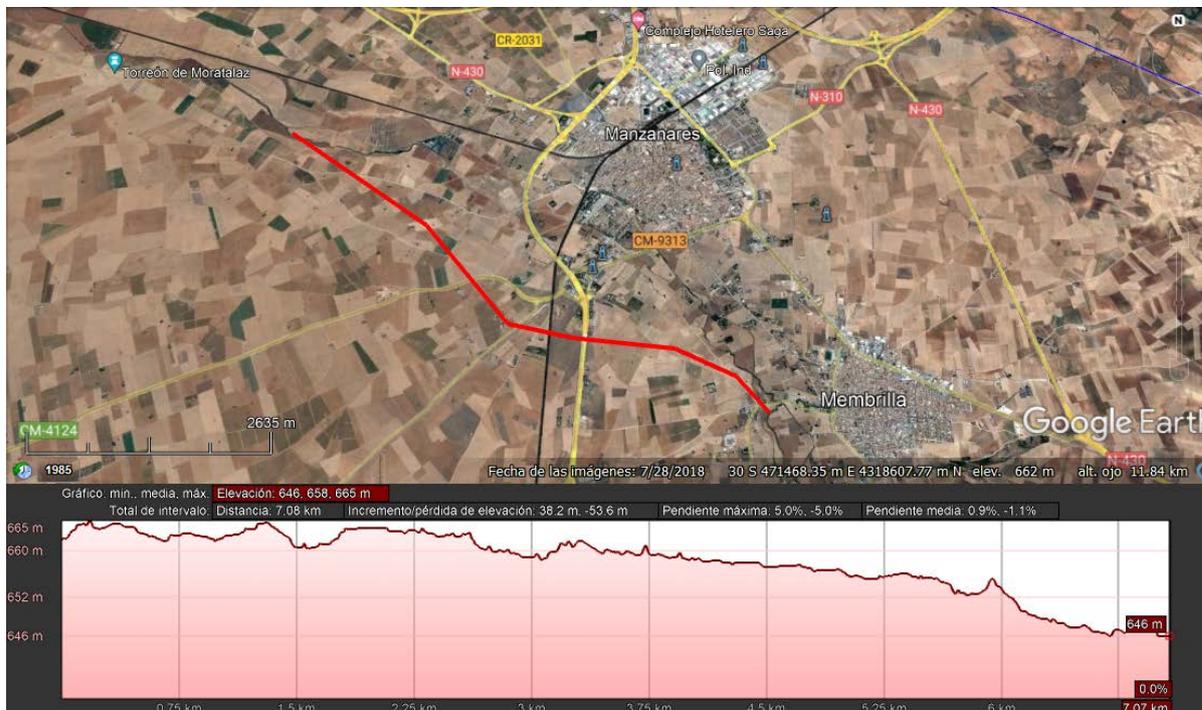


Figura 7. Mapa de la propuesta del canal de derivación, en rojo. Perfil longitudinal de este canal.

Realizado con aplicación **Google Earth**.

Este canal de derivación evitaría los problemas de drenaje en las dos zonas urbanas de la ARPSI CLM_008. No sería necesario la ampliación de ninguna de las obras de fábrica que hay entre las secciones 13+800 y la 6+200 de nuestro cauce original del Azuer. Sólo habría que modificar el pontón del paso bajo la CR 6031, sección 20+800 Punto H. Evitaría los problemas de inundaciones de la EDAR de Manzanares.

Este canal de derivación sería trapezoidal construido en tierras. Se pondría en funcionamiento sólo en las avenidas ordinarias, no derivando el flujo de río para caudales menores de 24.4 m³/s. Estaría limitado a la menor dimensión para que no se tuvieran que modificar ninguna de las obras de fábrica existentes entre los puntos inicial y final de este canal. De tal manera que la menor capacidad hidráulica de las ODTs existentes sería la situada en su comienzo el punto G bajo la CR 6032. Esta ODT es capaz de desaguar 24.4 m³/s. Por lo tanto, los caudales de diseño serían los Caudales calculados el valor de este caudal, tal y como aparecen en la tabla 11.

Tabla 11. Caudales de cálculo para el dimensionamiento del canal de derivación.

CUENCA	Qt 10 (m ³ /s)	Qt 100 (m ³ /s)	Qt 500 (m ³ /s)
Manzanares cruce CR 6032	16.0	116.7	214.6

La pendiente longitudinal media sería de 0.3 %, y para el cálculo del canal se ha utilizado n Manning 0.04. La pendiente del talud sería 1/3 y la sección aparece en la figura 8 con las cotas de cada parte del canal.

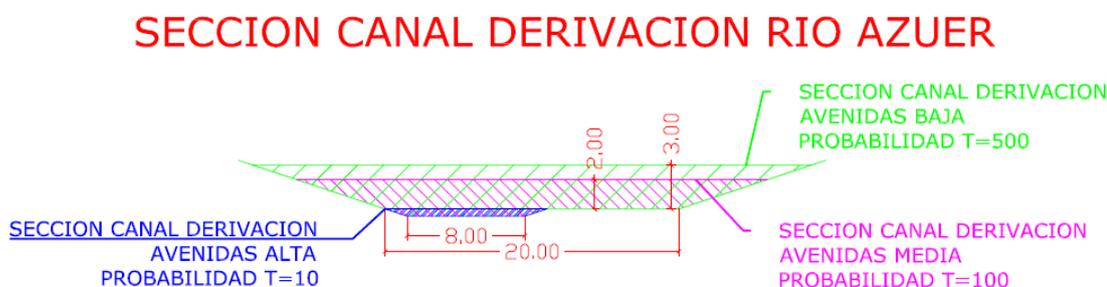


Figura 8. Sección del canal de derivación del río Azuer cuando existan problemas de avenidas entre Manzanares y Membrilla.

5.6. Análisis del coste de las afecciones descritas por la CHG.

En este apartado, se muestra el coste económico de las afecciones que enumera la CHG, y el presupuesto que asigna a la posible reparación.

En la caracterización de las ARPSI Anejo 1 de la CHG, aparece reflejado que el estado de las aguas es Peor que bueno, y que el objetivo es alcanzar el Buen Estado, tanto en la CLM_007 como en la CLM_008 (*PGRI 2º ciclo Anejo 2, 2022*). Para la zona CLM_007 las posibles actuaciones de mejora son la recuperación del espacio fluvial y de la vegetación de ribera. Aparece el estudio económico de pérdidas con un riesgo de daños a actividades económicas de valor promedio 2.395.474 €. Para la zona CLM_008 las posibles actuaciones de mejora son también la recuperación del espacio fluvial y de la vegetación de ribera. Y el riesgo de daños a actividades económicas de valor promedio 390.395.284,67 €. Así pues, se ha calculado el valor medio de daños económicos que se podrían producir en esta zona de estudio por valor total de 392.790.758,7 €. Aproximadamente y a partir de ahora 392 millones €.

El presupuesto que aparece reflejado en las medidas de protección del PGRI para esta zona es el siguiente:

- Creación de inventario ODT con riesgo de inundación 0.07 millones € en 6 años.
- Adaptación de infraestructuras por titulares 10.55 millones € en 6 años por parte de los titulares.

A continuación, en la figura 9, se muestra el presupuesto de la solución del canal de derivación que se propone como solución en este Trabajo para las avenidas extraordinarias, y parque fluvial permanente.

Como se aprecia, el coste de la solución propuesta es de 13,8 millones €, mientras que el coste económico en daños previsto es de 392 millones €.

La población afectada está entre los municipios de La Solana, Membrilla, y Manzanares, con una población de 15,357, 5,927 y 17,845 habitantes respectivamente, un total de 39,129 habitantes.(INE, 2011) Se tiene también en cuenta a La Solana ya que el embalse de Vallehermoso sirve de abastecimiento y riego a su población, y vierte el agua de saneamiento aguas arriba del tramo de estudio, además, el mal drenaje de la zona afecta a las comunicaciones por carretera de los habitantes de este pueblo.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2011), existen 14,856 viviendas familiares en el conjunto de los 3 municipios, y que tendrán contrato de alta en el suministro de agua y saneamiento. Por lo que existirán unos 14,856 contratos. Si el coste de esta obra más un posible mantenimiento del 5% al año, se lo asignamos a estos usuarios. Este coste ascendería a 27, 600,000 € a lo largo de 20 años. Esto supondría para cada vivienda 92.89 €/año/vivienda. Es decir, un pago adicional de 7.74 €/mes/vivienda.

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO TFM02 CANAL DERIVACION RIO AZUER									
TFM021	m2 DESBROCE TERRENO SIN CLASIFICAR Desbroce y limpieza superficial de terreno sin clasificar, por medios mecánicos, con carga y transporte de los productos resultantes a vertedero o lugar de empleo, incluyendo la retirada de arbolado menor de 10 cm.								
		17,000.00	40.00			280,000.00			
							280,000.00	1.18	330,400.00€
TFM022	m3 DESMONTE TRÁNSITO EXPLANACIÓN <10 km Desmonte en terreno de tránsito de la explanación, con medios mecánicos, incluso transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo, hasta 10 km. de distancia.								
		17,000.00	90.00			630,000.00			
							630,000.00	15.00	9,450,000.00€
TFM023	Ud. Marcos en obras de Paso								
	A-4	1	8.00			8.00			
	FFCC	1	8.00			8.00			
	Carretera comarcal	1	8.00			8.00			
							24.00	52,361.00	1,256,664.00€
TFM024	Ud. Compuerta de regulación								
	1					1.00			
							1.00	500,000.00	500,000.00€
TFM025	Ud. Plantación de arbustos y masa arbórea								
	1	700.00	6.00			4,200.00			
							4,200.00	95.00	399,000.00€
TOTAL CAPÍTULO TFM02 CANAL DERIVACION RIO AZUER								11,936,064.00€	
TOTAL								13,800,203.20€	

Figura 9. Presupuesto del canal de derivación propuesto como solución en el río Azuer.

6. RESULTADOS DEL TRABAJO.

El estudio de avenidas no se puede simplificar en la evaluación del estudio hidráulico de las obras de paso. Hay que tener en cuenta todo el entorno.

En este caso, se ha estudiado con profundidad esta posible avenida, y son muchos los factores que intervienen en el mal drenaje de la zona. Se muestra en la figura 10, 11, y 12 las láminas de inundación asociadas a los periodos de retorno T10, T100 y T500, respectivamente.

Este Trabajo trata de mostrar los diferentes problemas de drenaje de una zona amplia de la llanura manchega, concretamente del río Azuer a su paso por Manzanares y Membrilla. La zona denominada por la CHG en su definición de las ARPSI como CLM_007 y CLM_008.

Lo primero, se ha definido con cierta precisión los caudales asociados a 3 periodos de retorno que son fundamentales para poder valorar el problema que existe. Ya que, en un principio los valores eran dispares. Los valores de cálculo son los que aparecen reflejados en la tabla 8. Para ello, se han ajustado estos valores ajustando el modelo hidrológico con datos de lluvia reales, y con los datos de caudal generados en episodios de inundaciones reales.

Hemos analizado la capacidad de drenaje de las obras de fábrica existentes, y de las secciones del cauce oportunas. Tan sólo las obras de paso bajo la CM3109 y las existentes bajo la línea de FFCC Ciudad Real-Alcázar de San Juan Punto J, estarían dimensionadas para un T=100 años.

Existe una ocupación y un uso de las zonas del DPH, y zonas de afección, que dificultan el drenaje de la zona, y suponen en algunos casos obstrucciones, incluso en la zona urbana de Manzanares y rural de Membrilla. El cauce se ha reducido en muchas secciones hasta quedarse reducido a una sección mínima.

Esta zona tiene infraestructuras muy importantes como las carreteras comarcales, las líneas del FFCC, la Autovía A-4, la EDAR de Manzanares. Esto implica a las distintas administraciones que tienen competencias directas sobre esta mejora del drenaje de la zona, que serían la CHG, el MITMA por parte de la Autovía, línea FFCC, la Diputación de Ciudad Real, la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha y, los Ayuntamientos de Manzanares y Membrilla.

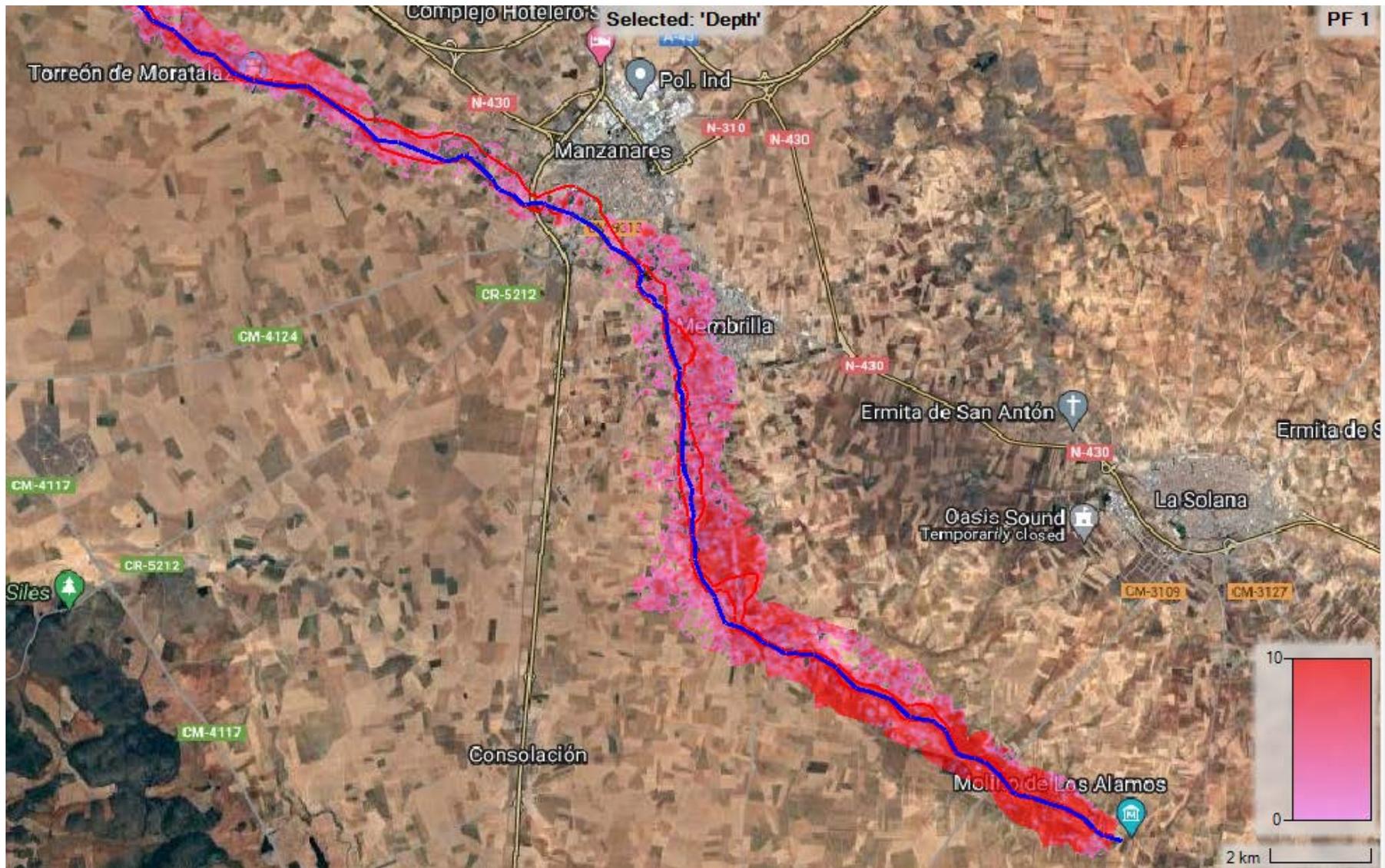


Figura 10. Lámina de inundación asociada a un periodo de retorno $T=10$ años. Resultado calculo con HEC-RAS.

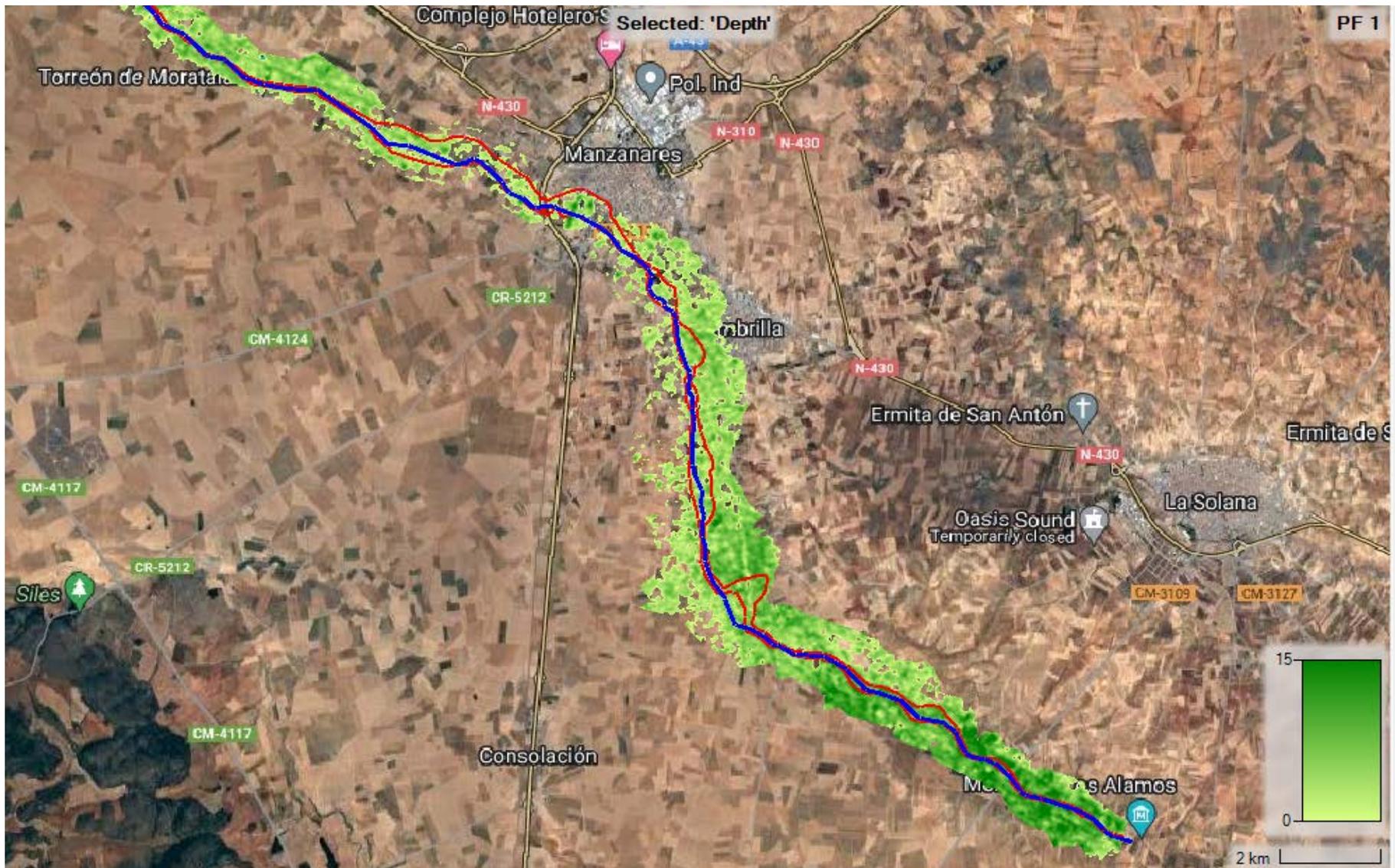


Figura 11. Lámina de inundación asociada a un periodo de retorno $T=100$ años. **Resultado calculo con HEC-RAS.**

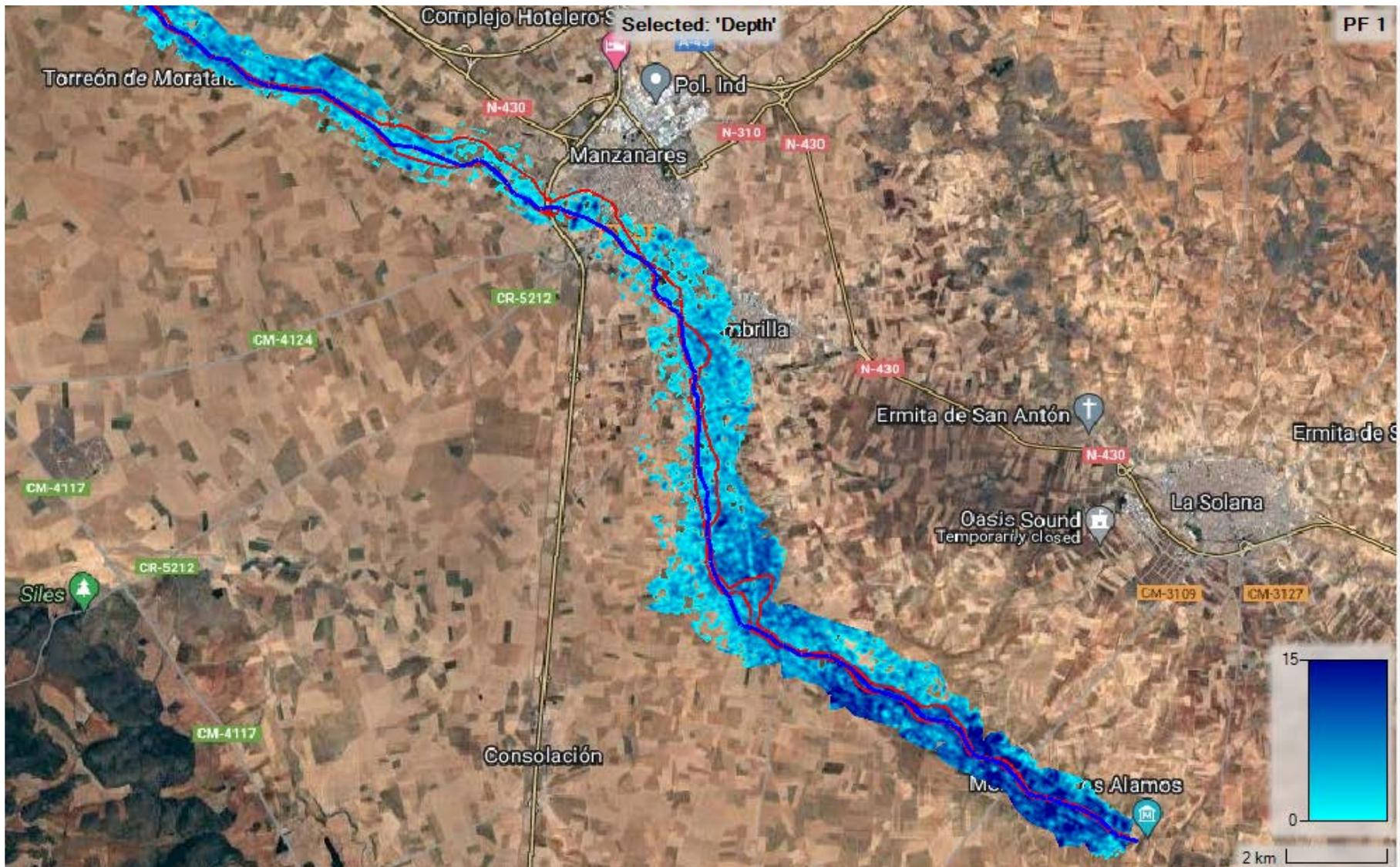


Figura 12. Lámina de inundación asociada a un periodo de retorno $T=500$ años. **Resultado calculo con HEC-RAS**

La afección de las obras de paso de la Autovía hay que estudiarlas con la lámina de inundación calculada y los efectos que producen las anteriores y posteriores obras de paso. Como se puede ver y se ha calculado, el puente de la carretera CM9313 es insuficiente para la avenida de T=10 años y supone una barrera. El paso del FFCC a través de Manzanares, supone otra barrera para el mal funcionamiento del drenaje en esta zona. El puente sobre el camino a Daimiel de reciente construcción está diseñado para un $Q=52.4 \text{ m}^3/\text{s}$, de titularidad desconocida y que aparece en este estudio como con prioridad urgente, según la tabla 2, y después no aparece como necesario su modificación según la tabla 10.

Este puente por la cercanía aguas abajo del puente de la Autovía debe estar diseñado con la misma capacidad hidráulica que los que soportan la Autovía.

Este tramo del río tiene un embalse que podría pensarse que puede servir para laminar la crecida del río. Pero como se muestra en la figura 13, el embalse de Vallehermoso tiene un efecto laminador pequeño, ya que gran parte de la cuenca del Azuer 260 km^2 , y del arroyo Alhambra 156 km^2 , están aguas abajo del embalse. Además, tiene una capacidad baja de almacenamiento escasos 7 Hm^3 . Incluso para la avenida T=500 se tendría que estudiar su desembalse con anterioridad al pico de entrada de caudal. En la figura 13, se muestra la gráfica de la curva de almacenamiento y su caudal de salida en este estudio, considerando la cota inicial 745 m. Ya que, al ser la presa de materiales sueltos podría producirse la rotura de la presa al llegar el agua a su coronación.

Se propone una obra de protección frente a las inundaciones mediante un canal de derivación del río Azuer antes de llegar a Membrilla de 7km hasta pasada la EDAR de Manzanares. Este canal está dimensionado para soportar los caudales mayores a $24,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Cuando el valor del caudal supere esta cifra entra en funcionamiento el canal de derivación. Mientras no haya problemas de inundaciones, este canal quedaría como un parque fluvial, con la reposición de la vegetación de ribera.

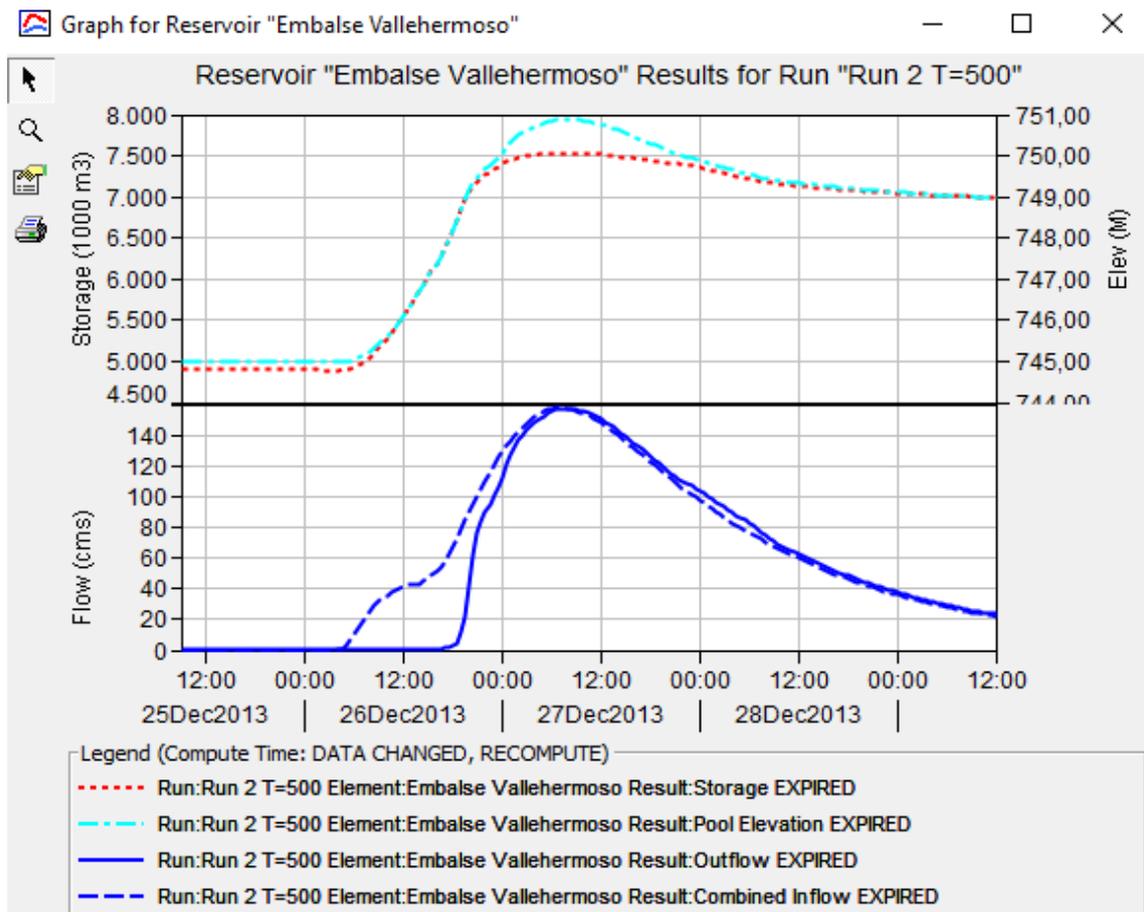


Figura 13. Gráfico que muestra la curva de gasto del embalse de Vallehermoso para T500.

Programa HEC-HMS.

Por último, se ha mostrado el cálculo de posibles pérdidas económicas que están asociadas a las inundaciones de esta zona y que asciende a 392 millones €. Se expone el presupuesto estimado que aparece en el PGRI que debería asignarse de 10.55 millones €. Pero este presupuesto sólo es para la reparación de las obras de drenaje transversal, cuando se ha mostrado que estas medidas son insuficientes. En este apartado, también se ha hecho un pequeño presupuesto con la solución global propuesta que asciende a 13,8 millones €. E incluso se ha calculado la posible financiación de esta obra por parte de los habitantes de los 3 municipios implicados. Supondría asignar un aumento de un pago adicional de 7.74 €/mes/vivienda en la factura del agua y saneamiento a lo largo de 20 años.

7. CONCLUSIONES.

Por lo tanto, existen muchos factores que influyen en las láminas de inundación asociadas a los distintos periodos de retorno del río Azuer a su paso por Membrilla, Manzanares y Daimiel. Como son el correcto mantenimiento de la zona de dominio público del río, y la limitación en su zona de afección de las construcciones y usos. Se ha invadido estas zonas y desviado parte del cauce al antojo de los propietarios colindantes al cauce del río Azuer.

Las construcciones de las vías de comunicación no se han realizado para mantener la permeabilidad de la zona, sino que se han construido sus ODTs con arreglo a la normativa vigente en cada momento de construcción. Además, una de las aportaciones de este Trabajo es el ajuste de los datos hidrológicos con datos reales de lluvia y escorrentía medidos. Este ajuste, nos hace definir con mayor seguridad los caudales de cálculo de las obras de fábrica, y que hasta la fecha eran muy variables según la fuente estudiada.

En la Revisión y Actualización de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación 2º ciclo se simplifica demasiado en las conclusiones finales asignando unas categorías de priorización de actuar sobre las estructuras de paso según riesgo crítico, urgente, moderado y leve. En esta zona CLM_008 en concreto, para una mejoría en el drenaje y bajar el riesgo de inundación no basta con actuar en las obras señaladas, con anterioridad denominadas como urgentes o críticas, ya que como hemos expuesto existen otros factores que influyen enormemente en estas posibles láminas de inundación.

No se propone ninguna medida para alcanzar el Buen estado de las aguas en el PGRI. En este Trabajo, de manera indirecta al proponer el canal de derivación que en gran medida es un parque fluvial, sí que se ha tenido en cuenta mejorar el espacio fluvial y de la vegetación de ribera. De hecho, se ha asignado el 5% del coste de la obra a lo largo de 20 años y ascendería a 690.000 €/año para estos trabajos de mantenimiento tanto del canal de derivación como del cauce del río Azuer.

Fuera del alcance de este Trabajo, ya que desde el comienzo nos centramos en la solución de las áreas denominadas CLM_007 y CLM_008, podríamos proponer una solución completa del drenaje de la zona hasta Daimiel. Esta mejora sería la ejecución de otro canal de derivación desde el paso de la línea FFCC

Ciudad Real-Alcázar de San Juan hasta las tablas de Daimiel de unos 8 km. De tal manera, que se disminuiría la afección al municipio y mantendríamos conectados el río Azuer desde el embalse de Vallehermoso con las Tablas de Daimiel. La mejora de estos canales de derivación no sólo sería para laminar avenidas, sino como posibles recargas de agua de las tablas de Daimiel en época de sequía. Este punto seguro es conflictivo, porque vierten al cauce del Azuer el agua depurada de La Solana, Manzanares y Membrilla, y comunicaríamos una parte industrial y agrícola con el acuífero del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. Se trata de una propuesta arriesgada y global para estudiarla en otros Trabajos. Pero siempre será mejor este planteamiento global a la hora de evaluar los problemas de inundación, que las propuestas en soluciones particulares e individuales de la capacidad hidráulica de ciertas ODTs.

8. BIBLIOGRAFIA

- ARPRI 2º ciclo*. (2020). 02/MEMORIA_TRABAJOS.pdf. Estudio del área de riesgo potencial significativo de inundación. Confederación Hidrográfica del Guadiana. <https://www.chguadiana.es/sites/default/files/2020->
- BOE-A-2010-11184*. (s. f.). Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2010/07/09/903>
- CEDEX. (2014). *CAUMAX 2.3* (2.3). Programa informático
<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/mapa-caudales.aspx>
- Directiva 2007/60/CE*. (s. f.). Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación. <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2007-82010>
- EPRI 2º ciclo*. (2019). 02/Revision_EPRI_Memoria.pdf. Evaluación preliminar del riesgo de inundación. Confederación Hidrográfica del Guadiana.
<https://www.chguadiana.es/sites/default/files/2019->
- Fernández-Calviño Villa, A. (2020). TFG Universidad de Castilla La Mancha. Inundaciones históricas en Daimiel. Andrés Fernández-Calviño Villa.
- INE (2011). *Www.ine.es*.
<https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t20/e244/viviendas/p06/I0/&file=10mun00.px&L=0>
- Jimenez Villalta, E. (2013). Inundaciones históricas del río Azuer en Membrilla. *Un paseo por la isla verde*.
http://unpaseoporlaislaverde.blogspot.com/2013/04/inundaciones-historicas-del-rio-azuer_7.html
- Ministerio de Fomento. (1999). *Máximas luvias diarias en la España Peninsular*.
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0610300.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente. (s. f.). *BOE 2001*.
<https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2001/07/20/1/con>

- PGRI 2 Ciclo ARPSI.CLM007.pdf*. (s. f.). Plan de gestión del riesgo de inundación. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Anejo 2 Descripción del programa de medidas zona ARPSI CLM_007
- PGRI 2 Ciclo ARPSI.CLM008.pdf*. (s. f.). Plan de gestión del riesgo de inundación. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Anejo 2 Descripción del programa de medidas zona ARPSI CLM_008
- PGRI 2 Ciclo Mapas afecciones ARPSI.pdf*. (s. f.). Plan de gestión del riesgo de inundación. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Anejo 1. Apéndice 2. Mapas de riesgo.
- PGRI 2º ciclo. Anejo 1. (2022)*. Plan de gestión del riesgo de inundación. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Anejo 1
https://www.chguadiana.es/sites/default/files/2022-03/HY6674-PGRI-2C-DHGn-AN01-Diagn_ARPSIS-D02.pdf
- PGRI 2º ciclo Anejo 2. (2022)*. Plan de gestión del riesgo de inundación. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Anejo 2 Descripción del programa de medidas <https://www.chguadiana.es/sites/default/files/2022-03/HY6674-PGRI-2C-DHGn-AN02-Prog-MED-D02.pdf>
- U.S. Army Corps of Engineers. (s. f.-a). *HEC-HMS 4.8* (4.8).
<http://www.hec.usace.army.mil/>
- U.S. Army Corps of Engineers. (s. f.-b). *HEC-RAS 6.0* (6.0.0 May 2021).
<http://www.hec.usace.army.mil/>