



TERCERA CONVOCATORIA DE SUBVENCIONES PARA PROYECTOS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL CICLO URBANO DEL AGUA (PERTE DIGITALIZACIÓN DEL CICLO DEL AGUA), EN EL MARCO DEL PRTR

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)

www.aqlara.com

FIRMADO:

SERGI LLÀCER SANSALONI
RESPONSABLE DE OFICINA TÉCNICA Y TECNOLOGÍAS

Índice

1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	2
2. EXPLOTACIÓN GEOGRÁFICA Y DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL DEL PIGSS.....	5
3. OBJETIVO DEL PIGSS.....	6
4. ANTECEDENTES	7
4.1. Caracterización del sistema de saneamiento y justificación del modelo	7
4.2. Información de partida	8
5. JUSTIFICACIÓN DE LA REDACCIÓN DEL ESTUDIO	9
6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO ACTUAL.....	10
6.1. Tuberías de la red de baja	10
6.2. Nodos de la red según su tipología.....	10
6.3. Acometidas	11
6.4. Sumideros y elementos de captación de pluviales	11
7. CONDICIONANTES Y CRITERIOS ADOPTADOS EN EL PLAN	12
8. METODOLOGÍA DE ESTUDIO DEL RENDIMIENTO HIDRÁULICO	13
8.1. Migración de los datos	13
8.2. Corrección topológica de la red.....	13
8.3. Caracterización de las cuencas hidrográficas.....	16
8.4. Determinación de la precipitación	18
8.5. Modelización hidrológico-hidráulica y determinación del rendimiento hidráulico (RH)	26
9. DIAGNOSTICO DE LA RED	28
10. DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE BAJA	29
10.1. Tiempo seco o consumo de aguas residuales	29
10.2. Tiempo de lluvia.....	29
10.3. Resultados del rendimiento hidráulico del punto de conexión.....	31
11. MODELIZACIÓN EN SWMM.....	32
12. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS SIN CONECTAR.....	33
13. MANTENIMIENTO DE LAS REDES.....	34
14. CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO	35
15. ACTUACIONES	36
16. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN	37
17. PRESUPUESTO	38
18. CONCLUSIONES	39
ANEJOS	40

1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

Peraleda de la Mata se localiza en el noreste de la provincia de Cáceres, dentro de la comunidad autónoma de Extremadura, formando parte de la comarca del Campo Arañuelo. El término municipal, con una superficie aproximada de 92 km², se sitúa en un entorno predominantemente llano, característico de las penillanuras extremeñas, y se encuentra próximo al límite provincial con Toledo. Su posición estratégica junto al eje de comunicación de la autovía A-5 favorece la conexión con núcleos urbanos de relevancia como Navalmoral de la Mata, Cáceres y Madrid.

Desde el punto de vista físico y ambiental, el territorio municipal está condicionado por la presencia del río Tajo y del embalse de Valdecañas, situados al sur del término municipal y que constituyen uno de los principales elementos hidrográficos de la zona. La red de drenaje se complementa con diversos arroyos y cauces estacionales que atraviesan el municipio y canalizan las escorrentías superficiales hacia el embalse. Asimismo, el entorno presenta espacios naturales de interés ambiental, entre los que destacan áreas integradas en la ZEPA Embalse de Valdecañas y el LIC Cañada del Venero, configurando un territorio con elevada sensibilidad ecológica e hidrológica. Estas características condicionan de manera significativa la planificación y gestión de las infraestructuras hidráulicas y de saneamiento, especialmente en relación con la protección de las masas de agua y el control de vertidos.

En el ámbito administrativo y demográfico, Peraleda de la Mata constituye uno de los municipios integrantes de la Mancomunidad Integral de Municipios del Campo Arañuelo. La localidad cuenta con una población en torno a los 1.400 habitantes, concentrada principalmente en el núcleo urbano principal, aunque el término municipal mantiene una importante vinculación con usos agrícolas y ganaderos del suelo. La estructura poblacional y la dispersión de determinadas actividades económicas requieren una adecuada adaptación de las redes de saneamiento y drenaje a las necesidades específicas del municipio, considerando tanto las variaciones estacionales de caudal como las demandas derivadas de las actividades agroindustriales y de regadío existentes en el entorno.

En cuanto a las infraestructuras de comunicación, el municipio dispone de buenas conexiones viarias gracias a la proximidad de la autovía A-5, principal corredor entre Madrid y Extremadura. Además, la carretera EX-118 conecta Peraleda de la Mata con Navalmoral de la Mata y Guadalupe, facilitando la articulación territorial dentro de la comarca. Otras vías secundarias, como las carreteras CC-120 y CC-54, garantizan la comunicación con municipios próximos y explotaciones agrícolas del entorno. Esta red de infraestructuras condiciona igualmente la disposición y mantenimiento de los servicios urbanos y de saneamiento, especialmente en lo relativo a los cruces de conducciones, evacuación de aguas pluviales y protección frente a escorrentías asociadas a episodios de lluvia intensa.

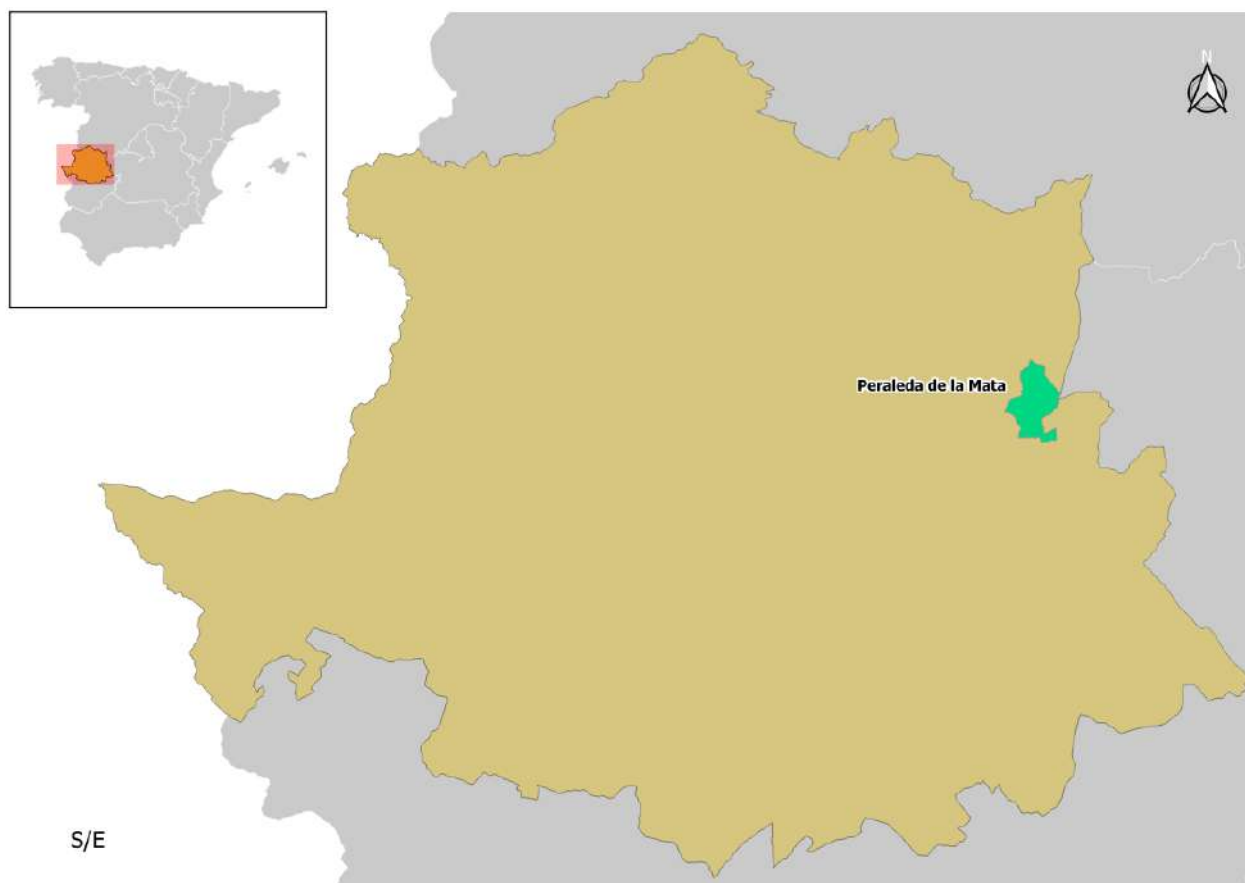


Imagen 1. Ubicación de Peraleda de la Mata.

En relación con el sistema de saneamiento, este se estructura fundamentalmente mediante una red unitaria de recogida de aguas residuales y pluviales que conduce los caudales generados en el núcleo urbano hacia las infraestructuras de tratamiento correspondientes. La configuración del sistema está condicionada por la topografía relativamente llana del municipio y por la existencia de cauces naturales y zonas de escorrentía superficial vinculadas al entorno del embalse de Valdecañas. Debido a ello, la red requiere una adecuada gestión hidráulica durante episodios de precipitación intensa, con especial atención a los posibles alivios y a la capacidad de transporte de los colectores principales.

Generalmente, las instalaciones de saneamiento incluyen los colectores generales, pozos de alivio y elementos de regulación hidráulica y, en su caso, estaciones de bombeo destinadas a garantizar el correcto transporte de las aguas residuales hasta los puntos de tratamiento o vertido autorizados. Estas infraestructuras constituyen los elementos principales de la red de saneamiento en alta, encargándose de recibir los caudales procedentes de las redes secundarias municipales y conducirlos hacia el sistema general de depuración.

Por otra parte, la gestión del sistema incorpora progresivamente herramientas de digitalización y control orientadas a mejorar el conocimiento del funcionamiento hidráulico de la red. Entre estas actuaciones destacan la actualización

de cartografía y sistemas GIS, la sectorización de infraestructuras, el control de incidencias y el seguimiento de operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo. Todo ello permite optimizar la explotación del sistema de saneamiento y mejorar la capacidad de respuesta ante episodios de lluvia, infiltraciones o incidencias operativas.

En conjunto, la planificación y gestión del sistema de saneamiento de Peraleda de la Mata requiere un enfoque integral que combine la conservación de las infraestructuras existentes, la protección del medio receptor y la adaptación progresiva del sistema a criterios de sostenibilidad, resiliencia hidráulica y cumplimiento normativo.

Las redes de saneamiento en baja hacen referencia al conjunto de conducciones y colectores urbanos encargados de recoger las aguas residuales y pluviales generadas en viviendas, establecimientos comerciales, equipamientos y actividades industriales del municipio, transportándolas hasta los puntos de conexión con las infraestructuras generales de saneamiento o con las instalaciones de tratamiento correspondientes. Estas redes constituyen infraestructuras de carácter municipal, por lo que su explotación, conservación y mantenimiento corresponden habitualmente al Ayuntamiento de Peraleda de la Mata o, en su caso, a la entidad gestora del servicio municipal de agua.

La gestión de estas infraestructuras comprende las labores de inspección, limpieza, reparación y renovación de colectores, pozos de registro, acometidas y elementos auxiliares de drenaje urbano, así como el control de incidencias derivadas de obstrucciones, infiltraciones o aportes incontrolados de aguas pluviales. Debido a la evolución histórica del municipio y a las distintas fases de desarrollo urbano, la red puede presentar características diferenciadas según las zonas, coexistiendo tramos ejecutados en diferentes periodos y bajo distintos criterios constructivos.

En el marco del presente Plan Integral de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS), el ámbito principal de estudio se centra sobre las infraestructuras generales de transporte y evacuación de aguas residuales, así como sobre aquellos elementos del sistema cuya operación pueda tener afcción directa sobre el funcionamiento hidráulico global, la capacidad de transporte de caudales y la protección del medio receptor. Por ello, las redes municipales de alcantarillado únicamente se consideran de forma específica en aquellos casos en los que su comportamiento hidráulico pueda influir significativamente sobre el sistema general de saneamiento, especialmente durante episodios de precipitación intensa o situaciones de sobrecarga hidráulica.

2. EXPLOTACIÓN GEOGRÁFICA Y DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL DEL PIGSS

La explotación geográfica del presente estudio se centra en la red de saneamiento correspondiente al municipio de Peraleda de la Mata.

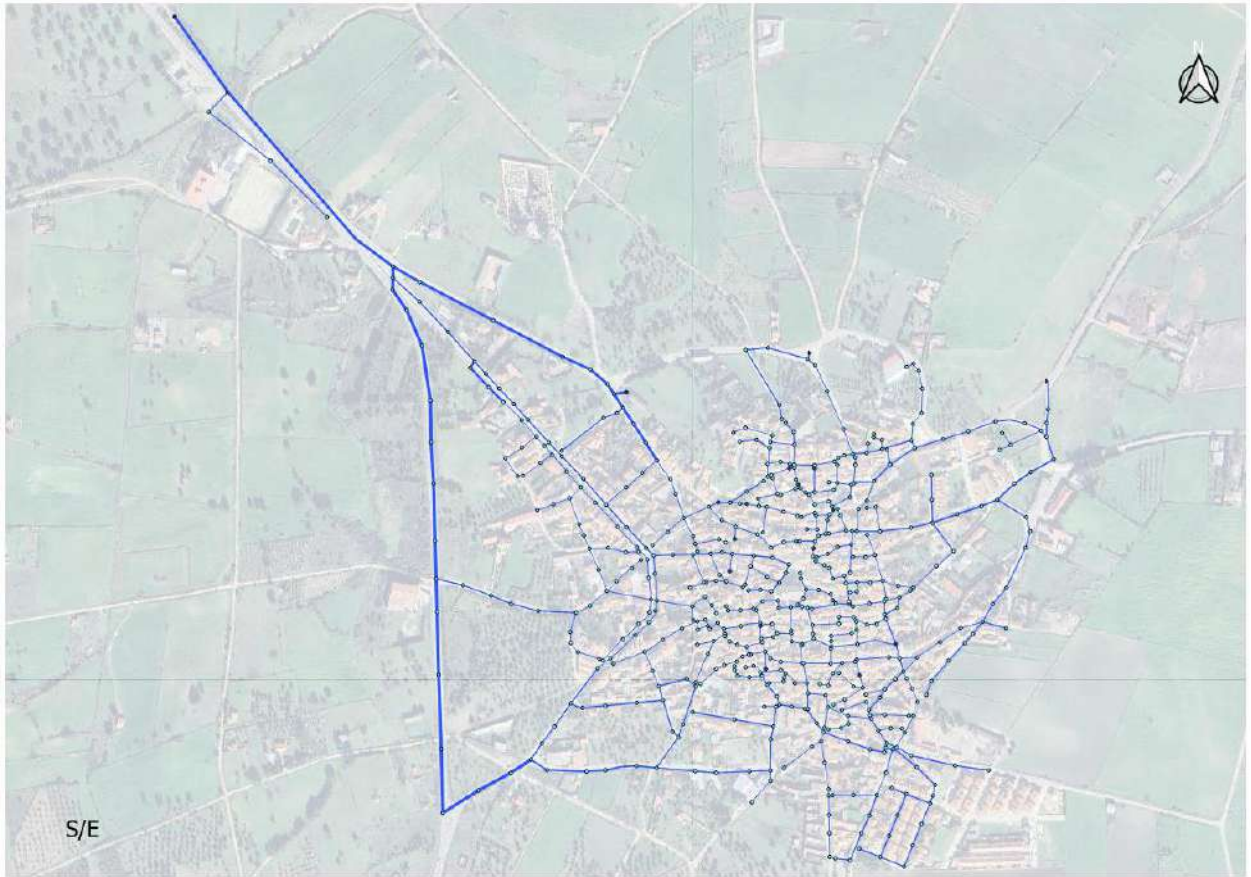


Imagen 2. Situación y emplazamiento de Peraleda de la Mata.

3. OBJETIVO DEL PIGSS

El presente Plan Integral de Gestión del Sistema de Saneamiento (en adelante, PIGSS) tiene como finalidad establecer un marco estratégico para la gestión eficiente y sostenible del sistema de saneamiento y drenaje urbano del municipio de Peraleda de la Mata, en cumplimiento de lo establecido en el Real Decreto 665/2023. Su objetivo principal es garantizar el adecuado funcionamiento de las infraestructuras de saneamiento, optimizar la capacidad de transporte y evacuación de las aguas residuales y pluviales, minimizar el impacto ambiental asociado a los vertidos y mejorar la resiliencia del sistema frente a episodios de lluvia intensa y situaciones de sobrecarga hidráulica.

Para alcanzar estos objetivos, el PIGSS se desarrolla mediante un análisis integral del funcionamiento actual de las infraestructuras de saneamiento y la definición de actuaciones orientadas a su mejora y adaptación futura. En este contexto, el plan incorpora criterios de eficiencia hidráulica, sostenibilidad ambiental, digitalización de infraestructuras y cumplimiento normativo, con el fin de garantizar la protección del dominio público hidráulico y mejorar la calidad ambiental del medio receptor.

El desarrollo del PIGSS contempla, entre otros, los siguientes aspectos principales:

- Realización del inventario de las infraestructuras existentes del sistema de saneamiento y su posterior digitalización e integración en sistemas de información geográfica (GIS).
- Evaluación del estado actual y funcionamiento hidráulico de las infraestructuras de saneamiento y drenaje urbano.
- Identificación de las principales problemáticas existentes en la red, así como análisis de sus posibles causas y afecciones asociadas.
- Definición de propuestas de mejora y actuaciones necesarias para optimizar el funcionamiento del sistema y atender las necesidades derivadas del desarrollo urbano y la evolución futura de las demandas.
- Valoración económica de las actuaciones propuestas.
- Establecimiento de fases y prioridades de actuación.

En conjunto, el presente PIGSS constituye una herramienta de planificación técnica que permitirá disponer de una visión global del funcionamiento del sistema de saneamiento municipal, facilitando la toma de decisiones y la programación de actuaciones encaminadas a garantizar su correcto funcionamiento a medio y largo plazo.

4. ANTECEDENTES

En este apartado se realiza una breve caracterización del sistema de saneamiento, con el fin de definir la información de partida disponible al inicio del Plan:

- Se ha realizado un análisis detallado de la red, identificando y corrigiendo inconsistencias como tramos desconectados o digitalizados en sentido contrario al flujo. Además, se caracterizaron las cuencas hidrográficas asociadas, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para generar polígonos de Voronoi que representan las áreas de influencia de cada pozo de la red.
- Se estableció la precipitación de cálculo según el RD 665/2023, utilizando la precipitación diaria no superada el 80% de los días en que la precipitación es superior a 1 mm (Pd 80%). Este dato fue fundamental para la modelización hidrológico-hidráulica.
- Se implementó un algoritmo específico para calcular el rendimiento hidráulico del sistema, utilizando datos de diez episodios de lluvia representativos. Este análisis permitió evaluar el comportamiento de la red en condiciones de lluvia intensa y ordinaria, identificando los puntos críticos que requieren intervención.

La información de partida para este PIGSS incluye los siguientes conjuntos de datos, recopilados y analizados en estudios previos:

- Datos geométricos de la red de saneamiento: permiten la identificación y análisis de la infraestructura existente, incluyendo la topología de la red y la ubicación de los elementos clave.
- Registros de los diez episodios de lluvia representativos: utilizados para la modelización de eventos y la evaluación del rendimiento hidráulico de la red.
- Datos para la generación del caudal en tiempo seco: datos de consumos de abonados de cada acometida, incluyendo colectores secundarios y conexiones domiciliarias, esenciales para la estimación de la carga base del sistema y la planificación de medidas de optimización.
- Conexiones a la red en alta: permiten identificar las diferentes zonas del mapa, englobando un conjunto de caudales en tiempo seco y permitiendo la simulación integral de los vertidos en la aglomeración.

4.1. Caracterización del sistema de saneamiento y justificación del modelo

Para la realización de este PIGSS se han logrado una serie de hitos importantes, sin los cuales no hubiese sido posible su redacción:

- Caracterización del sistema de saneamiento y de las cuencas hidrográficas: se ha realizado un análisis detallado de la red, identificando y corrigiendo inconsistencias como tramos desconectados o digitalizados en sentido contrario al flujo. Además, se caracterizaron las cuencas hidrográficas asociadas, utilizando herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para generar polígonos de Voronoi que representan las áreas de influencia de cada pozo de la red.

- Determinación de la precipitación de cálculo: se estableció la precipitación de cálculo según el RD 665/2023, utilizando la precipitación diaria no superada el 80% de los días en que la precipitación es superior a 1 mm (Pd 80%). Este dato fue fundamental para poder realizar la modelización hidrológico-hidráulica.
- Modelización hidrológico-hidráulica y determinación del rendimiento hidráulico: se implementó un algoritmo específico para calcular el rendimiento hidráulico del sistema, utilizando los datos de los diez episodios de lluvia representativos. Este análisis permitió evaluar el comportamiento de la red en condiciones de lluvia intensa y ordinaria, identificando los puntos críticos que requieren intervención.

4.2. Información de partida

La información utilizada como punto de partida para la realización del presente PIGSS incluye el siguiente conjunto de datos, recopilados y analizados en estudios previos:

- Datos geométricos de la red de saneamiento en alta: permiten la identificación y análisis de la infraestructura existente, incluyendo la topología de la red y la ubicación de elementos clave.
- Registros de los diez episodios de lluvia representativos: utilizados para la modelización de eventos y la evaluación del rendimiento hidráulico de la red.
- Datos para la generación del caudal en tiempo seco: esenciales para la estimación de la carga base del sistema y la planificación de medidas de optimización.
- Red de baja: incluye información sobre la red de saneamiento en baja, incluyendo colectores secundarios y conexiones domiciliarias, necesaria para la simulación integral de los vertidos en el municipio, así como los datos de consumos de abonados de cada acometida.

5. JUSTIFICACIÓN DE LA REDACCIÓN DEL ESTUDIO

La redacción de este PIGSS se justifica por la necesidad de abordar las principales problemáticas que afectan al sistema de saneamiento de aglomeración urbana de Peraleda de la Mata. El principal motivo es reducir el impacto ambiental del sistema de saneamiento en el medio receptor, especialmente durante episodios de lluvia, donde los desbordamientos del sistema unitario (DSS) pueden generar contaminación significativa. Además, existen otros factores que hacen necesario replantear la gestión de la red y proponer nuevas actuaciones.

Uno de los aspectos clave es la aplicación de nuevos requisitos legislativos, en particular el Real Decreto 665/2023, que modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico. Este marco normativo introduce nuevos requisitos para la gestión del riesgo de inundaciones y la planificación sostenible del agua, obligando a replantear la red de saneamiento y a proponer nuevas actuaciones para garantizar su cumplimiento. En particular, el RD 665/2023 establece el concepto de rendimiento hidráulico, que debe ser evaluado y mejorado en caso de no alcanzar los niveles requeridos.

Otro aspecto que considerar es la posibilidad de inundaciones en zonas urbanas, un problema común en muchos sistemas de saneamiento, especialmente durante episodios de lluvia intensa. Aunque no se dispone de datos específicos que confirmen inundaciones recurrentes en esta explotación, de forma complementaria, el PIGSS analiza la posibilidad de inundaciones en zonas urbanas mediante el uso de lluvias sintéticas representativas.

Finalmente, la redacción también se justifica por la necesidad de garantizar la continuidad y eficiencia del servicio de saneamiento. Esto incluye la identificación y corrección de posibles deficiencias en la red, como tramos desconectados, elementos obsoletos o problemas de desbordamiento, que podrían afectar el rendimiento hidráulico y operativo del sistema. La renovación y mantenimiento de estos elementos son fundamentales para evitar problemas como infiltraciones de aguas freáticas, obstrucciones en las conducciones y desbordamientos que podrían comprometer la calidad del servicio.

6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO ACTUAL

6.1. Tuberías de la red de baja

El sistema de saneamiento del municipio de Peraleda de la Mata cuenta con un total de **572 tramos** de tubería, los cuales tienen una longitud total de 15,462 km.

Las secciones existentes son de tipo circular y ovoide y sus dimensiones, en milímetros, varían desde 200 a 800 para las secciones circulares mientras que para las secciones ovoides la única sección disponible es de 800.

Sección	Descripción	Longitud (m)
CI_HM200	Circular de hormigón en masa	138,83
CI_HM300	Circular de hormigón en masa	732,97
CI_HM600	Circular de hormigón en masa	79,37
CI_HM700	Circular de hormigón en masa	964,78
CI_HM800	Circular de hormigón en masa	148,36
CI_PVC200	Circular de PVC	4352,11
CI_PVC250	Circular de PVC	3350
CI_PVC315	Circular de PVC	363
CI_PVC330	Circular de PVC	205,07
CI_PVC350	Circular de PVC	3924,4
CI_PVC450	Circular de PVC	386,04
CI_PVC700	Circular de PVC	18,11
OV_HM800	Ovoide de hormigón en masa	799,52

Tabla 1. Longitud por sección de tubería y material.

En cuanto a los materiales, el mayor porcentaje lo constituye el PVC con un 81,48% mientras que el 18,52% restante lo forma el hormigón.

Abreviatura material	Descripción material	Longitud (m)	%
HM	Hormigón en masa	2863,83	18,52
PVC	PVC	12598,73	81,48

Tabla 2. Materiales de los arcos.

En lo que respecta a la función de la red, toda ella es unitaria de tal manera que recoge tanto las aguas de lluvia como las aguas fecales.

6.2. Nodos de la red según su tipología

La red de saneamiento está compuesta por **556 nodos**, entre los cuales se incluyen pozos, uniones y puntos de descarga. Estos elementos son clave para el mantenimiento y la inspección de la red.

Tipología de nodo	Cantidad
POZO	538
UNIÓN	15
DESCARGA	3

Tabla 3. Número de pozos según su tipología.

A pesar de que la red no dispone de ningún punto de vertido al medio, para la realización del presente estudio, se considerarán como puntos de vertido a medio los nodos de entronque entre la red de baja y la red de alta, dada su susceptibilidad de rebose y posterior vertido en aquellos casos en los cuales la red entre en carga.

6.3. Acometidas

El número total de acometidas disponibles para la realización del presente estudio es de 978, las cuales serán las encargadas de aportar el caudal en tiempo seco o aguas fecales a la red.

6.4. Sumideros y elementos de captación de pluviales

Actualmente, la red cuenta con un total de 9 sumideros existentes distribuidos en el ámbito de estudio,

7. CONDICIONANTES Y CRITERIOS ADOPTADOS EN EL PLAN

- Objetivo higienista en tiempo seco: garantizar que, a largo plazo, la red de saneamiento disponga de la capacidad suficiente para transportar y tratar el 100% de las aguas residuales generadas. Esto implica considerar las transformaciones urbanísticas, los cambios en los usos del suelo, el crecimiento poblacional y las variaciones estacionales.
- Objetivo anticontaminación en tiempo de lluvia (anti-DSS): asegurar que, durante los episodios pluviales, la red evite vertidos que superen la capacidad de tratamiento, protegiendo el medio receptor. Este objetivo se fundamenta en definir límites y medidas de control para mitigar la contaminación derivada de desbordamientos del sistema de saneamiento en tiempos de lluvia.

8. METODOLOGÍA DE ESTUDIO DEL RENDIMIENTO HIDRÁULICO

La metodología empleada para la elaboración del plan y para el cálculo del rendimiento hidráulico se fundamenta en un procedimiento organizado y secuencial. Este proceso comprende la recopilación y análisis de información disponible, el desarrollo de un modelo matemático representativo del funcionamiento de la red, su posterior calibración, la realización de un diagnóstico técnico del sistema y, finalmente, la definición de propuestas de actuación. A continuación, se detallan las principales fases que integran dicho procedimiento.

8.1. Migración de los datos

La fase inicial del trabajo se centró en la migración y organización de toda la información disponible hacia un entorno colaborativo de gestión de datos. Esta etapa resultó fundamental para asegurar la centralización de la información y facilitar el acceso al equipo técnico encargado del desarrollo del estudio.

La información incorporada incluyó datos relativos a la configuración y características de la red de saneamiento y registros de episodios de lluvia significativos. El proceso de integración de estos datos se realizó mediante herramientas SIG, principalmente QGIS y Giswater, que permitieron una adecuada estructuración, tratamiento y explotación de la información.

Se incorporaron a la base de datos del proyecto todos aquellos datos que son relevantes para el presente estudio. El resumen de los datos es el mostrado a continuación:

- Datos geométricos y de caracterización de la red.
- Datos de los diez episodios de lluvia representativos.
- Datos para la generación del caudal en tiempo seco.

8.2. Corrección topológica de la red

Una vez migrados los datos, se procedió a la comprobación y corrección topológica de los mismos.

Este paso fue crucial para poder garantizar la coherencia y continuidad de la red, lo cual es fundamental para la realización de simulaciones hidráulicas.

La corrección topológica se abordó desde dos perspectivas distintas:

- Falta de datos: durante la revisión se identificaron nodos a los que les faltaban datos de profundidad. Para solucionarlo, se utilizó la herramienta específica de interpolación de Giswater la cual permite interpolar datos partiendo de información conocida en dos nodos contiguos.
- Corrección de datos existentes: se detectaron errores en la digitalización de la red, con tramos a los que les faltaba un nodo extremal. Este hecho, de vital importancia en la topología de redes, se corrigió con la

herramienta de Giswater “Construir nodos utilizando vértices de inicio y fin de arco” permitiendo crear todos aquellos nodos faltantes y que son necesarios para poder dar continuidad a la red.

Para determinar la existencia de tramos a los que les falta algún nodo extremal, Giswater dispone de las Dwfzone o zonas de drenaje en tiempo seco. A través de su gestor de zonas del mapa muestra en un listado todas las zonas de drenaje en tiempo seco del proyecto, facilitando la identificación de tramos con problemas de conectividad.

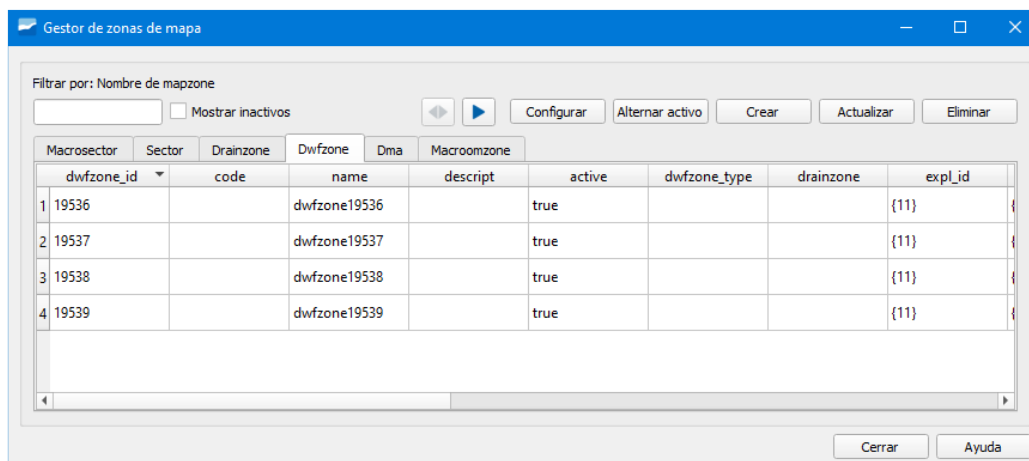


Imagen 3. Gestor de zonas del mapa de Giswater en el que se muestran todas las Dwfzone de Peraleda de la Mata.

Gracias a esta herramienta es posible analizar la red partiendo de los nodos establecidos como puntos de vertido al medio. Para trabajar con ellas, primero se crean y configuran las dwfzone, especificando el punto de vertido respecto del cual se calculará. La ventana de creación de las dwfzone se muestra en la siguiente imagen.

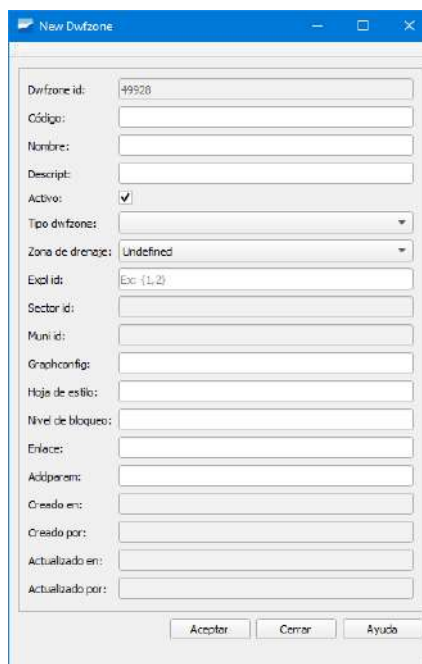


Imagen 2. Ventana de creación de dwfzone.

Una vez creadas y configuradas todas las dwfzone, se ejecutó la herramienta que las calcula. El algoritmo recorre la red desde los puntos especificados como puntos de vertido hacia aguas arriba, de tal manera que al finalizar se representa un buffer alrededor de las canalizaciones de la red. Si la red es continua, el análisis se realiza hasta el nodo de cabecera y se observa que todas las canalizaciones tienen representado un buffer. En el caso de que no exista continuidad, el análisis se detiene y se observa que existen canalizaciones sin buffer. Ante estas situaciones, se analiza el motivo de la discontinuidad y se corrige. La siguiente imagen muestra una dwfzone, donde el buffer dibujado alrededor de la canalización representa toda la zona que vierte a uno de los nodos de estudio.



Imagen 5. Ejemplo de dwfzone. El buffer dibujado alrededor de la canalización representa toda la zona que vierte a uno de los nodos de estudio.

En aquellos casos en los que se encontraron tramos sin nodos extremales, se utilizó la herramienta “Construir nodos utilizando vértices de inicio y fin de arco” de Giswater para generar nodos en los extremos de los arcos en los que falta un nodo. En la siguiente imagen se muestra la ventana del proceso.

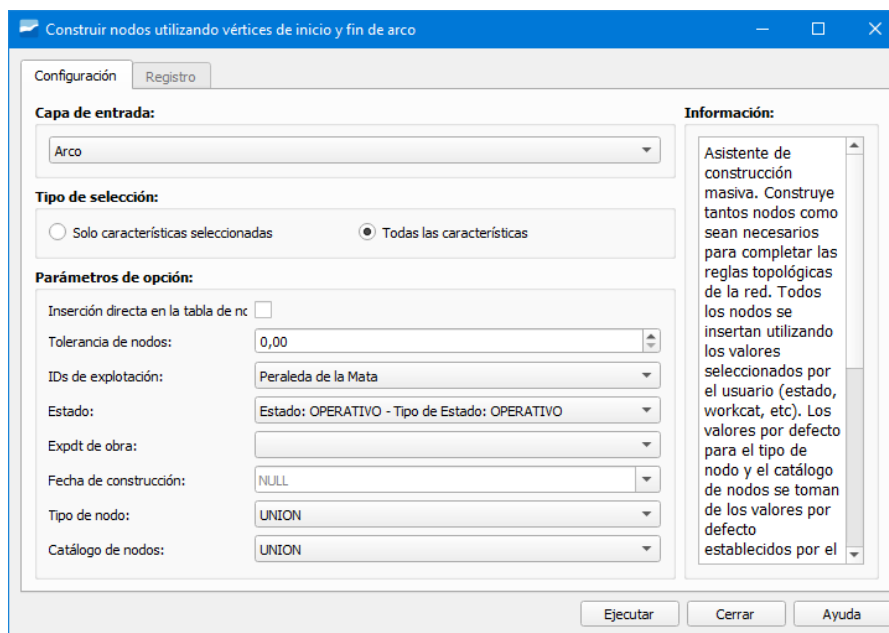


Imagen 3. Herramienta Construir nodos utilizando vértices de inicio y fin de arco.

8.3. Caracterización de las cuencas hidrográficas

La caracterización de las cuencas hidrográficas fue un paso esencial para el análisis del rendimiento hidráulico ya que a través de ellas se aporta el agua a la red. En este sentido, hay que tener en cuenta que para el cálculo del rendimiento hidráulico tenemos que calcular volúmenes de aguas residuales y de pluviales, lo cual dará lugar a tener cuencas hidrográficas tanto de residuales como de pluviales.

Por ello, la caracterización consistió en obtener dichas cuencas de residuales y de pluviales mediante la utilización de distintas herramientas disponibles en QGIS. En concreto, se utilizó el proceso de polígonos de Voronoi, los cuales representan la superficie de agua recogida que va a parar a un pozo concreto.

- Cuencas de residuales: Las cuencas de residuales corresponden a las áreas de aportación asociadas exclusivamente a las redes fecales, sin contribución directa de escorrentía pluvial.

Para su delimitación en el ámbito de estudio se utilizaron herramientas disponibles en QGIS, tomando como base la capa de nodos de la red y considerando aquellos incluidos dentro de las zonas de drenaje. A partir de esta información se generaron los polígonos de Voronoi, permitiendo definir las áreas de influencia vinculadas a cada nodo y, por tanto, las correspondientes cuencas de residuales.

Con el fin de determinar los caudales de aguas residuales aportados a la red, se emplearon los datos de consumo de agua potable asociados a las acometidas existentes. Posteriormente, mediante el geoproceto “Unir atributos por localización” de QGIS, dichos caudales fueron asociados a las cuencas de residuales previamente definidas. La Imagen X muestra la representación de las áreas de influencia

generadas para los nodos de la red, así como la delimitación de las correspondientes cuencas de residuales.



Imagen 7. Subcuencas residuales del área de estudio.

- Cuencas de pluviales: Las cuencas de pluviales son aquellas que recogen el agua procedente de la lluvia. Para su delimitación se emplearon polígonos de Voronoi, permitiendo definir las áreas de aportación hacia los distintos elementos de la red de saneamiento.
Este procedimiento permitió una caracterización adecuada de las superficies que aportan caudal pluvial a la red de saneamiento.
Las cuencas de drenaje obtenidas pueden consultarse en el Plano 5, donde se representan las áreas correspondientes a las aportaciones de aguas pluviales.



Imagen 8. Subcuencas pluviales del área de estudio.

8.4. Determinación de la precipitación

El municipio de Peraleda de la Mata presenta un clima mediterráneo continentalizado, característico del noreste de la provincia de Cáceres y condicionado por la influencia de la cuenca del Tajo y la orografía del entorno. Las precipitaciones se concentran principalmente durante los meses de otoño e invierno, mientras que el periodo estival se caracteriza por una notable reducción de las lluvias y episodios frecuentes de sequía. Las temperaturas presentan una marcada variación estacional, con veranos calurosos y secos e inviernos suaves, propios del clima interior de Extremadura. Estas condiciones climáticas influyen de manera directa en el comportamiento hidráulico de la red de saneamiento, especialmente durante episodios de lluvia intensa de corta duración, habituales en determinadas épocas del año.

Este apartado tiene como finalidad la generación de una serie de lluvias sintéticas estocásticas destinadas a la modelación hidrológica del sistema de drenaje, escorrentía superficial y evaluación hidráulica, en cumplimiento de los criterios establecidos en el Real Decreto 665/2023 y de las metodologías habitualmente utilizadas en hidrología aplicada.

La simulación de episodios de precipitación constituye una herramienta fundamental en los estudios hidrológicos modernos, especialmente en aquellos relacionados con:

- Análisis de escorrentía superficial.
- Dimensionamiento de infraestructuras hidráulicas.
- Evaluación de inundabilidad.
- Modelación de cuencas urbanas y rurales.
- Estudios de drenaje sostenible.

- Cálculo de caudales punta.
- Validación de modelos hidrológicos e hidráulicos.

En numerosos casos, los registros pluviométricos históricos disponibles no presentan una resolución temporal adecuada o no contienen suficientes eventos representativos para realizar simulaciones robustas. Por este motivo, resulta necesario generar hietogramas sintéticos capaces de reproducir de forma estadísticamente coherente la variabilidad temporal de la lluvia real, manteniendo simultáneamente las restricciones hidrológicas definidas por las curvas IDF (Intensidad–Duración–Frecuencia) y por la precipitación diaria de diseño (PD24).

Para este estudio se han utilizado los datos pluviométricos de la estación de Navalморal de la Mata de la AEMET de los últimos seis años obteniendo, tal y como se menciona en el Real Decreto, el percentil 80 (de aquí en adelante, Pd80) para cada año, siendo los resultados los mostrados en la siguiente tabla.

Año	Pd80
2020	8,68
2021	13,36
2022	11,8
2023	11,6
2024	12,68
2025	12,8

Tabla 4. Percentil 80 de cada año.

El valor de precipitación diaria de diseño que se ha utilizado corresponde a la media de las Pd80 mostradas en la tabla anterior, obteniendo un resultado de 11,82 mm.

Dado que para la generación de las diez lluvias sintéticas estocásticas se necesitan valores de IDF, se ha utilizado un valor de 13 mm/h utilizando un intervalo temporal discreto de 10 minutos.

La discretización temporal a intervalos de 10 minutos permite reproducir de manera suficientemente precisa la dinámica temporal de los episodios de precipitación, capturando adecuadamente los máximos de intensidad instantánea y los cambios intraevento relevantes para los modelos hidrológicos distribuidos y semidistribuidos.

El procedimiento aplicado incorpora un enfoque estocástico basado en generación aleatoria controlada, permitiendo obtener múltiples realizaciones posibles de lluvia compatibles con las restricciones hidrológicas del emplazamiento de estudio. Este enfoque resulta especialmente útil para:

- Análisis de sensibilidad.
- Simulaciones Monte Carlo.
- Estudios probabilísticos.
- Evaluación de incertidumbre hidrológica.
- Análisis de resiliencia hidráulica frente a eventos extremos.

Las lluvias generadas no pretenden reproducir eventos históricos concretos, sino representar posibles distribuciones temporales realistas de precipitación compatibles con:

- El volumen total diario de precipitación.
- La intensidad máxima admisible derivada de la curva IDF.
- La continuidad temporal de los eventos.
- La naturaleza intermitente característica de la precipitación convectiva mediterránea e ibérica.

Para garantizar dicha coherencia física e hidrológica, la generación de intensidades se ha realizado mediante distribuciones Gamma truncadas, ampliamente utilizadas en hidrología debido a su capacidad para representar adecuadamente distribuciones asimétricas positivas típicas de la precipitación. Además, el proceso incorpora restricciones explícitas de intensidad máxima para asegurar el cumplimiento del límite establecido por la curva IDF.

El resultado final consiste en la obtención de diez hietogramas sintéticos independientes, cada uno de ellos compuesto por 144 intervalos temporales de 10 minutos correspondientes a un periodo total de 24 horas. Cada serie generada mantiene:

El mismo volumen total diario.

Variabilidad temporal propia.

- Diferente distribución espacial de intensidades.
- Distinta configuración de bloques de precipitación.

De este modo, el conjunto de lluvias sintéticas generado proporciona una base robusta y estadísticamente consistente para la realización de simulaciones hidrológicas avanzadas, permitiendo evaluar el comportamiento hidráulico de los sistemas analizados bajo múltiples configuraciones temporales de precipitación compatibles con las condiciones de diseño establecidas.

A continuación, se muestra el resumen estadístico de las diez lluvias generadas, así como los gráficos de cada hietograma (10 min) y la acumulada donde, para cada lluvia, se muestra información sobre el número de intervalos lluviosos, el número de bloques que constituye la lluvia, así como la precipitación máxima en mm/10 min y la intensidad máxima en mm/h.

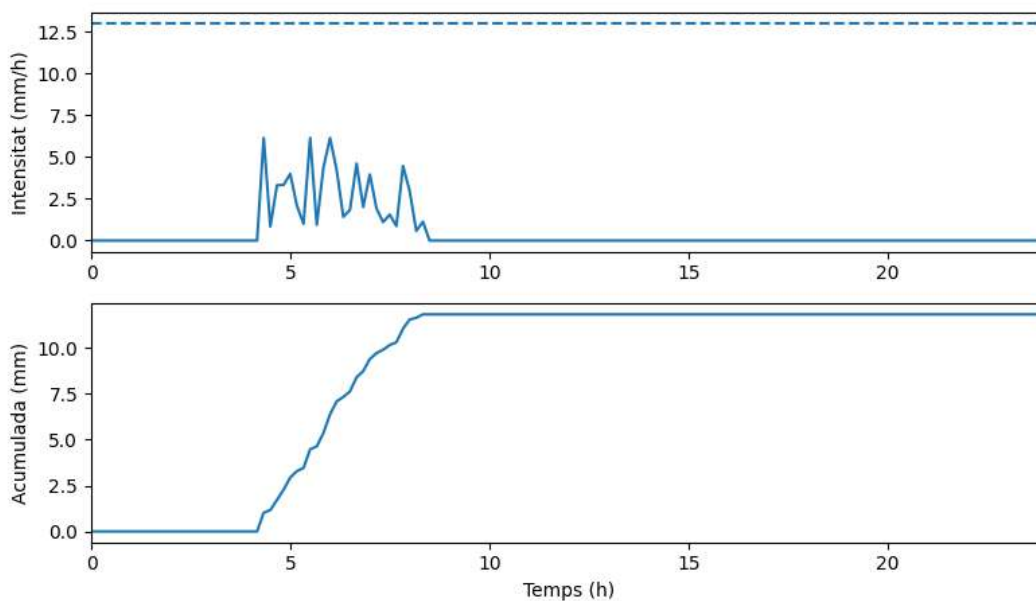
Lluvia	Intervalos lluviosos	% intervalos lluviosos	Bloques	Inicio lluvia	Lluvia	Pmax (mm/10min)	Imax (mm/h)
Pluja_01	25	17.36	1	04:20	08:20	1,023	6,138
Pluja_02	35	24.31	1	17:50	23:30	0,765	4,59
Pluja_03	33	22.92	2	00:50	17:20	0,84	5,04
Pluja_04	30	20.83	1	08:20	13:10	0,857	5,142
Pluja_05	34	23.61	2	12:20	22:30	0,634	3,804
Pluja_06	29	20.14	2	00:30	16:50	1,099	6,594

Pluja_07	38	26.39	2	02:00	16:30	0,666	3,996
Pluja_08	29	20.14	2	10:20	21:40	0,7	4,2
Pluja_09	21	14.58	1	12:50	16:10	1,394	8,364
Pluja_10	22	15.28	1	09:30	13:00	1,194	7,164

Tabla 5. Resumen de las diez lluvias.

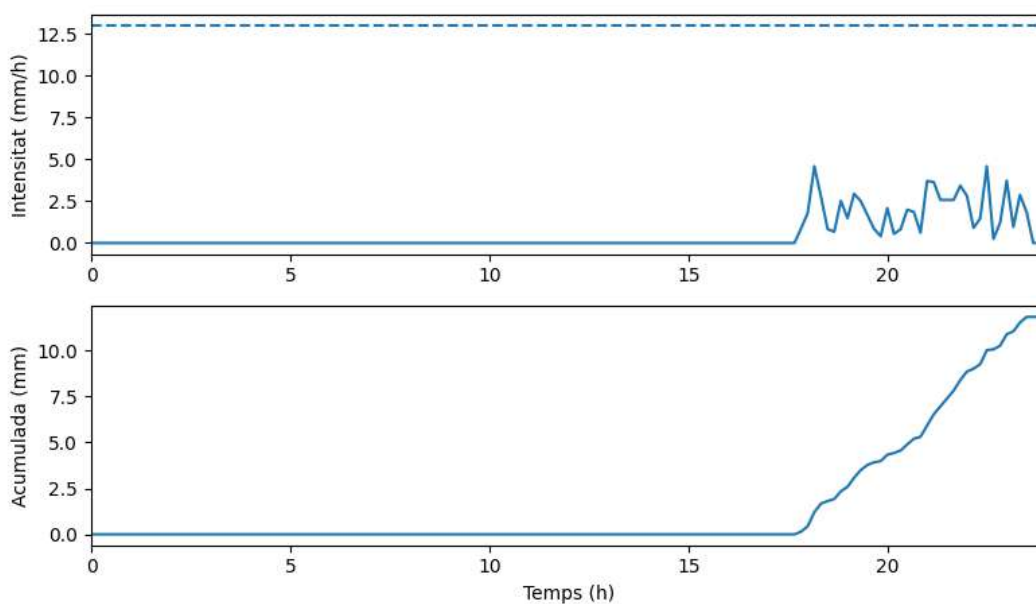
Lluvia 1:

Pluja 01 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



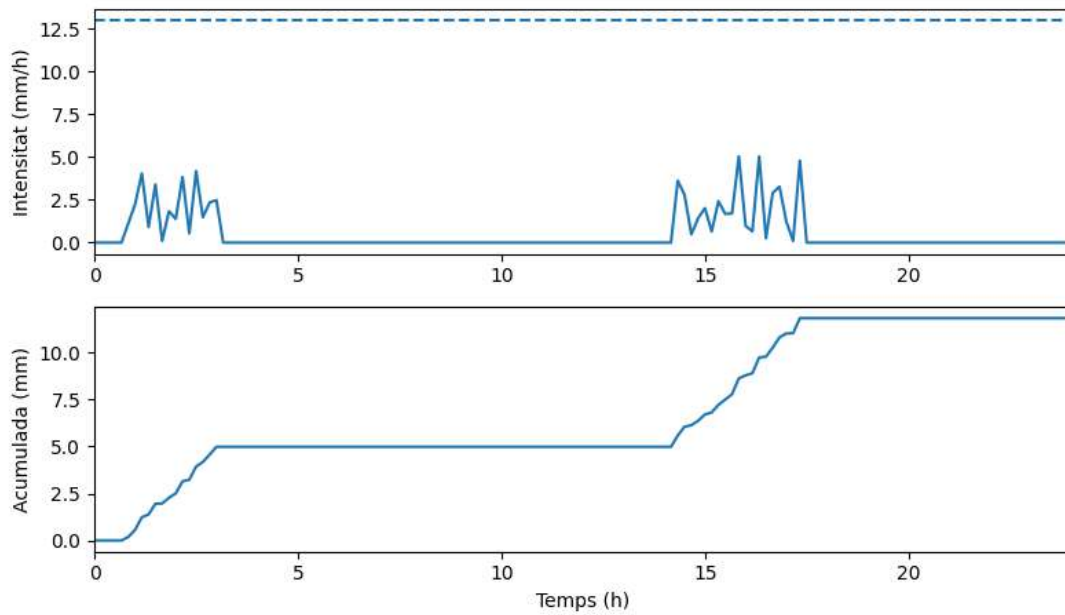
Lluvia 2:

Pluja 02 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



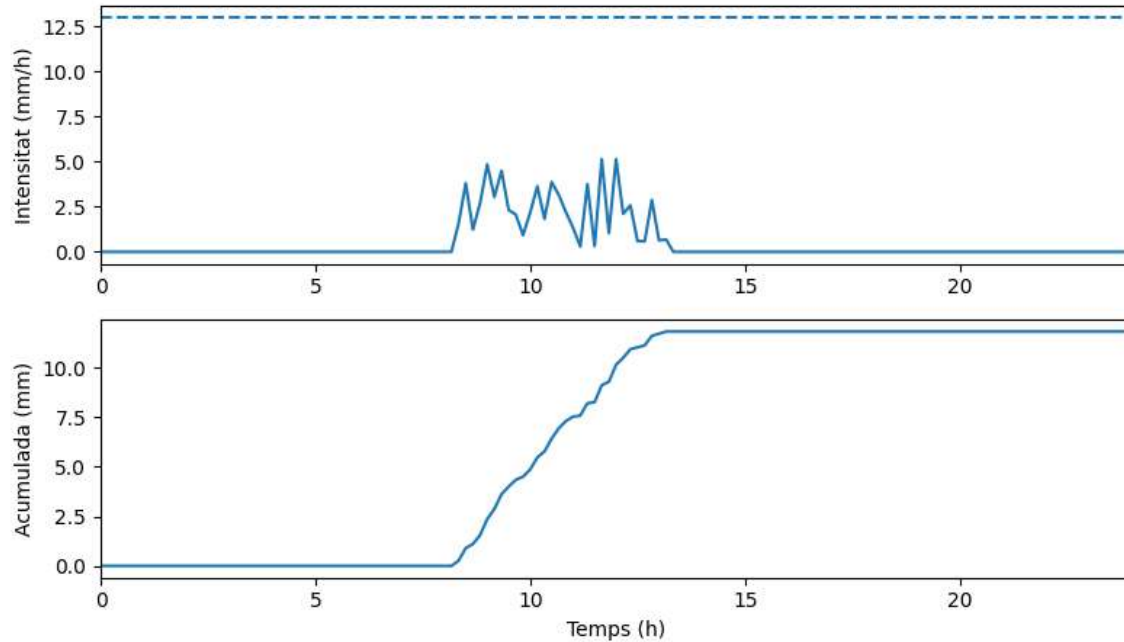
Lluvia 3:

Pluja 03 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



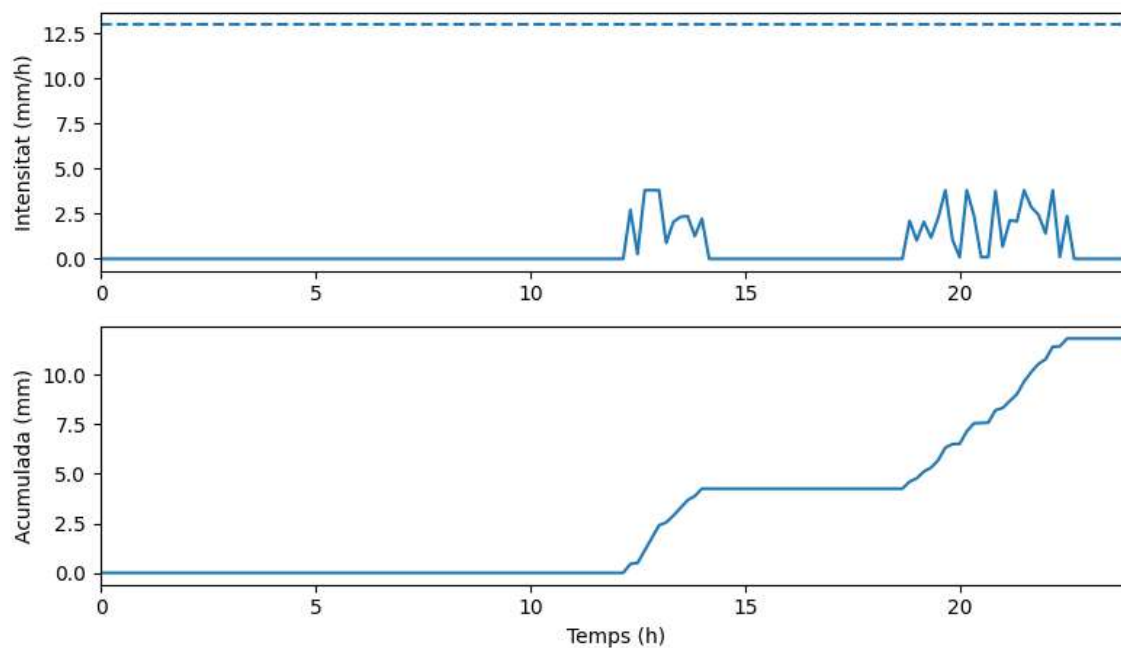
Lluvia 4:

Pluja 04 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



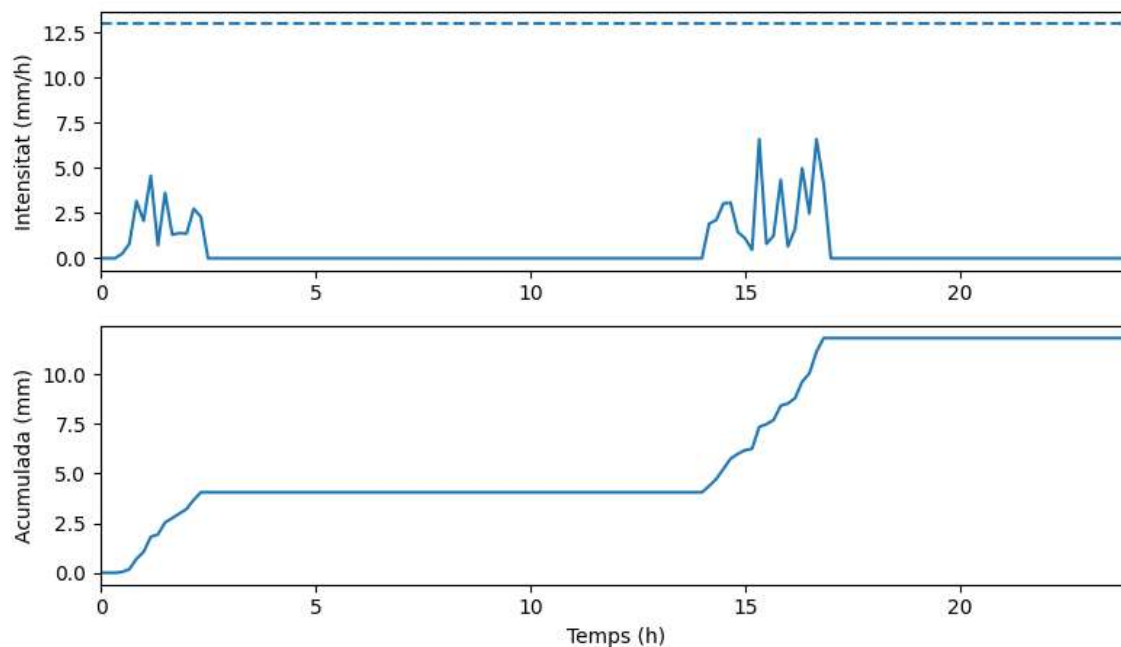
Lluvia 5:

Pluja 05 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



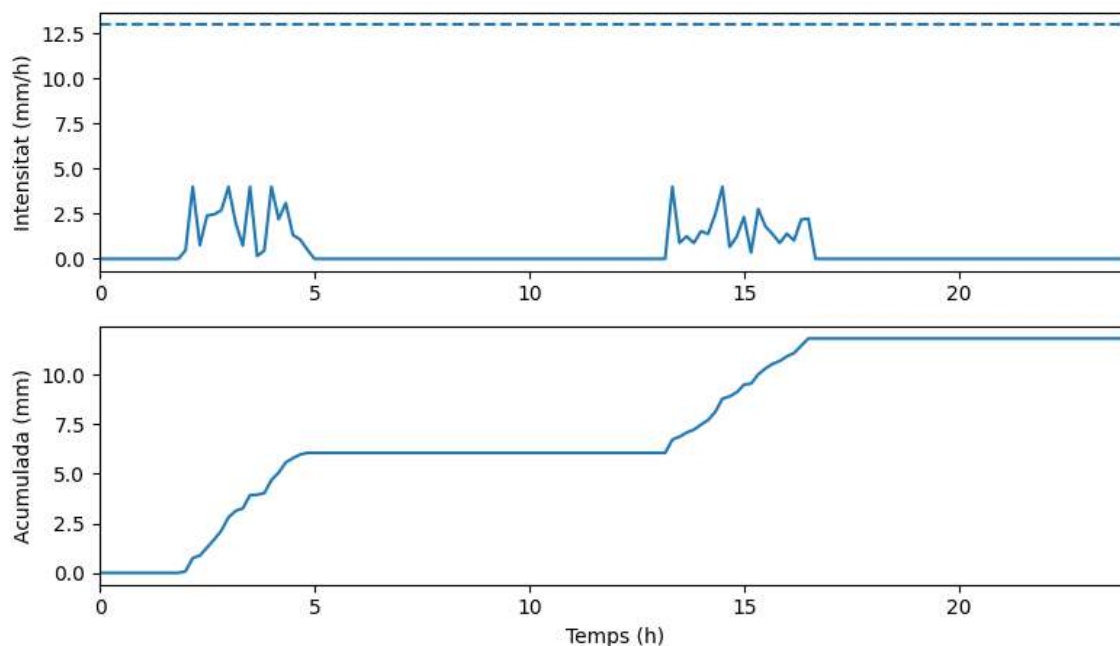
Lluvia 6:

Pluja 06 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



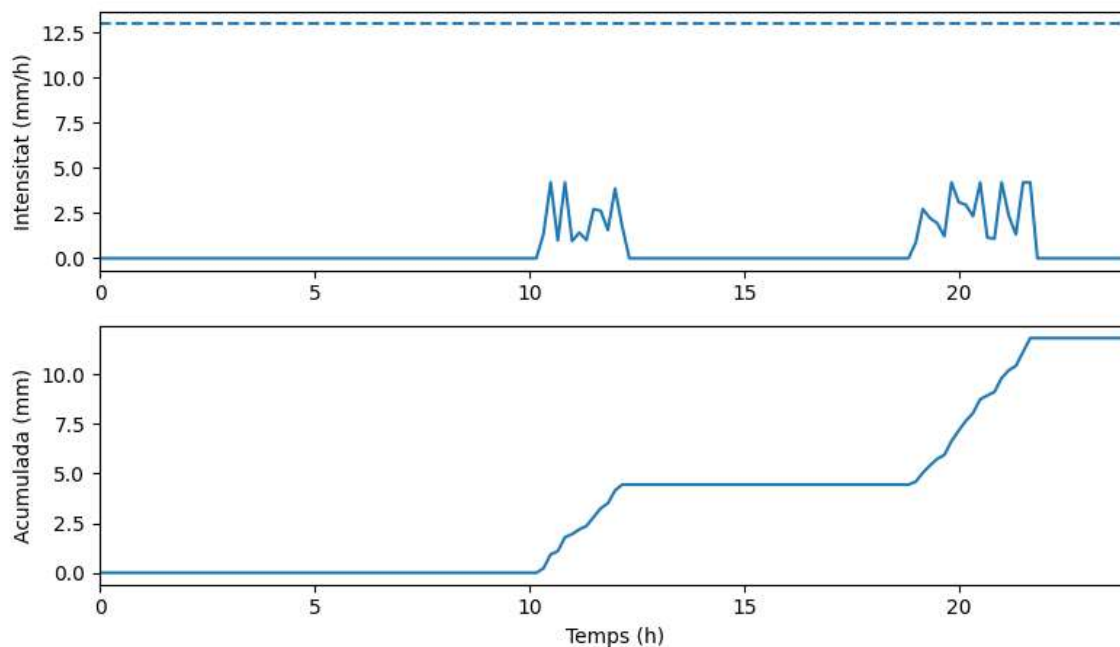
Lluvia 7:

Pluja 07 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



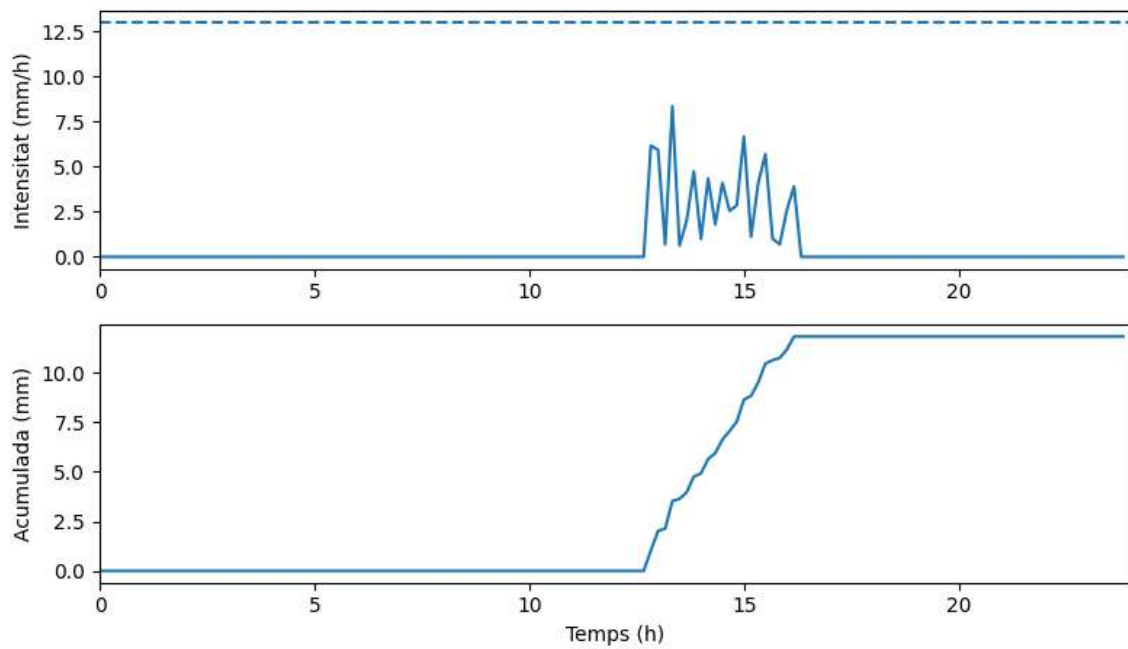
Lluvia 8:

Pluja 08 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



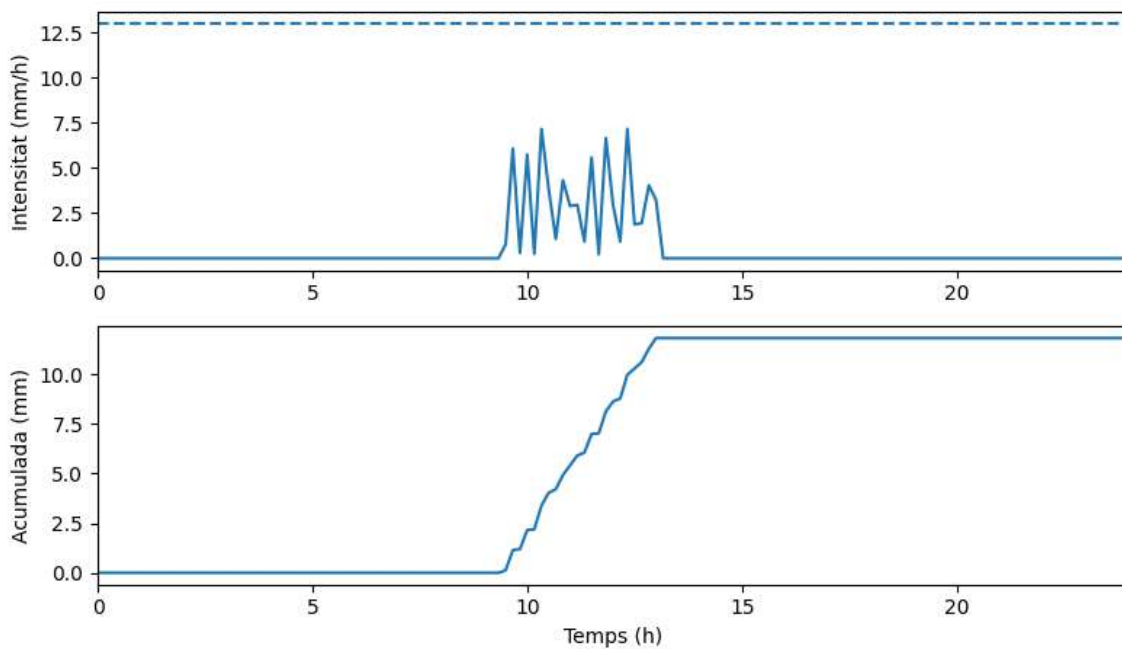
Lluvia 9:

Pluja 09 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Lluvia 10:

Pluja 10 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



8.5. Modelización hidrológico-hidráulica y determinación del rendimiento hidráulico (RH)

La última fase consistió en la modelización hidrológico-hidráulica del sistema de saneamiento. Para ello, se requirieron tres conjuntos de datos fundamentales:

- Datos del sistema de saneamiento y geometría de las zonas de drenaje obtenida del GIS.
- Datos de episodios de lluvia con los diez eventos representativos introducidos en el GIS en formato tabular.
- Polígonos de Voronoi que representan las subcuencas y que se han obtenido mediante el método descrito en el apartado 1.8.3 Caracterización de las cuencas hidrográficas.

8.5.1. Procedimiento de cálculo

El procedimiento llevado a cabo para el cálculo fue:

- Sistema de saneamiento: se procesaron los datos de los puntos de vertido al alta y las zonas de drenaje con geometría GIS.
- Cuencas hidrográficas: se calcularon las áreas impermeables mediante la intersección de los polígonos de Voronoi obtenidos en la caracterización de las cuencas de pluviales con las capas de usos del suelo SIOSE, litología y modelo digital de elevaciones, todas ellas procedentes del centro de descargas del IGN. En la imagen mostrada más abajo se puede observar el flujo de trabajo utilizado en el cálculo de las áreas impermeables.
- Episodios de lluvia: se utilizaron los diez eventos pluviométricos detallados en el apartado anterior.

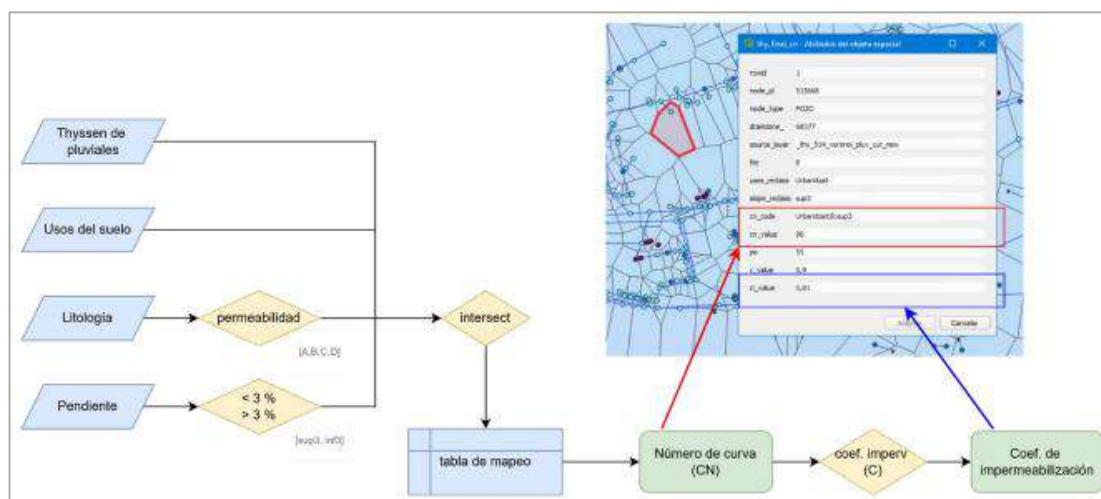


Imagen 9. Proceso esquematizado del cálculo del coeficiente de impermeabilización.

8.5.2. Cálculo del rendimiento hidráulico

Para poder determinarlo se utilizó la metodología simplificada descrita en el RD, desarrollando un algoritmo que, para cada punto de vertido y cada paso temporal de lluvia, calculó:

- Parámetros hidrológicos por zona de drenaje:
 - Área de Voronoi.
 - Área impermeable equivalente.
 - Coeficiente de escorrentía promedio.
- Simulación hidráulica:

El algoritmo integró en tiempo real:

- Escorrentía generada.
- Caudal residual sanitario.

Se calculó el rendimiento hidráulico promedio por aliviadero para cada episodio pluviométrico, permitiendo:

- Evaluar el cumplimiento del RD 665/2023.
- Identificar puntos críticos en la red.
- Validar la capacidad real del sistema frente a eventos extremos.

Esta metodología integra por primera vez en el proceso:

- La caracterización dinámica de cuencas mediante Voronoi.
- El tratamiento espacial explícito de la impermeabilidad.
- La verificación in situ de parámetros hidráulicos.
- La validación multi escenario con eventos pluviométricos reales.

Los resultados permitieron obtener una matriz de rendimiento hidráulico espacio temporal que cumple con los requerimientos normativos y sirve como base para mejora de la red.

9. DIAGNOSTICO DE LA RED

El estado técnico y operativo de la red se evaluó mediante un análisis integral basado en la información digital disponible en el entorno GIS. Para ello, se adoptó un enfoque digital orientado a la depuración y corrección topológica de la red, garantizando una representación coherente y fiable de su funcionamiento. Este análisis incluyó la verificación de la continuidad de los elementos, la identificación de inconsistencias en la digitalización y la comparación de la información integrada con los parámetros de diseño previstos.

A través de la corrección topológica se detectaron y resolvieron errores tales como tramos sin nodos extremales y nodos a los que les faltaban datos. Estas acciones permitieron crear un modelo matemático que refleja el funcionamiento real de la red. El algoritmo de red desarrollado procesa estos datos para simular el comportamiento hidráulico del sistema, evaluando cómo se evacúa el caudal en cada tramo y detectando, en caso de existir, la generación de vertidos.

Este enfoque ha permitido obtener una evaluación del estado de la red. La integración de la información geométrica y operativa en el sistema GIS, junto con el modelado matemático, garantiza que se identifiquen las áreas críticas y se establezcan las bases para planificar intervenciones correctivas futuras. De esta forma, se asegura que la red cumpla con los objetivos de transporte y tratamiento de las aguas residuales, así como con la protección del medio receptor, sin depender de métodos de inspección física.

10. DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE BAJA

10.1. Tiempo seco o consumo de aguas residuales

Para el cálculo de los caudales en tiempo seco se ha utilizado información procedente de los registros de consumo disponibles, garantizando la coherencia entre los valores modelizados y las condiciones reales de explotación del sistema.

En primer lugar, se han asignado los consumos correspondientes al año 2025 a los nodos del modelo, generando los valores de Dry Weather Flow (DWF) partiendo de la base de datos del área comercial.

Para la correcta propagación temporal de los consumos, se ha aplicado una curva de modulación tipo, la cual permite distribuir los caudales medios diarios a lo largo del día. Dicha curva se ha definido a partir del patrón representado en la figura de referencia, reproduciendo el comportamiento horario característico de los consumos en el ámbito de estudio.

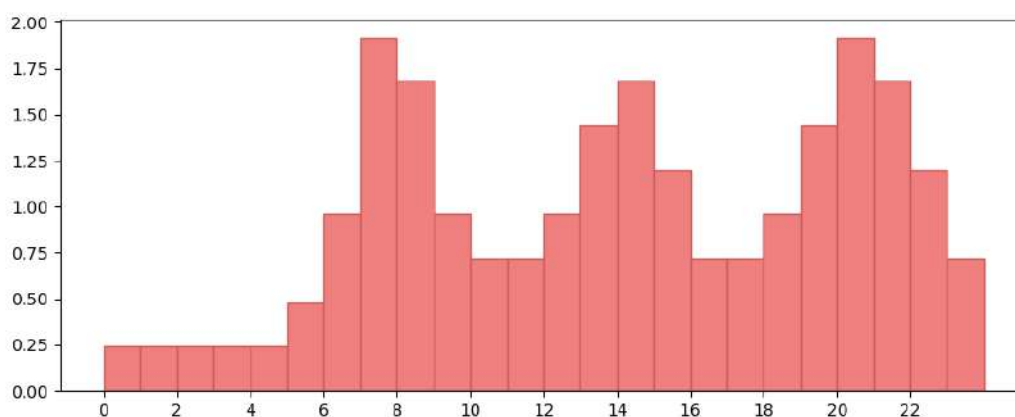


Imagen 10. Curva de modulación tipo para consumos de agua.

10.2. Tiempo de lluvia

La metodología utilizada para el cálculo de los caudales asociados a los episodios de lluvia se basa en la definición de polígonos de Thiessen para cada pozo de la red.

Como hipótesis inicial se ha fijado de forma homogénea un valor de a a través de una ortofotografía en todas las zonas de drenaje, en función del uso del suelo. Esta aproximación inicial permite establecer una base común de cálculo para la generación de escorrentía pluvial.

Cálculo para el diagnóstico de la red y rendimiento hidráulico de lluvia

En condiciones de lluvia ordinaria, se ha analizado el comportamiento de la red frente a los aportes de aguas pluviales (DSS) al sistema de saneamiento. El objetivo del análisis es evaluar la capacidad de la red para gestionar los caudales generados en el ámbito de estudio, considerando tanto los aportes de aguas residuales en tiempo seco como las aportaciones de escorrentía en episodios de lluvia.

En el presente proyecto no se dispone de aliviaderos, por lo que el diagnóstico del sistema se centra en la evaluación del rendimiento hidráulico asociado a los puntos de conexión que vierten directamente al colector principal. De este modo, el análisis se simplifica a un único punto representativo del comportamiento global del sistema, considerando la totalidad de las aportaciones recogidas en el ámbito de estudio.

El rendimiento hidráulico se ha determinado conforme al enfoque establecido en el RD 665/2023 para redes de saneamiento y drenaje urbano. En este contexto, el rendimiento hidráulico se entiende como la capacidad del sistema para gestionar adecuadamente los caudales generados en el área de estudio para una precipitación de cálculo, incluyendo los aportes de aguas residuales en tiempo seco y las aguas pluviales asociadas.

Dicho rendimiento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\eta_{HID} = \frac{V_{Infiltrado} + V_{Gestionado\ en\ la\ EDAR}}{V_{Precipitación} + V_{Agua\ residual\ doméstica}} = \frac{V_{Infiltrado} + V_{Gestionado\ en\ la\ EDAR}}{V_{Infiltrado} + V_{Escorrentía} + V_{Agua\ residual\ doméstica}}$$

El procedimiento seguido para el cálculo del diagnóstico se basa en las siguientes fases:

- Caracterización del sistema de saneamiento y de las cuencas hidrográficas.
- Determinación de la precipitación de cálculo.
- Modelización hidrológico-hidráulica del sistema y evaluación del rendimiento hidráulico en el punto de conexión considerado.

10.3. Resultados del rendimiento hidráulico del punto de conexión.

El sistema se organiza en base a tres zonas de tiempo seco (dwfzones) que conectan con el interceptor en alta.

Dado que la que las tres conexiones se realizan sin alivio, el rendimiento hidráulico de todas es 1, tal y como se muestra la tabla adjunta:

DRAINZONE	OUTFALL	NUM. CONNEC	AREA TOTAL	AREA IMP.	COEFF	CAL_AREA	CAL_COEF	KM RED	VOL RES	VOL RAINFALL	VOL TOTAL	VOL PLUVIAL	VOL INFILTRADO	VOL EDAR	VOL TRATADO	RH
19537	17328	281	215.574,94	119.428,89	0,55	119.428,89	0,55	7,619	126,45	3.233,62	3.360,07	1.791,43	1.442,19	1.917,88	3.360,07	1,00
19538	19253	2	11.741,13	2.920,20	0,25	2.920,20	0,25	0,358	0,90	176,12	177,02	43,80	132,31	44,70	177,02	1,00
19539	19254	695	230.340,00	136.321,01	0,59	136.321,01	0,59	7,476	312,75	3.455,10	3.767,85	2.044,82	1.410,28	2.357,57	3.767,85	1,00
TOTAL		978,00	457.656,07	258.670,10		258.670,10		15,45	440,10	6.864,84	7.304,94	3.880,05	2.984,79	4.320,15	7.304,94	

Tabla 6. Resultado RH.

11. MODELIZACIÓN EN SWMM

La modelización hidráulica de la red se realizó mediante el software SWMM, con el objetivo de analizar el comportamiento de la red de saneamiento frente a distintos escenarios de aportación residual y pluvial. Dado que no se disponía de información suficiente de la red en alta, el modelo se centró exclusivamente en la red de baja, incorporando los colectores, nodos y elementos hidráulicos disponibles.

El modelo se construyó a partir de la información topológica previamente depurada y de los caudales asignados a las distintas cuencas de residuales y pluviales. De esta forma, fue posible simular la circulación de caudales a lo largo de la red y evaluar su respuesta hidráulica ante diferentes episodios de lluvia.

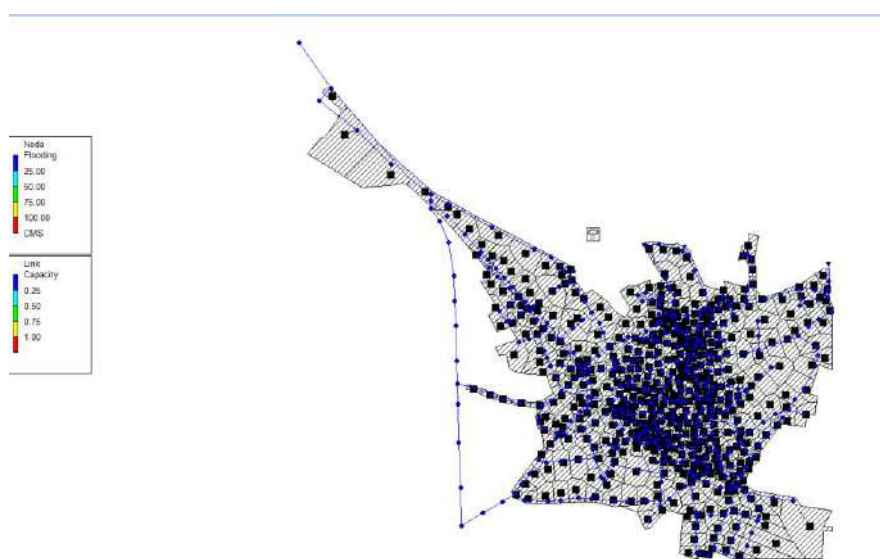


Imagen 11. Modelación en SWMM.

12. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS SIN CONECTAR

En el ámbito de estudio de este PIGSS, no se han identificado puntos de vertido directo al medio natural ni elementos que no dispongan de conexión a la red de saneamiento existente. La totalidad de los caudales generados en el municipio se encuentran recogidos e integrados en el sistema de saneamiento, con conexiones directas al colector principal.

En consecuencia, no existen edificaciones, instalaciones o zonas que requieran su incorporación al sistema en el marco del presente análisis, al no detectarse deficiencias en la cobertura de la red dentro del ámbito estudiado.

Este resultado se ha obtenido a partir de la información disponible de la infraestructura existente y su integración dentro del modelo de análisis hidráulico del sistema.

13.MANTENIMIENTO DE LAS REDES

En el marco de la elaboración del presente PIGSS, y a partir de la información disponible y de los análisis realizados, se considera que la red de saneamiento objeto de estudio presenta un funcionamiento globalmente adecuado. No se han identificado incidencias relevantes asociadas a deficiencias estructurales o hidráulicas, ni afecciones significativas derivadas de la operación habitual del sistema.

Asimismo, se ha constatado que la totalidad de los caudales generados en el ámbito analizado son recogidos y conducidos hacia el colector principal, sin detectarse puntos de vertido directo al medio natural ni desconexiones relevantes de la red.

No obstante, y con el objetivo de mantener y mejorar las condiciones de funcionamiento del sistema a largo plazo, se considera conveniente continuar con las labores de mantenimiento, inspección y renovación progresiva de aquellos tramos de red que, debido a su antigüedad o estado de conservación, puedan requerir actuaciones futuras. Del mismo modo, se seguirá trabajando en la optimización del comportamiento hidráulico de la red y en la reducción de aportes no deseados al sistema de saneamiento.

14. CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

En términos generales, el diagnóstico realizado ha permitido identificar el estado hidráulico y funcional de la red de saneamiento, detectándose diversos tramos con limitaciones de capacidad que generan situaciones de sobrecarga y desbordamiento durante determinados episodios de lluvia. La modelización hidráulica desarrollada ha permitido localizar los principales puntos críticos de la red y evaluar su comportamiento frente a distintos escenarios.

15. ACTUACIONES

A partir de los resultados obtenidos en la modelización hidráulica de la red de baja, se identificaron diversos tramos con limitaciones de capacidad hidráulica, especialmente en zonas donde se generan cuellos de botella que provocan sobrecargas y episodios de desbordamiento durante los eventos de lluvia analizados.

La principal actuación propuesta consiste en la ampliación de diámetros en aquellos colectores que presentan insuficiencia hidráulica, con el objetivo de mejorar la capacidad de transporte de la red y reducir el riesgo de alivios y vertidos. Estas actuaciones permitirán optimizar el funcionamiento global del sistema, favoreciendo una evacuación más eficiente de los caudales residuales y pluviales.

Asimismo, se recomienda mantener un programa continuo de inspección y mantenimiento de la red, prestando especial atención a los puntos identificados como críticos en la modelización.

16. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN

El presente PIGSS se concibe como un instrumento técnico dinámico, susceptible de ser revisado y actualizado en función de la evolución del sistema de saneamiento y de las condiciones de explotación del ámbito de estudio. En este sentido, se establece la necesidad de una actualización periódica del documento, con el objetivo de incorporar nueva información derivada de la operación real de la red, así como de futuras campañas de inspección, modelización o mejora de la información disponible.

Esta revisión permitirá ajustar los resultados del diagnóstico y de la modelización hidráulica a la realidad operativa del sistema, incorporando posibles modificaciones en la infraestructura, nuevos desarrollos urbanísticos o mejoras en la información de base. Asimismo, facilitará la adaptación del plan a posibles cambios normativos o criterios técnicos que puedan surgir, garantizando así la vigencia y utilidad del PIGSS como herramienta de apoyo a la gestión y a la toma de decisiones en materia de saneamiento

17.PRESUPUESTO

El presupuesto de actuaciones para este plan integral del sistema de saneamiento de Peraleda asciende a la cantidad de 1.623.581, 80 €

18. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en el presente diagnóstico constituyen una base técnica de apoyo para la toma de decisiones en materia de planificación, gestión y mejora de la red de saneamiento, permitiendo priorizar futuras actuaciones conforme a las necesidades hidráulicas detectadas y a los criterios establecidos en el RD 665/2023. Asimismo, el análisis desarrollado facilita la identificación de puntos críticos y proporciona una herramienta objetiva para la programación de inversiones y la mejora progresiva del funcionamiento del sistema.

ANEJOS



Anejo 1. Lluvias de diseño

ANEJO NUM.1
LLUVIAS DE DISEÑO

El presente anejo tiene como finalidad la generación de una serie de lluvias sintéticas estocásticas destinadas a la modelación hidrológica de sistemas de drenaje, escorrentía superficial y evaluación hidráulica, en cumplimiento de los criterios establecidos en el Real Decreto 655/2023 y de las metodologías habitualmente utilizadas en hidrología aplicada.

La simulación de episodios de precipitación constituye una herramienta fundamental en los estudios hidrológicos modernos, especialmente en aquellos relacionados con:

- análisis de escorrentía superficial,
- dimensionamiento de infraestructuras hidráulicas,
- evaluación de inundabilidad,
- modelación de cuencas urbanas y rurales,
- estudios de drenaje sostenible,
- cálculo de caudales punta,
- y validación de modelos hidrológicos e hidráulicos.

En numerosos casos, los registros pluviométricos históricos disponibles no presentan una resolución temporal adecuada o no contienen suficientes eventos representativos para realizar simulaciones robustas. Por este motivo, resulta necesario generar hietogramas sintéticos capaces de reproducir de forma estadísticamente coherente la variabilidad temporal de la lluvia real, manteniendo simultáneamente las restricciones hidrológicas definidas por las curvas IDF (Intensidad–Duración–Frecuencia) y por la precipitación diaria de diseño (PD24).

En este estudio se ha considerado una precipitación diaria de diseño:

$$PD24 = 11.82 \text{ mm}$$

y una intensidad máxima asociada a la curva IDF de:

$$IDF = 13 \text{ mm/h}$$

utilizando un intervalo temporal discreto de:

$$\Delta t = 10 \text{ min}$$

La discretización temporal a intervalos de 10 minutos permite reproducir de manera suficientemente precisa la dinámica temporal de los episodios de precipitación, capturando adecuadamente los máximos de intensidad instantánea y los cambios intraevento relevantes para los modelos hidrológicos distribuidos y semidistribuidos.

El procedimiento aplicado incorpora un enfoque estocástico basado en generación aleatoria controlada, permitiendo obtener múltiples realizaciones posibles de lluvia compatibles con las restricciones hidrológicas del emplazamiento de estudio. Este enfoque resulta especialmente útil para:

- análisis de sensibilidad,
- simulaciones Monte Carlo,

- estudios probabilísticos,
- evaluación de incertidumbre hidrológica,
- y análisis de resiliencia hidráulica frente a eventos extremos.

Las lluvias generadas no pretenden reproducir eventos históricos concretos, sino representar posibles distribuciones temporales realistas de precipitación compatibles con:

- el volumen total diario de precipitación,
- la intensidad máxima admisible derivada de la curva IDF,
- la continuidad temporal de los eventos,
- y la naturaleza intermitente característica de la precipitación convectiva mediterránea e ibérica.

Para garantizar dicha coherencia física e hidrológica, la generación de intensidades se ha realizado mediante distribuciones Gamma truncadas, ampliamente utilizadas en hidrología debido a su capacidad para representar adecuadamente distribuciones asimétricas positivas típicas de la precipitación. Además, el proceso incorpora restricciones explícitas de intensidad máxima para asegurar el cumplimiento del límite establecido por la curva IDF.

El resultado final consiste en la obtención de diez hietogramas sintéticos independientes, cada uno de ellos compuesto por 144 intervalos temporales de 10 minutos correspondientes a un período total de 24 horas. Cada serie generada mantiene:

- el mismo volumen total diario,
- variabilidad temporal propia,
- diferente distribución espacial de intensidades,
- y distinta configuración de bloques de precipitación.

De este modo, el conjunto de lluvias sintéticas generado proporciona una base robusta y estadísticamente consistente para la realización de simulaciones hidrológicas avanzadas, permitiendo evaluar el comportamiento hidráulico de los sistemas analizados bajo múltiples configuraciones temporales de precipitación compatibles con las condiciones de diseño establecidas.

Proyecto: Modelación hidrológica según RD 655/2023

PD24 = 11.82 mm | IDF = 13 mm/h | Interval = 10 min

Data: 12/05/2026

Parámetro	Valor
Normativa	RD 655/2023
PD24	11.82 mm
Corba IDF (intensitat màxima admissible)	13 mm/h

Interval temporal	10 min (144 intervals/24 h)
Pmax	2.17 mm/10 min
Nombre de pluges sintètiques	10
Llavor aleatòria (reproduïbilitat)	20260513

1. Objectivo

Generar 10 lluvias sintètiques con criterio estocástico para modelación hidrológica cumpliendo la normativa RD 655/2023, con variabilidad temporal realista e intensidades conforme a la curva IDF.

2. Metodologia

1. Interval temporal: 10 minuts (144 intervals / 24 h).
2. Percentatge d'intervals plujosos: aleatori entre 10 % i 30 % per pluja.
3. Nombre de blocs de pluja: 1 o 2 blocs per pluja.
4. Intensitats dins dels blocs: distribució Gamma truncada a Pmax = 2.17 mm / 10 min.
5. Ajust de volum total: escalat perquè $\Sigma P = PD24 = 11.82$ mm.

3. Resultats

A continuació es presenta el resum estadístic de les 10 pluges generades, així com els gràfics de cada hietograma (10 min) i la seva acumulada.

3.1 Resum estadístic

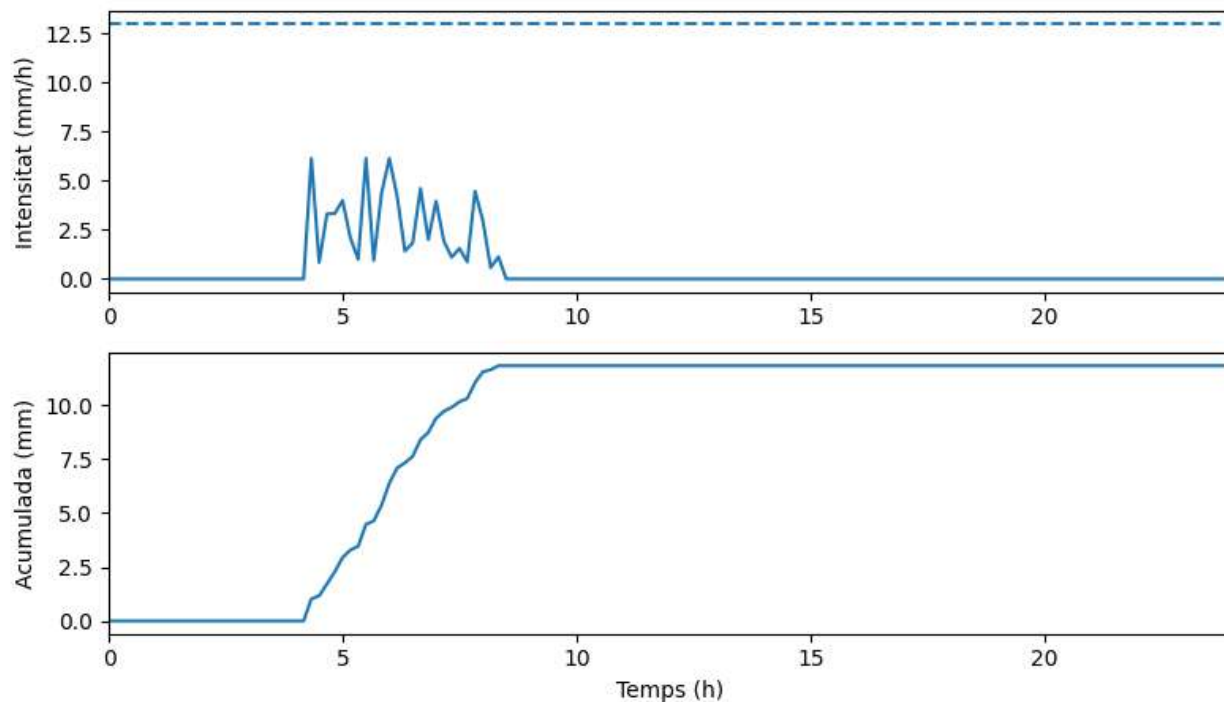
Pluja	Intervals plujosos	% intervals plujosos	Blocs	Inici pluja	Fi pluja	Pmax (mm/10min)	Imax (mm/h)
Pluja_01	25	17.36	1	04:20	08:20	1.023	6.138
Pluja_02	35	24.31	1	17:50	23:30	0.765	4.59
Pluja_03	33	22.92	2	00:50	17:20	0.84	5.04
Pluja_04	30	20.83	1	08:20	13:10	0.857	5.142
Pluja_05	34	23.61	2	12:20	22:30	0.634	3.804
Pluja_06	29	20.14	2	00:30	16:50	1.099	6.594
Pluja_07	38	26.39	2	02:00	16:30	0.666	3.996
Pluja_08	29	20.14	2	10:20	21:40	0.7	4.2
Pluja_09	21	14.58	1	12:50	16:10	1.394	8.364
Pluja_10	22	15.28	1	09:30	13:00	1.194	7.164

3.2 Hietogrames generats

Pluja 01

Intervals plujosos: 25 (17.36 %) | Blocs: 1 | Pmax obtingut: 1.023 mm/10min (6.138 mm/h).

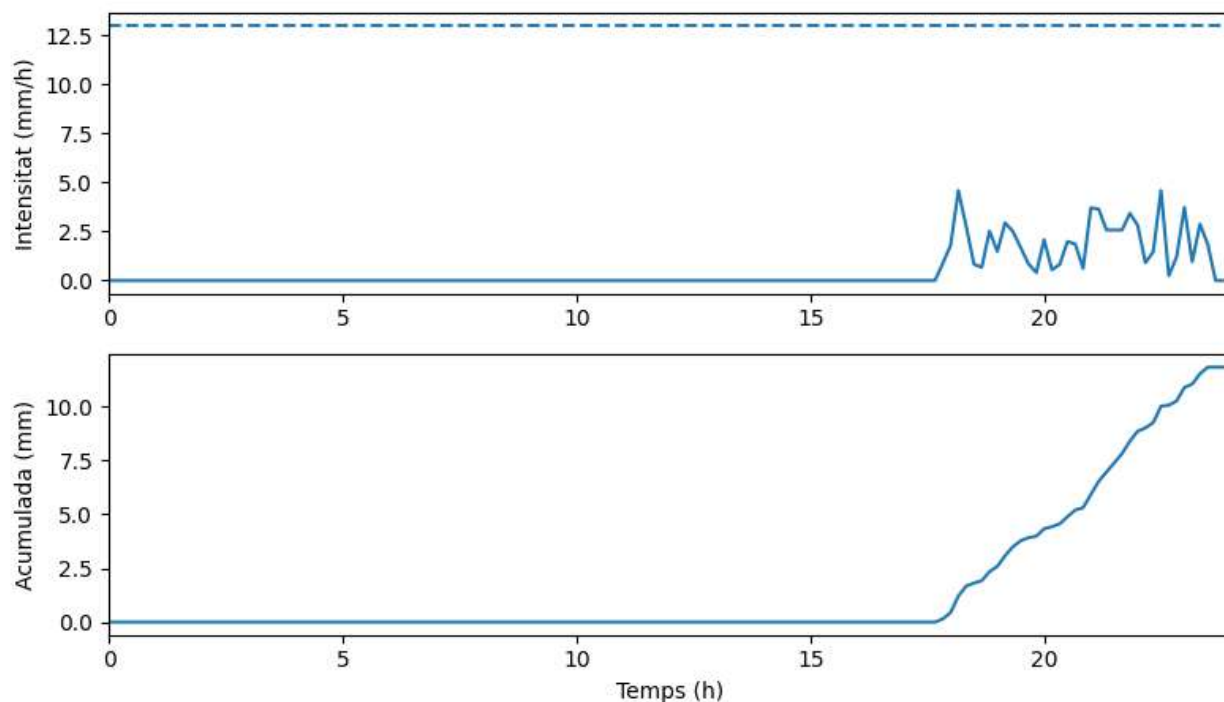
Pluja 01 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Pluja 02

Intervals plujosos: 35 (24.31 %) | Blocs: 1 | Pmax obtingut: 0.765 mm/10min (4.59 mm/h).

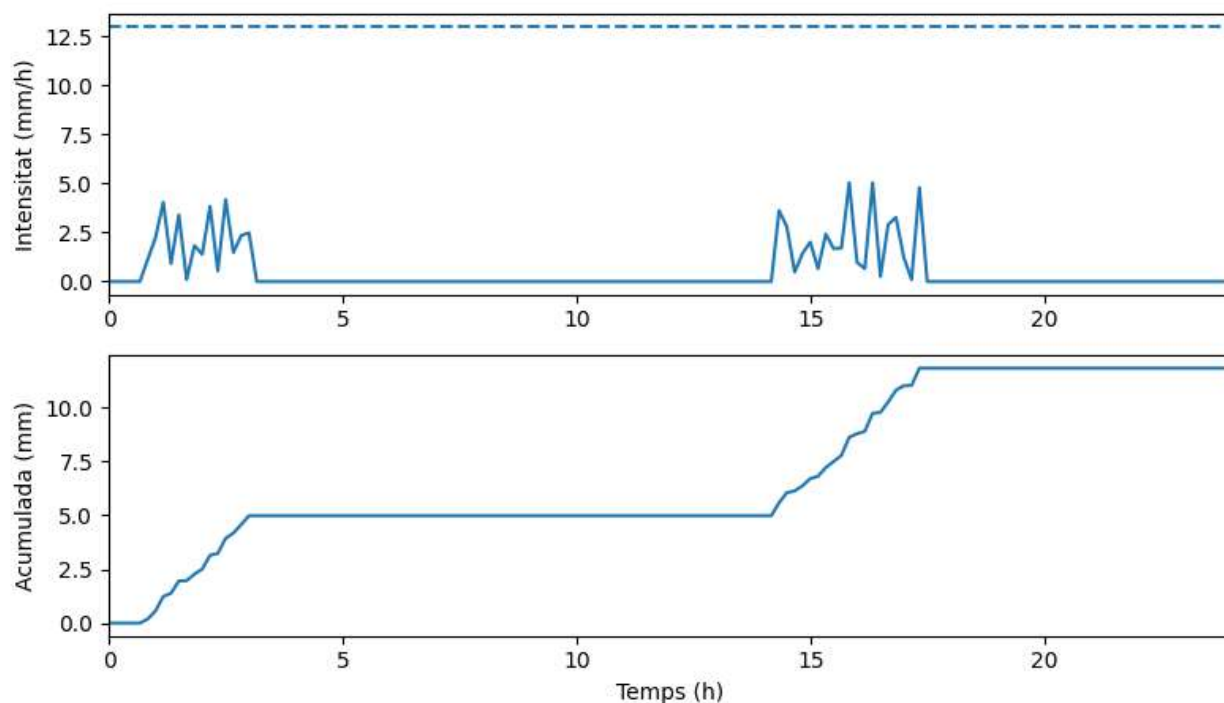
Pluja 02 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Pluja 03

Intervals plujosos: 33 (22.92 %) | Blocs: 2 | Pmax obtingut: 0.84 mm/10min (5.04 mm/h).

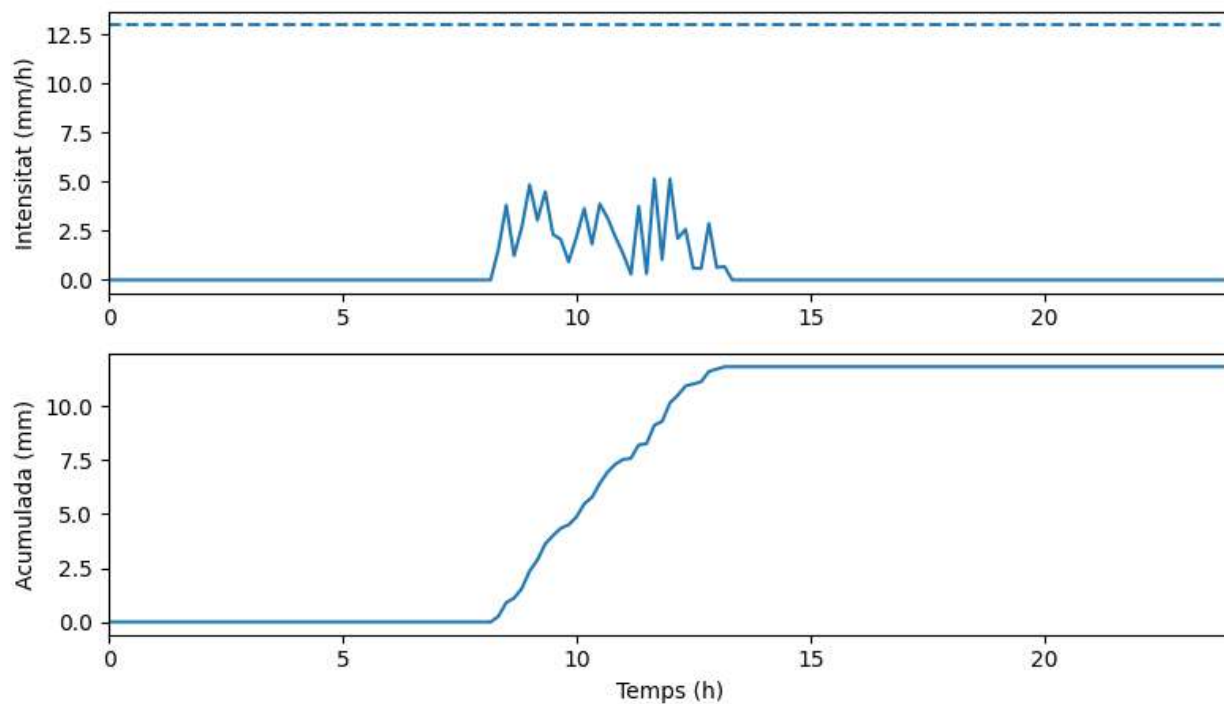
Pluja 03 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Pluja 04

Intervals plujosos: 30 (20.83 %) | Blocs: 1 | Pmax obtingut: 0.857 mm/10min (5.142 mm/h).

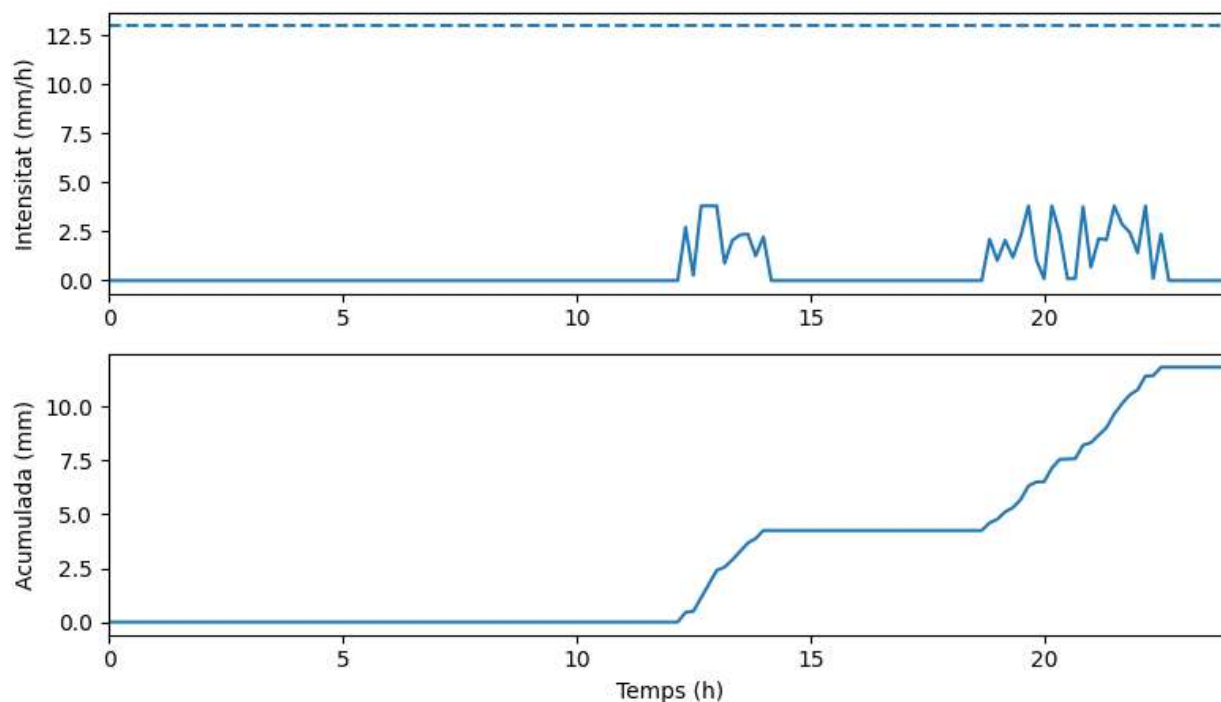
Pluja 04 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Pluja 05

Intervals plujosos: 34 (23.61 %) | Blocs: 2 | Pmax obtingut: 0.634 mm/10min (3.804 mm/h).

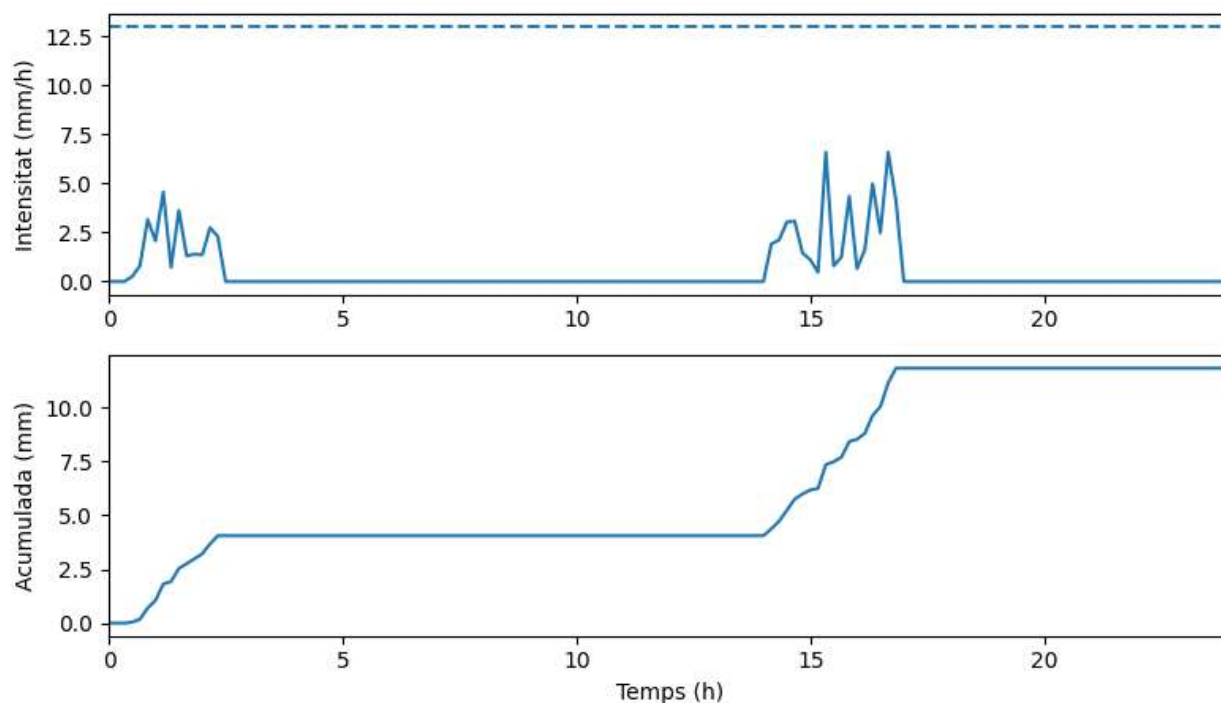
Pluja 05 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Pluja 06

Intervals plujosos: 29 (20.14 %) | Blocs: 2 | Pmax obtingut: 1.099 mm/10min (6.594 mm/h).

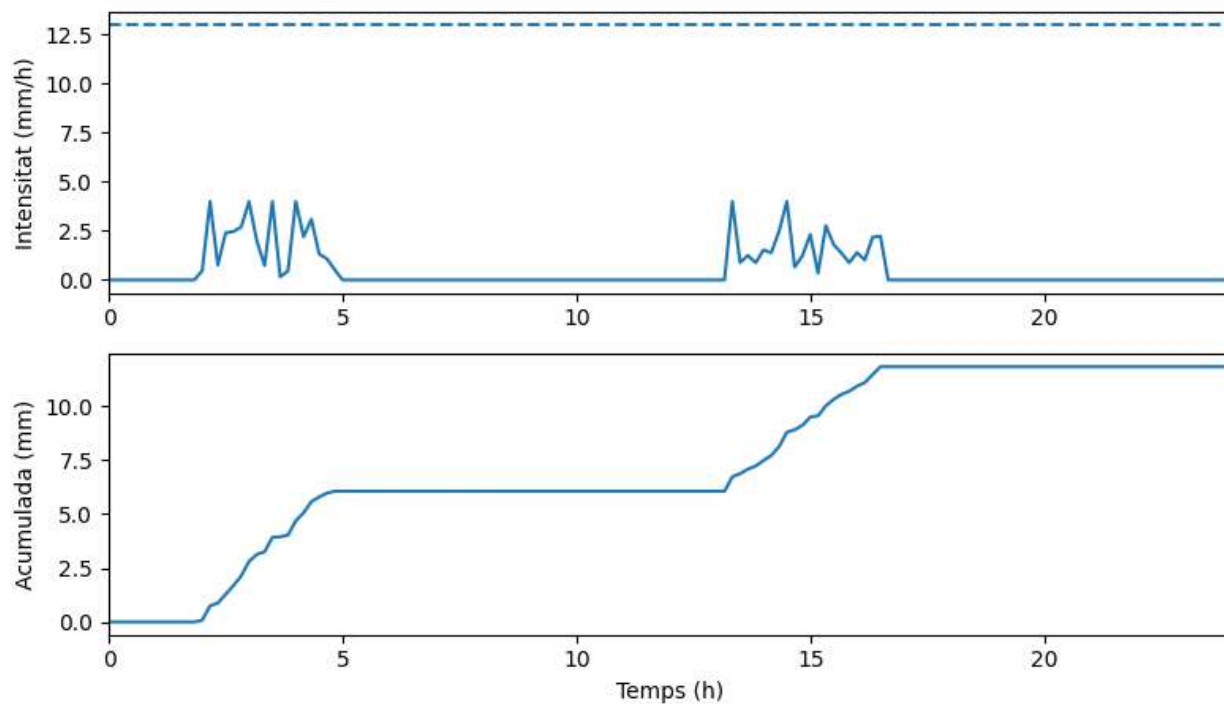
Pluja 06 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Pluja 07

Intervals plujosos: 38 (26.39 %) | Blocs: 2 | Pmax obtingut: 0.666 mm/10min (3.996 mm/h).

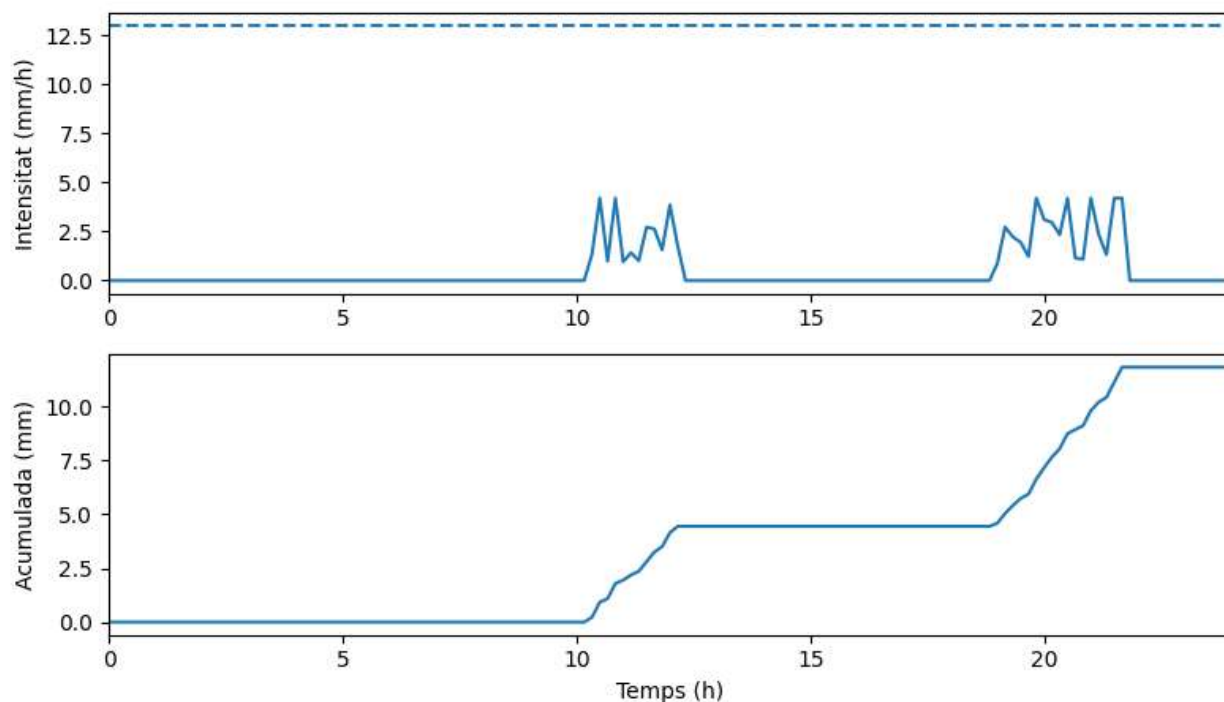
Pluja 07 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Pluja 08

Intervals plujosos: 29 (20.14 %) | Blocs: 2 | Pmax obtingut: 0.7 mm/10min (4.2 mm/h).

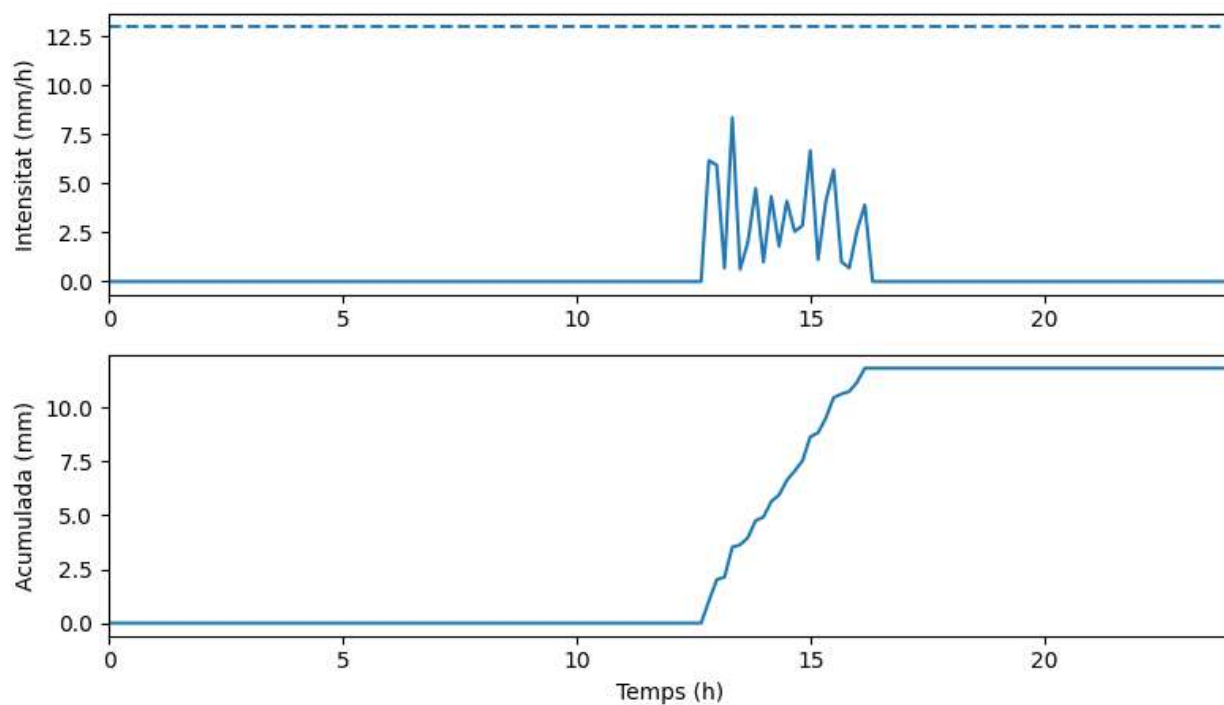
Pluja 08 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Pluja 09

Intervals plujosos: 21 (14.58 %) | Blocs: 1 | Pmax obtingut: 1.394 mm/10min (8.364 mm/h).

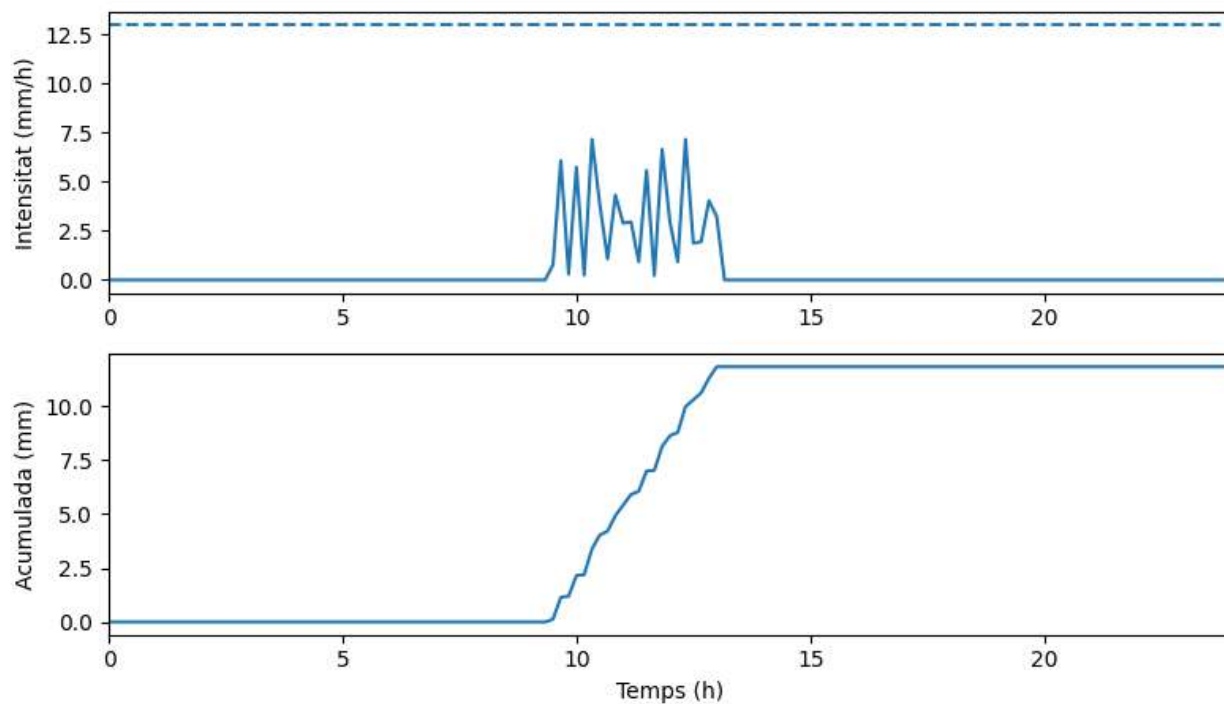
Pluja 09 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Pluja 10

Intervals plujosos: 22 (15.28 %) | Blocs: 1 | Pmax obtingut: 1.194 mm/10min (7.164 mm/h).

Pluja 10 - Hietograma (10 min) i acumulada (PD24 = 11.82 mm)



Anejo 2. Resultados de simulación SWMM

ANEJO NUM.2

RESULTADOS DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA SWMM

Índice

1. Introducción
2. Descripción de los resultados analizados
3. Resultados hidráulicos principales
4. Análisis por elementos del modelo
5. Comparativa entre escenarios
6. Diagnóstico hidráulico
7. Conclusiones y recomendaciones
8. Tablas y gráficos incluidos

1. Introducción

El presente anejo recoge la revisión e interpretación técnica de cuatro ficheros de resultados de EPA SWMM 5.1, correspondientes a un modelo hidráulico de red de saneamiento/drenaje con resolución temporal de reporte de 5 minutos y cálculo hidráulico mediante onda dinámica. El objetivo es sintetizar los indicadores principales de funcionamiento, detectar elementos críticos y comparar el comportamiento de la red entre tiempo seco, lluvias de periodo de retorno 2 y 10 años, y un escenario T10 con actuación o configuración modificada.

La interpretación se ha realizado exclusivamente a partir de los ficheros .rpt aportados. Por tanto, el anejo no incorpora información geométrica externa, localización cartográfica de elementos, ni descripción de actuaciones que no aparezcan explícitamente en los resultados. Cuando se menciona el escenario T10_5m_prog como propuesta o configuración modificada, esta denominación se deduce del nombre del fichero y de la aparición de nuevos enlaces en la serie 586xx/587xx; el alcance exacto de la actuación debe confirmarse con el modelo .inp o con la documentación de proyecto.

Todos los escenarios se han simulado entre el 01/01/2017 00:00 y el 01/01/2017 03:00, con unidades de caudal CMS, método de infiltración Curve Number, propagación hidráulica Dynamic Wave, método de sobrecarga EXTRAN, almacenamiento superficial permitido y paso hidráulico máximo de 2 segundos.

2. Descripción de los resultados analizados

Los cuatro ficheros analizados representan las siguientes condiciones de cálculo:

Tabla 1. Identificación de los ficheros de resultados analizados.

Archivo	Escenario	Interpretación
dwf.rpt	Tiempo seco	Sin proceso lluvia/escorrentía. Sirve como estado base de aportaciones DWF y verificación hidráulica sin episodio de lluvia.
T2_5m.rpt	Escenario de lluvia T2	Lluvia con precipitación total de 22,000 mm y escorrentía superficial de 14,075 mm.
T10_5m.rpt	Escenario de lluvia T10	Lluvia con precipitación total de 33,458 mm y escorrentía superficial de 23,663 mm.
T10_5m_prog.rpt	Escenario T10 modificado/propuesta	Misma lluvia que T10, con diferencias de red o configuración hidráulica que incrementan la evacuación por emisarios y reducen el volumen inundado.

En los tres escenarios de lluvia se activa el proceso lluvia/escorrentía. En el escenario DWF dicho proceso está desactivado. Los resultados resumen considerados incluyen continuidad hidrológica e hidráulica, profundidad e inflow en nodos, sobrecarga e inundación de nodos, caudal en enlaces, sobrecarga de conductos y carga de emisarios.

3. Resultados hidráulicos principales

Las tablas siguientes resumen los principales indicadores globales. Los volúmenes están expresados en millones de litros, equivalentes a miles de metros cúbicos.

Tabla 2. Resumen hidrológico e hidráulico global por escenario.

Archivo	Precip. (mm)	Escorrentía (mm)	Aporte lluvia (10^6 l)	Salida emisarios (10^6 l)	Pérdida inundación (10^6 l)	No converge (%)	Error routing (%)
dwf.rpt	0	0	0	0.001	0	0	-14.25
T2_5m.rpt	22	14.07	6.474	1.108	5.24	22.96	-0.058
T10_5m.rpt	33.46	23.66	10.88	1.35	9.408	33.51	-0.035
T10_5m_prog.rpt	33.46	23.66	10.88	5.298	5.227	23.41	-0.002

Tabla 3. Indicadores de afección y elementos críticos por escenario.

Archivo	Nodos inundados	Nodos sobrecargados	Conductos en carga	Q máx. conducto (m ³ /s)	Q máx. inundación (m ³ /s)	Máx. horas inundación	Máx. horas sobrecarga
dwf.rpt	0	0	0	0	0	0	0
T2_5m.rpt	97	153	224	0.841	0.916	2.45	2.49
T10_5m.rpt	149	219	296	0.86	0.925	2.54	2.57
T10_5m_prog.rpt	133	194	278	3.438	2.433	2.46	2.53

El escenario DWF no presenta inundaciones ni sobrecargas. Su error de continuidad hidráulica (-14,250 %) debe interpretarse con cautela, ya que los volúmenes movilizados son muy reducidos; en términos absolutos el volumen DWF total es prácticamente nulo frente a los escenarios de lluvia.

En T2_5m se obtiene una pérdida por inundación de $5,240 \times 10^6$ l, con 97 nodos inundados y 153 nodos sobrecargados. En T10_5m el volumen inundado aumenta hasta $9,408 \times 10^6$ l, con 149 nodos inundados y 219 nodos sobrecargados. Esto confirma que la red presenta insuficiencia generalizada bajo episodios intensos, con un incremento muy acusado de pérdidas superficiales entre T2 y T10.

El escenario T10_5m_prog reduce la pérdida por inundación a $5,227 \times 10^6$ l frente a los $9,408 \times 10^6$ l de T10_5m, lo que supone una reducción aproximada del 44,4 %. Además, el volumen evacuado por emisarios pasa de 1,350 a $5,298 \times 10^6$ l. No obstante, el caudal máximo de inundación aumenta hasta 2,433 m³/s, concentrado principalmente en el nodo 49897.

4. Análisis por elementos del modelo

4.1. DWF - tiempo seco

En tiempo seco no se registran nodos inundados, nodos sobrecargados ni conductos con sobrecarga. Las profundidades máximas son bajas, con un máximo de 0,08 m en el nodo 16410. El cálculo es estable, sin elementos críticos por paso temporal ni índices de inestabilidad relevantes.

Tabla 3. Principales profundidades en DWF.

Node	MaxDepth	MaxHGL	Time
16410	0.08	324.28	0 03:00
16704	0.07	313.54	0 00:43
16705	0.06	313.06	0 03:00
16582	0.05	320.7	0 03:00
16592	0.04	322.72	0 03:00

4.2. T2_5m - lluvia T=2 años, paso 5 min

Los resultados muestran 97 nodos con inundación, 153 nodos con sobrecarga y 224 conductos con funcionamiento en carga. El nodo con mayor volumen de inundación es 49897.

Tabla. Nodos con mayor volumen de inundación en T2_5m.

Node	HoursFlooded	MaxRate	TotalFloodVol	Time
49897	2.45	0.916	2.003	0 00:39
16272	0.74	0.53	0.716	0 00:39
16578	0.67	0.467	0.631	0 00:40
16252	0.79	0.103	0.229	0 00:40
16706	0.24	0.432	0.224	0 00:42
16712	0.29	0.22	0.169	0 00:39
16216	0.3	0.227	0.162	0 00:40
16224	0.38	0.203	0.15	0 00:39
16533	0.22	0.219	0.125	0 00:40
16707	0.34	0.11	0.088	0 00:40

Tabla. Nodos con mayor duración de sobrecarga en T2_5m.

Node	HoursSurcharged	MaxHeightAboveCrown	MinDepthBelowRim
17328	2.49	2.085	0
16720	2.46	0.7	0
49897	2.45	0.8	0

16721	2.44	1.2	0
16253	1.04	1.3	0
16254	1.04	1.921	0.944
16252	1.01	1.3	0
16248	0.96	1.66	0
16272	0.93	1.15	0
17315	0.84	1.15	0

Tabla. Conductos con mayor duración llenos en ambos extremos en T2_5m.

Conduit	BothEnds	Upstream	Downstream	AboveFullNormal	CapacityLimited
17289	2.45	2.45	2.49	0.01	0.01
17290	2.44	2.44	2.48	0.01	0.01
17291	2.44	2.46	2.44	0.59	0.56
16819	1.04	1.04	1.04	1.05	1.03
16818	1.01	1.01	1.04	0.63	0.62
16815	1	1	1.01	0.76	0.76
16814	0.95	0.95	1.01	0.01	0.01
16803	0.93	0.93	0.96	0.4	0.01
16826	0.84	0.84	0.93	0.01	0.01
16813	0.84	0.84	0.94	0.01	0.01

Tabla. Enlaces con mayor caudal máximo en T2_5m.

Link	MaxFlow	MaxVel	MaxFullFlow	MaxFullDepth	Time
17288	0.841	2.3	1	1	0 00:42
17287	0.833	3.21	0.67	1	0 00:45
16963	0.57	2.03	0.97	0.82	0 00:43
17046	0.569	2.01	0.96	0.84	0 00:43
17047	0.565	1.86	0.99	0.89	0 00:44
17286	0.564	2.67	0.3	0.71	0 00:45
17048	0.564	2.36	0.96	0.72	0 00:44
17273	0.564	2.91	0.44	0.62	0 00:45
17272	0.564	3.73	0.44	0.51	0 00:44
17281	0.564	3.26	0.52	0.57	0 00:45

4.3. T10_5m - lluvia T=10 años, paso 5 min

Los resultados muestran 149 nodos con inundación, 219 nodos con sobrecarga y 296 conductos con funcionamiento en carga. El nodo con mayor volumen de inundación es 49897.

Tabla. Nodos con mayor volumen de inundación en T10_5m.

Node	HoursFlooded	MaxRate	TotalFloodVol	Time
49897	2.54	0.925	2.563	0 00:39
16272	0.85	0.58	1.055	0 00:40

16578	0.79	0.496	1.005	0 00:40
16706	0.42	0.752	0.588	0 00:41
16216	0.57	0.314	0.339	0 00:40
16712	0.52	0.275	0.315	0 00:40
16252	0.9	0.114	0.284	0 00:40
16224	0.64	0.269	0.276	0 00:40
16533	0.38	0.35	0.263	0 00:40
16720	0.63	0.237	0.234	0 00:40

Tabla. Nodos con mayor duración de sobrecarga en T10_5m.

Node	HoursSurcharged	MaxHeightAboveCrown	MinDepthBelowRim
17328	2.57	2.085	0
49897	2.54	0.8	0
16720	2.53	0.7	0
16721	2.53	1.2	0
16254	1.13	1.87	0.995
16253	1.13	1.3	0
16252	1.11	1.3	0
16248	1.06	1.66	0
16272	1.03	1.15	0
17315	0.95	1.15	0

Tabla. Conductos con mayor duración llenos en ambos extremos en T10_5m.

Conduit	BothEnds	Upstream	Downstream	AboveFullNormal	CapacityLimited
17289	2.54	2.54	2.57	0.01	0.01
17291	2.53	2.53	2.53	0.7	0.69
17290	2.53	2.53	2.57	0.01	0.01
16819	1.13	1.13	1.13	0.96	0.95
16818	1.11	1.11	1.13	0.58	0.57
16815	1.1	1.1	1.11	0.87	0.87
16814	1.06	1.06	1.11	0.01	0.01
16803	1.03	1.03	1.06	0.7	0.01
16813	0.95	0.95	1.05	0.01	0.01
16826	0.95	0.95	1.03	0.01	0.01

Tabla. Enlaces con mayor caudal máximo en T10_5m.

Link	MaxFlow	MaxVel	MaxFullFlow	MaxFullDepth	Time
17287	0.86	3.28	0.69	1	0 00:41
17288	0.841	2.36	1	1	0 00:41
16958	0.812	2.56	0.65	1	0 00:39
16957	0.812	1.87	0.67	1	0 00:39

16959	0.812	2.53	1.56	1	0 00:39
16956	0.812	1.62	1.16	1	0 00:39
16962	0.748	2.32	1.26	1	0 00:39
16960	0.746	2.36	0.99	1	0 00:39
16961	0.746	2.28	1.25	1	0 00:39
17284	0.668	1.96	0.77	0.93	0 00:41

4.4. T10_5m_prog - T=10 años con escenario/propuesta

Los resultados muestran 133 nodos con inundación, 194 nodos con sobrecarga y 278 conductos con funcionamiento en carga. El nodo con mayor volumen de inundación es 49897.

Tabla. Nodos con mayor volumen de inundación en T10_5m_prog.

Node	HoursFlooded	MaxRate	TotalFloodVol	Time
49897	2.46	2.433	3.76	0 00:40
16720	0.6	0.237	0.228	0 00:40
16590	0.25	0.232	0.151	0 00:40
16667	0.23	0.243	0.126	0 00:40
16660	0.28	0.139	0.097	0 00:40
16671	0.4	0.092	0.085	0 00:40
16272	0.18	0.121	0.062	0 00:39
16682	0.28	0.068	0.053	0 00:40
16365	0.21	0.11	0.053	0 00:40
16658	0.2	0.082	0.048	0 00:40

Tabla. Nodos con mayor duración de sobrecarga en T10_5m_prog.

Node	HoursSurcharged	MaxHeightAboveCrown	MinDepthBelowRim
17328	2.53	1.585	0
16720	2.53	0.7	0
16721	2.46	1.2	0
49897	2.46	0.3	0
16660	0.74	1.3	0
16680	0.7	0.975	0.275
16679	0.62	1.249	0.001
16719	0.61	1.2	0
16677	0.6	1.3	0
16678	0.59	1.25	0

Tabla. Conductos con mayor duración llenos en ambos extremos en T10_5m_prog.

Conduit	BothEnds	Upstream	Downstream	AboveFullNormal	CapacityLimited
17291	2.46	2.53	2.46	0.7	0.63
58707	2.46	2.46	2.53	0.01	0.01
17290	2.46	2.46	2.53	0.01	0.01

17049	0.62	0.62	0.7	0.46	0.46
17292	0.61	0.61	2.53	0.22	0.22
17031	0.6	0.6	0.64	0.25	0.25
17033	0.59	0.59	0.62	0.49	0.49
17032	0.53	0.53	0.59	0.01	0.01
17018	0.53	0.53	0.74	0.01	0.01
17026	0.51	0.51	0.56	0.25	0.01

Tabla. Enlaces con mayor caudal máximo en T10_5m_prog.

Link	MaxFlow	MaxVel	MaxFullFlow	MaxFullDept h	Time
58643	3.438	3.04	1.71	1	0 00:40
58644	3.421	3.02	1.09	1	0 00:40
58645	3.416	3.49	0.69	1	0 00:40
58646	2.518	3.84	0.5	0.75	0 00:40
58647	2.507	3.72	1.57	0.8	0 00:40
58650	2.472	3.15	1.04	1	0 00:40
58653	2.444	3.72	0.78	1	0 00:40
58706	2.351	2.43	0.66	0.8	0 00:40
58659	1.817	4.72	0.68	0.8	0 00:40
58663	1.771	4.1	0.86	0.8	0 00:40

5. Comparativa entre escenarios

La evolución entre DWF, T2 y T10 evidencia que el problema hidráulico se activa por lluvia y crece de forma muy marcada con el periodo de retorno. La comparación directa entre T2_5m y T10_5m muestra que la precipitación aumenta de 22,000 a 33,458 mm, mientras que el volumen inundado pasa de 5,240 a 9,408 x 10⁶ l y el número de nodos inundados de 97 a 149.

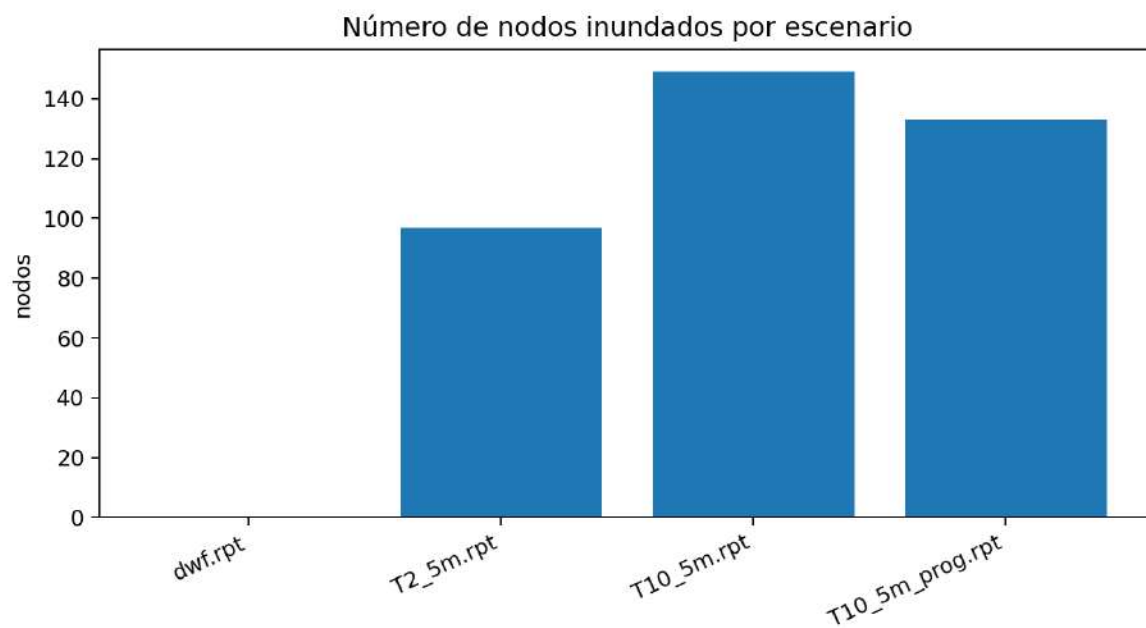
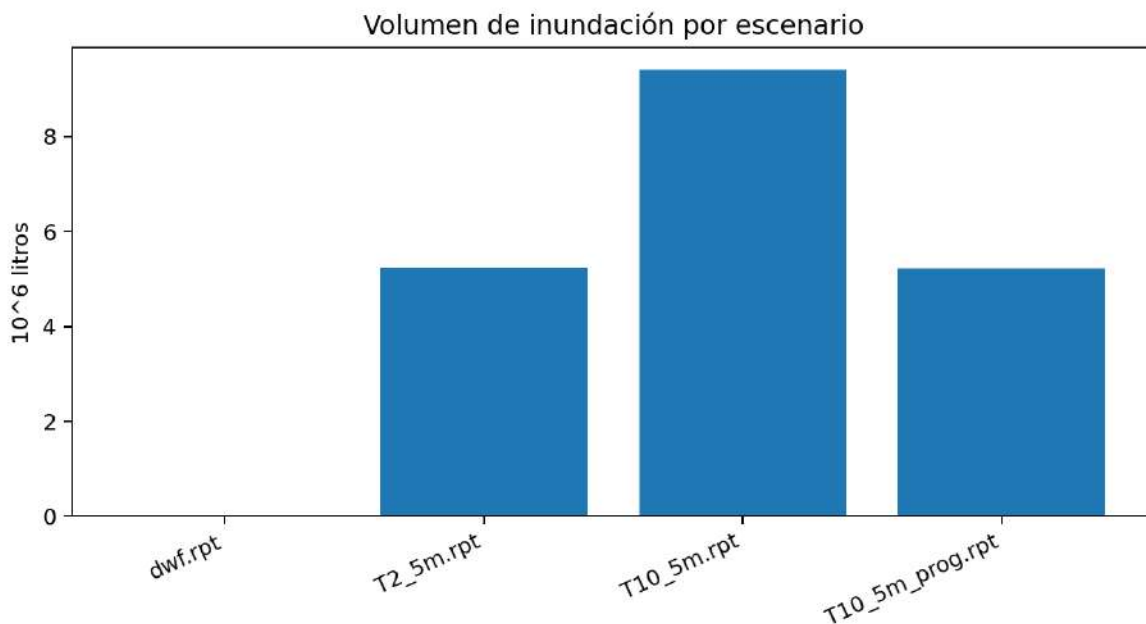
La comparación entre T10_5m y T10_5m_prog indica que la configuración modificada mejora la capacidad de evacuación global. El volumen por emisarios aumenta aproximadamente 3,95 x 10⁶ l y el volumen de inundación se reduce en torno a 4,18 x 10⁶ l. Sin embargo, el escenario modificado mantiene 133 nodos inundados y 194 nodos sobrecargados, por lo que no elimina el problema hidráulico. Además, concentra caudales superiores en una nueva línea o eje hidráulico, con caudales máximos de enlace de hasta 3,438 m³/s.

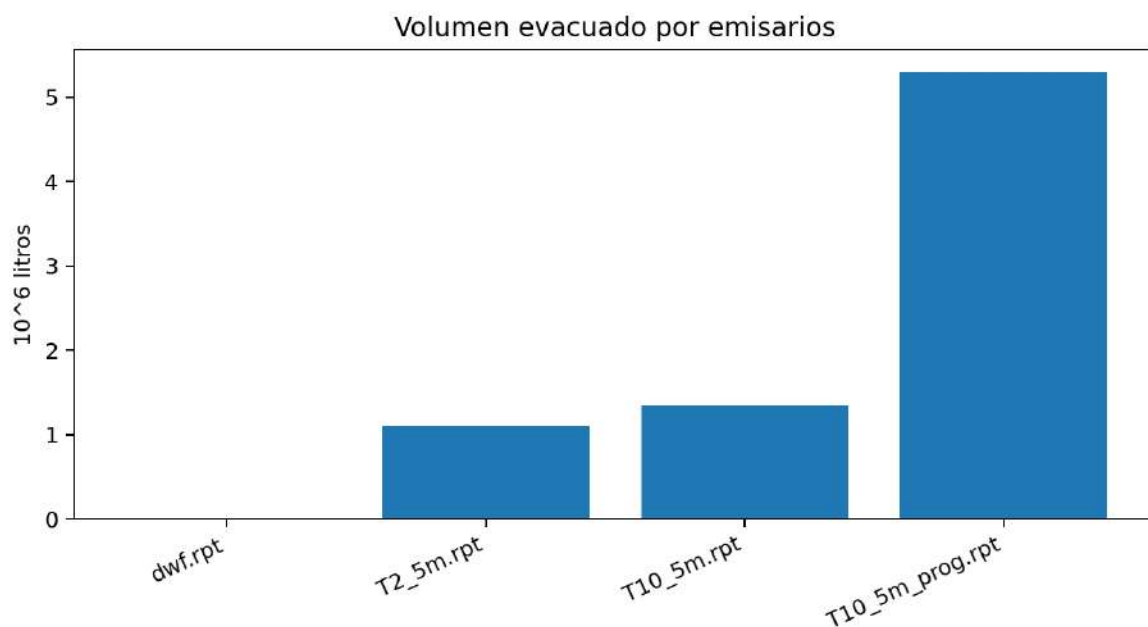
Tabla. Carga por emisarios.

Escenario	Emisario	Q máx. (m ³ /s)	Volumen (10 ⁶ l)
dwf	19254	0	0.001
dwf	19542	0	0
T2_5m	19254	0.312	0.94
T2_5m	19542	0.137	0.168
T10_5m	19254	0.318	1.072
T10_5m	19542	0.202	0.278

T10_5m_prog	19254	3.438	5.019
T10_5m_prog	19542	0.202	0.278

5.1. Gráficos comparativos





6. Diagnóstico hidráulico

La red presenta capacidad suficiente para tiempo seco, pero una respuesta deficitaria ante lluvia. La aparición de inundación ya en T2_5m, con 97 nodos afectados, indica que las insuficiencias no se limitan a un escenario extremo sino que aparecen para episodios relativamente frecuentes.

Los puntos críticos recurrentes son los nodos 49897, 17328, 16720 y 16721, que aparecen con duraciones prolongadas de sobrecarga o inundación en los escenarios de lluvia. El nodo 49897

destaca como principal punto de pérdida superficial: alcanza $2,003 \times 10^6$ l en T2, $2,563 \times 10^6$ l en T10 y $3,760 \times 10^6$ l en T10_5m_prog. Aunque la propuesta reduce el volumen total inundado del sistema, dicho nodo empeora en volumen y caudal máximo de inundación.

En cuanto a colectores, los conductos 17289, 17290 y 17291 son críticos en los escenarios T2 y T10, con más de 2,4 h llenos en ambos extremos. En T10_5m_prog aparecen además conductos de nueva numeración, como 58707, que participan en el eje de transporte principal. Los enlaces 58643, 58644 y 58645 concentran los mayores caudales del escenario modificado, con valores superiores a 3,4 m³/s.

Las posibles causas hidráulicas, a falta de revisar geometría y pendientes del modelo .inp, son: capacidad insuficiente de determinados colectores, remansos por funcionamiento en carga, concentración de caudales aguas abajo, cotas de tapa o rasante limitantes en nodos críticos y posible transferencia de problemas desde zonas mejoradas hacia puntos de alivio o nodos receptores.

7. Conclusiones y recomendaciones

- El modelo en tiempo seco no presenta problemas hidráulicos relevantes de inundación o sobrecarga.
- Los escenarios de lluvia T2 y T10 generan inundación y sobrecarga en un número elevado de nodos, por lo que la capacidad de la red resulta insuficiente ante episodios de lluvia.
- El escenario T10_5m es el más desfavorable en términos de volumen total inundado, con $9,408 \times 10^6$ l y 149 nodos inundados.
- El escenario T10_5m_prog reduce el volumen total de inundación hasta $5,227 \times 10^6$ l y aumenta significativamente el volumen evacuado por emisarios, por lo que mejora el balance global del sistema respecto al T10 base.
- La mejora del escenario propuesto no resuelve completamente las incidencias: permanecen 133 nodos inundados y 194 nodos sobrecargados.
- El nodo 49897 requiere análisis específico, ya que concentra el mayor volumen de inundación en todos los escenarios de lluvia y empeora en el escenario T10_5m_prog.
- Se recomienda contrastar los resultados con el plano de red y el fichero .inp, revisar cotas de tapa y rasante en nodos críticos, analizar perfiles hidráulicos de los colectores 17289-17291 y del eje 58643-58645/58707, y estudiar actuaciones adicionales de laminación, aumento de capacidad o derivación controlada.

8. Tablas y gráficos incluidos

El anejo incluye tablas de identificación de escenarios, resumen comparativo de indicadores, rankings de nodos inundados, nodos sobrecargados, conductos en carga, enlaces con mayor caudal y carga por emisarios. Asimismo, se incluyen gráficos de volumen inundado, número de nodos inundados, caudal máximo en conductos y volumen evacuado por emisarios.

Como ampliación posterior, si se dispone del fichero .inp o de exportaciones GIS, se recomienda incorporar planos de localización de nodos críticos, perfiles longitudinales de colectores principales y mapas de severidad por tramo.

Anejo 3. Cálculos rendimiento hidráulico

ANEJO NUM.3

CÁLCULOS DE ZONAS DE MAPA (DWF Y DRAINZONE) Y EVALUACIÓN DE VOLÚMENES DE ALIVIO SEGÚN RD 665/2023

Índice

1. Objeto del Anejo
2. Algoritmo de cálculo
3. Drainzones
4. Asignación de cargas residuales y pluviales
5. Información adicional

1. Objeto del Anejo

El objeto del presente anejo es describir el procedimiento técnico aplicado para:

La generación de las zonas del mapa asociadas a cada punto de conexión a la red en alta o y/o vertido al medio.

La simulación y cálculo del transporte de agua desde las áreas de drenaje hacia cada punto de aliviado.

La evaluación de los volúmenes circulantes, volúmenes en reposo, volúmenes tratados y volúmenes vertidos, tal como exige el Real Decreto 665/2023.

La calibración hidrológica e hidráulica basada en episodios reales de lluvia.

Estos cálculos son esenciales para la identificación de aportaciones, la cuantificación de vertidos y el dimensionamiento de medidas correctoras en el marco del PIGSS.

2. Algoritmo de Cálculo

Se ha desarrollado un algoritmo específico de cálculo de drainzones, capaz de:

Recorrer todas las subcuencas (sys_subcatch) pertenecientes a una drainzone.

Determinar las rutas de flujo hasta el aliviadero o punto de vertido definido como cabecera.

Calcular el volumen circulante, volumen retenido, volumen en reposo y volumen infiltrado, en coherencia con los parámetros exigidos por el RD 665/2023.

Integrar aportaciones residuales (DWF) y pluviales (rainfall-runoff).

Se ejecuta en tres modos: EXECUTION, CALIBRATION y DISPARO (generación de escenarios).

3. Zonas del mapa

Las dwfzones (zonas del mapa en tiempo seco) y las drainzones (zonas del mapa en tiempo de lluvia) representan las áreas que aportan caudal a cada aliviadero o vertido. Su correcta delimitación es esencial para:

- Cumplir los requisitos del RD 665/2023 sobre determinación de volúmenes vertidos.
- Asegurar una asignación realista de cargas pluviales y residuales.
- Calibrar correctamente el comportamiento durante episodios de lluvia.

3.1. Proceso de generación

Generación del perímetro urbano como zona potencial de aportación.

Creación automática de drainzones mediante herramientas GIS y posterior corrección topológica.

Clasificación según tipo de drenaje:

PLUVIAL → configuradas con cabeceras de vertido al medio.

RESIDUAL → configuradas con cabeceras de aliviaderos.

Generación de subcuencas (sys_subcatch) para su uso por el algoritmo.

4. Asignación de cargas residuales y pluviales

4.1. Consumos residuales

Se asignan consumos facturados en el año anterior a nodos, generando los valores de DWF a partir de la base de datos de comercial que se dispone en Gipuzkoako Urak, y aplicando un coeficiente de retorno de 0.8.

Para el cálculo de los habitantes equivalentes se ha ajustado la dotación a los caudales de entrada a la depuradora

4.2. Thiessen pluviales

Se construyen polígonos de Thiessen sobre los pluviómetros.

Se fija un valor $imperv = 0,8$ de forma homogénea (metodología temporal previa a calibración).

La calibración final ajustará este valor según resultados observados.

5. Información adicional

En las siguientes paginas se adjuntan:

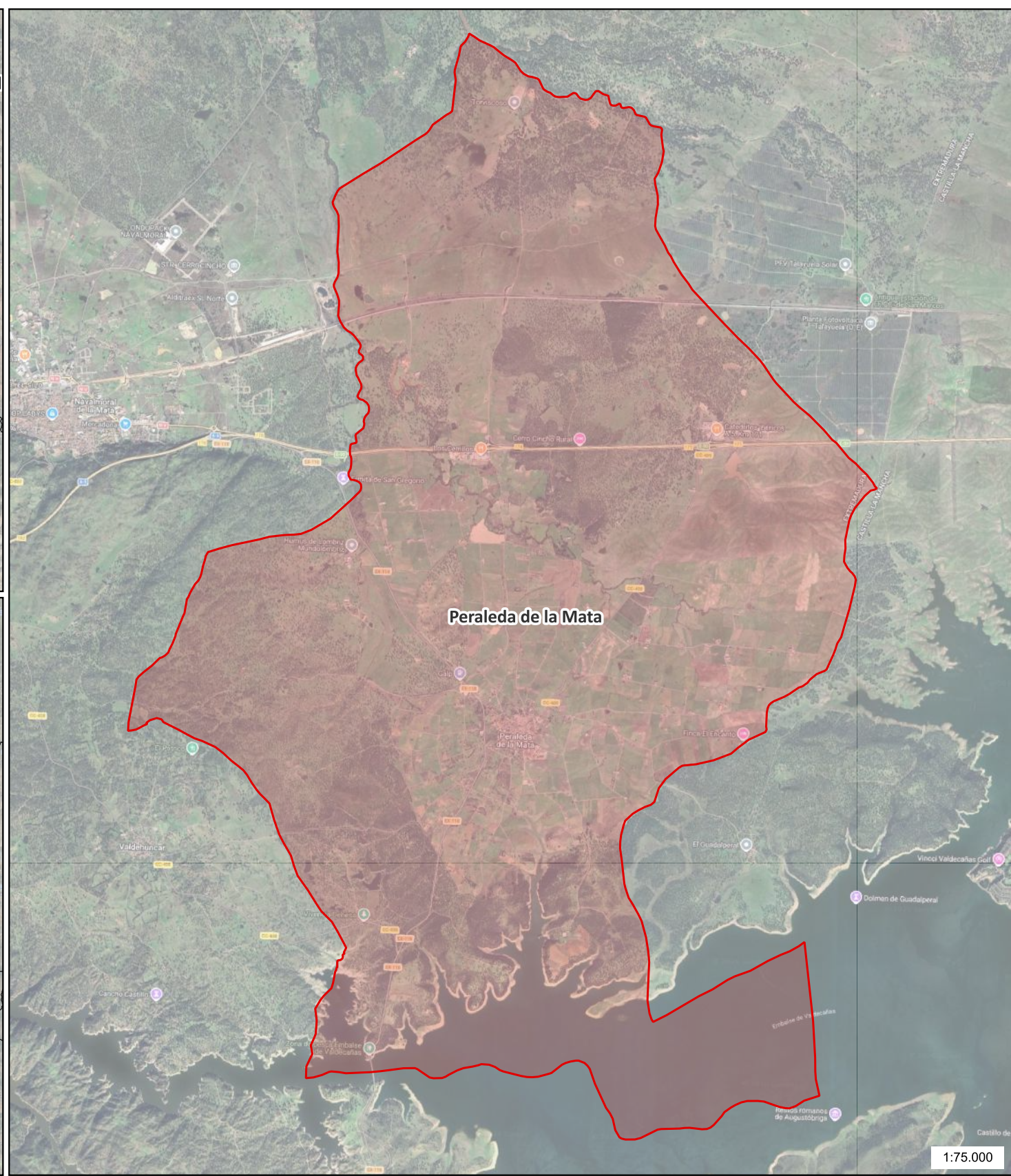
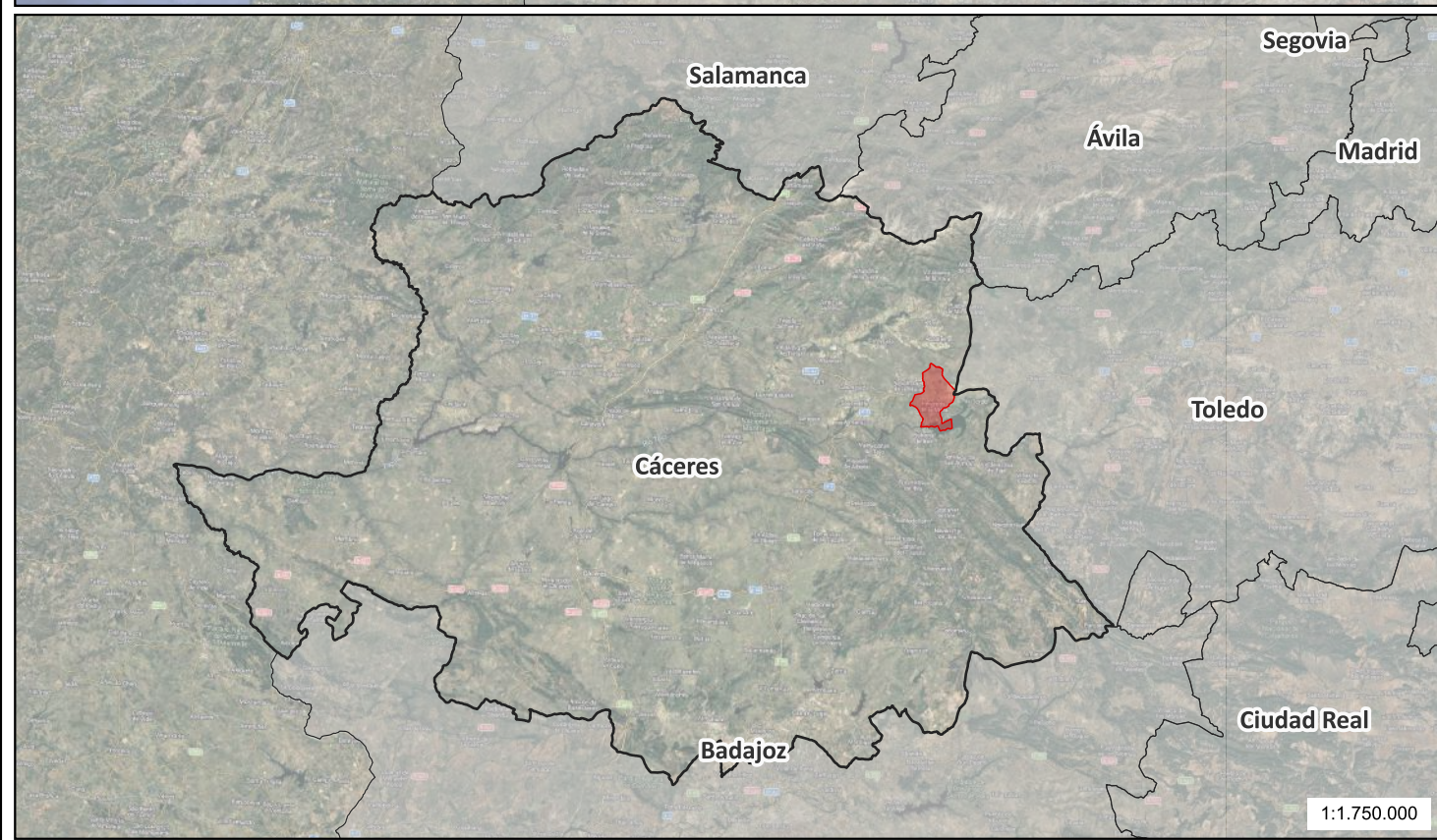
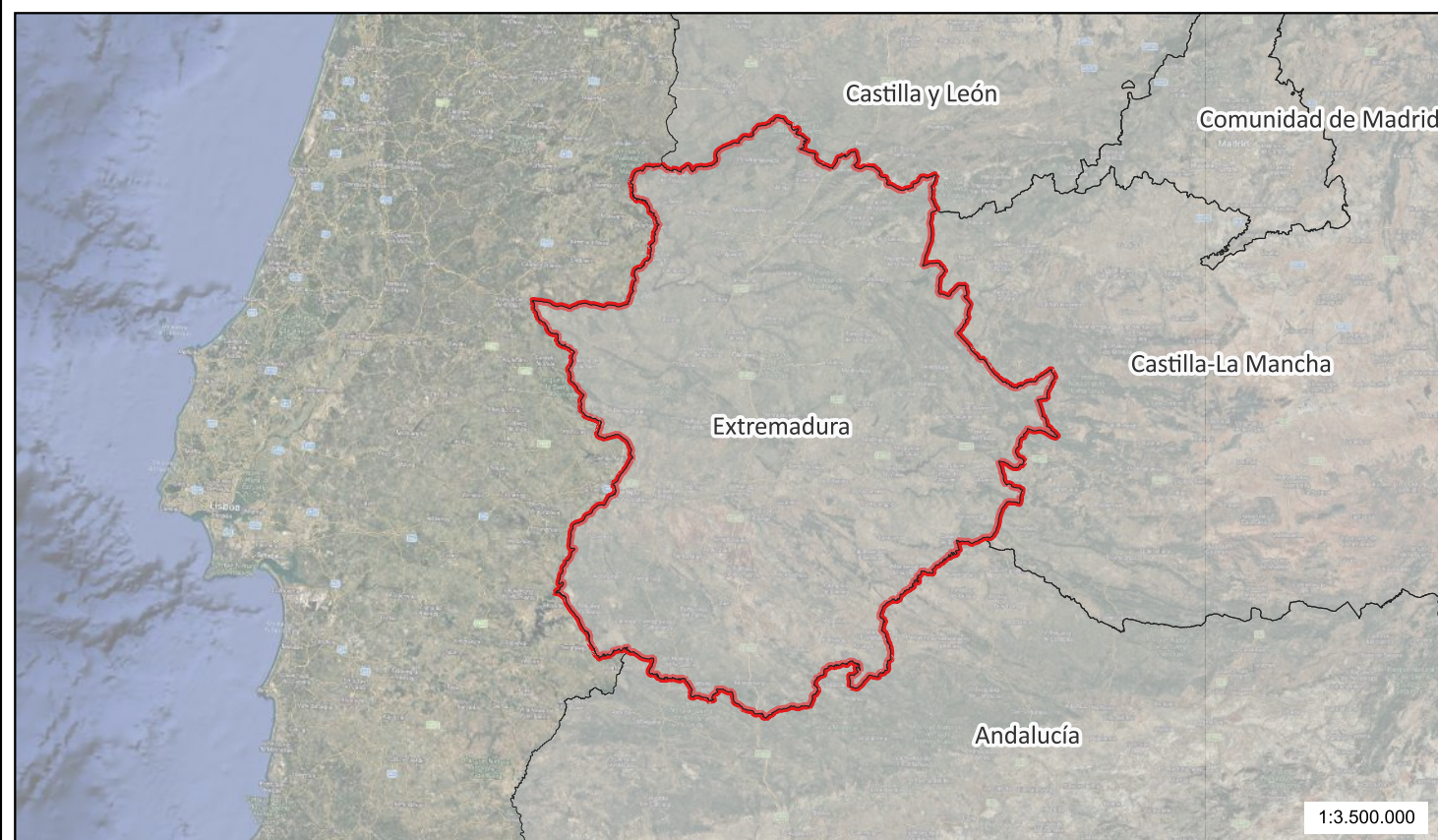
1- Resultados del algoritmo por drainzone

2- Resultados del algoritmo por lluvia

3- Resultados del algoritmo por lluvia y drainzone


Resultados

DRAINZONE	OUTFALL	NUM. CONNEX	AREA TOTAL	AREA IMP.	COEFF	CAL_AREA	CAL_COEF	KM RED	VOL RES	VOL RAINFALL	VOL TOTAL	VOL PLUVIAL	VOL INFILTRADO	VOL EDAR	VOL TRATADO	RH
19537	17328	281	215.574,94	119.428,89	0,55	119.428,89	0,55	7,619	126,45	3.233,62	3.360,07	1.791,43	1.442,19	1.917,88	3.380,07	1,00
19538	19253	2	11.741,13	2.920,20	0,25	2.920,20	0,25	0,358	0,90	176,12	177,02	43,80	132,31	44,70	177,02	1,00
19539	19254	695	230.340,00	136.321,01	0,59	136.321,01	0,59	7,476	312,75	3.455,10	3.767,85	2.044,82	1.410,28	2.357,57	3.767,85	1,00
TOTAL		978,00	457.656,07	258.670,10		258.670,10		15,45	440,10	6.864,84	7.304,94	3.880,05	2.984,79	4.320,15	7.304,94	

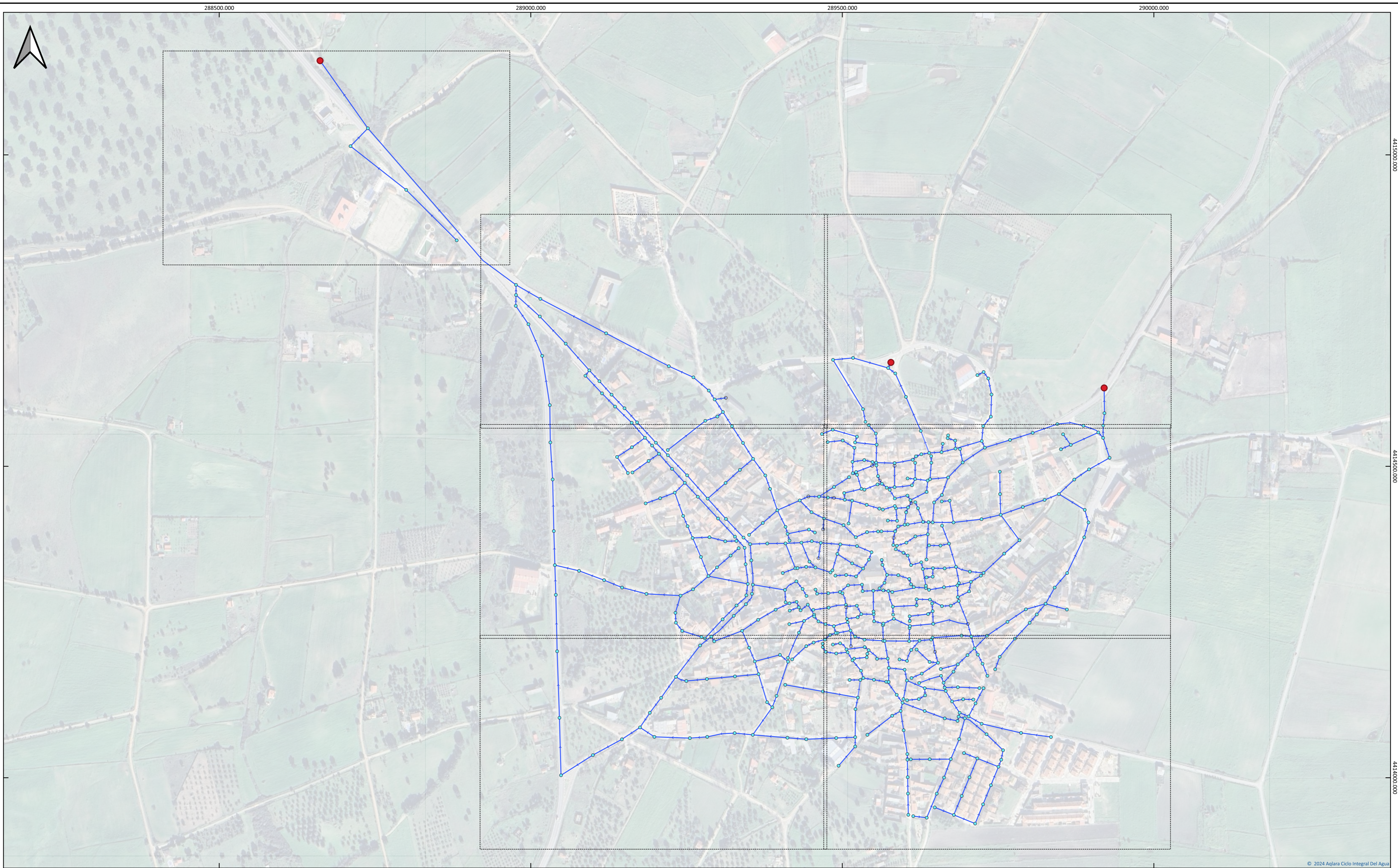


Leyenda

Situación del ámbito del trabajo

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		 ciclo integral del agua
SITUACIÓN: TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁ CERES)		
FECHA: MAYO 2026	PLANO: SITUACIÓN I EMPLAZAMIENTO	ESCALA: LAS INDICADAS Nº: 001

Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N



Leyenda

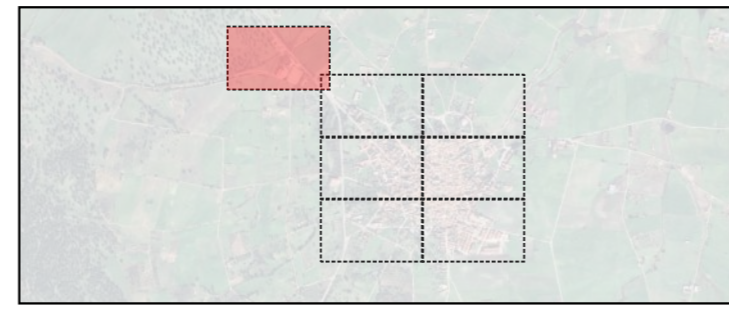
- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- Red unitaria
- Imbornal

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	INVENTARIO DE RED
		ESCALA:	1 : 4.000
		Nº:	02.01

Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N



- Leyenda**
- Pozo de registro
 - Unión sin registro
 - Conexión a la red en alta
 - Red unitaria
 - Imbornal



Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	PLANO:	ESCALA:	Nº:
MAYO 2026	INVENTARIO DE RED	1 : 1.000	02.02

289000.000



© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua

Leyenda

- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- ▶ Red unitaria
- Imbornal



Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	PLANO:	ESCALA:	Nº:
MAYO 2026	INVENTARIO DE RED	1 : 1.000	02.03



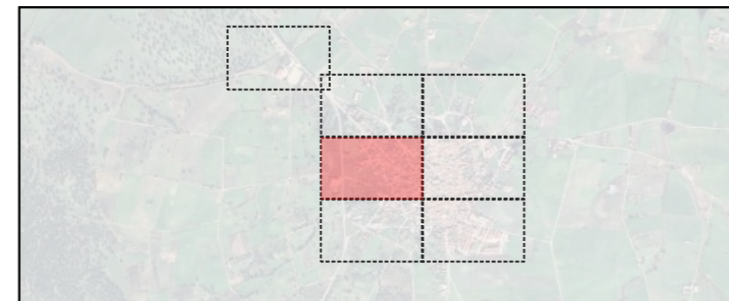
289000.000

4414500.000

© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua

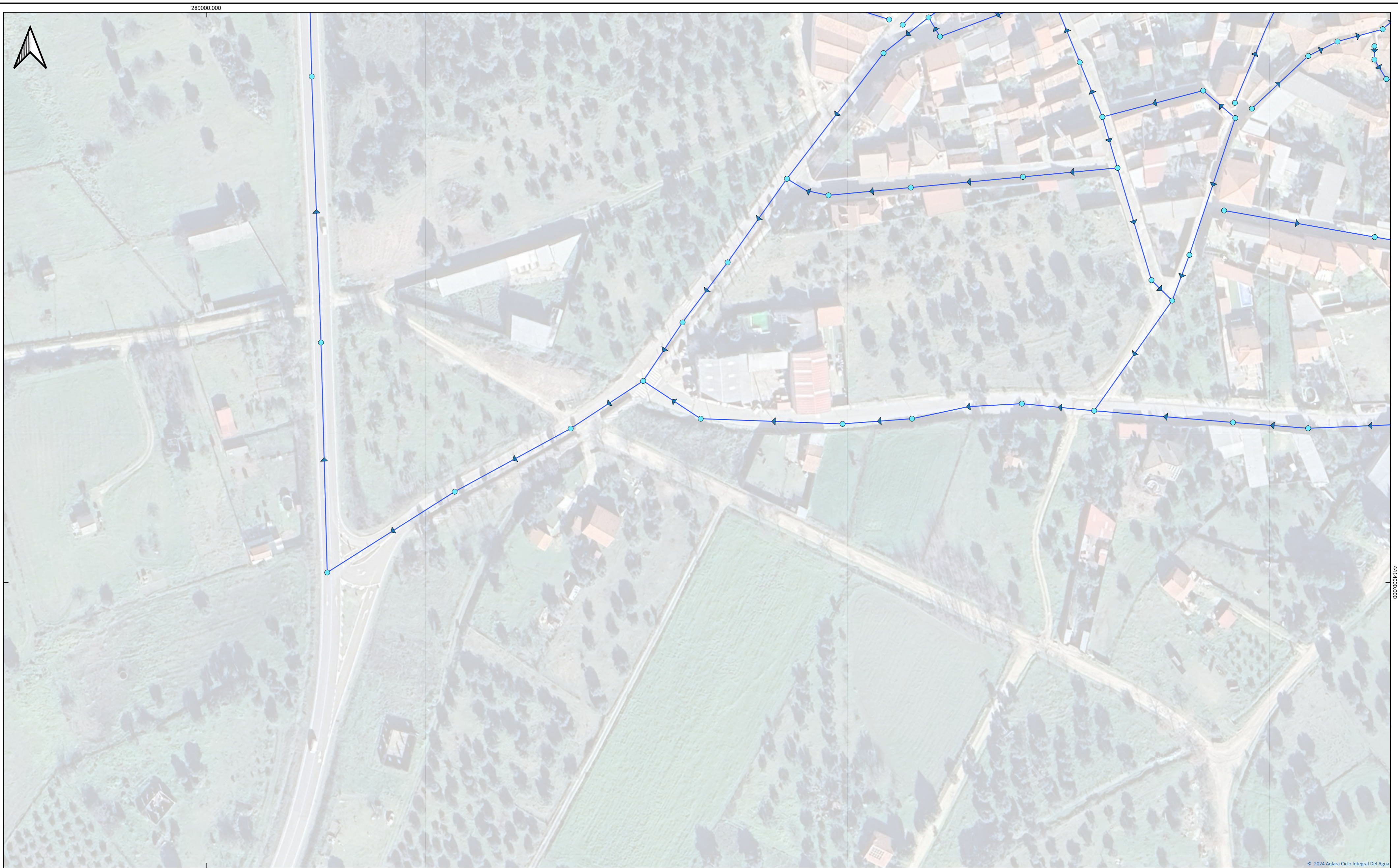
Leyenda

- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- Red unitaria
- Imbornal



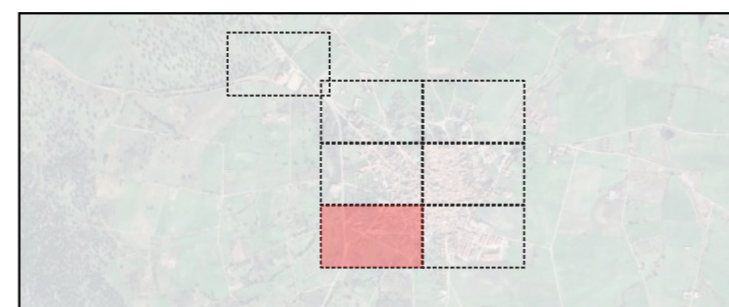
Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	PLANO:	ESCALA:	Nº:
MAYO 2026	INVENTARIO DE RED	1 : 1.000	02.04



Leyenda

- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- ▶ Red unitaria
- Imbornal



Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	INVENTARIO DE RED
ESCALA:	1 : 1.000	Nº:	02.05



© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua

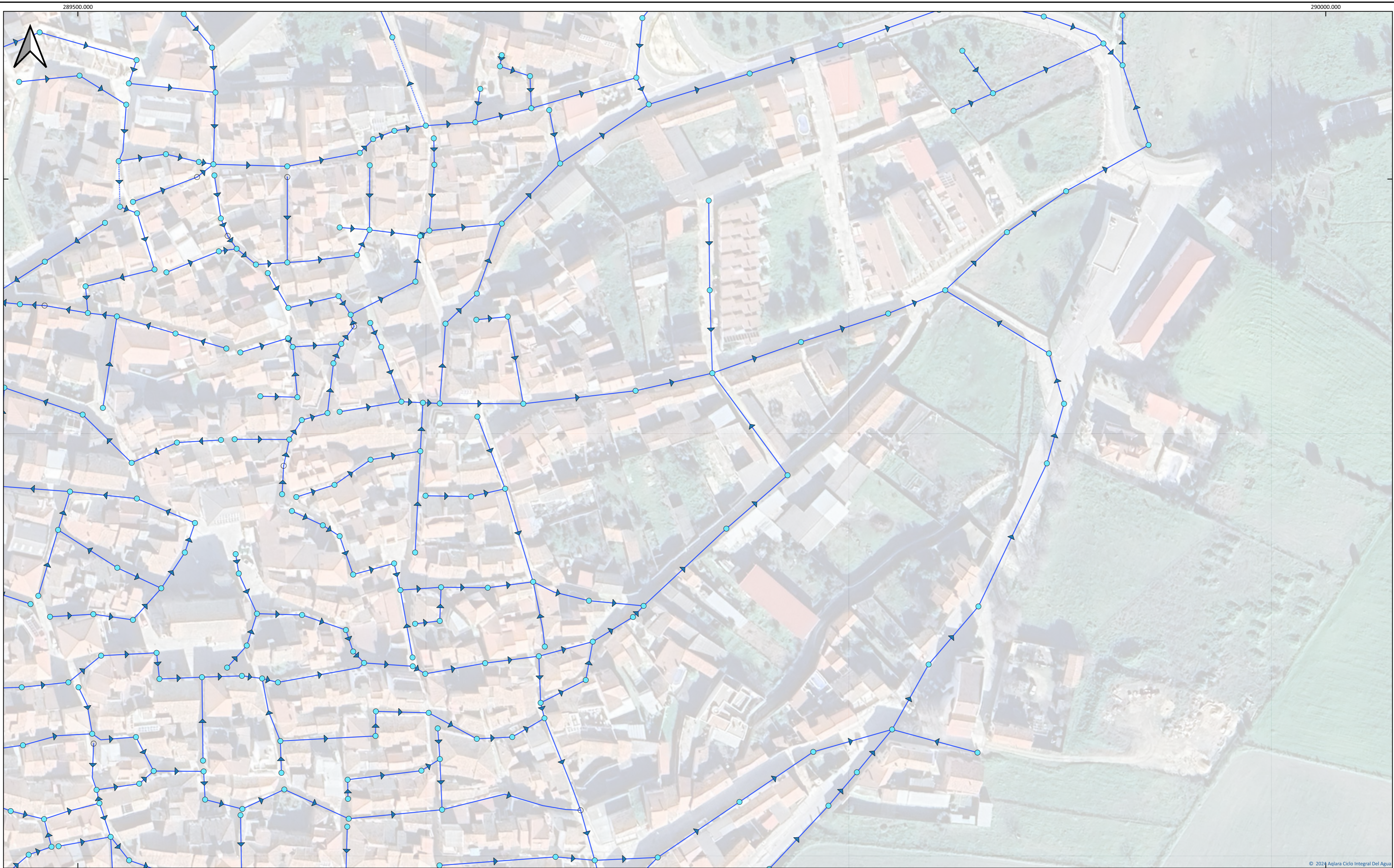
Leyenda

- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- Red unitaria
- Imbornal

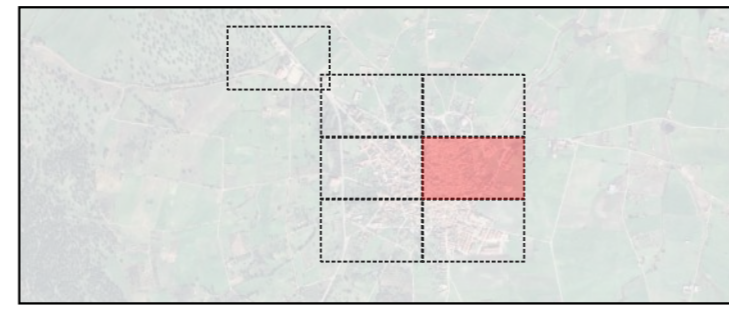


Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	INVENTARIO DE RED
ESCALA:	1 : 1.000	Nº:	02.06



- Leyenda**
- Pozo de registro
 - Unión sin registro
 - Conexión a la red en alta
 - Red unitaria
 - Imbornal



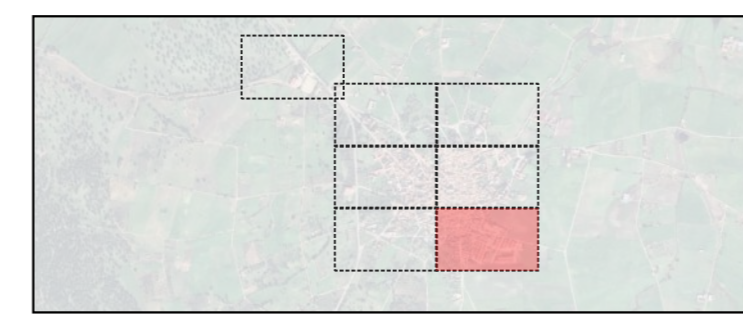
Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	PLANO:	INVENTARIO DE RED	
MAYO 2026		ESCALA:	Nº:
		1 : 1.000	02.07



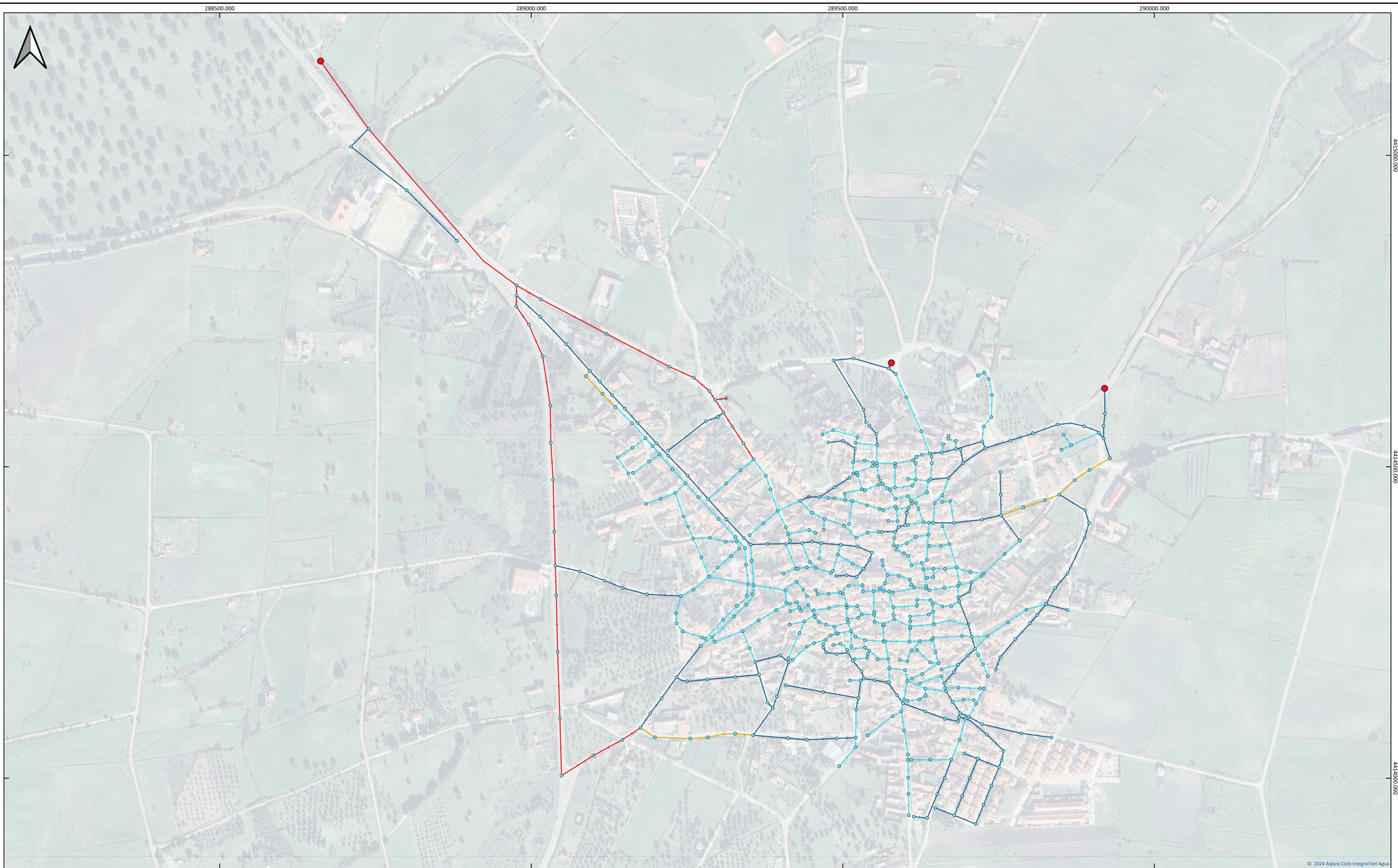
Leyenda

- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- Red unitaria
- Imbornal



Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		 <small>ciclo integral del agua</small>
SITUACIÓN: TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)		
FECHA: MAYO 2026	PLANO: INVENTARIO DE RED	ESCALA: 1 : 1.000
		Nº: 02.08



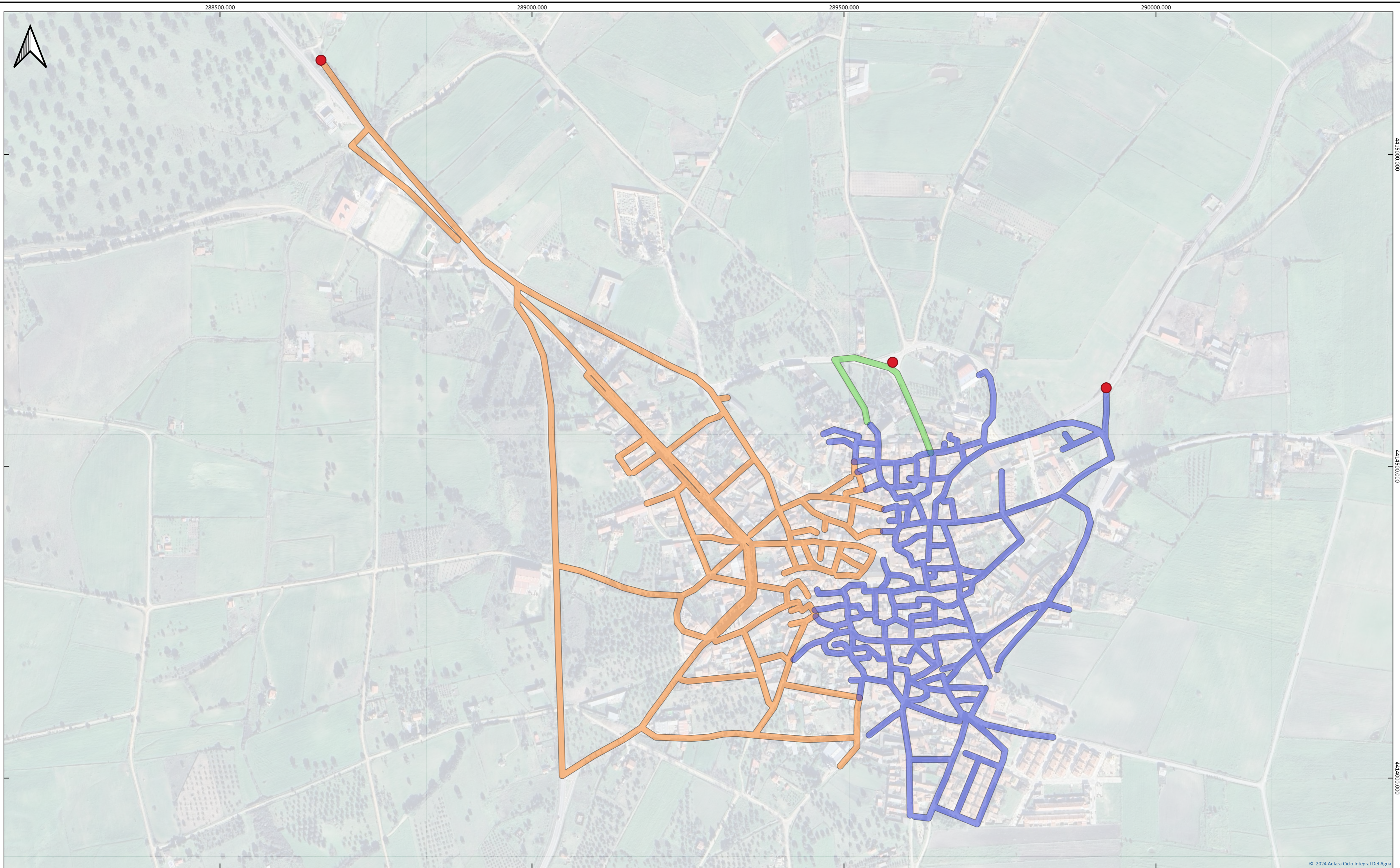
© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua

Leyenda

- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- < 30 cm
- 30 - 40 cm
- 40 - 60 cm
- > 60 cm

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	RED POR DIÁMETROS
ESCALA:	1 : 4.000	Nº:	03

Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

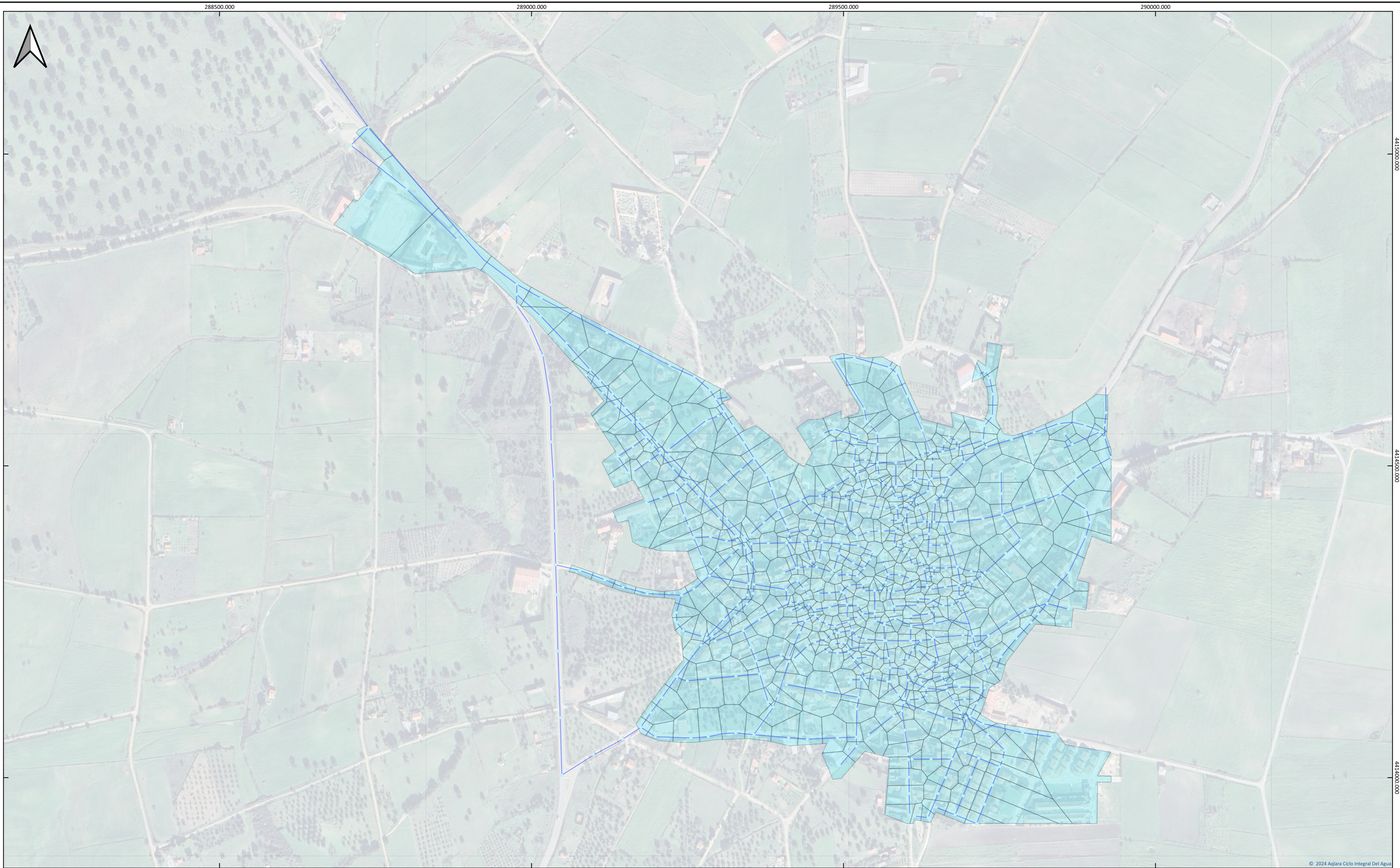


- Leyenda**
- Sector de drenaje Oeste
 - Sector de drenaje Norte
 - Sector de drenaje Este
 - Conexión a la red en alta

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		 <small>ciclo integral del agua</small>	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	ZONAS DEL MAPA
		ESCALA:	Nº:
		1 : 4.000	04

Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua

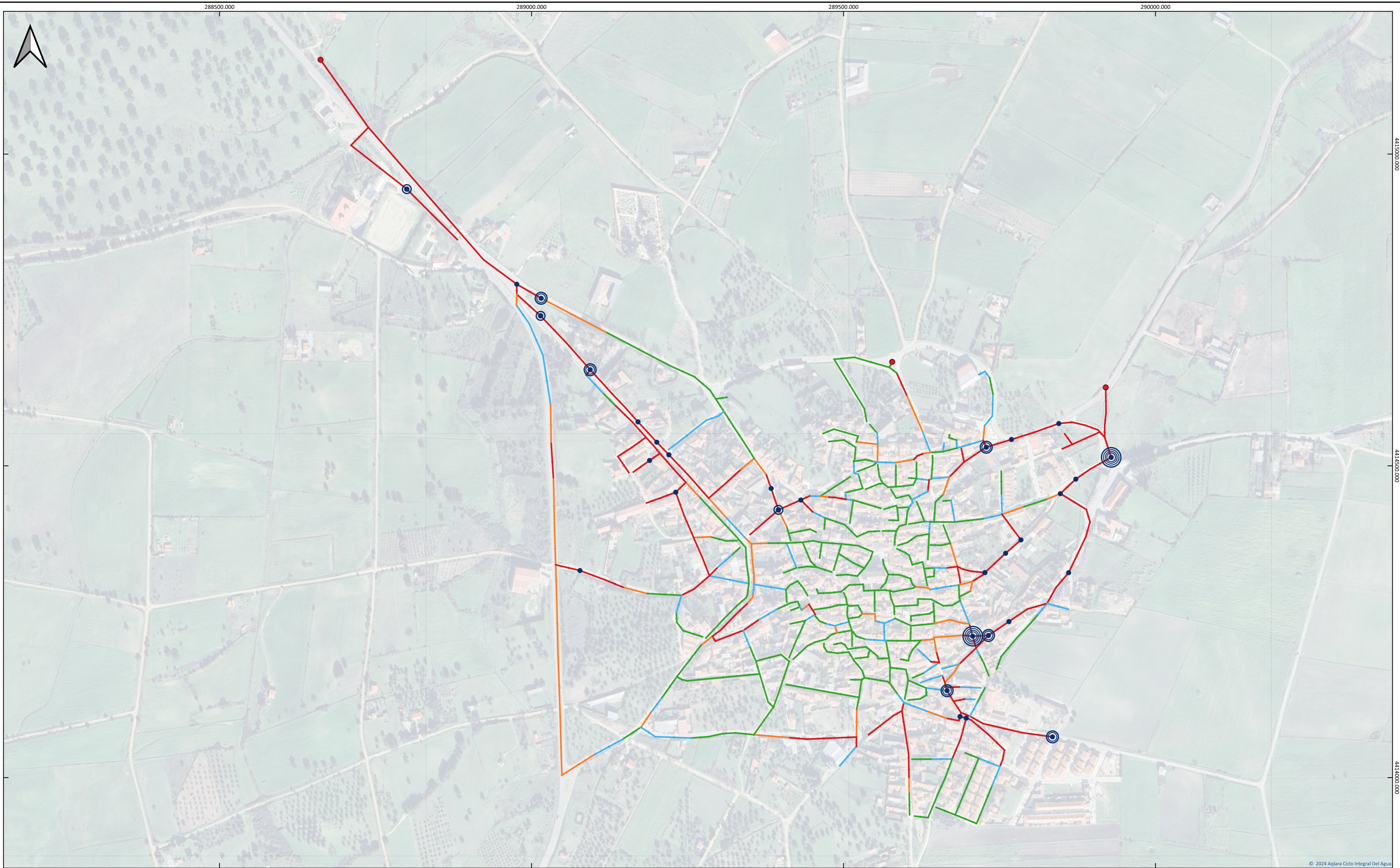


- Leyenda**
- Cuenca de drenaje
 - Pozo de registro
 - Red unitaria

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO			
SITUACIÓN:			
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	CUENCAS DE DRENAJE
		ESCALA:	Nº:
		1 : 4.000	05

Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua



Leyenda

Inundación de nodos

- $V > 10 \text{ m}^3$
- $V > 50 \text{ m}^3$


- ⊙ $V > 100 \text{ m}^3$
- ⊗ $V > 250 \text{ m}^3$
- ⊕ $V > 500 \text{ m}^3$

Flujo de arco

- 0% - 50%
- 51% - 70%

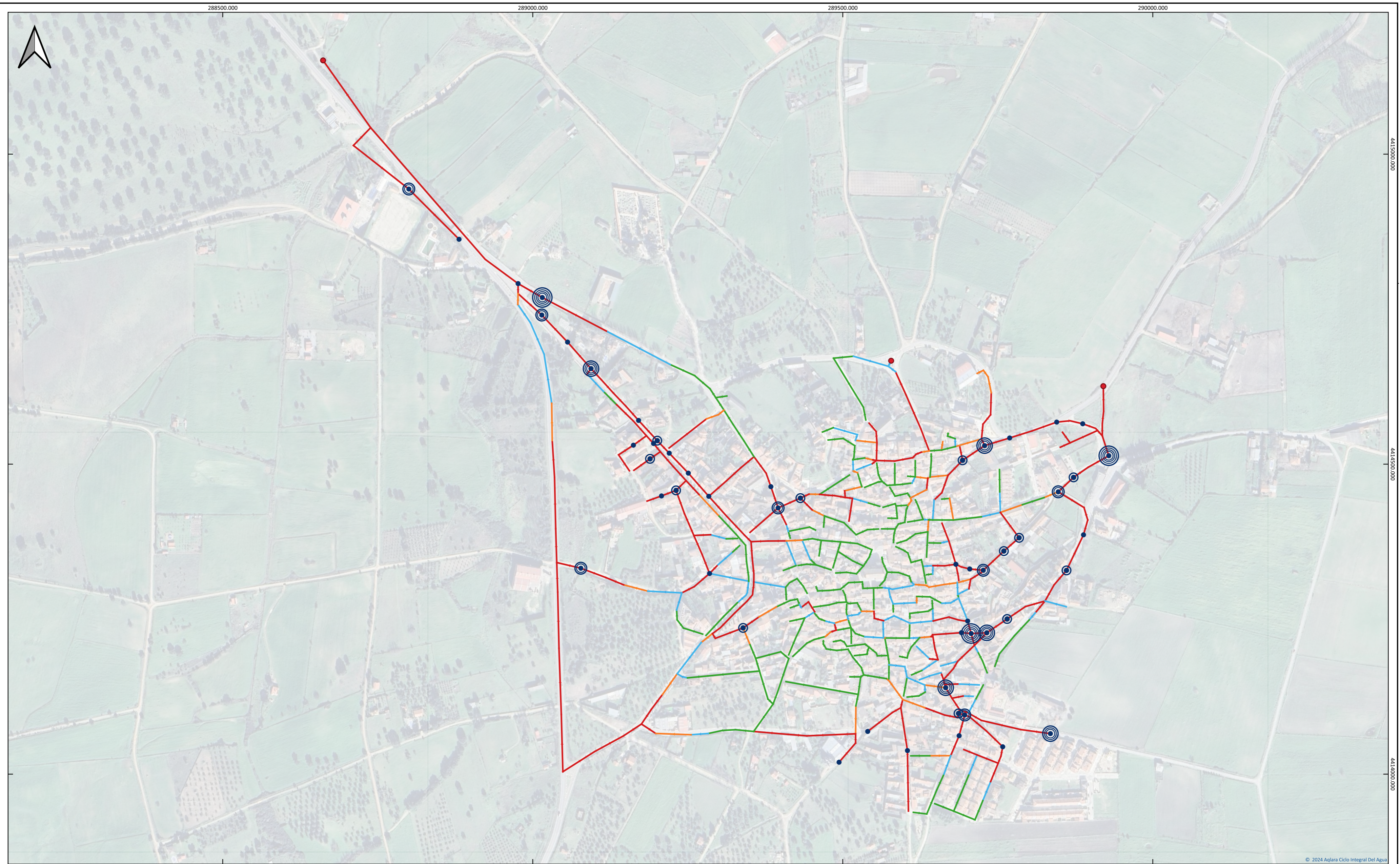
- 71% - 85%
- 86% - 100%

- Conexión a la red en alta

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		 ciclo integral del agua					
SITUACIÓN:				TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)			
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	DIAGNÓSTICO T2	ESCALA:	1 : 4.000	Nº:	06

Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua



Leyenda

Inundación de nodos

- V > 10 m³
- V > 50 m³


- ⊙ V > 100 m³
- ⊙ V > 250 m³
- ⊙ V > 500 m³

Flujo de arco

- 0% - 50%
- 51% - 70%

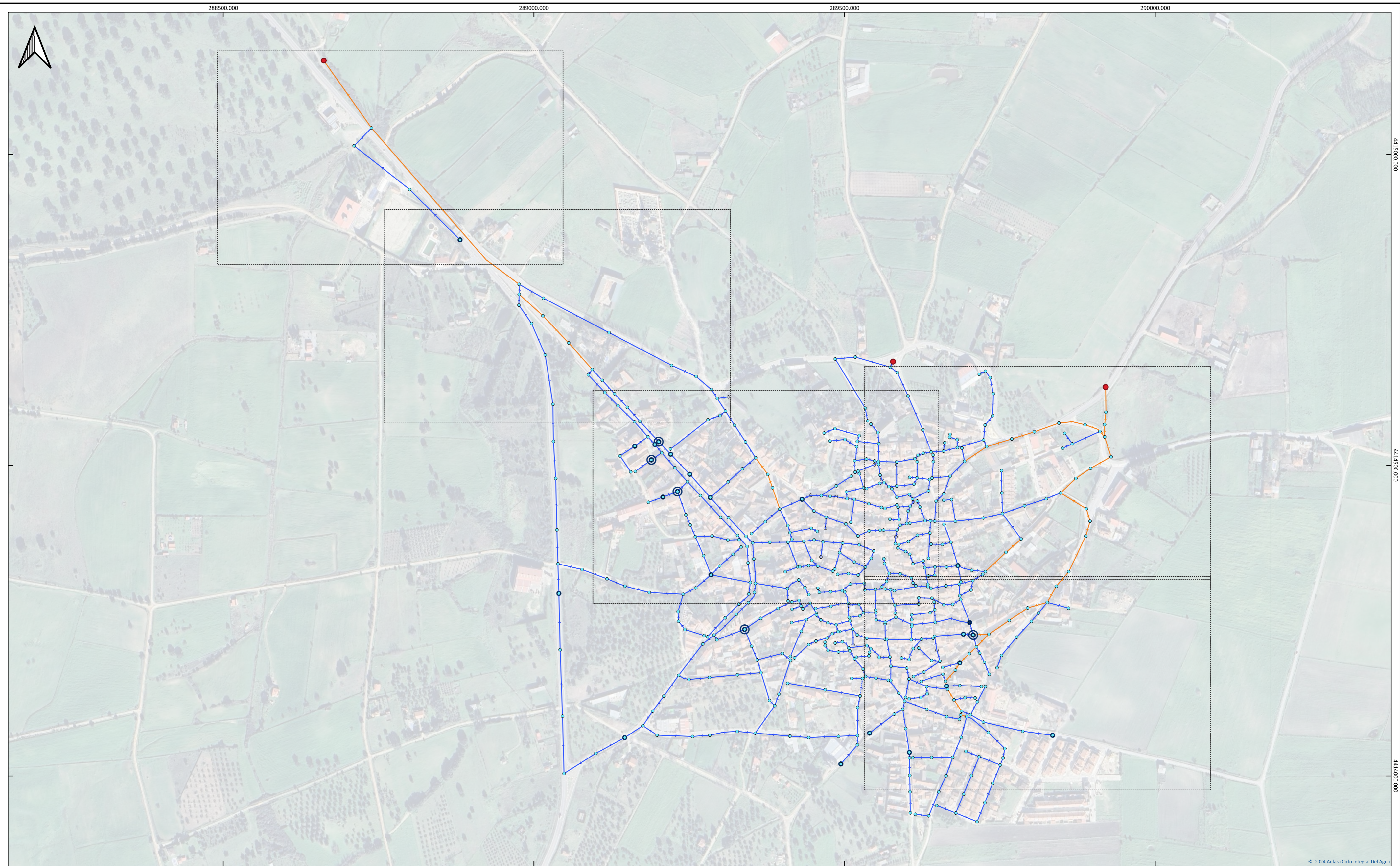
- 71% - 85%
- 86% - 100%

- Conexión a la red en alta

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		 ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:			
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	DIAGNÓSTICO T10
ESCALA:	1 : 4.000	Nº:	07

Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua



Leyenda

- Pozo de registro
 - Unión sin registro
 - Conexión a la red en alta
 - Imbornal
 - Red unitaria en servicio
 - Red unitaria planificada
- Volumen de inundación en pozos**
- V > 10 m3
 - V > 50 m3

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	PROGNOSIS DE SITUACIÓN FUTURA
ESCALA:	1 : 4.000	Nº:	08.01

Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

288500.000

289000.000



4413000.000

© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua

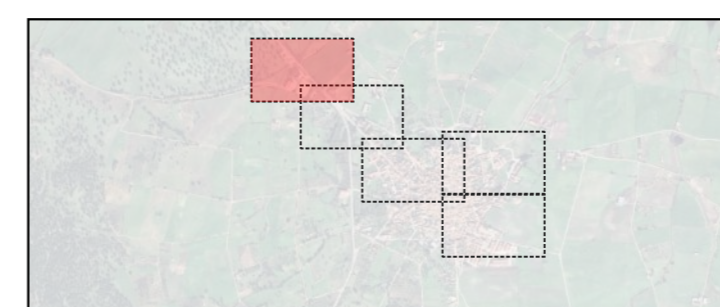
Leyenda

- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- Imbornal


- Red unitaria en servicio
- Red unitaria planificada

Volumen de inundacion en pozos

- V > 10 m3
- V > 50 m3



Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		 ciclo integral del agua					
SITUACIÓN:				TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)			
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	PROGNOSIS DE SITUACIÓN FUTURA	ESCALA:	1 : 1.000	Nº:	08.02

289000.000



© 2024 Aqlara Ciclo Integral Del Agua

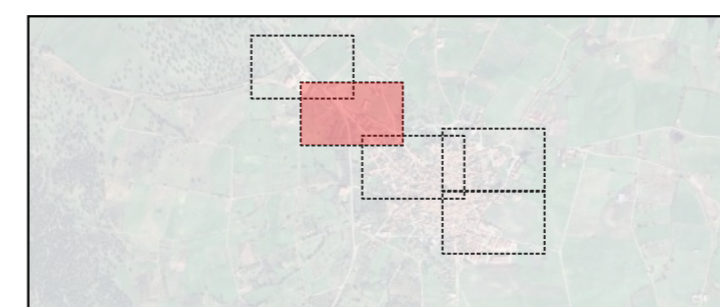
Leyenda

- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- Imbornal

- Red unitaria en servicio
- Red unitaria planificada

Volumen de inundación en pozos

- V > 10 m³
- V > 50 m³



Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO

SITUACIÓN:
TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)

FECHA:
MAYO
2026

PLANO:
PROGNOSIS DE SITUACIÓN FUTURA

aqlara
ciclo integral del agua

ESCALA:
1 : 1.000

Nº:
08.03

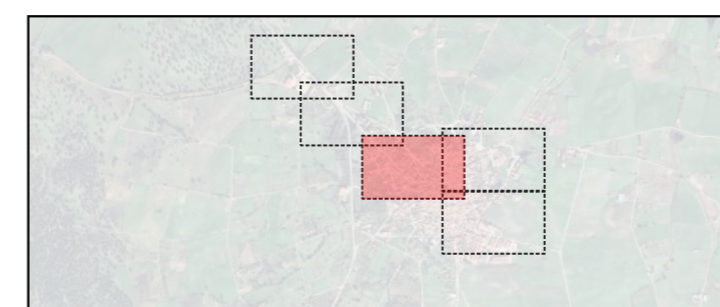


Leyenda

- Pozo de registro
- Unión sin registro
- Conexión a la red en alta
- Imbornal

- Red unitaria en servicio
- Red unitaria planificada

- Volumen de inundación en pozos**
- V > 10 m3
 - V > 50 m3

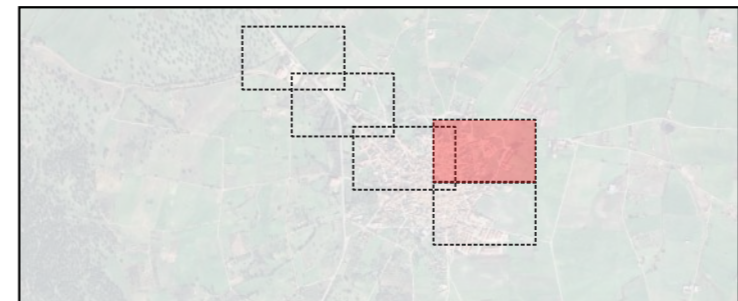


Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	PLANO:	ESCALA:	Nº:
MAYO 2026	PROGNOSIS DE SITUACIÓN FUTURA	1 : 1.000	08.04



- Leyenda**
- Pozo de registro
 - Unión sin registro
 - Conexión a la red en alta
 - Imbornal
 - Red unitaria en servicio
 - Red unitaria planificada
- Volumen de inundacion en pozos**
- V > 10 m3
 - V > 50 m3



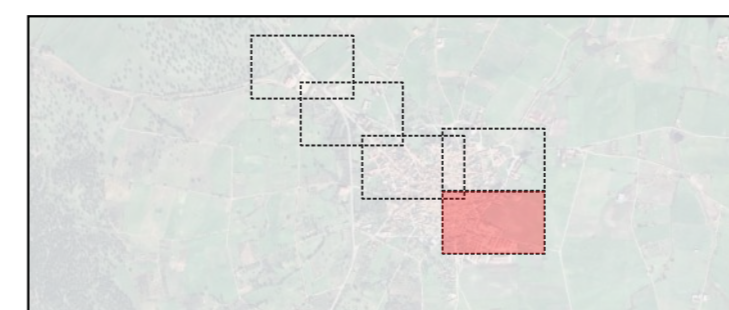
Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	PROGNOSIS DE SITUACIÓN FUTURA
ESCALA:	1 : 1.000	Nº:	08.05



Leyenda

- Pozo de registro
 - Unión sin registro
 - Conexión a la red en alta
 - Imbornal
 - Red unitaria en servicio
 - Red unitaria planificada
- Volumen de inundacion en pozos**
- V > 10 m3
 - V > 50 m3



Universal Transverse Mercator (UTM)
ETRS89 / UTM zone 30N

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO		aqlara ciclo integral del agua	
SITUACIÓN:		TÉRMINO MUNICIPAL DE PERALEDA DE LA MATA (CÁCERES)	
FECHA:	MAYO 2026	PLANO:	PROGNOSIS DE SITUACIÓN FUTURA
ESCALA:	1 : 1.000	Nº:	08.06